

국가지정연구실의 기술분야별, 연구주체별 R&D 효율성 비교 분석

한국과학기술원 테크노경영대학원 박사과정 김정호(jhokim@kgsu.kaist.ac.kr)

한국과학기술연구원 연구정책팀 선임연구원 박성배(sbpark@kist.re.kr)

1. 서론

연구개발사업은 특정 목표를 지향하는 기술혁신활동을 국가 차원에서 지원하기 위한 사업이며, 사업의 목표를 실행하기 위해서 주어진 인력과 재원을 효율적으로 이용하는 것이 중요하다. 효율성 평가의 목표는 연구실의 비효율성 정도를 측정하고, 비효율성의 원인을 찾고 개선하기 위한 방안을 도출하기 위함이다.

비효율성의 원인은 크게 운영(operation) 측면과 환경(environment) 측면에서 파악할 수 있다. 운영 측면에서의 비효율성은 동질적인 집단(homogenous group) 내에서 다른 연구실과 비교했을 때 주어진 투입을 효과적으로 활용하지 못해서 상대적으로 산출이 낮은 정도로 정의할 수 있으며, 환경 측면에서의 비효율성은 연구실의 기술 특성과 기관 특성 등 운영과 무관한 외생적 요인에 의해 효율성이 낮은 정도로 정의할 수 있다.

이와 같이 서로 다른 속성을 지닌 두 가지 비효율성을 개선하기 위해서는 서로 다른 접근 방법이 필요하다.[25] 운영 측면에서의 비효율성을 줄이기 위해서는 동질적인 집단 내에서 상대적으로 효율적인 연구실들(efficient peers)을 참조 집합(reference set)으로 구성하여, 이들 연구실에 대한 벤치마킹(benchmarking) 분석을 실시하고, 이를 바탕으로 달성하고자 하는 효율성 목표 수준과 그를 위한 방안 및 전략들을 수립하고 실천해야 한다. 한편, 환경 측면에서의 비효율성을 개선하기 위해서는 우선 전체 내에서 연구실의 효율성에 유의한 영향을 미치는 환경 요인을 찾아내고 비효율적인 요인을 제거하거나 효율적인 요인을 보다 확대하도록 해야 한다.

한편, 비효율성을 운영측면과 환경측면으로 구분하는 것은 국가연구개발사업 관리 측면에 도움을 줄 수 있는 정보를 도출할 수 있다. 특정연구개발사업 등 국가연구개발사업은 다수의 연구주체가 다양한 기술분야에 걸쳐 연구과제를 수행하고 있고 개별 과제에 대하여 연차평가, 단계평가, 최종평가 등 각종 평가를 통하여 과제별 연구비 조정, 연구중단이라는 형태로 연구사업 전체를 관리하고 있다. 개별 연구과제의 기술분야별 특성과 연구수행 주체가 속한 집단의 특성으로 인한 환경측면의 비효율성이 존재하고 유의미한 수준 이상이라면 각종 평가에 있어 차별을 두어야 할 필요성이 제기된다.

현재 대표적인 국가연구개발사업 중 하나인 국가지정연구실사업은 대학(학), 정부출연연구소(연), 기업(산) 등 다양한 집단에 속한 연구주체들이 참여하고 있고, 전자·정보, 기계·설비, 소재, 에너지, 우주항공 등 거의 모든 기술분야에 걸친 주제에 대한 연구가 진행 중인 연구사업이다. 국가지정연구실사업은 공통기반성 핵심기술(cross-cutting core technology)을 보유한 우수 연구실을 발굴하여 지원함으로써 국가 차원에서 중요한 핵심기술을 보유·유지한다는 목적으로 추진되었다. 연구실 단위의 연구비 지원과 그에 따른 성과평가가 이루어진다는 측면에서, 연구과제 중심으로 지원과 평가가 이루어진 기존 연구개발사업과 차이점을 보인다.[1] 따라서 450여개의 국가지정연구실을 평가하기 위해서는 연구실이 속한 집단과 기술분야별 차이 등 환경측면의 비효율성이 어느 정도 존재하는지를 감안하여, 연구실의 개별

적인 성과를 파악해야 할 것이다. 또한 이를 통해 도출된 소속 집단별, 기술분야별 환경측면의 비효율성의 차이는 향후 국가연구개발사업에 참여하는 연구주체들의 평가 시에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

2. 효율성 분해 방법

1) 효율성 분석 모형 선택

효율성은 투입 대비 산출의 개념으로 분석되며, 효율성의 분석 방법에는 비율지표 분석법 [7][16], 회귀분석법[14], DEA(Data Envelopment Analysis)[5][10][11] 등 여러 가지가 있다. 이들 중에서 DEA는 다수의 투입과 산출을 포괄적으로 고려할 수 있고 투입 및 산출 요소들간 상대적 중요성(가중치)을 설정하는데 객관성을 확보할 수 있고, 투입·산출 요소에 따라 측정단위가 다른 경우에도 용이하게 적용할 수 있다는 장점이 있다.[15] 이런 장점으로 병원, 학교 등 공공조직의 효율성 평가에 널리 이용되고 있다.[19][20][21]

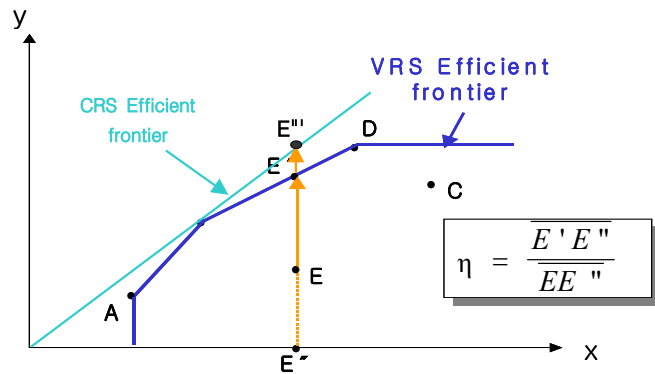
DEA는 동질성(homogeneity)을 갖는 DMU(Decision Making Unit: 의사결정조직, 여기서는 분석대상이 되는 개별 연구실을 의미)의 투입 대비 산출의 효율성을 평가하는 방법으로, 다양한 종류의 모형(model)을 가지고 있다.[13] DEA 모형들은 투입과 산출 중 어느 것을 고정시키고, 나머지 요소에 대해서 비효율적인 부분을 찾느냐에 따라서 투입 기준 모형(input-based model)과 산출 기준 모형(output-based model)으로 나누어진다. 또한 효율성 측정에 있어서 규모의 효과(effect of scale)를 고려하느냐에 따라서 CCR 모형(CRS 모형)과 BCC 모형(VRS 모형)으로 구분할 수 있다.

