

국방기술 연구개발사업의 효율성 분석

이형진 · 정선양

I. 서론

연구개발(R&D: Research & Development) 활동은 인류, 문화적, 사회적 지식을 포함한 통합적인 지식을 증진시키는 수단이며, 이러한 지식을 활용하여 일반화된 체계적이고 창조적인 작업이 가능하다. 또한, 연구개발 활동은 기업과학기술 활동의 기반이며, 기업 또는 국가의 경쟁력을 증진하고, 지속 가능한 성장을 가능하게 한다(Wei Zhong 등, 2011). 이러한 이유로 주요선진국들은 국가경쟁력 제고를 위해 과학기술분야에 대한 투자를 지속적으로 하고 있으며, 우리나라 정부도 지속적으로 연구개발 예산을 지속적으로 투자하고 있다(2012년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 미래창조과학부).

<표 1>은 우리나라의 2008년부터 2014년까지의 국방비와 R&D투자의 강도(국방R&D/국방비, 국방R&D/방위력개선비)를 보여준다. 2008년 11조 784억이었던 국가 R&D는 2014년에는 17조 7,358억 원까지 증가하였다. 불과 6년 만에 국가 R&D는 60.1%가 증대되었다. 이와 유사하게 국방연구개발비는 2008년에 1조 4,523억 원이었는데, 2014년도에서는 2조 3,345억 원으로 60.7%로 증가하였고, 국방비 대비 국방연구개발비의 비중은 2008년도 5.45%에서 2014년에는 6.54%까지 증대되었다.

<표 1> 국방연구개발 예산현황

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
정부재정	1,795,537	2,035,497	2,012,835	2,099,303	2,231,384	2,406,702	2,472,032
*재정 대비 국방비(%)	14.8%	14.2%	14.7%	15.0%	14.8%	14.3%	14.4%
국가 R&D	110,784	123,437	136,403	148,902	160,244	168,744	177,358
국방비(A)	266,490	289,803	295,627	314,031	329,576	344,970	357,057
방위력개선비(B)	76,813	87,140	91,030	96,935	98,938	101,749	105,097
국방연구개발비(C) (국방R&D)	14,523	16,091	17,946	20,164	23,210	24,386	23,345
(C)/(A)	5.45%	5.55%	6.07%	6.42%	7.04%	7.07%	6.54%
(C)/(B)	18.91%	18.47%	19.71%	20.80%	23.46%	23.97%	22.21%

*출처 : 방위사업 통계연보, 방위사업청(2013), e-나라지표(www.index.go.kr) 단위: 억원

정부예산의 지속적인 투자와 더불어 국가연구개발사업의 투자효율성 제고와 성과분석에 대한 중요성도 함께 증대되었다. 이러한 결과로 우리나라는 2006년에 국가연구개발사업등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률을 제정하여 연구개발사업의 효율성 제고 및 성과분석을 실시하고 있다. 하지만, 국방기술 연구개발 사업은 현존하는 위협을 대체하고, 자주국방을 추진하는 사업으로 인식되어 효율성 평가에 대해서는 많이 강조되지 않았다. 국방연구개발사업은 2012년도에 처음으로 연구개발 성과분석을 시범적으로 실시하였고, 2013년부터는

* 이형진, 국방기술품질원 기술기획팀, 건국대학교 기술경영학과 박사과정, hj249@dtqa.re.kr, 02-2079-1045

** 정선양, 건국대학교 기술경영학과 교수, sychung@konkuck.ac.kr, 02-450-3117, 교신저자

규정에 따라 핵심기술연구개발에 대한 성과분석 및 연구개발성과에 대한 추적조사를 실시하고 있다. 국방연구개발 프로그램에 대한 성과분석이 강조되고 있는 이유는 자원의 할당이 연구개발(R&D) 정책의 주요 쟁점 사항이기 때문이다(Hakyeon Lee 등, 2009). 하지만 그동안 국가연구개발(R&D)의 성과분석은 일부 연구에서 진행되었었고, 특히 국방 연구개발 성과분석은 그동안 거의 이뤄지지 않은 실정이다.

또한, 국가혁신체제(NIS : National Innovation System)차원에서 국방연구개발산업의 혁신이 중요한 요소가 되었다. 효율적인 국가혁신체제는 국가의 제한된 자원을 결집시키고 이의 효율적인 사용을 보장해 줌으로써 국가경쟁력의 제고에 대단히 중요한 공헌을 하지만 효율적이지 않은 국가혁신체제는 국가의 제한된 과학기술 및 경제자원의 낭비를 가져와 오히려 국가 경쟁력의 약화로 이어지기 때문이다(Freeman, 1988;Lundvall, 2005;정선양, 2012). 국가혁신체제는 특정 산업분야를 중심으로 한 개별 산업혁신체제(sectoral innovation system)의 총합으로 구성되는 것으로 파악할 수 있다. 즉, 한 국가경제의 주요 산업분야 혁신체제들의 총합은 국가혁신체제를 구성하게 된다. 이 같은 논리가 타당성을 가질 수 있는 것은 현재 대부분의 국가들에 있어서 주요 산업에는 어떤 형태로든 기술 및 혁신을 둘러싸고 사용자-생산자의 관계가 형성되어 있기 때문이다. 한 국가경제에 있어서 혁신을 둘러싸고 구성요소들 간의 연계가 잘 이루어지고 있는 산업들은 세계시장에서 강력한 경쟁력을 보일 것이다(정선양, 2012). 따라서, 국가차원, 지역차원에서의 혁신과 더불어 산업분야내에서의 혁신도 중요하게 되었다. 그중에서도 본 연구에서는 국방산업에서의 혁신의 중요성을 강조하고, 국방연구개발의 효율성을 측정하여 다시 혁신을 위한 기획요소에 반영하고자 한다.

이러한 국방기술연구개발의 효율성(effectiveness)을 분석하기 위해서, 본 연구에서는 자료포락분석(DEA : Data Envelopment Analysis) 모델을 활용하였다. DEA는 비모수적인 접근방법으로 생산 함수의 형태의 함수 형태에 대한 어떠한 가정도 필요 없으며, 입력과 출력의 중요한 사전정보를 필요로 하지 않기 때문이다.

