

DEA를 이용한 대학 연구 효율성 비교 연구 - A 대학 사례를 중심으로 -

김 선 민*

*서울과학기술대학교 글로벌경영학과

A Comparison Study on University Research Efficiency Using DEA Analysis; focused on A University Case

Kim Seonmin*

*Department of Business Administration, Seoultech

Abstract

Data Envelopment Analysis (DEA) is a useful tool to analyze the relative efficiency of decision making units (DMU) characterized by multiple inputs and multiple outputs. This method has been popularly used as an analytical tool to suggest some strategic improvement. To do this, the results of DEA provide decision makers with a single efficiency score, efficient frontier, return to scale, benchmarking decision making units, etc. The purpose of this paper is to evaluate research performance of 38 universities and provide an inefficient university with the way of organizational changes to be an efficient university by using DEA. Various input and output variables are used to identify technical and scale inefficiency. Additionally, we analyze how an inefficient DMU could be changed an efficient DMU based on a case university. This result will give an insight of constructive directions for increasing of research performance to university decision makers.

Keywords : Data Envelopment Analysis, Research Efficiency, Technical Efficiency, Scale Efficiency, Increasing Return to Scale.

1. 서론

최근 국가적으로 창조적 지식의 중요성이 대두되면서, 이에 대한 기반거점으로서의 대학의 중요성이 새롭게 대두되고 있다. 대학은 특성상 한 국가의 기초연구와 지식 생성의 역할을 담당하고 있기에, 대학의 연구역량의 증대와 자원의 효율적 활용에 많은 노력을 경주하여야 한다. 더 나아가, 개별 대학의 입장에서도 대학의 연구역량 극대화 없이는 대학 발전을 담보할 수 없다. 그 이유는 학생들을 잘 가르치고 높은 수준의 연

구 업적을 지닌 교수의 역할이 대학 발전에 미치는 영향이 지대하기 때문이다.

이러한 세태를 반영하여, 중앙일보에서는 대학 평가를 실시하여 교육환경, 교수역량, 재정지원, 교육효과 등 4개 부분 9개 지표를 중심으로 전국의 4년제 대학을 중심으로 매년 대학평가를 실시하고 있다. 평가 결과, 각 부분의 점수를 종합한 종합 점수를 바탕으로 최상위 대학을 선정 발표하고 있으며, 각 대학들은 중앙일보 평가에서 좋은 점수를 받기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

† 본 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었음.

† Corresponding Author: Kim Seonmin, Department of Business Administration, Seoul National University of Science and Technology. M·P: 010-2735-6497, E-mail: skim@seoultech.ac.kr

Received January 10, 2013; Revision Received March 5, 2013; Accepted March 5, 2013.

하지만, 비록 중앙일보 평가가 합리적이고 객관적인 대학 평가방식일지라도, 각 대학별 교수연구 부문의 절대적인 양적 비교만으로 그 대학의 연구력 우월을 결정하는 것은 옳지 않을 수 있다. 그 이유는 교육 여건이 우수한 대학에서는 그렇지 못한 대학에 비해 더 많은 양의 연구 결과를 배출할 수 있으나, 상대적인 비교에서는 그렇지 못한 결과를 보일 수 있기 때문이다. 따라서 교육여건을 고려한 대학의 학술연구 성과 평가에 효율성(Efficiency) 개념을 도입하여 각 대학의 연구력을 평가하는 것은 교육여건이 충분치 못한 대학의 연구 성과를 제대로 평가하기 위한 좋은 방법이라고 할 수 있다.

본 연구의 목적은 대학교의 연구 성과의 효율성을 비교 분석하고, 그 결과를 바탕으로, 서울과학기술대학교의 학술연구 성과를 평가하는데 있다. 특히, 사례연구 대학으로 서울과학기술대학교를 선정하여, 대학 연구 성과의 현황과 문제점을 규명하고, 연구 성과 증대를 통한 경쟁력 향상을 추진하기 위한 개선책을 제시하고자 한다. 이는 대학교의 외부환경이 급변하고 있는 상황에서 대학의 연구능력과 수준을 파악하여 효율적인 연구비 지원정책을 수립하여, 일반대학의 후발주자인 서울과학기술대학교가 실수와 손실을 최소화할 수 있는 방안을 수립하는데 초석을 다지고자 한다.

이러한 목적을 달성하기 위해, 본 연구에서는 여러 투입-산출 요인을 이용한 상대적 효율성을 평가하는 자료포괄분석(DEA; Data Envelopment Analysis)을 적용한다. 이미, 많은 연구들 ([1], [2], [3], [6])에서 그 유용성이 입증되고 있는 자료포괄분석은 대학 간 교수연구 성과의 상대적 순위를 결정할 수 있을 뿐만 아니라, 효율적으로 판명되지 못한 대학 (연구력이 상대적으로 타 대학에 비해 떨어지는 대학)이 효율적이 되기 위한 최선의 방안을 제시한다는 점에서 매우 매력적인 연구 방법이다. 이러한 방법은 기존의 중앙일보 대학평가 혹은 대교협 대학 평가 방법과는 달리 투입과 산출 부분을 동시에 고려하여 대학별 연구 성과의 역량을 평가하기 때문에 전략적으로 매우 유용한 정보를 제공할 수 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 분석에서 활용하고자 하는 DEA 관련 모형 등을 살펴보고, 3장에서는 DEA 모형을 적용한 대학별 연구 효율성 분석을 제시하고, 4장에서는 DEA 분석을 통해 나타난 결과에 기반을 둔 서울과학기술대학교의 전략적 방향을 살펴보고, 5장에는 본 연구의 결론과 향후 연구방향을 제시한다.

2. DEA 모형

본 장에서는 분석에 활용하고자 하는 DEA 모형은 영리기관의 효율성 평가방법(비율분석, 생산성 지수법, 함수적접근법 등)에 있어서의 문제점을 보완한 비모수적인 방법이다. 이 방법은 현재 공공기관인 정부, 비영리기업 등의 다양한 조직의 성과평가에 적용되고 있다.

