

R&D 사업의 경제적 파급효과 측정 - 산업측정 신뢰도 제고사업을 중심으로 -

최승일^{1*}, 김진호², 조문재³, 황인극²

Evaluating the economic impact of R&D investments - Improvement of measurement reliability -

Seung-il Choi^{1*}, Jin-Ho Kim², Moon-Jae Jho³ and In-keuk Hwang²

요약 산업 발전을 지원하는 연구개발 관련 기관들은 R&D 사업에 대한 경제적 근거를 요구받고 있다. 본 연구에서는 R&D 사업의 경제적 파급효과 측정을 위해 예측적 비용-편익 분석 방법을 사용한다. 가상현실평가모형으로 비용과 편익을 추정하여 주요 계량적 측도를 계산하는데, 한국표준과학연구원 산업측정 신뢰도 제고사업의 세부과제 중 정량적 평가가 용이한 3개 과제에 대하여 예측적 비용-편익 분석 방법을 적용한다.

Abstract R&D institutes, supporting development in industry, are required to provide an economic basis of their R&D investments. In this paper, we apply prospective cost-benefit analysis to evaluate the economic impact of R&D investments. We compute main metrics with cost and benefit estimated via counter-factual evaluation model. Among many projects of KRISS to improve measurement reliability, three projects are evaluated by applying prospective cost-benefit analysis.

Key words : R&D, Economic Impact, Cost-Benefit Analysis, Measurement Reliability

1. 서론

연구개발 사업에 대한 경제성 평가는 정부 및 공공연구기관에서 중요한 관심사로 부각되고 있다. 연구개발 투자에 대한 경제성 평가는 사후적인 경제적 파급효과 분석도 중요하지만, 사전적 경제성 평가에 의해 효율적으로 자원 배분이 이루어지도록 하는 것이 필요하다. 미국에서는 90년대 초반 GPRA(Government Performance and Results Act)의 제정을 통해 공공부문 투자의 효율성을 제고하기 위한 제도적 장치를 구비하였고, 국내에서도 공공 연구개발 투자에 대한 경제성 분석을 법적으로 의무화하는 방향으로 전개될 것으로 예상된다.

본 연구에서는 연구과제의 경제적 파급효과 분석과 관련된 기존의 방법론들을 정리해보고, 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 주로 활용하

는 비용-편익 분석을 산업측정 신뢰도 제고사업에 적용하고자 한다. 산업측정 신뢰도 제고사업은 한국표준과학연구원(KRISS)이 보유하고 있는 선진 측정 노하우를 산업체에 효율적으로 전달하여 현장의 측정 신뢰도를 향상시키려는 것으로, 2004년 시작되어 10년간 총사업비 200억원 규모로 진행되고 있다. 본 연구에서는 산업측정 신뢰도 제고사업의 기 진행된 세부과제 중 정량적 평가가 상대적으로 용이한 3개 과제를 선정하여 정량적으로 그 파급효과를 분석하고자 한다. 정량적 평가대상이 되는 세부과제는 「유압 진단 장치를 이용한 교정기관 측정 능력 향상」, 「고전압 대전류 측정표준의 산업체 보급과 측정신뢰도 향상」, 「주파수기준 원격교정 시스템 개발 및 구축」의 3개 과제이다.

2. 경제적 파급효과 측정방법

2.1 기존 방법론

미국의 국가표준기관인 NIST(National Institute of Standards and Technology)와 캐나다의 연구모임 등에서

¹공주대학교 산업정보학과

²공주대학교 산업시스템공학과

³한국표준과학연구원 산업지원팀

*교신저자: 최승일(sichoi@kongju.ac.kr)

연구개발 투자의 경제적 파급효과를 계량적으로 측정하기 위해 주로 사용하는 방법은 아래의 6가지로 요약해 볼 수 있다[13].

첫째, 전문가 평가법(Modified peer review)은 전통적인 전문가 평가에 경제사회적 파급효과와 관련된 평가기준을 가미한 절충식 방법으로 주로 경제사회적 평가에 대해 안목을 가진 전문가를 동원하여 기술의 가치를 판단하려는 접근법이다.