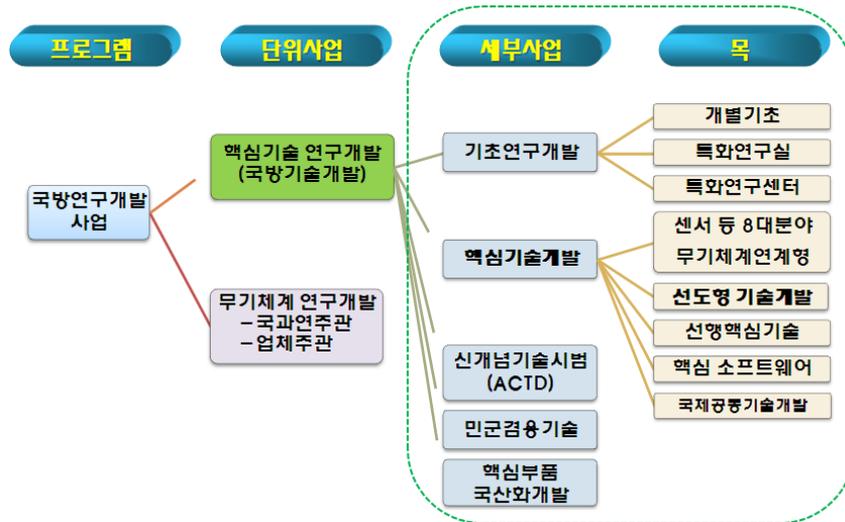
본 연구는 DEA효율성 분석을 이용하여 한국의 국방기술 연구개발(R&D)사업의 성과를 측정하고 비교하였다. 2장에서는 국방기술 연구개발사업, DEA를 활용한 연구개발 효율성 분석 이론 및 선행연구를 검토하고, 3장에서는 분석방법 및 분석요소를 선정하여 수록하였다. 4장에서는 145개 국방기술 연구개발사업에 대한 효율성을 분석하였으며, 5장에서는 본 연구의 결론 및 정책적 시사점을 제시하였다.

II. 국방기술 연구개발사업의 효율성 검토

1. 국방기술 연구개발사업

국방연구개발 사업은 목적에 따라 <그림 1>과 같이 크게 무기체계 연구개발사업과 국방기술연구개발사업으로 구분되며, 국방기획관리(PPBEE)체제¹⁾에 따라 업무를 수행한다. 무기체계 연구개발사업은 소요가 결정된 무기체계에 대해서 선행연구를 거쳐 연구개발을 수행하는 사업이며, 국방기술 연구개발은 무기체계에 필요한 기술을 다양한 방법으로 확보하기 위한 연구개발 사업이다. 국방기술 연구개발사업은 <그림 1>과 같이 사업형태에 따라 기초연구, 핵심기술개발, 신개념기술시범, 민·군겸용, 핵심부품국산화 개발사업 등으로 분류가 된다.

1) 국방기획관리체제(PPBEE)체제 : 국가차원의 안보지침에 따라 현존군사력의 좌표를 분석하여 국방목표를 설계하고, 이를 달성하기 위하여 최선의 방법을 선택하여 군사력을 건설, 유지하는데 소요되는 가용 국방자원(재원, 인력)을 효율적으로 배분, 관리하는 수단으로서 기획(Planning), 계획(Programming), 예산(Budgeting), 집행(Executing), 그리고 평가(Evaluating)하는 일련의 체제(국방기술 연구개발소개, 2014).



(그림 1) 핵심기술연구개발 사업 분류

핵심기술연구개발은 합동군사전략목표기획서(JSOP : Joint Strategy Objective Plan)에 수록된 무기체계 또는 미래 무기체계의 국내개발 또는 생산에 필요한 고도·첨단기술로서 선진 외국에서 기개발되어 기술이전을 회피하거나 국가안보차원에서 반드시 확보가 요구되는 기술로 기초연구·응용연구 시험개발 단계로 구분하여 개발된다. 기초연구는 핵심기술 연구개발을 위하여 필요한 가설, 이론 또는 현상이나 관찰 가능한 사실에 관한 새로운 지식을 얻기 위하여 수행하는 이론적 또는 실험적 연구 활동이며, 응용연구는 기초연구결과를 군사적문제의 해결책으로 전환하기 위하여 실험적 환경 하에서 기술의 타당성과 실용성을 입증하는 연구이다. 시험개발은 핵심기술 개발의 최종단계로서 무기체계의 주요기능을 담당하는 핵심기술을 실험하는 시제품을 제작하여 이를 기존 무기체계에 적용 가능성과 미래 무기체계에 응용가능성을 입증하는 연구이다. 본 연구는 국방기획 관리(PPBEE)체계에 따라 기획되어 개발된 핵심기술개발사업(응용 및 시험개발연구)에 초점을 두었다.

<표 2> 국방기술연구개발 사업형태별 구분 및 개요(국방기술 연구개발 소개, 2014)

연구개발 구분		개요	비고	
기초연구 개발	개별 기초	일반 기초	국방과학기술분야의 원천기술 확보 및 신개념 무기체계 개발에 활용 가능한 미래 원천기술을 확보	• 무기체계활용목적
		순수 기초	물리, 화학, 생물, 수학 등의 국방과학기술분야에 대해 착수년도 자유공모를 통해 과제 응모 후 추진	• 자유공모 과제
		국제 공동 연구	일반대학교수 및 특화연구센터 참여교수 대상으로 해외 교수와 국제공동으로 착수년도 자유공모를 통해 과제 응모 후 추진되는 연구과제	• 자유공모 과제
	특화연구실	미래 핵심기술분야에 필요한 기초연구분야 5개 내외의 과제로 구성된 국방특화연구센터의 연구실단위의 집단연구체계	• 유사기초기술집합 • 대학교/정출연	
	특화연구센터	특정 기술분야를 중점적으로 연구하도록 학계연구소 및 출연연 등에 위촉된 연구센터	• 국방기획관리 (PPBEE)체계 • 대학교/정출연	