본 연구에서는 실증 분석을 위해서 산출 기준 BCC 모형을 선택하였는데, 그 이유는 다음과 같다.

첫째, 산출 기준 모형을 선택한 것은 현실적으로 연구실의 효율성을 높이기 위해서 고정된 투입을 줄이는 것보다 가변적인 산출을 늘리는 것이 바람직하다고 볼 수 있기 때문이다. 둘째, BCC 모형을 적용한 것은 국가지정연구실들이 가변적인 규모수익(VRS) 상태에 놓여있다고 보는 것이 적합하기 때문이다. CCR 모형에서는 효율적인 DMU(의사결정단위)가 규모수익 불변(CRS) 하에서 최적 상태로 운영된다는 강한 가정을 바탕으로 하고 있으므로, 실제 현실에서 이 모형을 적용하기 어렵다.

DEA에서는 어떤 집단 내에 속한 동질적인 DMU들이 동일한 생산함수를 가진다고 가정하며, 이들 간의 투입-산출을 비교하여 상대적 효율성을 측정한다.[12] 같은 양의 투입(input)을 사용하였더라도 DMU에 따라서 산출(output)의 양이 달라질 수 있으며, 그 차이는 효율성의 격차(생산기술을 효과적으로 사용하는 능력의 차이)를 의미한다.[6]

그림 1에서 A, B, C, D, E는 각각 DMU를 나타내며, VRS efficient frontier는 규모수익 가변의 상태에서 생산 경계를 의미하며, VRS efficient frontier 아래의 영역은 생산가능 집합(producing set)을 의미한다. A와 D는 VRS efficient frontier 상에 위치하는데, 규모수익 가변 상태에서 주어진 투입을 활용하여 최대의 산출을 생산하고 있는 효율적인 DMU이다. 반면, C와 E는 efficient frontier 아래에 위치하며 비효율적인 DMU들이다. E의 경우 주어진 투입을 활용하여 최대의 산출을 생산할 수 있다면, E'와 같은 산출을 생산해야 하는데, 그렇지 못하므로 비효율적이다. 따라서 E의 효율성은 η 로 표시되며, E는 E'를 참조집합으로 하여 VRS efficient frontier로 투영(projection)시킬 수 있다.



<그림 1> 산출기준 BCC 모형의 개념도

E의 경우 η 는 규모의 효과를 배제한 효율성이며, E가 규모수익불변의 상태에서 효율적으로 운영된다면, CRS efficient frontier 상의 E'''에 도달해야 할 것이다. 따라서 E를 CRS efficient frontier에 투영시켰을 때와 VRS efficient frontier에 투영시켰을 때의 차이인 $\overline{E'E'''}$ 는 규모의 효과에 의해 발생하는 것이다.

2) 효율성의 분해

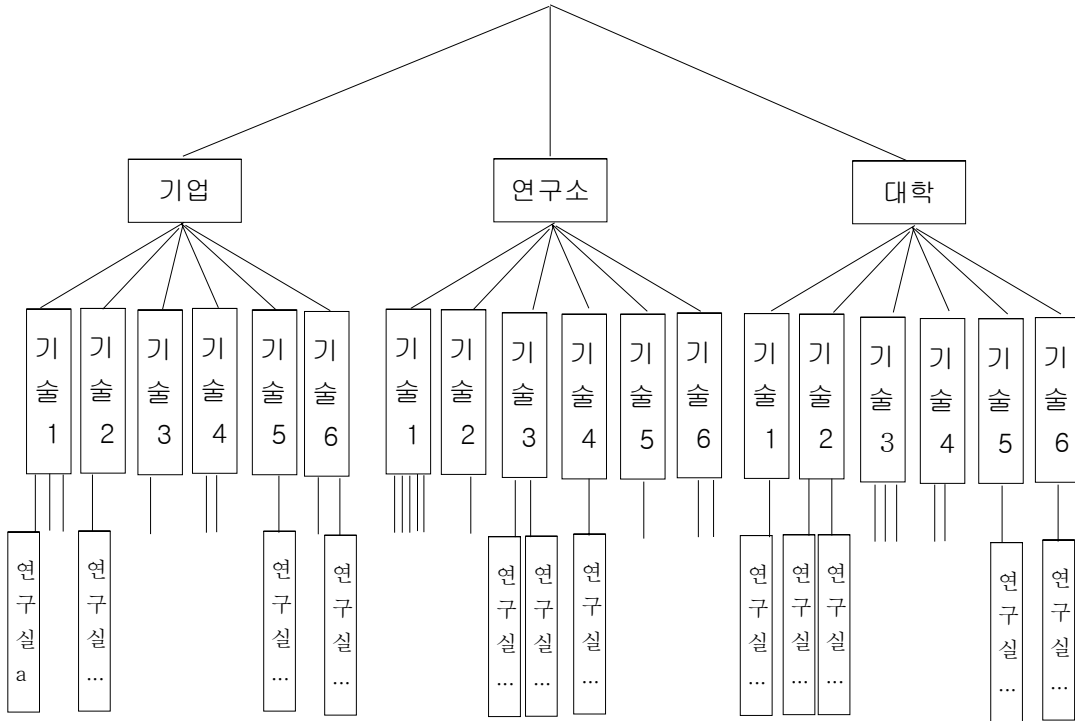
일반적으로 효율성 평가에서 분석대상의 투입과 산출 이외에도 지리적 위치, 소유 구조 등 외부 환경(external environment)이 효율성에 영향을 주며, DEA에서는 이와 같은 비동질성(heterogeneity)에 의한 효과를 감안해야 한다.[13][18] 특히, 외부 환경 요인에 의한 효율성 변화를 조절하기 위해서 환경 요인을 추가적인 투입 요소로 보거나, DMU들을 동질적인 세부 집단으로 다시 나누어 상대적 효율성을 구할 수 있다. 또한 DEA를 통해 1차적으로 구한 효율성 값을 종속 변수(dependent variable)로 하고 환경 요인을 독립 변수(independent variable)로 사용한 회귀분석을 통해 환경 요인에 의한 효율성 차이를 보정해 주는 2단계 분석 방법을 사용할 수 있다.