둘째, 사용자조사분석법(User and client surveys)은 해당기술을 사용하는 소비자들에 대한 설문조사를 통한 분석 방법으로 해당기술을 소비자들이 잘 이해하지 못하는 경우에는 설문조사 결과의 신뢰성이 떨어진다.

셋째, 비용편익분석법(Benefit-cost methods)은 개별 연구 프로젝트들이 사회 전반에 미친 경제적·사회적 편익과 비용을 평가하는 것으로 가장 전통적이고 기본적인 분석 방법이며, 개념적으로 볼 때 사전적인 평가보다는 사후적 평가에 적합한 방법이라 할 수 있다.

넷째, 사례분석법(Case studies and histories)은 과거에 수행된 연구 프로젝트들의 사례를 체계적으로 분석하여 유사한 기술이나 연구개발의 경제적 가치를 추정하는 방법이다.

다섯째, 지수분석법(Partial indicators)은 R&D의 사회 경제적 파급효과를 파악하기 위해 R&D활동과 그 결과를 요약적으로 나타내 줄 수 있는 몇 가지 주요 요인들에 대한 정보를 수집하여 경제적 가치를 지표로 나타내는 방법이다.

여섯째, 통합지수분석법(Integrated partial indicators)은 지수(partial indicator)들을 체계적으로 종합하여 연구프로젝트들의 경제사회적 효과를 나타낼 수 있는 최소한의 요인들을 점수화하여 분석하는 기법이다.

이 외의 기타 방법들로는 계량경제학·통계적 분석(Econometric and statistical analysis), 사회계량적·사회적 네트워크 분석(Sociometric and social network analysis), 서지분석법(Bibliometrics) 등이 활용되고 있다[10].

2.2 예측적 비용-편익 분석

NIST의 연구는 이미 개발된 기술의 경제적 효과를 측정하는 사후적(ex post) 분석들이 대부분이지만 A. Link[9] 등은 NIST에서 개발한 몇 가지 사례에 대해 사전적(ex ante) 관점에서 분석을 하였다. 이러한 예들은 개발된 기술의 시장형성이 제대로 이루어지지 않은 상황에서 미래 시장의 성장가능성과 규모를 예상하여 기술의 미래 가치를 측정하고 있다는 점에서 기존의 방법론과의 다소간의 차이를 보이고 있다[1]. 이러한 예측적 비용-편익 분석방법은 가상현실평가모형(Counter-Factual Evaluation

Model : CEM)을 적용하여 연구개발 투자가 이루어지지 않았을 때 발생하는 현금흐름을 추정한 후 비용-편익 분석을 하기도 한다[6]. 비용-편익 분석에 사용되는 주요 계량적 측도는 다음과 같다.

(1) 순현재가(Net Present Value : NPV)

연구개발 과제로부터 발생하는 비용과 이익을 기준연도에 맞추어 할인하여 순수한 현재 가치를 계산하는 것이다. 이는 할인현금흐름이라 불리며 할인율의 선택에 따라 영향을 받는다.

(2) 편익비용 비율(Benefit-Cost Ratio : BCR)

이익과 비용의 현재 가치를 NPV에서와 같은 방법으로 계산한다. $BCR = 1$ 은 득실이 없는 값(break even value)을 의미하므로 이 보다 더 크면 성공적인 과제라 할 수 있다.

(3) 사회적 수익률(SRR)

순현재가 분석에서 순현재가 0(즉, break even point)이 되도록 하는 할인율로, 경제용어로 내부수익률(IRR)이라 불린다. 이 방법이 순현재가 분석을 포함하는 다른 방법과 구분되는 특징은 그 값이 오직 과제의 내부특성(할인율의 선택이 필요 없음)에 의존한다는 것이다.

본 연구에서 경제적 파급효과를 측정하기 위해서 적용하는 절차는 다음과 같다.

