

전력산업 R&D 프로젝트의 효율성 및 효과성 평가

박성민^{1*} · 김 현¹ · 백동현²

¹백석대학교 경상학부 / ²한양대학교 경상대학 경영학부

Evaluation of R&D Projects in Electric Power Industry with Efficiency and Effectiveness

Sungmin Park¹ · Heon Kim¹ · Donghyun Baek²

¹Department of Business Administration, Baekseok University, Cheonan, Chungnam-Do 330-704

²Department of Business Administration, Hanyang University, Ansan, Gyeonggi-Do 426-791

Based on the characteristics of 'Korean electric power industry R&D programs', this study proposes a new performance evaluation framework where electric power industry related R&D projects are scrutinized. The abovementioned R&D programs have their own goals and especially they emphasize the effectiveness as well as the efficiency of each subordinate R&D project. Hence, in this framework, a performance evaluation procedure is established and then a mathematical model is developed according to the procedure. The model calculates performance evaluation indices for a set of R&D projects integrating the effectiveness with the efficiency of each R&D project. In a case study with an empirical dataset, statistical significance is tested on the integrated performance evaluation indices of R&D projects regarding organizational types and program categories considered.

Keyword: effectiveness, efficiency, electric power industry, performance evaluation, R&D

1. 서 론

1.1 연구배경 · 주제

최근 우리나라 기획재정부의 2009년 예산안에 따르면 총예산 209.2조 원중 R&D 분야에 대한 재원배분은 2008년 11.1조 원에서 2009년 12.3조 원으로 증가율이 10.8%에 달한다. 이는 12개 주요 분야중 전년대비 증가율이 가장 높은 것임과 동시에 두 자리 수 증가율을 갖는 유일한 분야임을 알 수 있다(MOSE, 2008). Song(2007)은 2003년부터 2008년까지 최근 우리나라 정부 R&D 예산에 대한 분석을 통해 R&D 예산편성 측면에서 R&D 투자규모 확대와 더불어 성과창출을 극대화하도록 투자효율의 제고가 꾸준히 강조되는 있음을 언급한 바 있다. 구체적으로; 1) 정부 부처간 중복 · 과잉투자 조정; 2) 사업성과와

예산편성을 연계한 성과중심 예산배분 시스템 정착; 3) R&D 사업의 기술성, 경제성, 정책적 타당성 사전검증 확산 등을 논의했다. 이러한 상황에 신속히 대처한 정보통신진흥기금의 주무부서인 정보통신부는 R&D 사업(programs) 및 하위 과제(projects)의 투입 · 성과지표 개발, 효율성 분석을 위한 모형 수립 등을 선도적으로 시도한 것으로 파악된 반면, 상대적으로 전력산업 R&D 분야에서의 체계적인 성과관리에 대한 연구는 미흡한 실정으로 판단된다(MIC · IITA, 2006; MIC · KAIT, 2007; Park *et al.*, 2008). 한편, '정부 R&D 예산'이란 새로운 지식을 축적하거나 창조적인 기술개발활동을 촉진하기 위해 지원되는 예산으로서 일반회계, 특별회계, 기금으로 구성되며, 특히 R&D 관련 대표적 정부기금으로는 과학기술진흥기금, 원자력연구개발기금, 전력산업기금, 정보통신진흥기금 등이 있다(MOSE, 2008; NSO, 2008).

*연락처 : 박성민 교수, 330-704 충청남도 천안시 안서동 115번지 백석대학교 경상학부, Fax : 041-550-9172, E-mail : smpark99@bu.ac.kr
투고일(2009년 02월 17일), 심사일(1차 : 2009년 03월 26일, 2차 : 2009년 05월 13일, 3차 : 2009년 05월 19일), 게재확정일(2009년 05월 21일).

정부 R&D 성과관리의 핵심은 투입(input)과 함께 산출(output), 결과(outcome), 영향(impact) 등과 같은 다양한 개념으로 표현되는 성과(performance)의 여러 측면을 명확히 정의·구분하고, 집행된 예산으로 창출된 성과달성 규모 또는 여부를 적절하게 반영할 수 있는 지표를 개발·조사하고, 수집된 지표의 정량적, 정성적 자료를 분석·평가하여, 최종적으로는 이를 후속 예산편성에 연계하는 것이라고 판단된다. 이와 같은 맥락에서, 우리나라는 2005년 12월 ‘국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률’을 공포하였으며, 2006년 3월부터 국가연구개발사업에 대한 조사·분석·평가를 시행중이다(Cho, 2005; KISTI, 2008). STEPI(2008). 연구에서도, 성과를 특정 사업 주체가 수행한 활동(activity)의 산출, 결과 및 직·간접적으로 파생된 모든 영향을 포괄적으로 추상화 한 것이라고 정의한 바 있는데, 단 모든 성과를 측정할 수 있는 것은 아니며, 측정가능한 성과는 전체성과의 극히 일부분이고, 성과평가의 요점은 가능한 한 전체성과를 포괄하여 대표할 수 있는 핵심 성과지표를 도출·활용하는 것이라고 보고한 바 있다. 한층 더 나아가, MST·KISTEP(2007)은 국가연구개발사업이 종료된 후 일정기간동안 성과의 추적·관리 시스템의 필요성을 강조하였고, 이와 관련 2006년도 종료사업을 대상으로 성과의 추적평가를 시범실시하고, 2012년부터는 모든 국가연구개발사업에 대한 추적·관리의 실시를 계획한 바 있다. 한편, ISTK(2007)에 의하면, 국가연구개발사업의 평가유형은; 1) 연구개발사업평가, 2) 연구개발과제평가, 3) 출연연구기관평가 등 3가지로 분류되어 실시된다.

제 2장에서 자세히 고찰될 연구개발사업의 고유성으로 인해 최근 ‘전력산업연구개발사업’에 속한 하위 개별 연구개발 과제 즉, ‘전력산업 R&D 프로젝트’는 일반적인 R&D 프로젝트가 갖는 기술적 산출의 효율성과 함께 기술지원·이전 및 타과제응용 등을 통한 사업화 결과를 반영하는 효과성이 강조된다. 본 연구에서는 효율성과 효과성이 통합된 체계화된 성과평가 절차와 모형을 개발한다. 정량적 지표로의 수집이 현실적으로 가능한 투입자원 대비 기술적 산출의 규모는 자료포락 분석(Data Envelopment Analysis, DEA) 모형의 효율성지수로, 반면 기술지원·이전 및 타과제응용 등의 후속성과활용을 통한 경제적 사업화 ‘여부’는 전력산업 R&D 프로젝트의 경우 달성하기 힘든 희귀한 결과이므로 2개 0-1 이진(binary)변수 형식의 효과성지수로 표현하고자 한다. DEA 효율성지수, 후속성과활용과 사업화 관련 2개 효과성지수의 무차원적(dimensionless) 비교를 위한 정규화(normalization) 과정을 거친후 최종적인 통합 성과평가지수의 산정을 시도한다.

한편, ‘전력산업연구개발사업’의 경우도 일반적인 정부 R&D 사업과 마찬가지로 사업전담기관은 상위 예산집행 부서인 지식경제부로부터 매년 정기적인 사업유형별 평가를 받는데, ‘매우 우수’, ‘우수’, ‘보통’, ‘미흡’ 등과 같은 종합등급 평가결과를 부여받기에 이에 대한 사전 대비가 요구된다. 또한, 사업전담기관 내부적으로는 R&D 프로젝트를 수행한 기관유형별

평가를 실시해 차년도 R&D 예산배분 조정에 그 결과를 환류(feedback)시킨다. 이러한 맥락하에 사례분석에서는 기관·사업유형별 전력산업 R&D 프로젝트의 통합성과평가지수를 이용한 비모수적 단일인자 분산분석법(nonparametric single-factor ANOVA)인 Kruskal-Wallis 검정을 통한 통계적 유의차를 확인하고자 한다.

1.2 문헌고찰

정부 R&D 프로젝트 성과는 아래 5가지 관점을 중심으로 평가될 수 있다(Ko *et al.*, 2004; MIC·KAIT, 2007). 세부적으로, 효율성(efficiency)이란 자원의 투입 관점에서 바라본 산출의 규모를 파악하는 개념으로서, 효과성(effectiveness 또는 efficacy)은 결과의 창출 관점에서 궁극적으로 추구하고자 했던 사업목표를 달성했는지 여부를 파악하는 개념으로서 이해될 수 있다(STEPI, 2008). 한편, 정부 R&D 프로젝트의 생산성(productivity)을 2단계로 구분하고, 1단계는 투입자원의 규모 대비 기술적 산출(예: 논문, 특허 등) 비율을 나타낸 효율성과 2단계는 기술적 산출 대비 경제적 사업화 결과(예: 매출액, 기술료 등) 비율을 나타낸 효과성 개념이 제시된 바 있다(Hwang and Hwang, 2005; Hwang, 2006).

