

DEA를 활용한 국내 사립대학 운영 효율성 분석

배영민¹, 한승조^{2*}

¹김천대학교 ICT 군사학부, ²국방과학연구소

Analysis of Operation Efficiency in Private University Using the DEA

Young-Min Bae¹, Seung-Jo Han^{2*}

¹Division of ICT Military, Gimcheon University

²Senior Researcher, Agency for Defense Development

요약 저출산 고령화로 인한 입학자원의 감소와 교육의 질에 대처하기 위한 대학구조개혁 및 조정은 필요한 것으로 인식되고 있으며 이에 따른 국내 고등교육 시장에서 관심을 많이 받고있는 정책은 대학구조개혁이라고 할 수 있다. 국내 사립대학의 자원입력과 성과 관점에서 상대적 효율성을 분석하기 위하여 DEA 기법을 적용하여 사립대학 운영 효율성을 측정하고 평가결과를 2018년 대학기본 역량진단 실제 결과와 비교 분석함으로써 실용적 사용 가능성에 대해 확인한다. 연구분석에 사용되는 입력 및 산출변수는 대학알리미 공지자료를 이용하였다. 운영 효율성 분석결과, 25개 DMU 중에서 BCC 모델의 경우 48% (12개 대학)가 효율적인 것으로 나타났으며 자율개선대학이 아닌 역량강화 대학들 중 일부가 효율적으로 운영되고 있는 것으로 나타났고 DEA 분석결과를 통하여 비효율적인 집단에 대한 개선방안을 찾아볼 수 있었다. 본 연구는 여러 입-출력요소를 동시에 고려하여 잉여, 부족값을 확인 할 수 있는 DEA-Additive 모델을 통해 사립대학의 상대적 효율성을 확인하고 개선방향을 제시하였다는 점에서 의의가 있다. 이를 통하여 각 대학 입-출력요소에 관한 제한된 자원을 효율적 활용을 적용하기 위한 노력에 도움이 될 것으로 기대한다.

Abstract The structure of universities needs to be adjusted and reformed to cope with the decrease in admission resources and the quality of education due to the low birth rate and aging population. Such a policy is receiving much attention. To analyze the relative efficiency of private universities in Korea from the perspective of resource and performance, this study evaluated the efficiency of private university operation by applying a DEA(Data Envelopment Analysis) technique. The DEA measurements were compared with the diagnosis results of the department of education (Government) in 2018. The input and output variables used in the research analysis were utilized by the university's notification materials (public disclosure information). An analysis of the operational efficiency showed that 48% (12 universities) of the 25 DMUs (Decision Making Unit) were efficient for DEA-BCC models and that some of the capacity-building universities were operating efficiently. In addition, the DEA analysis found ways to improve inefficient groups through DEA-Additive results. This paper can be meaningful because it confirmed the relative efficiency of private universities and suggested improvement directions through the DEA method, which is characterized by the simultaneous consideration of various input and output factors. This will help apply the limited resources related to the input and output elements of each university.

Keywords : DEA, Private University, Efficiency, BCC, Additive

*Corresponding Author : Seung-Jo Han (ADD)

email: seungjo1651@add.re.kr

Received October 26, 2020

Accepted February 5, 2021

Revised December 1, 2020

Published February 28, 2021

1. 서론

저출산 고령화로 인한 입학자원의 감소와 교육의 질에 대처하기 위한 대학구조개혁 및 조정은 필요한 것으로 인식되고 있으며 이에 따른 국내 고등교육 시장에서 관심을 많이 받고있는 정책은 대학구조개혁이라고 할 수 있다. 대학평가에 대한 내용은 2015 ~ 17년까지 대학구조개혁평가 형태로 진행되었고 2018 ~ 21년까지 대학기본역량진단이라는 형태로 진행되고 있지만 궁극적으로 대학 정원 감축과 재정지원 제한 등으로 교육부 주도방식의 대학 구조개혁이 진행되고 있어 많은 대학들이 개선을 위해 노력을 하고 있는 상태이다. 이와 같은 상황을 고려하여 대학의 입력, 출력자원 활용 측면에서 효율성 평가에 대한 요구가 증가됨에 따라 DEA(Data Envelopment Analysis, 이하 DEA) 방법을 이용한 효율성 분석에 관한 연구가 이루어지고 있다. DEA는 비모수적 방법으로 평가대상 단위(DMU, Decision Making Unit, 이하 DMU)에 대해 선형계획 모형을 적용해야 하는 불편함이 있지만 입력력 요소에 대한 단위가 다르더라도 한번에 반영할 수 있고 비효율으로 판정된 부분과 크기를 확인할 수 있다는 점에서 많이 활용된다. [1]

