

DEA모형을 이용한 종합병원의 효율성 측정과 영향요인

안인환*, 양동현†

한국보건산업진흥원*, 인제대학교 보건대학원 병원경영학과†

<Abstract>

An Investigation of Factors Affecting Management Efficiency in Korean General Hospitals Using DEA Model

In Whan Ahn* , Dong Hyun Yang**†

Korea Health Industry Development Institute , Department of Health services
Administration Graduate School of Public Health, Inje University***

The purpose of this study is to analyze the efficiency in management of general hospitals and investigate the major factors on efficiency. Specifically, the management of each general hospital is evaluated by using Data Envelopment Analysis(DEA) technique which is a nonparametric statistical method for measurement of efficiency. Then, the influencing factors are investigated through analyses of Decision-Tree Model and Tobit Regression.

The target hospitals were general hospitals in which bed sizes are between 200 and 500 among a total of 276 general hospitals. The main data of financial indicators were collected from 48 hospitals, and it was analyzed by using two statistical models. For Model I, three input and two output variables were used for efficiency evaluation. In

† 교신저자 : 양동현(02-2270-0984, inydh@inje.ac.kr)

particular, three input variables were the number of medical doctors, the number of paramedical personnel, and the bed size. And, two output variables were the numbers of inpatients and outpatients per year, adjusted by bed-size.

The results of DEA analysis showed that only seven out of 48 hospitals(15%) turned out to be efficient. The decision-tree analysis also showed that there were six significant influencing factors for Model I. Six factors for Model I were Bed Occupancy Rate, Cost per Adjusted Inpatient, New Visit Ratio of Outpatients, Retired Ratio, Net Profit to Gross Revenues, Net Profit to Total Assets.

In addition, the management efficiency of hospital is proved to increase as profit and patient-induced indicators increase and cost-related indicators decrease, by the Tobit regression model of independent variables derived from the decision-tree analysis.

This study may be contributable to the development of analytic methodology regarding the efficiency of hospital management in that it suggests the synthetic measures by utilizing DEA model instead of suggesting simple ratio-analyzing results.

Key Words : DEA, Efficiency, Decision-Tree Model, Tobit Regression

I. 서 론

1980년 중반 이후부터 병원규모가 대형화되고 민간 병원이 지속적으로 증가하면서 1990년대 이후부터 의료시장은 수요에 비해 공급이 초과되어 경쟁시장으로 바뀌면서 급격한 의료환경의 변화와 함께 병원의 경영난을 가중시켜왔다. 최근 병원협회에 자료에 따르면, 2001년 도산된 병원들의 수가 전체 병원 941개 중에서 77개로 도산율이 8.1%에 이르고 있으며, 타업종에 비해 높은 부도율을 보이고 있는 데에서 병원의 경영위기의 심각함을 알 수 있다.

의료시장의 경쟁심화, 정부의 수가 통제, 의료시장의 개방화 등 외부적 환경변화로 인하여 병원이 외형 위주의 성장보다는 내실있는 재무건전성을 유지하기 위한 노력을 하고 있으며, 이에 따라 병원은 효율성에 기초한 의사결정을 하지 않으면 시장경쟁에 의해 성장과 존속을

유지하기가 어렵게 되고 있다. 특히, 병원은 고액의 시설장비투자비와 높은 인건비를 부담하는 자본집약적, 노동집약적 조직이므로 제한된 자원을 효율적으로 활용하고 효율성을 높일 수 있는 체계적인 경영관리가 절실히 요구된다. 그러나 우리나라의 병원들은 경영수준이 낙후되어 있고 타 산업에 비해 경쟁력이 크게 떨어진 편이다. 이는 저조한 경영 효율성과 정부의 과도한 규제에 기인한다고 볼 수 있다. 그러므로 우리나라 병원들이 경쟁력 있고 효율적인 경영을 하기 위해서는 무엇보다도 병원의 생산성 또는 효율성을 평가하고 효율성에 영향을 미치는 요인이 무엇인가를 구체적으로 파악할 필요가 있다.

