

건설R&D사업의 효율성 평가를 위한 DEA 연구

Data Envelopment Analysis for Evaluating Construction R&D Efficiency

박상혁^{*} 한승현^{**} 김대환^{***}

Park, Sang-Hyuk Han, Seung-Heon Kim, Dae-Hwan

요약

건설산업은 다른 산업에 비해 연구개발예산의 부족으로 연구개발에 있어 낙후된 것으로 인식되어왔다. 이를 극복하기 위해 정부는 2008년까지 건설R&D 투자를 연간 4,500억 원으로 증가시키겠다는 계획을 발표했다. 이런 노력에도 불구하고 건설R&D사업의 효율성에 대한 정량적인 측정을 이루어지지 못하고 있고 이로 인해 적격한 R&D연구기관의 선택이나 성과기반의 평가에 대한 기본적인 근거가 부족하였다. 본 논문은 건설R&D사업의 효율성 분석을 실시하여 연구개발 성과에 대한 근거를 마련하고자 하는데 그 목적이 있다. 자료수집은 지난 10여 년 동안 한국건설교통기술평가원에서 수행한 375건의 프로젝트 중 분석 가능한 자료를 보유한 83건을 대상으로 한다. DEA(Data Envelopment Analysis)를 위한 입력요소는 투입연구비와 참여연구원의 수이고 출력요소는 다양한 논문으로 구성된 지식축적요소와 특허, 신기술과 같은 지식전파요소로 구성한다. 이를 자료는 CCR(Charnes, Cooper and Rhodes)모형을 적용하여 효율성을 산출하고 효율적 가상사업과 비교를 통해 개선량을 제시한다. 연구결과는 건설R&D투자의 우선순위를 결정하는데 활용할 수 있으며 비효율적인 건설R&D사업의 성과를 향상시킬 수 있는 기준을 제시하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

키워드: 성과측정, 연구개발, 자료포락분석(DEA), 효율성

1. 서론

건설산업은 국가경제발전을 위해 사회기반시설을 구축하였고 국민의 삶의 질 향상을 목적으로 다양한 편의시설을 제공하여왔다. 하지만 이러한 중요성에도 불구하고 건설기술발전은 전통기술이라는 이유로 사회간접자본 (Social Overhead Capital; SOC)사업을 통한 성장위주 정책과 이에 따른 발주체제하에 수주경쟁에만 치우쳐 원천기술개발 노력이 부족하였고 실질적인 기술개발을 위한 투자도 건설교통 전체예산의 0.84%로 미흡하였다. 그 결과 건설기술력은 기획부분이 63%, 설계부분이 66%, 시공부분이 73%, 그리고 유지관리부분이 66%로 전체적으로 선진국 대비 70% 수준에 머물고 있다(건설교통부 2006).

이를 극복하기 위해 정부는 2003년부터 본격적으로 건설기술발전을 위한 건설기술 R&D 투자 확대 프로그램을 진행하여 2005년에는 전년대비 2배 이상으로 예산을 증액하였고 향후 2008년에는 약 4,500억 원으로 R&D 투자를 확대할 계획을 갖고 있다(한국건설교통기술평가원, 2006)(그림 1.).

그러나 건설R&D사업에 대한 성과평가는 늘어나는 예산에도 불구하고 정량적이고 객관적인 측정을 실시하는 단계 까지 이르지 못해 향후 예산 증대를 위한 기초자료로 활용되고 있지 못하고 있다. 더욱이 기존의 성과측정방식은 소수의 전문가의 주관적인 평가와 성과지표에 의한 자체 평가를 기준으로 하고 있어 적격한 R&D연구기관의 선택이나 성과평가 시 객관적이고 정량적인 결과를 제시하기 어렵다는 한계를 갖고 있다.

