

연구개발 프로젝트 정성·정량평가 비교 분석을 통한 성과평가 발전방향 연구 : K연구원 사례를 중심으로

Comparison of a Qualitative and a Quantitative Approach to Evaluate
the Performance of R&D Projects: A Case Study

이수철(Suchul Lee)*, 고미현(Mihyun Ko)**

목 차

- | | |
|----------|---|
| I. 서론 | III. 정성평가 및 정량평가 비교 분석:
K 연구원 사례를 중심으로 |
| II. 문헌연구 | IV. 결론 |

국문 요약

본 연구에서는 정부출연연구기관 중 하나인 K 연구원 사례를 활용하여 연구개발 프로젝트에 대한 정성평가 결과와 정량평가 결과를 비교 분석함으로써 연구개발 프로젝트 성과평가 체계 개선을 위한 시사점을 도출하였다. 비교 분석을 위해 정성평가 결과는 국가과학기술연구회 규정에 따라 진행된 실제 평가결과를, 정량평가 결과는 연구개발 프로젝트의 산출물 데이터를 기반으로 자료포락분석(data envelopment analysis) 결과를 활용하였다. 비모수 상관관계 분석(Kendall's τ)을 비롯한 다양한 분석 결과, 정성평가와 정량평가 결과 사이에는 분명한 차이점이 있는 것으로 확인되었다. 따라서 단순 정성 또는 정량평가로 연구개발 프로젝트를 평가하기보다 정성 및 정량평가가 상호보완적으로 진행된다면, 평가 시 각 연구개발 프로젝트의 특성을 반영함과 동시에 객관성도 보다 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어 : 정부출연연구기관, 연구개발 프로젝트 성과평가, 정성평가, 정량평가, 자료포락분석(DEA)

※ 논문접수일: 2016.10.20, 1차수정일: 2016.12.2, 2차수정일: 2017.1.10, 게재확정일: 2016.12.19

* 목포대학교 경영학과 조교수, suchullee@mokpo.ac.kr, 061-450-2616

** 한국과학기술정보연구원 정책연구실 선임연구원, mihyungo@kisti.re.kr, 042-869-0933, 교신저자

ABSTRACT

This study measures and compares the performance of research and development (R&D) programs in government-funded research institutes (GRIs) in terms of qualitative and quantitative approaches to find out strategic insights for improving performance evaluation policy. In particular, we adopt the evaluation results from the real data of K institute in 2015 for a qualitative evaluation and the results of data envelopment analysis (DEA) for a quantitative evaluation. Comparative analysis of the R&D performance of 14 programs finds that the difference between the evaluation results of qualitative and quantitative approaches is significant. From this finding, we suggest several strategic directions to complement two approaches each other.

Key Words : Government-funded Research Institute (GRI), R&D management, R&D evaluation, Qualitative evaluation, Quantitative evaluation, Data envelopment analysis (DEA)

I. 서 론

기술의 진보가 곧 경제성장이라는 공식이 입증되면서 과학기술의 경쟁력이 국가 경쟁력을 결정짓는 중요한 요인으로 작용하고 있다. 이에 따라 주요국들은 기술혁신 및 과학기술경쟁력 강화를 위해 연구개발 투자를 꾸준히 확대하고 있으며 우리나라도 1990년대 이후 연구개발투자가 급격히 증가하고 있다. 2014년도 기준으로 GDP 대비 연구개발 투자 비중은 4.3%로 세계 1위이며, 연구개발비 규모는 세계 6위에 달하고 있다. 하지만 우리나라는 세계 최고수준의 연구개발 투자 확대에도 불구하고 연구 성과의 질적 수준 및 연구생산성은 여전히 주요국 수준에 미치지 못하고 있다. 2014년 기준 공공연구기관의 연구생산성은 미국이 4.31%인데 반해 우리나라는 1.36%로 3배 이상의 격차를 보이고 있으며, 지적권 전환율의 경우는 일본이 55.8%인데 비해 우리나라는 24.25%로 절반 수준에도 미치지 못하고 있다(김선경 외, 2016). 이와 같은 현실을 감안했을 때 국가차원에서 연구개발성과 관리가 절실한 상황이다. 또한 연구개발 투자 증대에 따라 정부의 연구개발 사업에 대한 성과 창출 등 효과성 제고에 대한 국민적 요구와 관심이 꾸준히 증가하고 있다. 이와 같은 필요성에 따라 우리나라를 비롯한 주요국에서는 연구개발 투입 대비 효과성과 효율성을 제고하기 위한 연구개발 프로젝트 성과평가 제도를 도입하여 운영 중에 있다.

현재 연구개발 프로젝트 성과평가는 전문가 기반의 정성평가 체제로 주로 진행되고 있다. 전문가 기반 정성평가는 평가자의 전문성이 중요한 요소인 연구개발 프로젝트 성과평가에 가장 적합한 방법임에는 분명하지만, 여기에 정량평가의 장점 일부가 보완된다면 보다 나은 평가체계를 수립할 수 있을 것으로 기대된다. 이에 본 연구에서는 정성평가 결과와 정량평가 결과를 비교 분석함으로써 연구개발 프로젝트 성과평가 체계의 개선점을 도출하고자 하였다. 본 연구는 실제 사례(K연구원)를 기반으로 수행되었으며, 그 결과 정성평가 결과와 정량평가 결과 사이에는 분명한 차이점이 있음을 확인하였다. 이러한 차이점을 보완할 수 있는 여러 가지 개선점을 제시하였고, 본 연구에서 제시한 방법들이 실제 평가에 적용된다면 보다 정확한 연구개발 프로젝트 성과평가가 수행될 것으로 기대된다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 이어지는 2장에서는 관련 문헌연구를 통해 연구개발 프로젝트의 성과평가 필요성 및 분석대상인 정부출연연구기관(출연(연))의 현황에 대해 간략히 살펴본다. 3장에서는 K연구원 사례를 바탕으로 정성평가 및 정량평가를 비교 분석함으로써 연구개발 프로젝트 성과평가 체계의 개선점을 도출한다. 마지막 4장에서는 결론 및 본 연구의 기여점, 한계점에 대해 논한다.

II. 문헌연구

1. 연구개발 프로젝트 성과평가 필요성

연구개발 성과 관련 연구는 대부분 연구개발 성과평가와 성과의 영향요인에 대한 연구로 이루어지고 있으며, 투입 대비 연구생산성 관점에서의 연구개발 성과평가의 필요성을 강조하고 있다. Lee et al.(2009)는 한정된 연구개발자원의 효율적인 배분과 부실한 연구개발 사업의 효과성 증진을 위해 성과평가의 중요성을 언급하였으며, 김성수(2000)는 선진국의 연구개발 사업 평가는 국가 과학기술정책의 핵심적인 부분을 구성하고 있음을 입증하고 그 중요성을 강조하였다. 김선경 외(2016)는 과학기술 경쟁력 확보를 위한 핵심요소로 연구개발 성과의 관리 및 활용을 강조하였으며 국가 과학기술 연구개발 투자가 적절히 수행되고 있는지를 점검하고 연구개발 성과측정지표를 제안하였다. 구체적으로 과학기술적, 경제적, 활용적 성과 측정을 위한 대표 변수를 설정하고 이들과 연구개발 투입 간의 비교 분석을 통해 시사점을 도출하였다.

