

NRL 사업의 예산배분을 위한 DEA/AHP 혼합 모형

남인석¹ · 유태우² · 하재원² · 정병호^{2*}

¹한국중부발전(주) / ²전북대학교 산업정보시스템공학과

A DEA/AHP Hybrid Model for The Budget Allocation of NRL Program

InSuk Nam¹ · TaiWoo You² · Jaewon Ha² · ByungHo Jeong²

¹Korean Midland Power Co. LTD

²Department of Industrial & Information Systems Engineering, Chonbuk National University

This paper suggests a DEA/AHP hybrid model to deal with an allocation problem of research budget for the national research lab(NRL) program. The qualitative factors are appraised by AHP model and the quantitative factors are dealt with DEA model to evaluate the performance of research activities considering tangible and intangible factors. The proposed hybrid model is applied to get the importance weight of research areas for research budget allocation of NRL program.

Keyword: DEA, AHP, R&D, NRL

1. 서론

1990년대 말 IMF 사태라는 국가경제 위기상황이 전개됨에 따라 연구소의 공동화 현상 등 연구개발 활동 또한 심각한 타격을 입게 되어 이미 구축된 연구기반을 지속적으로 유지 발전시키기 위한 특단의 조치가 필요하게 되었다. 또한 당시 미국, 일본 등 선진국들은 급격한 기술발전 및 환경변화에 탄력적으로 대응하기 위하여, 국가고유임무인 연구개발 사업을 착실하게 수행하였다(KISTEP, 2003). 이러한 배경 하에서, 핵심기반기술을 확보하고 유지하기 위한 전략으로 특성화되고 전문화된 소규모 우수 연구 집단을 육성하기 위하여 집중 지원하는 국가지정연구실사업(NRL, National Research Lab)을 마련하였으며 1999년 3월 동 사업이 본격적으로 시작되었다. NRL 사업은 기업·대학·정부출연 연구기관에 속한 연구실 등 다양한 연구주체들이 참여하고 있고, 연간 약 886억 원의 연구개발비가 전자·정보, 기계·설비, 소재, 에너지, 우주항공 등 거의 모든 기술 분야에 걸쳐 투자되고 있는 국가 연구개발 사업이다.

이와 같이 막대한 국가연구개발비가 투입되는 NRL사업의

투자효율성 평가와 평가 결과에 따른 예산 배분은 국가 연구개발 예산의 효율적인 활용을 위해 필수적이다. 따라서 전체 NRL 사업에 투입되는 예산을 국가 과학기술표준 분류에 따른 19개 기술 분야별로 분배하여 투자하기 위한 효율적 분배 기준을 제시하는 것이 본 논문의 목적이다. 이를 위해 과거의 투입 대비 연구개발 성과에 따른 정량적 지표와 국가의 연구개발 전략에 따른 중요성을 고려하기로 한다. 연구개발 활동의 투입, 산출 데이터를 이용한 정량적 지표는 DEA 모형에 의해 구하고, 국가 연구개발 전략에 따른 분야별 중요성은 정성적 요소를 다루기에 적절한 AHP 모형을 사용한다. DEA 모형을 위한 자료는 2002년~2004년까지의 기업, 정부출연연구소, 대학 등에 지원된 국가지정연구실의 자료를 활용한다. 이 결과를 AHP 모형과 결합하는 DEA/AHP 혼합 모형을 제시하고자 한다.

2. 문헌연구

대학, 기업 및 정부 산하 연구전문기관의 효율성을 평가하기

*연락처 : 정병호 교수, 561-756 전북 전주시 덕진동 1가 664-14 전북대학교 산업정보시스템공학과, Fax : 063-270-2333,

E-mail : jeong@jbnu.ac.kr

투고일(2009년 08월 19일), 심사일(1차 : 2009년 12월 13일, 2차 : 2010년 01월 24일), 게재확정일(2010년 02월 01일).

위한 많은 연구들이 진행되어왔다(Thanassoulis *et al.*, 1999; Portela *et al.*, 2001). 특정 집단들의 효율성에 대한 측정은 투입대비 산출개념에 입각하여 비교·분석되며 이러한 비교분석방법에는 DEA 방법론 외에도 Geisler와 Eliezier(1995)의 연구와 같은 비율 지표분석, 회귀분석 등이 많이 사용된다(Chapman, 1998). 본 연구에서 사용하는 DEA 방법론은 다수의 투입과 산출을 고려할 수 있을 뿐만 아니라 각 요소들 간의 상대적 중요도에 대한 객관성을 확보할 수 있다는 장점이 있다(Dyson, 2001). 이러한 이유로 각 조직 및 단체들의 효율성 평가에 폭넓게 사용되는 것은 주지의 사실이다(Johnston *et al.*, 2001; Korhonen, 2001).

남인석 등(2008)은 AHP 기법을 이용하여 가중치 영역을 제한하는 DEA/AR 모형을 이용하여 정부출연연구기관의 상대적 효율성을 구하였다. Chien *et al.*(2004)은 컴퓨터 및 주변기기 회사들의 연구개발(R&D) 수행성 평가를 위해 DEA 기법을 사용하였다. Cooper 등(1997a; 1997b)은 국가 및 특정 연구개발의 운영 실태를 연구하였다. 35개의 기업을 면담한 결과, 프로젝트의 포트폴리오가 경영전략(business strategy)에 반영되지 않아 프로젝트와 전략적 우선순위가 서로 연결되지 않는 경우, 연구개발 포트폴리오의 구성이 잘못된 결과를 초래하여 프로젝트의 성공확률이 낮아지는 등의 주요한 문제점을 발견하였다.