연구개발 구분		개요	비고
핵심기술 개발 (응용, 시험)	무기체계연계형	무기체계 전력화 시기에 부합하도록 체계개발에 요구되는 기술을 사전에 개발하기 위해 국방기획관리(PPBEE)체계에 따라 단위과제별로 추진하는 사업	• 국방기획관리(PPBEE)체계
	선도형 기술개발	미래 무기체계 핵심기술群을 산학연 위주로 신속하게 착수하여 개발한후 무기체계 소요를 선도하고자 하는 기술개발 사업	• 산·학·연 위주
	선행핵심기술	미래 전장 운영개념을 혁신할 수 있는 창의·신개념의 국방과학 원천기술 확보를 위해 국과연 주관으로 신속 착수하여 개발하는 개별 과제	• 국과연 자체연구
	핵심소프트웨어	무기체계에 소요되는 핵심소프트웨어를 국산화 개발하거나 다수 무기체계에 공통적으로 소요되는 핵심기반SW개발 사업	• 산·학·연 위주
	국제공동 기술개발	세계의 우수기술을 활용하여 무기체계 핵심기술을 협력대상국과 신속하게 공동기술개발하는 사업	• 국제협력(응용, 시험)
신개념기술시범(ACTD) ²⁾		이미 성숙된 기술을 활용하여 새로운 개념의 작전운영능력을 갖는 무기체계를 개발하고, 군사적 실용성평가를 통하여 3년 이내의 단기간에 입증하는 사업	
민군겸용기술		민과 군에서 공통적으로 활용할 수 있는 소재, 부품, 공정 및 소프트웨어 등의 기술을 개발하는 사업	• 민·군 협력사업
핵심부품 국산화개발		군수품의 부품 중에서 외국으로부터 구매한 부품을 국내에서 개발 또는 생산하는 사업	

2. DEA를 활용한 연구개발 효율성 분석

비모수적 효율성 측정방법인 DEA는 선형계획법에 근거하여 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물 간의 자료를 이용하여 경험적 효율프론티어를 도출한 후 평가대상들이 효율적 프론티어로부터 얼마나 떨어져 있는지의 여부로써 비효율성을 측정하는 기법이다(박만희, 2008). 즉, 경영단위(DMU : Decision making Unit)의 상대적 효율성은 가중된 산출과 가중된 입력의 비율로 측정되며, 다른 경영단위(DMU)와 상대적 효율성을 비교하는 방법이다.

Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)에 의해 제안된 첫 번째 DEA모델은 생산일 불변을 나타내는 것을 가정한 CCR(Charnes, Cooper, and Rhodes)모형으로 규모에 따른 효율성이 일정하다고 가정하고 있어, 투입물을 일정하게 증가하면, 산출도 일정한 비율로 증가한다. 즉, 상대적 효율성 측정의 준거가 되는 효율적인 DMU들이 규모에 대해 수익불변(CRS : Constant Return to Scale)을 나타내며, 모형은 다음과 같다.

2) 신개념기술시범(ACTD : Advanced Concept Technology Demonstration)

$$\begin{aligned}
 & \text{s.t.} \\
 & E_{kj} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{kr} y_{jr}}{\sum_{i=1}^m u_{ki} x_{ji}} \leq 1 \\
 & j = 1, 2, 3, \dots, n \\
 & u_{ki} \geq 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\
 & u_{kr} \geq 0, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Max } E_k &= \frac{\sum_{r=1}^s u_{kr} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m u_{ki} x_{ki}}
 \end{aligned}$$

BCC모형(Banker, Charnes and Cooper, 1984)은 규모에 따른 효율성이 변한다고 가정(Variable return to Scale)하고 있다. 즉, 상대적 효율성 측정의 준거가 되는 효율적인 DMU들이 규모에 대해 수익이 가변함을 의미하며, 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{Max } E_k &= \sum_{r=1}^s u_r y_{kr} + U_0 \\
 \text{s.t. } & \sum_{i=1}^m u_i x_{ki} = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{jr} - \sum_{i=1}^m u_i x_{ji} + U_0 \leq C \\
 & j = 1, 2, 3, \dots, n \\
 & u_i \geq \epsilon, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\
 & u_r \geq \epsilon, \quad r = 1, 2, 3, \dots, s
 \end{aligned}$$

$U_0 = 0$ CRS
 $U_0 > 0$ DRS
 $U_0 < 0$ IRS

3. 선행연구 검토

자료포락분석(DEA)의 초기 연구는 의료기관, 교육기관 및 정부기관 등 공공기관의 효율성을 평가하는데 많이 활용되었다. 이 후 자료포락분석은 재무/금융(은행, 신용조합, 상호기금), 의료/보건(병원, 영양소, 약국, 의사), 에너지(발전소, 광산, 석유회사), 교통(항공산업, 공항, 철도) 등 그 평가대상이 매우 다양하게 적용되고 있고, 활용범위도 확대되는 추세이다(정성민의, 2010, 김성호외, 2007).

연구개발(R&D)에 대한 성과분석도 최근 자료포락분석(DEA)을 활용한 연구가 진행되고 있다. <표 3>에서 보는 것처럼, 2001년부터 2014년까지 연구개발 관련 문헌을 살펴보면 최근의 연구는 크게 지역연구개발과 국가연구개발 사업에 대한 성과분석으로 볼 수 있다. 방민석 외(2011)는 DEA를 활용하여 16개 광역시·도의

국가연구개발사업에 대한 효율성을 측정하고, 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 투입변수로는 연구개발 투자비, 연구원 수, 연구장비 구입액을 설정하였고, 산출변수는 특허출원과 논문(SCI)을 사용하였다. 이민희 외(2012)도 DEA기법을 이용하여 16개 광역시도별 연구개발투자의 효율성을 분석하였다. 투입요소로는 R&D비용과 인력을 산출변수로는 특허를 설정하였다. Zhong Wei 외(2011)는 중국의 경제 조사 자료를 기반으로 중국의 30개 지역의 R&D 투자의 상대 효율성을 분석하였다. R&D 비용과 인력은 투입변수로, 특허와 매출은 산출변수로 보고 지역의 효율성을 측정한 바 있다. 국가연구개발 사업의 효율성분석에대한 주요 연구는 국가지정연구실 사업(김정호 외, 2004), 대전지역 국가연구개발사업(Hakyeon Lee 외, 2009), 원자력 연구개발 사업(김태희 외, 2009), 신성장동력 핵심기술개발사업(변상규 외, 2009), BT 및 NT분야 기초연구사업(박한성, 2013) 등에 대한 분석연구들이 진행되었다. 투입변수와 산출변수는 조금씩 상이하지만, 대부분의 국가연구개발사업에서는 투입변수로 R&D 비용과 R&D 참여연구원을 설정하였고, 산출변수로는 연구원들의 성과를 평가하기 위해 널리 사용되는 논문게재와, R&D활동의 직접적인 성과로 사용되는 특허를 대부분 산출로 설정하였다. 국방 분야의 효율성 분석에 대한 연구는 최근에 와서 일부 진행되었고, 연구주제들은 국방연구개발보다는 방위산업체의 효율성 및 생산성 분석(정성민 외, 2010; 정성민 외, 2011; 전계룡 외, 2012)에 초점을 두었다.