또한 연구개발 프로젝트 성과에 영향을 미치는 요인들을 검증하기 위해 다양한 연구들이 진행되었는데, 앞서 선행연구들에서 제시한 연구예산 및 인력 규모 등의 투입요소를 포함하여, 조직의 규모, 연구개발 기간, 협력 유무 및 국제 협동연구 수준, 연구자원 등의 다양한 요인들을 제시하고 있다. 이 연구들에서 이와 같은 변수들에 의해 영향을 받는 연구개발 성과로는 공통적으로 특허, 논문, 기술이전의 3가지를 제시하고 있으며 연구개발 투자 효율성 측면에서의 성과 관리의 중요성을 강조하였다(김주경 외, 2014; 김현민 외, 2013; 장금영, 2010; 유희림·박성준, 2007).

이와 같이 현재 우리나라 공공부문의 연구개발 투자규모의 증대에 따라 연구개발 성과 측정에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으나 투자효율성 제고를 위한 성과평가에 대한 신뢰를 확실히 담보하기가 어려운 실정이다(김주경 외, 2014). 더불어 연구개발 속성상 계량화가 어렵고 자원투입에 대한 성과 창출에 장기간이 소요되며 불확실성 요소가 많기 때문에 불가피하게 연구개발 프로젝트 성과평가에서 정성적인 평가항목이 많이 이용되고 있다(오세홍, 2001). Gold(1989)는 연구개발의 성과평가가 측정과정 및 평가과정에서 평가위원들의 평가가 주관적일 수밖에 없음을 언급하면서 평가의 주관성에 대한 신뢰 여부에 의문점을 제시하기도 하였다.

이러한 관점에서, 이정원(2000)은 효과적인 연구개발 평가 방법으로 연구개발과제의 복잡성, 독창성, 구체성 정도 및 연구개발과제의 목표에 따라 정성적 지표뿐만 아니라, 정량적 지표를

적절하게 혼합하여 사용할 것을 제안하고 있다. 이는 정성적 평가가 전문가의 주관적 판단에 의존하게 된다는 단점을 극복하기 위한 방법으로써 정량적 평가 지표를 혼합한 복합지표(평가)를 활용하여 평가에서의 객관성을 확보하는 것이다. Werner and Souder(1997)는 연구개발 평가에 있어서 정성적 평가와 정량적 평가의 혼합 방식은 가장 정확하며, 포괄적이고, 효과적이며 융통성있는 평가 방법이라고 주장하였다. 또한 최근 국회 예산정책처에서 발행한 보고서에서도 연구개발 성과평가의 정성적·정량적 심층 분석 강화를 통한 중장기적 R&D투자에 대한 효율화를 제고할 필요가 있다고 주장하였다(임길환, 2015). 이와 관련하여, 고용수 외(2016)는 전문성을 기반으로 한 정성평가와 정량적 지표 중심의 평가를 통해 평가의 공정성을 추구하는 것이 어떠한 관계를 가지고 있는지에 대한 검토가 부족하다고 지적하면서 성과평가 방법론에 대한 연구의 필요성을 강조하였다.

따라서 정성적 평가의 주관성을 보완할 수 있는 연구개발 프로젝트 성과에 대한 보다 객관적이고 정확한 평가를 위한 방법론 연구가 필요하며, 그 중요성이 더욱 증가하고 있다.

2. 국내 정부출연연구기관 및 연구개발 사업 평가 현황

우리나라의 출연(연)은 국가 과학기술 수요의 효율적 달성과 국가과학기술개발의 자립능력 배양을 통해 과학 분야를 선도하기 위해 설립되었다. 1960년 한국과학기술연구원(KIST)을 시작으로 출연(연)의 수가 점차 늘어나면서 효율적인 관리 및 연구의 수월성 향상을 위해 1999년 국무총리 산하에 기초기술연구회, 산업기술연구회, 공공기술연구회의 3개 연구회 체제를 도입하였다. 이후 2008년에는 교육과학기술부와 지식경제부가 각각 기초기술연구회와 산업기술연구회를 소관하는 이원체제로 개편되었으며 기초원천연구와 응용 기술 분야를 나누어 집중하는 체제를 갖추었다.

이어 새 정부가 출범하는 2013년에는 기초기술연구회와 산업기술연구회를 미래창조과학부 산하로 이관하고 2014년 6월에 기존의 2개 연구회 체제를 허물고 국가과학기술연구회로 통합하여 관리체계를 일원화하였다. 현재 통합 연구회는 산하에 25개 출연(연)을 두고 국가 연구개발 예산 중 4조원이 넘는 예산을 관리하고 있다(〈표 1〉).

이에 따라 국가과학기술연구회는 출연(연)의 운영 효율성 강화 및 국가 경쟁력 제고 등 성과 창출 극대화를 위해 “소관연구기관 주요사업 운영규정”을 제정하고 본 규정에 따라 출연(연)들이 연구개발 사업에 대한 자체 평가를 시행하여 연구회에 보고하도록 하고 있다.

이러한 운영규정의 “제18조 평가관리 조항”에 따라 각 출연(연)들은 해마다 연구개발 과제에 대한 자체평가 계획을 수립하여 시행하며 목표달성도 중심의 연구개발 사업 추진에 대한 연차

〈표 1〉 우리나라 연구회 연혁 및 출연(연) 현황

구분	1999년~	2008년~	2014년 6월~현재
감독 관청	과학기술부	교육과학기술부 지식경제부	미래창조과학부
연구회 운영 체제	기초기술연구회 산업기술연구회 공공기술연구회	기초기술연구회 산업기술연구회	국가과학기술 연구회

↓

[국가과학기술연구회 산하 25개 출연(연)]	
한국과학기술연구원 (부설)녹색기술센터 한국기초과학지원연구원 (부설)국가핵융합연구소 한국천문연구원 한국생명공학연구원 한국과학기술정보연구원 한국한의학연구원 한국생산기술연구원 한국전기연구원 한국화학연구원 (부설)안전성평가연구소 한국원자력연구원	한국전자통신연구원 (부설)국가보안기술연구소 한국건설기술연구원 한국철도기술연구원 한국표준과학연구원 한국식품연구원 (부설)세계김치연구소 한국지질자원연구원 한국기계연구원 (부설)재료연구소 한국항공우주연구원 한국에너지기술연구원

실적을 점검한다. 또한 그 결과 보고서를 과제종료일로부터 1개월 이내에 연구회에 제출해야 한다. 연구개발 과제 자체평가는 과제단위의 공개평가를 원칙으로 하며, 연차평가와 최종평가, 필요시에 사업특성을 고려한 추적평가를 구분하여 실시한다. 평가방법은 주요 연구개발 사업의 유형 및 과제 특성에 따라 상대평가, 절대평가 또는 혼합평가(상대평가+절대평가) 방식으로 출연(연)별로 자율적으로 적용한다.