DEA 분석방법은 Charnes, Cooper, Rhodes(1978)에 의해 개발된 선형계획모형으로, 그 후 기술적 효율성을 고려한 BCC 모형 등이 추가로 개발되었다.[14] 또한 DEA 모형은 산출지향과 투입지향별로 달리 해석되기도 한다. 산출지향 모형은 투입물을 고정시킨 상태에서 산출물을 얼마만큼 최적의 상태로 결합시키는데 초점을 두는 모형(투입에 영향을 주지 않는 범위에서 산출물을 확대)이며, 투입지향모형은 산출물을 고정시킨 상태에서 투입물의 최적 배분에 초점을 두는 모형(투입물을 감소시키는 형태로 나타남)이다.

여기에서는 DEA 모형 중 CCR 모형, BCC 모형, 기술효율성(Technical Efficiency), 초효율성(super efficiency) 모형에 관하여 살펴보고자 한다.

2.1 CCR 모형

CCR 모형은 다수의 투입요소와 산출요소에 관한 비율모형으로서 Ferrell의 효율성 개념을 새로이 해석하여 개발된 선형계획모형이다. CCR 모형은 단일의 효율성점수를 제공하며, CCR 모형을 목적함수와 제약조건의 식으로 표현하면 아래의 식(1)과 같이 나타낼 수 있다. 한다.

$$\begin{aligned} \max h &= \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rjo}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \\ \text{s. t.} & \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \\ & u_r, v_i \geq \varepsilon, \forall r \text{ and } i \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, t 는 효율성을 측정하고자 하는 대상 의사결정단위(DMU)의 산출요소의 수를, m 은 투입요소의 수를 나타내며, $x_{ij} = j$ 단위로 부터의 입력 i 의 양, y_{rj}

= j 단위로 부터의 산출 r의 양을 나타낸다. 또한 u_r 은 대상 DMU(r)의 산출 r의 가중치, $v_i =$ 입력 i에 주어진 가중치를 의미한다. 여기서 ε 은 양의 작은 수를 의미한다.

이론적으로, CCR 모형은 DMU별 투입요소 및 산출 요소가 주어진 상태에서 DMU별로 효율성을 최대화할 수 있는 투입 및 산출 요소들의 가중치를 계산하여, 효율성 점수를 제공한다. 기본적으로 비효율적이기 때문에 효율적인 DMU들은 '1'의 효율성 점수를, 비효율적인 DMU들은 "1"보다 작은 효율성 점수를 갖게 된다. 또한 DEA에 의한 효율성 점수 결과는 상대적으로 비효율적인 DMU들에 대하여 효율성 개선을 위한 참조 집단을 제공한다. 이에 따라 비효율적인 DMU은 참조 집단이 제공하는 가중치의 결합을 통해서 비효율성의 원인을 개선할 수 있게 된다.

2.2 BCC 모형

CCR 모형은 불변규모수익(constant return to scale)의 가정 하에 각 DMU의 효율성을 평가하는 방법이지만, 현실적으로 모든 조직들이 최적의 규모에서 운영하고 있다고 가정하는 것은 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방안으로 Bank et al. (1984)은 규모수익이 변화하는 상황에서 주로 순수기술효율성을 파악하기 위한 모형을 제시하였으며, BCC 모형의 일반식은 다음과 같은 식(2)로 나타낼 수 있다.[10]

$$\begin{aligned} \max \quad & h = \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rjo} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \\ \text{s.t.} \quad & \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \\ & u_r, v_i \geq \varepsilon, \forall r \text{ and } i \end{aligned} \quad (2)$$

이 모형의 목적함수와 CCR 모형의 목적함수를 비교해보면, BCC 모형에 u_0 인자가 추가되어 있음을 알 수 있는데 이는 규모에 대한 지표 (indicator of return to scale)로서 규모의 경제를 파악하는 용도로 사용된다. 그러나 u_0 의 값이 측정단위에 따라 그 크기가 변동하므로, 규모의 경제에 대한 절대적인 값을 제공하는 것은 아니며, 단지 규모의 경제 여부만을 알려준다. 특히, BCC모형은 CCR모형에 제약요소가 추가된 형태이

므로, BCC모형을 통한 획득한 비효율적인 DMU의 효율성점수는 CCR모형을 통한 획득한 비효율적인 DMU의 효율성점수보다 크다.

2.3 규모효율성

CCR모형을 이용한 분석결과와 BCC모형을 이용한 분석결과를 비교하면, 주어진 생산 활동 규모 하에서 규모효율성(scale efficiency)을 알 수 있다. CCR 모형을 통해 획득한 효율성점수는 불변규모수익을 가정한 상태에서 구한 값이기에 규모효율성과 순수 기술효율성을 구분하지 못하는 단점을 갖고 있다. 그리고 BCC 모형을 통해 획득한 효율성점수는 가변수익규모를 가정한 상태에서 구한 값이기에 이 효율성 점수는 순수 기술효율성을 나타낸다. 따라서 두 모형의 효율성점수가 모두 1이라면 가장 효율적인 규모와 기술의 크기에서 DMU이 운영되는 것이다. CCR 모형의 효율성 점수와 BCC 모형의 효율성 점수를 상호 비교함으로써 규모효율성 점수를 계산할 수 있다. 따라서 이를 활용하여, DMU의 비효율성이 기술적 측면에서 발생하는 것인지, 혹은 규모에 의해 발생하는 것인지를 파악하여 효율성 개선의 방향을 파악할 수 있다.

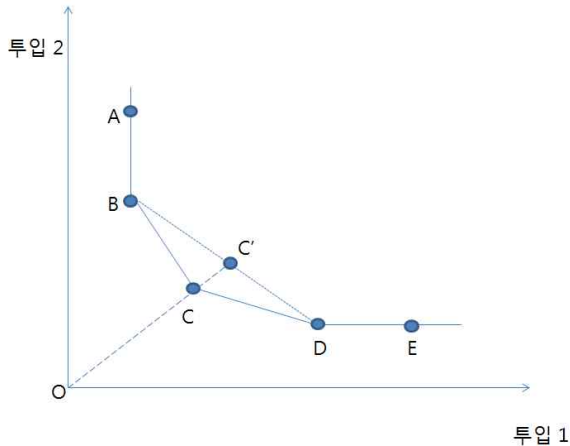
2.4 초효율성 분석

DEA 분석은 분석대상 DMU들을 효율적인 DMU과 비효율적인 DMU으로 구분하고, 어느 정도 비효율적인지에 대한 정보를 제공한다는 점에서는 매우 유용하나, 효율적인 DMU의 순위를 제공하지 못한 단점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해, Anderson과 Petersen (1993)은 효율적인 DMU들의 변별력을 위하여 초효율성(super-efficiency)을 계산하는 모형을 제시하였다.[9] 초효율성 분석은 분석대상의 효율적인 DMU들 가운데 초효율성 점수의 계산 대상이 되는 DMU를 제외하고 나머지 DMU들을 이용하여 효율변경을 구한다. 그리고 제외된 효율적인 DMU로부터 앞의 방법으로 구한 효율변경까지의 거리를 계산하여 계산된 거리가 멀수록 보다 효율적인 DMU로 식별하고 보다 큰 초효율성점수를 부여하는 것이다.