Sinuany-Stern *et al.*(2000)은 DMU를 서열화하기 위해 2단계에 걸쳐 결합한 AHP/DEA 모형을 제안하였다. 첫 번째 단계에서는 모든 DMU 들의 쌍들에 대하여 별도로 DEA 모형을 적용한 결과를 이용하여 쌍대비교행렬을 만들고, 두 번째 단계로 이를 이용하여 서열화하게 된다. 첫 번째 단계에서 순수 DEA 모형을 적용함으로써 결과적으로 쌍대비교행렬에 많은 '1'들이 포함될 수 있고 이는 결과적으로 효율적인 DMU들 간의 효율성 차이를 정확하게 반영하지 못한다는 것이 단점이다.

본 연구에서는 새로운 형태의 DEA/AHP 혼합 모형을 제시하고 응용사례를 보인다. 이를 위해 필요한 평가 자료의 수집, 기초분석을 통해 혼합 모형에서 고려할 요소들을 선별하고 이들을 이용한 혼합 모형을 제안한다.

3. DEA/AHP 혼합 모형

표준 기술분야별로 NRL 사업 예산의 배분에 필요한 합리적 할당 기준을 제시하기 위하여 본 논문에서는 DEA/AHP 혼합모형을 제시한다.

이는 복수의 투입, 산출 요소를 갖는 의사결정단위(Decision Making Unit)의 효율성 평가에 적절한 DEA 모형(Cooper *et al.*, 2006)의 장점과 정성적인 요소들을 고려한 중요도 산출에 적합한 AHP 기법의 장점을 결합하기 위한 것으로 전체적인 흐름은 <그림 1>과 같다.

먼저 이미 투입된 NRL 사업 예산 및 연구 활동에 투입된 기타 투입요소들로부터 얻어진 정량적 산출 요소들을 이용한 성과 평가는 DEA 방법론의 CCR 모형을 사용한다. DEA 모형은 복수의 투입요소를 이용하여 복수의 산출요소를 생산해 내는

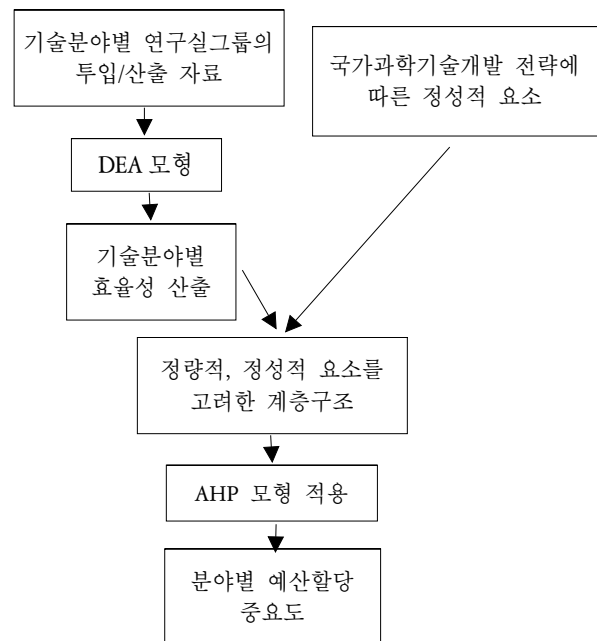
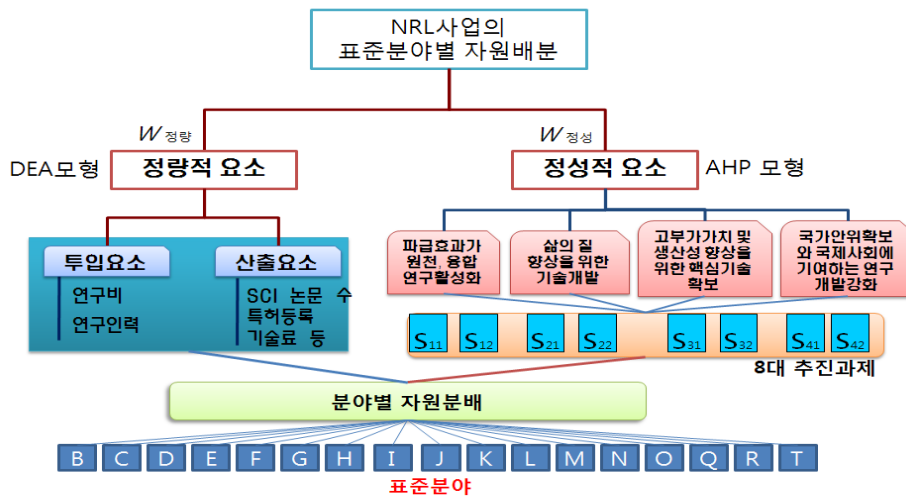


그림 1. DEA/AHP 혼합 모형의 개요

DMU들의 상대적 효율성을 평가하는 모형이다(Charnes, 1978). DMU들로부터 산출의 가중합과 투입의 가중합의 비율을 상호 비교함으로써 효율성을 측정하고, 측정 대상이 되는 DMU를 다른 DMU들과 비교하여 상대적 개념에서의 비효율성을 나타내준다. 특히 투입요소들 및 산출요소들의 측정단위가 각각 상이한 경우에 별도의 정규화 과정 없이 적용이 가능하다는 장점이 있다.