첫째, 가상현실평가모형을 적용하여 비용과 편익 데이터를 추정한다. 비용 데이터는 KRISS의 과제 연구비로 간접비를 포함하여 추정하고, 산업체의 편익은 과제와 관련된 시장규모의 추정이 가능한 경우에는 측정관련 불량 손실액(=생산액×불량률×측정관련 불량률)을 사용하고 과제와 관련된 시장규모의 추정이 어려운 경우에는 해외 교정수수료 절감효과를 산정하여 이용한다[5][6].

둘째, KRISS 비용과 산업체 편익 데이터를 이용하여 주요 계량적 측도를 계산한다. 편익의 순현재가(NPV)와 편익비용 비율(BCR)을 구하기 위해서는 통상 활용하는 명목상 할인율 10%를 사용하고, 사회적 수익률(SRR)은 순편익(=편익-비용)에 대한 순현재가가 0이 되는 할인율을 구한다.

3. 산업측정 신뢰도 제고사업 적용사례

3.1 유압 진단장치를 이용한 교정기관 측정능력 향상과제

KRISS에서 직접 제작한 유압 진단 장치를 이용하여 총 13개 교정기관을 대상으로 측정 및 불확도 평가에 대한 신뢰성을 검증하였다[7]. 이 과제의 정량적 평가를 위해 “유공압과 수압 산업의 미래”와 KRISS의 “국가표준의 기여도분석에 관한 연구”에서 불량률 및 측정불량률 자료를 활용한다.

“유공압과 수압 산업의 미래”에서 인용한 국내 유압시장 현황에 따르면 국내 유압시장 규모는 1998년 기준으로 6,480억원이며, 유압시장은 매년 약 3%의 꾸준한 성장률을 보이고 있어 2004년 기준 국내 유압시장 규모는 7,737억원으로 추정된다[2].

표 1. 국내 유압시장 규모 (1998년 기준)

분 야	시장규모(백만원)
공작기계	115,500
플라스틱기계	61,000
철강관련	98,500
선박관련	71,280
건설기계	209,700
농업기계	45,360
기타	46,660
합 계	648,000

한편 KRISS의 “국가표준의 기여도분석에 관한 연구”에서 정밀기계 제조업의 불량률과 측정불량률은 각각 1.44%와 3.44%로 추정하였다[4]. 따라서 측정관련 불량손실액을 구하는 식(측정관련 불량손실액=생산액×불량률×측정관련 불량률)을 이용하여 불량손실 감소효과를 구하면 2004년 기준으로 연간 3억 8천 3백만 원이 된다.

KRISS의 총비용은 과제 연구비로 투자된 6천만 원이며, 2004년도 기준 산업의 편익 추정치는 3억 8천 3백만 원이다. 향후 10년간 가져올 산업의 편익은 “유공압과 수압 산업의 미래”에서 제시한 연평균 성장률 3%로 외삽(extrapolation)하여 2014년까지 10년간 산업체 편익 추정치를 구한다.

표에서 제시된 2004년부터 2014년까지의 비용과 편익 데이터의 흐름에 기초하여 계산된 SRR값은 6.61로, 과제의 사회적 수익률은 661%라고 할 수 있다. 편익과 비용의 순현재가치는 통상 활용하는 명목상 할인율 10%를 사용하여 계산하는데, BCR은 2004년 기준값을 사용하여 45.29이다(비용 6천만 원, 편익 27억 1천 7백만 원).

표 2. 유압 과제 관련 KRISS 비용 및 산업체 편익

연도	KRISS 비용(백만원)	산업체 편익(백만원)
2004	60	
2005		395
2006		407
2007		419
2008		431
2009		444
2010		458
2011		471
2012		486
2013		500
2014		515

3.2 고전압 대전류 측정표준의 산업체 보급과 측정신뢰도 향상과제

전압변성기와 전류변성기의 특성을 평가 또는 교정시 협하기 위한 다섯 종류의 현장용 표준기를 개발하고, 총 9개 산업체 10여종의 계기용 변성기 측정시스템에 대해 현장 평가를 수행하였다[7]. 이 과제의 정량적 평가를 위해 통계청의 “광업·제조업[산업총조사]”와 KRISS의 “국가표준의 기여도분석에 관한 연구”에서 불량률 및 측정 불량률 자료를 활용한다.