<표 3> 선행연구자들의 투입/산출변수

분류	연구자(연도)	투입변수				산출변수							
		R&D 비용	R&D 인력	R&D 기간	기타	논문	특허	인력 양성	매출	기술 확산	기술 수준	기술료	실용화
지역 연구 개발	Zhong Wei 외(2011)	○	○				○		○				
	방민석 외(2011)	○	○		○	○	○						
	이민희 외(2012)	○	○				○						
국가 연구 개발	고민수 외(2001)	○	○			○	○						
	김정호 외(2004)	○	○			○	○					○	
	변상규 외(2009)	○	○			○	○					○	
	Lee, Hakyeon 외(2005)	○	○			○	○						
	Wang Eric 외(2007)	○	○			○	○						
	Lee, Hakyeon 외(2009)	○	○			○	○	○					
	김태희 외(2009)	○	○			○				○			
	민현구 외(2012)	○	○	○		○	○				○		
	김흥규 외(2013)	○			○	○	○		○				
박한석 (2013)	○		○		○	○	○						
국방 연구 개발	정성민 외(2010)		○		○				○				
	전계룡 외 (2012)	○	○		○				○				
	박승 (2013)	○	○				○						○
	홍석수 외(2014)			○	○	○					○		○

이상 살펴본 바와 같이 지역연구개발 및 국가연구개발 사업의 대부분 연구는 투입변수로 R&D 비용과 인력을 설정하였고, 산출변수로는 논문과 특허, 기술료 또는 실용화를 설정하였다. 연구개발(R&D) 비용과 인력은 R&D의 효율성을 추정하는데 있어서 대표적인 투입지표라고 할 수 있다. 그리고 학술적 성과를 나타내는 논문과 기술개발에 따른 지적재산(Intellectual Property)과 시장에 제품을 출시하기 위한 연구개발(R&D) 산

출로 특허를 대표적인 산출지표로 볼 수 있다. 또한 <표 3>에서 보는 것처럼 국방분야의 연구개발성과분석은 학술적 성과인 논문과 기술적성과인 특허이외에 경제적 성과로 매출 또는 실용화부분을 사용한 것이 특징이다. 국방분야의 경우 성과분석대상이 방위산업체인경우는 경제적 성과로 매출로 보았고, 국방연구개발의 경우는 실제로 무기체계에 적용하였는지 또는 적용예정인지에 따른 실용화부분을 산출변수로 보았다.

III. 연구설계

1. 분석요소 선정

효율적인 DEA분석을 위해서는 대상 사업의 특성을 최대한 반영하여야 한다. 다시 말하면 사업의 목표와 상황에 부합하는 투입, 산출 요소들을 선정하는 것이 가장 중요하며, 이 자료들은 현실적으로 획득 가능한 자료여야 한다(변상규, 2009). 이러한 전제 하에서 본 연구에서는 국가연구개발(R&D) 사업의 효율성 분석에 필요한 투입과 산출변수를 선행연구 검토를 통하여 <표 4>와 같이 3개의 투입요소와 3개의 산출요소를 선정하였다.

<표 4> 투입과 산출변수의 정의

구분	변수명	단위	정의	변수사용	
투입요소	R&D비용	억 원	정부에서 출연한 연구비	Zhong Wei외(2011), 방민석 외(2011), 이민희 외(2012), 김정호 외(2004), Lee, Hakeyon 외(2005, 2009), Wang Eric 외 (2005), 박한석(2013), 박승(2013) 등	
	R&D인력	명	전체 투입연구원(M/Y)의 합산	Zhong Wei외(2011), 방민석 외(2011), 이민희 외(2012), 김정호 외(2004), Lee, Hakeyon 외(2005, 2009), Wang Eric 외 (2005), 박한석(2013), 박승(2013) 등	
	R&D기간	개월	전체 연구개발 기간	민현구 외(2012), 박한석(2013), 홍석수 외(2014)	
산출요소	기술적 성과	특허	건	국내외 특허 출원 및 등록 건수	Zhong Wei외(2011), 방민석 외(2011), 이민희 외(2012), 김정호 외(2004), Lee, Hakeyon 외(2005, 2009), Wang Eric 외 (2005), 박한석(2013), 박승(2013) 등
	과학적 성과	논문	건	국내외 학술지에 논문게재 건수	방민석 외(2011), 김정호 외(2012), Lee, Hakeyon 외(2005, 2009), Wang Eric 외 (2005), 박한석(2013), 박승(2013), 김태희 외(2009) 등
	경제적 성과	실용화	건	무기체계에 활용하였거나 활용예정인 건수	박승(2013), 홍석수 외(2014) 등

투입요소로는 연구개발(R&D) 비용, 인력, 기간을 설정하였다. 연구개발(R&D)비용은 정부에서 출연한 연구비로 정의하였으며, 연구개발(R&D)인력은 전체 투입연구원(M/Y)³⁾의 합산으로 설정하였다. 그리고 연구

3) 일부 연구에서는 학사, 석사, 박사 등 학위에 따라 가중치를 달리하여 투입 인력을 재산정하여 사용하고

개발(R&D)기간은 전체 연구개발 기간으로 설정하였다. 특히 연구개발(R&D)활동은 국가의 과학 및 기술 활동의 기초 핵심이며, 국가의 빠른 성장과 지속적인 성장을 가능하게 하는 중요한 역할을 한다. 연구개발 투자는 흡수역량(absorptive capacity, 새로운 지식을 배우고 흡수할 수 있는 능력, Cohen & Levinthal, 1990)을 증대시키고, 결과적으로 국방과학기술수준을 향상시킨다. 따라서 이러한 관점에서 투입요소로 연구개발(R&D) 비용, 인력, 기간으로 설정하였다.