자체평가 시행에 앞서 연구수행 중간 시점에 연구수행 방향 점검과 연구수행 중 문제점 및 연구과제 종료 시 도출이 예상되는 성과에 대한 파악을 위해 중간점검을 실시하며 구체적인 시행 방식 및 시기는 출연(연)이 자율적으로 정한다. 또한 중간점검을 통해 파악된 예상성과와 도출 시기, 기술특성을 포함한 결과물을 사전에 예고하여야 한다. 이어 당해 연도 종료시점에 당해 연도 연구개발결과 및 차년도 연구계획이 포함된 연차사업계획서에 대해 연차평가를 실시하며 그 결과에 따라 해당 사업에 대한 계속 지원여부 및 지원규모를 결정한다.

이러한 평가체계를 거쳐, 각 출연(연)들은 평가 결과를 기관의 중장기발전계획 및 사업계획 수립, 과제기획 및 선정, 연구비 배분 및 사용, 연구과제 및 연구원 개인평가 등에 반영·활용하여야 하며 그 결과를 연구회에 보고하게 된다. 연구회에 보고되는 결과보고서에는 연구수행

내용의 요약을 포함해 연구성과 및 활용정도(또는 활용가능성), 자체평가 결과 및 성과보상 실적(연구수당 지급내역 및 기여도 평가서류) 등이 포함된다.

3. 연구개발 효율성 분석

정량적인 접근을 기반으로 연구개발 성과를 분석, 평가하고자 하는 여러 선행연구에서 DEA (Data Envelopment Analysis) 방법론이 적용되었다. 비모수접근법인 DEA란 투입요소와 산출요소가 주어진 상황에서 유사성을 나타내는 의사결정단위(decision making unit, DMU)들의 생산성을 비교하여 상대적인 효율성의 정도를 측정하는 모형으로, DMU들 중에서 먼저 최상실행단위(best practice unit)를 지정하고 지정된 최상실행단위와 비교하여 다른 DMU들의 상대적 효율성을 측정하는 선형계획 기법이다. 다른 정량적 분석 기법들에 비해 DEA 방법론이 연구개발 성과 분석에 주로 적용된 이유는 DEA가 다수의 투입 및 산출 요소를 가지고 있는 DMU의 상대적 효율성을 분석할 수 있는 대표적인 방법론이기 때문이다. 특히, DEA는 개별 DMU의 상대적 효율을 최대로 하는 투입요소와 산출요소에 부여되는 가중치를 찾는 모델이라는 점, 투입요소와 산출요소간 관계에 대한 정의를 필요로 하지 않는다는 점 등에서 연구개발 효율성을 측정하는데 적합한 방법론으로 적용되어 왔다(Lee et al., 2009; Wang and Huang, 2007; 이수철·이동호, 2016).

이러한 관점에서 다수의 선행연구가 DEA 기법을 적용하여 연구개발 성과를 분석, 평가하였다. 연구개발 과제 또는 프로그램 수준에서 상대적인 효율성을 분석하여 평가하거나(예, Eilat et al., 2008; Hsu and Hsueh, 2009; Lee et al., 2009; Thomas et al., 2009), 특정 지역 또는 산업 내 분석(예, Cullmann et al., 2011; Lee and Park, 2005; Liu and Lu, 2010; Meng et al., 2008; Thomas et al., 2011; Wang and Huang, 2007; Zhong et al., 2011)이 주로 수행되었다. 예를 들어, Lee et al.(2009)의 연구에서는 국내에서 진행된 548개 국가연구개발 과제를 DMU로 설정하고, DEA/AR (Assurance Region) 모형을 적용하여 효율성 분석을 수행하였고, Liu과 Lu(2010)는 대만의 32개 정부출연연구기관을 대상으로 각각의 DMU를 노드(node), DEA 벤치마킹 관계를 링크(link)로 네트워크를 구성하여 중심성(centrality) 값으로 연구개발 성과를 평가하였다. 또한, Meng et al.(2008)는 중국의 15개 기초연구기관을 대상으로 연구개발 효율성을 분석하였는데, DEA 적용을 위해 다수의 산출변수를 계층구조로 구분하여 적용한 것이 특징이다.

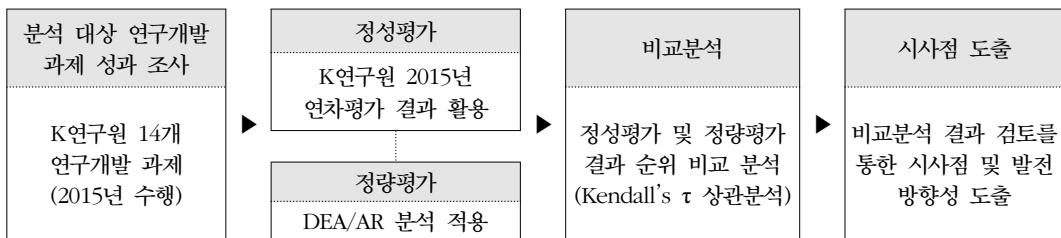
또한, 국내 출연(연)을 대상으로 DEA 기법을 적용하여 연구개발 성과를 정량적인 관점에서 비교분석하는 선행 연구들도 다수 수행되었는데, 예를 들어 남인석 외(2008)는 과학기술분야

19개 출연(연)을 대상으로 연구개발 투입변수와 산출변수의 우선순위에 대한 주관적인 평가자들의 의견을 반영하기 위해 DEA/AR 모형을 적용하여 분석하였다. 광기호 외(2010)의 연구에서도 DEA/AR 모형을 적용하여 국내 11개 출연(연)을 대상으로 분석을 수행하였는데, 연구개발 산출물이 생산되는데 일정 기간의 시차가 발생된다는 점을 고려하여 투입변수와 산출변수간 시차를 두고 분석을 수행한 것이 특징이다. 또한, 이수철·이동호(2016)는 (구)기초기술연구회 산하 10개 출연(연)을 대상으로 Cumulative DEA/Malmquist Index 분석법을 적용하여 5년간의 연구개발 효율성 변화를 측정하였다.