한편, 병원의 경영효율성을 평가하는 기법중에서 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)모형이 있다. 이 모형은 다수의 투입물과 다수의 산출물 구조를 갖는 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)들의 상대적인 효율성을 측정하여 특정 의사결정단위가 어느 정도 효율을 달성하고 있는가를 계량적으로 제시하여 주는 모형으로 1978년 Charnes 등에 의해 개발된 수리계획모형이다. 이 모형은 가상의 효율적인 생산자를 찾아내고 이 효율적 생산자와 다수의 생산자를 비교하여 성과를 평가하는 모형으로 다수의 투입요소와 다수의 산출요소가 존재하며, 공공적 성격을 띤 조직, 예를 들면 병원, 은행, 대학, 정부기관 등 비영리 기관에서 효율성을 평가하는 데 많이 적용되어 왔다. 이와 관련한 외국의 연구로 Lewin(1981), Banker(1984), Nunermakee(1985), Smith(1987), Ludwin등(1989), Aly등(1990), Ferrier등(1990), Sherman등(1995), Schaffnit 등(1997), Chandra등(1998), Wheelock등(1999), Chen등(2000), Alam등(2001)이 있으며, 국내 연구로는 1990년대부터 병원 및 보건소 등 의료기관을 대상으로 한 연구가 박종원(1993), 곽영진(1993), 윤경준(1996), 정형선 등(1996), 박창제(1996), 양동현 등(1996), 김진현 등(1999), 서수경 등(2000)이 있으며, 금융기관을 대상으로 연구한 연구는 오동일(1991), 안태식 등(1991), 최문경(1997), 김영래 등(1999), 한승우 등(2001)이 있다.

본 연구는 선행 연구를 기초로 DEA기법을 이용하여 우리나라 종합병원들의 효율성을 평가하고, 이를 토대로 효율성에 영향을 미치는 요인을 파악하는 데 목적이 있다.

연구 목적을 달성하기 위하여 본 연구는 5개의 장으로 구성되어 있다. 제1장의 서론, 제2장 DEA의 이론적 고찰과 선행 연구를 정리하고, 이어 제3장 연구방법에서는 표본선정 및 자료처리 방법과 투입 및 산출변수를 선정하는 방법, 효율성에 영향을 미치는 요인을 결정하는 방법 등을 기술하며, 제4장에서는 제3장에서 연구방법론에 따라 분석한 연구결과를 제시한다. 제5장의 고찰 및 결론에서는 본 연구의 연구결과, 시사점, 연구의 한계점을 제시한다.

II. DEA의 이론적 고찰과 선행 연구

1. DEA의 효율성 개념

Farrell(1957)에 의하면, 일정한 기술 수준에서 주어진 생산요소의 투입에 의해 가능한 최대의 산출을 달성하지 못하는 정도를 기술적 비효율성(Technical inefficiency)이라고 정의하고 있다. 그는 비효율성을 배분적 비효율성(Allocative inefficiency)과 기술적 비효율성(Technical inefficiency)으로 구분하고 있다. 배분적 비효율성은 투입요소간 결합이 준최적비율에서 결합될 때의 비효율성을 말하며, 기술적 비효율성은 주어진 산출물을 생산하기 위해 최소로 필요한 투입요소보다 많은 투입량을 사용했을 때 발생하는 비효율성이다.

다음 (그림 1)에서 두 가지 투입요소(x_1, x_2)를 서로 다른 수준으로 사용하여 산출물(Y)을 생산하는 5개 병원(C, D, E, F, G)의 비교를 통해 투입요소의 비효율성을 살펴 볼 수 있다. D-E-F-G를 잇는 선분은 투입요소 x_1, x_2 의 여러 가지 조합으로 이루어진 등생산량선(Isoquant curve)이며, k 는 주어진 투입요소가격(w_1, w_2)하에서의 등비용선(Isocost curve)이라고 하면, 투입요소를 가장 효율적으로 사용하는 E병원과 이와 동일한 산출물을 생산하면서 더 많은 투입 요소를 사용하는 C병원을 비교하여 투입요소의 비효율성을 파악할 수 있다. 원점(O)에서 C점을 이은 OC선은 C병원의 투입비율선을 나타내며, OC선이 최적 결합비율인 E점을 통과하지 않고, 준최적비율인 A점에서 생산이 이루어짐으로써 배분적 비효율성이 발생한다. 즉, B점과 E점은 기술적으로는 효율적이지만 B점에서 생산하면, 원래의 등비용선(k)보다 더 많은 비용(k')을 지불해야 하므로 배분적으로 비효율적이라고 한다. 즉, 배분적 비효율성은 AB가 된다.