국가연구개발사업의 성과를 측정할 때 특허와 논문은 주요한 산출지표라고 할 수 있다. 미래창조과학부와 한국과학기술기획평가원에서 발간하고 있는 “국가연구개발사업 성과분석 보고서(2013)”에서도 과학적 성과로 논문을 기술적성과로 특허를 사용하고 있다. 논문은 국가의 예산이 들어간 연구개발사업의 과학적 지식의 창출에 그 가치를 부여할 수 있다. 논문의 경우 국내와 국외 게재 논문 건수 두 항목으로 구성되며, 논문에 대한 심사 및 평가를 하지 않는 학술대회 발표 등은 논문실적에서 제외하였다. 특허는 제도적으로 인정되는 연구개발의 결과의 산물이며, 산출측면에서도 경제적 이익을 법적으로 보호받을 수 있다(방민석 외, 2011). 마지막으로 국방연구개발의 우선적인 목표는 자주국방차원에서의 연구개발 달성이다. 국방과학기술은 대부분 전략기술로 분류되어, 선진국에서 기술이전을 엄격히 통제하고 있으며, 전략물자수출통제 개념으로 기술 이전이나 수출시 거의 대부분 정부의 허가를 받아야 한다. 따라서 국방연구개발은 민간분야의 연구개발과는 차별화되는 성과분석의 요소가 필요하며 그것이 바로 무기체계의 적용여부이다. 국방연구개발의 최종 목표가 우리군의 무기체계에 적용하는 것이기 때문에, 실제로 무기체계 개발에 적용했는지, 적용예정인지에 대한 요소가 중요한 성과평가의 지표가 될 수 있다. 이러한 측면에서 경제적 성과로 무기체계에 활용하였거나 활용예정인 건수(실용화)를 경제적성과로 볼 수 있다. <표 5>는 2006년부터 2013년 12월까지 종료된 국방핵심기술 개발(응용연구 및 시험개발) 145개 과제에 대한 기초통계량을 보여주고 있다.

<표 5> 투입 및 산출요소들의 기초통계량

구분	투입요소			산출요소		
	R&D 비용 (억원)	R&D 인력 (M/Y)	R&D 기간 (개월)	특허 (건)	논문 (건)	실용화 (건)
최대값	440.88	160.30	84.00	30.00	33.00	34.00
최소값	2.91	1.00	17.00	0.00	0.00	0.00
평균	57.21	23.12	36.98	5.81	2.92	5.06
표준편차	59.84	22.92	9.96	6.35	3.97	5.75

2. 분석방법

본 연구를 위한 자료는 2006년부터 2013년 12월까지 종료된 국방기술연구개발사업에 대한 「핵심기술개발 성과분석 결과」를 근거로 하였다. 핵심기술개발 성과분석 결과 보고서는 방위사업청에서 수행하는 사업 중에서 기초연구개발, 핵심기술개발사업에 대한 성과분석 및 추적조사한 결과를 수집한 자료이다. 본 연구에서는

있지만(김정호 외, 2004;), 협력업체 등 외부 인력에 대한 학위별 분류자료가 없는 경우 외부 인력에 대한 가중치 적용이 분석의 오류를 증폭시킬 수도 있어(변상규 외, 2009) 본 연구에서는 투입인력을 단순 합산하여 투입요소로 사용하였음. 실제로 국방연구개발은 시제품 제작으로 업체가 참여하고 있으며, 알고리즘 등 개발을 위해 학계와 연구소가 참여하는 등 학위별 가중치를 두는 것이 쉽지 않고, 국방연구개발은 학위뿐만 아니라, 국방연구개발 기간도 상당히 많이 좌우되지만 국방연구개발 참여기간 산정도 쉽지 않아 본 연구에서는 단순히 합산하여 고려하였음.

국방기획관리체계(PPBEE)에 따라 기획된 핵심기술개발 사업에 초점을 둔다. 선도형 핵심기술, 핵심소프트웨어, 선행핵심기술개발은 2012년 이후에 국방기획관리체계의 단점을 보완하기 위하여 만들어진 프로그램단위의 사업으로 예산 집행되기 F-1년도에 기획을 하고, F4)년도에 사업이 진행되는 과제이다. 하지만 아직 종료된 과제가 없어, 본 연구에서는 2013년까지 종료된 과제에 대한 성과분석에 초점을 두며, 그 대상은 국방기획관리체계에 따라 기획된 핵심기술개발(응용연구 및 시험개발) 사업을 대상으로 한다. 핵심기술연구개발사업은 OECD Frascati Manual(2002)에서 분류하고 있는 기초연구(Basic Research), 응용연구(Applied Research), 실험개발(Experimental Development) 3가지 분류에 의한 사업과 유사하다.

분석의 단위는 국방과학기술진흥 실행계획 부록인 핵심기술기획서에 분류하고 있는 8대 기술 분야인 센서, 정보통신, 제어/전자, 탄약/에너지, 추진, 화생방, 소재, 플랫폼/구조 기술을 분석하였다. 8대기술 분야에 대한 설명 및 분석개수는 <표 6>과 같다.

