

DEA/AHP 결합모형을 이용한 건축 설계사무소의 교육효율성 분석

Education Efficiency Analysis of Architectural Design Firms Using a Combined AHP and DEA Model

서 희 창*
Seo, Hee-Chang

오 중 근**
Oh, Jung-Keun

김 재 준***
Kim, Jae-Jun

Abstract

The modern society has been drastically changed from the industrial economic society to the knowledge based society, to catch up with the knowledge and the change of technology required for the modern people, the people can not live in the modern society without the continued study or education. In case of architectural design firm, it is concentrating on the productivity of enterprise by cultivating the working level through the self education focused on the improvement of inner capacity. In connection with this, the efficiency of enterprises are analyzed by carrying out the Data Envelopment Analysis(DEA) utilizing the financial ratio index in the various field of industries recently, the analysis study for the efficiency utilizing DEA is increased in the construction industries as well. However, in case of construction industries, the study focused on the efficiency of administration only has been progressed, it is the real situation that the approach for the analysis of education efficiency of each enterprise is very insufficient.

Therefore, this study analyzed the education efficiency of architectural design firm after the selection of input and output variables by utilizing the DEA model and utilizing the AHP analysis technique by deducting the variables through the preceding study in relation to the education efficiency and the interview with the specialists.

Keywords : *Architectural Design Firms, Education Efficiency, Analytic Hierarchy Process(AHP), Data Envelopment Analysis(DEA)*

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대사회는 산업경제사회에서 지식기반사회로 급격히 변화되어 현대인에게 요구하는 지식과 기술의 변화를 따라가기 위하여 지속적인 학습 또는 교육을 받지 않으면 현대사회를 살아갈 수 없게 되었다(박혜영 2009). 건축설계분야도 WTO협정에 따른 국내시장개방에 따라 국내 경쟁력뿐 아니라 국제 경쟁력

이 시급히 요구되는 상황이며 이는 경영의 합리화와 생산성 향상을 통해 대·내외적 경쟁력을 확보할 수 있는 절박한 대책 마련이 필요한 시기이다(서정인 2003). 건축 설계사무소의 생산성 향상은 크게 외부적인 요인에 의한 수동적 대응과 조직 내부 역량 향상 등과 같은 적극적인 대응으로 나뉘지며, 장기적 관점에서 실무자의 능력을 배양하는 것이 더욱 효율적이다. 또한 과학기술의 혁신적 발달로 인한 전반적인 변화의 물결에 적극적으로 대응하기 위해서는 한정된 자원을 가장 효율적으로 활용하여야 하며, 이는 올바른 성과측정/평가에 의해서 뒷받침되

* 일반회원, 한양대학교 건축환경공학과 박사과정, bimcost@hanyang.ac.kr

** 종신회원, 건국대학교 건축학부 부교수, 공학박사(교신저자), jkoh@konkuk.ac.kr

*** 종신회원, 한양대학교 건축공학과 정교수, 공학박사, jjkim@hanyang.ac.kr

어야만 가능하다(배준호 2010). 이와 관련하여 최근 재무비율 지표들을 활용하여 비효율적인 기업의 효율성 개선을 위한 벤치마킹 대상을 찾는 방법인 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA) 모형을 이용한 연구가 진행되고 있다(서광규 2011). DEA를 활용한 효율성 분석은 운수산업(심광식 2006, Barros 2003), 교육산업(나민주 2005, Avkiran 2001),

조선산업(김명재 2010, 강범석 2012), 자원산업(김대환 2010), 게임산업(윤건우 2009), 방위산업(이대순 2006)에서 다양하게 활용되고 있으며, 건설산업(김종기 2008, 김일수 2010, 김성식 2012)에서 또한 효율성 분석을 위해 DEA 모형을 기반으로 한 연구가 증가하고 있다. 그러나 건설산업에서는 기업의 전반적인 경영효율성에만 초점을 맞춰 연구가 진행되었을 뿐 특정 분야에 대한 분석은 미비하며, 특히 지속적인 학습이 요구되는 건축 설계사무소의 경우 교육효율성 분석에 대한 연구가 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 교육효율성과 관련된 선행연구와 전문가 인터뷰를 통한 변수 도출 및 계층적 분석방법(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 활용하여 투입 및 산출 변수를 선정한 후 DEA 모형을 활용하여 건축 설계사무소의 교육효율성을 분석하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 분석대상으로 코참비즈¹⁾에서 제공하는 2010년 매출액을 기준으로 1위 ~ 30위까지의 건축 설계사무소를 선정하였다. 또한 교육효율성 분석을 위한 자료는 코참비즈에서 제공하는 재무제표 및 각 건축 설계사무소의 회계부서와 교육부서 담당자를 통해 수집하였다. 본 연구를 위한 상용프로그램은 투입 및 산출 변수 산출을 위해 Expert Choice와 교육효율성 분석을 위해 EnPAS를 사용하였다.

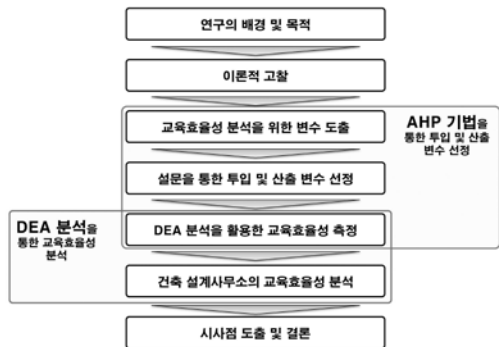


그림 1. 연구 방법

1) 대한상공회의소에서 운영하며 국내 50만개의 기업정보 데이터베이스(DB)를 제공하는 사이트 (www.korchambiz.net)

연구는 그림 1과 같이 진행되었으며 각 단계별 특징을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 건축 설계사무소의 교육효율성 분석을 위해 선행연구를 통해 투입 및 산출 변수를 도출하였다. 둘째, 도출된 변수를 토대로 AHP를 활용한 설문조사를 실시하여 실제 분석에 활용될 투입 및 산출 변수를 선정하였다. 셋째, DEA를 이용한 교육효율성 분석을 위해 재무제표 및 건축 설계사무소 교육부서 담당자를 통해 자료를 수집하였다. 마지막으로 수집된 자료를 토대로 DEA 분석을 실시하여 각 건축 설계사무소의 정태적인 교육효율성을 분석하였으며, 이를 토대로 시사점 도출 및 향후 연구방안을 제시하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 효율성에 관한 선행연구 고찰