- 효율성(efficiency) : 투입자원의 규모 대비 산출량이 높은가?
- 효과성(effectiveness 또는 efficacy) : 사전 설정된 사업목표를 달성하고 있는가?
- 적절성(relevance) : 지원정책에 부합되는 사업목표를 설정하고 있는가?
- 지속성(sustainability) : 사업이 중단된 후 사업성과가 얼마나 오랫동안 지속될 수 있는가?
- 효용성(utility) : 사업성과가 실제 사업수요를 얼마나 충족시키고 있는가?

R&D 프로젝트의 성과평가에 대한 최근 연구로서, Bitman and Sharif(2008)는 R&D 프로젝트의 성과평가를 위한 개념적 체계를 도식화하고, 성과평가에 활용가능한 5가지 모형인 평점 모형(scoring model), 계층분석법(Analytic Hierarchy Process, AHP), Boston Consulting Group(BCG) 매트릭스 혹은 ‘성장-점유’(growth-share) 매트릭스, 균형성과표(Balanced ScoreCard, BSC), DEA 등의 특징을 정리한 바 있다. McLaughlin and Jordan(1999)은 R&D 프로젝트의 사전수립과 사후평가를 위한 순서도(flow chart) 형식의 ‘논리모형’(logic model)을 제시한 바 있다. Henriksen and Traynor(1999)는 R&D 프로젝트의 성과평가와 선정을 위한 기준문헌을 고찰하고, 8개 R&D 프로젝트 성과평가와 선정에 위한 방법론을 분류한 바 있고, 그들 역시 고유의 4가지 판정기준을 갖는 새로운 평점모형을 제안하였다. 모형 활용과 관련해서, Wang *et al.*(2005)은 학제적 성격을 갖는 중국 정부 R&D 프로젝트의 AHP 기반 성과평가 모형을 활용했고, Farris *et al.*

(2006)은 군용차량에 장착되는 정보통신시스템의 설계·설치와 관련된 ‘engineering design project’를 평가하는 DEA 기반 성과평가 사례를 보고하였는데, 총 15개 프로젝트(11개 기존방식+4개 신규방식)를 대상으로 초기 23개에서 최종 5개로 DEA 입력·출력항목을 축약하는 과정을 자세히 논의하였다. Rhim *et al.*(1999)은 연구개발사업의 성과평가와 선정을 위한 DEA/AHP 통합모형을 제시하여 DEA 효율성지수의 변별력을 개선하고자 시도하였고, Park *et al.*(2008)은 IT중소기업의 정부자금지원 정책의 성과평가를 위한 DEA(AR-I, ARGM) 모형을 수립한 후, 사례분석을 통해 DEA 효율성지수에 대한 민감도분석을 논의하였다.

추가적 DEA 관련 주요 연구로서, Lee *et al.*(2009)은 이질적(heterogeneous) 사업목적에 갖는 6개 정부지원 R&D 사업에 대한 DEA 성과평가에서 변수 중요도를 고려한 acceptance region model과 output integration을 실시했고, 사업간 비교를 위한 Mann-Whitney U 검정과 Kruskal-Wallis 검정을 함께 채택한 바 있다. Hsu and Hsueh(2009)는 정부지원 110개 R&D 프로젝트를 대상으로 한 성과평가를 위해 3단계 절차를 제시하였는데, 1단계 DEA 모형화, 2단계 외부변수 통제를 위한 Tobit 회귀분석, 3단계 조정된 자료를 이용한 R&D 프로젝트 비교 등을 실시하고 수혜기업의 정부지원 금액 비율의 적정 상한선이 필요함을 강조하였다. Yu and Lin(2008)은 승객·화물운송을 담당하는 다중활동·단계 철도노선의 Multi-activity Network DEA(MNDEA) 모형을 개발하여 20개 철도노선과 관련된 PTE(passenger technical efficiency), FTE(freight technical efficiency), SV(service effectiveness), TV(technical effectiveness) 4개 효율성·효과성지수를 함께 추정하였다. Asmild *et al.*(2007)은 cone-ratio DEA 가중치 제약에 대한 실험결과를 제시하였고, Garcia-Sanchez(2007)는 경찰서 운영 관련 효과성 측정을 위해 계량경제학(econometrics) 방법에 의해 추정된 변수를 이용한 DEA 모형을 논의했다. Karlaftis(2004)는 256개 도시 운송시스템에 대한 평가와 각 운송시스템별 규모의 경제(economies of scale)를 DEA모형 returns to scale 분석을 통해 논의한 바 있다. 보다 고전적 연구로서, Oral *et al.*(1991)은 self-evaluation model, cross-evaluation model, selection model 3개 R&D 프로젝트 평가·선택 모형을 제시한 후 철강산업 응용사례를 발표하였다. 또한 초기 DEA의 활발한 적용분야로서는 병원운영(Banker *et al.*, 1986), 교육내용과 학교운영(Charnes and Cooper, 1980; Charnes *et al.*, 1981; Bessent *et al.*, 1982), 은행지점

(Sherman and Gold, 1985), 도시지역 경찰서운영(Parks, 1983) 등의 효율성 평가를 위한 DEA 활용사례가 보고된 바 있다.

2. 전력산업연구개발사업

2.1 추진배경·규모

2001년 4월 한국전력공사 발전부문을 5개 화력, 1개 원자력, 총 6개 발전 자회사로 분리하고, 전력시장과 전력계통의 운영을 담당하는 전력거래소와 이와 관련된 심의·재정·조사 기능을 담당하는 규제기관인 전기위원회를 설립한 것을 필두로 우리나라 전력산업은 경쟁체제로 전환되었다. 이로써 이전까지 한국전력공사가 자체적으로 수행하던 공익기능을 정부로 이관해 ‘전력산업기반조성계획’이 수립·시행되었고, 전력산업의 지속적 발전과 전력수급의 안정을 도모하기 위해 전력산업기반조성계획의 일환으로 전력산업연구개발사업이 2001년부터 추진되고 있다.

이에 필요한 재원확보는 ‘전력산업기반기금’ 설치(전기사업법 개정, 제48조, 2000. 12. 13.), 재원사용(동법 제49조), 재원조성(동법 제51조)은 부담금, 가산금(전기판매수익의 1000분의 45.91), 기금운용으로부터 발생하는 수익금, 기타 기술료 등으로 이루어지는 법적 근거를 확보하였다. 최근 전력산업연구개발사업비 규모는, 2005년 1,450억 원(기금조성사업비 1조 1,951억 원의 12.1%), 2006년 1,446억 원(기금조성사업비 1조 3,675억 원의 10.6%) 등으로 집계되었다. <표 1>에 정리된 전력산업연구개발사업의 재정투자 결산액 기준, 2001년부터 2006년까지 6년 동안 5,951억 원이 투자되었고, 2007년부터 2011년까지 5년 동안 9,596억 원의 투자가 계획되어 전년대비 증가율 평균 9.25%가 확인된다(MIR, 2006; MIR·ETEP, 2007; KOREC, 2008).

2.2 사업구조·특징

2001년부터 2006년까지 전력시장경쟁력강화사업, 전력공급안정화사업, 환경친화전력기술개발사업, 미래혁신전력기술개발사업 등 기능별 4개 사업으로 구분되어 추진된 전력산업연구개발사업은, 2007년부터 ‘국가에너지·자원기술개발기본계획(2006~2015)(2006. 03)’을 근간으로 수화력발전기술개발사업, 원자력발전기술개발사업, 전력계통기술개발사업, 전

Table 1. 전력산업연구개발사업 재정투자 추이 및 중기계획

(단위: 억 원, %)

연도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
구분	결산	결산	결산	결산	결산	결산	예산	전망	전망	전망	전망
투자액	226	725	984	1,120	1,450	1,446	1,633	1,755	1,908	2,051	2,249
전년대비 증가율(%)	-	220.80	35.72	13.82	29.46	-0.28	12.93	7.47	8.72	7.49	9.65

출처: MIR·ETEP(2007).

력기반기술개발사업 등 기술개발과 ‘사업화성공률’을 지향하는 4개 사업구조로 재편되어 추진중이다. 단, 사업화성공률은 성과평가 체계마다 다양하게 정의되는 것을 전제하여, 식 (1)과 같이 정의할 수 있다. ‘사업화’란 새롭게 개발된 기술을 이용해 제품을 제작하거나, 기존 제품의 생산공정, 품질 등을 개선하여 제품화한 건수로써 그 정도가 측정된다(MKE, 2008; MST · OSTI, 2008).

$$\text{사업화 성공률} = \frac{\text{사업화가 이루어진 과제수}}{\text{전체지원과제수}} \quad (1)$$

한편, 같은 자료출처로부터 사업화성공률과 유사한 ‘상용화성공률’ 식 (2)를 확인할 수 있는데, 식 (2)는 식 (1)보다 좀 더 구체화된 개념으로 인식된다.

$$\text{상용화성공률} = \frac{\text{매출액이 창출된 과제수}}{\text{전체지원과제수}} \quad (2)$$

전송된 사업의 추진배경에서도 알 수 있듯이, 전력산업연구개발사업은 사회간접자본(SOC) 성격을 띤 기술적 특성상 타사업과 비교해 볼 때 정부 주도형의 사업방식을 취하며, 하위 연구개발과제 규모가 상대적으로 매우 크다. 이러한 이유로 하위 개별 연구개발과제는 다시 대과제 → 소과제 → 위탁과제 및 단위과제 등으로 세분화되어 과제수행구조가 다양하고 복잡하게 형성됨으로써, 최하위 과제가 곧바로 하나의 제품·서비스로 사업화되기가 매우 어려운 구조적 특징을 갖는다.