<표 6> 8대 기술분야 분석개수 및 설명

기술분류	DMU개수	내용
A	32	표적을 탐지·추적하고 표적 정보를 수집/처리하여 관련 무기체계에 그 정보를 제공하거나, 다양한 전장 환경의 내·외부 물리적 변화 및 상태를 감지/측정하는 기술 -레이더 센서, SAR 센서, EO/IR 센서, 소나 센서, 레이저 센서, 항법 센서, 특수 센서 등
B	26	정보의 수집, 가공, 저장, 검색, 송신, 수신 등 정보를 유통하는 일련의 과정에서 활용되는 모든 기술을 의미하며 미래 네트워크 중심전을 구현하는 기술의 근간임 -전장상황인식, 상호운용성, 국방 S/W, 통신 전송, 통신 교환, 통신 단말, 네트워크 구성/관리, 사이버전, 전자전, 국방 M&S 등
C	11	임무를 계획하고 운동체가 목표물에 도달하기까지 요구되는 공간상의 운동궤적을 결정하고 그 궤적을 따라서 운동하도록 제어하는 기술 -유도조종기술, 무인/자율기술, 사격제어기술, 구동기술, 특수 제어/전자 기술 등
D	30	포발사 탄약, 유도무기/로켓을 비행시키기 위한 추진체 기술, 표적감시/안전장전/기폭과 관련된 신관기술, 목표물에 도달하여 최종 표적을 무능화시킬 수 있는 탄두기술을 포함하는 탄약기술과 고에너지 레이저, 고출력 전자파, 전자력 기술과 기타 전원/전력장치 등과 관련된 에너지 기술
E	11	지상, 해상, 수중, 항공·우주 분야의 첨단 무기체계에 기동력을 제공하기 위하여 플랫폼과 발사체 등에 추진동력을 발생/전달시키는 기술로서, 추진엔진과 동력전달장치, 추력발생기, 추력방향조종 등과 관련된 핵심기술임 -로켓추진, 공기흡입추진, 전기추진, 특수추진 기술 등
F	7	화생방 공격시 화생작용제 및 방사능의 존재를 탐지 및 식별하여 조기경보 시스템에 제공하는 조기탐지·식별·경보, 화생작용제로부터의 장비 보호, 전투력 유지, 오염지역에서의 작전 수행 및 의료시설 운용을 가능하게 하는 첨단방호, 장비, 시설물 및 인체 등에 대한 제독, 인체에 치명적인 독성을 유발하는 화생작용제의 해독과 관련된 기술
G	9	무기체계의 발전 추세를 만족시키기 위한 원천기술로서 첨단 무기체계 개발에 있어 가장 중요한 기술 분야
H	19	무기체계의 기능적 요구조건을 충족시키며 신뢰성, 안정성 및 고기동성을 갖는 구조물을 설계/제작하는 기술과 이러한 플랫폼을 외부위협으로부터 보호하기 위한 기술을 통칭 -지상체 구조기술, 해양체 구조기술, 비행체 구조기술, 위성체 구조기술, 생체기술, 생존성/스텔스 기술 등

4) F년도 : Fiscal Year 로 실제로 예산이 집행되는 년도임

IV. 분석결과

본 연구에서는 연구개발(R&D) 과제에 효율성 평가에 있어 산출지향(Output-oriented) CCR 모형과 BCC 모형을 활용하여 비교 분석하였다. 효율성 제고 및 정책적 시사점 도출을 위해서 투입요소의 감소보다는 산출을 증가시키고자 산출지향적 모형을 활용하였다. 본 연구에서는 CCR모형에 의한 기술효율성(TE)과 BCC모형에 의한 순수기술효율성(PTE)과 규모효율성(SE)값을 제시하였다. DEA 프런티어 소프트웨어인 DEA-SOLVER-PRO 9.0를 활용하여 CRS와 VRS 효율성 스코어를 계산하였고, 각 분야의 규모수익(Scale score)을 계산하였다. 규모수익은 모든 생산요소를 동시에 증가시킬 때 산출량이 이에 비례하여 동일하게 증가하는 수익불변(CRS : Constant Return to Scale), 더 감소하는 경우를 규모에 대한 수익체감(DRS : Decreasing Return to Scale), 더 증가하는 경우를 규모에 대한 수익체증(IRS : Increasing Return to Scale)이라고 한다(박만희, 2008; Banker 외, 1984). 즉, 규모수익체증인 경우에는 규모의 경제(Economics of Scale)가 존재한다고 하고, 규모수익체감인 경우에는 규모의 비경제(Diseconomics of Scale)가 존재한다고 한다.

1. 국방기술 연구개발 분야별 효율성 분석

전체 국방기술 연구개발사업 145개 DMU에 대한 효율성 측정 결과, CCR모형으로 측정된 기술효율성(TE) 평균값은 0.4520이고 효율적인 DMU는 14개(9.7%)이며, BCC 모형으로 측정된 순수기술효율성(PTE) 평균값은 0.5169이고 효율적인 DMU는 25개(17.2%)이었다. 그리고 기술효율성을 순수기술효율성으로 나눈 규모효율성(SE) 평균값은 0.8740이고, 효율적인 DMU는 17개(11.7%)로 측정되었다(표 7 참조).

<표 7> 국방기술 연구개발사업의 효율성 측정결과

구분	평균값	효율적 DMU수	비효율적 DMU 수
기술효율성(CRS)	0.4520	14(9.7%)	131(90.3%)
순수기술효율성(VRS)	0.5169	25(17.2%)	120(82.8%)
규모효율성(SE)	0.8740	17(11.7%)	128(88.3%)

8대 기술분류에 따른 국방기술 연구개발사업의 효율성 측정 결과는 <표 8>과 같으며, CRS기준 효율적인 과제는 14개였으며, VRS기준 효율적인 과제는 25개였다. 효율성은 H기술 분야 0.5358, C기술 분야 0.5092 순으로 높게 나타났고, F기술 분야 0.3389, A기술 분야 0.3629, G기술 분야 0.3672순으로 낮게 나타났다(CRS 기준). 따라서 국방연구개발 기획시 A기술 분야, G기술 분야 등의 분야의 연구개발(R&D) 예산, 인력, 기간 등에 대한 체계적인 검토가 필요하며, 성과요소인 특허, 논문, 실용화부분들에 목표설정도 필요하다.

<표 8> 국방기술 연구개발사업 효율성 측정 결과

기술분류	전체 DMU수	CRS 효율적인과제	VRS 효율적인과제	CRS score	VRS score	Scale score
A	32	1	2	0.3629	0.4174	0.8591
B	26	3	6	0.4856	0.5573	0.8881
C	11	1	2	0.5092	0.5807	0.8347
D	30	3	5	0.4888	0.5548	0.8821
E	11	0	1	0.4704	0.5586	0.8402
F	7	0	0	0.3389	0.3867	0.8623
G	9	0	1	0.3672	0.4315	0.8945
H	19	6	8	0.5358	0.5970	0.9040
총합계	145	14	25	0.4520	0.5169	0.8740

DEA 분석결과 도출된 분야별 효율성을 검증하기 위해 아래와 같은 가설을 설정하였다.