이처럼 다양한 선행연구에서 출연(연)을 대상으로 DEA 방법론을 적용한 정량적 성과 평가 방법이 시도되었으나, 현재 가장 보편적으로 받아들여지고 실제 적용되고 있는 전문가 평가 기반의 정성평가 결과와 비교 분석하는 연구는 부족한 편이다. 따라서 본 연구에서는 K 연구원 실제 사례를 기반으로 정성평가 결과와 DEA를 활용한 정량평가 결과를 비교분석 함으로써 출연(연) 연구개발 사업 평가체계 발전을 위한 시사점을 얻고자 한다.

III. 정성평가 및 정량평가 비교 분석: K 연구원 사례를 중심으로

본 연구에서 목표로 하는 연구개발 과제에 대한 정성평가와 정량평가 비교는 (그림 1)의 절차로 수행되었다. 먼저 분석대상은 K연구원에서 2015년에 수행된 14개 연구과제를 대상으로 선정하였고, 이 14개 과제에서 당해연도에 산출된 성과를 수집하였다. 정성평가 결과는 실제로 연말에 시행된 연구개발 과제 연차평가의 결과를 활용하였으며, 정량평가를 위해서는 DEA/AR 분석법을 적용하였다. 정성평가와 정량평가 결과 비교 분석은 각 평가에서 도출된 순위를 비교함으로써 그 차이점을 분석하였으며, 이 차이점은 Kendall's τ 상관분석을 통해 통계적으로 검정하였다. Kendall's τ 상관분석은 서열척도로 측정된 변수 간 관계측정이 가능한 방법론으로 다른 상관계수 분석법과 같이 -1에서 1 사이의 값으로 도출되며, 각각의 순위에



(그림 1) 연구개발 과제 정성·정량평가 비교 분석 절차

대한 음의 상관관계, 양의 상관관계가 통계적으로 유의함을 검정하는 방법이다. 이를 통해 도출된 비교분석 결과에 대해 검토 후 관련 시사점 및 연구개발 과제 평가의 발전 방향성을 제시하였다.

1. K연구원 연구사업 정성평가

출연(연)에 대한 국가 연구개발 사업의 투자 대비 성과 효율성을 분석하기 위해 K연구원을 대상으로 2015년 기준 연구개발 과제 연차평가 결과를 검토하고자 한다. K연구원은 국가과학기술연구회 소속 출연(연)으로 국가 과학기술 정보 분야의 전문연구기관으로서 국가 과학기술 진흥과 산업의 발전에 기여하기 위한 연구개발 활동을 수행하는 기관이다. 구체적으로 과학기술 및 이와 관련된 산업정보의 종합적인 수집·분석·관리, 정보의 관리 및 유통에 관한 기술·정책·표준화 등의 전문적인 조사·연구, 과학 및 산업기술 연구개발 인프라의 체계적인 구축·운영 등의 활동을 수행한다.

K연구원은 국가과학기술연구회의 “소관연구기관 주요사업 운영규정”에 따라 연구원의 자체 “주요사업 운영요령”을 제정하여 운영하고 있다. 이에 따라 연차별로 시행되는 주요 연구개발 과제 연차평가 또한 연구회 운영규정의 “제18조 평가관리 조항”을 준수하여 진행되고 있다. K연구원의 연구개발 과제 연차평가는 당해연도 11월에 이루어지며, 당해 연도의 연구개발 성과에 대해서 평가가 이루어 진다. 2015년의 경우 연구원에서 수행되고 있는 14개 세부 연구과제를 대상으로 상대평가 방식으로 진행되었다. 또한 외부의 산·학·연 전문가 6명을 포함한 내·외부 전문가 12인으로 구성된 연구 분과별 평가위원단을 통해 과제별 공개 발표평가를 진행하였다.

〈표 2〉 K연구원 2015년 연구개발 사업 연차평가 평가지표

평가지표	배점
1. 연차 성과목표 달성도	10
2. 연구성과의 질적 우수성 - 대표성과 - 과제 유형별 특성에 따른 질적성과 점검 ① R&D 수행: 논문, 특허, 기술이전 등 ② 서비스 제공: 서비스 품질, 만족도, 지원효과 등 ③ 인프라 구축·운영: 시스템 성능, 구축율, 커버리지, 품질, 만족도 등	20
3. 연구결과의 활용정도(또는 활용 가능성) 및 파급효과	20
4. 인력 및 예산 사용의 적절성	5
5. 중간점검 지적사항 개선실적	15
6. 차년도 수행계획의 적절성*	30

* 연구사업 포트폴리오 및 연구수행구조 조정 내용 반영하여 평가

평가 지표의 경우, 연구회의 “제23조 평가지표” 규정에 따라 공통 평가지표를 기반으로 선정 하되 ‘연구성과의 질적 우수성’ 평가영역은 과제 유형별 특성에 따라 차별화하여 적용하고 있다. K연구원의 평가지표 및 배점은 <표 2>와 같다.

이러한 평가지표에 대한 평가위원별 평가 점수를 산술평균하여 최종 평가점수를 산출하고 상대평가 방식을 통해 과제별로 평가 등급을 부여한다. 과제별 평가 등급은 연구회의 “제25조 평가등급” 규정을 준수하여 S, A, B, C, D의 5단계로 구분하여 적용하고 있다. 구체적으로 S, A, B등급은 평균 70점 이상 과제가 해당되며, C등급은 60점에서 70점미만, D등급은 평균 60점 미만인 과제에 해당된다. 상대평가를 통한 평가 점수를 바탕으로 14개 연구사업 과제 중 최우수과제 2개를 선정하여 차년도 사업기획에 인센티브를 제공한다.

2015년도에 실제로 평가가 진행된 14개 연구개발 과제 별 점수 및 순위는 <표 3>과 같다. 연구개발 과제의 익명성 보장을 위해 연구개발 과제 구분은 P01~P14로 표기하였다. <표 2>의 6개 성과지표의 점수를 합산한 총 점수 기준으로 P14 연구개발 과제가 가장 높은 점수를 나타냈으며, P01 연구개발 과제가 가장 낮은 점수를 보였다.