또한, MIR(2007)에 의하면 전력산업연구개발사업의 4개 주요 수행기관인 대학(32.0%) → 정부출연연구소(29.3%) → 한전 전력연구원(23.4%) → 민간기업(15.4%) 등의 순서대로 수행기관의 비중이 낮아짐으로써, 최근 국가연구개발사업의 주요 사업목표인 후속성과활용을 통한 사업화 촉진에 어려움이 있는 수행기관 구성이 확인된다. 하지만, 최근 국가연구개발사업의 성과에 대한 추적·관리 시스템은 특허 및 특허로 등록되지 않은 전문적 know-how의 기술지원 → 인력양성 → 기술이전 등을 중시하고 있으며, 결국 이러한 일련의 연계활동을 통해 중장기적으로는 사업화 및 기술료징수가 가능할 수 있다는 논리 모형에 입각해 수립되고 있는 실정이다(ISTK, 2007).

전력산업 R&D 성과평가 체계도 마찬가지로 투자의 효율성과 사업목표의 달성 여부와 관련된 효과성을 제고하는 방향으로 설계·보완될 필요성이 확산되고 있다. 2006년부터 전력산업연구개발사업의 성과조사표에는 사업화 관련 각 과제별; 1) 연구책임자가 판정한 사업화 수준인지 여부; 2) 수익액(즉, 매출액+수출액); 3) 비용절감액; 4) 기술료징수액 등의 발생 여부를, 마찬가지로 후속성과활용 관련 각 과제별; 1) 연구책임자가 판정한 후속성과활용 수준인지 여부; 2) 기술지원; 3) 기술이전; 4) 타과제응용 등의 발생 여부를 상세히 조사·분석·평가하고 있다. 1차적 사업수요자인 연구책임자의 주관적 판정에 따른 사업화, 후속성과활용 수준을 함께 조사하고자 한 시

도는 현실적 수집이 어려운 정량적 성과지표 자료에만 의존함에 따른 성과평가의 한계를 보완함과 동시에 사업의 효율성을 파악하고자 하는 양면적 측면이 존재한다고 판단된다.

한편, 기술지원 활동은 경제적 성과를 직접적으로는 지향하지 않고 개발된 기술을 활용하는 활동으로서 정의되며; 1) 현장기술지도; 2) 기술상담; 3) 교육훈련 건수 합계로서, 기술이전 활동은; 1) 수익액; 2) 비용절감액; 3) 기술료징수액 등 경제적 성과의 발생을 직접적으로 지향하고 개발된 기술의 사용용 타기관에 허락한 건수 합계로서 수치화될 수 있다.

3. 성과평가 체계

3.1 성과평가 절차

<그림 1>은 전력산업연구개발사업의 구조·특징에 대한 고찰을 바탕으로, 본 연구에서 정의한 전력산업 R&D 프로젝트의 후속성과활용을 통한 사업화 전개 과정이다.

본 연구에서는 최종적인 핵심 투입지표군(X)으로 과제별 지원금액(x_1), 수행기간(x_2), 투입인력(x_3), 기술적 산출지표군(Y)으로 논문(y_1), 지적재산권(y_2), 시제품·실험(y_3) 실적 항목 각각 3개씩을 추가해 <그림 2>와 같은 투입·성과지표의 계층적 구조에 맞춰 통합성과평가지수를 산정하고자 한다. 본 연구에서의 성과평가의 목표를 ‘상대적으로 우수한 사업목표에 부합된 성과를 창출한 전력산업 R&D 프로젝트 선정을 통해 그 성과와 후속 예산편성을 연계한 추적지원’으로 규정할 때, 상위 평가영역은 효율성, 효과성 2개 영역으로 구분되며 효과성 영역은 다시 1단계 후속성과활용과 2단계 사업화 2개 평가영역으로 분리됨으로써 결국 총 3개 하위 평가영역을 갖는 성과평가 체계이다. 정부 R&D 사업에 의해 창출된 주요 성과로서 국가과학기술지식정보 서비스(NTIS, National Science and Technology Information Service)에 매년 정기적으로 등록·관리되는데 핵심 성과지표 6가지, ‘특허’, ‘논문’, ‘기술료’, ‘사업화 여부’, ‘인력양성’, ‘학술·기술 연수성과’ 및 이와는 별개로 조사되는 ‘장비·설비 구축정보’ 총 7가지를 고려할 때, <그림 2>는 ‘전력산업연구개발사업’과 관련이 있는 4개 핵심 성과지표를 포함한 것으로 보인다(KISTI, 2008). 특히, SCI논문에 대한 성과의 경우에는 반드시 증빙자료를 제출해야만 성과로서 인정되도록 NTIS 전산 시스템이 구축·운영되고 있으므로, 본 연구에서도 논문종류에 대한 차이를 고려한 성과평가를 시도하고자 한다.

첫째, DEA 효율성지수 산정에 이용될 DEA 입력·출력항목은 <표 2>에 자세히 정리되어 있다. 즉, 효율성은 투입규모 대비 3개 기술적 산출을 고려해 DEA 효율성지수로서 요약된다. DEA 입력·출력항목으로서 다양한 투입·산출지표를 고려할 수 있었지만, 본 연구와 병행된 관련 조사·분석·평가 활동에 직간접으로 참여한 산·학·연 전문가들의 의견수렴을 거