H₀ (귀무가설) : 8개 프로그램의 효율성은 서로 같다

H₁ (대립가설) : 8개 프로그램의 효율성은 서로 다르다

<표 9> 분야별 효율성 검증 결과

기술분류에 따른 사업	N	평균순위
A	32	59.34
B	26	78.69
C	11	79.95
D	30	79.42
E	11	78.45
F	7	59.36
G	9	63.44
H	19	80.45
총합계	145	

	score
카이제곱	6.855
자유도	7
근사유의확률	.444

a. Kruskal Wallis 검정
b. 집단변수: group

Kruskal Wallis 검증결과 유의수준 0.05에서 통계검정식에 포함됨으로, 귀무가설을 채택하고, 8개 기술 분야의 CRS 값이 다르다고 할 수 없다.

$$H = 6.855 < X^2_{0.05}(7) = 14.06713$$

2. 국방기술 연구개발사업 효율성 개선방안

국방기술 연구개발사업의 효율성 개선을 위한 과다투입과 과소산출의 결과는 <표 10>과 같다. 국방기술 연구개발사업은 현재보다 평균적으로 R&D 비용은 26.65% 줄이고, R&D인력은 30.55% 줄이면 보다 효율적인 사업이 될 수 있다. 또한, R&D 기간도 현재보다 10.78% 줄일 필요가 있다. 산출 측면에서도 특허는 111.9% 증대가 필요하며, 논문도 117.34%증대가 필요하다. 무기체계적용을 위한 실용화도 142.51% 더 실용

화가 필요하다. 성과측면에서 무기체계의 실용화가 가장 증대가 많이 필요한 것으로 분석되어, 국방기술 연구 개발사업 기술기획시 무기체계의 적용성을 고려하여 기술기획을 할 필요가 있음을 시사하고 있다.

<표 10> 국방기술 연구개발사업별 투입 및 산출 개선

구분	과다투입			과소산출		
	R&D 비용 (%)	R&D 인력 (%)	R&D 기간 (%)	특허 (%)	논문 (%)	실용화 (%)
A	-39.75	-39.99	-14.33	167.12	127.00	157.96
B	-13.57	-22.37	-8.99	120.49	116.42	102.89
C	-23.88	-33.34	-8.91	43.62	71.39	114.30
D	-31.71	-27.65	-11.52	106.20	121.94	199.30
E	-26.52	-20.35	-16.26	74.80	136.70	197.86
F	-25.23	-26.32	-10.62	197.37	158.40	230.92
G	-0.98	-19.87	-3.41	142.30	136.27	189.71
H	0.00	-27.52	-6.86	115.28	94.23	104.94
평균	-26.65	-30.55	-10.78	111.90	117.34	3142.51

A기술 분야는 R&D 비용은 39.75% 줄이고, R&D 인력도 현재대비 39.99% 줄일 필요가 있으며, 성과면에서도 특허는 167%, 논문은 127%, 실용화도 157% 더 증대할 필요가 있다. D기술 분야, F기술 분야도 투입요소를 줄이고, 산출요소를 증대시킬 분야로 분석되었다. 반면에 H기술 분야와 G기술 분야의 연구과제들은 R&D비용과 R&D 기간차원에서 가장 효율적으로 연구개발을 수행하였다. 하지만, F기술 분야는 무기체계의 실용화부분은 부족한 것으로 분석되었다.

V. 결론 및 시사점

본 연구에서는 2006년부터 2013년 12월까지 종료된 국방핵심기술개발(응용연구 및 시험개발) 145개 과제에 대하여 핵심기술 8대 분류에 대한 R&D 투자의 성과 평가를 DEA 산출기반 CRS와 VRS 모델을 이용하였다. 입력변수로는 연구개발(R&D)비용, 인력, 기간을 사용하였고, 산출변수로는 특허, 논문, 무기체계의 적용여부의 실용화 요소 3가지를 사용하였다.

분석결과 국방기술 연구개발 사업의 R&D 투자 효율성은 개선할 필요가 있다. 145개의 과제 중에서 VRS를 기준으로 보았을때 단지 25개의 과제가 효율적인 과제로 분석되었다. 과거 국방분야 학자들과 정부 관계자들은 자주국방 및 현존하는 위협 대응을 위해서 우선적으로 R&D 투자를 늘려야 선진국 수준에 도달할 것으로 생각하였다. 하지만, 이제는 효율적으로 R&D 배분 및 투자를 해야 한다. 즉, 선택과 집중을 통해 성과가 잘 나오는 분야는 지속적인 투자를 증대하고, 성과가 부족한 분야는 국제공동기술협력, 민군기술협력 등 협력을 통해 R&D예산을 절감하고, 실용화를 증대시켜 사업의 효율성을 제고할 필요가 있다.

효율적인 R&D 배분 및 투자를 위해서는 성과분석을 통해 도출된 정책적 시사점을 다시 국방기술 연구개발 기획단계에 반영해야 한다. 국방연구개발은 기술기획을 통해 과제에 대한 소요를 결정하고, 연구개발(R&D)을 수행하고 평가단계를 거친다. 그동안 단절되었던 평가단계의 평가결과를 기획단계에 반영시켜 효율적인 기획이 되어야 한다. <표 10>에서 나타난 것처럼 8대 기술별로 투입 및 산출에 대한 개선 값이 상이하다. 이에 따라서, 각 분야별로 상황에 맞는 개선 방법이 필요하다. 예를 들면, F기술 분야, D기술 분야의 과제

기획시에는 무기체계의 적용성에 대한 검토를 우선적으로 하여, 과제의 타당성을 볼 필요가 있고, A기술 분야와 D기술 분야 등은 연구개발(R&D) 예산의 적절성에 대한 검토가 필요하다. 또한, 국방기획관리(PPBEE) 체계에 따라 기획되는 국방기술 연구개발사업은 기획단계부터 연구개발착수까지 최소 5년~10년 이상의 시간이 걸리기 때문에 기술의 진부화가 되거나, 무기체계의 활용성측면에서도 부족한 결과를 초래하였다. 따라서 국방기술연구개발사업의 기획은 점차 예산집행되기 1년전(F-1년)에 기획하여 예산집행년(F년)도에 사업이 착수할 수 있는 선도형, 선행핵심사업과 같은 기획체제로의 제도적 발전이 필요하다.