효율성(efficiency)의 정의는 다양하지만 경영학적 측면에서의 효율성은 다분히 기술적 의미를 내포하고 있다. 따라서 효율성은 '투입요소에 대한 산출요소의 비율'로 정의되며, 경제학 분야에서는 특정한 조직단위 내에서 투입요소의 활용을 통해 산출요소를 어떻게 창출하고 있는지를 표현할 때 사용된다(배민영 2009). 또한 기술관리 측면에서는 전체 프로세스를 대상으로 생산과정의 효율적 관리 및 산출물 결과의 효율을 추구하는 것으로 볼 수 있다. 표 1은 분야별로 정의하고 있는 효율성의 개념을 정리한 것이다(정순오 2005).

표 1. 효율성에 관한 분야별 관점

분야	효율성의 개념	비고
행정학 측면	<ul style="list-style-type: none"> • 효율성 = (산출물의 량) * (산출물의 질) / 투입량 = 능률성 + 효과성 = 산출/투입/산출/목표 또는 기준 • 능률성 : 산출/투입의 비용대비 산출의 정도 의미, 투입량에 대한 산출량의 비로 양적 측면의성과 극대화 의미 • 효과성 : 주어진 목표의 달성정도로 산출물이 어느 정도 가치가 있는가에 대한 질적인 측면 고려 	양과 질 동시고려
경영학 · 경제학 측면	<ul style="list-style-type: none"> • 효율성 = 기술적 효율성(산출량) + 배분적 효율성(가격) • 효율성은 생산조직이 사용한 투입요소의 수량에 대한 산출물 수량의 비율 • 경제활동의 평가기준으로 투입과 산출의 원리를 바탕으로 동일한 조건하에서 최대의 효과 추구(경제원칙) 	산출량과 투입 및 산출가격 동시고려
기술 관리 측면	<ul style="list-style-type: none"> • 효율성 ≠ 비효율성, 효율성은 비효율성의 반대개념 • 프로세스의 효율성 향상은 프로세스에 존재하는 비효율성의 원인 규명 및 제거로 가능 • 비효율의 원인은 외적 및 내적인 요인 모두 고려필요 • 생산 프로세스의 투입요소를 과잉 또는 과소이용하거나 비효율적인 투입방식 	프로세스 효율성 향상은 비효율요인 제거로 가능

본 연구에서는 건축 설계사무소의 교육효율성을 분석하기 위해 경영학 및 경제학 측면에서 정의하는 것과 같이 동일한 조건하에서 최대의 효과를 추구하는 것을 원칙으로 하였으며, 효율성을 투입과 산출의 원리를 바탕으로 분석을 진행하였다.

2.2 효율성 분석 모델에 관한 선행연구 고찰

본 연구에서는 건축 설계사무소의 교육효율성 분석을 위해 각각의 산업분야에서 사용하고 있는 효율성 분석 모델에 관한 선행연구를 고찰하여 표2와 같이 정리하였다. 건설 산업분야에서 김종기(2008)는 아파트 건설기업의 매출액과 당기순이익에 따른 효율성을 DEA 모델을 활용하여 벤치마킹의 대상이 될 수 있는 아파트 건설기업의 효율성을 분석하였으며, 김일수(2010)는 건설기업의 경영효율성을 분석하였다. 또한 이경주(2012)는 건설기업 효율성에 영향을 미치는 핵심 투입 및 산출변수 추출을 위해 DEA모형과 주성분분석을 이용하였으며, Xue et al(2008)은 1997년부터 2003년까지의 중국 건설산업의 생산성 변화를 분석하기 위해 DEA를 활용하였다. 운수산업의 경우 심광식(2006)은 DEA 분석방법을 활용하여 지하철 운영기관들의 효율성을 비교 평가하였으며, Barros(2003)는 포르투갈 항만 5개를 대상으로 DEA 모델을 활용하여 운영 효율성을 분석하였다. 교육산업에서 나민주(2005)는 경제협력개발기구 15개 국가를 대상으로 대학교육의 효율성을 분석 및 비교하기 위해 DEA 모델을 활용하였으며, Avkiran(2001)은 국가고등교육통계자료를 활용하여 호주 36개의 대학의 효율성을 평가하였다. 조선산업의 경우 김명재(2010)는 국내 조선업의 자본, 종업원 수, 매출액 및 당기순이익에 따른 효율성 DEA기법으로 분석하였으며, 강범석(2012)은 BSC 기반 성과를 측정할 수 있는 핵심성공요인과 지표들을 제시한 후 이를 토대로 DEA 모델을 이용하여 정량적 지표뿐만 아니라 정성적 지표를 이용한 다단계 효율성을 분석하였다. 자원산업에서는 김대환(2010)은 DEA 모델을 이용한 자원재활용 산업의 효율성 분석을 통해 전략적 운영방안을 제시하였으며, 게임산업에서 윤건우(2009)는 국내 온라인게임 기업의 인적자본 운영의 효율성 분석을 위해 DEA 모델을 활용하였다. 방위산업의 경우 이대순(2006)은 개별 방산 업체의 상대적 효율성과 규모의 효율성을 판단하고 경영개선요인을 파악하기 위해 DEA 모델을 활용하였다. 또한 산업 전반에 걸친 효율성 분석으로 박양규(2008)는 통계분석방법을 이용하여 직무중심임금시스템 채택기업의 운영 효율성을 분석하였다. 이를 통해 다양한 분야에서 효율성 분석이 이뤄지며, 특히 DEA 모델을 이용한 효율성 분석방법이 가장 많이 사용되고 있는 것을 알 수 있다. 이에 본 연구에