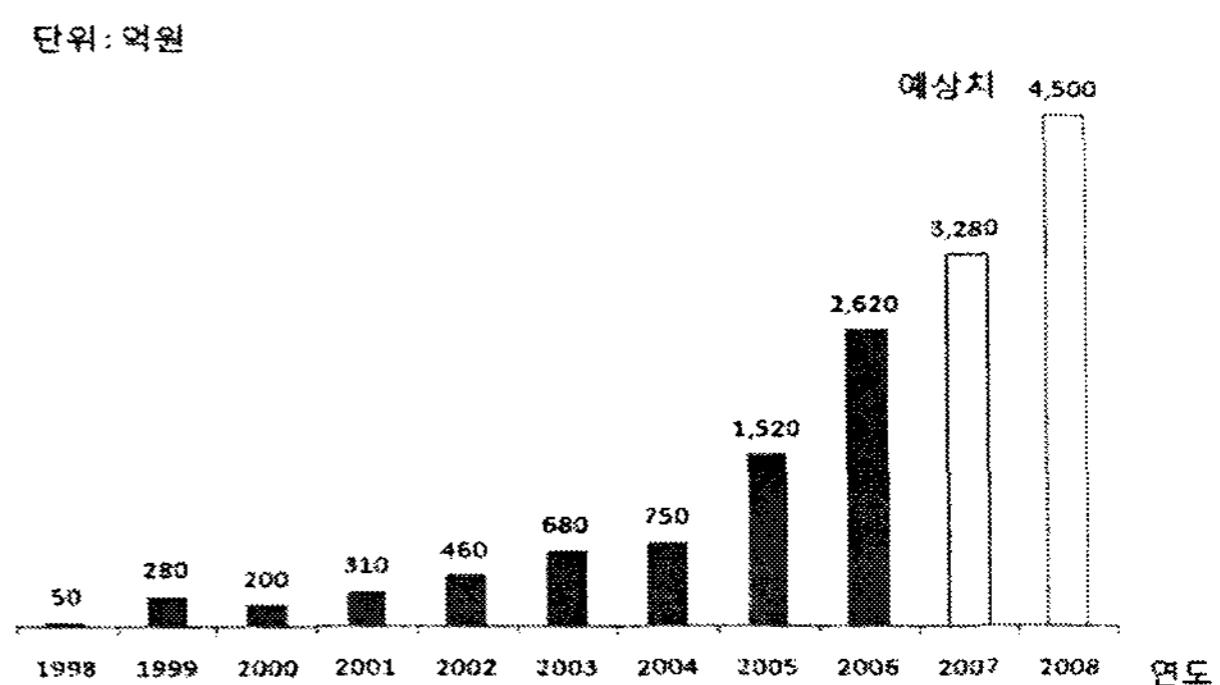


그림 1. 성과산출시점에 따른 R&D성과유형

- * 일반회원, 연세대학교 토폭공학과 박사과정, 공학석사(교신저자), cm4park@yonsei.ac.kr
** 일반회원, 연세대학교 토폭공학과 부교수, 공학박사, shh6018@yonsei.ac.kr
*** 일반회원, 한국건설교통기술평가원, 선임연구원, kimdh@kicttep.re.kr

정량적인 성과평가는 평가대상의 성과특성을 파악하여 평가목표에 부합하는 재무비율(financial ratios)이나 성과지표(performance indicators)를 활용하는 것을 기본 전제로

한다(전용수 외 2002). 효율성 측정은 재무비율이나 성과지표와 함께 대상의 업적이나 성과를 측정하는데 매우 유용한 지표이다. 성과평가를 위해 효율성을 측정하는 이유는 크게 2가지이다. 첫째는 효율성 측정결과를 하나의 측정지표로서 대상을 평가하는데 사용할 수 있다는 점이고 둘째는 효율성 측정결과를 통해 효율성의 차이가 어디서 발생하는지를 파악할 수 있기 때문이다.

본 논문은 건설R&D사업의 성과를 자료포락분석(Data Envelopment Analysis; 이하 DEA)을 활용하여 개별 사업의 효율성을 측정하는 방법과 그 분석결과를 실제 건설R&D사업의 사례조사를 통해 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 자료포락분석의 이론적 고찰

2.1 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)

효율성(efficiency)은 생산조직이 하나의 투입요소를 사용하여 하나의 산출물을 생산할 경우에 산출물을 투입요소로 나누어 측정할 수 있으므로 계산이 단순하다. 그러나 대부분의 생산조직은 다수의 투입요소를 사용하며 또한 다수의 산출물을 생산한다. 다수투입·다수산출에 의한 효율성 계산은 다수의 투입요소에 가중치를 적용하여 총괄한 총괄투입(aggregated input)과 다수의 산출물에 가중치를 적용하여 총괄한 총괄산출(aggregated output)을 계산하는 과정이 필요하다(식 1).

$$\text{효율성} = \frac{\text{총괄산출}}{\text{총괄투입}} = \frac{y_1u_1 + y_2u_2 + \dots + y_su_s}{x_1v_1 + x_2v_2 + \dots + x_mv_m} \quad \dots \quad (\text{식 } 1)$$

