

3차병원의 생산 효율성 측정 및 결정요인 분석

양동현*, 서원식*, 박광훈**

* 한국보건의료관리연구원

** 서울산업대학교 경영학과 교수

(Abstract)

A Study on Measuring Hospital Efficiency and Analyzing Its Determinants in Tertiary Hospitals : Data Envelopment Analysis

Donghyun Yang*, Won Sik Suh*, Kwanghoon Park**

* *Korea Institute of Health Services Management*

** *School of Management, Seoul Industrial Univ.*

Health care organizations have been faced with financial difficulties under turbulent health care environment. This situation led hospitals to concentrate their efforts to improve their managerial efficiency in various ways. This study aims to evaluate technical efficiency of 31 tertiary hospitals in Korea and find determinants which are closely related with hospital efficiency. Data envelopment analysis(DEA) and Tobit Model were adopted for study.

For the analysis, human resource factors such as number of physicians, nurses, and administrative staffs are used as input variables and the number of inpatients and outpatients are used as output variables. Among 31 hospitals, in CCR model, 8 hospitals showed efficiency score 1 which means they have been operated in very efficient ways and BCC

model showed 13 of 31 hospitals as efficient organizations.

Next, we analyzed determinants which are closely related with hospital efficiency. By using Tobit model, the study showed hospital size, quality of care, value added per capita, and revenue per patient were closely related with hospital efficiency. However, it appeared that financial status of hospitals(i.e : making profit or not) was not related with hospital efficiency.

Key Words : Efficiency, Data Envelopment Analysis, CCR Model, BCC Model, Tobit Model

I. 서 론

1. 연구배경 및 목적

최근 병원들은 급격한 의료환경의 변화로 인하여 재무구조가 점차 악화되기 시작하였고 대부분의 병원들이 경영의 효율화를 중요한 과제로 인식하게 되었다. 병원의 재무구조개선과 수익성 제고를 위해서는 자원활용의 효율성을 향상시켜 나가야 하는 데 여기서 효율성의 향상이라고 함은 투입에 사용된 자원의 절약과, 절약된 자원을 타 재화나 서비스 생산에 투입함으로써 병원의 생산성을 증대시킴을 의미한다. 예컨대 병원조직의 비효율적인 요인을 제거하고 전과 동일하게 생산성을 유지시키거나 증가시킬 때 재투자에 따른 생산성 증대와 동일한 효과를 가져오게 되며 이는 병원의 경영수지개선에 결정적인 영향을 미치게 된다.

이와 같은 관점에서 본 연구는 우리나라 3차 병원의 효율성을 평가하고 그 효율성 여부를 판단하여 병원의 효율성에 영향을 미치는 주요 요인을 규명하여 병원경영에 기여하고자 시도되었다.

일반적으로 영리를 목적으로 하는 기업의 효율성 평가는 투입된 자본에 비해 얼마만큼의 이익을 창출하였는가, 또는 동일한 생산을 얻기 위해서 얼마만큼의 비용을 억제하는가에 의해 평가를 하지만 비영리 기관인 병원은 인적 물적 다양한 의료서비스를 제공하는 다중투입과 다중산출구조를 가지므로 기업과는 달리 기존의 모수적 방법이나 함수에 의한 방법만으로 병원의 효율성을 평가하는 데는 한계가 있다.

따라서 기존 방법상의 문제점을 개선한 새로운 비모수적인 방법이 Charnes, Cooper, Rhodes (1978) 등에 의해 개발되었는데 이를 자료포락분석(Data Envelopment Analysis :DEA 이하

DEA) 방법이라고 한다. 이 기법은 Farrell(1957)의 효율성 개념을 바탕으로 관찰된 자료로부터 자료를 포락하는 경험적 생산가능집합을 구성한 후 프론티어와 관측치를 비교 평가하는 OR(Operation Research)의 기법이다.

최근 이 기법을 이용하여 많은 연구가 의료분야에서 이루어지고 있다. Sherman (1984)의 연구를 시초로 Banker, Conrad and Strauss (1986), Grosskopf and Valdmanis (1987), Banker, Das and Dater(1989), Sexton, Leiken and Sleeper(1989), Nyman, Bicker and Link(1990), Sherman and Chilingirian(1990), Valdmanis(1992), Young(1992), Chilingirian(1995) 등에 의해 연구가 진행되었으며 의료관련 종사자들이 자기병원의 효율성 평가를 위해 이 기법의 사용에 많은 관심을 나타내고 있다.

본 연구에서는 DEA를 이용하여 우리나라 3차 병원의 인적 자원의 효율성 즉 생산효율성을 분석하고 그 결과치를 Tobit모형을 이용하여 병원들의 비효율적인 영향요인을 규명하고자 한다. 즉 분석대상병원들의 상대적 효율성과 비효율성 정도를 분석하고 효율적인 요인과 투입 및 산출변수, 재무변수들과의 관계를 분석하는 것을 연구의 목적으로 한다.

2. 연구방법 및 절차

본 연구는 우리나라 3차 병원들의 생산효율성을 분석하고 효율성을 검증하기 위하여 31개 3차병원을 대상으로 1995년 자료를 이용하여 DEA분석을 실시하였다. DEA분석을 위한 산출 및 투입변수는 기존의 연구결과¹⁾를 참고하여 투입변수는 100병상당 의사인력, 간호인력, 관리인력으로 산출변수는 100병상당 연입원환자수, 연외래환자수로 선정하였다. DEA 분석결과 도출된 비효율치와 투입 및 산출변수와의 관계를 확인하기 위하여 한계설정 회귀모형인 Tobit 모형을 이용하여 회귀분석을 행하였으며 생산효율성이 낮은 집단과 높은 집단간 효율성의 차이가 있는지 차이가 있다면 관련 재무변수와의 유의적인 차이를 보이는지 대해 비모수 분산검정(The Npar1way-ANOVA Test)을 실시하였다. 본 연구의 절차와 방법은 다음과 같다.

첫째, 31개 3차 병원을 분석대상의 의사결정단위(Decision Making Units:DMU)로 설정하였으며 관련자료는 한국보건의료관리연구원의 경영분석통계자료(1995년)를 이용하였다.

