

# 분류모형과 DEA를 이용한 두뇌한국(BK) 21 사업단 효율성 분석

손소영<sup>†</sup> · 주용규

연세대학교 컴퓨터과학 · 산업시스템공학과

## Data Envelopment Analysis and Logistic Model for BRAIN KOREA 21

So-Young Sohn · Yong-Gyu Joo

Department of Computer Science & Industrial Systems Engineering, Yonsei University, Seoul, 120-749

The objective of this study is to measure and to predict the efficiency of participating groups of BK 21 by using DEA. DEA is a methodology to measure and to evaluate the relative efficiency of a homogeneous set of decision-making units (DMUs) in a process which uses multiple inputs to produce multiple outputs. In order to reflect the effect of the environmental factors of BK 21, we consider not only a general DEA model but also a logistic model for DEA. As a result, location of participating groups of BK 21 turns out to be significant. Our proposed approach can predict the efficiency of a new BK 21 group with given environmental factors. It is expected that these models can give a feedback for effective management of BK 21.

**Keywords:** Brain Korea 21, data envelopment analysis, logistic model

### 1. 서론

두뇌한국21(Brain Korea 21) 사업은 세계적 수준의 우수한 대학원 육성을 통하여 대학의 연구력을 증진시키고 우수한 고등인력 양성체제를 구축하며 각 지역에 소재한 대학과 지역 산업을 연계시켜 특성화하고 지역에 필요한 우수인력 양성체제를 구축하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 교육부는 연간 2천억 원씩 7년 간 총 1조4천 원의 예산을 투입할 예정이다(한국학술진흥재단, 2003).

이렇게 막대한 자금이 투입되고 있는 실정에서 본 사업을 효과적으로 추진하기 위해 정부에서 매년 사업단의 성과를 평가하고 있다. 이러한 평가는 사업비의 지원을 위한 자료로 활용

될 뿐만 아니라, 각 사업단으로 하여금 이 사업의 목표를 달성할 수 있도록 유도하는 방법으로 진행되어 왔다. 또한 이를 통하여 각 사업단별 경쟁 및 사업단 내부의 경쟁을 유도함으로써 사업추진의 효율성을 제고하고 있다.

2002년도에 3차년도 평가까지 진행되어 왔으며 특히 3차년도 평가는 1-3차년도 전반에 걸쳐 사업목표, 추진체제, 사업비 집행의 적절성, 대응자금 확보 실적, 제도개혁 등의 달성 정도를 평가하였다. 또한, BK 21 사업이 시작된 지 3년이 경과된 시점에서 동 사업이 어느 정도의 안정적인 사업기반을 갖추었는가와 사업단 운영을 위한 조직 재정립을 통해 향후 동 사업이 보다 효과적이고 발전적인 사업방향을 모색하는 데 목적을 두었다(한국학술진흥재단, 2003).

이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2003-041-D00612).

<sup>†</sup>연락처 : 손소영 교수, 120-749 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 컴퓨터과학 · 산업시스템공학과, Fax : 02-2123-4014,

E-mail : sohns@yonsei.ac.kr

2004년 6월 6일 접수, 2회 수정 후 2004년 9월 13일 게재 확정.

본 연구의 목적은 2002년 3차년도 평가자료를 바탕으로 하여 두뇌한국21 과학기술분야 사업단과 인문사회분야 사업단을 대상으로 하여 다양한 각도로 효율성평가를 실시하여 각 사업단의 운영상태와 문제점을 규명하고 이에 대한 개선책을 제시하는 데 있다. 또한 각 사업단의 효율성 순위를 얻어서 효율성 상위 사업단과 하위 사업단을 구분하여 차후에 사업단을 평가하는 참고자료로 활용하고자 한다. 또한 각 사업단의 환경요인을 적용한 분류모형을 이용하여 차후 특정 환경요인을 갖는 새로운 사업단의 효율성도 예측해 보고자 한다.

본 연구에서는 이러한 분석을 위해 다수의 투입 및 산출 요소 관점에서 평가하는 DEA(Data Envelopment Analysis)를 적용하였다. DEA는 학교, 행정부서, 은행, 편의점, 병원 등의 다양한 분야에서 기관평가 시 많이 사용되고 있다(최홍과 손소영, 1999; 김우봉과 김우식, 2002; 홍봉영, 2003). DEA를 이용하면 DMU(Decision Making Unit) 간 효율성 비교를 함으로써 타 사업단에 참고가 될 수 있는 효율적인 사업단을 선별할 수 있으며 또한 효율적인 프론티어를 유도할 수 있는 방향을 제시해 줌으로써 사업단의 평가뿐만 아니라 각 사업단의 현황을 효율성을 중심으로 설명할 수 있다. DEA는 입력 및 출력 변수와 같은 평가속성에 대해 사전에 주어진 가중치나 혹은 특정한 함수 형태에 가정 없이도, 각 평가단위가 다투입, 다산출 배경하에서 입력 대 출력비의 최대치를 얻기 위한 가중치를 계산한다(Charnes, Cooper and Rhodes, 1978). 이를 기준으로 파레토 최적화(Pareto Optimality)적인 의미에서 가장 효율적인 집단을 명시하고, 비효율적인 집단에 대해서는 효율성의 향상을 위한 수준점을 제시한다는 것이 비효율분석과 같은 여타 평가도구에 비해 장점으로 부각된다. 또한 각 사업단의 효율성을 평가하는데 있어서 소수의 입력변수와 출력변수만을 사용하여 평가함으로써 발생될 수 있는 문제점을 방지하기 위해 DEA 시 사용되지 않은 환경변수를 DMU의 효율성 여부와 연결시킨 회귀모형을 통해 반영하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 일반적인 DEA 및 Super-efficient model, CCA/DEA에 대한 소개를 하였고 3장에는 DEA 결과를 활용한 분류모형을 제안하였다. 이를 바탕으로 4장에서는 BK 21 사업단에 대한 DEA를 실시하였다. 5장에서는 사업단의 환경요인까지 포함시킨 분류모형을 이용한 DEA를 하였고 마지막으로 결론 및 향후 연구과제에 대해 논의하였다.

## 2. DEA(Data Envelopment Analysis)

본 장에서는 분석에 활용하고자 하는 DEA 관련 모형 중 CCR 모형(Charnes, Copper and Rhodes, 1978), BCC모형(Banker, Charnes and Copper, 1984), Super-efficient Model(Andersen and Petersen, 1993), CCA/DEA(Friedman, 1996)에 관하여 고찰하고자 한다.

DEA는 1978년 Charnes, Copper and Rhodes에 의해 제안된 다투입과 다산출에 관한 비율모형으로서 다투입, 다산출을 갖고 있

는 DMU(Decision Making Unit)를 대상으로 효율성의 정도를 제공한다. 이 모형은 각각의 DMU를 다른 DMU와 반복적으로 비교하여 효율적인 결과를 도출할 수 있도록 다투입과 다산출의 가중치를 유도한다.