표 2. 산업별 효율성 분석 모델에 관한 선행연구

연구자	분야	분석대상	분석방법
김종기 (2008)	건설산업	아파트 건설기업의 효율성 분석	DEA
김일수 (2010)		건설기업의 경영효율성 분석	DEA
이경주 (2012)		건설기업 효율성 결과에 영향을 미치는 변수 추출	DEA / 주성분분석
Xue et al (2008)		중국 건설산업의 생산성 변화 분석	DEA
심광식 (2006)	운수산업	지하철 운영기관의 효율성 평가	DEA
Barros (2003)		포르투갈 항만의 효율성 분석	DEA
나민주 (2005)	교육산업	대학교육의 효율성 분석	DEA
Avkiran (2001)		호주 대학의 효율성 평가	DEA
김명재 (2010)	조선산업	조선업의 경영효율성	DEA
강범석 (2012)		해운선사의 다단계 효율성 측정	BSC DEA
김대환 (2010)	자원산업	자원재활용 산업의 효율성 분석	DEA
윤건우 (2009)	게임산업	국내 온라인게임 기업의 인적자본 효율성 연구	DEA
이대순 (2006)	방위산업	방산 업체의 운영효율성 분석	DEA
박양규 (2008)	산업 전체	직무중심임금시스템 채택기업의 운영 효율성	통계분석

서는 효율성 분석을 위해 산업 전반에서 사용되고 있는 DEA 모델을 사용하였으며, 투입 및 산출 변수 선정을 위해 AHP 분석을 활용하였다. 이를 통해 기존의 투입 및 산출 변수 보다 높은 신뢰도를 제고할 수 있다는 차별성을 가지고 있다.

2.3 DEA 모형

DEA 모형은 다수의 투입 및 산출변수 간의 경험적인 자료를 활용하여 효율적 프론티어를 도출한 후, 평가대상들인 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)가 효율적 프론티어로부터 얼마나 떨어져 있는지를 통해 효율성을 측정하는 선형계획 분석기법이다. 이 모형은 1978년 Charnes, Cooper & Rhodes가 Farrell의 상대적 효율성 개념을 토대로 하여 의사결정단위의 효율성 평가를 위해 고안한 것으로서 비율분석, 회귀분석, 생산함수분석과 같은 모수적 방법과 달리 다투입요소와 다산출요소를 모형 내에 직접 포함할 수 있다는 장점과 함께 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 첫째, DEA모형은 자료분석을 위하여 투입·산출요소들을 하나의 지수로 나타내기 힘든 경우 유용하게 사용될 수 있다. 둘째, 상대적 효율성에 대한

지표를 제공한다. 셋째, DEA 모형을 위한 각각의 변수에 대하여 임의의 가중치 부여를 배제한다. 넷째, 연구결과의 상호 비교가 가능하여, 성과 평가를 위한 추가적인 연구가 가능하다 (Sherman H. D. 1984). 본 연구의 대상인 건축 설계사무소의 경우 교육효율성 분석과 관련된 선행 연구를 살펴보면 설문조사를 기반으로 한 연구가 대부분을 차지하며, 정량적인 자료를 근거로 한 연구는 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 설문조사와 같이 설문대상자의 전문성 정도에 따라 신뢰도가 확보되는 문제를 해결하고자, 건축 설계사무소의 재무제표 및 교육부서 담당자를 통해 확보된 객관적인 자료를 근거로 한 DEA 모형을 활용하였다.

또한 건설업의 경우 수주산업으로 산출물에 따라 투입물을 조정하는 방식인 투입지향의 효율성 방식을 적용해야 한다(김건식 2005). 이에 본 연구에서는 투입지향 모형인 CCR-I 모형과 BCC-I 모형을 사용하였다.

2.3.1 CCR-I 모형

DEA 모형들 중에서 Charnes et al(1978)이 최초로 개발한 것을 CCR(Charnes, Cooper, Rhodes) 모형이라 부르며, CCR-I 모형은 투입중심의 CCR모형을 가리킨다. 평가대상 DMU(이를 DMU_0 라 부름)의 효율성을 평가하기 위한 CCR-I 모형은 다음 식 (1)과 같이 선형계획모형으로 정식화 할 수 있다.

$$\begin{aligned} \min \theta \\ \text{제약식 } \theta x_0 - X\lambda \geq 0 \\ y_0 - Y\lambda \leq 0 \\ \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

여기서, θ : DMU_0 의 투입물 승수
 x_0, y_0 : DMU_0 의 투입물과 산출물 벡터
 X, Y : 전체 DMU 들의 투입물과 산출물 행렬
 λ : 가중치 벡터

위 모형에서 투입물 승수는 1이하의 값을 가지며, 이를 DMU_0 의 CCR효율성이라 한다. 만약 CCR효율성 값이 1이면 DMU_0 가 효율적인 것으로 평가되고, 그 값이 1보다 작으면 DMU_0 가 비효율적인 것으로 평가된다. 어떤 DMU가 비효율적인 경우에는 이보다 효율적인 가상적 DMU가 존재하고, 이것은 $\lambda_j^* > 0$ 인 DMU들(참조집합이라 부름)의 선형결합(Linear combination)으로 구성된다.

2.3.2 BCC-I 모형

DEA연구의 초기부터 CCR모형의 대안으로서 다양한 확장 모형이 개발되었으며, 그 중 Banker et al(1984)이 개발한 BCC(Banker, Charnes, Cooper) 모형이 대표적이다. CCR모형은 규모수익성(return to scale)이 일정하다고 가정하였다. 그러나 BCC에서 효율적 프론티어는 주어진 DMU들의 볼록집합(convex hull)으로 구성되므로 규모수익성이 변동한다고 본

다. BCC-I 모형은 다음 식 (2)와 같이 선형계획모형으로 정식화할 수 있다.

$$\begin{aligned} \min \theta_B \\ \text{제약식 } \theta_B x_0 - X\lambda \geq 0 \\ y_0 - Y\lambda \leq 0 \\ e\lambda = 1 \\ \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{2}$$

여기서 e 는 1로만 이루어진 벡터이고, CCR모형과의 차이는 각 DMU에 대한 참조집합 λ 의 크기를 1로 제한하는 볼록성(convexity)조건에 의해 발생됨을 알 수 있다. 즉, $e\lambda=1$ 이라는 제약 조건을 추가함으로써 규모 수익성의 증가(Increasing Returns to Scale, IRS) · 일정(Constant Returns to Scale, CRS) · 감소(Decreasing Returns to Scale, DRS) 상태를 모두 포괄했다.