정량적인 데이터에 근거한 기존의 연구성과의 효율성과 더불어 각 기술 분야의 중요성을 국가의 연구개발 전략 차원에서 비교하는 것은 정성적 요소들에 대한 평가가 필요하다. 이러한 정성적인 요소들을 제외하고 정량적인 성과에만 의존하면 국가의 과학기술정책방향, 학문 분야 간의 균형발전 등 정성적인 측면을 무시하는 결과를 가져올 수 있다. 이러한 기술분야별 특성을 반영하기 위해 AHP 모형을 사용한다. <그림2>의 계층구조에서 보여주고 있는 정성적 요소들은 KISTEP(2008)의 제2차 과학기술기본계획('08~'12)에서 제시한 4대 추진전략과 8대 추진과제를 이용하기로 한다. 이는 정부의 과학기술 개발 추진 전략과 8대 추진과제의 입장에서 각 기술 분야의 중요성이 예산 배분의 기준이 될 수 있기 때문이다.

NRL 사업 예산의 기술 분야별 할당 기준을 제시하기 위한 계층구조는 4단계로 이루어진다. 첫 번째 수준은 정량적 요소와 정성적 요소로 구분하고 정량적 요소는 DEA 모형의 결과인 효율성을 이용한다. 합리적인 자원분배가 정성적요소의 최종 목적이라면 이를 달성하기위한 세부목적을 4대 추진전략(과급효과가 큰 원천·융합의 연구화 활성화, 삶의 질 향상을 위한 기술개발 등)으로 선정하고, 수준 2의 4대 추진전략을 달성하기위한 8대 추진과제를 수준 3으로, NRL 표준기술 분야인 DMU들을 수준 4로 하는 AHP 모형을 구성한다.



S_{11} : 고위험 고수의 원천기술개발 강화, S_{12} : 이종기술, 학문분야 융합연구 활성화, S_{21} : 건강하고 안전한 삶을 위한 기술개발 강화
 S_{22} : 쾌적하고 즐거운 사회를 위한 기술기반 확충, S_{31} : 신성장동력 핵심기술 개발강화, S_{32} : 지식기반 서비스 연구역량 강화
 S_{41} : 국방과학 기술역량확보와 거대과학기술 기반구축, S_{42} : 전지구 위협요인 해결에 기여하는 연구개발추진

그림 2. 정성적, 정량적 요소를 고려한 합리적인 자원배분을 위한 계층구조

4. 정량적 요소를 고려한 DEA 분석

4.1 데이터 수집 및 기초분석

NRL 사업의 효율성 분석을 위한 투입 및 산출자료는 NRL사업의 관리기관인 과학재단으로부터 수집하였다. 2002년, 2003년, 2004년 3개년도의 국가지정 연구실별로 과제의 기본 정보(기술분류 · 수행주체 · 지역), 연구개발 투입정보(투자비 · 연구 참여인원 수), 연구성과(논문 · 특허) 등의 자료를 수집하였다.

연구과제의 분야별 분류는 <표 1>의 국가과학기술 표준분류체계상 대분류에 따라 이루어졌으며 산출 부분에 해당하는 SCI 논문, 전국규모 이상의 비 SCI 논문수, 특허 출원 및 등록의 수를 이용하기로 하였다. 연구 참여 인원수는 소지 학위 기준으로 박사급, 석사급, 학사급 인원으로 조사하였다. 다만, 석사급과 학사급 인력은 투입변수로 볼 수도 있겠으나 대부분의 수행 주체가 대학인 점을 감안하여 인력양성 차원에서 산출변수로 고려하기로 하였다. 따라서 투입요소로는 연구개발투자비와 박사급 참여인력수를, 산출요소로는 학 · 석사급 참여인력, 논문(SCI, 비SCI), 특허(출원, 등록)등을 고려하기로 한다. <표 2>는 2002~2004년의 기초자료를 수행주체별, 표준분류별, 지역별로 분류한 것이다. 2002~2004년에는 기업, 대학, 출

연연구소 등 4개의 수행주체와 국가과학기술 표준분류체계상 약 15~16개 분야가 참여하였음을 알 수 있다. 지역은 서울을 포함한 인천, 경기도를 수도권, 나머지 지역을 지방이라 하고 분류한 결과 2002년과 2003년에는 약 400여 개, 2004년에는 약 200여 개의 국가지정연구실들이 수도권과 지방에 고르게 분포되어 있음을 볼 수 있다.

2002년~2004년 동안의 각 분야별 총 투입, 산출자료를 <표 3>에서 요약하여 보여주고 있다. 화학이나 농림수산 분야는 지원기간이 2년이고, 기타 분야에 대한 지원은 2002년에만 이루어졌음을 알 수 있다. <표 4>에서 입/출력 요소들 간의 상관계수들을 보여주고 있다. 출력 요소들 중 석사급 인력과 학사급 인력, 특허출원 건수와 특허등록 건수 사이의 상관관계가

표 1. 국가과학기술 표준분류체계상 대분류

A	수학	H	화학공정	O	에너지자원
B	물리학	I	전기전자	P	원자력
C	화학	J	정보	Q	건설교통
D	생명과학	K	통신	R	우주항공천문 해양
E	지구과학	L	농림수산		
F	기계	M	보건의료	S	과학기술정책
G	재료	N	환경	T	기타