국가지정연구실의 효율성 측정을 위해 연구실들을 여러 개의 집단으로 구분하고 전체에서 개별 연구실의 효율성과 각 집단 내에서 개별 연구실의 효율성 차이를 전체 내에서 각 집단의 효율성이라고 보았다. 이와 같은 효율성의 분해를 통해서 비효율성의 원인을 동질적인 집단 내에서 DMU의 노력 부족과 집단의 비효율성으로 구분하였다.[22][25]

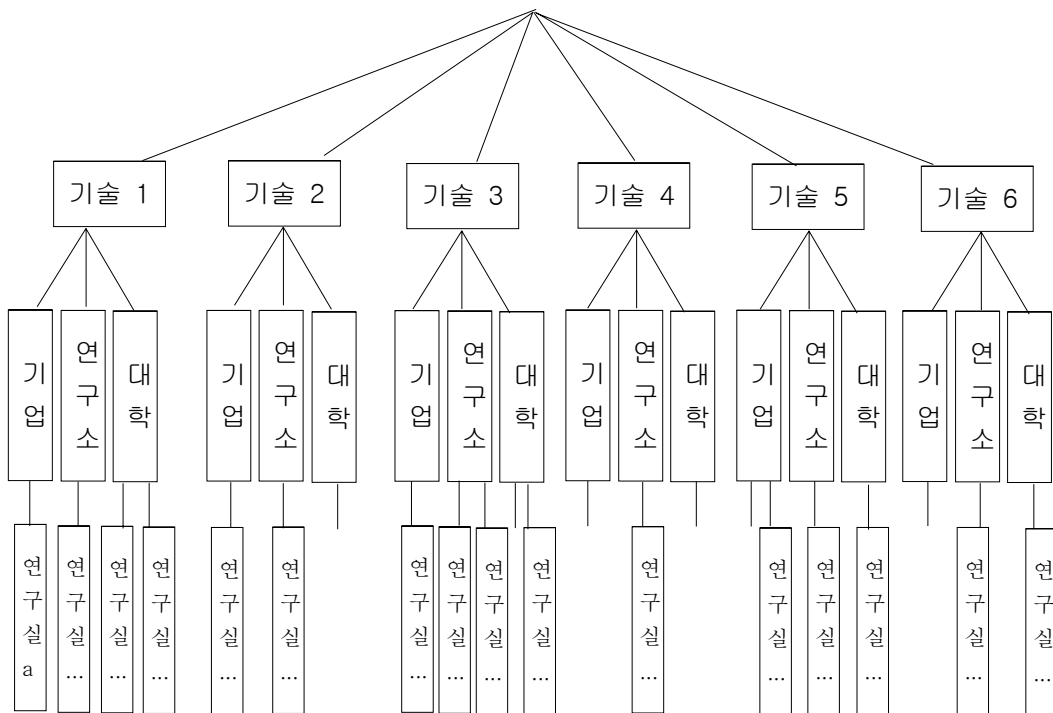
국가지정연구실은 다른 형태의 집단(기업(산), 정부출연연구소(연), 대학(학))에 속해 있으면서, 서로 다른 기술분야에 속하는 핵심기술을 보유하고 있다. 국가지정연구실의 효율성을 측정하였을 때, 연구실의 비효율적인 원인이 연구실 자체의 노력 부족이나 운영상의 문제 이외에도 연구실이 속한 집단이나 기술분야의 특성으로 인한 비효율성 때문일 수 있다.

효율성에 영향을 미치는 외부 환경 요인으로 소속집단과 기술분야의 특성이 가장 크게 작용할 것으로 인식된다. 실제로 국가지정연구실의 선정 및 단계평가 등에서 기업에 속한 연구실이 갖는 불리함은 자주 거론되는 점이나, 기술분야별로 별도의 전문위원을 두어 관리하는 것이 그 이유로 볼 수 있다.(3.3절에서 통계적인 방법으로 소속 집단별, 기술분야별 차이가 유의한 수준인가 검증은 시도하였다.) 이와 관련하여 효율성의 분해는 두 가지 방향으로 고려해볼 수 있다. 각 집단 내에 여러 개의 기술분야가 있고 기술분야별로 연구실들이 속해있다고 볼 수도 있고, 각 기술분야 내에 여러 개의 집단이 있고 집단별로 연구실들이 속해있다고 볼 수도

있다. 이 두 가지 구분 방법에 따라서 연구실의 효율성은 다른 형태로 분해할 수 있다. 전자의 경우에는 <그림 2>로, 후자의 경우에는 <그림 3>으로 표현할 수 있다.



<그림 2> 연구실의 분류 (1)



<그림 3> 연구실의 분류 (2)

3. 국가지정연구실의 효율성 비교·분석

1) 분석 자료

한국과학기술기획평가원(KISTEP)에서 2003년 4월에 작성한 조사분석평가자료를 기초로 분석을 수행하였다. 조사분석평가자료는 국가지정연구실별 2002년 8월말까지 누적된 연구 성과와 연구비와 연구 인력으로 구성되어 있다. 투입과 산출 사이의 시간 지연을 고려하여 분석대상을 1999년과 2000년에 선정된 국가연구실에 한정하였다.

1999년에 선정된 연구실과 2000년에 선정된 연구실은 요소 투입기간이 각각 다르므로, 투입 데이터의 평균값을 사용할 것인지 누적값을 사용할 것인가의 문제가 발생한다. 투입과 산출 간의 시간에 따른 인과 관계를 정확히 분리해 내기 어렵기 때문에 본 연구에서는 투입과 산출의 누적값을 사용하였다.¹⁾ 투입 요소는 연구비와 연구인력을 산출 요소는 특허 등록, 프로그램 등록, 논문 발표, 기술료 수입으로 구성하였다.

효율성의 분해를 위해서 국가지정연구실을 소속집단과 기술분야에 따라서 분류하고, 그 분포를 살펴보면 다음과 같다.