그래프를 이용하여, 초효율성 분석을 설명하면 다음과 같다. <Figure 1>에서 보는 바와 같이, A, B, C, D, E의 DMU이 효율적인 프론티어 상에 있다고 가정해보자. 이 때, A, B, C, D, E의 효율성 점수는 모두 1이 될 것이다. 여기서 C를 제거하면, ABDE로 연결되는 새로운 효율적 프론티어가 생기고, DMU C의 효율성은

새로운 효율적 프론티어에 위치한 가상의 C' 보다 더 적은 투입요소를 사용하고 있기에 1보다 더 큰 효율성 점수를 갖게 된다. 이러한 모형은 Andersen & Peterson(1993)에 의해 처음으로 모형화되었으며, 효율성 점수는 OC/OC' 으로 정의되며, 결과적으로 '1'보다 큰 값을 지니게 된다.



<Figure 1> Geometric explanation of super efficiency analysis

3. DEA 모형을 적용한 연구효율성 분석

3.1 DEA 분석 절차

3.1.1 DMU의 선택

본 연구에서는 대학의 연구 성과에 대한 기술 및 규모효율성을 살펴보고자 하였다. 기술효율성은 대학이 주어진 투입요인으로부터 획득할 수 있는 최대의 연구 성과를 의미한다. 따라서 연구력 측정측면에서 볼 때, 기술효율성만이 타당한 성과측정 기준이 된다고 할 수 있다. 그러나 대학은 기술적으로 효율적일 수 있으나, 여전히 너무 적은 혹은 너무 많은 산출을 생산할 수도 있다. 이러한 정보는 규모효율성을 측정함으로써 획득할 수 있다. 규모효율성은 대학교들이 최적 규모에 비해 해당 대학의 규모를 변경함으로써 가변규모수익의 혜택을 보는 정도를 의미한다.

자료포괄분석을 사용할 때 먼저 고려하여야 할 것이 비교대상 집단의 선정이다. 그 이유는 DEA는 비교 가능한 유사한 집단을 선정하여 그들 사이의 차이를 상대적 효율성으로 평가하는 기법이기 때문이다. 연구의 성격상 비교대상 집단은 서울과학기술대학이 장기적으로 목표하는 대학, 현재 대학입시에서 서울과학기술대학교와 유사한 위치에 있는 대학 등 38개 대학(사립대

학교로는 건국대학교, 경기대학교, 경원대학교, 경희대학교, 광운대학교, 국민대학교, 단국대학교, 동국대학교, 상명대학교, 서강대학교, 서울여자대학교, 세종대학교, 숙명여자대학교, 숭실대학교, 아주대학교, 이화여자대학교, 중앙대학교, 한국외국어대학교, 한국항공대학교, 한성대학교, 한양대학교, 홍익대학교, 계명대학교, 인하대학교, 호서대학교, 울산대학교, 한남대학교 등 27개 대학, 그리고, 국공립 대학으로는 서울시립대학교, 강원대학교, 경북대학교, 경상대학교, 부산대학교, 전남대학교, 전북대학교, 충남대학교, 충북대학교, 인천대학교, 서울과학기술대학교 등 11개 대학을 포함하여 총 38개 대학)을 선정하여 비교하였다. 그 이유는 비교대상 집단 간에 현격한 차이가 존재한다면 분석의 타당성을 획득할 수 없고 현실적인 대안을 수립하는데 어려움이 있기 때문이다.

3.1.2 투입요소 및 산출요소의 선정

DEA를 사용하여, 대학의 연구 효율성을 측정하기 위해서는, 효율성의 평가에 중요하며 충분히 인과관계가 있다고 판단되는 투입요소와 산출물의 선정이 필요하다. 그 이유는 투입요소 및 산출물의 선택에 따라 DMU의 효율성이 크게 달라질 수 있기 때문이다.[4, 7]

기존 선행 연구에서는 주로 연구자의 직관과 경험, 기존 유사연구에서 채택된 투입요소 및 산출물을 모형에 채택하였다. 김도진 (2012)은 전문대학교의 경영효율성 분석에서 DEA연구방법에 따른 투입변수로는 8개 산출변수로는 4개의 변수가 사용되었다.[2] 투입변수로는 전체교원대비 전임교원확보율, 학생 1인당 장학금 수혜액, 학생 1인당 교육비, 학생 1인당 관리 운영비, 교사시설 확보율, 학과 수, 학생 1인당 도서자료 구입비, 학생 1인당 장서수가 사용되었으며, 산출변수로는 취업률, 신입생 충원율, 학업지속률, 전임교원 연구 실적을 사용하였다.

일반적으로 대학은 여러 투입 요소를 변환하여 다양한 연구 성과를 산출한다. 이에 본 연구에서는 대학교의 특성을 고려하여, 투입요소로서, 전임교원 확보율, 전임교원 1인당 학생 수, 전임교원 강의담당비율, 도서관 예산액을 사용하였다. 교원의 수는 대학의 효율성 평가에 있어 일반적으로 투입요소로 많이 사용되었다 [16, 19]. 전임교원의 경우, 직위별 (교수, 부교수, 조교수, 전임강사)로 가중치를 두어 적절한 통합 요소로 사용하는 경우가 있지만, 본 연구에서는 동일한 가중치를 두어 사용하였다. 전임교원 1인당 학생 수 역시 투입요소로 고려하였는데, 그 이유는 전임교원 1인당 학생 수가 많을수록, 강의부담이 많아 연구 성과에 부(-)의 영

향을 미친다고 보았기 때문이다. 또한 평균적인 강의담당비를 역시 높으면 높을수록, 강의부담이 많아 연구 성과에 부(-)의 영향을, 도서관 예산액은 많으면 많을수록 연구 성과에 정(+)의 영향을 미치는 요인으로 인식하였다.