<표 3> K연구원 연구개발 과제 2015년 연차평가 결과(정성평가)

연구개발 과제	점수	순위
P01	79.5	14
P02	88.3	5
P03	83.1	11
P04	87.3	8
P05	82.6	13
P06	90.2	3
P07	88.8	4
P08	88.1	6
P09	83.0	12
P10	86.7	10
P11	87.4	7
P12	91.9	2
P13	87.1	9
P14	92.6	1

2. 정량평가(DEA/AR)

본 연구에서는 출연(연) 연구개발 사업에 대한 정성평가 결과와 비교분석하기 위해서 DEA

기법을 적용한 결과를 정량평가 결과로 활용하였다. DEA는 CRS (constant return to scale)를 가정하는 CCR 모형(Charnes et al., 1978)과 VRS(various return to scale)를 가정하는 BCC 모형(Banker et al., 1984)의 대표적인 두 가지 모형이 있다. 선행연구에 따르면 연구개발 성과는 CRS 뿐 아니라 IRS(increasing return to scale), DRS(decreasing return to scale)의 경향도 나타내므로(Bound et al., 1984; Graves and Langowitz, 1996; Lee et al., 2009; Scherer 1983), 본 연구에서는 BCC 모형을 사용하였고, 이는 수식 (1)과 같다.

$$\text{Minimize } g_k = \theta_k \tag{1}$$

s.t.

$$x_{ki}\theta_k \geq \sum_{j=1}^n x_{ji}\lambda_j, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$y_{kr} - \sum_{j=1}^n y_{jr}\lambda_j \leq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 0$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

x_{ki} : value of input variable $i \in DMU_k$

y_{kr} : value of output variable $r \in DMU_k$

θ_k : efficiency score of DMU_k

λ_j : weights of output indicator j

출연(연) 연구개발 성과 평가에 DEA 방법론을 적용하기 위해서는 먼저 투입 및 산출변수를 선정하여야 한다. 연구개발 성과를 대표할 수 있는 투입 및 산출변수는 다양한 문헌을 검토한 결과 <표 4>와 같이 선정되었고, 분석 대상 K연구원에서 수행된 14개 연구과제의 변수별 기초 통계량은 <표 5>와 같다. 투입변수 중 연구비의 경우 해당 연구과제의 직접비이며, 연구인력은

<표 4> 연구개발 과제 정량평가 투입 및 산출 변수

구분	변수	관련 문헌
I. 투입변수	I1. 연구비	권철신 외, 2004; 임호순 외, 1999; Chen et al., 2004; Cullmann et al., 2011; Hashimoto and Haneda, 2008; Hsu and Hsueh, 2009; Lee et al., 2009; Lee and Park, 2005
	I2. 연구인력	
O. 산출변수	O1. 논문	Hsu and Hsueh, 2009; Lee et al., 2009; Lee and Park, 2005; Thomas et al., 2009
	O2. 특허	Chen et al., 2004; Cullmann et al., 2011; Hsu and Hsueh, 2009; Lee et al., 2009; Lee and Park, 2005; Thomas et al., 2011
	O3. 기술료	Georghiou, 1999; Hsu and Hsueh, 2009; Lee and Park, 2005

man/year로 산출된 값이다. 산출변수 중 논문은 K연구원에 소속된 연구자가 주저자 및 교신저자로 국내외 학술지에 게재한 실적이며, 특허 역시 주 발명자로 국내외에 등록된 특허 수를 수집하였다. 또한 기술료는 기술이전을 통해 발생한 기술료 실적을 집계하였다.

〈표 5〉 K연구원 14개 연구개발 과제 2015년 기초통계량

구분	변수	평균	표준편차
I. 투입변수	I1. 연구비(백만원)	4,651.7	3,887.0
	I2. 연구인력(M/Y)	30.3	20.1
O. 산출변수	O1. 논문(건)	12.9	5.9
	O2. 특허(건)	4.1	3.1
	O3. 기술료(백만원)	43.3	53.0

선정된 산출변수인 논문, 특허, 기술료는 과제별 연구개발 단계에 따라 그 중요성이 상이할 수는 있으나, 연구개발이라는 특성 상 세 가지 모두 어느 정도의 중요성은 가지기 때문에 DEA를 통한 비정상적인 가중치 도출을 방지하고자 실제 분석에는 DEA/AR 모형을 적용하였다. DEA/AR 모형은 기본 DEA 모형을 통해 산출되는 가중치의 왜곡 문제를 해결하기 위해 가중치의 범위를 한정하는 모형이다(Thompson et al., 1986). 본 연구에서는 산출변수 별 AR을 연구개발 단계를 고려한 쌍대비교(Saaty, 1980)를 통해 설정하였다. 분석 대상 14개 연구개발 과제는 기초, 응용, 개발로 구분되는 연구단계 측면에서 상이하기 때문에 쌍대비교를 이 세 가지 관점에서 수행한 후 산출변수 각각의 AR은 선행연구에서 제안하는 수식 (2)(Shang and Sueyoshi, 1995; Takamura and Tone, 2003; Lee et al., 2009)를 통해 설정되었다.

$$L_{ij} = \min \frac{w_{ki}}{w_{kj}}, U_{ij} = \max \frac{w_{ki}}{w_{kj}} \quad (2)$$

L_{ij} : lowerbound of w_{ki}/w_{kj}

U_{ij} : upperbound of w_{ki}/w_{kj}

w_{ki} : priority score of output i with research stage k

도출된 AR 결과는 다음과 같다.

$$0.247 \leq \frac{O_1(\text{논문})}{O_2(\text{특허})} \leq 4.055$$

$$0.411 \leq \frac{O_2(\text{특허})}{O_3(\text{기술료})} \leq 4.579$$

$$0.101 \leq \frac{O_1(\text{논문})}{O_3(\text{기술료})} \leq 9.865$$

또한, 효율성 값으로 정성평가 결과와 순위 비교가 필요한 바, 초효율성 모형(Andersen and Petersen, 1993)을 적용하였고, 그 결과는 <표 6>과 같다. 초효율성 모형은 효율적인 DMU($\theta_k=1$) 간의 우선순위를 선정할 수 있는 모형으로, 측정대상 DMU와 초효율성 프런티어 사이의 거리를 측정하여 최종 효율성을 산출한다(수식 (3)).

$$\text{Minimize } g_k = \theta_k \tag{3}$$

s.t.

$$x_{ki}\theta_k \geq \sum_{j=1}^n x_{ji}\lambda_j, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$y_{kr} - \sum_{j=1}^n y_{jr}\lambda_j \leq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 0$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j \neq k$$

x_{ki} : value of input variable $i \in DMU_k$

y_{kr} : value of output variable $r \in DMU_k$

θ_k : efficiency score of DMU_k

λ_j : weights of output indicator j

<표 6> K연구원 연구개발 과제 정량평가 결과(DEA/AR)

연구개발 과제	점수(효율성)	순위
P01	181.4	4
P02	184.1	3
P03	23.0	14
P04	big	1
P05	158.3	5
P06	26.0	13
P07	496.1	2
P08	32.1	11
P09	45.8	10
P10	59.4	8
P11	85.6	7
P12	30.9	12
P13	52.6	9
P14	89.6	6

3. 비교 분석

〈표 3〉과 〈표 6〉에서 제시한 결과를 바탕으로 정성평가와 정량평가 결과 비교 분석을 위해 정리한 내용은 〈표 7〉과 같다. 보다 의미 있는 비교 분석을 위해서 정성평가 점수의 경우, 총점(B1)을 비롯하여 〈표 2〉에서 제시한 평가지표 별 점수를 선택적으로 적용한 네 가지 결과(B2-B5)를 함께 분석하였다.