이를 목적식과 제약조건으로 표현하면 다음의 식 (1)과 같은 비선형계획법(non-linear programming) 문제가 된다.

$$\text{Max. } \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1 \quad \text{for } j = 1, 2, 3, \dots, k, n$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

여기서  $k$ 는 효율성을 측정하고자 하는 대상 DMU를,  $s$ 는 산출요소의 수를,  $m$ 은 투입요소의 수를 나타내며,  $X_{ij}$ 와  $Y_{rj}$ 는 투입물과 산출물의 실제 관찰치를 나타내는 변수이다. 또한  $u_r, v_i$ 는 대상 DMU의 각 산출요소와 투입요소의 가중치를 의미한다.

DEA에 의해서 평가된 개별조직의 효율치는 모형 내에 도입된 변수를 종합하여 제시한 평점이므로 당해 조직이 어느 정도 효율적으로 활동하고 있는지 쉽게 파악할 수 있다. DEA에 의한 평가결과와 상대적으로 비효율적인 DMU들에 대하여 효율성 개선을 위한 참조집합을 제공한다.

DEA는 단일 입력치와 단일 출력치의 비가 아니라 다투입, 다산출의 가중합의 복합적인 비율로서 효율성을 산출하기 때문에, 이러한 정의에 입각하여 일련의 가중치 요소가 필요하다. 하나의 DMU에서 각 입력변수와 출력변수의 가중치 벡터를  $u_r, v_i$ 라 한다면, 이들은 모형의 선형화 과정에서 합성된 단일 가중치(해당 DMU 내에서만 적용됨)로 산출된다.

Banker *et al.*(1984)은 CCR 모형에 반해  $k$ 번째 DMU에 대한 규모의 효율성(Scale Efficiency)을 찾기 위해 BCC 모형을 제시하였는데, 이러한 BCC 모형의 일반식을 나타내 보면 다음의 식 (2)와 같다.

$$\text{Max } \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - U_0}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \quad (2)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^m \frac{u_r Y_{rj} - U_0}{v_i X_{ij}} \leq 1 \quad \text{for } j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \epsilon > 0$$

이 모형의 목적함수에는  $U_0$ 라는 인자가 나타나는데, 이는 ‘규모에 대한 보수지표(indicator of returns to scale)’로서 규모에 대한 경제를 파악하는 지표로 사용된다.  $U_0$ 는 부호의 제약을 받지 않으며, 동시에  $U_0$ 의 부호에 따라 해당 DMU의 규모 수의 특성을 파악할 수 있다는 이점이 있다. 그러나  $U_0$ 의 값은 측정단위에 따라서 그 크기가 변동하므로 규모의 경제에 대한 절대치를 말할 수 없고 단지 규모의 경제(혹은 비경제) 여부에 대해서만 언급할 수 있다. 일반적으로 비효율적인 DMU는 CCR모형에서 얻은 효율성 값이 BCC 모형에서 얻은 값보다 작다.

한편 CCR 모형에서 얻은 효율성 값(결합효율성)을 BCC 모형에서 얻은 효율성 값으로 나누게 되면 주어진 생산활동 규모 하에서의 기술 효율성(Technical Efficiency)을 계산할 수 있다. 이렇게 구한 기술 효율성 값과 BCC 모형을 통해 얻은 규모 효율성 값을 상호 비교함으로써, 비효율적인 DMU의 비효율 원인이 기술 측면에서 발생하는지 규모 측면에서 발생하는지 파악할 수 있으며, 이에 따라 효율성 개선을 위한 방향을 제시할 수 있다.

다투입, 다산출 상황하에서 각각의 평가단위들인 DMU들을 대상으로 효율성 측면에서 순위를 정하고자 할 때 Super-efficient Rank Method와 CCA/DEA(Canonical Correlation Analysis/Data Envelopment Analysis)를 적용할 수가 있다. Andersen and Petersen(1993)에서는 DMU 중에 극도로 효율적인  $k$ 번째 DMU를 선정하여 Primal 식 중에  $k^{th}$ 를 제약조건에서 제거함으로써  $k$ 번째 DMU에 비해 상대적인 효율성을 수치로 구하여 순위를 부여하는 Super-efficient Rank Method를 제시하였다. 이러한 Super-efficient에 대한 일반식을 나타내 보면 다음의 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max.} \quad \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} & (3) \\
 & \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} \geq 0 \quad \text{for } j = 1, 2, 3, \dots, n, j \neq k, \\
 & \quad \quad \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1 \\
 & \quad \quad u_r \geq \varepsilon \quad \text{for } r = 1, \dots, s \\
 & \quad \quad v_i \geq \varepsilon \quad \text{for } i = 1, \dots, m
 \end{aligned}$$

Super-efficient model은  $k$ 번째 DMU ( $j = 1, 2, 3, \dots, n, j \neq k$ )를 제외한 나머지 Pareto frontier 사이의 거리를 계산함으로써 상대적인 효율성을 구할 수가 있다.

또한 다투입, 다산출 상황하의 DMU를 효율성 측면에서 순위를 정해 주고자 할 때, CCA/DEA(Canonical Correlation Analysis/Data Envelopment Analysis) 모형을 이용할 수 있다. CCA/DEA를 이용하기 위해서는 먼저 각각 선형결합된 입력( $Z_j$ )과 출력( $W_j$ ) 변수 조합의 비율로 쓰이는 새로운 척도로  $T_j$ 를 정의하

고, 그런 다음 CCA 방법을 통해 구한 아이겐 값(Eigenvalue: First Canonical Variable) 중 가장 큰 값을 가지는 가중치 조합을 각각의 선형결합에 이용한다. 이상의 CCA/DEA 모형을 수식으로 표현하면 식 (4)와 같다(Friedman, 1996).

$$T_j = \frac{W_j}{Z_j} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \quad j = 1, \dots, n \quad (4)$$

CCA/DEA를 위해서는 먼저 정준상관분석을 통해, 해당 DMU의 입력변수의 선형결합  $Z_j$ 와 출력변수의 선형결합  $W_j$  간의 상관계수(Correlation Coefficient)의 절대값 ( $|r_{ZW}|$ )을 최대한으로 하는 가중치 벡터  $v' = (v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1m})$  및  $u' = (u_{11}, u_{12}, \dots, u_{1s})$ 을 결정한다. 이때  $S_{XX}$ ,  $S_{YY}$ ,  $S_{XY}$ 은 각 변수들의 제곱의 합과 변수들의 곱의 합을 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 \text{max} \quad r_{zw} &= \frac{V' S_{XY} U}{\sqrt{(V' S_{XX} V)(U' S_{YY} U)}} & (5) \\
 \text{s.t.} \quad & v' S_{XX} v = 1 \\
 & u' S_{YY} u = 1
 \end{aligned}$$