본 연구에서는 DEA 방법을 적용하여 국내 사립대학의 상대적 운영 효율성 분석을 실시하고 효율성 분석결과에 기초하여 비효율적인 집단에 대한 개선방안을 찾는다. 실제 대학평가 결과를 반영하여 등급별 대표적인 25개 사립대학을 분석단위로 선정하였고 분석을 위한 입력 및 산출변수의 자료는 대학공시제도 사이트에서 확인하였다. 기존 연구결과와 현재 대학평가에 사용되는 평가지표를 반영하여 입력지표로서 사립대학의 인적·물적 자원 입력수준을 나타내는 학생수, 전임교원수, 장학금수혜율과 1인당 교육원가로 정의하였다. 산출지표는 대학 지속성장성을 표현하는 학생취업률, 교수연구실적, 학생유지율, 충원율로 정의하였다.

2장에서는 기존연구에 대해 확인해보고 3장에서는 DEA의 이론적 배경을, 4장에서는 사립대학의 효율성평가모형을 설명한다. 5장에서는 효율성 평가 및 분석결과를 제시한다.

2. 기존 연구 고찰

2.1 DEA를 이용한 대학 효율성 평가에 관한 연구

DEA 방법을 적용한 기존연구에서 적용되어진 최근

연구를 확인해보면 [2-4], 적용대상 측면에서 엄준용은 대학원에 대해서 분석을 하였고 정대범은 전문대학을 대상으로 상대적 효율성을 분석하였다. 박상률은 중앙일보에서 실시하는 평가지표를 적용하여 대학의 효율성을 상대적으로 분석하는 등 많은 연구가 있었으나 산출지표로 연구실적만을 고려하는 등 일부 지표만 반영하여 대학에 대한 종합적 효율성 측정에는 미흡한 부분이 있다.

박성환은 국립대학의 효율성 평가를, 한유정은 DEA와 AHP 방법을 이용하여 성과평가에 관한 연구를 실시하였다.[5-6] 노미현은 대학평가 사업을, 문태형은 재정지원 제한대학을, 이병화는 다중회귀분석과 DEA를 이용한 전문대학 성과평가에 관한 연구를 실시하였다.[7-9] 또한 김도진은 대학 기본역량진단을 중심으로 전문대학의 효율성 분석을 실시하였고 김대훈은 수도권과 비수도권 대학을 구분하여 효율성을 분석하였다.[10-11] 기존 DEA를 이용한 연구내용은 대학 전체를 대상으로 하여 대학경영의 입출력지표를 고려한 효율성 평가 및 분석보다는 대학정책 평가와 가중치 산출방법 등의 특정 분야에 대한 연구로 국립 및 전문대학 측면에서만 연구가 진행되어 대학 구조조정에서 영향을 많이 받는 사립대학의 운영 측면에서 효율성 측정에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 이론적 측면에서 대학평가 부분에 대해 기존연구에서는 다루지 않았던 DEA-Additive 모델을 통해 각 대학의 운영방향 개선을 위해 구체적인 정보를 제공하는 장점이 있으며 실제적 측면에서 대학이 나아가야 할 방향과 벤치마킹할 수 있는 우수집단을 확인할 수 있어 대학의 효율적 운영을 위한 실질적인 정보를 제공하는 측면에서 의미가 있을 수 있다.

2.2 DEA 입·출력 평가지표 선정에 관한 연구

기존 연구에서 대학 효율성 평가를 위해 사용되어왔던 다양한 평가지표를 살펴보면 다음과 같다. 신현대는 규모, 지역 소재로 구분하여 효율성을 분석하였고 입력변수로 전임교수, 직원수, 대학원생, 인건비 등으로 정의하였고 산출변수는 국제 논문수, 국내 논문수 등의 평가지표로 정의하였다. 정대범은 전문대학 효율성 분석에서 입력지표로서 학생수, 전임교원 확보율, 교육비, 장학금을 정의하였고 산출지표로는 등록률, 신입생충원율, 재학생충원율, 졸업생취업률을 선정하였다. 김현태는 특수교육과에 대한 효율성 분석을 위해서 입력변수로서 학생수, 교육비, 장학금 등으로 정의하고 산출변수로는 취업률, 전임교원 연구실적으로 정의하였다. 선행연구를 통해서 확인할 수 있는 내용은 대학운영에 대해 통계자료를 접

근할 수 있는 대학정보 공시제도 평가지표를 통해서 대학 효율성 연구내용이 진행되었음을 알 수 있고 공통적으로 사용되어지는 학생수, 전임교수, 장학금, 교육비, 취업률, 연구실적, 충원률 등의 입·출력변수를 확인할 수 있다.