대학교에 의해 생성된 산출요인으로 기존 연구에서 널리 인식되는 것은 강의와 연구이다. 그러나 본 연구는 대학교의 연구 효율성을 측정하는 것이므로, 강의부분은 고려대상에서 제외하였다. 그러나 연구 성과는 쉽게 이해되지만, 다양한 측정방법을 갖고 있는 산출요인이다. 연구 성과를 측정하는 한 방법은 연구로부터 발생하는 수익으로 측정하는 것[8, 10, 11, 15]이고, 또 다른 것은 발표된 논문의 수[16, 17, 18]로 측정하는 것이다. 즉, 연구비 수주는 간접적인 연구 성과 측정치(연구가 훌륭하면 할수록 더 많은 연구비를 수주할 수 있을 것으로 가정)이다. 또한 산학협력 차원에서 특허 등록 건수도 간접적 연구 성과 측정치에 포함할 수 있다.

학술논문의 수는 직접적인 연구 성과 측정치라고 할 수 있다. 본 연구에서는 학술논문의 수에 포함시킬 저널의 범위를 해외 저명학술지(SCI), 국내저명학술지, 저서 등으로 한정하였다. 이에 관련하여, 개별적인 분야의 논문의 수보다는 “결합 논문(weighted publications)의 수가 가장 적절한 연구 결과물이라고 한다.[13, 20] 따라서 가장 적절한 방법은 SCI 논문과 국내논문에 다른 가중치를 두어(예컨대, SCI논문 0.75, 국내논문 0.25) 결합 논문 성과를 마련하는 것일 수 있으나, 본 연구에서는 각각을 산출요소로 간주하였다. 특히, 학술대회 발표논문도 학문분야에 따라서는 중요한 연구 성과일 수도 있지만, 분석에서 제외하였다. 결과적으로, 본 연구에서 고려하고 있는 연구 성과 산출변수는 1. 등재지, 2. SCI급 국제저널, 3. 전임교원 지역서수, 4. 전임교원 연구비, 5. 특허등록 건수이다.

3.2 분석 자료 및 자료의 기술통계분석

앞서 언급한 바와 같이 DEA 분석은 평가대상 DMU의 투입요인과 산출요인의 자료를 활용하여 효율적 DMU와 비효율적 DMU를 구분하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 2010년도 38개 대학의 자료를 수집하였다. 수집 방법은 대학알리미의 전자공시시스템을 통해서 이루어졌다. 대학알리미에서 취득한 자료는 교육과학기술부 장관이 정하여 고시한 기준에 따라 결정되기에 어느 정도 신뢰할 수 있으며, 그 중 서울과학기술대학교와 상대적 비교가 가능하고 일정규모 이상인 전국 소재 38개 대학을 선정하여 자료를 수집하였다.

여기에서 표본의 크기에 대한 논의를 할 수 있는데, DEA 모형에 사용된 투입요소 및 산출요소의 수와 분석대상 DMU의 수에는 일정한 관계가 요구된다. 이에 여러 가지 기준이 있으나 가장 보수적인 기준이 평가대상인 DMU의 수가 투입요소 수와 산출요소 수의 합보다 3배 이상 커야한다는 것[10]인데 본 연구는 이를 만족하고 남는 DMU의 수를 확보하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 관계식은 DEA 모형을 이용한 연구자들의 경험과 실증분석의 결과이다

연구대상 38개 대학의 효율성 측정에 사용한 투입 및 산출변수의 통계량 특성이 <Table 1>에 제시되었다. 투입측면에서 보면, 서울과학기술대학교는 전임교원확보율(%) 58.4%, 강의담당비율은 48.3%, 도서관예산은 1,357,000천원으로 평균보다 작고, 전임교원 1인당 학생 수는 37.5명으로 평균보다 많다. 또한 산출측면에서 보면, 등재지 (0.5편), SCI급 국제 (0.2), 1인당 지역서 (0.1), 1인당연구비 (70,215천원), 특허등록건수 (15건) 등으로 모든 면에서 비교대상 집단의 평균보다 작음을 알 수 있다.

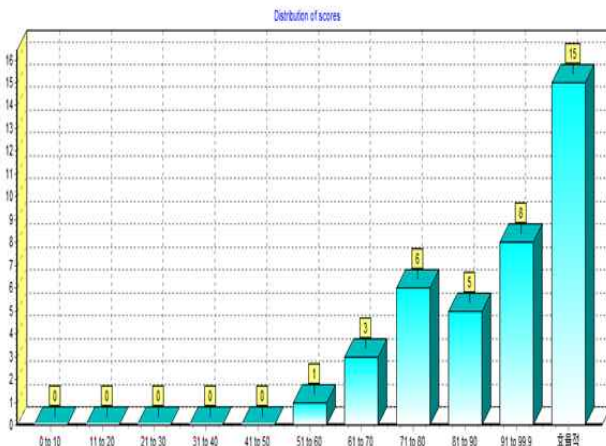
<Table 1> descriptive statistics for input and output factors (DMU, n=38)

구분	변수	평균	표준편차	최대값	최소값	변동계수
투입	전임교원확보율(%)	73.6	15.4	133.3	50.3	21.0
	1인당학생수(명)	32.3	6.8	47.9	16.5	21.0
	강의담당비율(%)	53.2	8.3	79.6	37.1	15.6
	도서관예산(천원)	2,565,585	1,430,556	6,668,080	904,000	55.8
산출	등재지 (편)	0.65	0.17	1.1	0.4	25.6
	SCI급 국제 (편)	0.25	0.19	0.6	0.0	59.4
	1인당 지역서수 (편)	0.11	0.06	0.4	0.0	54.8
	1인당 연구비(천원)	67,557	31,312	133,768	17,947	46.4
	특허등록건수 (건)	39.1	43.0	229	1	109.8

3.3 효율성 측정 분석

본 연구에서 선정한 38개의 DMU에 대하여 2010년도 자료를 CCR모형 (불변규모수익을 전제로 하는 투입지향 CCR 모형과 BCC모형 (가변규모수익을 전제로 하는 투입지향 BCC모형)을 적용하여 효율성 분석을 실시한 결과가 <Table 2>에 나타나 있다. 본 연구에서 투입지향 DEA 모형을 적용한 이유는 본 연구의 목적이 결과물보다는 투입의 효율성을 통한 학술연구 성과의 극대화에 있기 때문이다.