일반적으로 DEA에서의 효율성 평점은 1을 초과할 수 없는 반면, CCA/DEA에서의  $T_j$ 값은 1을 초과할 수 있다. 각 입력변수와 출력변수에 관한 가중치가 주어지며, 자료를 표준화한 다음 이들을 선형결합해야 한다. 변수들의 값을 표준화해야 하는 첫 번째 이유는 정준상관분석을 통해 주어지는 가중치가 표준화 작업을 거쳐서 계산된 값이기 때문이고, 두 번째 이유는 표준화된 변수들의 가중치를 이용하면 변수들 간의 상대적인 중요성을 비교할 수 있기 때문이다. 각 DMU별로 표준화된 입·출력 변수  $Z_j$  및  $W_j$ 의 선형결합을 구하면 식 (6) 및 식 (7)에 의해 계산될 수 있다.

$$Z_j' = \sum_{i=1}^m X' = \sum_{i=1}^m \frac{v_i X_{ij}}{S X_i} \quad (6)$$

$$W_j' = \sum_{r=1}^s Y' = \sum_{r=1}^s \frac{u_r Y_{rj}}{S Y_r} \quad (7)$$

위의 식에 의해  $Z_j'$ 와  $W_j'$ 을 구했을 때, DMU 간의 순위산정에 사용되는 척도는 식 (8)과 같이 구하게 된다.

$$T_j = \frac{W_j'}{Z_j'} \quad (8)$$

이후  $T_j$  점수를 이용하여 각 DMU들의 효율성 순위를 측정할 수가 있다. 이상과 같이 본 연구에서 사용한 네 가지 DEA 기법의 특징은 <표 1>과 같다.

### 3. DEA 결과를 활용한 분류모형

이와 같은 네 가지 방법 중 CCR 모형과 BCC 모형의 결과로 각 DMU를 효율적인 것과 비효율적인 것으로 나눌 수 있고 Supper-efficient 모형과 CCA/DEA 모형의 결과로 각 사업단의 효율적 순위를 구할 수 있다. 그러나 이런 방법으로 DMU의 효율성을 단순히 이진분류하거나 효율성 순위를 분석하는 것에는 한계점이 있다. 첫째, 입력변수의 수와 DMU 숫자 간의 관계 때문에 다양한 입·출력 변수의 사용이 어려우며 입·출력 변수 이외의 환경변수의 고려가 불가능하다. 둘째로는 기본적으로 효율성 평가는 입·출력 변수 관련 데이터 수집이 된 후에나 가능하여 예측목적으로 DEA 활용이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 DEA 시 사용되지 않은 환경변수를 DMU의 효율성 여부와 연결시킨 로지스틱 회귀모형에 활용하였다. 특히 네 가지 DEA 결과 중 CCR 모형의 결과를 사업단의 환경변수와의 선형결합으로 이루어진 로지스틱 모형을 사용하였다. 모형에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.

각 DMU의 환경특성을 고려하여  $k$ 개의 동질적인 집단으로 DMU를 그룹화한 다음  $k$  그룹 안에 속한 DMU의 총 개수를  $n_k$ 라 두고 그 중에서 효율적인 DMU의 개수를  $I_k$ 라 둔다. 이때  $k$ 번째 그룹의 한 DMU가 효율적일 확률을  $p_k$ 라 하자. 이때  $I_k$ 의 분포는 이항분포를 따르게 된다.

$$I_k \sim Bin(n_k, p_k) \tag{9}$$

$$p(I_k) = \binom{n_k}{I_k} p_k^{I_k} (1 - p_k)^{n_k - I_k} \tag{10}$$

주어진 분포의 평균은  $E(I_k) = n_k p_k$ 이고 분산은  $V(I_k) = n_k p_k (1 - p_k)$ 이다. 여기서 우리는  $p_k$ 를 환경변수 ( $z_{1k}, \dots, z_{Qk}$ )의 함수인 로지스틱 모형으로 나타낼 수 있다.

$$\ln \frac{p_k}{1 - p_k} = \gamma_0 + \gamma_1 z_{1k} + \dots + \gamma_Q z_{Qk} \tag{11}$$

다음으로, 최우추정법을 사용하여 추정된 모수 ( $\hat{\gamma}_0, \hat{\gamma}_1, \dots,$

$\hat{\gamma}_Q$ )를 바탕으로 특정 환경변수를 가지는 새로운 그룹에 대한  $E(I_{new})$ 를 구할 수 있다. 또한 이를 토대로  $E(I_{new})$ 에 대한  $(1 - \alpha)100\%$  신뢰구간을 구할 수 있다. 이것으로 새로운 사업단의 효율성에 대한 예측을 투입과 출력 변수가 없는 상태에서 서도 구할 수 있다.

$$L = \frac{n_k}{1 + \exp\left(\sum_{q=0}^Q -\hat{r}_q z_{q,new} + Z_{2/\alpha} \hat{\sigma}_{\sum_{q=0}^Q -\hat{r}_q z_{q,new}}\right)} \tag{12}$$

$$U = \frac{n_k}{1 + \exp\left(\sum_{q=0}^Q -\hat{r}_q z_{q,new} - Z_{2/\alpha} \hat{\sigma}_{\sum_{q=0}^Q -\hat{r}_q z_{q,new}}\right)} \tag{13}$$

$$\hat{\sigma}_{\sum_{q=0}^Q -\hat{r}_q z_{q,new}} = \sqrt{\sum_{q=0}^Q z_{q,new}^2 V(\hat{r}_q) + 2 \sum_{q=0}^{Q-1} \left( z_{q,new} z_{q+1,new} Cov(\hat{r}_q, \hat{r}_{q+1}) + \dots + z_{q,new} z_{Q,new} Cov(\hat{r}_q, \hat{r}_Q) \right)} \tag{14}$$

### 4. DEA 모형을 적용한 BK21 사업단 효율성 분석

본 연구에서는 DEA를 이용하는 데 있어서 BK21 사업의 분야인 과학기술분야, 인문사회분야, 지역대학분야, 특화분야, 핵심분야 중 과학기술분야의 사업단과 인문사회분야의 사업단을 중심으로 효율성 분석을 실시하였다.

DEA 분석을 함에 있어 필요한 변수들은 두뇌한국 21 홈페이지 (<http://www.bk21.or.kr>)에 있는 중간평가 보고서를 통해 취합할 수 있었다. 입·출력 변수의 자세한 내용은 Appendix를 참고하길 바란다. 사용된 변수에 대해 자세히 살펴보면 과학기술분야에서의 DEA 입력변수로는 지원기준액, 참여교수 인원, 참여 석박사 인원을, 출력변수로는 SCI급 논문게재 실적, 논문 I/F, 국제특허 실적, 석박사 참여 인원의 국제 학술지 실적을 사용하였다. 인문사회분야에서의 DEA 입력변수는 과학기술분야와 동일하게 사용하였지만 출력변수로는 국제학술지 실적, 전국규모 학술지 실적, 학술저서 실적, 석박사 인원의 국제학술지 실적과 전국규모 학술지 실적을 사용하였다. 각 모형분석에 사용된 프로그램으로 EMS 1.3(Holger Scheel, 2000)과 SAS 8.2(SAS Institute, 1999)를 이용하였다.