Table 1. Input and Output Variables in DEA model

Spec.	Indicator Definition
Input Variable	the number of students enrolled
	the percentage of full-time professor
	scholarship per capita
	cost of education per capita
Output Variable	employment rate
	research performance per capita
	student retent rate
	student recruitment rate

본 연구에서는 기존연구에서 공통적으로 사용되는 입력 및 산출지표를 반영하고 현재 대학평가의 적용지표를 추가하여 Table 1. 과 같이 사립대학을 대상으로 상대적 효율성을 분석하고자 한다.

3. DEA의 이론적 배경

효율성은 입력한 노력이나 자원에 대비하여 산출된 성과비율로 정의될 수 있다. DEA 모형은 입력요소들의 선형결합에 대한 산출요소들의 비율을 극대화시키는 가치를 구하는 방식을 적용한다.

3.1 VRS를 고려한 DEA-BCC모형

본 연구에서는 사립대학 입력요소 증가율이 산출 요소 증가율에 일정하지 않은 VRS (Variable Returns to Scale, 이하 VRS) 형태를 보이기 때문에 VRS 를 반영한 DEA -BCC (Banker, Charnes and Cooper, 이하 BCC) 모형을 적용한다. 모든 입력요소의 단위가 증가함에 따라 산출물의 증가 비례 관계가 기준 이상 일때는 수확체증 (IRS, Increasing Returns to Scale, 이하 IRS) 이며, 반대의 경우 수확체감 (DRS, Decreasing Return to Scale, 이하 DRS) 이라고 한다. [1]

<모형 A>

$$Max \quad Z_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - u_k \quad (1)$$

$$s.t. \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m w_i x_{ij} - u_k \leq 0 \quad (2)$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m w_i x_{ik} = 1 \quad (3)$$

$$u_r \geq 0, w_i \geq 0, u_k = \text{free variable} \quad (4)$$

u_r : 출력요소(r)의 가중치

u_k : RTS 상태변경 계수

w_i : 입력요소(i)의 가중치

DEA-BCC 모형은 <모형 A>으로 나타낼 수 있다. Eq. (1)은 평가대상 DMU K의 효율성을 최대화하는 목적식이다. u_k 는 DMU K를 대상으로 계산에 반영된 DMU 영향도(λ_j) 값의 합을 1로 우수한 DMU를 기준으로 효율적 기준(Efficient Frontier)을 구성한다. Eq. (2), Eq. (3)은 다른 DMU와 비교를 위한 제약이고 Eq. (4)는 변수의 범위를 제약하는 식이다.

3.2 입출력요소 확인을 위한 DEA-Additive 모형

DEA-BCC모형은 0 ~ 1 까지 효율성 수치를 나타내어 평가대상에 대해 직관적인 판단을 가능하게 하지만 평가대상의 효율적 운영 개선을 위해 구체적인 정보를 확인할 수 없다. DEA-Additive 모형은 입력요소에 대해 초과값(s_i^-)과 출력요소에 대한 부족값(s_r^+)을 확인할 수 있어 비효율적 내용이 무엇인지 확인할 수 있다. [12]

<모형 B>

$$Max \quad Z_k = \sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \quad (5)$$

$$s.t. \quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{rk} \quad r = 1, 2, \dots, s \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{ik} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad \lambda_j \geq 0, s_r^+ \geq 0, s_i^- \geq 0 \quad (8)$$

s_r^+ : 출력요소의 부족값

s_i^- : 입력요소의 초과값

λ_j : 비교에 동원된 j 번째 DMU의 영향도

<모형 B>에서처럼 s_i^- 와 s_r^+ 를 목적식으로 하여 최대값이 0 이라고 하면 측정대상 DMU는 효율적인 상태에 있는 DMU로 판단한다. Eq. (5)는 가산형태로 합을 최대화하는 목적식이다. Eq. (6)은 DMU k의 실제값과 비교

대상인 효율적 DMU j 의 실제값 차이를 계산하고 Eq. (7)은 입력변수 차이를 반영한다. Eq. (8)은 참고집단으로 제시된 DMU들의 영향도 총합을 의미한다. 모형 수행 결과 s_r^+ , s_i^- 을 통해 요소들의 비효율적 부분과 정도를 계산할 수 있다.

4. 국내 사립대학 효율성평가 모형

DEA 기법을 적용하여 효율성을 진단하고 각 대학별 부족 및 초과 항목에 대해 확인한다. 또한 측정결과를 2018년 대학 진단결과와 비교하여 검증하는데 목적이 있다. Fig. 1.은 입력 및 산출변수를 바탕으로 DEA 분석을 실시하여 효율성을 산출한 후 비교분석을 통해 차이를 검증하는 모형을 설명한다.