여기서 y_s : s번째 산출물의 수량,

u_s : s번째 산출물에 대한 가중치,

x_m : m번째 투입요소의 수,

v_m : m번째 투입요소에 대한 가중치

DEA(Data Envelopment Analysis)모형은 이렇게 다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출물을 생산하는 의사결정단위(Decision Making Unit; DMU)의 효율성을 평가하기 위한 모형이다. DEA모형 장점은 첫째 다수의 투입요소를 이용하여 다수의 산출물을 생산하는 복합적이고 유기적인 관계를 지닌 조직을 종합적으로 분석할 수 있으며, 둘째 특정한 함수형태를 가정할 필요가 없다는 점이다.셋째, 측정단위가 서로 다른 투입요소 및 산출물을 임의적 가중치를 사용하지 않고 모형에 포함시킬 수 있는 장점을 지니고 있다(김대환 2001).

1978년에 Charnes, Cooper and Rhodes는 가장 기본적인 DEA 모형을 소개했는데 CCR모형이라고 한다. CCR모형은 평가대상인 DMU들의 투입요소의 가중합과 산출요소의 가중합의 비율이 1을 넘어서는 안되며 각 투입요소와 산출요소의 가중치가 0보다 크다는 단순한 제약조건하에서 DMU의 투입요소 가중합에 대한 산출요소의 가중합의 비율을

최대화시키고자하는 분수계획법모형이다(Charnes et al. 1994).

2.2 기존 연구사례

타 분야에서의 DEA에 관한 연구는 매우 다양하게 진행되어 왔다. 연구내용은 크게 2가지로 구분할 수 있다. 하나는 성과측정대상의 효율성을 측정하여 비효율적인 측정대상에 대한 개선안을 제시하는 것이고(김대환 2001; 지유나 2003) 다른 하나는 다양한 상황 하에서의 DEA의 모형개발과 회귀분석과 같은 기존 분석방법과의 비교연구이다(Cubbin and Tzanidakis 1998; 오동일 2000; 최홍 외 2000).

국내 건설산업의 DEA연구는 건설프로젝트에서 생산효율성을 관리하기 위한 목적으로 DEA를 활용을 위한 방안을 개념적으로 제시하였고(윤상호 외 2006) 국제통화기금(International Monetary Fund; IMF) 외환위기 이후 국내 건설기업을 대상으로 연도별 기술적 효율성추이를 측정한 사례가 있다(김건식, 2005). 건설R&D사업에 대한 효율성 측정은 2003년 “건설기술연구개발 성과측정에 관한 연구”에서 한국건설교통기술평가원이 수행하고 있는 건설R&D 사업에 대한 연구사례가 있다(과학기술정책연구원 2003).

그러나 이들 연구는 이론적인 개념연구이거나 건설R&D 개별사업 간 효율성 측정을 통한 상대비교로 평가의 우선순위를 결정한 것이 아니라 전체 건설R&D 사업을 대상으로 한 연간효율성 측정으로 개별 R&D사업이 아닌 건설R&D 수행기관을 평가목적으로 한 것이다. 건설산업에서 DEA의 연구사례가 부족한 이유는 건설사업의 효율성을 측정하기 위한 입력요소와 출력요소 같은 측정요소를 설정하기가 어렵고 측정요소를 설정하더라도 실제로 자료수집이 쉽지 않기 때문이다.

본 연구는 한국건설교통기술평가원의 추적 평가자료와 설문조사를 통해 수집한 건설R&D사업의 성과자료를 입력요소와 출력요소로 설정하여 DEA를 실시하였기 때문에 실질적인 건설R&D사업 간 효율성 측정이라는 점에서 기존 연구와 차이가 있다.

3. 건설R&D사업의 효율성 측정 및 분석

3.1 DEA모형 구축을 위한 자료수집

건설R&D사업의 효율성분석을 위한 자료조사는 지난 10여 년간 한국건설교통기술평가원에서 수행한 연구개발사업을 대상으로 연구결과활용보고서 및 추가 설문조사를 통해 실시하였다. 분석대상은 2005년까지 종료된 375건 중 소실된 20건을 제외한 355건에서 DEA분석에 필요한 항목을 모두 포함하고 있는 83건(23.4%)을 기준으로 하였다. 조사대상 전체에 대해 효율성 분석을 실시하지 못한 이유는 효율성분석을 위해서는 입력요소와 출력요소가 모두 존재해야하는데 본 연구에서 설정한 입력요소와 출력요소를 모두

만족하는 건설R&D사업이 83건이었기 때문이다. 그러나 조사 대상의 분포는 비례총화샘플링(proportion stratified sampling)을 이용하여 표본을 선택한 결과와 비교해 볼 때 일치도가 평균 107.1%로 거의 일치한다고 할 수 있어 효율성 측정대상 샘플로 적합하다고 할 수 있다(표 1.)