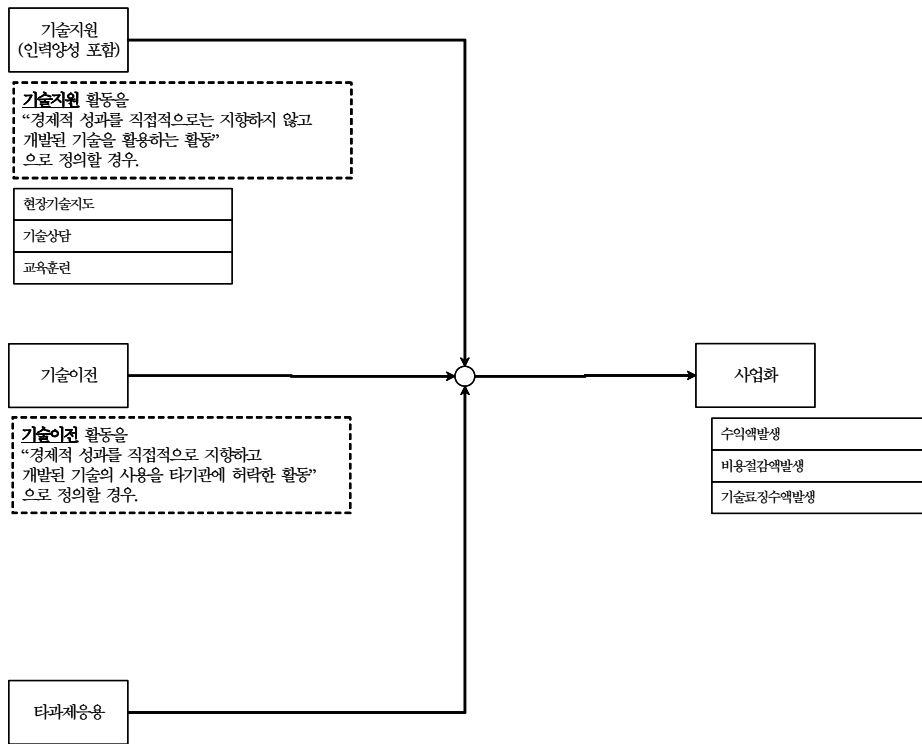


Figure 1. 전력산업 R&D 프로젝트의 후속성과활용을 통한 사업화 전개 과정

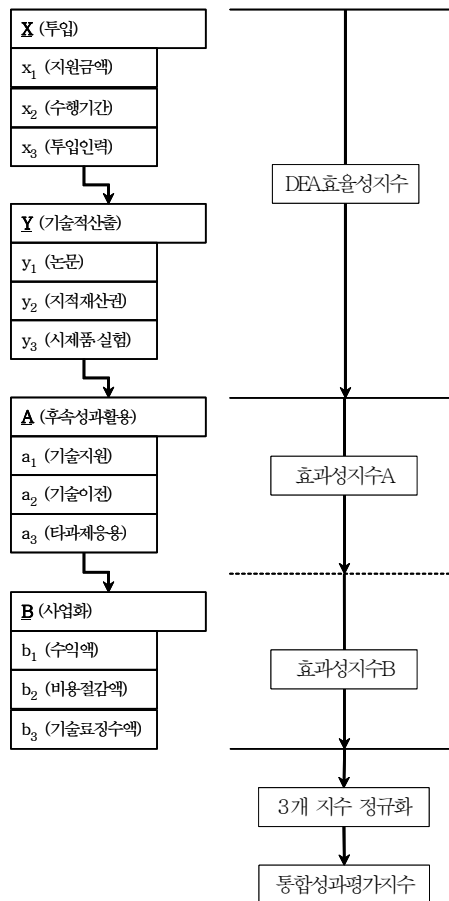


Figure 2. 전력산업 R&D 프로젝트 투입·성과지표의 계층적 구조 및 통합성과평가지수 산정 절차

쳐 전력산업 R&D 프로젝트의 경우 <그림 2>, <표 2>와 같은 각각 3개 투입·산출지표를 DEA입력·출력항목으로 선정됨을 밝힌다. 단, <표 2>에서 가중치가 제공되지 않은 하위구성항목을 갖는 DEA입력·출력항목은 단순합계를, 가중치가 결부된 하위구성항목을 갖는 DEA입력·출력항목은 가중합계를 취한다. <표 2> 가중치는 본 논문저자들의 소속기관 업적평가기준과 ‘2단계 BK21사업’ 연구업적평가기준 등을 참고해 설정되었음을 밝힌다.

Table 2. DEA입력·출력항목

No.	DEA입력항목	하위 구성항목	단위	
1	과제지원금액(x_1)	직접지원금액(x_1^1)	백만 원	
		매칭펀드(x_1^2)	백만 원	
2	과제수행기간(x_2)		개월	
3	투입인력(x_3)		명	
	DEA 출력항목	하위 구성항목	가중치	단위
1	논문게재실적(y_1)	SCI/SCIE논문(y_1^1)	$w_1^1 = 2.0$	건
		일반국제학술논문(y_1^2)	$w_1^2 = 1.0$	건
		일반국내학술논문(y_1^3)	$w_1^3 = 1.0$	건
		국제학술발표(y_1^4)	$w_1^4 = 0.6$	건
		국내학술발표(y_1^5)	$w_1^5 = 0.2$	건
2	지적재산권실적(y_2)	국제특허출원(y_2^1)	$w_2^1 = 1.5$	건
		국제특허등록(y_2^2)	$w_2^2 = 3.0$	건
		국내특허출원(y_2^3)	$w_2^3 = 0.5$	건
		국내특허등록(y_2^4)	$w_2^4 = 1.0$	건
		실용신안출원(y_2^5)	$w_2^5 = 0.3$	건
		실용신안등록(y_2^6)	$w_2^6 = 0.6$	건
		프로그램(S/W)등록(y_2^7)	$w_2^7 = 0.3$	건
3	시제품·실험실적(y_3)	H/W(전기부품·장비등)(y_3^1)		건
		S/W(프로그램)(y_3^2)		건
		기타(y_3^3)		건

둘째, 후속성과활용 관련 ‘효과성지수A’는 임의의 평가대상 전력산업 R&D 프로젝트에 대해 기술지원, 기술이전, 타과제응용 3개 설문항목을 통해 조사된 발생 건수가 3개 어느 경우에서라도 확인되면 ‘1’ 아니면 ‘0’으로 변환된 이진변수로 표현된다. 유사하게 사업화 관련 ‘효과성지수B’도 수익액, 비용절감액, 기술료징수액 3개 설문항목 조사에 의해 금액 발생이 확인되면 ‘1’ 아니면 ‘0’으로 변환된 이진변수로 표현된다. 단, <그림 2> A(후속성과활용)지표군을 구성하는 기술지원(a_1), 기술이전(a_2), 타과제응용(a_3) 각 발생건별 사업화로의 연계성은 기술이전 → 기술지원 → 타과제응용 순으로 저하되고, 동일액의 수익액, 비용절감액, 기술료징수액 또한 과제수행기관 혹은 사업전담기관이 취할 수 있는 순수 현금 유출입(cash flow)에서도 현실적 차이가 있다고 추정된다. 즉, 비용절감액 → 수익액 순으로 과제수행기관이 취하는 경제적 효과가 저하되고

기술료징수액은 사업전담기관이 취하는 경제적 효과로서 간주된다. 그렇지만, A(후속성과활용)지표군, B(사업화)지표군을 구성하는 각 3개 개별지표 발생건수 집계시 적용가능한 가중치 설정과 부여는 본 연구의 범위에서는 논의되지 않는다.

3.2 성과평가 모형

식 (3)은 <그림 2>에 기초해 수립된 평점모형이다. S_k 는 [0,1] 사이 값으로 k^{th} 평가대상 R&D 프로젝트의 통합성과평가 지수, W_c 는 c^{th} 하위 평가영역 정규화 가중치로서 [0, 1]사이 값이며 $\sum_{c=1}^{n_c} W_c = 1$ 로 정의된다. s_{ck} 는 c^{th} 하위 평가영역에서 k^{th} 평가대상 R&D 프로젝트의 개별성과평가 지수로서 [0, 1]사이 값이다. n_c 는 하위 평가영역 개수로서 <그림 2>에서 $n_c = 3$ 이다. 즉, k^{th} 평가대상 R&D 프로젝트에서; 1) s_{1k} 는 DEA 효율성지수; 2) s_{2k} 는 후속성과활용 효과성지수A; 3) s_{3k} 는 사업화 효과성지수B를 나타낸다.

$$S_k = \sum_{c=1}^{n_c} W_c s_{ck} \tag{3}$$

식 (4.1)은 input-oriented envelopment infinitesimal VRS(Variable Returns to Scale) model(PI_3)로서 본 연구 식 (4.2) 유도를 위한 기본모형이다(Seiford and Thrall, 1990). n 개 Decision Making Unit (DMU) 집합에서 DMU_k 의 효율성지수 θ_k 를 계산하며, 임의의 DMU_j 의 가중치 λ_j , r^{th} 출력항목 y_{rj} , i^{th} 입력항목 x_{ij} , DMU_k 의 r^{th} 출력항목기준 출력항목부족 slack variable s_r^+ , i^{th} 입력항목기준 입력항목초과 slack variable s_i^- , infinitesimal 양수 ϵ 이 정의된다. 식 (4.1) 결정변수는 $\theta_k, s_r^+, s_i^-, \lambda_j$ 이며, ① efficient, ② weakly efficient, ③ inefficient, ④ DMU별 benchmark 및 그에 상응하는 가중치를 검토할 수 있다. 한편, 식 (4.1)에서 제약식 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$

을 제거하면 PI_0 CRS(Constant Returns to Scale), $\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1$ 로 대체하면 PI_1 DRS(Decreasing Returns to Scale), $\sum_{j=1}^n \lambda_j \geq 1$ 로 대체하면 PI_2 IRS(Increasing Returns to Scale) 모형이 된다.

식 (4.2)는 식 (4.1)의 쌍대(dual) 모형으로서 k^{th} 평가대상 R&D 프로젝트의 DEA 효율성지수 s_{1k} 계산모형으로 n 개 평가대상 R&D 프로젝트가 DMU 집합이다. 특히, Acceptance Region(AR) Type I(AR-I) 제약식이 포함된 DEA/AR-I 수정모형으로 DMU_k 의 DEA 효율성지수 $s_{1k} = z_k(\mu^*, \mu_r)$ 을 최대화하며 결정변수는 $\mu^*, \mu_r (r = 1, \dots, s), \nu_i (i = 1, \dots, m)$ 이다. $\mu_r (r = 1, \dots, s), \nu_i (i = 1, \dots, m)$ 는 순서대로 출력·입력항목 multiplier, μ^* 는 입력항목 증가에 따른 출력항목 증가의 비율이 일정치 않음을 나타내는 VRS 가정에 대응하는 scalar이다. $U^{r/1}, L^{r/1}$ 은 r^{th} 출

력항목 multiplier의 1st출력항목 multiplier에 대한 비율의 AR-I 제약식 상하한 parameter, $u_{i/1}, l_{i/1}$ 은 i^{th} 입력항목 multiplier의 1st 입력항목 multiplier에 대한 비율의 AR-I제약식 상하한 parameter를 나타낸다. 식 (4.2)의 DEA효율성지수 변별력 등의 논의는 Seiford and Thrall(1990), Park *et al.*(2008)에 설명되어 있다. 아울러, DEA에 대한 기본적 이해 등은 Cooper *et al.*(2004, 2007)를 참고할 수 있다. 식 (5)~식 (6)은 순서대로 후속성과활용 효과성지수A s_{2k} , 사업화 효과성지수B s_{3k} 0-1 이진변수 정의식이다.