통계청의 “광업·제조업[산업총조사](품목편, 2003~2004)” 자료에서 변압기 제조업(산업분류코드: D31102)에 해당하는 5개 품목에 대한 연도별 생산액 자료로부터 2003년 생산액은 9,400억원, 2004년 생산액은 9,294억원이 됨을 알 수 있다[3].

표 3. 국내 변압기 제조업 생산규모

품목명	2003년 (백만원)	2004년 (백만원)
발전 및 송배전용 변압기	548,173	414,727
특수 목적용 변압기	100,290	151,610
산업용 일반 변압기	127,265	200,182
전압 조정기	40,023	44,929
변압기 부품	115,261	117,959
합계	940,012	929,407

한편 KRISS의 “국가표준의 기여도분석에 관한 연구”에서는 전기·전자 제조업의 불량률과 측정불량률은 각각 1.57%와 2.71%로 추정하였다[4]. 따라서 측정관련 불량손실액을 구하는 식(측정관련 불량손실액=생산액×불

량률×측정관련 불량률)을 이용하여 불량손실 감소효과를 구하면 2004년 기준으로 연간 3억 9천 5백만 원이 된다.

KRISS의 총비용은 과제 연구비로 투자된 3억원이며, 2004년도 기준 산업의 편익 추정치는 3억 9천 5백만 원이다. 향후 10년간 가져올 산업의 편익은 변압기 제조업의 1991년부터 2003년까지의 연평균 성장률 3.89%로 외삽(extrapolation)하여 2014년까지 10년간 산업체 편익 추정치를 구한다.

표 4. 고전압 대전류 과제 관련 KRISS 비용 및 산업체 편익

연도	KRISS 비용(백만원)	산업체 편익(백만원)
2004	300	
2005		411
2006		427
2007		443
2008		461
2009		479
2010		497
2011		517
2012		537
2013		557
2014		579

앞에서 제시된 2004년부터 2014년까지의 비용과 편익 데이터의 흐름에 기초하여 계산된 SRR값은 1.41로, 과제의 사회적 수익률은 141%라고 할 수 있다. 편익과 비용의 순현가는 통상 활용하는 명목상 할인을 10%를 사용하여 계산하는데, BCR은 2004년 기준값을 사용하여 9.76이다(비용 3억원, 편익 29억 2천 7백만 원).

3.3 주파수기준기 원격교정 시스템 개발 및 구축과제

주파수기준기 원격교정시스템을 2004년과 2005년에 걸쳐 개발하고, 1개 기관에 대해 시험운동을 하였다 [7][8]. 이 과제의 정량적 효과를 산정하기 위해 측정관련 불량손실액을 추정하려면 주파수기준기와 관련된 산업의 시장규모와 주파수기준기 관련 불량률을 추정해야 하는데, 이러한 자료를 구할 수 없어 교정수수료 절감 효과를 통해 정량적 효과를 측정하고자 한다. 주파수기준기 원격교정 과제의 정량적 평가를 위해 KRISS로부터 제공받은 “시간주파수분야 표준기급 교정현황(2003~2005)” 자료와 KRISS의 “연구사업의 경제적 파급효과 분석”에서 표준원과 국외 표준기관의 교정 및 시험 수수료를 비교한 자료를 활용한다.

KRISS의 “시간주파수분야 표준기급 교정현황(2003~2005)” 자료를 보면, 2005년 연간 교정수수료 규모가 2천 8백만 원 정도이며, 교정수수료는 매년 약 6.67%의 성장세를 보이고 있다.

표 5. KRISS 시간주파수분야 표준기급 교정현황

연도	건수	수수료
2003	64건	24,534,000원
2004	66건	25,474,000원
2005	73건	27,918,000원

한편 KRISS의 “연구사업의 경제적 파급효과 분석”에서 표준원과 국외 표준기관의 교정 및 시험 수수료를 비교한 자료를 보면 시간주파수 분야의 해외 교정수수료는 보수적으로 보아도 표준원의 6배가 되는 것을 알 수 있다 [6]. 향후 주파수기준기 이동에 따른 문제를 해결한 원격교정이 일반화되고 원격교정 수수료가 현재의 교정수수료와 동일한 구조를 갖는다는 가정을 하면, KRISS 원격교정 시스템 개발로 인한 국외 교정수수료 절감 규모는 2005년 기준으로 연간 1억 6천 8백만 원이 된다.