표 1. 연구기관별 분석대상의 비례총화샘플링에 의한 표본할당

연구기관	총에 속한 모집단의 수	총에 속한 표본의 수(이론치)	일치도(%)
대학	146	28 (34)	83.4
연구소	95	29 (22)	131.8
민간기업	73	15 (17)	88.2
학회	26	5 (6)	83.3
공사공단	15	6 (4)	150
합계	355	83	107.1(평균)

3.2 입력 및 출력요소 결정

건설R&D사업의 효율성을 측정하기 위한 DEA모형구축은 입력요소와 출력요소를 결정하는 것에서 시작한다. 본 연구에서는 입력요소로서 투입금액과 투입인원을 설정하고 출력요소로는 지식축적과 지식전파를 설정한다(표 2.). 입력요소의 투입인원은 연구개발에 있어 학력의 역할을 고려해 연구 인력이라는 하나의 요소로 적용하였고 출력요소인 지식축적과 지식전파는 다양한 요소로 구분이 가능하나 조사 자료가 충분하지 않기 때문에 최대한 많은 자료를 확보하기 위해 분석에 통합된 요소를 사용하였다. 성과를 대표하는 요소는 매우 다양하지만, 본 연구에서는 자료확보를 중심으로 인력과 지식을 대표하는 변수를 설정하였고 향후 다수의 자료가 확보된다면 효율성측정을 위한 다양한 입력요소와 출력요소를 결정할 수 있을 것이다.

표 2. DEA모형 구축을 위한 구성요소

구성요소	정의	
DMU (의사결정단위)	측정할 개별 건설 R&D사업	
입력 요소	투입금액	개별 사업에 투입된 건설R&D 예산
	투입인원	학력에 따라 가중치를 부여한 연구인력 수
출력 요소	지식축적	논문종류에 따라 가중치를 부여한 논문편수
	지식전파	특허를 포함한 연구성과의 활용 건수

투입금액은 실제 과제별로 지급된 R&D예산으로 하고 투입인원은 우선순위에 의한 가중방식인 스마트(Simple Multi-Attribute Rating Technique; SMART)방식을 적용하였다. 스마트방식에 적용을 위한 요소별 순위는 “건설연구개발 성과분석연구”에서 선정한 결과를 활용하였다(연세대학교 외 2006). 학력에 따른 가중치는 박사, 석사, 학사,

지원인력을 순서로 각각 0.4, 0.3, 0.2, 0.1로 부여한다. 출력요소인 지식축적과 지식전파는 “건설연구개발 성과분석연구”에서 제시하고 있는 40개의 성과측정지표 중 R&D의 특성을 잘 반영하는 ‘지식축적’에 해당하는 성과지표를 활용하는 것으로 한다(연세대학교 외 2006). 지식축적은 SCI논문, 국내학회지 논문, 국제학술대회 논문, 그리고 국내학술대회로 구분하여 투입인원과 같은 방식에 의해 각각 0.4, 0.3, 0.2, 0.1로 가중치를 부여하였는데 다른 요소에 비해 너무 작은 값이기 때문에 10을 곱해서 정수화 했다. 그리고 지식전파는 세미나개최, 특허, 실용신안, 의장등록, 신기술 등을 대상으로 하였다. 이렇게 입력 및 출력요소의 결정은 각 요소 단위별로 독립적인 조정이 가능하다. DEA는 단위가 서로 다른 투입요소 및 산출물을 임의적 가중치를 사용하지 않고 모형에 포함시킬 수 있기 때문이다.

3.3 CCR모형에 의한 가중치 결정

CCR모형은 DMU의 입력요소 가중합계에 대한 산출물의 가중합계의 비율을 최대화시키기 위한 분수계획법모형이 기본이다. 그런데 분수계획법모형은 식1과 같이 분수형태로 되어 있어 무한개의 복수 최적해를 갖는다. 따라서 분수계획법모형은 선형계획법모형으로 변환하여 최적해를 구한다(식 2).