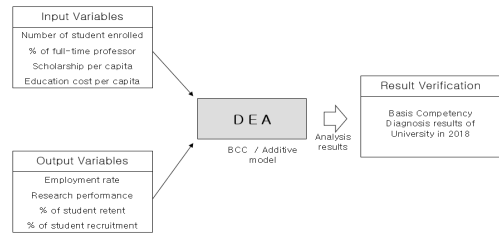


Fig. 1. Analysis model of private university using the DEA

4.1 자료수집 및 분석방법

2018년 대학 기본역량 진단을 수행한 사립대학을 대상으로 효율성 평가를 실시하였고 자료는 2019년까지 공식된 대학들의 자료 중 분석변수 항목을 수집하여 적용하였다. 사립대학의 운영효율성은 DEA-BCC와 Additive 모형을 적용하여 측정하였다. 통계분석은 SPSS 프로그램을 통해 확인하였고, 대학 선정은 자율개선대학, 역량

Table 2. Input / Output Data of Private University

University	Input variable				Output variable			
	Student enrolled (person)	Full-time Professor (person)	Scholarship per capita (10,000won)	Education Cost (10,000won)	Employment rate (%)	Research performance (per capita)	Student retent (%)	Student recruitment (%)
A	16,286	878	343	1,412	66.5	1.8616	99.9	120.7
B	6,146	235	367	1,138	62.1	1.5219	99.1	112.1
C	10,718	429	328	1,142	61.3	1.1977	99.7	108.8
D	4,247	198	462	1,402	75.9	1.0511	99.9	94.2
E	19,060	903	370	1,350	57.2	1.8114	99.8	112.8
F	3,703	284	387	1,369	71.5	0.9564	99.9	106.2
G	10,022	432	317	1,338	64.5	2.2969	99.9	128.5
H	6,873	251	373	1,205	66.0	1.3890	99.9	102.3
I	16,828	710	337	1,218	57.7	1.4950	99.7	112.1
J	4,968	204	398	1,334	67.2	1.5772	99.9	116.3
K	5,199	238	333	1,308	64.3	2.2109	99.8	129.3
L	6,657	304	280	1,861	70.4	1.9654	99.2	121.7
M	6,198	235	379	1,103	53.8	2.7614	99.8	104.2
N	7,001	275	397	1,193	66.8	2.3318	99.8	99.3
O	10,767	501	303	1,332	69.7	2.5268	99.8	126.9
P	2,256	87	367	1,008	76.1	1.0244	87.9	96.6
Q	3,424	139	386	1,577	71.1	0.9130	99.3	106.3
R	1,277	79	395	894	77.6	0.7160	99.9	116.8
S	2,965	146	373	1,056	70.8	1.1797	96.6	89.9
T	9,622	353	379	1,134	65.0	0.9173	99.9	106.5
U	3,900	145	310	960	62.4	1.4837	99.9	100.9
V	7,214	281	393	1,065	60.1	1.4437	99.8	101.8
W	7,814	365	350	1,710	61.4	1.1661	99.9	102.1
X	17,532	808	348	1,344	57.9	1.9313	99.5	106.2
Y	5,186	188	398	1,021	70.1	1.5096	99.5	121.9

강화, 재정지원 제한 등 각 등급에서 지역, 규모 등을 고려하여 대표할 수 있는 학교를 선별하였으며 분석변수에 대한 세부적인 입·출력자료는 Table 2. 와 같이 확인되었다.

5. 국내 사립대학 효율성 평가결과

5.1 DEA-BCC 모형을 이용한 효율성 평가결과

Table 3. 은 분석대상 25개 사립대학의 효율성 평가 결과를 나타내고 있다. 효율적으로 운영중인 대학(1.00)은 BCC 모형의 경우 12개 대학(D, G, J, K, L, M, N, O, P, R, U, Y)으로 측정대상에서 48% 수준이 효율적으로 운영되고 있음을 확인할 수 있다.