B2는 평가지표 중 ‘차년도 수행계획의 적절성’을 제외한 경우로 실제 정량평가 데이터에는 계획에 해당되는 부분이 없기 때문에 설정하였고, 유사한 의미에서 ‘연차 성과목표 달성도’도 관련성이 없으므로 해당 부분을 제외한 경우를 B3로 설정하였다. B4는 ‘연구결과의 활용정도(또는 활용 가능성) 및 파급효과’가 간접적으로 정량적 성과와 연관이 있을 가능성이 높기 때문에 설정하였고, B5는 정량성과와 직접적인 관련성이 있는 ‘연구성과의 질적 우수성’ 항목만으로 설정하였다.

〈표 7〉 K연구원 연구개발 과제 정량·정성 평가 비교

세부 과제	순위					
	A. 정량 평가	정성평가				
		B1. 총점	B2. 평가지표 1-4	B3. 평가지표 2-4	B4. 평가지표 2-3	B5. 평가지표 2
P01	4	14	14	14	14	14
P02	3	5	5	5	5	6
P03	14	11	11	11	11	12
P04	1	8	9	10	10	8
P05	5	13	12	13	13	12
P06	13	3	3	4	4	3
P07	2	4	4	3	3	3
P08	11	6	8	8	8	10
P09	10	12	13	12	12	11
P10	8	10	7	7	7	5
P11	7	7	6	6	5	7
P12	12	2	2	2	2	2
P13	9	9	10	9	9	9
P14	6	1	1	1	1	1
Kendall's τ	상관계수	-0.055	0.011	-0.011	-0.022	0.033
	p-값	0.784	0.956	0.956	0.913	0.869

먼저, 정성평가 총점 상위 과제를 기준으로 살펴보면(〈표 7〉), P14, P12, P06 과제 순으로 상위 점수를 나타내었고, B2-B5 결과에서도 크게 순위 변동을 보이지 않았다. 하지만 정량평가 결과(A)와는 분명한 차이를 보임을 알 수 있다. P14의 경우에는 정량평가 결과에서 중간정도의 순위를 나타냈으나, P12, P06 과제의 경우에는 정량평가에서는 낮은 순위(각각 12, 13위)를 보인다. 반면에 정량평가 결과 상위 과제를 기준으로 살펴보면, P04, P07, P02, P01 과제 순이지만, P04 과제의 경우 정성평가 총점 순위(B1) 8위, P01 과제의 경우 14위로 나타났다. 이러한 차이를 서열척도로 측정된 변수 간 관계측정이 가능한 Kendall's τ 상관분석을 통해 통계적으로 검정한 결과, 정량평가 결과인 A 순위와 정성평가 결과인 B1-B5 순위 간 상관관계는 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타났다. 즉, 정성평가 결과와 정량평가 결과 사이에는 분명한 차이가 있는 것으로 분석 되었다.

이러한 차이가 발생하는 요인은 다음과 같이 분석되었다. 첫째, 일반적인 정성평가의 한계점이다. 〈표 7〉에서 나타난 바와 같이 평가지표별 선택적 적용 점수 순위(B2-B5)와 총점 순위(B1)는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 이 결과를 미루어볼 때, 전문가가 정성평가를 함에 있어 평가대상 과제에 대해 이미 전체적인 점수를 큰 틀에서 선정해 놓고 그것을 기반으로 평가지표별 점수를 산정하는 경향이 있음을 추론할 수 있다. 둘째, 정성평가 시 투입 대비 산출의 개념이 충분히 반영되지 않았다. 실제로 과제별 발표로 진행된 평가에서 투입 예산, 인력 정보는 제공되었으나, 해당 투입으로 발표에서 제시한 산출이 적절한지에 대한 검토가 면밀히 수행되었다고 보기 어렵다. 반면, DEA 방법의 경우 투입 대비 산출로 점수를 산정하기 때문에 정성평가와 차이점이 발생하였을 것으로 분석된다. 셋째, 성과 외적인 요소가 영향을 끼칠 수 있다. 공개발표를 통한 전문가 평가에는 사실상 연구개발 성과 외적인 부분이 영향을 미칠 수 있다. 성과 외적인 부분이라 함은 발표자의 발표 기술, 발표 자료의 수준, 발표장의 분위기, 질의응답 수준 등으로, 공개발표로 평가 받는 현재 방식에서 무시할 수 없는 부분이지만 연구개발 성과와 직접적인 관련이 있다고 보기 어렵다.

이러한 요인들로 발생하는 정성평가 결과와 정량평가 결과와의 차이를 줄이면서 보다 정확한 출연(연) 연구개발 성과 평가체계 개선을 위해서는, 첫째, 현재 적용되고 있는 평가지표에 덧붙여 정량평가 결과를 하나의 평가지표로 추가하는 방법이다. 예를 들어 현재 연구개발 과제 연차평가 평가지표인 연차 성과목표 달성도(10점), 연구성과의 질적 우수성(20점), 연구결과의 활용정보 및 과급효과(5점) 등 연구개발 성과와 직접 관련성이 높은 평가지표에 할당된 배점 중 일부를 '연구개발 성과 효율성' 지표를 신설하여 할당한다면 정성평가 결과에 정량평가 요소가 반영될 수 있을 것이다. 이와 같은 방법으로 정성평가 기반의 현재 평가체계에 정량적인 결과를 반영함으로써 정성평가가 갖는 한계점을 보완할 수 있을 것으로 보인다. 또는, 현재와

같이 정성평가로 진행하되, 평가 대상 과제별 투입 및 산출 현황을 한 눈에 볼 수 있는 형태로 평가위원회에 제공하는 것으로도 해당 한계점을 일부 보완할 수 있을 것이다. 둘째, 정성평가 시 평가지표별 가이드라인을 제공하는 방법이다. 2015년도 K연구원 연구개발 과제 연차평가에서는 평가지표별 배점은 제공하였으나, 어떠한 기준으로 평가지표별 점수를 산정할 것인가에 대한 가이드라인은 제공되지 않았다. 예를 들어, ‘연차 성과목표 달성도’ 평가지표의 경우 ‘연차 성과목표를 100% 달성하고 제시한 목표가 도전적인 경우 - 10점’, ‘연차 성과목표를 100% 달성하였으나 목표가 도전적이지 않은 경우 - 8점’ 등의 가이드라인을 평가위원들에게 제공한다면 보다 정확한 평가지표 별 점수 산출이 가능할 것으로 보인다.