<표 1> 국가지정연구실의 연구주체(집단) 분류 기준

기업	일반 기업에 속한 연구실
연구소	정부출연연구소에 속한 연구실
대학	대학에 속한 연구실

<표 2> 국가지정연구실의 기술 분류 기준

기술 1	3digit code에서 정보/통신/전자(100)에 속한 연구실, 이외의 연구실 중에서 기술분야 1(전자), 2(정보/통신)에 속한 연구실
기술 2	3digit code에서 기계/설비(200), 항공기술(610)에 속한 연구실, 이외의 연구실 중에서 기술분야 3(기계공학)에 속한 연구실
기술 3	3digit code에서 소재/물질/공정(300)에 속한 연구실, 이외의 연구실 중에서 기술분야 4(소재), 8(응용/화학)에 속한 연구실
기술 4	3digit code에서 생명과학(400), 보건의료(720)에 속한 연구실, 이외의 연구실 중에서 기술분야 5(생명공학), 6(농수산), 7(보건의료)에 속한 연구실
기술 5	3digit code에서 자원(520), 에너지(520), 환경(710), 건설/주택(740)에 속한 연구실, 이외의 연구실 중에서 기술분야 9(에너지), 10(자원), 12(환경), 건설(13)에 속한 연구실
기술 6	3digit code에서 원자력(510), 우주/천문(620), 해양(630), 기상(750)에 속한 연구실, 이외의 연구실 중에서 기술분야 5(원자력), 15(해양), 16(기상)에 속한 연구실, 기타 연구실

1) 투입은 2000년도까지 지원된 금액과 투입된 연구인력을 누적하여 집계하였으며, 산출은 2002년 8월까지 누적된 연구 성과를 이용하였다.

<표 3> 분석대상이 되는 국가지정연구실의 분포

	기술 1	기술 2	기술 3	기술 4	기술 5	기술 6	합계
기업	7	6	11	8	3	4	39
연구소	10	15	18	4	11	8	66
대학	33	24	29	32	13	11	142
합계	50	45	58	44	27	23	247

한편, 분석대상이 되는 1999년과 2000년에 선정된 국가지정연구실을 소속집단별, 기술분야별로 나누어 각 집단에서 평균 투입과 평균 산출을 정리하면 다음의 <표 4, 5>와 같다.

<표 4> 연구주체(집단)별 연구실의 평균 투입, 평균 산출

소속집단	평균 투입		평균 산출***			
	연구비 (천원)*	연구인력 (명)**	특허 (건)	프로그램 (건)	논문 (편)	기술료 (백만원)
산	363,410	15.2	15.6	6.2	46.6	4.1
연	485,078	13.2	7.6	4.5	82.2	14.3
학	321,283	17.5	8.2	4.0	119.7	5.1

* 연구비: 2년간 투입총액 (2000년 불변가격)

** 연구인력: 2년간 투입된 인력의 총계이며, 박사 1, 석사 0.7, 학사 0.5로 가중 합산

*** 특허, 논문 등 실적은 국외 1, 국내 0.5로 그리고 SCI 1, 비SCI 0.5로 가중 합산

<표 5> 기술별 연구실의 평균 투입, 평균 산출

기술	평균 투입		평균 산출***			
	연구비 (천원)*	연구인력 (명)**	특허 (건)	프로그램 (건)	논문 (편)	기술료 (백만원)
기술 1	381,914	17.1	13.9	6.5	82.8	22.1
기술 2	379,927	16.5	5.0	3.6	92.0	1.3
기술 3	391,218	15.8	12.9	5.0	126.7	2.2
기술 4	349,132	16.5	10.3	3.8	83.0	3.7
기술 5	363,373	13.6	3.6	4.9	108.6	13.9
기술 6	337,146	14.9	2.7	1.6	88.0	0.0

* 연구비: 2년간 투입총액(2000년 불변가격)

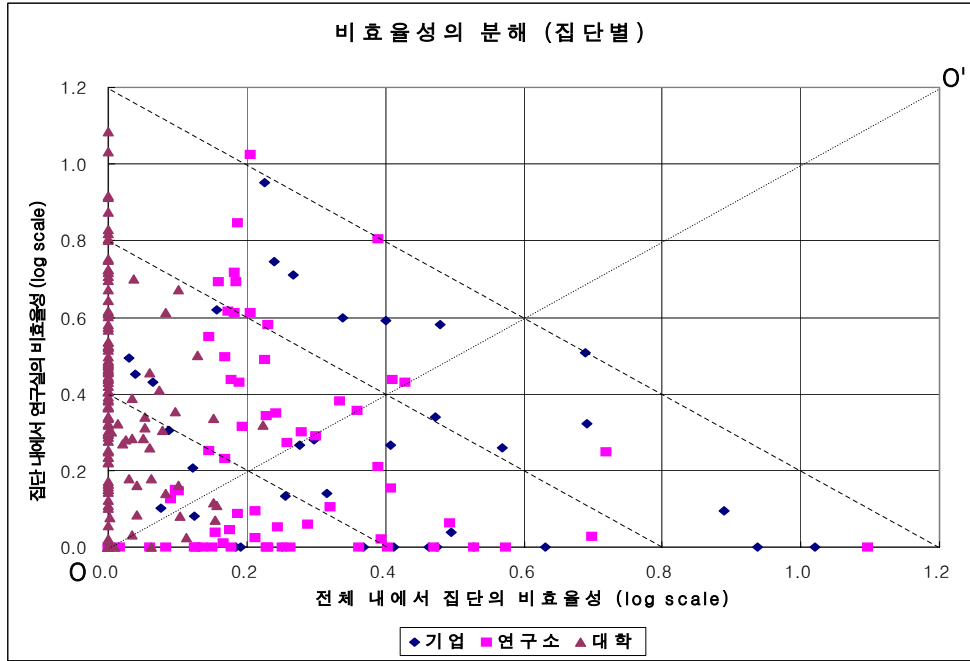
** 연구인력: 2년간 투입된 인력의 총계이며, 박사 1, 석사 0.7, 학사 0.5로 가중 합산

*** 특허, 논문 등 실적은 국외 1, 국내 0.5로 그리고 SCI 1, 비SCI 0.5로 가중 합산

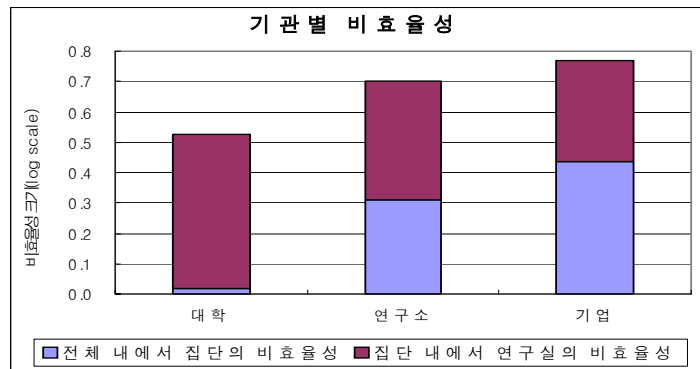
2) 효율성 분석 결과

국가지정연구실의 효율성을 그래프로 표시하면 다음 <그림 4>와 같다. 수평축으로 집단의 비효율성을, 수직축으로 집단 내 개별 연구실의 비효율성을 보이도록 분포도를 작성하였다. 분석결과에서 비효율성은 다음과 같이 분해 된다.