표 2. 연도별 국가지정연구실의 분류

년도	수행주체				표준분류																지역		
	기업	대학	출연 연구소	기타	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Q	R	T	수도권	지방
2002	46	255	111	15	6	-	61	3	58	55	26	40	36	21	3	36	22	13	15	14	18	214	213
2003	41	289	96	14	7	3	65	4	60	51	14	52	54	2	7	41	22	22	15	21	-	212	228
2004	-	232	2	2	14	12	52	4	27	29	7	13	11	11	-	22	10	6	11	7	-	124	112

표 3. 2002년~2004년 표준분야별 투입과 산출

No.	DMU	투입		산출					
		투자비 (백만원)	박사	석사	학사	SCI	비SCI	특허 등록	특허 출원
1	B	2,084	28	38	34	51	5	4	3
2	C	1,600	23	31	43	52	2	17	2
3	D	13,436	213	271	257	229	37	78	16
4	E	855	16	19	13	12	18	1	0
5	F	12,297	188	257	251	153	139	70	32
6	G	11,231	154	192	240	281	89	63	24
7	H	3,866	53	62	85	47	14	20	4
8	I	8,664	118	178	180	183	45	102	33
9	J	7,880	112	184	200	88	85	59	23
10	K	2,511	28	63	79	37	16	20	6
11	L	1,232	23	13	26	15	5	8	1
12	M	7,734	146	154	175	108	33	39	10
13	N	4,404	66	77	82	63	48	26	14
14	O	3,528	65	37	53	46	36	15	6
15	Q	2,933	51	77	92	27	47	14	5
16	R	3,789	75	61	63	32	31	7	2
17	T	4,523	64	112	78	23	34	2	0

표 4. 입출력 변수의 상관관계

	연구비	박사	석사	학사	SCI	일반 논문	특허 등록	특허 출원
연구비	1.00	0.98	0.98	0.98	0.90	0.74	0.87	0.82
박사		1.00	0.96	0.95	0.85	0.70	0.82	0.75
석사			1.00	0.98	0.83	0.74	0.86	0.82
학사				1.00	0.88	0.76	0.88	0.84
SCI					1.00	0.56	0.86	0.78
일반 논문						1.00	0.61	0.80
특허 등록							1.00	0.93
특허 출원								1.00

0.9이상으로 높게 나타났다. 입력변수들과의 상관관계를 고려하여 학사급 인력을 분석에서 제외하였다. 특허등록이 상대적으로 입력 요소들과의 상관관계가 높게 나타났으나, 데이터의 기간을 고려할 때 특허 등록 보다 출원이 더 관련이 있을 것으로 보아 특허등록 건수를 분석에서 제외하였다. 다만 입력 요소인 연구비와 박사급 인력 역시 상관관계가 높게 나타났으나 입력 변수의 수를 고려하게 제외하지 않기로 하였다.

4.2 DEA 분석

이상의 기초분석 결과를 토대로 수도권과 지방을 구분하지

않고 <표 1>의 국가과학기술분류체계상의 대분류 분야들을 DMU로 하여 DEA 분석을 실시하기로 한다. 표준분류별 분석은 연도별로 각 분야의 40여 개에 이르는 개별 NRL 단위의 효율성을 분석하는 것보다 분야별 효율성을 구함으로써 국가연구개발 예산 투입의 기초 자료로 활용할 수 있기 때문이다. 따라서 2002년부터 2004년까지 각 연도별로 대분류 분야별로 NRL들의 입력변수와 출력변수들을 합산하여 DEA분석을 실시하였다. 이는 연구개발의 특성상 투입과 산출 사이에 시간 지연이 있을 수밖에 없으며, 더욱이 투입과 산출 사이의 대응관계가 명확하지 않기 때문에 3년 간의 자료를 합산한 데이터를 분석하기로 하였다. 이를 통해 3년 동안 각 분야의 전체적인 효율성을 파악할 수 있으며 전체 계층 구조의 정량적 요소 부분에 대한 입력자료로 활용할 수 있을 것이다.

17개 대분야, 즉 DMU의 3개년도 데이터에 대한 분석 결과는 <표 5>에서 요약하고 있다. CCR 모형에서는 전체 17개 DMU 중 화학, 지구과학, 재료, 전기전자, 정보, 통신, 환경, 건설교통 분야 등 8개 분야가 효율적 DMU로 평가된 반면에 BCC 모형에서 11개로 전체 중 65% 정도가 효율적으로 평가되었다. CCR 모형에서는 비효율적이라고 평가되었던 생명과학, 기계, 기타 분야가 BCC 모형에서는 효율적 DMU로 분류되었음을 알 수 있다. 반면에 농림수산 분야는 0.5097로 가장 낮은 효율성 값을 보이고 있으며 투자비도 다른 분야에 비해 가장 많은 약 49%를 절감해야 효율적 DMU가 될 수 있음을 알 수 있다.