먼저, CCR 모형을 38개 대학에 적용한 결과, CCR 효율성 점수가 1인 대학은 38개 대학 중 15개 대학으로 나타났으며, 그 중 사립대학은 12개, 국립대학은 3개이다. 이를 그래프로 표시해보면 전체 38개 대학 중에서 학술연구 성과가 효율적으로 나타난 대학은 총 15개 대학이며, 비교 대상 대학에 비하여 91-99% 효율적으로 나타난 대학은 8개, 81-89% 효율적으로 나타난 대학은 5개, 71-79% 효율적으로 나타난 대학은 6개, 61-69% 효율적으로 나타난 대학은 3개, 51-59% 효율적으로 나타난 대학은 1개로 조사되었다. 38개 대학 전체의 기술적 효율성 점수평균은 89.7%로 계산되었으며, 기술적 효율성의 경우, 전체적으로 약 10% 정도의 개선의 여지가 있는 것으로 분석되었다. 특히, 서울과학기술대학교는 효율적으로 판명된 15개 대학에 비해 73.1% 효율적인 것으로 조사되어, 연구 성과 향상을 위해 개선을 할 요인이 많이 있음을 알 수 있다.



<Figure 2> research performance efficiency of 38 DMUs

CCR 모형에서 효율성 점수 외에 의미 있는 분석으로 효율성 참조집단을 들 수 있다. 효율적인 DMU은 자기 자신이 효율적인 참조집단이 되지만, 비효율적인 DMU은 자기 자신을 제외한 다른 DMU이 해당 DMU

의 비효율을 개선하기 위한 효율성참조 집단이 된다. 각 비효율적으로 판명된 DMU들에 대해 참조집단으로 나타난 효율적인 DMU의 출현빈도를 살펴보면, D9 (19회), D32 (19회), D36 (13회), D31 (9회)의 순서로 나타났다.

CCR 모형을 이용하여 DEA 효율성 분석을 실행하는 경우, 비효율적인 DMU의 순위는 판별할 수 있으나, 효율적인 DMU의 경우는 효율성 점수가 모두 1로 표시되기 때문에 효율적인 DMU의 순위를 파악하기 어렵다. 본 연구의 경우, CCR 모형을 사용한 경우 15개 대학이 효율적인 DMU로 판명되었으나, 이들 간의 순위 판별을 위해 초효율성 분석을 실시하였다. <Table 2>에서 보는 바와 같이, 효율적인 DMU 중에서도 DMU 36의 효율성 점수가 2.22로 가장 크며, DMU 32, DMU9, DMU33의 순으로 높은 효율성 점수를 보이고 있다.

다음으로 각 대학의 자료를 가변수익규모 (variable returns to scale, VRS)를 전제로 하는 BCC 모형을 이용한 분석 결과를 살펴보기로 하자. 분석 결과, 상대적으로 효율적인 DMU은 CCR 분석보다 증가한 21개 대학으로 증가하여 나타났다. 이러한 이유는 규모수익이 변한다는 가정 하에서 효율적 분석을 실시하는 BCC 모형의 특성상 CCR 모형보다 더 많은 효율적 DMU가 나타나기 때문이다. 38개 대학 전체의 순수기술적 효율성 점수평균은 97.2%로 계산되었으며, 순수기술적 효율성의 경우, 전체적으로 약 2.8% 정도의 개선의 여지가 있는 것으로 분석되었다. 또한 CCR 모형 분석에서는 DMU38의 효율성 점수 (0.5107)가 가장 낮게 나타났지만, BCC 모형에서는 DMU20의 효율성 점수가 가장 낮게 나타났다.

3.4 규모효율성 분석 및 원인규명분석

본 절에서는 각 대학들의 순수기술효율성을 계산하여, 비효율의 원인이 기술적인 측면에 의한 것인지, 규모적인 측면에 의한 것인지를 규명하고자 한다. 앞서 언급한 바와 같이, CCR 모형에서 획득한 각 DMU의 효율성 점수는 기술 및 규모가 결합된 결합효율성 점수를 의미하므로, 비효율성을 원인을 판단하기 어렵다. 따라서 비효율성의 원인을 규명하기 위해, CCR 모형의 효율성 점수를 BCC 모형의 효율성 점수로 나눔으로써 순수 효율성점수를 구할 수 있으며, 이렇게 구한 순수 효율성점수의 값을 BCC 모형을 적용하여 구한 규모효율성 값과 비교하여, 비효율의 원인을 파악할 수 있다. 즉, 만일 BCC 모형의 값이 순수 효율성점수를 비교한 결과 그 값이 작다면, 해당 DMU의 비효율은 규모에 의한 것으로 볼 수 있다.

<Table 2> DEA Efficiency score results of individual DMU

	DMU	CCR	BCC	규모효율성 (CCR/BCC)	CCR	규모수익	비효율원인	
		효율성 점수	효율성 점수		초효율성 점수		기술	규모
1	D1	0.9799	0.9802	0.9997	0.9799	CRS	o	o
2	D2	0.8935	0.9980	0.8953	0.8935	IRS	o	o
3	D3	0.7312	0.9587	0.7627	0.7312	IRS	o	o
4	D4	1.0000	1.0000	1.0000	1.0875	CRS		
5	D5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0370	CRS		
6	D6	0.6983	0.9476	0.7369	0.6983	IRS	o	o
7	D7	0.9233	0.9235	0.9998	0.9233	CRS	o	o
8	D8	0.7709	0.9393	0.8207	0.7709	IRS	o	o
9	D9	1.0000	1.0000	1.0000	1.6717	CRS		
10	D10	1.0000	1.0000	1.0000	1.1796	CRS		
11	D11	0.9673	1.0000	0.9673	0.9673	IRS		o
12	D12	0.8581	0.9014	0.9520	0.8581	IRS	o	o
13	D13	0.9866	1.0000	0.9866	0.9866	IRS		o
14	D14	0.8649	1.0000	0.8649	0.8649	IRS		o
15	D15	1.0000	1.0000	1.0000	1.1046	CRS		
16	A대학	0.7307	0.9674	0.7553	0.7307	IRS	o	o
17	D17	0.9373	0.9578	0.9786	0.9373	IRS	o	o
18	D18	0.7489	0.9272	0.8077	0.7489	IRS	o	o
19	D19	1.0000	1.0000	1.0000	1.0156	CRS		
20	D20	0.6780	0.8309	0.8160	0.6780	IRS	o	o
21	D21	1.0000	1.0000	1.0000	1.0258	CRS		
22	D22	1.0000	1.0000	1.0000	1.1292	CRS		
23	D23	0.9443	1.0000	0.9443	0.9443	IRS		o
24	D24	0.8771	0.9097	0.9642	0.8771	IRS	o	o
25	D25	0.8725	1.0000	0.8725	0.8725	IRS		o
26	D26	1.0000	1.0000	1.0000	1.3923	CRS		
27	D27	0.9718	1.0000	0.9718	0.9718	IRS		o
28	D28	0.9235	0.9562	0.9658	0.9235	IRS	o	o
29	D29	1.0000	1.0000	1.0000	1.1463	CRS		
30	D30	0.7252	0.8477	0.8555	0.7252	IRS	o	o
31	D31	1.0000	1.0000	1.0000	1.0623	CRS		
32	D32	1.0000	1.0000	1.0000	1.7005	CRS		
33	D33	1.0000	1.0000	1.0000	1.4350	CRS		
34	D34	1.0000	1.0000	1.0000	1.3813	CRS		
35	D35	0.6838	0.9807	0.6973	0.6838	IRS	o	o
36	D36	1.0000	1.0000	1.0000	2.2241	CRS		
37	D37	0.8057	0.9764	0.8252	0.8057	IRS	o	o
38	D38	0.5107	0.9501	0.5375	0.5107	IRS	o	o
	평균	0.8969	0.9724					