KRISS의 총비용은 과제 연구비로 투자된 2004년 1억 2천만 원과 2005년 7천 5백만 원이며, 2005년도 기준 산업의 편익(교정수수료 절감) 추정치는 1억 4천만 원이다. 향후 10년간 가져올 산업의 편익은 “시간주파수분야 표준기급 교정현황(2003~2005)” 자료에서 추정된 연평균 성장률 6.67%로 외삽(extrapolation)하여 2015년까지 10년간 산업의 편익 추정치를 구한다.

표 6. 주파수기준기 원격교정 과제 관련 KRISS 비용 및 산업체 편익

연도	KRISS 비용(백만원)	산업체 편익(백만원)
2004	120	
2005	75	
2006		149
2007		159
2008		169
2009		181
2010		193
2011		206
2012		219
2013		234
2014		250
2015		266

앞에서 제시된 2004년부터 2015년까지의 비용과 편익 데이터의 흐름에 기초하여 계산된 SRR값은 0.61로, 과제 의 사회적 수익률은 61%라고 할 수 있다. 편익과 비용의 순현가는 통상 활용하는 명목상 할인율 10%를 사용하여 계산하였다. BCR은 2005년 기준값을 사용하여 5.72이었다(비용 2억 7백만 원, 편익 11억 8천 4백만 원).

4. 결론

산업현장의 측정능력 신뢰도를 높이기 위한 요구에 부응하여 KRISS에서는 2004년부터 10년에 걸친 사업기간 동안 총 사업비 200억원 규모로 산업측정 신뢰도 제고사업을 수행하고 있다. 본 연구에서는 산업측정 신뢰도 제고사업의 기 진행된 세부과제 중 정량적 평가가 상대적으로 용이한 3개 과제를 선정하여 정량적으로 그 파급효과를 분석하였다. 주로 가상현실평가모형(CEM)을 이용하여 산업체의 편익을 산정한 후, 일반적으로 많이 사용되는 비용-편익 분석 방법으로 연구과제에 대한 경제적 파급효과를 추정하였다.

「유압 진단장치를 이용한 교정기관 측정 능력 향상」과제와 「고전압 대전류 측정표준의 산업체 보급과 측정신뢰도 향상」 과제에서는 가상현실평가모형 하에 관련 산업의 시장규모로부터 측정관련 불량손실액을 구하여 산업체의 편익으로 간주하였고, 「주파수기준기 원격교정 시스템 개발 및 구축」과제는 가상현실평가모형 하에 산업체에서 절감할 수 있는 해외 교정수수료를 구하여 산업체의 편익으로 간주하였다. 3개 연구과제에 대해 경제적 파급효과를 분석한 결과를 간단히 요약하면 다음과 같다.

표 7. 연구과제의 경제적 파급효과

연구과제	편익의 순 현재가치 (NPV)	편익비용 비율 (BCR)	사회적 수익률 (SRR)
유압 관련	27억 1천 7백만 원 (2004년 기준)	45.29	661%
고전압 대전류 관련	29억 2천 7백만 원 (2004년 기준)	9.76	141%
주파수기준기 원격교정 관련	11억 8천 4백만 원 (2005년 기준)	5.72	61%

본 연구는 경제적 파급효과 분석방법을 적용하여 주요 계량적 측도인 순현재가치(NPV), 편익비용 비율(BCR), 사회적 수익률(SRR)을 계산하고, 이를 통해 산업측정 신뢰도

제고사업의 경제적 중요성을 정량적으로 나타낼 수 있었다. 분석 대상인 3개 과제는 비용에 비해 산업체에 제공한 편익이 매우 크게 나타나고 있으며, 사회적 수익률도 상당히 높게 나타나고 있다. 따라서 3개 과제는 모두 효과적이고 성공적이었으며, 공공이익에 부합된 과제로 평가할 수 있다. 실제로 사회적 수익률(SRR)은 15% 이상, 편익비용 비율(BCR)은 1 이상이면 성공한 과제로 평가할 수 있다.