2.3.3 DEA/AHP 결합모형

DMU의 효율성을 평가하기 위한 투입요소와 산출요소의 선택에 따라 도출되는 효율성 점수가 크게 달라질 수 있기 때문에 이를 위한 요소선정의 문제는 매우 중요하다(김성식 2012). 이와 관련하여 AHP와 DEA 결합모형은 모두 다수의 대안들이 존재할 경우에 효과적으로 최종적인 대안을 산출하기 위하여 개발된 모형들이며 많은 연구자들이 AHP와 DEA를 결합하여 활용하고 있다(장현덕 2011). 양원모(2003)와 이덕주(2006)는 R&D 프로젝트 선정 등의 분야에서 AHP와 DEA를 결합하여 효과적으로 의사결정 할 수 있는 방안을 제시하였으며, 최재원(2011)은 창업기업의 운영효율성을 평가하기 위해 델파이 및 AHP분석을 활용하여 중요변수들을 선정하였으며, 이를 근거로 효율성 분석을 실시하였다. 선행연구 고찰을 통한 DEA/AHP 결합모형의 프로세스는 그림2와 같다.

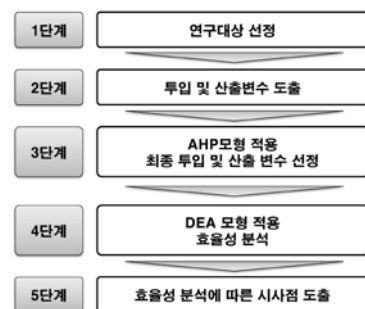


그림 2. DEA/AHP 결합모형 프로세스

이에 본 연구에서는 건축 설계사무소의 교육효율성 분석을 위해 선행연구 분석 및 전문가 인터뷰를 통해 도출된 변수를 근거로 AHP 모형을 활용하여 투입 및 산출 변수를 선정 한 후 DEA 모형에 적용하였다.

3. 교육효율성 분석을 위한 변수 도출

3.1 투입 · 산출변수 도출

건축 설계사무소의 교육효율성 분석을 위한 DEA 모형의 투입 및 산출변수 선정을 위해 1차적으로 교육효율성 분석과 관련된 선행연구를 고찰하였으며 추가적으로 건축 설계사무소의 재무제표 및 전문가 인터뷰를 통해 표3과 같이 변수를 도출하였다.

표 3. 교육효율성 분석을 위한 변수 도출

구분		투입변수	산출변수
선행 연구	교육 효율성	김은정 (2005) 학급당 학생수 교사경력 17년 이상 교사비율 학생당 부지 및 복리비	4년제 대학진학률
		황혜성 (2008) 예산 사무직원수 강사수	기관수 프로그램수 학습자수
		이건남 (2009) 재정지원액	입학생수 진학생수 동일계 취업자수
	건설 산업	김건식 (2006) 종업원수 고정자산 판매비 관리비	매출액 계약잔액 부가가치
		김일수 (2010) 고정자산 총인건비 재료비(매출원가)	매출액 영업이익
		김성식 (2012) 자본금 종업원수	당기순이익 매출액
재무제표 ²⁾	교육훈련비	당기순이익 매출액	
전문가 인터뷰	교육시간 교육강사수	당기순이익 매출액	

먼저 김은정(2005)은 서울시 중등교육기관의 상대적 효율성 분석을 위해 학급당 학생수, 교사경력, 17년 이상 교사비율, 학생당 부지 및 복리비를 투입변수로 4년제 대학진학률을 산출변수로 활용하였으며, 황혜성(2008)은 광역자치단체의 평생학습정책의 효율성 분석을 위해 예산, 사무직원수, 강사수를 투입변수로 기관수, 프로그램수 및 학습자수를 산출변수로 선정하였다. 또한 이진남(2009)은 전문계 고등학교의 효율성 변화 분석을 위해 재정지원액을 투입변수로 입학생수, 진학생수, 동일계 취업자수를 산출변수로 선정하였다. 이와 같이 교육효율성과 관련된 선행연구에서는 교육의 효율성이라기보다는 교육을 진행하는 개별 학교의 효율성 분석을 조사하였기 때문에 본 연구에서는 부분적으로 투입 및 산출 변수로 활용하기에 무리가 있다고 판단하였다. 이에 건설산업에서의 효율성 분석을

위해 활용되는 변수를 파악하였다. 김건식(2005)은 외환위기 이후 국내건설회사의 효율성 분석을 위해 종업원수, 고정자산, 판매비 및 관리비를 투입변수로 매출액, 계약잔액, 부가가치를 산출변수로 선정하였으며, 김일수(2010)는 건설기업의 경영효율성 분석을 위해 고정자산, 총인건비, 재료비(매출원가)를 투입변수로 활용하였으며, 매출액과 영업이익을 산출 변수로 사용하였다. 김성식(2012)은 건축 설계사무소의 효율성 분석을 위해 자본금과 종업원수를 투입변수로 당기순이익과 매출액을 산출변수로 선정하였다. 또한 건축 설계사무소의 재무제표를 분석하여 투입변수로 교육훈련비 항목을 산출변수로 당기순이익 및 매출액을 추가하였으며, 건축 설계사무소의 팀장급 전문가와의 인터뷰를 통해 교육시간 및 교육강사 인원과 당기순이익 및 매출액을 예비항목으로 선정하였다. 이에 본 연구에서는 교육효율성 분석을 위한 예비 투입 변수로 종업원수, 교육훈련비, 교육시간, 교육강사수, 교육강사경력을 선정하였으며, 산출 변수로는 당기순이익, 매출액, 계약잔액, 부가가치, 영업이익으로 선정하였다.