1) Pina and Torres(1992)은 투입변수를 인건비 약재비, 관리비로, 산출변수는 서비스 지표로 선정하였으며 Valsmanis(1990)은 투입변수를 의사, 레지던트, 기타인력으로 산출변수를 외래환자수, 재원환자수, 수술건수로 선택하였다.

둘째, DEA모형의 투입 및 산출변수를 정하고 이 모형의 효율치를 도출하였다. 이때 사용된 Package는 'Warwick Windows DEA version 1.02'이다.

마지막으로 도출된 효율치와 독립변수간 Tobit분석을 실시하였으며 통계처리는 SAS (SAS /STAT Version 6) Package를 사용하였다.

III. DEA 모형의 이론적 고찰

1. DEA모형 이론

DEA는 비영리기관의 효율성을 평가하는 기존의 효율성 평가방법(비율분석, 회귀분석, 모수적 Frontier모형 등)에 있어서의 문제점을 보완하여 비모수적인 방법에 의해 개발된 OR(Operation Research)모형로서, 대상집단을 효율적인 집단과 비효율적인 집단으로 구분한 Farrell(1957)의 효율성 개념²⁾에 따라 Charnes, Cooper, Rhodes에 의해 개발되었다.³⁾

1) DEA모형에서의 효율성 개념

DEA에서의 효율성⁴⁾은 상대적 효율성 개념으로 Charnes 등에 따르면 특정 DMU가 타 DMU와 비교해서 동일한 투입이나 산출의 사용에 있어서 비효율성의 근거가 없을 때 해당 DMU는 100% 상대적 효율성을 갖는 것으로 인정된다. DEA의 효율성 개념을 그림으로 설명하면 다음과 같이 두가지의 형태로 설명이 가능하다. <그림1>은 산출면에서 본 효율성 frontier이고, <그림 2>는 투입면에서 본 효율성 frontier이다.

위의 <그림 1>은 주어진 산출과 투입에 대한 산출 frontier를 나타낸다. 이 예에서 기관 A는 frontier상에 위치해 있고, 기관 B는 그렇지 않다. 기관A는 그것의 생산수준을 비례적으로 확장할 수 없지만 기관B는 비례적으로 확장된 생산수준인 점B*로 이동될 수 있다. Debreu(1951)와 Farrell(1957)

2) Farrell M. J. , The Measurement of Productivity Efficiency, Journal of the Royal Statistical Society, Series A. Pt. III, 1957, pp. 253-281.

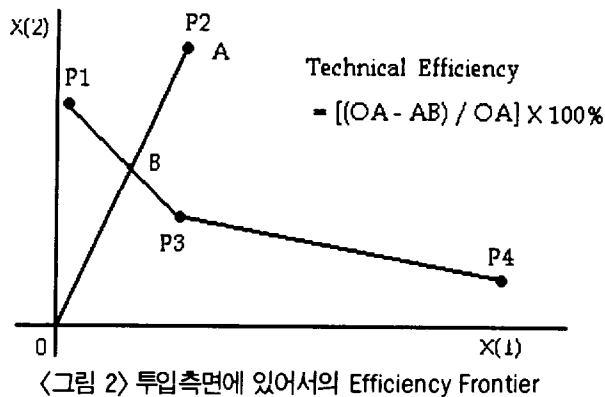
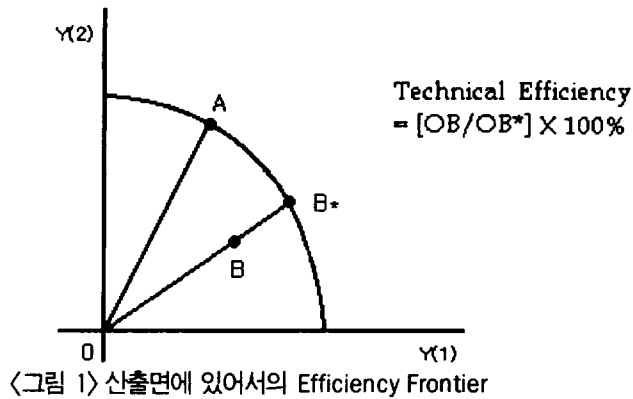
3) A. Charnes, W. W. Cooper and E. Rhodes, Measuring the Efficiency of Decision Making Units, European Journal of Operational Research 2, 1978, pp. 429-444.

4) 효율성 (efficiency)의 가장 기본적인 개념은 '투입(또는 비용)과 산출(또는 편익)의 관계'로 요약할 수 있다. 본 연구에서 효율성 개념은 Farrell의 생산의 기술적 효율성을 의미한다. Farrell에 의하면 생산의 기술적 효율성이란 주어진 투입요소의 수준에서 달성가능한 최대생산가능량과 실제생산량과의 비율로 나타내거나 주어진 산출수준에서 달성가능한 최소의 투입수준과 실제의 투입수준과의 비율로 정의하고 있다.

은 기술적인 효율측정법으로써 원점으로부터 선을 그어 최고의 가능한 생산수준(OB*)과 실질적인 생산수준(OB)의 비를 이용하였다. 이때 OB/OB^* 는 출력지향의 Debreu-Farrell의 기술적 효율 측정법이라고 부른다.⁵⁾

한편 <그림 2>는 주어진 투입과 산출에 대한 투입 frontier를 나타낸다. 두 종류의 생산요소 X(1)과 X(2)로 산출가능한 최대산출량을 아래의 그림과 같이 단위등량곡선으로 표시할 수 있다. 점 P2의 효율치는 프론티어 선상에 효율적인 기관 P1과 P3의 선형결합으로 표시되는 가상적 기관 B와의 비교에 의해 측정되어진다. 즉 기관 P2의 효율은 OB/OA 로 표시된다.

이때, 기관 P2의 효율치는 P1과 P3의 데이터를 참고로 하여 결정된 B에 의하여 평가되므로 P1과 P3를 B의 준거집단이라 하며, A가 B정도까지 투입량을 절감하면 효율적으로 평가됨으로 B는 P2의 효율개선의 목표가 된다.



5) Aki Yoshikawa, Jayanta Bhattacharya and William B. Vogt, Technical Efficiency of Hospitals, University of Tokyo Press, 1996, pp. 145-165.