$$\begin{aligned} \text{Maximize} \quad & E_k = \sum_{r=1}^s y_{kr} u_r & \dots \dots \dots \text{ (식 2)} \\ \text{Subject to} \quad & \sum_{i=1}^m x_{ki} v_i = 1 \\ & \sum_{r=1}^s y_{jr} u_r - \sum_{i=1}^m x_{ji} v_i \leq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ & v_i \geq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, m \\ & u_r \geq \varepsilon, r = 1, 2, \dots, s \end{aligned}$$

여기서 E_k : 가중치 결과에 따른 DMU_k 의 효율성,

y_{kr} : DMU_k 의 r번째 산출요소의 수,

u_s : DMU_k 의 r번째 산출요소에 대한 가중치,

x_{ki} : DMU_k 의 i번째 투입요소의 수,

v_i : DMU_k 의 i번째 투입요소에 대한 가중치

평가대상이 되는 DMU 의 효율성은 제약조건 하에서 가중산출합과 가중투입합의 비율이 최대인 값으로 측정할 수 있다. 이때 제약조건은 다음과 같다.

- $\sum_{i=1}^m x_{ki} v_i = 1$
- $\sum_{r=1}^s y_{jr} u_r - \sum_{i=1}^m x_{ji} v_i \leq 0, j = 1, 2, \dots, n$
- $v_i, u_r \geq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, m$

식 3은 본 연구에서 구축한 1번째 건설R&D사업에 대한 CCR모형이다. 제약조건 중 “ $v_{11}, v_{12}, u_{11}, u_{12} \geq 0.000001$ ”는 가중치가 양수이어야 함을 나타낸다.

$$\text{Maximize } (1u_{11} + 3u_{12}) \quad \dots \dots \quad (\text{식 } 3)$$

: 1번째 건설R&D사업의 ‘총괄산출’

Subject to

$$(246.482v_{11} + 6.2v_{12}) = 1$$

→ 1번째 건설R&D사업의 ‘총괄투입=1’

$$(1u_{11} + 3u_{12}) - (246.482v_{11} + 6.2v_{12}) \leq 0$$

→ 1번째 건설R&D사업의 ‘총괄산출-총괄투입≤0’

$$(6u_{11} + 2u_{12}) - (270.000v_{11} + 2.3v_{12}) \leq 0$$

→ 2번째 건설R&D사업의 ‘총괄산출-총괄투입≤0’

:

$$(14u_{11} + 2u_{12}) - (168.000v_{11} + 6.2v_{12}) \leq 0$$

→ 83번째 건설R&D사업의 ‘총괄산출-총괄투입≤0’

그리고 $v_{11}, v_{12}, u_{11}, u_{12} \geq 0.000001 \rightarrow \text{‘양수조건’}$

DEA모형 계산은 1번째 건설R&D사업에서 83번째 건설R&D사업까지 반복하여 계산한다. 계산 결과는 제약조건 하에서 CCR모형의 결정변수(decision variables) 역할을 하는 가중치 값이 결정되면 그에 따라 각 사업의 효율성으로 나타난다. 본 연구의 CCR모형계산은 마이크로소프트 엑셀(Microsoft Excel)의 해찾기(solver) 기능을 활용했다. 엑셀의 해찾기는 선형계획법모형(linear programming model)의 최적해를 계산하기 위한 알고리즘을 포함하고 있어 이를 이용하여 DEA모형의 계산을 수행할 수 있다.

3.4 효율성 측정결과 및 내용분석

건설R&D사업의 효율성분석 결과는 표 3.와 같다. 전체 83건의 평균 효율성은 0.447이었고 효율성이 0.8이상인 건설R&D사업은 전체 83건 중 10개 사업인 12% 해당하여 지식축적과 지식전파에 대한 효율성은 매우 낮은 것으로 보인다. 그러나 ‘DMU 4’, ‘DMU 23’, ‘DMU 36’, ‘DMU 63’, ‘DMU 83’은 효율성이 1로 나타나 가장 좋은 것으로 판명되었다. 효율성이 1인 5개 사업 중 3개는 대학이고 2개는 연구소로 나타났다.

건설R&D사업별 효율성 측정 결과는 평균적으로 건설핵심기술 연구개발사업이 0.472, 건설기반구축사업이 0.329로 측정되었고 연구기관별 효율성측정결과 평균은 대학이 0.504, 연구소가 0.420, 민간기업이 0.453, 학회가 0.510, 그리고 공사공단이 0.254로 나타났다. 사업별로는 건설핵심기술 연구개발사업이, 연구기관별로는 대학과 학회가 지식축적 및 전파에 있어 평균보다 높은 효율성을 나타낸 것을 알 수 있다. 이와 같은 효율성 측정 결과는 비교대상 간에 상대적인 지표로서 사업 간 성과향상을 위한 기준의 하나로 활용할 수 있다.