$$\text{전체 내에서 연구실의 비효율성} = \text{전체 내에서 집단의 비효율성} \\ \times \text{집단 내에서 연구실의 비효율성}$$



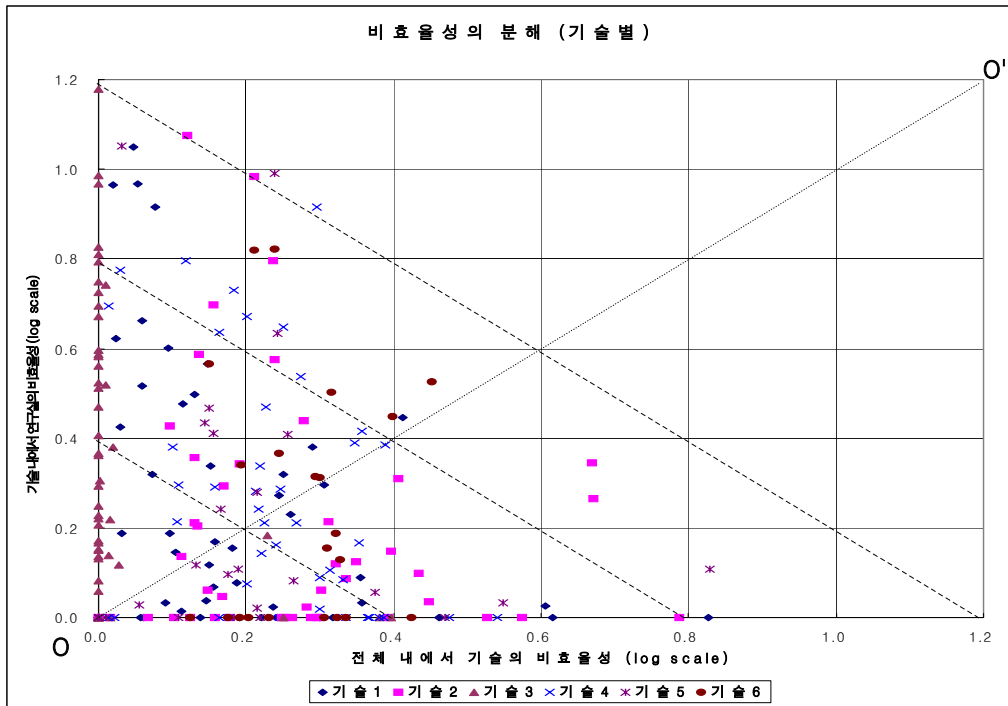
<그림 4> 비효율성의 분해 (1) - 세부 비효율성의 분포(집단별)



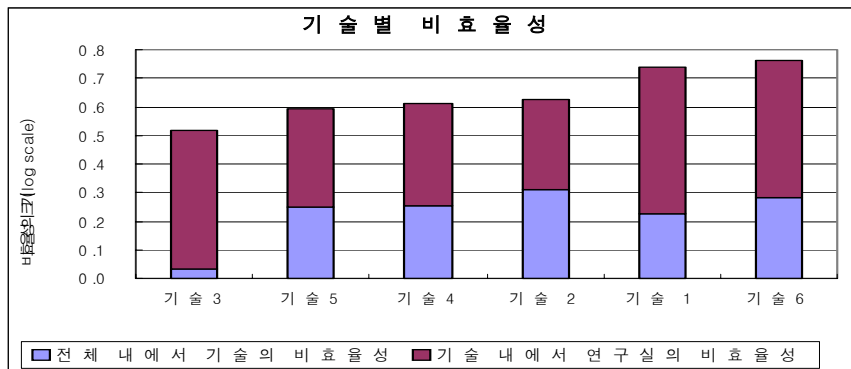
<그림 5> 비효율성 분해의 비교(1)

<그림 4>에서 점선 $\overline{OO'}$ 를 기준으로 왼쪽 상단에 위치한 연구실들은 동일 집단 내의 다른 연구실에 비해서 노력 부족이나 운영의 문제 등으로 인해 주로 비효율성이 발생한 연구실로서, 대학에 속한 연구실들이 주로 이 부분에 분포하고 있다. 반면 점선 $\overline{OO'}$ 를 기준으로 오른쪽 하단에 위치한 연구실들은 '전체 내에서 집단의 비효율성' 비중이 큰 연구실로서, 환경 요인(연구실이 속한 집단의 고유한 특성)이 효율성에 크게 영향을 준 경우에 해당하며, 기업에 속한 연구실들이 주로 이 부분에 분포하고 있다. <그림 5>에서도 알 수 있듯이 평균적으로 대학에 속한 연구실은 기업과 정부출연연구소에 속한 연구실들보다 효율적인 것으로 분석되며, 또한 집단의 속성에 따른 비효율성 값이 작은 것으로 나타났다.

한편, 전체 내에서 연구실의 비효율성을 분해한 결과를 기술분야별로 비교하기 위해서, 분해된 비효율성을 좌표로 하여 연구실을 그래프 상에 나타내면 <그림 6>과 같다.



<그림 6> 비효율성의 분해(2) - 세부 효율성의 분표(기술별)



<그림 7> 비효율성 분해의 비교(2)

<그림 6>에서 점선 $\overline{OO'}$ 를 기준으로 왼쪽 상단에 위치한 연구실들은 동일 기술분야에서 다른 연구실에 비해서 노력 부족, 운영의 문제 등으로 인해 주로 비효율성이 발생한 경우로서, 기술 3에 속한 연구실들이 주로 이 부분에 분포한다. <그림 7>에서도 알 수 있듯이 평균적으로 기술 3에 속한 연구실은 다른 기술분야의 연구실들보다 전체 내에서 기술의 비효율성 값이 작고, 전체 내에서 기술의 비효율성이 차지하는 비중도 매우 낮다.

<그림 6>에서 점 O를 중심으로 바깥쪽(점 O' 방향)에 위치한 연구실일수록 전체 내에서 연구실의 비효율성이 큰 연구실들이다. 비효율성이 큰 그룹에 속한 연구실의 비중이 가장 높은 기술분야는 기술 4와 기술 6이다. 한편, 기술 2를 가진 연구실들은 기술의 특성에 기인하는 환경측면의 비효율성이 가장 높은 것으로 나타났다.