기술적 효율성은 C병원이 E병원과 동일한 양을 생산하기 위해 필요한 최소한의 투입수준보다 더 많은 투입요소를 사용함으로써 발생한다. (그림 1)에서 OC 선분을 따라 C병원이 B점으로 이동하면 처음 산출수준을 유지하면서 투입수준을 줄일 수 있게 되는 데, 이는 C병원이 E병원에 비해 더 많은 투입요소를 사용한다는 것이다. 즉, 기술적 비효율성은 BC가 된다. 총 효율성은 배분적 효율성과 기술적 효율성을 곱한 것으로 다음과 같은 관계식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{총효율성} \left(\frac{OA}{OC} \right) = \text{배분적 효율성} \left(\frac{OA}{OB} \right) \times \text{기술적 효율성} \left(\frac{OB}{OC} \right)$$

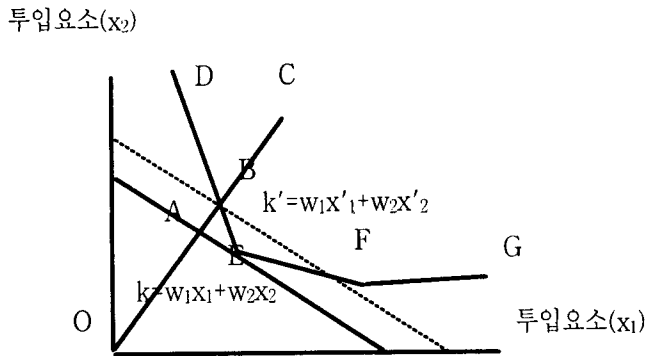


그림 1. Farrell의 기술적 효율성 및 배분적 효율성

2. DEA 모형

DEA는 이러한 Farrell의 효율성 개념을 바탕으로 한 상대적 효율성을 측정하는 비모수적 기법이다. 그러므로 DEA의 생산프론티어는 특정한 함수형태가 아닌 평가대상기관의 실제 자료에서 경험적으로 생성된다. DEA는 모든 병원들의 효율적인 투입 대비 산출 결합과 비효율적인 결합을 구분하여 효율적인 투입 대비 산출에 대해 평가된 암묵적인(implicit) 생산 프론티어를 만들어낸다. 만약 평가대상 병원의 투입-산출결합이 DEA프론티어 상에 있으면 그 병원은 효율적이며, 그것이 DEA 생산프론티어 내에 있으면 그 병원은 비효율적이다. 이때 DEA 효율적인 생산프론티어는 선형계획법에 의해 도출된다.

DEA 모형은 Farrell의 효율성 개념의 단일비율모형에서 다수의 투입과 다수의 산출에 관한 비율모형으로 확장시킨 CCR(Charnes, Cooper & Rhodes, 1978)모형과 생산효율성(순수 기술적 효율성)이외에 규모의 효율성을 알 수 있도록 확장시킨 BCC(Banker, Cooper & Rhodes, 1984) 모형이 있다.

1) CCR모형

이 모형은 규모의 확대에 비례하여 산출이 확대된다는 불변규모수익(constant return to scale : CRS)의 가정하에 모든 DMU의 투입에 대한 산출의 비율이 1을 초과해서는 안되며, 각 투입요소와 산출요소의 가중치는 0보다 크다는 제약조건하에 투입 산출의 비율을 결정할 수 있도록 재구성된 선형계획모형이며, 이의 쌍대모형은 생략한다. 이 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max. } \theta_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} && \text{(식 1)} \\
 & \text{st } \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\
 & \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \\
 & \quad v_i, u_r \geq \epsilon \geq 0 \\
 & \quad i = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned}$$

2) BCC모형

BCC 모형(Banker, Charnes, Cooper, 1984)은 CCR모형의 가정 중에서 규모수익불변(CRS)을 극복하고 가변적 규모의 수익성(variable return to scale; VRS)의 가정을 반영하여 규모의 효율성과 기술효율성을 구분하기 위하여 변형시킨 DEA 모형이다. 이 모형의 쌍대모형은 생략하며 BCC 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \theta_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - \omega_o && \text{(식 2)} \\
 & \text{st } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \omega_o \leq 0 \\
 & \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\
 & \quad v_i, u_r \geq \epsilon \geq 0 \\
 & \quad i = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned}$$

여기서, ω_o 는 규모에 대한 보수지표(Indicator of return to scale)로 규모에 대한 보수가 증가하는 경우 $\omega_o < 0$ 이고, 규모에 대한 보수가 일정하면 $\omega_o = 0$, 규모에 대한 보수가 감소하면 $\omega_o > 0$ 가 된다.