표 3. 투입·산출요소 및 효율성 측정결과

DMU (R&D #)	투입		산출		효율성
	투입금액 (백만원)	투입 인원	지식 축적	지식 전파	
1	246.482	6.2	1	3	0.368
2	270.000	2.3	6	2	0.435
3	632.000	12.4	1	2	0.096
4	232.360	1.5	11	2	1.000
5	702.557	6.5	8	2	0.201
6	694.000	7.2	12	2	0.277
7	231.350	2.1	8	2	0.617
8	715.000	11.8	8	2	0.138
9	272.500	2.5	8	4	0.601
10	1,318.000	8.3	8	2	0.139
11	302.000	2.5	8	4	0.580
12	812.145	5.3	9	5	0.309
13	446.950	11.6	7	2	0.205
14	333.000	3.8	15	3	0.677
15	170.000	4.1	2	3	0.533
16	379.045	8.7	6	2	0.224
17	199.841	4.0	7	2	0.458
18	328.000	9.5	8	2	0.300
19	591.729	10.2	18	3	0.373
20	266.000	3.0	14	4	0.827
21	1,100.000	17.6	16	2	0.179
22	964.676	6.7	19	3	0.400
23	715.000	1.2	8	3	1.000
24	393.000	2.8	15	2	0.764
25	331.040	6.9	3	2	0.195
26	495.000	5.7	8	2	0.245
27	390.000	4.9	7	5	0.405
28	412.000	4.1	22	2	0.877
29	350.000	3.9	2	2	0.173
30	630.410	6.0	20	6	0.565
31	259.038	5.4	17	2	0.802
32	435.357	4.9	12	2	0.418
33	667.934	9.6	24	2	0.461
34	204.731	2.9	8	2	0.508
35	478.340	5.4	20	2	0.633
36	98.358	1.5	8	2	1.000
37	185.238	2.4	7	6	0.978
38	215.000	2.7	9	3	0.626
39	913.000	6.9	12	2	0.255
40	545.304	6.2	8	3	0.242
41	684.200	5.0	26	8	0.806
42	942.500	15.1	9	2	0.117
43	761.632	10.6	26	3	0.448
44	508.000	5.7	7	3	0.236
45	372.500	4.6	9	2	0.345
46	314.000	7.3	10	4	0.497

47	573.141	9.5	14	3	0.300
48	917.319	5.4	20	3	0.505
49	279.000	3.3	2	3	0.325
50	845.030	8.1	18	2	0.358
51	853.568	5.7	6	2	0.163
52	733.672	7.8	12	5	0.289
53	909.000	14.1	8	3	0.132
54	470.000	7.4	3	3	0.193
55	1,161.341	4.6	11	3	0.347
56	247.122	6.2	16	3	0.787
57	545.489	9.0	27	2	0.608
58	602.000	7.2	11	2	0.266
59	537.000	7.4	15	3	0.369
60	349.721	3.2	13	6	0.746
61	847.000	8.6	14	3	0.268
62	600.000	5.6	6	2	0.184
63	151.000	1.3	6	5	1.000
64	1,061.953	20.1	12	3	0.139
65	430.000	10.4	9	2	0.256
66	632.760	2.5	2	2	0.208
67	612.846	5.3	3	2	0.113
68	465.270	8.2	11	6	0.445
69	579.200	5.4	24	5	0.709
70	880.000	8.5	24	3	0.457
71	280.000	5.2	6	3	0.382
72	188.968	8.0	8	3	0.637
73	700.774	9.6	11	2	0.208
74	394.600	9.7	2	3	0.230
75	394.406	6.2	30	2	0.935
76	350.000	5.8	9	8	0.690
77	1,655.000	8.7	18	2	0.282
78	390.000	5.7	26	2	0.845
79	700.720	6.6	12	5	0.329
80	480.000	9.0	8	5	0.343
81	1,570.313	19.9	30	2	0.268
82	853.654	9.2	16	2	0.293
83	168.000	6.2	14	2	1.000