CCR 모형과 BCC 모형의 효율성 값으로부터 비효율적 DMU들의 비효율성의 원인을 분류하고 있다. 기술효율성과 규모효율성 값을 살펴보면 물리학과 화학공학, 에너지 자원, 보건 의료, 우주항공천문해양이 기술효율성으로 인한 비효율이 존재하며 나머지 비효율적 DMU는 규모에 그 비효율의 원인이 있음을 알 수 있다. 비효율적 DMU들의 참조집합과 효율적 DMU들의 참조집합 출현빈도를 보면 CCR 모형 적용 시 화학 7회, 통신 6회, 건설교통 5회의 순으로 나타났으며, BCC 모형에서는 전기전자 4회, 화학, 통신, 건설교통 3회 등의 출현빈도를 보이고 있다. 참조집합들의 조합으로 이루어지는 CCR 프록션 결과 효율적 DMU가 되기 위해서 우주항공천문해양 35.82%, 화학공학 32.23% 등의 순으로 투입액이 감소되어야 함을 보여주고 있다. 투입량의 증가에 따른 산출 증감 효과를 나타내는 RTS(Return To Scale)에서는 생명과학, 기계 분야가 투입량의 증가에 비해 산출 증가량이 적게 나타나는 규모의 보수체감현상(DRS)을 보이고 있다. 이 두 분야는 다른 분야들에 비해 상대적으로 많은 연구비와 박사인력을 투입하고 있으며 현재 비효율의 원인이 규모에 있으므로 연구비 투입 규모를 낮추는 것이 타당하다.

이러한 분석결과는 정부의 분야별 연구개발비의 투입 기준의 참고자료로 활용할 수 있을 것이다. 다만 정량적인 효율성 분석의 한계 때문에 정부의 장기적인 국가 과학기술개발 정책 방향에 따른 정성적 요소를 반영하기 위한 AHP 모형의 입력 자료로 CCR 모형의 효율성을 이용하였다.

5. 정성적요소의 평가를 위한 AHP 모형

중요도에 관한 쌍대비교 및 평가를 위해 과기부의 연구개발 조정관실, 과학기술정책국, 기술혁신평가국의 국가연구개발의 평가를 전문적으로 담당하는 3명을 선정하고, 이들이 합의를 통해 자신이 근무하는 분야의 특성을 가장 잘 반영할 수 있다는 관점에서 쌍대비교를 진행하였다. 본 장에서 쌍대비교행렬을 통한 가중치산출 및 평가는 의사결정도구인 Expert choice를 사용하였다. 비교척도는 <표 6>과 같이 Saaty가 제안한 9점 척도를 사용하였다.

NRL 사업의 표준분야별 자원배분을 위한 전반적인 의사결정구조는 정량적요인의 가중치($W_{정량}$)와 정성적요인의 가중치($W_{정성}$)를 구한다음 각각의 정량적방법론과 정성적인 의사결정방법론을 결합하는 형태이다. 정량적 요소에 대한 분석방법은 <표 5>의 CCR 모형에 의한 효율성을 이용하였다. 정성적인 요소들에 대한 분석은 우선 4대 추진전략 간의 중요도를 구하기 위한 쌍대비교와 더불어 각 추진전략에 해당되는 2개씩의 추진과제들의 상대적 중요도를 산출한다.

먼저 4대 추진전략의 전략들간의 상대적 중요도를 구하기 위하여 위에서 언급한 3명의 담당자로 하여금 합의에 의해 의미척도(semantic scale)를 사용하여 쌍대비교행렬을 구성하도록 하였다. 4대 추진전략의 쌍대비교행렬은 <그림 3>과 같다.

여기서, S_1 은 파급효과가 큰 원천·융합연구 활성화, S_2 는

삶의 질 향상을 위한 기술개발, S_3 은 고부가가치화 및 생산성 향상을 위한 핵심기술 확보, S_4 는 국가안위확보와 국제사회에 기여하는 연구개발 강화이며 이들 요소들에 대하여 쌍대비교를 실시하였다.

또한 4대 추진 전략에 대한 쌍대비교 행렬이 구성된 후 하위 단계인 8대 추진과제에 대한 쌍대비교는 각 추진 전략의 하위 추진 과제에 해당하는 2개씩을 쌍으로 비교함으로써 가중치를 얻을 수 있으며 그 결과를 <표 7>에서 요약하여 보여주고 있다.

다음은 최하위 수준으로 DMU인 NRL의 표준분야별 가중치 구한다. 이 과정에서 필요한 쌍대비교 횟수는 총 $8 \times_{17} C_2 = 1,088$ 회이다. 각 추진과제당 136회씩의 쌍대비교를 실시한다는 것은 쌍대비교 횟수의 증가로 의사결정자의 일치성(consistency)을 확보하기 어렵기 때문에 절대평가 방법을 활용하기로 하였다.