참조집단으로 선정된 대학은 비효율적 대학의 벤치마킹 대상으로서 비교집단 가운데서 상대적으로 우수하게

Table 3. Analysis Result using the DEA-BCC model

University	Efficiency Score	Reference Group (λ_j)
A	0.9589	$\lambda_G = 0.85, \lambda_R = 0.15$
B	0.9133	$\lambda_K = 0.02, \lambda_O = 0.24,$ $\lambda_R = 0.30, \lambda_U = 0.43, \lambda_Y = 0.01$
C	0.9397	$\lambda_O = 0.30, \lambda_R = 0.01, \lambda_U = 0.69$
D	1.0000	$\lambda_D = 1.00$
E	0.8739	$\lambda_O = 0.45, \lambda_R = 0.02, \lambda_U = 0.53$
F	0.9304	$\lambda_G = 0.17, \lambda_R = 0.58, \lambda_U = 0.25$
G	1.0000	$\lambda_G = 1.00$
H	0.8812	$\lambda_G = 0.30, \lambda_R = 0.19, \lambda_U = 0.51$
I	0.9287	$\lambda_G = 0.43, \lambda_U = 0.57$
J	1.0000	$\lambda_J = 1.00$
K	1.0000	$\lambda_K = 1.00$
L	1.0000	$\lambda_L = 1.00$
M	1.0000	$\lambda_M = 1.00$
N	1.0000	$\lambda_N = 1.00$
O	1.0000	$\lambda_O = 1.00$
P	1.0000	$\lambda_P = 1.00$
Q	0.8998	$\lambda_L = 0.09, \lambda_P = 0.23,$ $\lambda_R = 0.32, \lambda_U = 0.36$
R	1.0000	$\lambda_R = 1.00$
S	0.9373	$\lambda_K = 0.03, \lambda_P = 0.45,$ $\lambda_R = 0.16, \lambda_U = 0.36$
T	0.8663	$\lambda_G = 0.09, \lambda_R = 0.21, \lambda_U = 0.70$
U	1.0000	$\lambda_U = 1.00$
V	0.8983	$\lambda_M = 0.01, \lambda_R = 0.06, \lambda_U = 0.93$
W	0.8871	$\lambda_G = 0.07, \lambda_U = 0.93$
X	0.8561	$\lambda_L = 0.08, \lambda_O = 0.39, \lambda_U = 0.53$
Y	1.0000	$\lambda_Y = 1.00$

운영되고 있다는 점에서 의미가 있다. 참조집단으로 1번이라도 인용되었던 9개 대학(G, K, L, M, O, P, R, U, Y)의 경우, 다른 대학에게 우수한 상태로 비교대상이 되었다는 점에서 입출력요소의 어떤 기준에서 모범이 되는 상태를 제공하는 것으로 대학 운영측면에서 효율적이라고 판단할 수 있다.

U, R, G 대학 순으로 참조횟수가 많은 것으로 확인되고 이는 비교대상 집단 중에서 효율적으로 운영되고 있음을 확인할 수 있다. U 대학의 경우 다른 분석대상 대학들의 가장 많은 참조횟수를 보이고 있어 비교대상 중에서 가장 우수한 운영상태라고 판단할 수 있고 DEA 모형의 특성이 비교대상에 따른 상대적 평가라는 것을 고려한다고 하더라도 종합적 측면에서 효율적으로 운영되고 있음을 확인할 수 있다.

측정결과에서 낮은 효율성을 보이는 X 대학(0.8561)의 경우, 상대적이기는 하지만 비교대상 집단에서 가장 비효율적으로 운영되고 있음을 확인할 수 있다. 특히 입력자원의 크기, 규모에 비교하여 출력요소 중 취업률(57.9%)은 낮은 상태를 확인할 수 있다.

5.2 DEA-Additive 모델 적용결과

DEA-Additive 모형을 적용해서 입·출력요소를 동시에 고려하여 어떤 부분에서 비효율이 존재하는지 파악해 보았다. Table 4. 는 <모형 B> 형태를 적용하여 대학에 대한 비효율 정도를 나타낸 결과이다.

H 대학의 경우 비교대상인 J, R, U 대학과 비교하여 학생수는 312명, 전임교수는 10명이 초과하였으며 장학금 27만원, 1인당 교육비는 163만원이 비효율적으로 투입되었음을 확인될 수 있고 출력변수 측면에서는 재학생 충원률 측면에서 4.49% 부족한 것을 확인할 수 있었다.

입력요소 측면에서 학생수 및 전임교수 변수는 대학운영 측면에서 노력에 의하여 입력자원을 변동하여 쉽게 적용할 수 있는 내용은 아니지만 장학금 및 1인당 교육비는 대학운영 효율성을 높이는 측면에서 변화를 고려해 불만한 요소로 판단된다. H 대학의 경우 입력요소 대비 출력요소 효율성 측면에서 동일한 입력자원을 투입한다면 재학생 충원률 측면에서 부족한 것으로 판단해본다면 대학운영의 방향 측면에서 노력 방향을 확인할 수 있다.