3. 선행연구

이 DEA기법을 이용한 효율성 측정에 관한 연구는 국내외적으로 많이 이루어져 왔다. 본 연구에서는 의료기관을 대상으로 수행된 효율성 연구를 정리하였다.

먼저, 외국의 연구로서 Sherman(1984)은 7개 병원을 대상으로 3개의 투입변수와 4개의 산출변수를 DEA에 적용시켜 효율성을 평가한 결과, 모형의 유용성을 입증하였으며, Grosskopf와 Valdmanis(1987)은 22개 공립병원과 60개 사립병원을 대상으로 DEA기법을 이용하여 효율성을 평가한 결과, 병원의 소유권 형태가 효율성에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

Hogan(1988)은 Medicare의 포괄수가제 도입을 전후한 미국병원의 상대적 효율성 변화를 측정하기 위하여 300개 병원을 대상으로 DEA를 이용하여 효율성을 측정한 결과, Medicare의 포괄수가제가 도입된 후, 효율성이 크게 증가하는 것으로 나타났다. Sexton, Leiken, Sleeper(1989)은 52개 요양기관을 대상으로 3개의 투입변수와 2개의 산출변수를 이용하여 DEA 기술효율성을 평가하였다. 또한 이 연구에서는 기술효율성에 영향을 미치는 변수를 파악하기 위하여 기술효율성 평점을 종속변수로, 병상규모, 소유형태 등 관련변수를 독립변수로 회귀분석하였다. 또한 Nyman, Bricker(1989)은 296개 요양병원을 대상으로 10개의 투입변수와 1개의 산출변수를 이용하여 DEA효율성을 평가한 후, DEA효율치를 종속변수, 관련 질적, 계량적 변수를 독립변수로 회귀분석하여 기술효율성에 영향을 미치는 요인을 파악하였다. 이와 유사한 연구로 Chilingerian(1995)은 의사의 효율성을 분석하고 Tobit 모형을 이용하여 의사의 효율성과 관련이 있는 요인을 파악하고 있으며, Ferrier & Valdmanis(1996)은 미국 남서부 지방에 소재한 360개 병원을 대상으로 효율성을 분석하였으며, Tobit 모형을 이용하여 효율성에 영향을 미치는 요인을 규명하였다.

국내 의료기관을 대상으로 한 DEA 연구는 곽영진(1992), 윤경준(1995), 양동현 외(1995), 정형선 외(1996), 박창제(1996) 등의 연구가 있다. 곽영진(1992)은 민간병원을 대상으로 간호직, 관리직원수, 병상수를 투입변수로, 외래환자수 및 입원환자수를 산출변수로 DEA를 적용하여 효율성을 평가하였으며, 윤경준(1995)은 대도시에 소재하고 있는 54개 보건소를 대상으로 DEA 기법을 적용시켜 효율성을 측정하였고, 정형선 외(1996)은 공공병원과 민간병원의 효율성을 생산효율성과 재정수익성 측면에서 DEA를 사용하여 측정하고 있다. 투입변수로는 직종별 인력수, 병상수 등이었으며, 산출변수로는 조정환자수와 입원 및 외래환자수, 의료보호환자수를 고려하여 분석하였다. 박창제(1996)는 지방공사의료원을 대상으로 의사인력, 간호사인력, 행정관리인력을 투입변수로, 그리고 외래환자수와 입원환자수를 산출변수로 선정하여 지방공사의료원의 효율성을 평가한 바 있다. 양동현 외(1996)은 3차 대학병원을 대상으로 100병상당 전문의 수, 전공의 수, 간호직원수, 행정직원수 등을 투입변수로, 100병상당 외래 및 입원환자수를 산출변수로 두고 DEA를 이용하여 효율성을 평가하고 있다.

Ⅲ. 연구방법

1. 표본선정 및 자료 처리

우리나라 종합병원 총 276개 중에서 2001년도 자료를 기준으로 DEA의 투입변수 및 산출변수에 이용될 자료와 영향요인 분석에 사용될 재무 및 비재무 관련 자료의 수집이 가능하고, 병상규모의 차이가 크게 나지 않는 200병상이상에서 500병상미만의 48개 종합병원을 표본으로 선정하였다.