비효율적인 DMU들 중 D1, D2, D3, D6, D7, D8, D12, D16 (A 대학), D17, D18, D20, D24, D28, D30, D35, D37, D38은 규모와 운영 측면 모두에서 비효율이 야기 되었으며, D11, D13, D14, D23, D25, D27은 운영은 효율적이라고 할 수 있으나 규모 측면에서 비효율적으로 나타났다. 한 가지 중요한 점은 규모 및 운영 측면에서 모두 비효율성이 존재하는 대학의 경우, 운영

측면에서 투입요소를 줄이는 방법으로 규모를 감량화 하는 것은 그리 바람직하지 못하다는 것이다. 그 보다는 연구 활동을 장려하기 위한 방안 (인센티브 등)을 통해, 연구논문의 수, 연구비 수주액 증대를 꾀하거나, 교육여건을 개선하는 방안 (전임교원의 수 확충, 강의 담당시간 수 감축)을 통해 연구 성과 향상에 매진할 수 있도록 하여야 할 것이다.

4. 사례 대학 (A 대학)의 효율성 분석

DEA 분석의 장점 중의 하나는 비효율적인 의사결정 단위의 현 상황뿐만 아니라 비효율적 DMU에게 벤치마킹할 가상의 효율적 의사결정단위의 투입요소와 산출요소 정보를 제공하여, 효율적인 대학으로 되기 위해 개선해야 할 정도를 알려 준다는 점이다. 즉 효율적인 집단으로 변화하기 위한 구조조정의 목표값을 알 수 있기 때문에 쉽게 벤치마크의 값을 파악할 수 있다. 이러한 구조조정 목표치는 DEA 모형을 통해 판명된 참조집단의 가중치에 참조대상 DMU의 투입요소와 산출요소를 곱한 값을 더하여 구할 수 있다. [5]

사례대학인 서울과학기술대학교의 경우, CCR 모형에 의한 효율성 기준으로 효율성 점수는 73.1%를 나타내고 있으며, 이는 전체 집단의 평균 효율성 점수인 89.69에 비해 상당히 낮으며, 비교대상 대학 간의 순위에게 32위에 불과하다. 또한 서울과학기술대학교의 경우, 참조 대학 (효율성이 100%인 대학 중 개선을 위해 참조하여야 하는 대학)은 광운대학교, 국민대학교, 한국외국어대학교, 한국항공대학교, 한남대학교로 나타났다.

<Table 3>은 CCR 모형의 효율성 기준으로 서울과학기술대학교의 구조조정 목표와 실제 수준과의 차이를 보여주고 있다. <Table 3>에서 보는 바와 같이, 서울과학기술대학교의 연구 성과가 효율적이 되기 위해서는 도서관예산을 약 26.9%, 전임교원 확보율을 약 26.93% 감축하거나 전임교원 강의담당비율은 37%, 전임교원 1인당 학생 수는 약 50%를 증가시켜야 한다. 또한 SCI급 국제저널은 7.9%, 등재학술지는 21.7% 증가시켜야 함을 알 수 있다.

<Table 3> Improvement percentage of Seoultech

구분	항목	실제	목표	개선
투입	도서관 예산	1357000	991547.76	-26.93
	전임교원 강의담당비율	48.31	66.23	-37.09
	전임교원 1인당 학생	37.45	56.5	-50.87
	전임교원 확보율	58.4	42.67	-26.93
산출	특허등록 건수	15	15	0
	전임교원 1인당 연구비	70215	70215	0
	1인당 지역서수	0.1	0.1	0
	SCI 급	0.2	0.22	7.94
	등재지	0.5	0.61	21.67

좀 더 구체적으로 살펴보면, 서울과학기술대학교가 참조집단 대학에 비해 학술연구 성과가 효율적이기 위해서는 다음과 같은 노력이 요구된다. 첫째, 전임교원의 확보율은 목표대비 26.9% 더 많이 확보되어 있음에도 효율적인 대학에 비해 연구 성과가 미진하다는 것을 알 수 있다. 그러나 효율적인 대학으로 조직을 변경

하는 방안으로 전임교원을 감축하는 방안은 전략적으로 고려될 수 없다. 특히, 현재에도 낮은 전임교원 확보율에 비추어 볼 때 더욱 그러하다. 따라서 효율적인 DMU이 되기 위해 투입요소를 감축할 수도 있지만 서울과학기술대학교의 규모수익이 수확체증이므로 기존 투입요소를 그대로 유지하는 것이 바람직하다. 결과적으로, 전임교원을 줄이는 방안은 고려될 수 없기에 전임교원의 학술성과를 더 높일 수 있는 여러 방안 (승진 규정 강화, 성과에 대한 보상 강화 등등)이 고려되어야 함을 알 수 있다.