3) 집단간 효율성의 비교

비모수적 방법인 DEA를 이용하여 DMU별로 측정된 효율성 값의 분포함수를 파악하는 것은 쉽지 않다. 따라서 모집단에 대한 분포 가정을 바탕으로 하는 모수적 방법론을 이용하여 효율성 값들을 분석하는 것은 문제가 있고, 비모수적 방법으로 데이터를 분석해야 한다. 비모수적 방법은 모집단의 분포함수에 대하여 모수형의 가정을 하지 않는 통계적 방법을 뜻한다.[3] 비모수 방법에서는 관측값 자체를 사용하지 않고 흔히 관측값의 부호(sign)나 순위(rank) 등을 사용하는 것이 보통이다.[3][4] DEA의 결과인 효율성 값은 집단에 속한 DMU의 상대적 효율성을 측정한 결과이므로, 효율성 순위가 실제 효율성 값만큼 중요한 의미를 가진다고 볼 수 있다. 효율성 값의 개수가 작을 경우, 모집단의 분포에 대해서 확신할 수 없으므로 정규분포와 등분산의 가정을 만족시키기 어려운 점이 있다.

본 연구에서는 Kruskal-Wallis 검정과 Kruskal-Wallis 순위합에 근거한 다중비교법²⁾을 사용하여 집단간의 효율성 분포가 유의한 차이를 갖는지 판별하였다.³⁾ 연구실의 효율성 값을 비모수적 방법을 이용하여 분석하기 위해서 연구실의 상대적 효율성 값을 오름차순 순위로 바꾸고, 통계분석을 수행하였다. 이를 통해, 기업, 연구소, 대학별 소속된 집단의 특성과 기술분야별 특성이 개별 연구실의 효율성에 미치는 영향이 통계적으로 유의미한가를 검증하였다.

① 소속 집단별 연구실의 효율성 비교

소속 집단별로 효율성의 평균 순위를 비교하여, 실제 대학, 기업체, 연구소간 차이가 유의한지 가설 검정을 통해서 알아보기로 한다. 여기서, 순위가 낮을수록 효율성이 높은 것으로 해석된다.

$$H_{0, \text{집단}} : \overline{R}_{\text{기업}} = \overline{R}_{\text{연구소}} = \overline{R}_{\text{대학}}$$

<표 6> 집단별 연구실의 효율성 비교

	기업	연구소	대학
순위합	6034.0	9065.0	15529.0
평균 순위	154.7	137.3	109.4

<표 7> 집단간 연구실 효율성 순위 차의 유의성 검정

$H_{\text{집단}}$	$H^*_{\text{집단}}$	$\chi^2(2, 0.05)$	p-value
15.476	15.484	0.991	0.0004

2) 다중비교법 중에서 표본의 크기가 다를 때도 사용가능한 Dunn의 방법을 이용한다. [4][23]

3) Kruskal-Wallis 검정에 상응하는 모수적 방법은 일원배치 분산분석법(one-way ANOVA)으로, 두 방법의 이론적 기반은 동일하다. [17][24]

<표 8> 기관간 연구실 효율성 순위 차의 다중 비교

	평균 순위 차이	최소 유의 차이	
기업 - 연구소	17.4	34.5	$k = 3$
연구소 - 대학	27.9	25.5	$\alpha = 0.05$
기업 - 대학	45.4	28.9	$z_{\alpha/[k(k-1)/2]} = 2.394$

검정결과 유의수준 5%에서 귀무가설 H_0 집단은 기각되며, 이에 대응하는 대립가설은 H_1 집단 : $\overline{R}_{\text{연구소}} > \overline{R}_{\text{대학}}$, $\overline{R}_{\text{기업}} > \overline{R}_{\text{대학}}$ 이다.

분석결과 효율성 순위를 비교해 보았을 때 대학에 속한 연구실은 정부출연연구소에 속한 연구실과 기업 연구소에 속한 연구실보다 평균적으로 효율성이 높음을 알 수 있다. 그러나 기업에 속한 연구실 집단과 정부출연연구소에 속한 연구실 집단을 비교할 경우, 평균 효율성의 차이는 유의하지 않다.

소속된 집단별로 효율성의 평균 차이가 발생하는 것에 대해서는 신중히 해석을 할 필요가 있다. 그 차이가 실질적인 비효율성에 근거한 차이일 수도 있지만, 다른 원인에 의해서 발생하는 차이일 수도 있다. 예를 들어 대학에 속한 연구실의 비효율성이 낮은 이유가 대학소속 국가지정연구실의 연구비 정산 내역에서 교수의 인건비가 포함되지 않았기 때문일 수 있다⁴⁾. 투입 요소 중에서 지원받은 연구비를 실제 연구실에서 사용한 연구비로 대체한다면 투입이 증가하게 되므로 대학에 소속된 연구실의 비효율성이 커질 수 있다. 따라서 실증분석 결과만을 토대로 기관별로 연구개발활동의 효율성을 직접 비교하는 데에는 어려운 점이 있다. 다만 대학에 속해 있는 연구실들이 다른 집단에 소속된 연구실에 비해서 평균적으로 연구실의 인력과 지원받은 연구비를 가지고 효율적인 연구개발활동을 수행한 것으로 결론지을 수 있다.

② 기술분야별 연구실의 효율성 순위 비교

기술분야별로 효율성의 평균 순위를 비교하여, 실제 기술분야간 차이가 유의한지 가설 검정을 통해서 알아보기로 한다.

$$H_{0, \text{기술}} : \overline{R}_{\text{기술1}} = \overline{R}_{\text{기술2}} = \overline{R}_{\text{기술3}} = \overline{R}_{\text{기술4}} = \overline{R}_{\text{기술5}} = \overline{R}_{\text{기술6}}$$

<표 9> 기술별 연구실의 효율성 비교

	기술 1 (전자/정보/ 통신)	기술 2 (기계/설비)	기술 3 (소재/물질/ 공정)	기술 4 (생명/의료)	기술 5 (환경/건설/ 에너지)	기술 6 (해양/기상/ 원자력)
순위합	6300.5	5845.5	5859.5	6182.5	3036.0	3404.0
평균 순위	126.0	129.9	101.0	140.5	112.4	148.0