2) DEA의 기본 모형

Farrell의 개념에 바탕을 둔 Charnes 등에 의한 DEA의 기본 모형은 단일한 비율을 복수의 비율로 확장한 것으로서, 초기에는 분수계획의 형태로 출발하여 전형적인 선형계획의 형태로 변환되었다(Ganley and Cobbin).⁶⁾

DEA의 기본 모형식을 보면 다음과 같다.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \quad (r=1, 2, \dots, s, i=1, 2, \dots, m) \quad [1]$$

y_r : 관찰기간동안 생산한 산출물 r량

x_i : 관찰기간동안 사용한 투입물 i량

u_r : 산출물 r의 가중치

v_i : 투입요소 i의 가중치

이는 하나의 DMU가 투입(X)으로부터 산출(Y)을 생산하고, 각 투입 및 산출변수에 적당한 가중치(투입의 각 요소에 대한 가중치 v , 산출의 각 요소에 대한 가중치 u)가 부여된 경우의 총요소 효율성을 나타낸다. 이때 영리부문과는 달리 가격에 의한 가중치 부여가 곤란한 비영리부문의 경우에는 DEA모형 내에서 가중치가 제공될 수 있는데, 이때 각 기관에 대한 가중치는 다른 기관의 성과에 대하여 상대적으로 계산된다.

동일 투입요소들을 가지고 동일한 산출요소들을 생산하는 DMU의 경우에 대한 Charnes 등의 개념적 모형은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad [2]$$

$$\text{subject to } 0 \leq \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$$

(모든 r과 i에 대해 $u_r, v_i \geq 0, r=1, \dots, s, i=1, \dots, m, j=1, \dots, 0, \dots, z$)

y_{r0} = 관찰기간동안 기관 o가 생산한 산출물 r량

x_{i0} = 관찰기간동안 기관 o가 생산한 산출물 i량

y_{rj} = 관찰기간동안 기관 j가 생산한 산출물 r량

6) 윤경중, 지방정부 서비스의 상대적 효율성 측정에 관한 연구, 연세대학교 행정학과 박사학위논문, 1995.

x_{ij} = 관찰기간동안 기관 j 가 생산한 산출물 i 량

u_r = 산출물 r 의 가중치

v_i = 투입요소 i 의 가중치

m = 투입요소의 수

s = 산출량의 수

o = 특정기관

j = 모든기관

이 모형이 각 기관에 대하여 개별적으로 계산되므로써 최적 가중치 집합을 산출해 내며, 계산된 효율성 점수가 1인 경우 그 기관은 100% 효율성을 달성한 것으로 본다. 점수 1은 가능성과 실제성과의 일치를 나타내며, 점수 1로 계산된 DMU는 효율적인 frontier상에 위치하여 준거집단(Reference Group)을 형성한다. (수식 2)는 비선형성과 비볼록성을 가지고 있기 때문에 실제 계산을 위해 사용되는 않고, 일반적인 선형계획으로 변형되는데(Charnes and Cooper, 1962), 분수계획을 나타내는 (수식 2)의 선형계획으로의 변형은 분모나 분자를 1로 놓으므로써 다음의 두 식으로 표현된다.

- (수식 2)의 산출의 가중된 합(분자)을 1로 놓으므로써 o 번째 DMU의 투입극소화를 한 경우 투입의 가중된 합이 최소치가 되도록 하는 가중치를 도출한다.

$$\text{Min } h_o = \sum_{i=1}^m v_i x_{io} \tag{3}$$

$$\text{subject to } \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} = 1, - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq 0$$

여기서, 모든 r 과 i 에 대해 $u_r, v_i \geq 0 (j=1, \dots, o, \dots, z)$

h_o = 다른기관 j 의 집합에 대해 상대평가된 기관 o 의 효율성 척도

- (수식 2)의 투입의 가중된 합(분모)을 1로 놓으므로써 o 번째 DMU의 산출극대화를 한 경우 산출의 가중된 합이 최대치가 되도록 하는 가중치를 도출한다.

$$\text{Max } h_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \tag{4}$$

$$\text{subject to } \sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1, \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

모든 r 과 i 에 대해 $u_r, v_i \geq 0 (j=1, \dots, o, \dots, z)$

2. DEA모형의 유형

DEA모형은 CCR모형, BCC모형, 가산모형, 승수모형 등이 있다.

1) CCR모형

CCR모형은 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)가 제시한 모형인데, 실제량과 최대가능량의 비율을 이용하여 분수계획법을 선형모형으로 변형하면 CCR모형을 유도할 수 있다. 이 모형을 통해 전체 기술적 및 규모 효율성을 측정할 수 있다.

이 모형은 규모에 대한 보수불변(Constant Returns to Scale: CRS)이라는 가정하에 DEA의 일반적인 모형으로 위의 (수식3), (수식4)와 같다. 이때 (수식3)은 산출측면(Output Oriented)의 CCR 모형이고, (수식4)는 투입측면(Input Oriented)의 모형이다. (수식4)는 투입의 가중된 합을 1로 놓으므로써 o번째 DMU의 산출 극대화를 한 경우로서 산출의 가중된 합이 최대치가 되도록 하는 가중치를 도출한다. 또한 (수식3)은 산출의 가중된 합을 1로 놓으므로써 o번째 DMU의 투입극소화를 한 경우로서 투입의 가중된 합이 최소치가 되도록 하는 가중치를 도출한다.

2) BCC모형

BCC모형은 Banker, Charnes and Cooper(1984)가 제시한 모형이다. 이 모형이 CCR모형과 다른점은 블록성 필요조건을 추가한다는 점이다. 또한 이는 순수한 기술적 효율성을 측정할 수 있고, 규모 효율성과 순수 기술적 효율성을 구분할 수도 있다.⁷⁾

이 모형은 규모에 대한 보수가변(Variable Returns to Scale: VRS)이라는 가정을 하고 있다. 이 모형도 투입의 가중된 합을 1로 놓을지 산출의 가중된 합을 1로 놓을지에 따라 투입측면(Input Oriented)의 모형과 산출측면(Output Oriented)의 모형으로 나누어 질 수 있다.⁸⁾

3) 가산모형(Additive model)

가산모형은 Charnes Cooper Golany Seiford Stutz(1984)가 제시한 모형으로서, 원점으로부터 특정단위에 이르는 거리의 비에 의해서가 아니라 특정의 피평가 단위로부터 효율적인 곡면에 이르는 거리를 최대화해주는 거리의 합에 의해서 효율성을 측정한다.⁹⁾ 이 모형은 여유변수의 값을 각 투입 산출

7) 규모 효율성의 측정치 = CCR 효율성 측정치 h_0 / BCC 효율성 측정치 h_0 (CCR / BCC)

물의 절대값으로 나누어 단위에 무관한 효율성 지표를 구하는 식이다.