$$\begin{aligned} \min_{\theta_k, s_r^+, s_i^-, \lambda_j} \quad & z_k(\theta_k, s_r^+, s_i^-, \lambda_j) = \theta_k - \epsilon \left(\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \right) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{rk} \quad \forall r \\ & \theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- = 0 \quad \forall i \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ & \theta_k \text{ free in sign}; s_r^+, s_i^-, \lambda_j \geq 0 \quad \forall r, i, j \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\max_{\mu_*, \mu_r, \nu_i} \quad s_{1k} = z_k(\mu_*, \mu_r) = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} + \mu_* \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} + \mu_* \leq 0 \quad \forall j \\ & \sum_{i=1}^m \nu_i x_{ik} = 1 \\ & \mu_r \geq \epsilon \quad \forall r \\ & \nu_i \geq \epsilon \quad \forall i \\ & \mu_* \text{ free in sign} \\ & L^{r/1} \leq \mu_r / \mu_1 \leq U^{r/1}, \quad r = 2, 3, \dots, s \\ & l_{i/1} \leq \nu_i / \nu_1 \leq u_{i/1}, \quad i = 2, 3, \dots, m \end{aligned}$$

$$s_{2k} = \begin{cases} 1 & \text{if '기술지원' 확인} \\ 1 & \text{else if '기술이전' 확인} \\ 1 & \text{else if '타과제응용' 확인} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$$s_{3k} = \begin{cases} 1 & \text{if '수익액' 확인} \\ 1 & \text{else if '비용절감액' 확인} \\ 1 & \text{else if '기술료징수액' 확인} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

4. 사례분석

전력산업기반기금 전담기관인 전력기반조성사업센터(Electric Power Industry Technology Evaluation and Planning, ETEP)에서 실시한 2007년말 기준 전력산업연구개발사업의 수혜를 받은 총

1,111개 전력산업 R&D 프로젝트중 본 연구를 위해 제공된 임의의 322개를 분석한다. 322개 전력산업 R&D 프로젝트의 기관·사업유형별 구성은 <표 3>과 같다. 단, 제 2.2절에 언급된 4개 기관유형을 IID01-IID04로, 4개 사업유형 역시 FID01-FID04로 임의의 순서대로 암호화해 설명하고자 한다. <표 3>을 읽는 방법을 예시하면, IID01과 FID01 조합에 있는 9, 14.29, 15.00, 2.80은 순서대로 해당 조합 전력산업 R&D 프로젝트 개수 및 이 개수의 행 합계 63개에 대한 %, 열 합계 60개에 대한 %, 전체 322개에 대한 %를 표시한다.

Table 3. 사례분석 실증자료 : 전력산업 R&D 프로젝트의 기관·사업유형별 구성

	FID01	FID02	FID03	FID04	행합계
	9	14	21	19	63
IID01	14.29	22.22	33.33	30.16	100.00
	15.00	20.90	24.71	17.27	19.57
	2.80	4.35	6.52	5.90	19.57
	12	5	10	31	58
IID02	20.69	8.62	17.24	53.45	100.00
	20.00	7.46	11.76	28.18	18.01
	3.73	1.55	3.11	9.63	18.01
	16	34	15	48	113
IID03	14.16	30.09	13.27	42.48	100.00
	26.67	50.75	17.65	43.64	35.09
	4.97	10.56	4.66	14.91	35.09
	23	14	39	12	88
IID04	26.14	15.91	44.32	13.64	100.00
	38.33	20.90	45.88	10.91	27.33
	7.14	4.35	12.11	3.73	27.33
	60	67	85	110	322
열합계	18.63	20.81	26.40	34.16	100.00
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	18.63	20.81	26.40	34.16	100.00
교차 셀 내용	개수	행의 %	열의 %	총계의 %	

식 (4.2)로 322개 전력산업 R&D 프로젝트의 DEA 효율성지수를 계산해 <그림 3>와 같이 표현한다. <그림 3>에서 'DEA/AR-I(°, 점선)' 계열은 식 (4.2)로 계산된 DEA 효율성지수를, 'DEA(•, 직선)' 계열은 식 (4.2)에서 AR-I제약식 제거후 계산된 DEA효율성지수를 나타낸다. 단, 'DEA(•, 직선)' 계열의 오름차순으로 정렬되었고 가로축 레이블은 평가대상 전력산업 R&D 프로젝트 식별번호이고 세로축은 DEA 효율성지수를 나타낸다. 앞으로 DEA 효율성지수는 'DEA/AR-I(°, 점선)' 계열 값을 지칭한다.

식 (7)은 Park *et al.*(2008)의 AR-I제약식 상하한 parameter 생성 절차를 따라 $\alpha = 0.25$ (단, α 는 절사율)로 설정해 추출된 본 사례분석의 AR-I제약식이다. <그림 3>에서 AR-I제약식 추가에

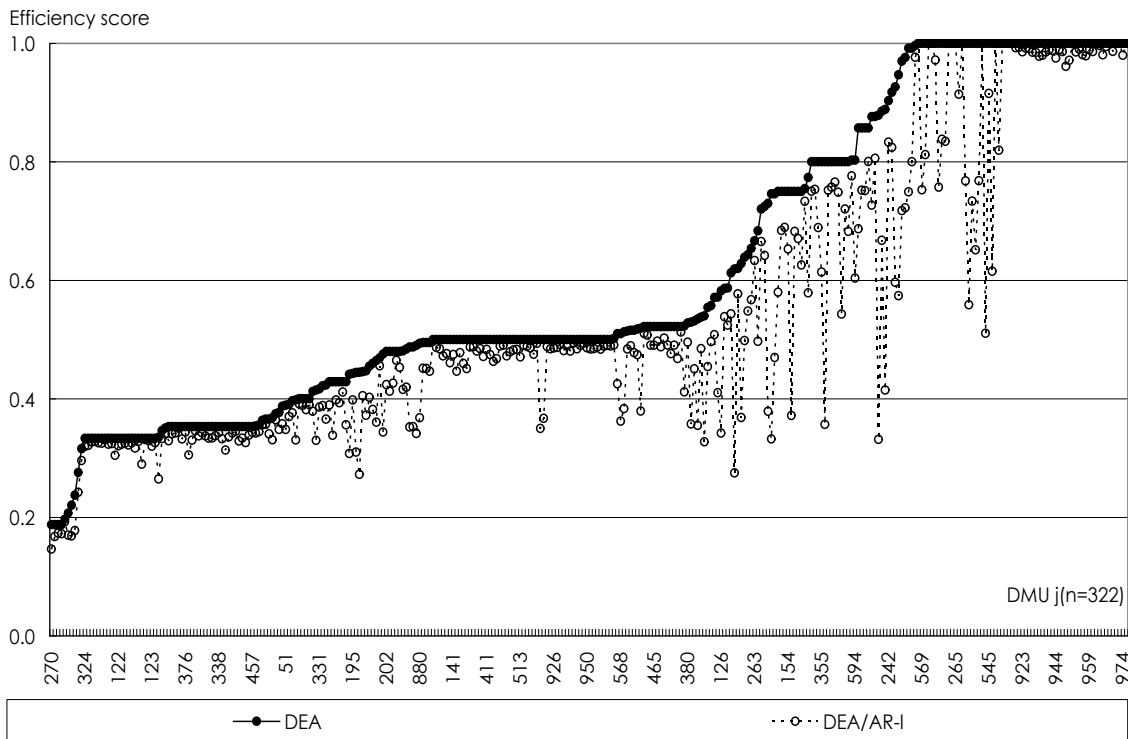


Figure 3. DEA 효율성지수 plot

다른 DEA 효율성지수 감소 양태가 확인되는데, 이는 출력 · 입력항목 multiplier가 0에 근접한 값 또는 상대적으로 큰 값을 취함으로써 비효율적 DMU가 효율적 DMU로 평가되는 경우를 방지한 것으로 판단된다. <그림 4>는 2개 효율성지수의 산점도(scatter diagram)로서 DEA₀는 <표 2> 2개 DEA 출력항목 논문 게재실적(y_1), 지적재산권실적(y_2)을 제시된 가중치를 사용하지 않고 산정된 자료를 이용해 구한 효율성지수이다. <그림 4(a)> DEA₀ vs. DEA 효율성지수의 상관계수(correlation coefficient) 0.96981, <그림 4(b)> DEA₀ vs. DEA/AR-I 효율성지수의 상관계수 0.90974로서 <표 2> 가중치 채택에 따른 DEA 효율성지수의 심각한 인위적 왜곡은 없는 것으로 판단된다. 한편, DEA vs. DEA/AR-I 효율성지수의 상관계수는 0.92582이다.