표본병원 관련 자료는 한국보건산업진흥원의 2001년도 병원별 경영분석과일에서 수집하였다. 각 병원별로 일반현황, 환자진료실적, 인력 및 시설, 제반 재무 관련자료 등 투입 및 산출변수와 영향요인 의사결정모형에 사용될 변수와 관련된 자료를 수집하였다. 수집된 자료를 1차로 병상당으로 표준화하여 DEA에 이용될 병원의 투입 및 산출변수, 의사결정나무분석에 이용될 변수를 병원별로 추출하였다. 그리고 병원의 효율성을 측정하기 위하여 Warwick DEA package를, Tobit 회귀분석을 위해 SAS ver. 8.1을, 의사결정나무분석을 위해 데이터마이닝 4.0을 이용하여 자료를 처리하였다.

2. 분석방법

DEA를 평가하기 위하여 DEA모형에 적용시킬 투입 및 산출변수를 선정한 다음, 이 투입 및 산출변수를 이용하여 DEA 분석을 시행하며, DEA 분석결과 효율성에 영향을 미치는 요인을 규명하기 위하여 효율성에 영향을 미치는 유의적인 변수를 의사결정나무모형을 이용하여 선택하고 이 변수를 독립변수하고 효율성 값을 종속변수로 Tobit 회귀분석을 실시한다.

1) 투입 및 산출변수 선정

의료기관은 노동, 자본, 원재료를 투입하여 환자에게 의료서비스를 제공함으로써 경영성과를 실현시킨다. 이러한 의료서비스 제공을 위해 투입되는 요소는 의사, 간호사, 의료기사 등의 의료인력이며, 서비스 제공을 위해 투하되는 자본은 고정자산으로 여기에는 토지, 건물, 의료장비 등이 포함된다. 국내의 선행연구에서 투입변수로 인력수, 투입시간, 경비, 병상수 등이, 산출변수로 환자수, 재원일수, 수술건수, 의료수익 등이 사용되고 있다.

본 연구에서는 선행 연구와 병원의 조직적 특성을 고려하여 의사수, 의료지원인력수, 병상수 등 3가지 변수를 선정하였다. 투입변수 중 종합병원에서 의료서비스 생산에 투입되는 직접 인력을 선택하였다. 병원에서 의료서비스 생산의 주체는 의사 및 의료지원인력이므로 의사와 의료지원인력으로 직종을 이분화시켜 인력수를 계산하였다. 즉 의사인력수(전문의, 일반의, 전공의)와 의료지원인력수(정규간호사, 간호조무사, 의료기사)를 투입 노동력의 대응변수로 간주하였다. 일부 연구에서는 전공의가 피교육자이므로 산출변수로 보고 투입변수에서 제외시키고 있으나, 실제로는 전공의가 의료서비스를 생산하는 데 중요한 역할을 하고 있기 때문에 의사에 포함시켜 투입변수로 보는 것이 타당할 것으로 보인다. 그리고 병상수가 병원의 시설 등 병원의 규모를 대변하는 대표적인 지표이기 때문에 투입변수에 포함시켰다.

병원의 산출변수와 관련하여 선행연구에서는 일반적으로 환자수, 재원일수, 의료수익, 수술건수 등을 사용하고 있다. 본 연구에서도 산출변수로 연입원환자수, 연외래환자수_등 2가지 변수를 선정하였다.

2) 효율성에 영향을 미치는 변수의 선택

종합병원의 효율성이 높은 집단과 낮은 집단간의 특성의 차이를 규명하기 위하여 의사결정나무모형(Decision tree model)을 이용하였다. 의사결정나무모형은 표본집단을 특정 기준값에 의하여 유사한 집단으로 분류하고, 분류된 하위 집단을 다시 특정 기준을 찾아 분류하는 과정을 반복 (Recursive partitioning)하여 하나의 나무구조화 함으로써 목표 변수(Target variable)에 대한 분류(Classification)와 예측(Prediction)을 수행하는 분석방법이다¹⁾.

따라서 의사결정나무모형에 사용될 투입 변수에 대한 정의는 다음의 (표 1)와 같다.