표 1. 네 가지 DEA기법 비교

모형	특징
CCR 모형 (Charnes, Copper and Rhodes, 1978)	기본 모델
BCC 모형 (Banker, Charnes and Copper, 1984)	CCR 모형의 규모에 대한 보수지표 추가
Supper-efficient 모형 (Andersen and Petersen, 1993)	가장 효율적인 DMU와 상대적으로 비교하여 순위 계산
CCA/DEA 모형 (Friedman, 1996)	정준상관분석에 의한 DEA분석

4.1 사업단 효율성 분석

각 DMU에 대하여 각 분야별 CCR 모형과 BCC 모형에 적용하여 효율적 평점을 산출한 결과는 <표 2>와 같다.

먼저 과학기술분야를 살펴보면 CCR 모형을 적용한 결과 효율성 평점이 1인 DMU는 26개 중 7개로 나타나고 있어 27% 정도가 효율적인 것을 알 수 있다. 이처럼 비효율적으로 나온 이유는 크게 두 가지 원인으로 볼 수 있다. 첫째 전체적인 입력대비 출력변수들의 값이 비슷한 규모의 투입수준을 유지하는 다른 DMU에 비해 낮은 편이라는 것을 말해 준다. 다른 한 가지는 입력변수의 운용 면에 있어 유달리 높은 수치를 기록하고 있었기 때문이고 이러한 원인이 전반적인 효율성 저하를 가져온 것으로 볼 수 있다.

CCR 모형에서 효율성 평점 외에 분석 가능한 것으로 효율성

참조집합이 있다. 효율적인 DMU는 자기 자신이 효율성 참조집합이 되는 반면, 비효율적인 DMU에는 자기 자신을 제외한 다른 DMU들이 해당 DMU의 비효율을 개선하기 위한 효율성 참조집합이 된다. 각 비효율적인 DMU들에 대해 참조집합으로서의 출현빈도를 살펴보면, 25번째 DMU(과기원 화공)가 14회로 가장 많은 빈도수로 나타났고, 17번째 DMU(연세대 물리) 8회, 3번째 DMU(광주과기원 재료) 6회, 15번째 DMU(서울대 화학) 3회, 23번째 DMU(과기원 생물) 2회, 20번째 DMU(포항공대 분자생명) 1회 순으로 나타났다.

BCC 모형의 결과는 <표 2>에서 보듯이 CCR 모형에서는 전체 중 7개의 효율적인 DMU가 선정이 되었는데 반해서 BCC 모형에서는 13개의 효율적인 DMU가 나타나고 있어 50% 정도가 효율적인 것을 알 수가 있다. CCR 모형에서는 비효율적인 DMU로 나타났던 DMU5(서울대 기계), DMU7(서울대 물리),

표 2. 사업단별 DEA 분석 결과(과학기술분야)

DMU NO.	대학구분	분야구분	과학기술분야				
			CCR	BCC	비효율의 원인		
					Technical Efficiency	규모	기술
1	경상대	농생명	39.80%	61.07%	65.17%		○
2	고려대	생명공학	56.42%	65.64%	85.95%		○
3	광주과기원	재료	100.00%	100.00%	100.00%		
4	서울대	건설기술	18.65%	42.42%	43.97%		○
5	서울대	기계	88.69%	100.00%	88.69%	○	
6	서울대	농생명	70.58%	75.80%	93.11%		○
7	서울대	물리	98.11%	100.00%	98.11%	○	
8	서울대	생명과학	60.45%	60.47%	99.97%		○
9	서울대	정보기술	39.15%	63.12%	62.02%	○	
10	서울대	수리과학	27.21%	92.87%	29.30%	○	
11	서울대	인간생명	60.31%	100.00%	60.31%	○	
12	서울대	재료	96.45%	100.00%	96.45%	○	
13	서울대	지구과학	51.35%	72.16%	71.16%	○	
14	서울대	화공	76.59%	77.71%	98.56%		○
15	서울대	화학	100.00%	100.00%	100.00%		
16	아주대	분자과학	47.74%	53.85%	88.65%		○
17	연세대	물리	100.00%	100.00%	100.00%		
18	연세대	의과학	52.03%	86.07%	60.45%	○	
19	포항공대	정보기술	34.65%	35.32%	99.10%		○
20	포항공대	분자생명	100.00%	100.00%	100.00%		
21	포항공대	기계	51.41%	67.09%	76.63%		○
22	한국과기원	기계	60.15%	100.00%	60.15%	○	
23	한국과기원	생물	100.00%	100.00%	100.00%		
24	한국과기원	정보기술	50.53%	100.00%	50.53%	○	
25	한국과기원	화공	100.00%	100.00%	100.00%		
26	한국과기원	화학	100.00%	100.00%	100.00%		

DMU11(서울대 인간생명), DMU12(서울대 재료), DMU22(과기원 기계), DMU24(과기원 정보기술)가 BCC 모형에서는 효율적인 DMU로 선정이 되었다.

다음으로 인문사회분야를 살펴보면 CCR 모형은 DMU 19개 중 3개인 16%가 효율적인 것으로 나타났다. 효율적인 참조집합의 출현빈도를 살펴보면 각각 4번째 DMU(대구대 특수교육)가 16회, 18번째 DMU(충남대 백제학)가 2회, 3번째 DMU(고려대 한국학)가 1회이다.

BCC 모형은 19개 중 7개인 37%가 효율적인 것으로 나타났다. CCR 모형에서 비효율적인 DMU인 DMU6(동덕여대 아동학), DMU9(서울대 교육학), DMU10(서울대 법학), DMU15(성균관대 유교문화)는 BCC 모형에서 효율적인 DMU로 선정되었다.

또한 본 연구에서는 각 DMU들의 순수기술 효율성을 구하여, 비효율적인 측면에 기인한 것인지, 규모적인 측면에 기인한 것인지를 규명하는 분석을 시행하였다. CCR 모형은 평가 DMU 간의 기술 및 규모가 결합된 결합효율성 값을 제시하므로, 비효율성의 원인을 규명하기는 부족하다. 따라서 BCC 모형의 효율성 평점으로 CCR 모형의 효율성 평점을 나눔으로써 순수기술 효율성 값을 구하고, 이렇게 구한 기술효율성 값과 BCC 모형을 적용하여 구한 규모효율성 값을 비교하여, 그 수치가 작은 것이 해당 DMU의 비효율의 원인이 된다. <표 2>에

나타난 기술효율성과 규모효율성 값을 비교해 보면 과학기술 분야의 DMU5(서울대 기계), DMU7(서울대 물리), DMU9(서울대 정보기술), DMU10(서울대 수리과학), DMU11(서울대 인간생명), DMU12(서울대 재료), DMU13(서울대 지구과학), DMU18(연세대 의과학), DMU22(과기원 기계), DMU24(과기원 정보기술)가 규모적인 측면에서 비효율성이 존재하는 것으로 나타났다. 또한 DMU1(경상대 농생명), DMU2(고려대 생명공학), DMU4(서울대 건설기술), DMU6(서울대 농생명), DMU8(서울대 생명과학), DMU14(서울대 화공), DMU16(아주대 분자과학), DMU19(포항공대 정보기술), DMU21(포항공대 기계)는 기술적인 측면에서 비효율성이 존재함을 알 수 있다. 인문사회분야의 결과는 <표 3>과 같다. 이때 규모효율성 및 기술효율성 때문에 비효율의 원인이 발생하는 DMU는 입력수준을 낮춤으로써 규모의 감량화를 피하거나, 산출변수의 수준을 높임으로써 비효율성의 원인을 개선하는 방향을 제시할 수 있다.