	S_1	S_2	S_3	S_4
S_1	1	3	1/5	1/3
S_2	1/3	1	1/5	1/4
S_3	5	5	1	1/3
S_4	3	4	3	1

그림 3. 4대 추진전략의 쌍대비교행렬

표 5. 2002년~2004년 합산 표준분야별 DEA 분석결과

No.	DMU	CCR-I			BCC-I					비효율의 요인		
		Score	Reference Set	투자비 증감	Score	RTS	RTS of Projection DMU	Reference Set	투자비 증감	CCR /BCC	규모	기술
1	B. 물리학	0.8906	C, G, I, K	-11.92%	0.8913		CRS	C, G, I, K	-11.75%	0.9992		O
2	C. 화학	1	(7)		1	CRS		(3)		1		
3	D. 생명과학	0.8600	C,K	-14.%	1	DRS		(0)		0.86	O	
4	E. 지구과학	1	(3)		1	CRS		(2)		1		
5	F. 기계	0.9596	E, I, J, N, Q	-4.04%	1	DRS		(0)		0.9596	O	
6	G. 재료	1	(1)		1	CRS		(2)		1		
7	H. 화학공정	0.6688	C, K, Q	-33.12%	0.6777		CRS	C, I, K	-32.23%	0.9869		O
8	I. 전기전자	1	(4)		1	CRS		(4)		1		
9	J. 정보	1	(1)		1	CRS		(1)		1		
10	K. 통신	1	(6)		1	CRS		(3)		1		
11	L. 농림수산	0.5097	C, E, I, Q	-49.03%	.8861		CRS	E, I	-11.39%	0.5752	O	
12	M. 보건의료	0.8181	C, K	-18.19%	.8913		CRS	I, J, Q	-10.87%	0.9179		O
13	N. 환경	1	(2)		1	CRS		(1)		1		
14	O. 에너지자원	0.7897	E, I, N	-21.03%	0.8065		DRS	E, G, N, Q	-19.35%	0.9791		O
15	Q. 건설교통	1	(5)		1	CRS		(3)		1		
16	R. 우주항공천문해양	0.6405	C, K, Q	-35.95%	0.6418		CRS	C, E, K, Q	-35.82%	0.9979		O
17	T. 기타	0.9654	K, Q	-3.46%	1	DRS		(0)		0.9654	O	

표 6. 쌍대비교척도(김성희 *et al.*, 1999)

의미척도(semantic scale)	수치
A와 B가 동등(equally important)	1
A가 B보다 약간중요(weakly important)	3
A가 B보다 상당히 중요(strongly important)	5
A가 B보다 매우중요(very strongly important)	7
A가 B보다 절대적으로 중요(absolutely more important)	9

※ 2, 4, 6, 8은 의미척도의 중요정도에 대한 중간개념.

표 7. 쌍대비교를 통한 가중치 산출(4대 추진전략, 8대 추진과제)

4대 추진전략		8대 추진과제	
추진 전략	가중치	과제 명	가중치
S ₁	0.125	S ₁₁ 고위험, 고수익 원천기술	0.590
		S ₁₂ 이중기술, 학문분야 융합기술	0.410
S ₂	0.067	S ₂₁ 건강하고 안전한 삶 기술	0.376
		S ₂₂ 쾌적하고 즐거운 사회기술개발	0.624
S ₃	0.329	S ₃₁ 신성장동력 핵심기술 개발	0.561
		S ₃₂ 지식기반 서비스 연구역량강화	0.439
S ₄	0.479	S ₄₁ 국방과학기술역량확보와 거대과학기술	0.375
		S ₄₂ 전 지구 위협요인 해결 연구개발	0.625

<표 8>과 같이 세부 추진과제별로 NRL 표준분야의 중요도를 5점 척도(매우 중요, 중요, 보통, 중요하지 않음, 무관)를 이용하여 평가하였다. 모든 세부 추진과제들에 대하여 DMU들에 대한 절대 평가가 이루어진 후 5점 척도에 부여할 중요도는 쌍대비교를 통해 얻었으며 결과는 ‘매우중요’는 0.686, ‘중요’는 0.184, ‘보통’은 0.091, ‘중요하지 않음’은 0.040으로 계산되었으며. 이를 해당 평가 척도에 반영한 결과는 <표 9>와 같다.

6. 분석 결과

Expert Choice(Ver.11.5)를 활용하여 정량적·정성적인 요소를 고려한 NRL 사업의 표준분야별 중요도들을 결합한 최종결과는 <그림 4>와 같다. AHP 분석결과 N(환경, 7.3%), K(통신, 7.2%), J(정보, 6.7%), I(전기전자, 6.4%), D(생명과학, 6.3%), F(기계, 6.2%), Q(건설교통, 6.2%) 등의 순으로 나타났다. 정량적 성과평가에서 효율적인 DMU로 평가되었던 환경, 통신, 정보, 전기전자, 건설교통 등이 상위로 나타났다. 효율성이 낮은편은 아니지만 비효율적이었던 기계 분야와 생명과학 분야가 상위로 나타난 것은 국가 과학기술개발 전략에 따른 정성적 평가에서 상대적으로 높은 평가를 받았기 때문인 것으로 보인다. 한편, C(화학), E(지구과학), G(재료) 분야는 정량적 성과평가에서는 효율적인 집단으로 분류되었지만 종합평가에서는 중위

표 8. NRL 표준분야 관련성조사

구분	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Q	R	T
S ₁₁	5	5	5	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	2
S ₁₂	3	3	5	3	4	4	4	4	5	5	3	4	4	3	3	3	3
S ₂₁	3	3	5	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	4	5	4	3
S ₂₂	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	4	5	5	4
S ₃₁	4	4	5	3	5	4	4	5	5	5	3	3	4	4	3	4	3
S ₃₂	2	2	2	2	3	2	2	2	3	5	3	4	4	3	4	2	3
S ₄₁	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	5	5
S ₄₂	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	4	4	5	5	4	5	3