효율적 가상사업은 CCR모형에서 비효율적인 사업과 비교가 되는 가장 효율적인 사업으로 참조사업(reference project)을 의미한다. 예를 들어 DMU2는 효율성이 1인 DMU36, DMU63, DMU4를 참조사업으로 한다. 이런 효율적 가상사업은 산출된 효율성 결과에 따라 비효율적인 사업들이 크게 투입지향(input oriented)과 산출지향(output oriented)으로 구분된다. 투입지향은 평가대상이 되는 DMU의 투입물 가중합계와 산출물 가중합계의 비율이 1을 초과하지 않으면서 0보다 큰 제약조건을 만족하는 최대 입력요소를 의미하고 산출지향은 산출물은 통제가 가능한데 반해 투입물의 통제가 불가능할 경우 적용하는 모형이다. 즉, 투입지향은 그림 2.에서처럼 생산성이 100% 선상에 위치하

는 DMU"A"를 목표로 DMU"B"의 산출물(output)을 고정하고 투입요소(input)를 감소시키는 모형이고 산출지향은 역시 DMU"A"를 목표로 DMU"B"의 투입요소(input)을 고정하고 산출물(output)을 증가시키는 모형이다.

본 논문에서는 이미 고정된 입력요소인 투입금액과 투입인원의 개선보다는 정해진 입력요소에 대한 산출요소의 개선을 목적으로 하기 때문에 산출지향 모형을 사용한다. 이런 효율적 가상사업은 개별 R&D사업의 효율성 값을 토대로 해당 R&D사업이 어느 정도의 예산을 투입해야 적정한지 또는 해당 예산을 투입했을 때 어느 정도의 산출결과를 보여야 만 효율성이 적정하다고 판정할 수 있는지를 정량적으로 제시해 줄 수 있다. 이 분석과정에는 DEA 분석프로그램인 DEAP version 2.1이 활용되었다(Coelli 1996).

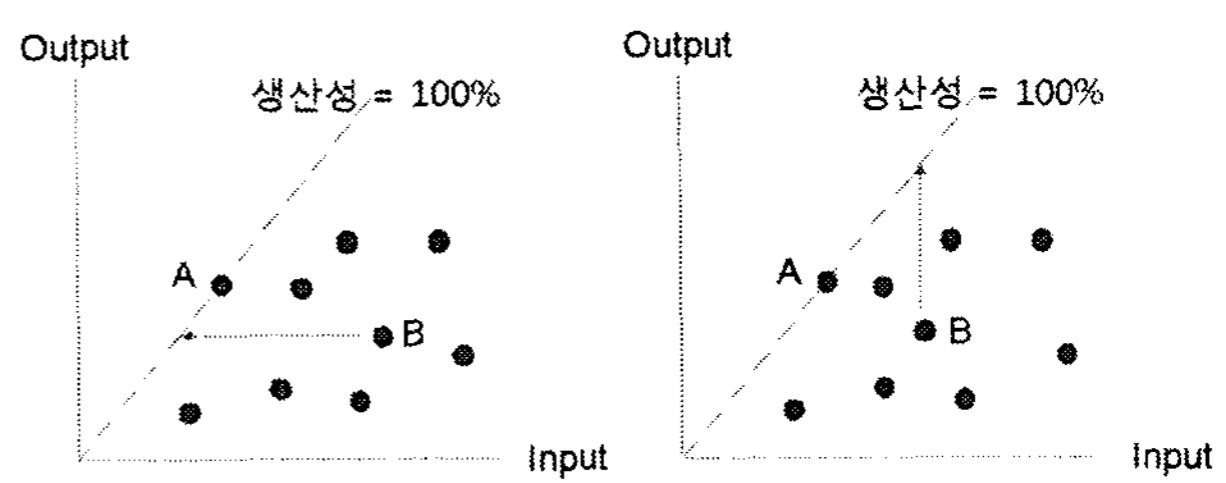


그림 2. CCR투입지향모형과 산출지향모형

DMU2의 경우는 산출지향 CCR모형을 적용시키면 모형에 의해 결정된 산출지향의 출력요소 값(b)에서 초기조사 값(a)를 제외한 개선량(c)만큼 성과를 향상시켜야 사업의 효율성이 높아지는 것이다. 지식축적은 7.805만큼 증가시켜야하고 지식전파는 2.602만큼 증가시켜야 한다(표 4). 개선량은 최초자료에 가중치를 부여했던 방법을 반대로 적용하여 세부항목으로 환산하고 그 결과는 연구성과를 평가하거나 비슷한 형태의 사업을 수행할 때 성과물에 대한 판단기준과 성과목표로 활용이 가능하다.