비교에 동원되었던 효율적 대학들이 참조된 횟수 및 가중치 값(λ_j)을 통해서 어느 대학을 벤치마킹 대상으로 부각시킬 것인가를 확인할 수 있고 전체적 결과를 살펴 보면 대학 본부측에서 산출효과로 결과의 변화를 나타내

Table 4. Analysis Result using the DEA-Additive model

Univer -sity	Input variable (excess value)				Output variable (shortfall value)				Reference
	Student enrolled (person)	Full-time Professor (person)	Scholarship per capita (10,000won)	Education Cost (10,000won)	Employ- ment rate (%)	Research performance (per capita)	Student retent (%)	Student recruitment (%)	Weight(λ_j)
A	903	56		168				1.18	$\lambda_G = 0.56, \lambda_J = 0.21, \lambda_R = 0.13, \lambda_U = 0.10$
B	273	9		128	5.46		7.64		$\lambda_K = 0.13, \lambda_M = 0.23, \lambda_R = 0.45, \lambda_U = 0.19$
C	699	27		127	3.91	0.30	1.81		$\lambda_K = 0.19, \lambda_R = 0.16, \lambda_U = 0.65$
D									$\lambda_D = 1.00$
E	1.501	73		301	7.67		0.46		$\lambda_K = 0.17, \lambda_M = 0.38, \lambda_R = 0.35, \lambda_U = 0.10$
F	160	18	18	454	1.36			5.01	$\lambda_R = 0.69, \lambda_U = 0.31$
G									$\lambda_G = 1.00$
H	312	10	27	163				4.49	$\lambda_J = 0.25, \lambda_R = 0.16, \lambda_U = 0.59$
I	1,319	55		176	8.90	0.01	1.72		$\lambda_K = 0.28, \lambda_R = 0.24, \lambda_U = 0.48$
J									$\lambda_J = 1.00$
K									$\lambda_K = 1.00$
L									$\lambda_L = 1.00$
M									$\lambda_M = 1.00$
N									$\lambda_N = 1.00$
O									$\lambda_O = 1.00$
P									$\lambda_P = 1.00$
Q	159	4		663	3.58		5.94	7.75	$\lambda_M = 0.06, \lambda_R = 0.84, \lambda_U = 0.10$
R									$\lambda_R = 1.00$
S	40	3		118			8.86	20.62	$\lambda_M = 0.14, \lambda_R = 0.63, \lambda_U = 0.23$
T	766	25	6	222	8.65			5.84	$\lambda_R = 0.74, \lambda_U = 0.26$
U									$\lambda_U = 1.00$
V	418	14	4	97	9.02		0.64	10.72	$\lambda_M = 0.36, \lambda_R = 0.64$
W	501	24	5	777	7.31			4.65	$\lambda_R = 0.42, \lambda_U = 0.58$
X	1,297	62		307	3.28		3.54		$\lambda_K = 0.09, \lambda_M = 0.37, \lambda_R = 0.12, \lambda_U = 0.42$
Y									$\lambda_Y = 1.00$

기 제한되는 요소도 있지만 취업률이나 연구실적 부분에서 비효율적인 대학의 부족한 상태 및 크기를 확인한다면 적극적 의지와 노력을 집중해야 할 방향을 확인할 수 있다.

5.3 효율성 평가결과 검증

DEA기법을 활용한 연구에서 평가지표에 대한 상관관계를 확인하여 적절하게 선정되었는가를 다중공선성을 이용하여 확인하며 분석결과와 교육부에서 실시한 실제 대학평가 결과(자율개선 A, 역량강화 B, 재정지원 제한 C)를 비교하여 본 연구에서 제시한 결과의 실용적 적용 가능성을 확인한다.

5.3.1 평가지표간 상관관계

다중공선성이란 입출력지표의 상관관계를 확인하기

위해 어떤 변수의 값이 변동시 다른 변수의 값이 관련하여 증가하거나 감소하는 성질이며 Eq. (9)와 같이 VIF값 (Variance Inflation Factor)으로 계산될 수 있다. Table 5. 는 다중공선성 분석을 통해 평가지표에 대해 상관여부를 확인한 결과이다.

$$VIF_k = \frac{1}{1 - R_k^2} \tag{9}$$

Table 5. Analysis Result of Multi-collinearity

Input Variable	Student enrolled	Full-time Professor	Scholarship per capita	Education Cost
VIF_k	8.590	9.135	1.187	1.251
Output Variable	Employment rate	Research performance	Student retent	Student recruitment
VIF_k	1.578	1.707	1.331	1.502

학생수와 전임교수의 VIF_k 값이 상대적으로 높은 상태를 확인할 수 있으나 VIF_k 값은 보통 10을 기준으로 작을 경우, 수용할 수준이라고 판단할 수 있으므로 변수들 간의 관계를 확인할 수 있다. [13]

5.3.2 대학 평가결과와 비교

Table 6. 은 DEA모형을 통해 분석한 결과와 실제 대학평가 결과를 비교한 내용을 통해 본 연구에서 제시한 결과의 적용 가능성 측면을 보여준다. 2018년 교육부에서 평가한 결과(자율개선 A, 역량강화 B, 재정지원 제한 C)와 비교하여 자율개선(A)으로 평가된 대학의 경우, 효율성 수치가 모두 0.9 이상의 값을 나타내고 있어 타당성을 확인할 수 있고 교육부 평가방법의 객관성 뿐만 아니라 본 연구에서 적용했던 방식의 타당성을 보여준다.