4) 승수모형 (Multiplicative model)

이 모형은 Charnes Cooper Stutz(1983)에 의해 제시된 모형으로 생산곡면이 볼록하지 않은 경우에 사용할 수 있는 모형이다. 이때 최적성의 조건은 각 변수의 여유변수가 0이 되는 것이다.

III. DEA를 이용한 병원의 효율치 측정

1. 변수의 선정

1) 투입변수의 선정

병원과 같이 공공성을 가지고 있는 부문의 경우 효율성 측정에 있어 모든 투입요소를 포함시키는 경우는 거의 없는데, 이는 병원산업이 지니는 투입요소의 복잡성 때문이다. 따라서 병원 등 공공성을 가지는 조직에 있어 주된 투입요소로서 사용되어지는 것이 노동, 자본, 설비 등인데 이를 위해 가장 많이 사용되고 있는 지표가 인력이다. 본 연구에서는 병원의 효율성 측정을 위한 투입변수로서 인력을 적용한다. 병원산업이 노동집약적 산업으로 95년도 전국병원경영분석 자료에 따르면 병원의 전체 원가중 인건비가 차지하는 비율이 40%로 나타

8) ▣ 투입측면 (Input Oriented)의 BCC 모형

$$\text{Max } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - \theta_0$$

$$\text{subject to } \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1, \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \theta_0 \leq 0$$

모든 r과 i에 대해 $u_r, v_i \geq 0 (j=1, \dots, o, \dots, z)$

▣ 산출측면 (Output Oriented)의 BCC 모형

$$\text{Min } h_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - \theta_0$$

$$\text{subject to } \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1, -\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \theta_0 \geq 0$$

모든 r과 i에 대해 $u_r, v_i \geq 0 (j=1, \dots, o, \dots, z)$

여기서 θ_0 는 규모에 대한 보수증가($\theta_0 < 0$), 보수체감($\theta_0 > 0$), 또는 보수불변($\theta_0 = 0$)인지를 결정하는데 사용된다.

- 9) Ahn, T., Efficiency and Related Issues in Higher Education : A Data Envelopment Analysis Approach, Unpublished Dissertation, The University of Texas at Austin Technical Appendix, pp. 18-20.

나고 있다.¹⁰⁾ 따라서 인력을 병원의 효율성 측정을 위한 투입변수로 사용하는 것은 상당한 설득력을 지니고 있다고 할 수 있다. 병원 투입변수로서 인력변수를 선정할 경우 문제시 되는 것이 인력의 동질성 여부이다. 인력에 대한 이상적인 측정치는 투입된 노동시간(hours)이다. 그러나 모든 인력이 동질적인 것은 아니다. 예를 들어 의료기사의 경우 신입 의료기사와 경력이 오래된 의료기사의 경우 같은 시간을 근무하더라도 생산측면에서의 이질성이 존재한다. 본 연구에서는 총인력수나 총노동시간을 사용하는 대신 인력을 100병상당 전문의 수, 전공의수, 간호직수, 관리직수로 구분하여 사용한다. 이는 총인력의 수를 투입하여 인력간의 업무의 성격과 능력의 차이를 무시하는 결과를 초래할 가능성을 배제하기 위함이다. 의사인력을 전문의와 전공의로 양분한 이유는 두 인력간에는 뚜렷한 업무상의 차이가 있을뿐만 아니라, 동시에 병원에 있어 가장 중요한 인력군으로 판단되기 때문이다. 나머지 인력의 경우 보조직을 포함한 총인력을 합산하여 사용한다.

1. 2 산출변수의 선정

일반적으로 산출의 측정은 투입의 측정에 비해 그 어려움이 더욱 큰 것으로 인식되고 있다. Hatry 와 Fisk는 효율성 측정을 위한 산출변수 선정시 고려요소로서 그 변수가 조직의 관점에서 최종산출물일 것, 수량화 할 수 있을 것, 시간에 따라 큰 변동이 없을 것, 질적 변화에 따라 부응할 것, 그리고 기관의 활동 중 중요한 부분을 차지할 것 등을 들고 있다.¹¹⁾

본 연구에서 사용되고 있는 효율성 개념은 기술적 효율성으로 질적인 측면은 통제하여 효율성 측정을 행한다.

병원의 산출물은 크게 진료부분과 관련있는 변수로서 진료환자수 또는 진료수익을, 그리고 비진료부분과 관련하여 피교육자의 수 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 비진료부분과 관련된 산출물은 제외하고 병원의 진료기능과 관련된 산출물 변수로서 100병상당 연입원환자수와 외래환자수를 산출지표로 사용한다.

본 연구에서 이용된 자료는 우리나라 3차병원을 대상으로 하였는데 총 37개의 병원중 자료가 미비한 6개병원은 제외하여 분석에 이용된 병원은 총 31개병원이다. 분석을 위한 기초 자료로는 '한국보건의료관리연구원'이 병원경영분석사업의 일환으로 작성하여 각 병원에 배

10) '95 병원경영분석, 한국보건의료관리연구원, 1997.

11) Harry Hatry & Donald M. Fisk, 'Measuring Productivity in the Public Sector,' Public Productivity Handbook (New York : Marcel Dekker, Inc. , 1992), P. 142

포하고 있는 ‘개별병원경영분석집’의 자료를 이용하였다.

2. DEA 측정결과

1) 전체기술효율성(CCR Model)

CCR 모델은 규모에 대한 보수불변(Constant Returns to Scale:CRS)이라는 가정을 적용하여 효율성을 평가하는 방법이다. 31개 3차 의료기관에 대한 상대적 효율성 평가는 <표 1>과 같다. 효율치 1은 상대적 효율성을, 그리고 1보다 작은 값은 상대적인 비효율성을 나타낸다. 효율적으로 평가된 기관의 수는 총 31개 의료기관 중 8개이다. 이는 총 31개의 3차의료기관중 8개의 의료기관이 경험적으로 효율성 프론티어를 형성하고 있으며, 나머지 23개의 의료기관의 효율성은 이러한 프론티어와의 관계 속에서 상대적으로 측정되었다는 의미이다. 비효율적인 의료기관을 비효율의 정도에 따라 범주화 하여 구분한 결과는 다음과 같다.