표 4. 건설R&D사업 2에 대한 상세분석결과

DMU(효율성값)		DMU 2 (0.435)		
구분		초기값 (a)	산출방향 (b)	개선량 (c)
입력 요소	투입금액	270.000	270.000	0
	투입인원	2.3	2.3	0
출력 요소	지식축적	6	13.805	7.805
	지식전파	2	4.602	2.602

4. 결론

본 연구의 의의는 다음과 같다. 첫째, 건설R&D사업의 효율성을 하나의 지표로 설정하여 정량적인 성과평가를 실시했다는 점이다. 효율성측정은 정량적인 성과측정에 있어 중요한 지표이다. 둘째, 건설R&D사업의 성과측정을 위해 다수의 입력요소와 다수의 출력요소를 활용하여 각 사업간

비교를 가능하게 했다는 점이다. 기존의 무리한 화폐가치화 등으로 인한 비교단위의 통일없이 비교가 가능했다. 마지막으로 비효율적인 건설R&D사업에 대해서는 효율성이 1인집단을 참조하여 효율성을 높이기 위해 필요한 개선량을 제시했다는 것이다.

하지만 본 연구결과는 지식축적과 지식전파만을 대상으로 한 효율성 측정결과이고 조사대상 간의 비교를 통한 최적의 결과를 보여주고 있기 때문에 실제 평가를 위한 성과 측정을 위해서는 건설R&D사업의 다양한 형태를 고려해야 한다. 그러므로 향후 연구는 연구유형, 연구기관, 연구금액과 같은 다양한 건설R&D사업의 특성을 반영한 효율성측정이 필요하다.

참고문헌

1. Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., and Seiford, L. M. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
2. Coelli, T. (1996). "A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program," <<http://www.une.edu.au/econometrics/cepawp.htm>>(2007.9.30).
3. Cubbin, J. and Tzanidakis, G. (1998). "Regression Versus Data Envelopment Analysis for Efficiency Measurement: An Application to the England and Wales Regulated Water Industry," Utilities Policy, 7, pp. 75-85.
4. 건설교통부 (2006). 2006년 국가연구개발사업 건설교통부 자체평가, 제2차 평가 설명자료.
5. 과학기술정책연구원 (2003), 건설기술 연구개발 성과측정에 관한 연구, 건설교통부.
6. 김대환 (2001), *DEA모형을 이용한 기업효율성과 R&D 효율성의 비교분석*, 성균관대학교 대학원, 석사학위논문.
7. 연세대학교, 한국과학기술정보연구원, 한국건설기술연구원 (2006), 건설기술개발 성과분석연구, 건설교통부.
8. 오동일 (2000), "가중치에 대한 제약 및 분석 표본수에 따른 DEA 효율성과 참조집단의 변화에 대한 실험연구", 경영학연구, 제29권, 제4호, pp. 748-768.
9. 윤상호, 정주영, 김용원, 박상준, 전재열 (2006), "건설 프로젝트에서 생산효율성 관리를 위한 DEA의 활용방안", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제26건, 제 1호, 통권 제50집, pp. 661-664.
10. 전용수, 최태성, 김성호 (2002), *효율성평가를 위한 자료 포락분석*, 인하대학교 출판부.
11. 지유나 (2001), *DEA를 이용한 정보화촉진기금 연구개발 완료과제의 효율성 분석에 관한 연구*, 연세대학교 공학대학원, 석사학위논문.
12. 최홍, 손소영 (2000), "불확실한 상황하에서의 효율성 평가를 위한 DEA", Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, vol. 26, no. 1, pp. 36-47.
13. 한국건설교통기술평가원 (2006), 2008년도 건설교통기술연구개발사업, 건설교통부.

Abstract

The construction industry has been recognized as lagging behind other industries in the area of research and development (R&D) due primarily to the lack of R&D funds. To overcome this situation, the Korea Ministry of Construction and Transportation has a plan to expand its investments on the construction R&D up to 1.72 billion US dollars over the next 3 years. Despite this effort, it is still challenging to conduct the quantitative measurement on the efficiency of construction R&D projects, which can be utilized as the objective basis in the reasonable selection of a promising R&D team or in the consequential evaluation of a R&D performance. This study aims to conduct the efficiency analysis on the construction R&D projects to provide the basis for evaluating the performance of research and development. Toward this end, this study performs an efficiency analysis, which reflects all of the input and output data into/from the construction R&D by utilizing the Data Envelopment Analysis (DEA). The proposed methodology can be utilized to make a better decision on the priority of the R&D investments and present a sound basis to suggest the areas to be improved so as to reduce the inefficiency of R&D projects.

Keywords : Efficiency, Data Envelopment Analysis, Performance Measurement, Research and Development