본 연구의 결과에서는 입력변수로는 지원기준액, 참여교수 인원, 참여석박사 인원을 출력변수로는 SCI급 논문게재 실적, 국제특허 실적, 석박사 참여 인원의 국제 학술지 실적과 같은 변수들을 사용하였기 때문에 지원금액조정, 참여인원의 최적화, 논문게재 실적의 향상들을 통해서 전반적인 효율성을 증가시킬 수 있다.

표 3. 사업단별 DEA 분석 결과(인문사회분야)

DMU NO.	대학구분	분야구분	CCR	BCC	비효율의 원인		
					Technical Efficiency	규모	기술
1	고려대	경제학	48.39%	49.44%	97.88%		○
2	고려대	정치학	54.64%	65.49%	86.49%		○
3	고려대	한국학	100.00%	100.00%	100.00%		
4	대구대	특수교육	100.00%	100.00%	100.00%		
5	동국대	불교문화	56.24%	64.93%	86.62%		○
6	동덕여대	아동학	56.00%	100.00%	56.00%	○	
7	서강대	경제학	86.71%	97.52%	88.92%	○	
8	서강대	언어학	28.15%	49.42%	56.96%		○
9	서울대	교육학	85.46%	100.00%	85.46%	○	
10	서울대	법학	54.67%	100.00%	54.67%	○	
11	서울대	행정학	50.36%	56.42%	89.26%		○
12	숭실대	경영학	37.64%	38.15%	98.66%		○
13	성균관대	경제학	52.45%	54.36%	96.49%		○
14	성균관대	사회학	76.95%	82.93%	92.79%		○
15	성균관대	유교문화	61.02%	100.00%	61.02%	○	
16	이화여대	언어학	50.32%	64.83%	77.62%		○
17	이화여대	정치학	55.54%	57.01%	97.42%		○
18	충남대	백제학	100.00%	100.00%	100.00%		
19	한양대	경영학	35.49%	46.07%	77.03%		○

4.2 사업단 효율성 순위 분석

각 사업단에서 연구를 진행하는 데 있어서 어떤 사업단이 가장 효율적인 사업단과 가장 비효율적인 사업단의 순위를 알아 보기 위해서 Super-efficiency Ranking Method와 CCA/DEA (Canonical Correlation Analysis/Data Envelopment Analysis)를 이용하여 각 DMU에 대해 효율성 측면에서 순위를 산정하였다. 각 분야별 CCR 모형에서의 Super-efficiency Method를 이용한 효율성 평점은 <표 4>, <표 5>와 같다. 또한 CCA/DEA는 SAS PROC CANCECORR을 이용하여 구하였고 입력변수의 가중치  $v_i$ 와 출력변수  $u_i$ 를 구하였다.

과학기술분야의 결과를 살펴보면 입력변수에서는  $v_2$ (참여 교수인원)이 0.8735로 가장 큰 가중치 값을 가지는 것으로 나타났다. 다음으로는  $v_3$ (참여석박사 인원)이 0.4984의 가중치를 갖는 것으로 나왔다. 출력변수 중에서는  $u_i$ (SCI 논문게재 실적)이 0.7046으로 가장 큰 가중치 값을 갖는 것으로 나왔다. 또

한 이 경우 최대 eigenvalue가 7.0964이었고 F-Test결과 P-value가 0.0001 이하로 나왔다. 합성입력변수와 합성출력변수 사이의 정준상관계수는 0.9362이었다.

인문사회분야의 결과를 살펴보면 입력변수에서는  $v_1$ (지원 기준액)이 0.9078로 가장 큰 가중치 값을 가지는 것으로 나타났고 다음으로  $v_2$ (참여교수인원)가 0.8335의 값을 가졌다. 출력변수의 가중치는  $v_3$ (학술 저서)가 0.7945,  $v_2$ (전국규모 학술지)는 0.6613의 결과를 얻었다. 이 경우 최대 eigenvalue가 15.2542로 나왔고 F-Test 결과 P-value는 0.001 이하로 나왔다. 합성입력변수와 합성출력변수 사이의 정준상관계수는 0.9688이었다.

위의 결과를 토대로 하여 각 분야별 순위산정에 필요한  $Z'_j$ ,  $W'_j$ ,  $T'_j$ 의 값은 <표 4>, <표 5>와 같다.

위의 결과를 토대로 하여 BK 21의 사업단을 효율성 상, 중, 하의 세 단계로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 Super-efficient model의 결과와 CCA/DEA의 결과를 결합하여 분석을 하였다. <표 6>, <표 7>은 그 결과이다.

표 4. DEA Rank 분석(과학기술분야)

DMU NO.	대학구분	분야구분	과학기술분야					
			Super-Efficiency		CCA/DEA			
			CCR	Ranking	$Z'_j$	$W'_j$	$W'_j/Z'_j$	Ranking
1	경상대	농생명	39.80%	22	1.5260	0.4707	0.3084	24
2	고려대	생명공학	56.42%	16	1.9165	1.0898	0.5686	13
3	광주과기원	재료	136.85%	2	0.6951	0.8649	1.2443	2
4	서울대	건설기술	18.65%	26	1.8666	0.3997	0.2141	26
5	서울대	기계	88.69%	10	2.7034	1.2258	0.4534	20
6	서울대	농생명	70.58%	12	2.1645	1.5438	0.7132	11
7	서울대	물리	98.11%	8	1.8256	1.8658	1.0220	3
8	서울대	생명과학	60.45%	13	2.2034	1.0573	0.4799	19
9	서울대	정보기술	39.15%	23	5.0412	2.1170	0.4199	22
10	서울대	수리과학	27.21%	25	1.1158	0.3031	0.2717	25
11	서울대	인간생명	60.31%	14	7.4341	3.6424	0.4900	18
12	서울대	재료	96.45%	9	2.1384	2.0267	0.9477	7
13	서울대	지구과학	51.35%	19	1.6792	0.7168	0.4269	21
14	서울대	화공	76.59%	11	1.6718	1.3893	0.8310	10
15	서울대	화학	120.74%	5	1.6563	1.6027	0.9676	6
16	아주대	분자과학	47.74%	21	1.3562	0.7519	0.5544	14
17	연세대	물리	124.08%	3	1.0654	1.0737	1.0078	4
18	연세대	의과학	52.03%	17	4.9180	2.5399	0.5164	17
19	포항공대	정보기술	34.65%	24	3.6280	1.2718	0.3505	23
20	포항공대	분자생명	118.95%	6	1.6426	1.4384	0.8757	8
21	포항공대	기계	51.41%	18	1.5618	0.8287	0.5306	16
22	한국과기원	기계	60.15%	15	2.8689	1.7349	0.6047	12
23	한국과기원	생물	122.08%	4	1.0338	0.8691	0.8407	9
24	한국과기원	정보기술	50.53%	20	4.2355	2.2809	0.5385	15
25	한국과기원	화공	202.99%	1	1.0408	1.4232	1.3674	1
26	한국과기원	화학	106.37%	7	1.0322	1.0165	0.9847	5