둘째, 도서관 예산이 많이 투자되었음에도 불구하고, 학술연구 성과가 미진하다는 것을 알 수 있다. 이는 보다 효율적인 도서관 예산 배분을 통해 투입 낭비가 발생하지 않도록 노력하는 것이 중요하다.

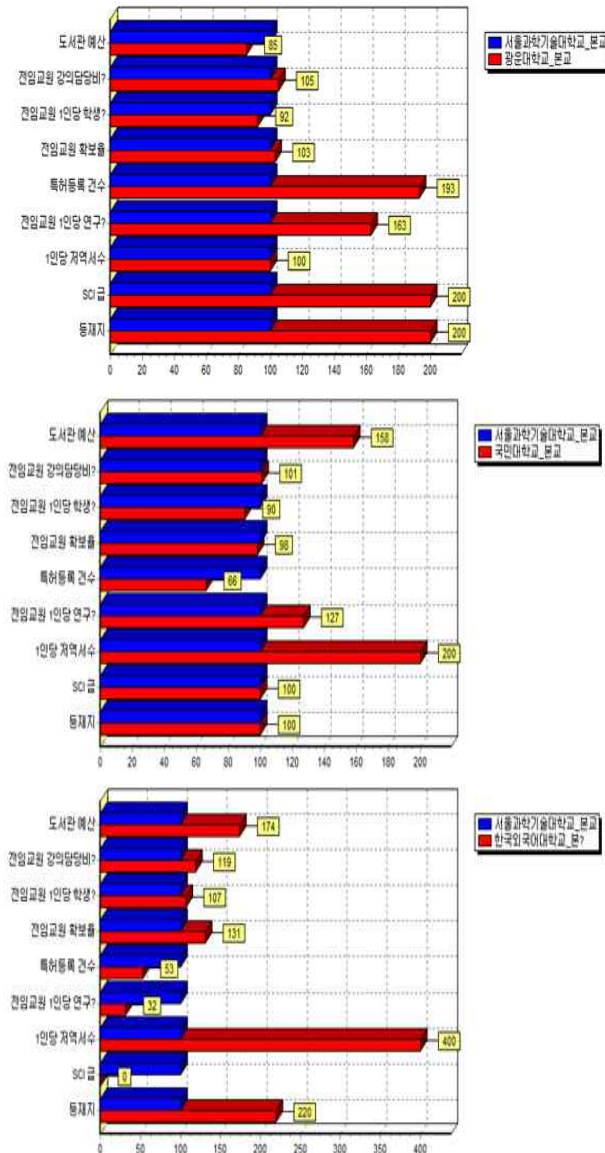
셋째, 서울과학기술대학교는 작은 규모의 연구활동으로 당면히 발생하는 규모의 비효율이 존재하고 있다. 이러한 경우, 투입요소를 증가시키므로써 규모의 비효율을 제거할 수 있다. 따라서 연구 성과를 효율적으로 달성하기 위해, 대학 당국이 우선적으로 우수한 전임 교원을 더 많이 확보해야 할 것이며 동시에 전임 교원의 과중한 교육 부담을 경감시킬 수 있는 방안도 함께 고려하여야 한다.

넷째, 서울과학기술대학교의 경우, 산학협력의 결과물인 특허등록 건수나 전임교원 1인당 연구비는 목표에 도달하여 있어 특별히 이를 우선적으로 개선을 할 필요가 없음을 알 수 있다. 이는 대학당국이 교수의 학술성과 효율성을 제고하기 위해서는 특허 등록이나, 연구비 확보를 위한 지원보다는 다른 학술성과를 획득하기 위한 지원에 우선을 두어야 함을 의미한다.

다섯째, 일반적인 학술성과 연구물인 SCI급 국제 저널 (7.94%)과 등재지 (21.67)등의 증대가 필요하다는 것을 알 수 있으며, 이를 달성하기 위한 다양한 연구 인센티브 제도와 같은 지원책이 요구됨을 알 수 있다.

더 나아가, 사례대학인 서울과학기술대학교과 효율성 참조집단(즉, 참조 대학)과의 비교 분석을 통해 효율성 개선에 관한 정량적 대책을 살펴보았다. 참조집단 간의 비교 그래프의 해석이 자료에 따라 그 차이가 크다. 예컨대, 대부분의 투입 및 산출변수의 값이 유사하고, 특정 변수의 값만 많은 차이를 보인다면, 왜 특정 변수의 값만이 차이를 보이는 지를 분석하면 될 것이다. 하지만, 대부분의 변수의 값들이 큰 차이를 보인다면, 아마도 해석하는데 많은 어려움이 있을 것이다.

먼저, 서울과학기술대학교와 광운대학교/ 국민대학교 / 한국외국어대학교간의 연구 성과 비교연구를 실시한 결과를 <Figure 3>에 제시하였다.



<Figure 3> A comparison analysis between Seoultech and 3 reference universities

서울과학기술대학교와 광운대학교는 투입변수의 값에는 크리 큰 차이를 보이지 않았지만, 산출변수인 특허 건수, 전임교원 1인당 연구비, SCI급 국제저널, 등재학술지 등에서 큰 차이를 보이고 있다. 이러한 결과를 바탕으로 서울과학기술대학교는 연구 성과를 높이기 위해 광운대학교와 마찬가지로 특허등록 및 전임교원 1인당 연구비 수주를 배가시킬 필요가 있으며, SCI급 연구실적과 등재학술지에 더 많은 논문이 게재될 수 있어야 할 것이다.

두 번째로, 서울과학기술대학교와 국민대학교간의 연구 성과 비교한 결과 그래프를 살펴보면, 도서관 예산 확충과 전임교원 1인당 연구비 수주 확대, 전임교원 1인당 저역서 수 증대 등을 통해 연구 성과의 효율성을

달성할 수 있음을 발견할 수 있다.

세 번째로, 서울과학기술대학교와 한국외국어대학간의 연구 성과에 대한 비교 분석을 통해 전임교원 1인당 저역서 수와 등재학술지 논문을 통해 연구 성과의 효율성을 달성할 수 있음을 알 수 있다.

따라서 서울과학기술대학교에서는 가장 실현 가능한 부분을 선정하여 집중 지원함으로써 연구 성과의 효율성을 달성할 수 있는 전략적 방안을 마련할 수 있다.