IV. 결 론

본 연구에서는 출연(연) 연구개발 프로젝트 성과 평가체계에 대한 개선점을 찾기 위해 정성평가 결과와 정량평가 결과를 비교 분석하여 시사점을 도출하고 개선 방향을 제안하였다. 연구결과의 실효성을 향상시키기 위해 K연구원에서 2015년에 수행된 실제 성과평가 사례를 기반으로 분석을 진행하였고, 그 결과 정성평가 결과와 정량평가 결과 사이에 통계적으로 유의미한 차이점이 있다는 것을 확인하였다. 실제 사례를 바탕으로 현재 보편적으로 사용되고 있는 전문가 기반 정성평가 방법을 보완할 수 있는 체계를 제안하였다는 점에서 본 연구는 기여점이 있다고 할 수 있다. 본 연구에서 제안한 바와 같이 정성평가 및 정량평가가 상호보완적으로 진행될 수 있는 체계가 마련된다면, 출연(연) 연구개발 프로젝트 성과평가 시 각 연구개발 과제의 특성을 반영하면서 객관성도 보다 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

이러한 기여점에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 한계를 가진다. 첫째, 정량평가 방법으로 활용한 DEA 방법론에서 발생할 수 있는 투입 및 산출변수 선택에 따른 결과 변동의 가능성이 있다. 본 연구에서는 이러한 가능성을 최소화하고자 기존 연구들을 활용하여 변수들을 선정하였음에도 불구하고, 여전히 관련 한계점은 존재하고 있다. 따라서, 변수 선정 시 지표 pool을 보다 다각화 하여 보완할 필요가 있다. 둘째, 정량평가 시 각 연구개발 과제별 특성을 고려하지 않은 점이다. 본 연구에서는 연구개발 단계 측면을 AR 설정시 고려하였으나, 여기에 덧붙여 세부분야 별 특성 등의 관점도 AR 설정 시 보완한다면 보다 신뢰할 수 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 보인다. 이와 같은 관점에서 연구개발의 특성 상 연구개발 단계를 비롯하여 세부분야 별 특성이 분명하기 때문에 이러한 점을 고려한 보완도 필요하다. 본 연구에서 분석한 14개 연구과제의 경우 K연구원이라는 동일한 연구기관에서 수행된 점을 고려하여 전반적인

목표에서의 유사성이 있다고 판단하여 DEA 분석을 수행하였으나, 연구개발의 특성 상 모든 과제가 동일한 성격이라고 보기 어려운 점이 존재한다. 따라서 세부 주제에 따른 DMU들을 구분하여 분석을 수행한다면 보다 정확한 분석이 가능할 것이다. 셋째, 본 연구에서 DEA에 적용한 투입변수와 산출변수의 개수와 DMU 개수 관련 논의이다. 다양한 선행연구에서 충분한 자유도를 확보하여 DEA를 통해 의미 있는 결과를 도출하기 위한 변수 개수에 따른 최소 DMU 수를 제시하고 있다. 예를 들어 Golany and Roll(1989)은 투입변수와 산출변수 개수의 합의 두 배 이상의 DMU가 필요하다고 하였고, Boussofiane et al.(1991)는 투입변수와 산출변수의 개수를 곱한 값보다 많은 수의 DMU가 최소요건이라고 제시한 바 있다. 또한 다른 선행연구에서는 투입변수와 산출변수의 개수를 곱한 두 배의 값을 기준으로 제시하기도 하였으며(Dyson et al., 2001), 투입변수와 산출변수의 개수의 합의 세 배의 값 이상의 DMU가 필요하다고 제시하였다(Bowlin, 1998). 본 연구에서는 총 2개의 투입변수와 3개의 산출변수를 사용하여 총 14개의 DMU에 대한 분석을 수행하였기 때문에 대부분의 선행연구에서 제시한 최소 요건을 충족하고 있으나, 일부 선행연구(Bowlin, 1998)에서 제시한 기준에는 부합하지 않는 부분이 있다. 따라서 추후 연구에서 보다 많은 DMU를 확보하여 분석을 수행한다면 보다 변별력 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 보인다.

이와 같은 한계점을 보완하여 추후 연구를 진행하고, 본 연구에서 제안한 내용을 실제 평가에 활용함으로써 보완점을 찾는다면 보다 의미 있는 출연(연) 연구개발 사업 평가 체계를 수립할 수 있을 것으로 기대된다. 추가적으로, 본 연구에서는 정성평가와 정량평가 비교 분석을 위해 한 해의 성과를 대상으로 분석을 수행하였으나, 연구개발의 특성 상 여러 해에 걸쳐 연구가 수행되고 관련 성과 역시 지속적으로 산출되는 점을 고려할 때 단순히 한 시점에서의 연구 과제 효율성을 분석하는 것에서 나아가, 다년간의 효율성 변화를 측정하여 분석을 수행한다면 보다 의미 있는 시사점을 도출할 것으로 보인다. 또한, 최근에 들어 국가연구개발사업 평가에 대한 지침이 목표달성도 평가(40%), 전문가 정성평가(60% - 성과의 질적 우수성, 목표 달성과정의 적절성 및 목표의 도전성·혁신성 등)의 방식으로 변경된 점을 추후 연구에 반영하여 분석한다면 시의성 높은 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

고용수·한용용·정상기·류영수·김수연·신재호 (2016), 「정부연구개발 성과평가의 새로운 접근 방법론 탐색연구」, 한국과학기술기획평가원.

- 곽기호·오승훈·김재운 (2010), “DEA-AR 을 활용한 산업기술연구회 소속 정부출연(연)의 R&D 효율성 분석과 평가 방안 제언”, 한국기술혁신학회 2010년 추계학술대회 발표논문집.
- 권철신·박준호·홍석기 (2004), “상호영향형 R&D 과제군의 평가선정을 위한 「CIDEAR」 모형의 개발”, 「한국경영과학회지」, 29(3): 41-61.
- 김선경·이길우·안혜린·방은진 (2016), 「2015년 국가 R&D성과 Scoreboard」, 한국과학기술기획평가원.
- 김성수 (2000), “한국 과학기술 정책과정의 조정과 통합: 체제이론에 의한 국가과학기술위원회 운영 분석”, 「한국정책학회보」, 9(2): 211-236.
- 김주경·김영공·강제상 (2014), “정부 R&D 사업성과의 영향요인에 관한 연구 : 기후변화 대응 사업을 중심으로”, 「한국정책과학회보」, 18(4): 229-256.
- 김현민·유재욱·유종순 (2013), “정부R&D과제 협력요소들과 연구개발 성과의 관계에 대한 연구: 연구원 수와 연구개발단계의 조절효과를 중심으로”, 「대한경영학회지」, 26(3): 695-718.
- 남인석·송윤영·정병호 (2008), “DEA모형을 이용한 정부출연연구기관의 상대적 효율성 분석”, 「Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering」, 31(1): 1-10.
- 오세홍 (2001), 「국가연구개발 프로그램 평가를 위한 기법·제도의 선진화 방안」, 한국과학기술기획평가원.
- 유홍림·박성준 (2007), “중소기업 R&D 지원정책 성과의 영향요인에 관한 실증연구: 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업을 중심으로”, 「한국행정논집」, 19(1): 171-196.
- 이수철·이동호 (2016), “Cumulative DEA/Malmquist Index 기법을 이용한 정부출연 연구기관 연구개발 효율성 변화 분석”, 「한국경영과학회지」, 41(1): 99-112.
- 이정원 (2000), 「R&D 평가시스템의 이론적 체계 구축 및 적용방안에 관한 연구」, 과학기술정책연구원.
- 임길환 (2015), 「국가R&D 정책 평가: 지원체계 및 운용을 중심으로」, 국회예산정책처.
- 임호순·유석천·김연성 (1999), “연구개발사업의 평가 및 선정을 위한 DEA/AHP 통합모형에 관한 연구”, 「한국경영과학회지」, 24(4): 1-12.
- 장금영 (2010), “연구개발투자의 성과에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 정부의 산업기술개발사업을 중심으로”, 「기술혁신연구」, 18(1): 75-98.
- Andersen, P. and Petersen, N. C. (1993), “A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, 39(10): 1261-1264.
- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*,