본 연구의 주요 내용인 연구사업의 경제적 파급효과 분석은 일회성으로 끝나는 것이 아니다. 경제적 파급효과 분석은 기 수행된 과제의 사후평가에도 유용하지만, 과제 선정 단계에서도 중요한 평가지표의 하나로 활용될 수 있다. 따라서 경제적 파급효과가 클 것으로 분석되는 과제에 대해서는 과제 선정단계에서부터 과제종료 이후의 파급효과 확산에 이르기까지 지속적이고 체계적인 관리가 이루어져야 한다. 또한 경제적 파급효과 분석방법을 현실에 적용하는 과정에서 측정기술 측면의 문제점에 대한 보완이 지속적이고 체계적으로 이루어져야 한다.

참고문헌

- [1] 이재역, "회귀분석에 의한 기술가치 예측 모형", 과학기술정책연구원, 2002.
- [2] 조정대, 함영복, 윤소남, "유공압과 수입 산업의 미래", 기계와 재료, 14권 3호, pp. 46-52, 2002.
- [3] 통계청, "광업·제조업(산업총조사)", 2003-2004.
- [4] 한국표준과학연구원, "국가표준의 기여도 분석에 관한 연구", 2000.
- [5] 한국표준과학연구원, "국가측정표준의 경제적 파급효과 분석", 2002.
- [6] 한국표준과학연구원, "연구사업의 경제적 파급효과 분석", 2003.
- [7] 한국표준과학연구원, "2004 산업측정 신뢰도제고 사업 1차년도 결과 보고서", 2004.
- [8] 한국표준과학연구원, "2005 산업측정 신뢰도제고 사업 2차년도 결과 보고서", 2005.
- [9] Link, A. N., "Evaluating Public Sector Research and Development", Praeger, 1996.
- [10] Ruegg, R. and I. Feller, "A Toolkit for Evaluating Public R&D Investment", NIST, 2003
- [11] Williams, D. and A. D. Rank, "Measuring the Economic Benefits of Research and Development: the Current State of the Art", Research Evaluation, Vol. 7, pp. 17-30, 1998.

최 승 일(Seung-il Choi)

[정회원]



- 1996년 2월 : 서울대학교 수학과 (학사)
- 2000년 12월 : University of Michigan, Mathematics(MS)
- 2001년 12월 : University of Michigan, Financial Engineering (MSE)

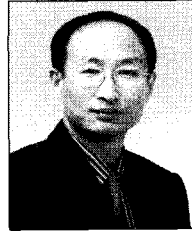
- 2002년 8월 : University of Michigan, Mathematics (Ph.D)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 산업정보학과 조교수

<관심분야>

경제성공학, 금융공학, 표현론

조 문 재(Moon-Jac Jho)

[정회원]



- 1979년 2월 : 아주대학교 전자공학과(공학사)
- 1981년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
- 1990년 8월 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)
- 1982년 4월 ~ 현재 : 한국표준과학연구원 책임연구원

<관심분야>

측정표준기술, 감성공학(음향분야), 음향학

김 진 호(Jin-Ho Kim)

[정회원]



- 1983년 2월 : 경북대학교 통계학과(학사)
- 1985년 2월 : 서울대학교 계산통계학과(석사)
- 1997년 2월 : 서울대학교 계산통계학과(박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 산업시스템공학과 부교수

<관심분야>

표준화, 품질경영, 인간공학(감성공학)

황 인 극(In-keuk Hwang)

[종신회원]



- 1986년 2월 : 아주대학교 산업공학과(학사)
- 1990년 5월 : University of Iowa, Industrial & Management Engineering(MS)
- 1996년 5월 : Texas A&M University, Industrial Engineering (Ph.D)

- 1997년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 산업시스템공학과 부교수

<관심분야>

품질경영, 6 Sigma, Lean Enterprise, 경영혁신, 생산관리