<표 1> 의료기관별 전체기술효율치 범위

구분	의료기관 해당 DMU
효율치(E) = 1	DMU 5,14,20,21,23,24,27,31
0.9 ≤ 효율치(E) < 1	DMU 1,10,15,18,25,28,29
0.8 ≤ 효율치(E) ≤ 0.9	DMU 9,12,13,16,17,19,22,26,30
0.7 ≤ 효율치(E) ≤ 0.8	DMU 2,4,8
효율치(E) ≤ 0.7	DMU 3,6,7,11

2) 순수기술효율성(BCC Model)

여기에서 사용한 DEA 모형은 위의 전체기술효율성 모형과는 달리 규모에 대한 보수가변(Variable Returns to Scale : VRS)이라는 가정을 적용하여 효율성을 평가하는 방법이다. 31개 3차의료기관에 대한 상대적 효율성의 결과는 <표 2>와 같다. 효율적으로 평가된 기관의 수는 13개로 나타났다. 전체기술효율성에 비해 더 많은 의료기관이 효율적인 의료기관으로 평가된 것은 전체기술효율성에서 규모의 효율성을 배제하면 효율성의 정도가 증가됨을 의미하며, 대상의료기관이 규모의 효율성은 떨어지지만 기술적인 효율성은 높다는 것을 입증한다.

〈표 2〉 의료기관별 순수기술효율치 범위

구분	의료기관 해당 DMU
효율치(E) = 1	DMU 5, 7, 10, 12, 14, 15, 20, 21, 23, 24, 27, 28, 31
0.9 ≤ 효율치(E) < 1	DMU 1, 16, 17, 18, 19, 25, 29
0.8 ≤ 효율치(E) ≤ 0.9	DMU 9, 13, 22, 26, 30
0.7 ≤ 효율치(E) ≤ 0.8	DMU 2, 4, 6, 8,
효율치(E) ≤ 0.7	DMU 3, 11

IV. 생산 효율성 결정요인분석

1. Tobit의 검증모형

이 장에서는 31개 3차병원의 DEA 효율치¹²⁾와 그 효율치를 결정하는 투입변수와 산출변수간의 관계를 분석하고 영향을 미치는 변수와의 관계를 보고자 한다. 즉 전자의 경우는 종속변수를 DEA 효율치로 두고 투입변수 및 산출변수를 독립변수로 회귀분석을 하며 후자의 경우는 종속변수를 DEA 효율치로 두고 산출변수를 규모(병상수), 기술적 난이도, 고기술을 요하는 진료건수 비중 등을 독립변수로 하여 회귀분석을 한다. 그런데 종속변수인 DEA 효율치는 제한된 범위의 값($0 \leq \text{DEA 효율치} \leq 1$)을 가지고 있어 이산적인 성질과 연속적인 성질을 혼합하고 있다. 만약 분석대상병원들의 효율치가 항상 0보다 작은 양(+)의 값을 갖거나 아니면 1이 되므로 항상 일정방향으로 한계값을 갖는 분포가 된다. 따라서 본 연구의 검증을 위해서는 일반적인 최소자승법에 의한 회귀모형(OLS)이 아닌 검증모형이 필요하다. 그 이유는 최소자승법에 의한 회귀모형은 오차항과 종속변수가 분산이 일정한 정규분포(Normal distribution)를 가정하고 있기 때문에 종속변수가 제한된 값을 갖는 자료를 분석할 경우에는 오차항의 기대값이 0이 되지 않는다.

따라서 종속변수가 제한된 범위값을 갖는 경우에는 Tobin이 개발한 Tobit 모형¹³⁾을 이용하는 것이 합당하다. Tobit 모형에 대한 일반형은 다음과 같다.

12) 안태식(1990)은 DEA 모형간의 효율치 민감도를 실제자료를 이용하여 목적함수의 값, 분산, 비대칭 정도 등의 측면에서 조사한 결과 CCR모형, BCC모형, 가산모형, 승수모형 등 4가지 모형의 결과간에 일관성이 유지되고 있다고 밝히고 있다. 이러한 분석결과는 특정 모형의 선택선택에 의해 민감도가 변화하지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 여기서는 CCR모형만을 사용하여 효율치를 추정하였다.

$$y = XB + \delta e$$

여기서 y : 반응변수의 벡터, X : 독립변수의 공변행렬, B : 미지의 회귀모수 벡터, δ : 미지의 scale 모수, e : 오차항 벡터 이다.

한편 Tobit은 1958년 한계설정된 자료를 이용하여 다음과 같은 모형을 검정하였다.

$$y = \text{Max}(X' B + e, 0)$$

여기서 $0 < X' B + e < 1$ 이다.

따라서 연구에서는 Tobit의 모형에 의해 한계설정을 0으로 하기 위하여 31개 3차병원의 DEA 효율치는 다음과 같은 식 즉, $y = (1 - D_o) / D_o$ 로 변환하였다. 여기서 D_o 은 DEA 효율치를 나타낸다. 따라서 효율치가 1인 경우는 0으로 처리하고 0이 아닌 효율치는 DMU(Decision Making Unit: DMU)의 산출점과 효율적 프론티어선간의 방사거리(the radial distance)로 추정된 양(+)의 값을 나타낸다.

위의 관계를 Tobit의 회귀모형 형식으로 취하면 다음과 같다.

$$y = \begin{cases} X' B + e, & y > 0 \\ 0, & \text{others} \end{cases}$$

위의 모형에서 y : 변환된 DEA 효율치, X : 독립변수의 공변행렬, B : 미지의 회귀 모수 벡터, e : 평균이 0, 공통분산 σ^2 를 갖는 정규분포의 잔차이다.