- 30(9): 1078-1092.
- Boussofiane, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E. (1991), "Applied Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 52(1): 1-15.
- Bound, J., Cumins, C., Griliches, Z., Hall, H.H. and Jaffe, A. (1984), *R&D, Patent, and Productivity*, University of Chicago Press, Chicago.
- Bowlin, W. F. (1998), "Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA)", *The Journal of Cost Analysis*, 15(2): 3-27.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444.
- Chen, C. T., Chien, C. F., Lin, M. H. and Wang, J. T. (2004), "Using DEA to Evaluate R&D Performance of the Computers and Peripherals Firms in Taiwan", *International Journal of Business*, 9(4): 347-359.
- Cullmann, A., Schmidt-Ehmcke, J. and Zloczynski, P. (2011), "R&D Efficiency and Barriers to Entry: A Two Stage Semi-parametric DEA Approach", *Oxford Economic Papers*, 64(1): 176-196.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S. and Shale, E. A. (2001), "Pitfalls and Protocols in DEA", *European Journal of Operational Research*, 132(2): 245-259.
- Eilat, H., Golany, B. and Shtub, A. (2008), "R&D Project Evaluation: An Integrated DEA and Balanced Scorecard Approach", *Omega*, 36(5): 895-912.
- Georghiou, L. (1999), "Socio-economic Effects of Collaborative R&D—European Experiences", *The Journal of Technology Transfer*, 24(1): 69-79.
- Golany, B. and Roll, Y. (1989), "An Application Procedure for DEA", *Omega*, 17(3): 237-250.
- Gold, B. (1989), "Some Key Problems in Evaluating R&D Performance", *Journal of Engineering and Technology Management*, 6(1): 59-70.
- Graves, S. B. and Langowitz, N. S. (1996), "R&D Productivity: A Global Multi-industry Comparison", *Technology Forecasting and Social Change*, 53(2): 125-137.
- Hashimoto, A. and Haneda, S. (2008), "Measuring the Change in R&D Efficiency of the Japanese Pharmaceutical Industry", *Research Policy*, 37(10): 1829-1836.
- Hsu, F. M. and Hsueh, C. C. (2009), "Measuring Relative Efficiency of Government-

- sponsored R&D Projects: A Three-stage Approach”, *Evaluation and Program Planning*, 32(2): 178-186.
- Lee, H., Park, Y. and Choi, H. (2009), “Comparative Evaluation of Performance of National R&D Programs with Heterogeneous Objectives: A DEA Approach”, *European Journal of Operational Research*, 196(3): 847-855.
- Lee, H. Y. and Park, Y. T. (2005), “An International Comparison of R&D Efficiency: DEA Approach”, *Asian Journal of Technology Innovation*, 13(2): 207-222.
- Liu, J. S. and Lu, W. M. (2010), “DEA and Ranking with the Network-based Approach: A Case of R&D Performance”, *Omega*, 38(6): 453-464.
- Meng, W., Zhang, D., Qi, L. and Liu, W. (2008), “Two-level DEA Approaches in Research Evaluation”, *Omega*, 36(6): 950-957.
- Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill International Book Co., New York, NY.
- Scherer, F. M. (1983), “The Propensity to Patent”, *International Journal of Industrial Organization*, 1(1): 107-128.
- Shang, J. and Sueyoshi, T. (1995), “A Unified Framework for the Selection of a Flexible Manufacturing System”, *European Journal of Operational Research*, 85(2): 297-315.
- Takamura, Y. and Tone, K. (2003), “A Comparative Site Evaluation Study for Relocating Japanese Government Agencies out of Tokyo”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 37(2): 85-102.
- Thomas, V. J., Sharma, S. and Jain, S. K. (2011), “Using Patents and Publications to Assess R&D Efficiency in the States of the USA”, *World Patent Information*, 33(1): 4-10.
- Thomas, V. J., Jain, S. K. and Sharma S. (2009), “Analyzing R&D Efficiency in Asia and the OECD: An Application of the Malmquist Productivity Index”, *Science and Innovation Policy*, 2009 Atlanta Conference on. IEEE.
- Thompson, R. G., Singleton, F. D., Thrall, R. M. and Smith, B. A. (1986), “Comparative Site Evaluations for Locating a High-energy Physics lab in Texas”, *Interfaces*, 16(6): 35-49.
- Wang, E. C. and Huang, W. (2007), “Relative Efficiency of R&D Activities: A Cross-country Study Accounting for Environmental Factors in the DEA Approach”, *Research*

Policy, 36(2): 260-273.

Werner, B. M. and Souder, W. E. (1997), “Measuring R&D Performance – State of the Art”, *Research-Technology Management*, 40(2): 34-42.

Zhong, W., Yuan, W., Li, S. X. and Huang Z. (2011), “The Performance Evaluation of Regional R&D Investments in China: An Application of DEA Based on the First Official China Economic Census Data”, *Omega*, 39(4): 447-455.

이수철

POSTECH(포항공과대학교)에서 산업경영공학 공학사 및 공학박사를 취득하였으며, 현재 목포대학교 경영학과 조교수로 재직 중이다. 그의 논문은 Journal of Knowledge Management, International Journal of Technology Management, Technology Analysis & Strategic Management 등 국내외 주요 저널에 게재되었으며, 주요 연구 분야는 기술경영, 지식경영, 전략경영, 경영과학 등이다.

고미현

충북대학교에서 경영정보학으로 경영학 학사 및 석사, 박사학위를 취득하였으며, 현재 한국과학기술정보연구원(KISTI) 미래정책연구부 정책연구실 선임연구원으로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 경영정보시스템, 빅데이터 및 과학기술정책, R&D Management 등이다.