역량강화(B) 대학으로 평가된 R 대학 효율성 수치는 1로 확인되었으나 실제 교육부 평가에서는 비교적 낮은 등급(역량강화 대학 B)으로 평가받은 것을 확인할 수 있

Table 6. Comparing Results with 2018 years

University	DEA Efficiency Score	Government Diagnosis Result
A	0.9589	Self-Improvement (A)
B	0.9133	Capacity Building (B)
C	0.9397	Self-Improvement (A)
D	1.0000	Self-Improvement (A)
E	0.8739	Capacity Building (B)
F	0.9304	Self-Improvement (A)
G	1.0000	Self-Improvement (A)
H	0.8812	Capacity Building (B)
I	0.9287	Self-Improvement (A)
J	1.0000	Self-Improvement (A)
K	1.0000	Self-Improvement (A)
L	1.0000	Self-Improvement (A)
M	1.0000	Self-Improvement (A)
N	1.0000	Self-Improvement (A)
O	1.0000	Self-Improvement (A)
P	1.0000	Self-Improvement (A)
Q	0.8998	Capacity Building (B)
R	1.0000	Capacity Building (B)
S	0.9373	Capacity Building (B)
T	0.8663	Financial Restriction (C)
U	1.0000	Self-Improvement (A)
V	0.8983	Capacity Building (B)
W	0.8871	Capacity Building (B)
X	0.8561	Financial Restriction (C)
Y	1.0000	Self-Improvement (A)

었다. 이는 각 평가기준의 가중치 및 지역, 학교 규모, 법인 전입금 등 현재 교육부 평가방식의 추가적 기준이 반영되었음을 추정할 수 있다. R 대학의 경우 조금만 더 교육부 평가기준에 맞는 노력을 한다면 자율개선 대학(A)으로 선정될 가능성이 다른 대학보다 높음을 기대해 볼 수 있다.

재정지원 제한(C)으로 평가받은 T, X 대학의 효율성 수치는 낮게 나타났으며 25개 대학 중 24, 25번째 효율성을 고려했을 때 교육부에서 적용했던 방식의 결과와 일치성 여부를 확인할 수 있다.

6. 결론

DEA 기법을 이용하여 국내 사립대학의 효율성 평가를 통하여 효과적 운영을 위한 개선방향을 확인하였다. 이를 위해 DEA-BCC와 DEA- Additive 모형을 적용하여 대학운영의 효율성과 개선방향에 대해 파악해 보고, 참조집단에 대한 확인을 통해 개선을 위한 비교대상을 확인해 볼 수 있었다. 또한, 분석결과에 대해 실제 대학평가 결과와 비교를 통해 의미를 확인하였고 적용가능성을 확인하였다.

DEA 방법은 평가방법에 대한 논란 측면에서 평가기준 가중치에 대한 문제점을 제외하고 각자에게 가장 유리한 방식으로 평가한다는 점에서 객관적 결과로 평가방법에 대해 민감한 대학평가에서 유용할 수 있다. 또한 개선을 위해 노력하는 각 대학들에게 부족한 부분에 대해 구체적 정보를 제공함으로써 대학운영의 참고자료를 제공해줄 수 있다. 그러나 DEA를 이용한 방법은 효율적 DMU로 판정되더라도 상대적인 것임을 유의해야 한다. DEA에서 효율적 대학으로 분류되더라도 해당 대학의 개선을 위한 부분이 없다고 단언할 수 없기 때문에 대학 운영측면에서 노력을 한다면 더 발전될 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 후속연구 측면에서 상대적 평가방식인 DEA 대학 평가방법의 결과에 대한 개선을 위해서 평가하고자 하는 DMU의 수와 대상 선택, 규모에 따른 구분을 할 필요가 있으며 입·출력변수 선정에 대해 보다 깊이 있는 연구를 통해서 대학평가를 위한 보다 발전된 방법을 제시할 수 있고 실제적 측면에서 각 대학의 부족한 부분을 확인하고 부족한 내용에 대해 민감도 분석 등의 방법을 적용한다면 조금 더 의미있는 연구가 될 것으로 기대한다.