한편 위의 회귀모형에서 각 x , y 관찰치에 대한 B 와 σ 의 값을 결정하기 위한 최우추정함수(The maximum likelihood function: L)는 모형에서 각 병원들이 비효율적일 확률값은 표준선형회귀모형의 정규밀도함수에서 추정되며 효율적일 확률값은 1에서 비효율적인 누적확률분포의 값을 차감하여 계산한다.

이때 비효율적일 확률밀도함수는 $\frac{B' x_i}{\sigma}$ 로 표준화시킨 분포로서 다음의 F값과 같다. 따라서 최우추정함수와 비효율적일 밀도함수는 다음의 식과 같다.

$$L = \prod_{y=0} (1-F) \prod_{y>0} \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{1/2}} \times e^{-\left(\frac{1}{2\sigma^2}\right) (y - B' x)^2}$$

여기서 $F = \int_{-x}^{B' x \cdot \sigma} \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} e^{-(t^2/2)} dt$

13) Tobin(1958)은 종속변수의 데이터가 일부는 단일값(single value)을, 일부는 연속적인 성질을 갖는 값을 가지는 경우 제한된 범위의 특성을 갖는 종속변수와 독립변수(확률변수)간 회귀분석방법을 개발하였으며 이를 Tobit 분석이라고 한다. 이에 대한 이론적인 설명은 J. Tobin, "Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables," *Econometrica*, vol. 26, pp. 24-36, 1958.에 제시되어 있다.

따라서 Tobit 모델의 적합도를 가능하게 하는 검증은 우도비율검증(likelihood ratio test : LRT)인데 이때 우도비율은 모든 독립변수들이 0일 경우 우도함수의 최대값과 회귀모형에서 실제 관측된 독립변수를 갖는 우도함수의 최대값의 비율을 말하며 이 값을 자연대수(ln)로 취하고 -2를 곱한 값이 검증통계량이 된다. 이 통계량은 χ^2 분포를 한다.

2. 변수의 정의 및 자료처리

1) 변수의 정의

본 연구에서는 먼저 앞장에서 도출된 효율치를 종속변수로 두고 독립변수로서는 투입변수인 100병상당 의사수, 100병상당 간호직원수, 100병상당 관리직원수를 이용하였고 둘째는 효율치를 종속변수로 독립변수는 병상수, 진료의 난이도를 나타내는 환자구성지표¹⁴⁾ 고난도의 기술을 필요로 진료건수에 대한 비중을 각각 독립변수로 사용하였다.

또한 효율치와 재무변수와의 관계를 확인하기 위한 분석에서는 대표적인 변수로 직원1인당 부가가치, 100병상당 직원수, 의사 1인당 월평균 의료수익, 간호사 1인당 월평균 의료수익, 관리직 1인당 월평균의료수익 등을 선정, 사용하였다.

2. 2 자료의 처리

본 연구에서 사용된 자료는 1995년 한국보건의료관리연구원 경영분석통계자료이며, 전국 39개 3차병원 중 31개 병원의 자료를 추출하여 사용하였다. 자료의 처리는 SAS (SAS/STAT Version 6)를 이용하였다. 본 분석을 위한 구체적인 자료처리절차는 다음과 같다.

첫째, 효율성을 나타내는 DEA값과 투입 및 산출변수와의 관계를 확인하기 위하여 Tobit 회귀분석을 실시하였다.

14) 3차 진료기관에서 진료를 필요로 하는 입원환자들의 종류를 입원환자 분류체계인 진단명 기준 환자군(KDRG :Korean Diagnosis Related Group)을 이용하여 질병의 종류 및 그 중증도와 필요로 하는 의료자원의 종류에 따라 정의하고 해당기관에서 진료받은 입원환자들의 종류(case mix)가 정의된 기준에 부합되는지를 평가하는 지표이다. 이 지표는 다음과 같은 공식에 의해 측정하였다.

즉 score $a = P_{aj} / P_a$, 여기서 P_{aj} : j병원 환자중 A로 분류된 KDRG에 속하는 환자비율, P_a : 전체환자중 A에 분류된 KDRG에 속하는 환자비율. 따라서 이 비율이 높으면 높을수록 고난도 기술을 요하며 고가장비가 투입되고 고난도 간호가 요구되는 진료임을 의미한다.

둘째, 표본병원을 의료수익의료이익율을 기준으로 적자(의료수익의료이익율<0)인 병원과 흑자(의료수익의료이익율>0)인 병원으로 구분하고 각 집단간 효율성의 차이가 있는지를 확인하기 위하여 비모수 분산검증(The Npar1way -ANOVA)을 실시하였다.

셋째, 효율성과 재무관련 변수간의 관계를 확인하기 위하여 효율성이 양호한 집단(DEA 값 =1인 집단)과 불량한 집단(0< DEA값 <1인 집단)으로 구분하고 각 재무관련 변수간에 유의적인 차이를 보이는지의 여부를 확인하기 위하여 비모수 분산검증(The Npar1way-ANOVA)을 실시하였다.

3. 분석결과

먼저 효율성을 나타내는 DEA 값과 독립변수와의 관계를 검증한 결과는 <표 3> <표 4>와 같다. 이 모형에서 DEA 값(변환된 효율성 값)은 비효율성을 나타내는 값으로서 회귀적 특성을 갖는다. 그러므로 비효율성과 관련변수간에는 역의 관계를 갖게된다. 만약 회귀계수가 양(+)의 값을 가지게 되면 비효율성과 관계가 되고 음(-)의 값을 가지게 되면 효율성과 관계를 갖게 된다.

먼저 변환된 생산성 효율성의 측정치와 투입 및 산출변수간의 관계를 추정한 결과 관리직 원수를 제외한 모든 추정계수들은 99% 유의수준에서 유의적으로 나타나고 있다. 각 변수들의 부호를 보면 의사직 인력수, 간호직 인력수, 관리직 인력수 등의 부호가 양(+)의 값을 보이고 있고, 입원환자수, 외래환자수 등은 음(-)의 값을 나타내고 있다. 이는 입원환자수 및 외래환자수가 효율성과 양(+)의 관계를 가지고 있고 의사인력수, 간호직 인력수, 관리직 인력수는 효율성과 음(-)의 관계를 갖고 있음을 의미한다. 따라서 산출물에 비해 의사, 간호사, 관리직의 인력수가 많을수록 비효율적이며¹⁵⁾ 투입물에 비해 입원환자수 및 외래환자수가 많을수록 효율적임을 의미한다. 이와 같은 결과는 투입물에 비해 산출물이 많을수록 효율적이며, 산출물에 비해 투입물이 많을수록 비효율적이라는 당연한 사실과 일맥상통하고 있다.