표 5. DEA Rank 분석(인문사회분야)

인문사회분야								
DMU NO.	대학구분	분야구분	Super-Efficiency		CCA/DEA			
			CCR	Ranking	$Z_j'$	$W_j'$	$W_j'/Z_j'$	Ranking
1	고려대	경제학	48.39%	16	5.0218	1.6042	0.3194	18
2	고려대	정치학	54.64%	12	3.0470	1.9723	0.6473	10
3	고려대	한국학	146.41%	3	8.4981	7.6922	0.9052	2
4	대구대	특수교육	425.53%	1	1.9478	3.6098	1.8533	1
5	동국대	불교문화	56.24%	8	2.8614	1.8686	0.6530	9
6	동덕여대	이동학	56.00%	9	0.8660	0.4382	0.5060	14
7	서강대	경제학	86.71%	4	2.2407	1.3753	0.6138	12
8	서강대	언어학	28.15%	19	2.9390	0.9277	0.3156	19
9	서울대	교육학	85.46%	5	7.4247	5.5267	0.7444	6
10	서울대	법학	54.67%	11	6.5019	3.8349	0.5898	13
11	서울대	행정학	50.36%	14	4.1611	2.7793	0.6679	8
12	숭실대	경영학	37.64%	17	5.2165	2.2891	0.4388	17
13	성균관대	경제학	52.45%	13	4.0514	2.0331	0.5018	15
14	성균관대	사회학	76.95%	6	2.0830	1.7516	0.8409	5
15	성균관대	유교문화	61.02%	7	6.0353	5.4065	0.8958	3
16	이화여대	언어학	50.32%	15	2.1086	1.3558	0.6430	11
17	이화여대	정치학	55.54%	10	3.5391	2.3784	0.6720	7
18	충남대	백제학	171.79%	2	1.6793	1.4483	0.8624	4
19	한양대	경영학	35.49%	18	3.3384	1.5715	0.4707	16

표 6. Rank 분석 결합(과학기술분야)

과학기술분야							
구분	DMU NO.	대학구분	분야구분	Ranking		순위 합	최종 순위
				Super-Efficiency	CCA/DEA		
상	25	한국과기원	화공	1	1	2	1
	3	광주과기원	재료	2	2	4	2
	17	연세대	물리	3	4	7	3
	7	서울대	물리	8	3	11	4
	15	서울대	화학	5	6	11	5
	26	한국과기원	화학	7	5	12	6
	23	한국과기원	생물	4	9	13	7
	20	포항공대	분자생명	6	8	14	8
중	12	서울대	재료	9	7	16	9
	14	서울대	화공	11	10	21	10
	6	서울대	농생명	12	11	23	11
	22	한국과기원	기계	15	12	27	12
	2	고려대	생명공학	16	13	29	13
	5	서울대	기계	10	20	30	14
	8	서울대	생명과학	13	19	32	15
	11	서울대	인간생명	14	18	32	16
하	18	연세대	의과학	17	17	34	17
	21	포항공대	기계	18	16	34	18
	16	아주대	분자과학	21	14	35	19
	24	한국과기원	정보기술	20	15	35	20
	13	서울대	지구과학	19	21	40	21
	9	서울대	정보기술	23	22	45	22
	1	경상대	농생명	22	24	46	23
	19	포항공대	정보기술	24	23	47	24
10	서울대	수리과학	25	25	50	25	
4	서울대	건설기술	26	26	52	26	



표 7. Rank 분석 결합 (인문사회분야)

인문사회분야							
구분	DMU NO.	대학구분	분야구분	Ranking		순위합	최종순위
				Super -Efficiency	CCA /DEA		
상	4	대구대	특수교육	1	1	2	1
	3	고려대	한국학	3	2	5	2
	18	충남대	백제학	2	4	6	3
	15	성균관대	유교문화	7	3	10	4
	9	서울대	교육학	5	6	11	5
	14	성균관대	사회학	6	5	11	6
	7	서강대	경제학	4	12	16	7
중	5	동국대	불교문화	8	9	17	8
	17	이화여대	정치학	10	7	17	9
	2	고려대	정치학	12	10	22	10
	11	서울대	행정학	14	8	22	11
	6	동덕여대	아동학	9	14	23	12
	10	서울대	법학	11	13	24	13
	16	이화여대	언어학	15	11	26	14
하	13	성균관대	경제학	13	15	28	15
	1	고려대	경제학	16	18	34	16
	12	숭실대	경영학	17	17	34	17
	19	한양대	경영학	18	16	34	18
	8	서강대	언어학	19	19	38	19

5. 분류모형을 사용한 사업단 효율성 분석

본 연구에서는 CCR 모형으로 DEA 분석을 한 결과 과학기술분야는 26개의 사업단 중 7개가 효율적인 것으로 나왔고 인문사회분야는 19개 중 3개가 효율적인 것으로 나타났다. 다음으로 각 사업단의 환경적 특성을 바탕으로 그룹화를 하였다. 총 4개

의 기준, 즉 대학 구분(국립대, 사립대), 대학 소재지(서울소재대, 지방대), 대학 특성(종합대, 특수대), 사업단의 분야(과학기술분야, 인문사회분야)로 나누었다. 그 결과 <표 8>에서 보는 바와 같이 총 45개의 DMU들을 10개의 그룹으로 묶을 수 있었다. <표 9>에 나타난 바와 같이 로지스틱 회귀분석을 실시하여 각 변수의 parameter 값을 얻을 수 있었다. 본 연구에서 고려

표 8. 네 가지 환경변수에 의한 그룹화

Groups	대학 구분	대학 소재지	대학 특성	사업단 분야	사업단 개수	효율적인 사업단	추정된 효율성
GR1	국립대	서울소재대	종합대	과학기술분야	12	1	0.0833
GR2	국립대	서울소재대	종합대	인문사회분야	3	0	0.0000
GR3	국립대	지방대	종합대	과학기술분야	1	0	0.0000
GR4	국립대	지방대	특수대	과학기술분야	6	4	0.6667
GR5	국립대	지방대	종합대	인문사회분야	1	1	1.0000
GR6	사립대	서울소재대	종합대	과학기술분야	3	1	0.3333
GR7	사립대	서울소재대	종합대	인문사회분야	14	1	0.0714
GR8	사립대	지방대	특수대	과학기술분야	3	1	0.3333
GR9	사립대	지방대	종합대	인문사회분야	1	1	1.0000
GR10	사립대	지방대	종합대	과학기술분야	1	0	0.0000

했던 네 가지 환경변수 중 효율 여부와 영향을 준 환경변수는 유의수준 0.1 하에서 대학 소재지에 따라 서울 소재 대학보다 지방 소재 대학이 오히려 더 효율적인 것으로 나타났다.