※ 매우중요 : 5, 중요 : 4, 보통 : 3, 중요하지 않음 : 2, 무관 : 1

표 9. 8대 추진과제에 따른 NRL 표준분야별 가중치 산출

구분	S ₁₁ 원천 기술	S ₁₂ 융합 기술	S ₂₁ 삶 기술	S ₂₂ 사회 기술	S ₃₁ 신성 장	S ₃₂ 지식 기반	S ₄₁ 국방 과학	S ₄₂ 지구 연구
B	0.686	0.091	0.091	0.040	0.184	0.040	0.091	0.091
C	0.686	0.091	0.091	0.040	0.184	0.040	0.091	0.091
D	0.686	0.686	0.686	0.091	0.686	0.040	0.091	0.184
E	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.040	0.184	0.184
F	0.091	0.184	0.091	0.091	0.686	0.091	0.184	0.091
G	0.091	0.184	0.091	0.091	0.184	0.040	0.184	0.091
H	0.091	0.184	0.091	0.091	0.184	0.040	0.184	0.184
I	0.184	0.184	0.091	0.091	0.686	0.040	0.184	0.091
J	0.184	0.686	0.184	0.091	0.686	0.091	0.184	0.091
K	0.184	0.686	0.184	0.091	0.686	0.686	0.184	0.091
L	0.091	0.091	0.184	0.091	0.091	0.091	0.091	0.184
M	0.184	0.184	0.686	0.184	0.091	0.184	0.091	0.184
N	0.091	0.184	0.686	0.686	0.184	0.184	0.184	0.686
O	0.184	0.091	0.184	0.184	0.184	0.091	0.184	0.686
Q	0.091	0.091	0.686	0.686	0.091	0.184	0.184	0.184
R	0.091	0.091	0.184	0.686	0.184	0.040	0.686	0.686
T	0.091	0.091	0.091	0.184	0.091	0.091	0.686	0.091

권으로 나타났다. 이 역시 정성적 평가에서 상대적으로 낮은 평가를 받았기 때문으로 보인다.

특히, 정량적 요소와 정성적 요소의 중요도는 분석 결과에 중요한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 정량적 요소와 정성적 요소의 중요도 변화에 따른 분야별 중요도의 변화에 대한 민감도 분석을 실시하였다. 정량적 요소에 대한 중요도가 0.45정도까지 낮아져도 상위 4개 분야의 순위에는 변화가 없는 것으로 보아 이들 분야의 중요도는 안정적인 것으로 보인다. 이 경우 Q(건설교통), T(기타), O(에너지자원), C(화학), E(지구과학), G(재료), R(우주항공천문해양) 등 중위권의 DMU들의 순위는 상당히 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 이 중 R 분야의 경우 정량적 요소의 중요도 변화에 아주 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 이는 <표 5>의 CCR 분석 결과에서 보듯 상당히 낮은 효율성을 보였지만 분야의 특성상 정성적 평가에서는 과학기술개발 전략에 상당히 부합한다는 평가를

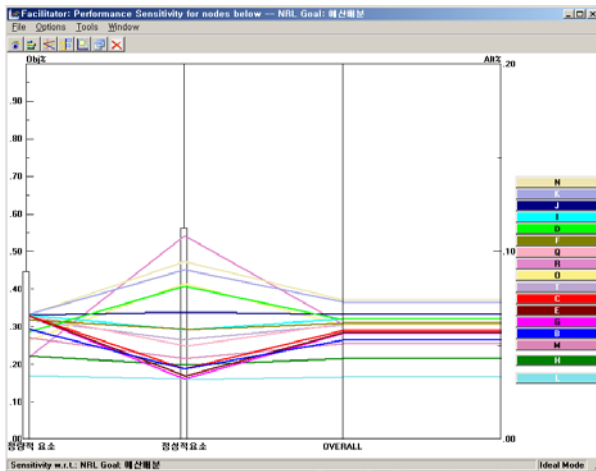


그림 4. 정량적, 정성적 요소의 가중치 변화에 따른 민감도 분석

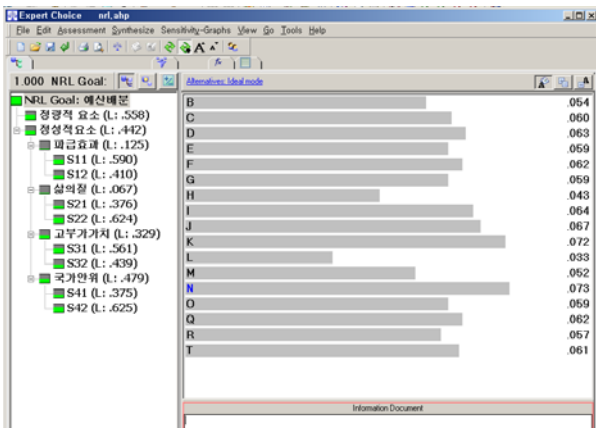


그림 5. 표준분야 최종 중요도

받은 결과로 보인다.

이와 같이 최상위권의 특정 DMU들을 제외하고 정량적 요소와 정성적 요소에 대한 중요도 변화에 민감하게 반응하는 것은 예상된 결과라 할 수 있다. 즉, 본 논문에서 제시한 DEA/AHP 혼합 모형에서 정량적 요소와 정성적 요소의 중요도가 상당히 중요한 역할을 한다는 점을 알 수 있다. 따라서, 과거의 연구개발 활동의 성과 평가 결과와 미래 국가과학기술개발전략에 부합하는 정도 중 어느 것을 얼마나 더 반영할 것인가가 중요한 문제이며, 정성적 요소들에 대한 쌍대비교를 실시할 의사결정자 그룹 혹은 전문가그룹의 수를 더 늘려야 할 것으로 보인다.