15) 박창제의 연구(1996)의 결과에 따르면 의사직 인력이 많이 투입할수록 효율성이 높은 것으로 분석되고 있다. 이와 같은 결과는 인건비를 감안한 인력수가 아니라 단순히 고용의사수를 투입변수로 설정하였기 때문에 나타나는 현상으로 설명하고 있다.

〈표 3〉 Tobit 모형 추정결과(I)

변수명	자유도	추정계수	표준오차	Chi-값	p>Chi
상수항	1	0.4813	0.191	6.31	0.0120**
의사인력수	1	0.0481	0.009	24.24	0.0001**
간호인력수	1	0.0089	0.003	6.44	0.111**
관리인력수	1	0.0041	0.002	2.18	0.1392
입원환자수	1	-0.00003	7.03E-6	19.32	0.0001**
외래환자수	1	-5.74E-6	1.76E-6	10.59	0.0011**

(주) **, *: 5%, 10% 유의수준에서 유의적임을 표시, 이 모형의 χ^2 값은 27.5이다.

〈표 4〉 Tobit 모형 추정결과(II)

변수명	자유도	추정계수	표준오차	Chi-값	p>Chi
상수항	1	0.146770	0.09295	2.49	0.1143
환자구성지표	1	-0.01419	0.01273	1.24	0.2650
진료비중	1	-0.39150	0.15674	6.23	0.0125**
병상수	1	0.000300	0.00007	19.18	0.0001**

(주) **, *: 5%, 10% 유의수준에서 유의적임을 표시, 이 모형의 χ^2 값은 24.37이다.

특히 생산성 효율치의 민감도를 보면 의사인력수가 많을수록 병원의 생산성 효율성에 부정적(-)으로 영향을 크게 미치고 간호직 인력수를 많이 고용할수록 효율성이 떨어지는 것으로 분석되었다. 그러나 관리직의 경우에는 병원의 효율성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

둘째, 효율성의 측정치와 독립변수간의 관계를 추정결과 병상수에 대한 추정계수들은 유의적으로 나타나고 있다. 각 변수들의 부호를 보면 병상규모는 양(+)의 값을 보이고 있어 규모가 클수록 비효율적임을 나타내고 있다. 따라서 병원의 동일한 산출에 비해 투입요소에 대한 규모의 효율성을 높이기 위해서는 합리적이고 적절한 수준의 규모 유지가 필수적이다. 한편 진료의 난이도를 나타내는 환자구성지표, 고난도의 기술을 필요로 하는 진료건수의 비중에 대한 계수의 부호를 보면 모두 음(-)의 값을 보이고 있다. 이는 고난도 기술수준 및 진료비중과 효율성간에는 양(+)의 관계에 있음을 알 수 있다. 즉 고난도 기술수준이 높은 진료를 할수록 효율적이라는 것을 의미한다. 또한 변수들의 민감도를 보면 고난도 기술을 요

하는 진료의 비중에 대한 민감도가 가장 크게 나타나고 있어 병원의 효율성을 높이기 위해서는 고난이도 기술을 요하는 진료가 3차병원에서 경영효율성을 결정하는 중요한 요인임을 시사하고 있다.

셋째, 흑자병원과 적자병원간의 생산효율성의 차이를 분석한 결과 두 집단간에는 유의적인 차이를 보이고 있지 않다. 즉 적자병원이라고 반드시 효율성의 값이 낮고 흑자병원이라고 해서 효율성의 값이 높게 나타나지는 않았다. 그러나 다음 절에서 보듯이 효율성이 낮은 집단과 효율성이 높은 집단간의 차이분석을 한 결과 성과변수인 의료수익의료이익률 변수는 유의적인 차이를 보이는 변수로 나타나 상반된 결과를 보여주고 있다.

넷째, 효율성과 재무관련 변수간의 관계를 확인하기 위하여 효율성이 양호한 집단(DEA 값 =1인 집단)과 불량한 집단(0< DEA값 <1인 집단)으로 구분하여 각 재무관련 변수간의 유의적인 차이를 보이는지 여부를 검증한 결과는 <표 6>과 같다. 표에서 보듯이 앞에서 대표

<표 5> 경영성과 변수와의 분산분석 결과

구분	평균	F값	prob > F
생산효율치	흑자집단	0.8881	0.179
	적자집단	0.8601	

<표 6> 변수와의 분산분석 결과(1)

변수명	집단구분	평균값	F값	prob > F
직원1인당 부가가치	양호집단	3,308	4.23	0.04**
	불량집단	2,404		
100병상당 직원수	양호집단	1,536	2.41	0.13
	불량집단	1,715		
의사 1인당 월평균의료수익	양호집단	19,469	3.29	0.07*
	불량집단	15,786		
간호사 1인당 월평균의료수익	양호집단	13,920	0.09	0.76
	불량집단	1,4337		
관리직 1인당 월평균의료수익	양호집단	28,298	0.03	0.86
	불량집단	28,860		

(주) **, *: 5%, 10% 유의수준에서 유의적임을 표시

변수로 선정된 5개 재무변수중에서 양 집단간 차이를 보이는 변수는 직원1인당 부가가치(부가가치액 /총직원수), 의사1인당 의료수익(의료수익 /의사수)으로 나타났다. 그러나 그의 변수들 즉 100명상당 직원수, 간호사 및 관리직 1인당 의료수익은 투입변수와 관련이 있지만 효율성과는 관련이 없는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 관련이 있는 변수이기는 하지만 본 분석에서는 결정적인 요인은 아닌 것으로 나타났다.

V. 결론 및 향후 연구방향

자료포락분석에 대한 이론적 고찰을 바탕으로 본 연구에서는 전국 31개 3차병원의 '95년 자료를 이용하여 상대적 효율성을 측정하였다. 먼저 CCR 모형과 BCC 모형을 적용하여 분석한 결과 CCR모형에 의해 8개 병원이 BCC모형에 의해 13개 병원이 효율적으로 운영되는 것으로 평가되었다. 이러한 사실은 규모에 대한 보수체감의 법칙이 존재하기 때문에 규모가 큰 병원일수록 규모의 효율성이 떨어지는 것을 의미한다.