$$1.86097 (= L^{2/1}) \leq \mu_2/\mu_1 \leq 7.96746 (= U^{2/1}) \quad (7.1)$$

$$1.16808 (= L^{3/1}) \leq \mu_3/\mu_1 \leq 5.59982 (= U^{3/1}) \quad (7.2)$$

$$19.99723 (= l_{2/1}) \leq \nu_2/\nu_1 \leq 297.72931 (= u_{2/1}) \quad (7.3)$$

$$18.08872 (= l_{3/1}) \leq \nu_3/\nu_1 \leq 329.60676 (= u_{3/1}) \quad (7.4)$$

한편, 후속성과활용과 사업화 조사결과 평가대상 R&D 프로젝트 322개중 $\sum_{j=1}^n s_{2k} = 58$ 개, $\sum_{j=1}^n s_{3k} = 29$ 개로서 $\sum_{j=1}^n s_{1k} = 174$. 79746과 비교할 때, 현실적으로 고유의 사업목표 달성이 쉽지 않음이 확인된다. 더불어, 3개 지수를 단순 합산할 경우의 통합성과평가지수 S_k 는 2개 효과성지수에 비해 DEA 효율성지수가 지배적 크기를 갖는 [0, 3]사이 값을 취한다. 3개 지수간 무

차원적 비교를 위해 Kim and Kim(2006)의 역변환 정규화에 기초해 정규화 가중치 W_c 를 식 (8)과 같이 정의한다. W_c 계산과 정 및 정규화 지수 평균을 <표 4>에 정리한다. 정규화 지수 평균이 모두 0.05406으로 평균화된 것을 확인할 수 있다.

$$W_c = \frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{ck}\right)^{-1}}{\left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{1k}\right)^{-1} + \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{2k}\right)^{-1} + \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{3k}\right)^{-1}} \quad (8)$$

식 (3)~식 (8)에 의해 계산된 평가대상 R&D 프로젝트 322개의 통합성과평가지수를 <그림 5>처럼 정리한다. <그림 5>에서 시각적으로 확인되는 것처럼 평가대상 R&D 프로젝트 322개는 아래와 같이 4개 그룹으로 분리됨을 알 수 있다.

- 제 1그룹 : 범위(0.01457,0.09959), 개수(251), 비율(77.95%)
- 제 2그룹 : 범위(0.33205,0.39973), 개수(42), 비율(13.04%)
- 제 3그룹 : 범위(0.61753,0.69986), 개수(13), 비율(4.04%)
- 제 4그룹 : 범위(0.93263,1.00000), 개수(16), 비율(4.97%)

한편, 우변사향(skewed to the right) 분포가 확인되어 통합성과평가지수 모집단에 대한 특정분포 가정은 무리이다. Anderson-Darling 검정통계량(test statistic) AD = 53.367의 유의확률(p -value) < 0.005로써 <그림 5> 관련 정규성(normality)이 확보되지 않는다. <표 3> 기관 · 사업유형별 16개 조합별 정

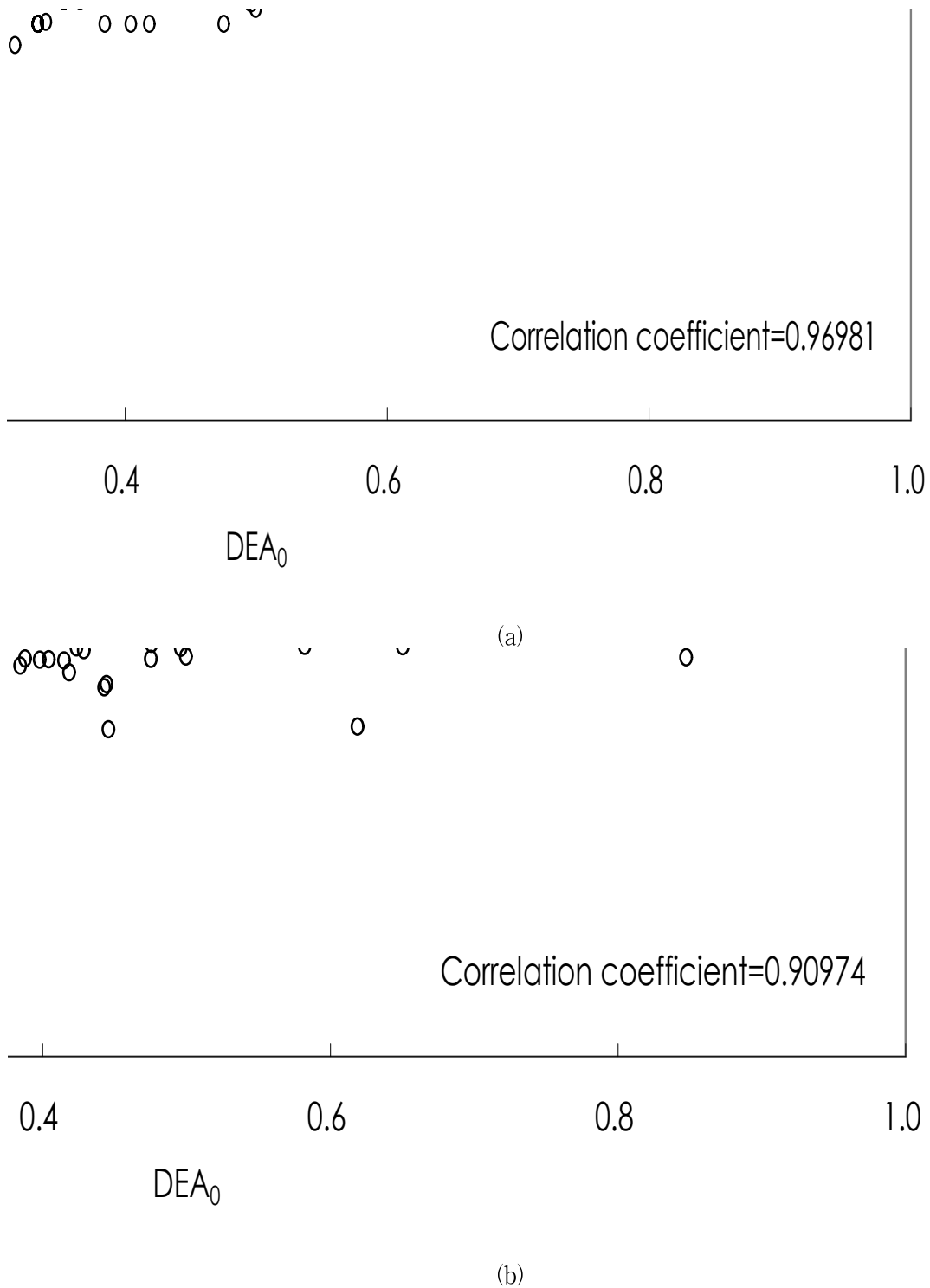


Figure 4. 효율성지수 산점도; (a) DEA₀ vs. DEA; (b) DEA₀ vs. DEA/AR-I

규정 검정결과에서도 IID02, FID02조합에서의 AD = 0.686의 p -value = 0.029를 제외하곤 나머지 15개 조합에서의 AD 검정통계량의 p -value < 0.005가 확인되어 정규성을 가정할 수 없다.

그러므로 연속확률분포 가정만이 요구되는 Kruskal-Wallis 검정의 동순위조정 검정통계량 식 (9)를 활용해 기관·사업유

형별 통합성과평가지수의 통계적 유의차를 확인한다(Montgomery and Runger, 1999; Minitab^R, 2005). <표 5(a)>부터 <표 5(d)>까지는 기관별 4개 사업 유형간, <표 5(e)>부터 <표 5(h)>까지는 사업별 4개 기관 유형간 검정결과이다. 단, <표 5> 각 패널(panel) 4개 수준(Level)(즉, $a = 4 > 3$)에 대해서 표본 크기가 충분하므로(즉, $n_i \geq 5, i = 1, 2, \dots, a$) 귀무가설 H_0 :

Table 4. 정규화 가중치 W_c 계산과정 및 정규화 지수 평균

지수 합계	지수 평균	지수 평균의 역수	정규화 가중치	정규화 지수 평균
$\sum_{j=1}^n s_{1k} = 174.79746$	$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{1k} = 0.54285$	$\left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{1k}\right)^{-1} = 1.84213$	$W_1 = 0.09959$	$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n W_1 s_{1k} = 0.05406$
$\sum_{j=1}^n s_{2k} = 58$	$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{2k} = 0.18012$	$\left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{2k}\right)^{-1} = 5.55172$	$W_2 = 0.30014$	$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n W_2 s_{2k} = 0.05406$
$\sum_{j=1}^n s_{3k} = 29$	$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{3k} = 0.09006$	$\left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{3k}\right)^{-1} = 11.10345$	$W_3 = 0.60027$	$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n W_3 s_{3k} = 0.05406$