7. 결론

본 연구는 국가지정연구실(NRL)의 합리적인 예산 배분에 대한 의사결정 기준을 제시하기 위하여 정량적·정성적 요소를 동시에 고려한 DEA/AHP 혼합 모형을 제안하였다. 국가지정연구실의 수가 많기 때문에 연구실 단위의 효율성 평가보다는 국가과학기술 표준분류체계상의 대분류를 DMU로 하여 각 대분

류의 효율성을 평가하였다. 각 분야의 효율성을 혼합모형의 정량적 요소에 대한 입력으로 활용하였다.

2002년부터 2004년까지의 3개년도 데이터를 활용하였으며, 지리적 위치에 따른 사회환경적인 요소를 분석에 반영할 것인지의 여부 등 분석 방법을 정하기 위한 기초분석을 실시하였다. 기초분석 결과 지리적 위치에 따른 사회환경적인 요소는 효율성에 영향을 미치지 않는 것으로 판단되어 지역에 따른 구분은 분석시 고려하지 않았다. 비효율적인 DMU들의 비효율성의 원인을 규명하기 위하여 CCR 모형과 BCC 모형을 활용하였으며, 분야별로 연구개발비 투입 조정의 기준으로 활용할 수 있도록 CCR 프로젝션을 제시하였다. 정성적 평가 요소에 해당하는 계층구조는 정부의 제2차 과학기술기본계획('08~'12)에서 제시한 4대 추진전략과 8대 추진과제를 활용하였다.

본 연구에서 제안한 DEA/AHP 혼합 모형은 과거의 투입, 산출 데이터와 같이 정량적 성과 평가가 가능한 데이터를 가지며, 동시에 정성적인 요소를 같은 의사결정 문제에 적용이 가능한 모형이라 할 수 있다. 다만, 본 논문에서 제시한 NRL 사업의 경우 연도별 투입과 산출의 대응이 명확하지 않다는 한계가 있다. 이점은 투입과 산출에 대한 지연효과를 반영할 수 있는 새로운 모형에 대한 연구가 필요하다. 아울러 정성적 요소에 대한 평가의 신뢰성을 확보하기 위해서는 쌍대비교를 위한 의사결정자 및 전문가 그룹의 수를 늘릴 필요가 있다.

참고문헌

Kim, S. H., Jeong, B. H., and Kim, J. K. (1999), Decision analysis and application, Youngji Publishers.

KISTEP (2003), National research lab(NRL) program information.

KISTEP (2008), 2nd Science & Technology Basic Plan('08~'12).

Nam, I. S., Song, Y. Y., and Jeong B. H. (2008), Analysis of Relative Efficiency of Government Funded Research Institute Using DEA Model, *J. of the Soc. of Kor. Ind. & Sys. Eng.*, 31, 1-10.

Portela, Silva and Thanssouls, Emmanuel. (2001), Decomposing school and school-type efficiency, *European Journal of Operational Research*, 132, 357-373.

Chapman, Robert E. (1998), Using data envelopment analysis to assess performance of Manufacturing Extension Centers, NISTIR 6198.

Charnes, A., Copper, W. W. and Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decision making units, *European J. of Oper. Res.*, 2, 429-444.

Chien 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, *Int. J. of Business*, 9(4), 347-359.

Cooper, R. G., Edgett, S. J., and Kleinschmidt, E. J. (1997a), Portfolio Management in New Product Development: Lessons from the Leaders-I, *Research Technology Management*, September-October, 16-28.

Cooper, R. G., Edgett, S. J., and Kleinschmidt, E. J. (1997b), Portfolio Management in New Product Development : Lessons from the Leaders-II, *Research Technology Management*, November-December, 43-50.

Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Tone, K. (2006), Introduction To Data Envelopment Analysis and Its Uses, Springer.

Dyson, R. G., Allen, R., and Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., and

Shale, E. A. (2001), Pitfall and protocols in DEA, *European Journal of Operational Research*, 132, 245-259.

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, 21-32.

Korhonen, Pekka, Tainio, Tainio, and Wellenius, Jyrki. (2001), Value efficiency analysis of academic research, *European Journal of Operational Research*, 130, 121-132.

Sinuany-Stern, Z. A. Mehrez and Hadad, Y. (2000), An AHP/DEA Methodology for Ranking Decision Making Units, *International Transactions in Operational Research*, 7, 109-124.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, New York: McGraw-Hill.

Thanassoulis, Emmanuel and Simpson, Gary. (1999), Setting individual achievement targets with DEA, *O. R. insight*, 12(2), 2-7.



남인석

한양대학교 정밀기계공학과 공학사
 泰 Asian Institute of Technology 기술정책학 석사
 현재 : 한국중부발전 사장
 관심분야 : 과학기술 정책의 혁신 및 평가 방법론



유태우

전북대학교 산업공학과에서 학·석사
 현재 : 전북발전연구원 연구원
 관심분야 : 경제성분석, 공급망관리, 다요소 의사결정 및 성과 관리



하재원

서울대학교 산업공학과 학사
 KAIST 산업공학과 공학석·박사
 현재 : 전북대학교 산업정보시스템공학과 교수
 관심분야 : 생산/물류시스템 개선 및 SCM, 시뮬레이션, TOC기법의 산업체 활용



정병호

한양대학교 산업공학과 공학사
 한국과학기술원 산업공학과 공학석·박사
 현재 : 전북대학교 산업공과 교수
 관심분야 : AHP, 다요소의사결정, DEA 등 성과평가 방법론과 특히 시뮬레이션, TPS 등 산업공학이론의 산업체 응용