한편 효율성을 나타내는 DEA 값과 투입 및 산출변수와의 관계, 그리고 투입과 산출의 대리변수와 DEA값을 이용하여 각각 회귀분석한 결과를 보면 전자의 추정계수들은 유의수준 1%에서 모두 유의적인 것으로 나타났으며 후자의 경우 병상규모 및 고난도 진료수준 등이 효율성과 관련이 있는 것으로 분석되었다.

또한 흑자병원과 적자병원간의 효율성의 차이를 분석한 결과 두집단간에는 유의적인 차이를 보이고 있지 않았으며 적자병원이라고 반드시 효율성의 값이 낮고 흑자병원이라고 해서 효율성의 값이 높게 나타나지는 않았다. 마지막으로 효율성과 재무관련 변수간의 관계를 확인하기 위하여 효율성이 양호한 집단(DEA값 =1인 집단)과 불량한 집단($0 < \text{DEA값} < 1$ 인 집단)으로 구분하여 각 재무관련 변수간의 유의적인 차이를 보이는 지 여부를 분석한 결과 효율성은 직원1인당 부가가치, 의사 1인당 의료수익 등이 유의적인 변수로 나타났다.

그러나 본 연구는 DEA를 분석함에 있어서 다음과 같은 제약조건을 갖고 있으며, 따라서 향후의 연구에서는 다음과 같은 사항을 보완하여 보다 충분한 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다. 본 연구의 제약요인이며 보완되어야 할 내용은 다음과 같다.

첫째, 투입 및 산출변수를 인력과 환자수, 비용과 수입으로 한정하였으며 투입 및 산출변수간 상호관계에 대한 구체적인 분석을 하지 못하였다. 따라서 이 점을 보다 체계적이고 분

석적으로 행하여 합리적인 투입 및 산출변수의 선정이 이루어 져야 하겠다.

둘째, 투입 및 산출변수에 양적 요인이외에 질적 요인을 감안하지 못하였다. 특히 의료의 질적 변수를 일정하게 가정하여 분석하였으므로 질적 변수에 따른 효율성 정도는 본 연구에서 고려하지 않았다. 의사의 질적 수준, 전공별 치료결과의 차이, 수술건수, 환자의 중증도 등은 병원경영효율에 중요한 영향을 미치는 질적 요인이라고 할 수 있다. 따라서 질적 요인을 적절한 방법에 의하여 투입 및 산출변수에 포함시켜야 할 것으로 본다.

셋째, 효율성에 영향을 미치는 변수를 임의적으로 선정하여 분석하였는 바, 효율성과 생산성 변수간 이론적 관계를 정립한 후 변수를 선택하여야 할 것으로 생각된다. 따라서 향후의 연구에서는 효율성과 관련되는 다양한 변수들에 대해 상관관계분석을 실시하여 유의적인 변수를 파악하고 이 변수들이 비효율성에 어느정도 영향을 미치고 있는지를 심층적으로 분석한 후 적절한 변수들을 선택하여 검증되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 남상요. 병원인적자원의 생산성평가를 위한 방법론적 고찰. 한국보건경제학회 학술발표회 연제집, 1994, pp.29-51
- 박창제. 자료포락분석을 이용한 효율성 측정:지방공사 의료원을 중심으로. 보건행정학회지 제6권 제2호, pp. 91-114.
- 안태식. 가설검정하여 DEA의 민감도 분석. 한국회계학회, 춘계학술논문집, 1990.
- 양동현. 서원식. 병원경영의 효율성 평가 및 결정요인 연구. 한국보건의료관리연구원, 1997.
- Charnes, A., and W. Cooper and E. Rhodes. Evaluating Program and Managerial Efficiency - An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through. Management Science, Vol. 27, No. 6, 1981, pp. 668-607.
- Charnes, A., and W. Cooper and E. Rhodes. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Reserch, Vol. 2, No. 6, 1978, pp. 429-444.
- Charnes, A., and W. Cooper and Shanling Li. Using Data Evnelopment Analysis to Evaluate Efficiency in the Economic Performance of Chinese Cities. Socio-Economic Planning Science, Vol. 23, 1989, pp. 325-344.

- Charnes, A., and W. Cooper. Preface to Topics in Data Envelopment Analysis. *Annals of Operations Research*, Vol. 2, 1985, pp. 59-94.
- Charnes, A., and W. Cooper. Programming with Linear Fractional Functionals. *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol, 9, No. 3-4, 1962, pp. 181-185.
- Epstein, Paul D. Measuring the Performance of Public Services. in Marc Holzer (ed.). *Public Productivity Handbook* New York : Marcel Dekker. Inc., 1992, pp. 161-193.
- Farrell, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society, Series A (General)*, Vol. 120, Part III, 1957, pp. 253-281.
- Ferrier, G. and C. Lovell. Measuring Cost Efficiency in Banking : Econometric and Linear Programming Evidence. *Journal of Econometrics*, Vol. 46, 1990, pp. 229-245.
- Ganley, J. A. and J. S. Cubbin. *Public Sector Efficiency Measurement : Applications of Data Envelopment Analysis*. Amsterdam : North-Holland, 1992.
- Lewin, A. and R. Morey. Measuring Relative Efficiency and Output Potential of Public Sector Organizations : An Application of Data Envelopment Analysis. *International Journal of Policy Analysis and Information Systems*, Vol. 5, 1981, pp. 267-285.
- Ludwin, William G. and Thomas L. Guthrie. Assessing Productivity with Data Envelopment Analysis. *Public Productivity Review*, Vol. 22, No. 4, 1989, pp. 361-371.
- Nunamakee, T. Using Data Envelopment Analysis to Measure the Efficiency of Non-Profit Organizations : A Critical Evaluation. *Managerial and Decision Economics*, Vol. 6, 1985, pp. 50-58.
- Seiford, L. M. *A Bibliography of Data Envelopment Analysis*. University of Massachusetts, Department of Engineering, 1990.
- Smith, P. and D. mayston. Measuring Efficiency in the Public Sector. *Omega : The International Journal of Management Science*, Vol. 15, 1987, pp. 181-189.