3.2 AHP를 활용한 투입 · 산출변수 선정

DMU의 효율성을 평가하기 위한 투입 및 산출변수의 선택에 따라 도출되는 효율성 점수가 크게 달라질 수 있기 때문에 이를 위한 변수 선정의 문제는 매우 중요하다. AHP는 1970년대 초반 Tomas Saaty에 의해 개발된 의사결정 방법으로 대안간의 중요도 평가에 있어서 계량 가능한 ‘정량적 요소’ 뿐만 아니라 ‘정성적 요소’까지도 고려가 가능하며, 평가자의 의견에 대하여 일관성 비율(Consistency Ratio : C.R.)³⁾을 검증하는 과정을 통해 평가결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있다(송기준 2007). 이에 본 연구에서는 투입 및 산출변수의 신뢰성을 높이기 위하여 AHP분석을 활용하였으며, 2010년 매출액을 기준으로 1~30위의 건축 설계사무소를 대상으로 설문을 진행하였다. 조사방법은 직접방문 또는 E-mail을 통한 설문조사를 실시하였다.

표 4. 설문조사 개요

조사기간	2012. 09. 03. ~ 2012. 09. 28
조사대상	건축 설계사무소 실무자
조사방법	총 50부 배포 36부 회수 (회수율 72%)
	E-mail을 통한 배포 및 방문 회수
분석방법	AHP 분석을 위한 9점 척도
분석내용	투입 · 산출변수의 상대적 중요도 평가

2) 재무제표는 기업의 이해관계자에 대하여 그들의 경제적 의사결정에 기여하는 정보를 제공하기 위하여 기업의 거래를 측정 · 기록분류 · 요약 · 작성하는 회계 보고서를 의미한다.

3) AHP 기법에서 응답자의 일관성을 평가하기 위해 제시된 수치로 C.R.=C.I./R.I. 로 계산되며, 일반적으로 C.R. ≤ 0.1 인경우에만 신뢰할 수 있다고 판단한다. 여기에서 일관성 지수C.I.(Consistency Index)=(λmax-n)/(n-1)이다. λmax: 최대고유값, n: 요소의 수, R.I.: 임의지수

총 36개의 설문지 중 일관성이 결여되었다고 판단되는 1개와 불성실한 응답자의 설문지 1부 등 총 2부의 설문을 제외한 34부의 설문을 가지고 상용 프로그램인 'Expert Choice'를 통해 각 평가항목별 가중치를 산출하였으며 결과는 표 5와 같다. 상대적 가중치 분석결과 투입변수에서는 종업원수 0.212, 교육훈련비 0.362, 교육시간 0.260, 교육강사수 0.090, 교육강사경력 0.076으로 나타났으며, 산출변수에서는 당기순이익 0.293, 매출액 0.389, 계약잔액 0.104, 부가가치 0.090, 영업이익 0.124로 나타났다. 그러나 많은 수의 관련요소를 DEA 분석에 적용한다면 대부분의 DMU가 효율적이라는 결과가 도출되어 DEA 분석의 의미가 떨어지므로, 이 수를 제한 할 필요가 있다(임성목 2009). 이에 본 연구에서는 AHP 분석결과를 근거로 투입변수에서는 종업원수, 교육훈련비, 교육시간을 선정하였으며, 산출변수에서는 당기순이익, 매출액을 선정하였다. 투입변수로 1순위인 교육훈련비는 건축 설계사무소에서 교육을 위해 투하된 자본의 총액이며, 교육효율성을 판단하기 위한 투입요소로 가장 중요하게 생각하는 것을 알 수 있다. 2순위인 종업원수는 건설업과 마찬가지로 노동집약적인 산업이며, 교육훈련의 주체이기 때문에 중요하게 생각하는 것으로 판단된다. 또한 3순위인 교육시간은 급변하는 건설 산업에 적합한 인재를 육성하기 위해 지속적인 교육이 필요성이 중요한 것으로 나타났다. 산출변수로 1순위인 매출액은 기업의 대표적인 운영 성과이며, 효율성 분석에 있어서 가장 많이 활용되는 변수이며, 2순위인 당기순이익은 기업의 생산 활동에 의한 이윤에서 모든 제반경비를 제외한 순 이익으로서 기업의 모든 결과를 집약적으로 나타내어주는 변수로서 중요한 의미를 갖는 것으로 나타났다.

표 5. 투입·산출변수 선정을 위한 AHP분석 결과

구분	변수	가중치	Normalize	선정여부
투입변수	종업원수	0.212	0.587	●
	교육훈련비	0.362	1.000	●
	교육시간	0.260	0.720	●
	교육강사수	0.090	0.249	
	교육강사경력	0.076	0.211	
산출변수	당기순이익	0.293	0.753	●
	매출액	0.389	1.000	●
	계약잔액	0.104	0.266	
	부가가치	0.090	0.231	
	영업이익	0.124	0.319	

투입 산출요소의 적정 수에 대하여 Banker, Charnes & Cooper는 DMU의 수는 최소한 투입요소와 산출요소의 수

를 합한 것보다 3배 이상 되어야 한다는 연구결과를 제시하였으며(Banker et al. 1984), Bussofiane, Dyson and Thanassoules는 DMU의 수는 최소한 투입요소의 수와 산출요소의 수를 곱한 것보다 커야 한다고 하였다(Boussofiane et al. 1991). 본 연구에서는 투입 변수 3개, 산출 변수 2개로 DEA분석을 진행하기에 유효한 것으로 판단된다.

4. DEA를 이용한 교육효율성 분석

4.1 자료수집

본 연구에서 사용한 자료는 대한상공회의소 운영 종합기업 정보제공 웹사이트인 코참비즈 및 해당 설계사무소 담당자를 통해 수집하였다. 평가 대상 업체는 2010년 매출액을 기준으로 한 1위 ~ 30위까지 건축 설계사무소를 선정하였으나, 재무 정보 및 교육관련 정보를 제공하지 않거나 투입 및 산출 변수의 정량화가 어려운 13개 업체를 제외한 총 17개의 건축 설계 사무소를 연구의 대상으로 선정하였다. 평가대상 업체의 기술 통계량은 다음 표 6과 같다.