본 연구에서는 DEA 모형을 이용한 분석 결과를 토대로 국방기술 연구개발사업의 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석 하지는 않았다. 차후에 Tobit모형을 이용하여 효율적인 국방기술 연구개발사업들이 갖는 특징을 파악하고 사업기획시 집중 관리해야 할 효율성 결정요인에 대한 분석이 필요하다. 또한, 8대 기술분야를 조금 더 확장하여 소분류단위로 분석을 하여, 소분류 레벨에서 부족한 부분이 어떤 것이 있는지 검토할 필요가 있으며, 도출된 시사점을 기술기획에 반영시킬 필요가 있다.

국가혁신체제(NIS)차원에서 국방연구개발사업의 혁신이 중요한 요소가 되었다. 효율적인 국가혁신체제는 국가의 제한된 자원을 결집시키고 이의 효율적인 사용을 보장해 줌으로써 국가경쟁력의 제고에 대단히 중요한 공헌을 할 수 있다(정선양, 2012). 따라서 국방연구개발사업의 효율적 기술경영을 통해 국방산업의 혁신을 하고, 더 나아가 국가혁신차원에서 국가경쟁력 제고에 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 국방기술품질원(2012), “국가별 국방과학기술수준조사서”, 서울.
- 방위사업청(2013), “방위사업 통계연보”
- 방위사업청·국방기술품질원·국방과학연구소(2014), “국방기술 연구개발 소개”
- 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원(2013), “2012년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서”
- e-나라지표, www.index.go.kr
- 김성호(2007), “효율성분석 이론과 활용”(제3판), 서울: 서울경제경영출판사
- 김정호·박성배(2004), “국가지정연구실의 기술분야별, 연구주체별 R&D 효율성 비교 분석”, 「과학기술정책지」, Vol 14(2):21-35.
- 김태하·김인호·안성봉·이계석(2009), “자료포락분석법을 활용한 국가연구개발사업의 효율성 분석 : 원자력연구개발사업을 중심으로“, 「기술혁신학회지」, Vol.12(1):70-87
- 김홍규·강원진·박정화·여인국(2013), “DEA를 이용한 R&D 사업의 효율성 비교: 원천기술개발사업을 중심으로”, 「Society of Korea Industrial and Systems Engineering」, Vol. 36(3):126-132
- 고민수·이덕주(2001), “DEA를 이용한 OECD 국가별 연구개발 효율성 비교 분석”, 「대한산업공학회 추계학술대회 논문집」, Vol.11:703-706.
- 민현구·김태영·황승준(2012), “개방형 혁신에 의한 R&D 연구의 효율성 평가 분석 : 과학기술적 성과 관점에서 AHP-DEA방법론 적용“ 「산업경영시스템학회지」, Vol. 35 (4):149-161
- 박만희(2008), 「효율성과 생산성 분석」, 한국학술정보(주):경기도.
- 박한석(2013), “DEA 모형을 활용한 BT 및 NT분야 연구개발 효율성 측정: 한국의 기초연구사업을 대상으로”, 성균관대학교 박사학위논문.
- 방민석·정혜진(2011), “자료포락분석을 활용한 지방 R&D사업의 효율성 분석“ 「지방행정연구」, Vol.25 (87):

- 변상규·한정희(2009), “국가 R&D 사업 효율성 연구 : 신성장동력핵심기술개발사업을 중심으로”, 「과학기술법연구」, Vol.15(2):179-206
- 박승(2013), “국방연구개발 사업의 효율성 분석과 개선방안 연구”, 동양대학교 박사학위논문.
- 이민희·이광배·박홍균(2012), “지역 연구개발투자의 효율성 분석”, 「산업경제연구」, Vol.25(5):3365-3382.
- 전계룡·정성만·유한주(2012), “국내 방위산업체의 규모수익 효율성 분석: 제조원가 및 연구개발 투입을 중심으로”, 「한국방위산업학회」, Vol.19(2) pp.1-19.
- 정선양(2011), 「전략적 기술경영」(제3판), 서울: 박영사.
- 정선양(2012), 「기술과 경영」(제2판), 서울: 경문사.
- 정성만·오진석·송영일(2010), “방위산업체의 효율성 및 생산성 분석”, 「정책분석평가학회보」 Vol.20(4) pp.301-331.
- 정성만·유한주(2011), “Fuzzy-DEA를 활용한 방위산업체의 운영효율성 분석:통신전자 업체를 중심으로”, 「한국방위산업학회」 Vol.18(2):62-80.
- 홍석수·서재현·심상렬(2014), “절충교역을 통해 획득한 연구개발 기술의 활용성과 분석”, 「기술혁신연구」, Vol.22(2):1-30.
- A. CHARNES, W.W. COOPER, E. RHODES(1978), “Measuring the efficiency of decision making units”, European Journal of Operational Research Vol.2:429-444.
- Chesbrough, H. W.(2003), "The Era of Open Innovation", MIT Sloan Management Review, Vol.44(3):35-41.
- Cohen, W. M. and Leveintal, D. A.(1990), "Absorptive Capacity-A New Perspective on Learning and Innovation", Administrative Science Quarterly, Vol.35(1):128-152.
- Eric C. Wang, Weichiao Huang(2007), “Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach“, Research Policy, Vol.36:260-273.
- Frascati Manual(2002), Proposed standard practice for surveys on research and experimental development: the measurement of scientific and technological activities.
- Freeman, C.(1988), "Japan: A New National System of Innovation?", in Dosi, G. et al, Technical Change and Economic Theory, London and New York: Pinter Publishers, pp.330-348
- Hak-Yeon Lee, Yong-tae Park(2005), “An International Comparision of R&D Efficiency: DEA Approach”, Asian Journal of Technology Innovations, Vol.13(2):.207-222.
- Hakyeon Lee, Yongtae Park, Hoogon Choi(2009), “Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives: A DEA approach”, European Journal of Operational Research, Vol. 196:847-855.
- Lundvall, B.(2005), "National Innovation Systems - Analytical concept and Development Tool", DRUID Tenth Anniversary Summer Conference 2005.
- R. D. BANKER, A. CHARNES AND W. W. COOPER(1984), “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis”, Management Science Vol. 30(9):1078-1092.
- Wei Zhong, Wei Yuan, SusanX .Li, Zhimin Huang(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, Vol.39:447-455.