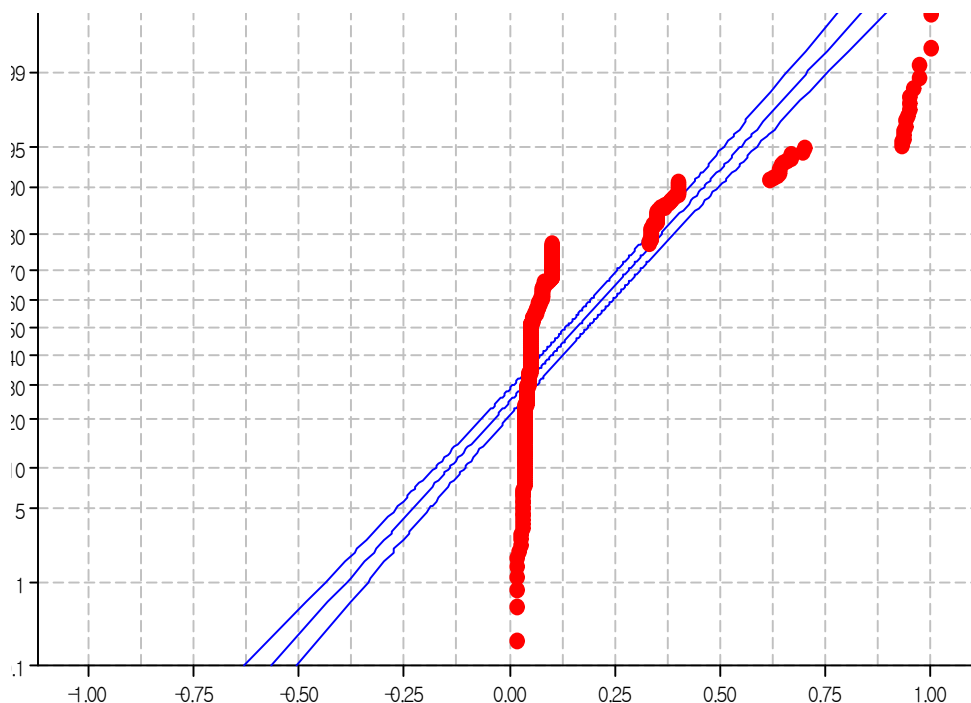


Figure 5. 통합성과평가지수 정규확률도(normal probability plot)

$\eta_1 = \eta_2 = \eta_3 = \eta_4$ 에 대한 유의수준(significance level) α 에서 $h \geq \chi_{\alpha, a-1}^2$ 기각역을 갖는다(단, η_i 는 i^{th} 수준에서의 통합성과평가지수 모집단 중위수). <표 5> 각 패널에는 전체(단, 표본크기는 N), 수준별 순위평균 \bar{R} , \bar{R}_i 및 \bar{R}_i , 표준화값 (z -value)이 함께 정리된다.

먼저, 사업유형간 검정결과 $\alpha = 0.1$, $h \geq \chi_{0.1, 3}^2 = 6.25$ 로써 <표 5(a)>, <표 5(c)>에서 통계적 유의차가 확인되며, 전반적으로 <표 5(a)>부터 <표 5(d)>까지 4개 패널에 기초할 때 사업유형 FID04 성과가 상대적으로 높은 것으로 추정된다. 한편, 기관유형간 검정결과 동일 유의수준에서 <표 5(e)>, <표 5(h)>에서 통계적 유의차가 확인되며, 전반적으로 <표 5(e)>부터 <표 5(h)>까지 4개 패널에 기초할 때 기관유형 IID02 성과가 상대적으로 높은 것으로 추정된다. 이와 같은 결과는 사업전담기관의 후속성과활용 측면에서의 기존 평가결과 즉, 후속성과활용 전체에서 IID02가 33.2%, FID04가 32.1%로 가장 높았다는 점과 일치됨을 확인할 수 있었으므로, 성과평가 관련 3개 주

체(즉, 정부, 사업전담기관, 사업수행기관)가 취하는 본 연구결과의 수용성이 기대된다고 판단된다.

$$h = \frac{1}{S^2} \left[\sum_{i=1}^a \frac{R_i^2}{n_i} - \frac{N(N+1)^2}{4} \right] \tag{9.1}$$

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \left[\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{n_i} R_{ij}^2 - \frac{N(N+1)^2}{4} \right] \tag{9.2}$$

5. 결론

현재까지 전력산업 R&D 프로젝트의 성과평가는, 투입·성과지표의 개발·조사 부문에 있어서는 전기된 우리나라 정부의 국가연구개발사업의 성과관리 방향에 부응해 전개된 것으로 판단된다. 하지만, 개별 성과지표를 기준으로 한 단편적인 성과관리에 대응해 오던 것을 보다 과학적이고 통합적인 접근을

Table 5. 통합성과과과지수의 기관 · 사업유형별 Kruskal-Wallis 검정결과

(a) IID01					(e) FID01				
<i>i</i>	Level	n_i	\bar{R}_i	<i>z</i> -value	<i>i</i>	Level	n_i	\bar{R}_i	<i>z</i> -value
1	FID01	9	17.7	-2.53	1	IID01	9	20.8	-1.81
2	FID02	14	29.8	-0.50	2	IID02	12	39.3	1.94
3	FID03	21	35.4	1.04	3	IID03	16	33.3	0.74
4	FID04	19	36.6	1.32	4	IID04	23	27.8	-0.94
$N=63$ $\bar{R}=32.0$					$N=60$ $\bar{R}=30.5$				
$h=7.64, df=3, p\text{-value}=0.054$					$h=6.74, df=3, p\text{-value}=0.081$				
(b) IID02					(f) FID02				
<i>i</i>	Level	n_i	\bar{R}_i	<i>z</i> -value	<i>i</i>	Level	n_i	\bar{R}_i	<i>z</i> -value
1	FID01	12	32.5	0.69	1	IID01	14	35.4	0.31
2	FID02	5	28.0	-0.21	2	IID02	5	44.2	1.22
3	FID03	10	23.8	-1.17	3	IID03	34	30.3	-1.59
4	FID04	31	30.4	0.44	4	IID04	14	38.0	0.86
$N=58$ $\bar{R}=29.5$					$N=67$ $\bar{R}=34.0$				
$h=1.65, df=3, p\text{-value}=0.648$					$h=3.29, df=3, p\text{-value}=0.350$				
(c) IID03					(g) FID03				
<i>i</i>	Level	n_i	\bar{R}_i	<i>z</i> -value	<i>i</i>	Level	n_i	\bar{R}_i	<i>z</i> -value
1	FID01	16	62.4	0.71	1	IID01	21	49.8	1.45
2	FID02	34	45.8	-2.39	2	IID02	10	50.3	1.00
3	FID03	15	55.1	-0.25	3	IID03	15	42.3	-0.12
4	FID04	48	63.8	1.88	4	IID04	39	37.7	-1.81
$N=113$ $\bar{R}=57.0$					$N=85$ $\bar{R}=43.0$				
$h=6.50, df=3, p\text{-value}=0.090$					$h=4.23, df=3, p\text{-value}=0.238$				
(d) IID04					(h) FID04				
<i>i</i>	Level	n_i	\bar{R}_i	<i>z</i> -value	<i>i</i>	Level	n_i	\bar{R}_i	<i>z</i> -value
1	FID01	23	42.4	-0.46	1	IID01	19	56.2	0.11
2	FID02	14	49.4	0.78	2	IID02	31	66.7	2.31
3	FID03	39	43.7	-0.26	3	IID03	48	50.7	-1.38
4	FID04	12	45.5	0.15	4	IID04	12	44.5	-1.27
$N=88$ $\bar{R}=44.5$					$N=110$ $\bar{R}=55.5$				
$h=0.72, df=3, p\text{-value}=0.868$					$h=6.35, df=3, p\text{-value}=0.096$				

통해 다중 성과지표를 포괄한 복합화지수에 기초해 체계적으로 대응할 필요성이 부각되고 있다. 본 연구에서는 첫째, 전력산업연구개발사업에 대한 올바른 이해를 바탕으로 효율성과 함께 최근 강조되고 있는 효과성이 통합된 전력산업 R&D 프로젝트의 성과평가 체계를 정립하고자 하였다. 둘째, 효율성, 효과성 평가영역을 정의·구분하고 이에 대응하는 투입·성과지표의 계층적 절차를 제시하였다. 셋째, 정량적 투입·성과

지표는 DEA/AR-I 모형으로, 사업목표가 반영된 2개 효과성 평가영역의 정성적 성과지표는 2개 0-1 이진변수로 정의하고 제시된 계층적 구조에 대응하는 평점모형을 개발하였다. 특히, DEA 효율성지수와 2개 효과성지수의 무차원적 비교를 위한 정규화 가중치 계산식을 정의·활용하였다. 넷째, 실증적 사례분석을 실시해 평가대상 전력산업 R&D 프로젝트 322개의 통합성과과과지수를 계산하고 이를 이용한 기관·사업유형

별 통계적 유의차 검정결과를 논의하였다. 향후, 본 모형에 대한 성과관리 추진주체(즉, 정부, 사업 전담기관·수행기관)간 수용성 검증에 대한 체계적 실험이 보완될 필요가 있다. 이론적 측면에서는, 효율성지수와 효과성지수가 통합·계산되는 수리적 단일모형을 개발함으로써 정규화 가중치 활용에 따른 무차원적 비교의 단점이 완화될 필요가 있다. DEA 입력·출력 항목 자료 산정시 사용된 하위항목별 가중치의 설정·부여와 더불어 후속성과활용 및 사업화를 구성하는 하위 항목간 차등적 가중치를 설정·부여하는 방안에 대한 성과관리 추진주체들로부터의 의견수렴 및 이에 대한 연구가 추가적으로 논의될 수 있다고 판단된다.