표 6. 2010년 매출액 기준 건축 설계사무소의 기술통계량

(단위 : 백만원, 명)

구분	최대값	최소값	평균	표준편차	
투입 변수	종업원수	1,060	210	467.58	261.05
	교육훈련비	460	7	74.82	105.69
	교육시간	237	10	42.23	52.78
산출 변수	당기순이익	8,282	-17,563	1,361.23	5,395.03
	매출액	235,769	23,631	68,032.35	56,747.15

* 교육훈련비, 당기순이익, 매출액 등의 최대, 최소값은 십만단위에서 반올림 함
* 설계사무소의 경우 온라인 필수교육을 운영하여 상대적으로 높은 교육시간을 적용

DEA 모형을 사용하여 효율성을 측정하기 위한 제약조건 중 하나는 투입 및 산출요소의 값이 0보다 큰 양수 값이어야 하는 비음조건이 있다(서광규 2011). 이에 본 연구에서는 특정한 투입변수나 산출변수의 값이 음수인 경우, 양수가 되도록 값을 더하여 투입변수 값이나 산출변수 값을 동일하게 조정하였다. 따라서 당기순이익 중 가장 큰 음수에 +1을 한 절대값을 모든 당기 순이익에 더함으로써 최소값이 1이 되도록 하였다.

4.2 CCR-와 BCC-모형을 통한 효율성 분석

연구의 대상으로 선정된 17개 건축 설계사무소의 교육효율성을 분석하기 위하여 박만희(2008)의 효율성 및 생산성 분석 프로그램인 EnPAS 1.0을 이용하였다. 이를 통해 건축사사무소의 규모수익불변 효율성(Constant returns to scale, CRS)

과 규모수익가변 효율성(Variable returns to scale, VRS), 규모효율성(Scale efficiency, SE), 규모수익성(Returns to scale, RTS)을 산출하였으며 결과는 표 7과 같다.

표 7. 건축 설계사무소의 교육효율성 분석

No.	DMU	CRS(CCR)	VRS(BCC)	SE	RTS
1	A 설계사무소	1	1	1	CRS
2	B 설계사무소	1	1	1	CRS
3	C 설계사무소	1	1	1	CRS
4	D 설계사무소	0.6530	1	0.6530	DRS
5	E 설계사무소	0.9315	1	0.9315	DRS
6	F 설계사무소	0.8806	0.9030	0.9752	DRS
7	G 설계사무소	1	1	1	CRS
8	H 설계사무소	1	1	1	CRS
9	I 설계사무소	1	1	1	CRS
10	J 설계사무소	0.8653	0.9034	0.9578	IRS
11	K 설계사무소	1	1	1	CRS
12	L 설계사무소	1	1	1	CRS
13	M 설계사무소	0.5975	0.5999	0.9960	DRS
14	N 설계사무소	0.9332	1	0.9332	DRS
15	O 설계사무소	0.5825	0.6053	0.9623	DRS
16	P 설계사무소	1	1	1	CRS
17	Q 설계사무소	0.9313	0.9714	0.9687	DRS

표 7에 나타난 바와 같이 2010년도의 건축사사무소의 교육 효율성과 관련하여 CCR 효율성 순위로는 A, B, C, G, H, I, K, L, P 건축 설계사무소의 효율성이 1로 분석되었기 때문에 효율적인 DMU 수는 총 9개 인 것으로 나타났다. 그러나 D, M 건축 설계사무소의 경우 효율성이 각각 0.653, 0.597로 나타나 상대적으로 비효율적인 것은 알 수 있다. BCC 효율성의 순위로는 A, B, C, D, E, G, H, I, K, L, N, P 건축 설계사무소의 효율성이 1로 분석되어 가장 효율적인 DMU 수가 총 12개로 나타났다. 또한 총 17개 건축 설계사무소의 BCC 효율성의 평균을 분석한 결과 0.94로 전반적인 교육효율성 수준이 매우 높은 것으로 나타났다. 규모효율성(SE)의 순위로는 A, B, C, G, H, I, K, L, P 건축 설계사무소의 효율성이 1로 총 9개의 건축 설계사무소가 효율적인 운영을 하고 있으며 규모를 제대로 이용하고 있다고 할 수 있다.

비효율에 대한 문제가 기업 내부 경영상의 문제인지 또는 기업 규모에 있어 상대적으로 불리한 것인지 BCC 효율성을 통해 재검토가 가능하며, 본 연구의 DEA분석 결과 D, E, N 건축 설계사무소는 BCC효율성이 1이지만 CCR 효율성이 각각 0.65, 0.93, 0.93으로 기업의 교육과 관련된 운영 상태는 우수하다고 할 수 있지만, 전반적으로 기업의 교육과 관련된 규모에 있어 불리한 위치에 있다는 것을 알 수 있다. 이를 위해 교육과 관련된 규모를 감소하면 효율적인 운영을 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 CCR 효율성과 BCC 효율성이 모두 1

이 되지 않는 경우, 기업의 교육과 관련된 규모에 대한 비효율과 기업의 교육과 관련된 운영에 대한 비효율을 상대적으로 평가할 수 있다. 본 연구에서는 M, O 건축 설계사무소의 경우 CCR 효율성과 BCC 효율성이 각각 0.59, 0.58과 같이 매우 낮음에도 불구하고 규모효율성은 0.9보다 크므로 기업의 내부 운영은 잘 되고 있지 않으나, 기업의 규모에 있어서는 유리한 위치에 있다고 볼 수 있다.

규모수익성(RTS)의 경우, DRS(Decreasing Return to Scale)가 7개, IRS가 1개 기업으로 나왔다. DRS로 나온 기업들은 기업의 교육과 관련된 규모의 감소를 통한 수익성 향상을 기대할 수 있고, IRS(Increasing Return to Scale)로 나온 기업들은 기업 교육과 관련된 규모의 증가를 통한 수익성 향상을 기대할 수 있을 것이다. CRS로 나온 A, B, C, G, H, I, K, L, P 등 9개의 기업들은 교육과 관련하여 효율적인 규모운영을 하는 것으로 나타났다.

4.3 비효율적인 DMU의 벤치마킹 대상 선정

본 연구의 참조집합의 빈도를 보면 표 8과 같다. CCR 모형의 참조빈도 수에서는 G 건축 설계사무소가 5회, K 건축 설계사무소가 4회, C, H, I, L 건축 설계사무소가 3회 순으로 높게 나타났다. 또한 BCC 모형의 참조빈도 수에서는 G 건축 설계사무소가 5회, H, K 건축 설계사무소가 4회, L 건축 설계사무소가 3회 순으로 높게 나타났다.