4) 대학에 속한 국가지정연구실의 경우 내부 인건비 중에서 교수에게 지급되는 인건비는 원 소속기관(대학)으로부터 받은 것이므로, 계상은 하되 지급은 하지 않는다. (과학기술부 특정연구개발사업 처리규정 [과학기술부 훈령 제 94호, 020320] 제 22조 연구개발비 계상기준 참고)

<표 10> 기술간 연구실 효율성 순위 차의 유의성 검정

$H_{기술}$	$H_{기술}^*$	$\chi^2(5, 0.05)$	p-value
11.995	12.001	11.071	0.0348

<표 11> 기술간 연구실 효율성 순위 차의 다중 비교

	평균 순위 차이	최소 유의 차이	
기술 5 - 기술 3	11.4	45.2	$k = 6$ $\alpha = 0.05$ $\approx \alpha/[k(k-1)/2] = 2.713$
기술 1 - 기술 5	13.6	46.3	
기술 2 - 기술 1	3.9	39.8	
기술 4 - 기술 2	10.6	41.1	
기술 6 - 기술 4	7.5	49.9	
기술 1 - 기술 3	25.0	37.4	
기술 2 - 기술 3	28.9	38.5	
기술 4 - 기술 3	39.5	47.8	
기술 6 - 기술 5	17.5	51.0	

검정결과 유의수준 5%에서 귀무가설 $H_{0, 기술}$ 은 기각되며, 이에 대응하는 대립가설은 $H_{1, 기술} : \overline{R}_{기술4} > \overline{R}_{기술3}, \overline{R}_{기술6} > \overline{R}_{기술3}$ 이다.

분석결과 효율성 순위를 비교해 보았을 때 기술 3 분야에 속한 연구실만 기술 4 분야와 기술 6분야에 속한 연구실보다 평균적으로 효율성이 높은 것으로 나타났으며, 기타 연구실들은 기술분야간 평균 효율성의 차이가 유의하지 않았다.

집단간 효율성 비교를 통해서 살펴본 결과 소속집단과 기술분야에 따라서 연구실의 평균 효율성의 차이가 나타났는데, 이는 기술 특성과 집단 특성은 전체 내에서 연구실의 효율성 순위에 모두 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다. 즉, 기술 특성과 기관 특성은 연구실의 효율성에 영향을 미치는 외부 환경요인이라고 볼 수 있다. 앞서 제시된 검정 결과는 효율성의 분해가 갖는 현실적 의미를 부여하게 된다. 서로 다른 기술분야 또는 서로 다른 집단에 속해있는 국가지정연구실들에 대한 평가 및 관리에 있어 차이를 두어야 한다는 점을 시사한다.

4) 국가지정연구실사업 단계평가 결과와 비교

국가지정연구실사업의 기획보고서에 따르면 산·학·연간 균형적인 지원을 염두에 둔 것을 확인할 수 있다.[8] 또한 기술분야별 차이를 고려하여 선정부터 관리 평가까지 운영전반에서 기술별 전문위원실을 구성하여 별도의 관리를 진행하고 있다. 그러나 연구주체간, 기술분야간 연구실 환경요인의 차이가 어느 정도 되는지 객관적인 기준은 없는 상황이다.

국가지정연구실사업 운영에서 중요한 절차로 단계평가가 있다. 단계평가 결과가 좋지 않은 연구실은 '중단' 결정을 내리고 있다. 단계평가 결과로 중단과제 비율은 다음 표 12로 정리될 수 있는데, 아직 사업관리 차원에서 연구주체별, 기술분야별 특성에 따른 차이를 충분히 반영하지 못하고 있음을 보여준다. 특히, 연구주체별 중단과제 비율은 큰 차이를 보이고 있다.

앞장에서 제시된 효율성 분석결과에서 기업 및 연구소 소속 연구실에 비하여 대학소속 연구실의 경우 전반적인 효율성이 높은 것으로 나타났다. 중단과제 비율에서도 대학의 비율이 낮

은 것은 분석결과와도 일치한다. 그러나 비효율성의 원인을 분해한 결과와 비교하여 보면, 정부출연연구소 및 기업 소속된 연구실은 환경요인에 기인한 비효율성이 상대적으로 높은 것으로 분석되었으나, 단계평가에서는 이러한 상황에 따른 차이가 반영되지 않은 것으로 보인다. 반면, 기술분야별 차이는 별로 두드러지게 나타나지 않는 데, 이는 전문위원회별 관리를 통해 기술분야간 특성을 충분히 고려하고 있는데 기인한 것으로 분석된다.

<표 12> 1999년, 2000년 선정연구실의 연구주체별, 기술분야별 단계평가 결과 비교

구분		평가대상 과제수	중단 과제	비율
연구주체(집단)별 비교	기업	54	19	35%
	연구소	86	17	20%
	대학	151	15	10%
	소계	291	51	18%
기술분야별 비교	기술1	61	13	21%
	기술2	43	6	14%
	기술3	58	9	16%
	기술4	50	8	16%
	기술5	47	8	17%
	기술6	32	7	22%
	소계	291	51	18%

* 단계평가와 무관하게 중단 등으로 평가대상 과제수는 선정된 과제수와 일치되지 않는

5. 결론

본 연구는 연구개발사업에 참여하는 연구개발조직의 효율성을 평가하고자 하였으며, 국가 지정연구실사업을 실증 분석대상으로 하였다. 국가지정연구실의 비효율성을 측정하고, 연구실의 비효율성을 운영 측면에서의 비효율성과 환경 측면에서의 비효율성으로 분해하여 비효율성의 원인을 파악하고자 하였다. 이를 위해서 전체 내에서 연구실의 비효율성이 소속 집단의 특성과 기술 특성에 의해서 영향을 받는지 살펴보았는데, 실제 소속집단별, 기술분야별로 연구실을 구분하였을 때, 평균 효율성의 차이가 발생함을 알 수 있었다. 나아가 개별 연구실별, 연구주체별, 기술분야별로 비효율성의 분포 형태를 파악하고, 각 단위에서의 특징을 살펴보았다.

실증분석 결과 연구실의 비효율성을 구하여 기관별로 비교해 보았을 때, 평균 비효율성이 연구주체간에 유의한 차이를 보였다. 대학에 속한 연구실들은 정부출연연구소나 기업에 속한 연구실보다 평균적으로 비효율성이 적었으며, 환경요인으로 인한 비효율성의 비중이 낮았다. 한편, 기술분야별로 비교해 보았을 때, 평균 비효율성이 기술분야간에 유의한 차이를 보였다. 기술분야별로 평균을 비교해봤을 때, 기술 3(소재/물질/공정) 분야에 속한 연구실이 기술 4(생명/의료), 6(원자력/해양/기상) 분야에 속한 연구실보다 비효율성이 낮았으며, 그 외 기술분야에 속한 연구실들끼리는 효율성의 차이가 유의하지 않았다.