References

- [1] R. D. Banker, A. Charness, W. W. Cooper, "Some Models for estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, Vol.30, No.9, pp.1078-1092, 1984.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.30.9.107>
- [2] J. Y. Um, *An efficiency analysis of the graduate schools using data envelopment analysis*, Ph.D dissertation, Korea university, 2010.
<http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSeArchResultDetail.do?cn=DIKO001195040>
- [3] D. B. Jung, *A Study on the efficiency of junior colleges in Korea ; the relative efficiency using Delphi / AHP / DEA hybrid model*, Ph.D dissertation, Yonsei university, Seoul, Korea, 2011.
<http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSeArchResultDetail.do?cn=DIKO0012401657>
- [4] S. Y. Park, *A Study on the improvement measures and the evaluation on the operational efficiency for universities*, Master's thesis, Kyunghee university, Seoul, Korea, 2012.
<http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSeArchResultDetail.do?cn=DIKO0012701236>
- [5] S. H. Park, D. H. Lee, "An analysis on the efficiency of National university by DEA", *Journal of accounting and finance*, pp.161-182, 2013.
- [6] Y. J. Han, *A Study on the performance evaluation of universities using DEA and AHP model*, Master's thesis, Hanyang university, Seoul, Korea, 2014.
<http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSeArchResultDetail.do?cn=DIKO0013525157>
- [7] M. H. Noh, "A comparative analysis on associate college's relative efficiency : focusing on university accreditation project", *The Korean Research Association for the Business Education*, Vol.30, No.6, pp.49-74, 2016.
www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artid=ART00218202
- [8] T. H. Mun, "Financial contribution and DEA analysis on each department using education cost information", *Journal of accounting and finance*, Vol.36, No.4, pp.231-253, 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.29189/KAIAIR.36.4.1>
- [9] B. H. Lee, *A study on the development and validation of DEA models for the performance evaluation of private colleges*, Ph.D dissertation, Kyungpook university, Seoul, Korea, 2019.
<http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSeArchResultDetail.do?cn=DIKO0015364070>
- [10] D. J. Kim, Y. G. Lee, "Analysis on the relative efficiency based on data envelopment analysis for colleges in south Korea - focuses on evaluation of basic competency in college", *International journal of Contents*, Vol.19, No.2, pp.491-507, 2019.
<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artid=ART002443117>
- [11] D. H. Kim, S. Y. Jung, M. Y. Lee, "Analysis on the efficiency of private universities according to the university structural reform policy : focused on the university basic competency diagnosis", *The Korean Society of Management Consulting*, Vol.20, No.3, pp.191-200, 2020.
<http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSeArchResultDetail.do?cn=ART002622590>
- [12] M. Khodabakhshi, Y. Gholami, H. Kheirollahi, "An additive model approach for estimating returns to scale in imprecise data envelopment analysis", *Applied Mathematical Modeling*, Vol.34, No.5, pp.1247-1257, 2010.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X0900242X>
- [13] C. J. Lee, C. S. Park, J. S. Kim, J. G. Baek, "A study on improving classification performance for manufacturing process data with multicollinearity and imbalanced distribution", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, Vol.41, No.1, pp.25-33, 2015.
<http://www.ndsl.kr/ndsl/commons/util/ndslOriginalView.do?dbt=JAKO&cn=JAKO201506960267947&oCn=JAKO201506960267947&pageCode=PG04&journal=NJO00290657>

배 영 민(Young-Min Bae)

[정회원]



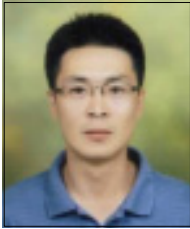
- 1998년 2월 : 육군사관학교 토목공학과 (학사)
- 2007년 2월 : 고려대학교 공학대학원 산업공학과 (공학석사)
- 2013년 2월 : 연세대학교 공학대학원 산업공학 (공학박사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 김천대학교 ICT군사학부 교수

<관심분야>

다기준 의사결정, 최적화, 운영분석

한 승 조(Seung-Jo Han)

[정회원]



- 1998년 2월 : 육군사관학교 국방
관리학과 (학사)
- 2002년 2월 : KAIST 공학대학원
산업공학과 (공학석사)
- 2011년 9월 : 미)뉴욕주립대 산업
공학과 (박사과정 수료)

- 2013년 2월 : 단국대학교 공학대학원 산업공학과 (공학박
사)
- 2019년 8월 : 충남대학교 군사학과 (군사학박사)
- 2014년 10월 ~ 현재 : 국방과학연구소(ADD) 선임연구원

<관심분야>

무기체계, 인간공학, 의사결정