이를 통해 2010년도 건축 설계사무소의 교육효율성 비교에 있어서 G, H, K 건축 설계사무소가 가장 많은 벤치마킹의 대상이 되는 기업이라고 할 수 있다.

표 8. CCR, BCC 모형의 벤치마킹 대상 분석

No.	DMU	CRS(CCR) 벤치마킹 대상	빈도수	BCC 모형 벤치마킹 대상	빈도수
1	A 설계사무소	1	1	1	2
2	B 설계사무소	2	2	2	1
3	C 설계사무소	3	3	3	1
4	D 설계사무소	3, 9	-	4	1
5	E 설계사무소	2, 7	-	5	1
6	F 설계사무소	7	-	1, 7	-
7	G 설계사무소	7	5	7	5
8	H 설계사무소	8	3	8	4
9	I 설계사무소	9	3	9	2
10	J 설계사무소	3, 8, 11	-	7, 9, 12	-
11	K 설계사무소	11	4	11	4
12	L 설계사무소	12	3	12	3
13	M 설계사무소	8, 11, 12	-	7, 8, 11, 12	-
14	N 설계사무소	7	-	14	1
15	O 설계사무소	7, 11, 12	-	7, 8, 11, 16	-
16	P 설계사무소	16	1	16	2
17	Q 설계사무소	9	-	8, 11	-

5. 결론

본 연구는 DEA/AHP 결합모형을 이용하여 국내 건축 설계 사무소의 규모수익불변 효율성, 규모수익가변 효율성, 규모효율성, 규모수익성 등과 같은 교육효율성을 분석하였으며, 참조 집합빈도 분석을 통해 벤치마킹 대상 기업을 선정하였다. 기존 건설 산업에서의 DEA 분석은 기업의 전반적인 경영측면에서만 고려되었다면 본 연구는 교육이라는 특정분야에 대한 효율성을 분석하였다는 차이점이 있다. 또한 교육효율성을 분석하기 위해서는 자본금, 예산, 자산, 판매비 등과 같은 기존의 변수를 사용할 수 없기 때문에 AHP 분석방법을 활용한 결합모형을 제안하였다. 본 연구의 결과 및 시사점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, DEA/AHP 모형을 이용하여 건축 설계사무소의 교육효율성을 분석함으로써 각각의 설계사무소간의 순위결정을 가능하게 할 수 있는 효율성 평가모형을 제시하였다. 둘째, DEA 모형을 활용하기 위한 변수 추출과정에서 기존 선행연구에 의존하는 것이 아니라 전문가를 대상으로 한 AHP 분석기법을 통해 변수의 객관성을 확보하였다. 셋째, DEA모형 들 중에서 CCR-I 모형과 BCC-I 모형을 사용하였으며, 17개 건축 설계사무소들의 2010년도 교육효율성과 규모수익성(RTS) 그리고 참조빈도를 분석하였다. 넷째, 분석결과 BCC 효율성이 1인 건축사사무소들은 모두 12개로 나타났으며, 이들 중 9개 회사는 CCR 효율성도 1이었다. 규모수익성은 IRS가 1개, DRS가 7개, CRS가 9개의 회사로 나타났다. 본 연구를 통해 건축 설계사무소의 교육효율성 분석과 관련하여 객관성, 신뢰성을 가진 평가기준을 구축하는데 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 한계점으로는 교육효율성 분석을 위해 변수로 활용된 재무제표상의 교육훈련비에 대한 각각의 건축 설계사무소의 측정기준이 다르다는 점이다. 이에 향후연구에서는 재무제표상의 기록된 교육훈련비 이외에도 실제 교육훈련을 위해 사용된 비용을 측정하여 자료의 객관성을 확보해야 할 것이다. 또한 본 연구는 2010년을 기준으로 건축 설계사무소의 교육효율성을 분석하였으나, 교육훈련의 특성상 다년간의 효율성의 추세와 안정성을 분석해야 한다. 이를 위해 동태적인 교육효율성 분석방법으로 DEA/Window 분석을 추가적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.20120000729).

참고문헌

- 강범석 · 임병학 · 이상원 (2012). “BSC와 DEA를 이용한 해운 선사의 다단계 효율성 측정 및 벤치마킹에 관한 연구”. 물류학회지, 제22권 제1호, pp. 5~30
- 김건식 (2005). “외환위기 이후 국내건설회사의 효율성 분석”. 한국건설관리학회 논문집, 제6권 제1호, 한국건설관리학회, pp.151~161
- 김대환 (2010). “자원재활용 산업의 효율성 분석을 통한 전략적 운영방안의 수립에 관한 연구”. 건국대학교 박사학위논문
- 김명재 (2010). “DEA 모델을 이용한 국내 조선업의 경영효율성 분석”, 해운물류연구, 제66권, pp. 651~673
- 김성식 · 박정로 · 오중근 · 김재준 (2012). “DEA/Window 모형을 이용한 국내 대형 건축사사무소의 효율성 분석”. 대한건축학회 논문집, 제28권 제9호, pp. 165~172
- 김은정 (2005). “DEA 기법을 활용한 서울시 중등교육기관의 상대적 효율성 분석”. 건국대학교 박사학위논문
- 김일수 · 남영우 (2010). “DEA 분석기법을 활용한 건설기업의 경영효율성 분석”. 제42권, pp.359~370
- 김종기 · 강다연 (2008). “DEA 모형을 이용한 국내 아파트 건설기업(상장기업)의 효율성 분석”. 한국콘텐츠학회논문지, 제8권 제7호, pp. 201~207
- 나민주 · 김민희 (2005). “DEA를 활용한 대학교육의 효율성 국제 비교”. 한국교육재정경제학회, 제14권 제2호, pp. 205~237
- 박만희 (2008). “DEA 효율성 및 Malmquist 생산성 분석시스템 개발”. 한국생산성학회, 제22권 제2호, pp. 241~265
- 박양규 · 이동임 · 김종인 · 임말비나 (2008). “직무중심임금시스템 채택 기업의 운영 효율성에 대한 탐색적 연구”. 한국경상학회, 제26권 제4호, pp. 43~55
- 박혜영 (2009). “DEA분석을 이용한 평생학습도시 교육사업의 효율성 비교평가”. 평생교육학연구, 제15권 제2호, pp. 1~28
- 배민영 (2009). “DEA Malmquist 모형을 이용한 항만 효율성 분석”. 부경대학교 석사학위논문
- 배준호 (2010). “DEA분석을 이용한 특급호텔 외식사업부의 경영효율성에 관한 연구 : 서울지역 레스토랑 중심으로”. 경희대학교 석사학위논문
- 서광규 · 최다영 (2011). “AHP와 DEA 결합모형을 이용한 상장 건설기업의 효율성 분석”. 한국콘텐츠학회논문지, 제11권 제6호, pp. 302~310