본 연구를 통해서 국가지정연구실의 비효율성을 운영 측면에서의 비효율성과 환경 요인에 의한 비효율성으로 분해하여, 기업, 정부출연연구소, 대학소속 연구실들이 소속 집단의 특성에 따라 환경요인으로 인한 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났다. 마찬가지로, 기술분야별 특성에 따른 차이도 발생함을 알 수 있다. 이는 향후, 연구과제의 선정·관리·평가 제도에 있어 환경적인 차이를 고려한 운영체계 구축이 필요함을 시사한다. 예를 들어, 국가지정

연구실사업의 경우, 기업체 연구실의 중단과제 비율이 대학소속 연구실에 비해 3배 이상 높은 것으로 나타나는데 이는 획일화된 기준으로 연구실들을 평가하고 있음을 보여주는 것으로 향후, 차별화된 평가기준의 설정이 요망된다.

물론, 실제 비효율성이 원인이 무엇인지 보다 명확히 밝혀내기 위해서는 추가적인 연구가 더 필요하다고 본다. DEA를 통해서 비효율성의 세부 원인까지 밝혀내는 것은 한계가 있기 때문에, 비효율성의 구체적인 세부 원인을 찾기 위해서는 본 연구결과를 토대로 국가지정연구실 책임자 또는 사업 관리자들의 의견을 반영해야 할 필요가 있다. 이런 과정을 거쳐야 실질적으로 국가지정연구실과 사업 전반의 효율성을 개선할 수 있는 정책이 보다 구체적으로 제시될 수 있을 것으로 기대된다.

또한 본 연구에서 사용한 투입과 산출이 사업에 참여한 후 초기 2년 동안의 연구개발활동을 대상으로 하였다는 점에서 분석대상이 된 국가지정연구실의 효율성을 충분히 평가하였다고 보기는 어렵다. 연구주체별 특성과 기술분야별 특성에 따라서 단기적인 성과가 많이 나오는 연구실이 있을 수 있고, 장기적인 성과가 많이 나오는 연구실이 있을 수 있다. 향후에 데이터가 더 확보된다면 효율성의 추이를 분석해 볼 수 있을 것이다. 그리고 분석 대상으로 한 국가지정연구실들이 사업 초기(1999년, 2000년)에 참여한 연구실들이므로 이후에 국가지정연구실사업에 참여한 연구실들에 대한 분석도 추가된다면, 그동안 진행된 국가지정연구실사업의 전반적인 효율성을 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- 김동현(2001), 「국가지정연구실사업제도의 운영평가 및 발전방향」, 과학기술부.
- 김상철(1993), 「연구효율성 평가방법에 대한 연구 — DEA기법을 중심으로 —」, 목원대 논문집 24, pp. 189-208.
- 김우철 외(1998), 「현대통계학(제4개정판)」, 영지문화사, pp. 385-390.
- 송문섭, 박창순(1994), 「비모수통계학개론」, 자유아카데미, pp. 119-143.
- 이동규(1993), "정부출연연구기관의 효율성에 관한 DEA의 적용", 「충남대 경영논집」 제9권 1호, pp. 89-124.
- 이정동, 「고급생산성이론」, 서울대학교 기술정책대학원과정 수업교재, 제6장.
- 정은재, 김지수(1999), 연구생산성 측정을 위한 DEA 접근과 비율분석, IS/ME 1999 춘계공동학술대회 발표자료.
- 한국과학기술기획평가원(1999), 국가연구실시스템 도입방안에 관한 연구.
- 한국과학기술기획평가원(2003), 2003년도 국가지정연구실사업 설명자료.
- Stuart Bretschneider(1993), *Operations research contributions to evaluation of R&D projects, Evaluating R&D impacts: Methods and Practice*, pp. 123-153.
- Chapman, Robert E.(1998), *Using data envelopment analysis to assess performance of Manufacturing Extension Centers*, NISTIR 6198.
- Coelli, Tim, Rao, D.S. Prasada and Battese, George E.(1998), *An introduction to efficiency and productivity analysis*, Kluwer Academic Publishers, pp. 133-181.
- Cooper, William W., Seiford, Lawrence M. and Tone, Kaoru(2000), *Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications references and DEA-Solver software*,

- Kluwer Academic Publishers, pp. 200-205.
- Cubin, John and Tzanidakis, George(1998), "Regression versus data envelopment analysis for efficiency measurement: an application to the England and Wales regulated water industry", *Utilities Policy* 7, pp. 75-88.
- 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* 131, pp. 245-259.
- Geisler, Eliezier(1995), "An integrated cost-performance model of research and development evaluation", *International Journal of Management Science* 23, No. 3, pp. 281-294.
- Gibbons, Jean Dickinson(1993), *Nonparametric statistics: an introduction, Series 90: Quantitative Applications in the Social Sciences*, Sage Publications, pp. 42-54.
- Haas, David A. and Murphy, Fredic H.(2003), "Compensating for non-homogeneity in decision-making units in data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research* 144, pp. 530-744.
- Johnes, Jill and Johnes, Geraint(1995), "Research funding and performance in U. K. university departments of economics: a frontier analysis", *Economics of Education Review*, Vol. 14, No. 3, pp. 301-314.
- Johnston, Katharine and Gerard, Karen(2001), "Assessing efficiency in the U. K. breast screening programme: does size of screening unit make a difference?", *Health Policy* 56, pp. 21-32.
- Korhonen, Pekka, Tainio, Tainio and Wellenius, Jyrki(2001), "Value efficiency analysis of academic research", *European Journal of Operational Research* 130, pp. 121-132.
- Portela, Silva and Thanassoulis, Emmanuel(2001), "Decomposing school and school-type efficiency", *European Journal of Operational Research* 132, pp. 357-373.
- Siegel, Sidney(1956), *Nonparametric Statistics for the behavior sciences*, McGraw-Hill, pp. 184-194.
- Sueyoshi, Toshiyuki and Aoki, Shingo(2001), "A use of a nonparametric stastic for DEA frontier shift: the Kruskal and Wallis rank test", *International Journal of Management Science* 29, pp. 1-18.
- Thanassoulis, Emmanuel and Simpson, Gary(1999), "Setting individual achievement targets with DEA", *Operational Research Society in OR*.