<표 9>의 결과에 따라서 사업단의 입력변수와 출력변수가 주어지지 않은 상태에서 사업단의 환경변수만을 가지고 해당 환경을 가지는 사업단의 효율 정도를 추정하였다. 단, 같은 환경을 가지는 사업단의 개수를 5개라 가정하고 각 그룹별로 효율적으로 추정될 사업단 개수의 기대값과 분산, 그리고 기대값의 95% 신뢰구간을 구하였다. <표 10>은 그 결과이다. 결과를

살펴보면 그룹 3, 4, 5, 8, 9, 10에 속하는 사업단 중 효율적으로 기대되는 사업단은 동일한 환경변수를 가지고 있는 사업단이 5개가 존재할 때 2개 이상인 것을 알 수 있다.

6. 결론

본 연구는 다투입, 다산출 구조하에 BK 21 사업단 중 과학기술 분야와 인문사회분야를 대상으로 하여 DEA 기법을 활용하여

표 9. Result of the fixed effect logistic regression model

Parameter	Estimates	Standard Error	Chi-Square	P-value
$\widetilde{\gamma}_0$ (Intercept)	0.5942	1.2698	0.2190	0.6398
$\widetilde{\gamma}_1$ (대학 구분) 1-국립대 0-사립대	0.3636	0.9049	0.1615	0.6878
$\widetilde{\gamma}_2$ (대학 소재지) 1- 서울소재대 0-지방대	-2.2994	1.1893	3.7383	0.0532
$\widetilde{\gamma}_3$ (대학 특성) 1-종합대 0-특수대	-0.4700	1.3307	0.1247	0.7240
$\widetilde{\gamma}_4$ (사업단분야) 1-과학기술분야 0-인문사회분야	-0.6122	1.141	0.2879	0.5916

표 10. Predictive mean, variance, and 95% C.I. for the performance of the ten groups

Groups	대학 구분	대학 소재지	대학 특성	사업단 분야	사업단	$\widehat{E}(I_{new})$	$V(I_{new})$	95% C.I.
GR1	국립대	서울소재대	종합대	과학기술분야	5	0.39804	0.46639	[0.1073, 1.2709]
GR2	국립대	서울소재대	종합대	인문사회분야	5	0.65179	0.79768	[0.2169, 1.6562]
GR3	국립대	지방대	종합대	과학기술분야	5	2.27561	2.22547	[0.6094, 4.1703]
GR4	국립대	지방대	특수대	과학기술분야	5	2.90515	2.17034	[1.3398, 4.2001]
GR5	국립대	지방대	종합대	인문사회분야	5	2.95717	2.14873	[1.1556, 4.3727]
GR6	사립대	서울소재대	종합대	과학기술분야	5	0.33604	0.38742	[0.0860, 1.1436]
GR7	사립대	서울소재대	종합대	인문사회분야	5	0.55503	0.67070	[0.2063, 1.3295]
GR8	사립대	지방대	특수대	과학기술분야	5	2.68006	2.23420	[1.4090, 3.8689]
GR9	사립대	지방대	종합대	인문사회분야	5	2.73332	2.22348	[1.1906, 4.1153]
GR10	사립대	지방대	종합대	과학기술분야	5	2.05153	2.15259	[0.5496, 3.9837]

Appendix. 두뇌한국 21 성과자료 (출처: 두뇌한국21사업 중간평가 결과 보고서)

과학기술분야													
DMU	대학	세부분야	대학 구분	대학 소재지	대학 특성	지원 기준액	참여교수 인원	석사참여 인원	박사참여 인원	SCI급 논문 실적	논문당 I/F	국제특허 실적	석박사 국제 학술지 실적
1	경상대	농생명	국립대	지방대	종합대	1,206	38	167	66	144	1.55	1	42
2	고려대	생명공학	사립대	서울소재대	종합대	1,339	45	218	134	333	2.15	3	100
3	광주과기원	재료	국립대	지방대	특수대	583	14	81	62	257	2.05	6	121
4	서울대	건설기술	국립대	서울소재대	종합대	2,267	33	204	138	123	0.54	0	32
5	서울대	기계	국립대	서울소재대	종합대	3,795	41	299	209	366	0.65	40	148
6	서울대	농생명	국립대	서울소재대	종합대	2,083	51	195	119	473	1.65	2	135
7	서울대	물리	국립대	서울소재대	종합대	2,422	35	130	141	551	3.01	4	285
8	서울대	생명과학	국립대	서울소재대	종합대	3,049	39	195	155	308	3.44	4	186
9	서울대	정보기술	국립대	서울소재대	종합대	6,820	77	491	486	627	1	28	303
10	서울대	수리과학	국립대	서울소재대	종합대	1,264	25	74	77	94	0.51	0	20
11	서울대	인간생명	국립대	서울소재대	종합대	4,254	208	531	547	1131	2.45	6	229
12	서울대	재료	국립대	서울소재대	종합대	3,029	36	188	165	599	1.39	35	294
13	서울대	지구과학	국립대	서울소재대	종합대	1,837	41	106	88	222	1.9	0	49
14	서울대	회공	국립대	서울소재대	종합대	2,368	26	168	135	410	1.56	5	213
15	서울대	화학	국립대	서울소재대	종합대	2,489	29	141	98	462	2.57	3	312
16	아주대	분자과학	사립대	지방대	종합대	1,212	26	184	101	235	1.6	4	37
17	연세대	물리	사립대	서울소재대	종합대	1,225	24	87	53	325	2.67	0	118
18	연세대	의과학	사립대	서울소재대	종합대	3,699	123	321	450	791	2.12	1	147
19	포항공대	정보기술	사립대	지방대	특수대	3,066	53	507	489	382	0.88	8	154
20	포항공대	분자생명	사립대	지방대	특수대	1,837	34	137	124	416	4.4	17	266
21	포항공대	기계	사립대	지방대	특수대	1,705	34	119	114	245	0.64	9	122
22	한국과기원	기계	국립대	지방대	특수대	2,778	59	200	322	497	0.66	9	354
23	한국과기원	생물	국립대	지방대	특수대	1,071	20	78	116	256	3.49	6	135
24	한국과기원	정보기술	국립대	지방대	특수대	3,796	81	389	502	668	0.79	44	365
25	한국과기원	회공	국립대	지방대	특수대	959	20	87	127	416	1.44	22	235
26	한국과기원	화학	국립대	지방대	특수대	1,003	23	74	91	298	2.82	5	167