서정인 (2003). “CAD 활용 실태와 AutoCAD의 Customization 교육의 필요성에 관한 연구”. 명지대학교 석사학위논문

송기준 · 김창준 · 강경인 (2007). “우선수리대상 문화재 선정 을 위한 의사결정 지원 모델 개발”, 대한건축학회 논문집, 제23권 제5호, pp. 211~218

심광식 (2006). “DEA 모형을 활용한 지하철 운영기관의 효율 성 평가”. 전남대학교 석사학위논문

양원모 (2003). “DEA/AHP를 이용한 서수적 요소가 존재하는 R&D프로젝트 선정 방법론에 관한 연구”. 경희대학교 석 사학위논문

윤건우 · 유승호 (2009). “비모수 분석모형을 활용한 국내 온 라인게임 기업의 인적자본 효율성 연구”. 한국게임학회논 문지, 제9권 제2호, pp. 81~93

이건남 (2009). “DEA와 Malmquist 생산성 지수에 의한 전문 계 고등학교의 효율성 변화 분석”. 한국농업교육학회, 제 41권 제2호, pp. 77~100

이경주 · 박정로 · 김재준 (2012). “DEA와 PCA를 이용한 건설 기업의 핵심투입-산출변수 추출에 관한 연구”. 한국건설 관리학회 논문집, 제13권 제5호, 한국건설관리학회, pp. 94~102

이덕주 · 배성식 · 강진수 (2006). “DEA/AHP 모형을 이용한 R&D 프로젝트 선정모형 및 Web 기반 R&D 프로젝트 선 정시스템 개발”. 대한산업공학회지, 제32권 제1호, pp. 18~28

이대순 · 이재영 · 홍봉영 · 유규열 (2006). “국내 방산 업체의 운영 효율성 분석평가”. 한국정책분석평가학회, 제16권 제 3호, pp. 87~112

임성묵 (2009). “DEA에서 투입 · 산출 요소 선택 방법”. 대한 산업공학회, 제22권 제1호, pp. 44~55

정순오 (2005). “건설 프로젝트 Life Cycle process의 효율성 평가”. 성균관대학교 박사학위논문

장현덕 · 이장희 (2011). “AHP와 DEA 활용을 통한 효율적인 유망 기술 선정”. 한국기업경영학회, 제38권, pp. 67~85

최재원 (2011). “AHP와 DEA를 활용한 창업기업의 경영성과 개선방안 연구 : 창업보육센터 입주기업을 중심으로”. 경 희대학교 박사학위논문

황혜성 (2008). “광역자치단체의 평생학습정책 효율성 분석 : DEA분석과 Post-DEA분석(Survey와 심층면접)을 활용 하여”, 성균관대학교 석사학위논문

Avkiran, K. (2001). “Investigating Technical and Scale Efficiencies of Australian Universities through Data Envelopment Analysis”. Socio-Economic Planning Science, 35, pp. 57~80

Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984). “Some models for estimating technical and scale in efficiencies in data envelopment analysis”. Management Science, 30(9), pp. 1078~1092

Barros, C. P. (2003). “Incentive Regulation and Efficiency of Portuguese Port Authorities”. Maritime Economics & Logistics, 5, pp. 55~69.

Boussofiane, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E. (1991). “Applied Data Envelopment Analysis”. European Journal of Operational Research, 52, pp. 1~15

Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978). “Measuring efficiency of decision making units”. European Journal of Operational Research 2, pp. 429~444

Sherman H. D. (1984). “Improving the Productivity of Service Business”. Sloan Management Review, 25(3), pp. 11~23

Xue, X., Shen, Q., Wang, Y., and Lu, J. (2008). ” Measuring the Productivity of the Construction Industry in China by Using DEA-Based Malmquist Productivity Indices.” Journal of Construction Engineering and Management, 134(1), pp. 64~71

논문제출일: 2012.12.06
 논문심사일: 2012.12.14
 심사완료일: 2013.02.01

요 약

현대사회는 산업경제사회에서 지식기반사회로 급격히 변화되어 현대인에게 요구하는 지식과 기술의 변화를 따라가기 위하여 지속적인 학습 또는 교육을 받지 않으면 현대사회를 살아갈 수 없게 되었다. 건축 설계사무소의 경우 내부역량 향상에 초점을 맞춰 자체적인 교육을 실시하여 실무자의 능력을 배양함으로써 기업의 생산성을 향상시키는데 주력하고 있다. 이와 관련하여 최근 다양한 산업분야에서 재무비율 지표들을 활용한 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)을 실시하여 기업의 효율성을 분석하고 있으며, 건설산업에서 또한 DEA를 활용한 효율성 분석 연구가 증가하고 있다. 그러나 건설산업의 경우 경영 효율성에만 초점을 맞춰 연구가 진행되었을 뿐 각 기업의 교육효율성 분석과 같은 특정 분야에 대한 접근이 매우 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 교육효율성과 관련된 선행연구와 전문가 인터뷰를 통한 변수 도출 및 계층적 분석방법(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 활용하여 투입 및 산출 변수를 선정 후 DEA 모형을 활용하여 건축 설계사무소의 교육효율성을 분석하였다.

키워드 : 건축 설계사무소, 교육효율성, 계층적 분석방법, 자료포락분석