참고문헌

- Asmilda, M., Paradib, J. C., Reesec, D. N., and Tamb, F. (2007), Measuring Overall Efficiency and Effectiveness Using DEA, *European Journal of Operational Research*, **178**(1), 305-321.
- Banker, R. D., Conrad, R. F., and Strauss, R. P. (1986), A Comparative Application of Data Envelopment Analysis and Translog Methods : An Illustrative Study of Hospital Production, *Management Science*, **32**(1), 30-44.
- Bessent, A., Bessent, W., Kennington, J., and Reagan, B. (1982), An Application of Mathematical Programming to Assess Productivity in the Houston Independent School District, *Management Science*, **28**(12), 1355-1367.
- Bitman, W. R. and Sharif, N. (2008), A Conceptual Framework for Ranking R&D Projects, *IEEE Transactions on Engineering Management*, **55**(2), 267-278.
- Charnes, A. and Cooper, W. W. (1980), Auditing and Accounting for Program Efficiency and Management Efficiency in Not-for-profit Entities, *Accounting Organizations and Society*, **5**(1), 87-107.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1981), Evaluating Program and Managerial Efficiency : An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through, *Management Science*, **27**(6), 668-697.
- Cho, Y. (2005), Induction of Performance-Oriented Evaluation System of National R&D Programs, *Nararyungje*, December, 64-67.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Tone, K. (2007), *Data Envelopment Analysis : A Comprehensive Text With Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, 2nd edn, Springer, New York.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Zhu, J. (2004), *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Springer (Kluwer Academic Publishers), Boston.
- Farris, J. A., Groesbeck, R. L., Aken, E. M. V. and Letens, G. (2006), Evaluating the Relative Performance of Engineering Design Projects: A Case Study Using Data Envelopment Analysis, *IEEE Transactions on Engineering Management*, **53**(3), 471-482.
- Garcia-Sanchez, I. M. (2007), Evaluating the Effectiveness of the Spanish Police Force Through Data Envelopment Analysis, *European Journal of Law and Economics*, **23**(1), 43-57.
- Henriksen, A. D. and Traynor, A. J. (1999), A Practical R&D Project-Selection Scoring Tool, *IEEE Transactions on Engineering Management*, **46**(2), 158-170.
- 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.
- Hwang, S. (2006), *STEPI Policy Study 2006-12, Methodology of Economic Assessment for Classified R&D Programs*, STEPI, Korea.
- Hwang, Y. and Hwang, S. (2005), *STEPI Policy Study 2004-20, An Assessment of the Performance Evaluation System for Government R&D*, STEPI, Korea.
- Karlaftis, M. G. (2004), A DEA Approach for Evaluating the Efficiency and Effectiveness of Urban Transit Systems, *European Journal of Operational Research*, **152**(2), 354-364.
- Kim, S. and Kim, T. (2006), Assessment Framework for Multicriteria Comparison Indicators in Various Electricity Supply Systems, *Journal of Energy Engineering*, **15**(1), 74-81.
- Ko, Y., Yoon, H., and Lee, J. (2004), *KDI Research Report 2004-02 : Performance Management of Public Sector*, KDI, Korea.
- Korea Institute of Science and Technology Information(2008), *Law-Enforcement Ordinance-Enforcement Regulations*, <http://www.ntis.go.kr/ThMain.do>, NTIS, Korea.
- Korea National Statistical Office (2008), *e-Narajipyo*, <http://www.index.go.kr/egams/default.jsp>, NSO, Korea.
- Korea Research Council for Industrial Science and Technology (2007), *A Study of Establishment of Follow-up Evaluation and Monitoring System for R&D Programs Performance*, ISTK, Korea.
- Korean Electricity Commission (2008), *Competition Induction in Electric Power Industry*, <http://www.korec.go.kr/>, KOREC, Korea.
- 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.
- McLaughlin, J. A. and Jordan, G. B. (1999), Logic Models : A Tool for Telling Your Program's Performance Story, *Evaluation and Program Planning*, **22**(1), 65-72.
- Ministry of Industry and Resource (2006), *2006 National R&D Programs Investigation · Analysis · Evaluation : Electric Power Industry R&D Programs*, MIR, Korea.
- Ministry of Industry and Resource (2007), *Final Report : 2006 Performance Analysis of Electric Power Industry R&D Programs*, MIR, Korea.
- Ministry of Industry and Resource · Electric Power Technology Evaluation and Planning Center (2007), *2007 Internal Evaluation of National R&D Programs : Electric Power Industry R&D Programs*, MIR · ETEP, Korea.
- Ministry of Information and Communication · Institute for Information Technology Advancement (2006), *Performance Analysis on Information and Communication Promotion Fund(VIII)(Technology Development Investment Projects)*, MIC · IITA & SI Media, Inc., Korea.
- Ministry of Information and Communication · Korea Association of Information and Telecommunication (2007), *A Study on the Performance Evaluation Method of Public Policy for the Small and Medium Size IT Firms*, MIC · KAIT, Korea.
- Ministry of Knowledge Economy (2008), *Final Report : 2007 Electric Power Industry R&D Programs*, MKE, Korea.
- Ministry of Science and Technology · Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning (2007), *A Study of the Methodology for Follow-up Evaluation of National R&D Programs*, MST · KISTEP, Korea.
- Ministry of Science and Technology · Office of Science and Technology Innovation (2008), *2008 Internal Evaluation Manual of National R&D Programs*, MST · OSTI, Korea.
- Ministry of Strategy and Finance (2008), *Press Release : A Budget for Economic Jump with Job Creation: The Essence of 2009 National Bill of Budget and Fund*, MOSF, Korea.
- Minitab[®] (2005), *Minitab[®] Release 14.20 StatGuide*, Minitab Inc., State College.
- Montgomery, D. C. and Runger, G. C. (1999), *Applied Statistics and Probability for Engineers*, 2nd edn, John Wiley and Sons, New York.
- Oral, M., Kettani, O. and Lang, P. (1991), A Methodology for Collective Evaluation and Selection of Industrial R&D Projects, *Management Science*, **37**(7), 871-885.
- Park, S., Kim, H., and Baek, D. (2008), Design of DEA/(AR-I, ARGM) Models and Sensitivity Analysis for Performance Evaluation on Governmental Funding Projects for IT Small and Medium-sized Enterprises, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **34**(2), 190-204.

- Parks, R. B. (1983), Technical Efficiency of Public Decision Making Units, *Policy Studies Journal*, 12(2), 337-346.
- Rhim, H., Yoo, S., and Kim, Y. (1999), A DEA/AHP Hybrid Model for Evaluation and Selection of R&D Projects, *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*, 24(4), 1-12.
- Science and Technology Policy Institute (2008), *Final Report : A Study of the Development and Management of the Evaluation System for Performance-Oriented Electric Power Industry Fund Programs*, STEPI, Korea.
- Seiford, L. M. and Thrall, R. M. (1990), Recent Development in DEA : The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis, *Journal of Econometrics*, 46(1-2), 7-38.
- Sherman, H. D. and Gold, F. (1985), Bank Branch Operating Efficiency : Evaluation With Data Envelopment Analysis, *Journal of Banking and Finance*, 9(2), 297-315.
- Song, B. (2007), R&D Budget 10 Trillion 'Won' (Korean Currency Unit) and the World 8th R&D Power Nation, *Naragunje*, November, 14-16.
- Wang, K., Wang, C. K., and Hu, C. (2005), Analytic Hierarchy Process with Fuzzy Scoring in Evaluating Multidisciplinary R&D Projects in China, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 52(1), 119-129.
- Yu, M. M. and Lin, E. T. J. (2008), Efficiency and Effectiveness in Railway Performance Using a Multi-Activity Network DEA Model, *Omega*, 36(6), 1005-1017.



박성민

건국대학교 산업공학과 학사
고려대학교 산업공학과 석사
미국 Arizona State University 산업공학과 박사
현재: 백석대학교 경상학부 조교수
관심분야: 생산관리, 품질관리, 응용통계,
경영성과분석 · 평가



김 현

연세대학교 경영학과 학사
연세대학교 경영학과 석사
연세대학교 경영학과 박사
현재: 백석대학교 경상학부 조교수
관심분야: 경영전략, 기술혁신, 생산관리,
경영성과분석 · 평가



백동현

한양대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
한국과학기술원 산업공학과 박사
현재: 한양대학교 경상대학 경영학부 부교수
관심분야: MIS/e-biz, 시스템공학, 프로젝트
관리, 경영성과분석 · 평가