인문사회분야														
DMU	대학	세부분야	대학 구분	대학 소재지	대학 특성	지원 기준액	참여교수 인원	석사참여 인원	박사참여 인원	국제 학술지	전국규모 학술지	학술 저서	석박사 국제 학술지	석박사 전국규모 학술지
1	고려대	경제학	사립대	서울소재대	종합대	487	16	199	68	21	23.9	15.6	0.5	4.1
2	고려대	정치학	사립대	서울소재대	종합대	370	11	66	31	11	33.5	23.2	0	21
3	고려대	한국학	사립대	서울소재대	종합대	1,075	32	107	116	24.9	100.8	109.3	2	127.1
4	대구대	특수교육	사립대	지방대	종합대	248	7	36	20	22.1	63.2	41.4	5.6	21.8
5	동국대	불교문화	사립대	서울소재대	종합대	311	9	90	45	11	27	29.2	2	11
6	동덕여대	아동학	사립대	서울소재대	종합대	103	3	20	11	0	14.7	3	0	1.4
7	서강대	경제학	사립대	서울소재대	종합대	220	7	115	5	17	24.25	13.1	0	1
8	서강대	언어학	사립대	서울소재대	종합대	328	9	89	49	8	14	13.2	0	4
9	서울대	교육학	국립대	서울소재대	종합대	926	27	138	81	16.9	72	132.1	1	15
10	서울대	법학	국립대	서울소재대	종합대	735	24	152	77	12	102.4	40.8	0	8.3
11	서울대	행정학	국립대	서울소재대	종합대	540	15	81	32	5.2	65	43	0	6.2
12	숭실대	경영학	사립대	서울소재대	종합대	629	21	110	21	11.1	56.65	26	0	2.1
13	성균관대	경제학	사립대	서울소재대	종합대	410	16	137	15	17.8	54.8	6.4	0.7	4.1
14	성균관대	사회학	사립대	서울소재대	종합대	243	7	58	23	5.8	47.65	14.6	0	7.9
15	성균관대	유교문화	사립대	서울소재대	종합대	743	21	108	92	40.4	97	60.8	4.7	25.5
16	이화여대	언어학	사립대	서울소재대	종합대	255	8	46	15	6.5	32.7	11	0	9.2
17	이화여대	정치학	사립대	서울소재대	종합대	402	12	90	52	10.8	56.9	18.4	1.4	16.3
18	충남대	백제학	국립대	지방대	종합대	234	7	15	5	2	30.55	25.4	0	5.05
19	한양대	경영학	사립대	서울소재대	종합대	366	14	75	20	10	33.1	16.2	0.7	6.8

효율성 분석을 실시하였다. DEA기법 중 CCR, BCC, 기술 및 규모 효율성 분석을 실시하였고 Super-efficient method와 CCA/DEA를 이용하여 사업단의 효율 정도에 대한 순위비교를 통해 상대적인 효율성 순위를 정하였다. 또한 각 사업단의 환경요인을 고려한 로지스틱 분석을 실시하였다.

DEA 분석 결과 CCR 모형에서는 과학기술분야의 사업단 중 7개의 사업단이 효율적인 것으로 나왔고 인문사회분야는 3개의 사업단이 효율적인 것으로 판단되었다. BCC 모형에서는 과학기술분야는 13개, 인문사회분야는 7개의 사업단이 효율적인 것으로 나왔다. 효율적인 사업단의 경우에는 비효율적인 사업단에 비해 낮은 물적, 인적 지원에도 불구하고 상대적으로 많은 학문적 성과를 얻었다. 이러한 사업단의 운영적 측면은 비효율적인 사업단의 훌륭한 벤치마킹 대상이 된다. DEA 모형에서는 비효율적인 사업단에게 참조집합을 제공함으로써 사업단별 기대목표를 선정하는 데 도움을 준다. 또한 사업단의 환경요인을 고려한 DEA 분석을 실시하여서 특정 환경요인을 가진 새로운 사업단이 BK 21에 참여하였을 때 기대되는 효율 정도를 추정할 수 있었다. 흥미로운 발견은 지방 소재 대학이 서울소재 대학보다도 효율적인 사업을 운영한 것으로 나타났다는 것이다.

본 연구에서 얻은 결과를 바탕으로 향후 더욱 심도 있게 진행해야 할 연구과제로 다음과 같은 것들이 있다. 첫째, 사업단의 학문적 특성을 고려한 DEA 분석이 필요하다. 과학기술이나 인문사회분야 안에서도 다양한 학문적인 영역이 존재하는데 본 연구에서는 세부 학문적 특성까지는 고려하지 않았다. 둘째, DEA 분석 시 사업단의 효율성을 좀더 객관적으로 추정할 수 있는 변수를 선정하여 분석하는 것이 필요하다. 마지막으로

다양한 환경요인을 고려한 DEA 분석이 요구된다.

## 참고문헌

- 김우봉, 김우식(2002), 국내 상장 제약회사의 경영효율성 측정에 관한 연구: DEA모형의 동태적 적용, *경영학연구* 31(6), 1747-1762.
- 한국학술진흥재단(2003), 두뇌한국21사업 중간평가결과 보고서, 대한민국.
- 홍봉영(2003), DEA를 이용한 소매점의 효율성측정, *경영학연구* 32(2), 429-448.
- 최홍, 손소영(1999), DEA를 이용한 공대 학과별 효율성 비교 연구, *공학교육연구* 2(1), 29-38.
- Adler, N, Friedman, L., Stern, Z.(2002), Review of ranking methods in the data envelopment analysis context, *European Journal of Operational Research* 140, 249-265.
- Anderson, P., Peterson, N, C.(1993), A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis, *Management Science* 39, 1261-1264.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W.(1984), Some models for estimating technical and scale efficiency in data envelopment analysis, *Management Science* 30, 1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, H.(1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research* 2, 429-444.
- Friedman, L., Sinuany-Stern, Z.(1996), Scaling units via the canonical correlation analysis in the DEA context, *European Journal of Operational Research* 100, 629-637.
- Holger Scheel(2000), EMS: Efficiency Measurement System User's Manual, (<http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/ot/scheel/ems>).
- SAS Institute Inc.(1999), SAS/STAT User's Guide, Version 8, Cary, NC.



**손소영**

연세대학교 수학과 학사  
한국과학기술원 산업공학 석사  
University of Pittsburgh 산업공학 박사  
현재: 연세대학교 컴퓨터산업공학부 교수  
관심분야: 품질, 신뢰도 분석 및 마케팅 분석



**주용규**

연세대학교 통계학과 학사  
현재: 연세대학교 컴퓨터과학·산업시스템  
공학과 석사과정  
관심분야: R&D 사업 및 기업평가, DEA, 구조  
방정식모형