5. 결론 및 시사점

본 연구는 교육여건을 고려한 대학의 학술연구 성과 평가에 효율성(Efficiency) 개념을 도입하여 각 대학의 연구 성과를 평가하였다. 이를 위해 각 대학의 여러 투입요소와 산출요소 하에서 각 대학의 연구 효율성을 DEA 기법을 적용하였다. 각 대학별 효율성 분석에 있어서는 여러 DEA 기법 중 CCR 모형, BCC 모형, 기술 효율성 분석, 초효율성 분석 등을 이용하여 다양한 정보를 제공하였다. 본 연구의 효율성 분석의 결과를 서울과학기술대학교의 연구 성과를 향상시키기 위한 전략적 방안을 도출하는데 적용하였다.

먼저 DEA 분석을 통해 38개 대학의 기술 및 규모 효율성을 분석하였다. 기술 및 규모 효율성 분석 결과, 몇몇 대학은 상당히 높은 효율성 수준에서 운영되고 있는 것으로 나타났지만, 여전히 많은 대학에서 개선의 여지가 있는 것으로 나타났다. 특히, 사례대학의 경우, 전체 38개 대학 중에서 CCR 효율성 점수순위가 매우 낮은 편으로, 여러 가지 DEA 기법을 활용하여 개선 전략을 제시하였다.

이러한 대학 간의 연구 성과에 대한 분석은 향후 더욱 심도 있게 진행되어야 할 것이다. 첫째, 투입요소와 산출요소를 본 연구와 같이 분리하여 적용하는 것과 가중치를 활용하여 통합한 통합 투입(혹은 산출) 요소를 사용하여 DEA를 적용할 필요가 있다. 그 이유는 두 변수가 높은 상관관계를 배제할 필요성이 있기 때문이다. 둘째, 글로벌 측면에서의 대학 간 경쟁이 치열해지는 상황을 고려한다면, 대학 연구 성과의 국제적 비교연구가 수행되어야 할 것이다. 셋째, 연구 성과 효율성의 변화 추이를 분석하기 위해 연도별 효율성 변화 분석이 진행되어야 할 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] 권영훈, 김선영, 이남준, (2010), DEA모형을 이용한 대학운영효율성 분석 연구: 수도권 소재대학과 지방소재대학의 비교분석을 중심으로, “서비스경영학회지, 제11권 1호. pp.179 ~ 208
- [2] 김도진 (2012), “우리나라 전문대학교의 경영 효율성 분석,” 교육재정경제연구 제21권 제3호. pp.117~144
- [3] 모수원 (2006), “DEA 모형을 이용한 전문대학의 효율성 평가,” 산업경제연구 제19권 제4호, 2006.8, 1581-1595;
- [4] 임성목 (2009). “DEA에서 투입·산출 요소 선택 방법,” 「IE Interfaces」, 제22권 제1호, 2009, pp.44-55.
- [5] 이영찬, 서창갑 (2005), “자료포괄분석을 이용한 지역신용보증재단의 효율성 평가,” 대한경영학회지 제18권 제3호, pp. 1247-1269.
- [6] 한동여, 김성아 (2008). “DEA에 의한 소프트웨어 기업의 효율성 분석,” 「생산성논집」, 제22권 제4호, 2008년, pp.5-22.
- [7] 한동여, 최성용 (2009). “Super DEA에 의한 광고비의 효율성 측정,” 「기업경영연구」, 제16권 제4호, 2009, pp.83-95.
- [8] Ahn, T., A. Charnes, and W.W. Cooper.(1988), “Some statistical and DEA evaluations of relative efficiencies of public and private institutions of higher learning,” *Socio-Economic Planning Sciences* 22, pp.259-269.
- [9] Andersen, P., Petersen, N. (1993) “A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis,” *management Science* 39, pp.1261-1264.
- [10] Banker, RD, A. Charnes, and WW Cooper. (1984), “Some Models for Estimating Technical and scale inefficiencies in DEA,” *Management Science* 32: pp.1613-1627.
- [11] Beasley, JE (1990), “Comparing university departments,” *OMEGA* 18: pp. 171-183.
- [12] Beasley, JE (1995), “Determining teaching and research efficiencies,” *The Journal of the Operational Research Society* 46, pp. 441-452.
- [13] Carrington, R., T. Coelli, and DS Prasada Rao. (2005), The performance of Australian universities: Conceptual issues and preliminary results. *Economic Papers* 24: pp. 145-163.
- [14] Charnes, A., WW Cooper, and E. Rhodes (1978), “Measuring the efficiency of decision making units,” *European Journal of Operational Research* vol. 2: pp. 429-444.
- [15] Flegg, AT, DO Allen, K. Field, and TW Thurlow. (2004), “Measuring the efficiency of British universities: A multi-period data envelopment analysis,” *Education Economics* 12: pp. 231-249.
- [16] Johnes, G., and J. Johnes. (1993), “Measuring the research performance of UK economics departments: An application of data envelopment analysis,” *Oxford Economic Papers* 45: pp. 332-347.
- [17] Johnes J., and L. Yu. (2008), “Measuring the research performance of Chinese higher education institutions using data envelopment analysis,” *China Economic Review* 19: pp. 679- 696.
- [18] Sinuany-Stern, Z., A. Mehrez, and A. Barboy. (1994), “Academic departments efficiency via dea,” *Computers & Operations Research* 21: pp. 543-556.
- [19] Tomkins, C., and R. Green. (1988), “An experiment in the use of data envelopment analysis for evaluating the efficiency of UK university departments of accounting,” *Financial Accountability & Management* 4: pp. 147-164.
- [20] Worthington, A., and BL Lee. (2008), “Efficiency, technology and productivity change in Australian universities, 1998-2003,” *Economics of Education Review* 27: 285-298.

저 자 소 개

김 선 민



현재 서울과학기술대학교 글로벌경영학과 교수로 재직 중이다. 연세대학교 상경대학 경제학과를 졸업하고, University of California, Irvine에서 경영학석사, University of Georgia에서 경영학 박사를 취득하였다. 아울러, 미국공인 생산 및 재고관리사 (Certified Production and Inventory Management)를 취득하였으며, 골드렛 연구소의 학계공인 조나(academic JONAH)이다. 주요 관심 분야는 제약이론을 통한 창의적 문제해결 기법, 공급체인관리, 서비스경영, 기술혁신 등이다.

주소: 서울시 노원구 공릉2동 172 서울과학기술대학교 글로벌경영학과