3) Tobit 모형

종합병원의 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 의사결정나무모형에서 선정된 변수를 독립변수로, 효율치를 종속변수로 회귀분석하였다. 그런데 각 병원들의 효율치는 제한된 범위의 값²⁾을 가지기 때문에 그 분포가 일반적인 회귀모형에서 가정하고 있는 정규분포와 다르므로 일반적인 최소자승법에 의한 회귀모형(OLS, Ordinary Least Squares)을 적

1) 의사결정나무분석의 대표적인 알고리즘은 CHAID, CART, QUEST 등이 있으며, 본 연구에서는 χ^2 값에 의거한 자동교호작용 검출방법인 CHAID(Chi-squared Automatic Interaction Detector)를 이용하였다.

2) 분석대상병원들의 효율치 값들은 항상 0보다 큰 양(+)의 값을 갖거나 아니면 1의 값을 가지므로 그 분포는 항상 일정한 방향으로 한계값을 가지는 분포가 된다.

<표 1> 의사결정모형에 투입될 변수

구 분	변수번호	변 수 명	산 식
안전성 지표	1	기본재산비율(%)	기본재산/총자본 ×100
	2	유동비율(%)	유동자산/유동부채 ×100
	3	고정장기적합율(%)	고정자산/(기본재산+고정부채) ×100
수익성 지표	4	총자본의료이익율(%)	의료이익/총자본 ×100
	5	의료수익의료이익율(%)	의료이익/의료수익 ×100
	6	총자본경상이익율(%)	경상이익/총자본 ×100
	7	의료수익경상이익율(%)	경상이익/의료수익 ×100
	8	총자본순이익율(%)	순이익/총자본 ×100
	9	의료수익순이익율(%)	순이익/의료수익 ×100
활동성 지표	10	총자본회전율(회)	의료수익/총자본
	11	채고자산회전율(회)	의료수익/채고자산
	12	의료미수금회전율(회)	의료수익/의료미수금
생산성 지표	13	병상당 월평균부가가치(천원)	(부가가치÷월수)/병상수
	14	총자본투자효율(%)	부가가치/총자본 ×100
	15	인건비투자효율(%)	부가가치/인건비 ×100
원가 지표	16	인건비 수준(천원)	인건비/직원수
	17	원가율(%)	원가/수익 ×100
	18	조정환자1인당 원가(천원)	원가/조정환자수
진료실적 지표	19	의료보호환자비율(%)	의료보호환자수/전체환자수 ×100
	20	의료보호환자수익비율(%)	의료보호환자수익/전체의료수익 ×100
	21	외래환자초진율(%)	초진환자수/연외래환자수 ×100
	22	병상이용률(%)	총재원일수/연병상수 ×100
	23	평균재원일수(일)	총재원일수/퇴원실인원수
	24	외래환자입원율(%)	실입원환자수/연외래환자수 ×100
인력 지표	25	조정환자100명당 인력(명)	(총인력×365)/(조정환자수 ÷100)
	26	전문의 대비 전공의 비율(%)	전공의(인턴, 레지던트)/전문의 ×100
	27	간호인력대비보조인력비율(%)	간호조무사/간호사×100
	28	의료기사대비보조인력비율(%)	보조기사/의료기사 ×100
	29	의사인력대비기타인력비율(%)	기타인력/의사인력 ×100
	30	이직율(%)	퇴직인력/재직인력 ×100

용하는 데는 문제가 있다. 이러한 OLS의 문제점을 극복하기 위하여 본 연구에서는 Tobin이 개발한 Tobit모형³⁾을 이용하였다.

따라서 본 연구에서는 Tobit 모형을 적용하기 위해 변수를 표준화시켰다. 즉, 병원의 DEA 효율치(D_0)를 다음과 같은 식 즉, $y=(1-D_0)/D_0$ 에 의해 변환시킨 후, 변환된 효율치를 종속변수로 사용하였다.

$$y_i = \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \varepsilon_i \quad \text{if } y_i > 0$$

$$y_i = 0 \quad \text{if } y_i \leq 0$$

여기서 y : 변환된 효율치

x : 영향요인 변수

β : 회귀계수

ε : 오차항

IV. 분석결과

1. 효율성 측정

각 병원별로 전체기술효율성, 순수기술효율성, 규모효율성의 값을 산출하여 효율성을 측정하였다. 여기에서 전체기술효율성은 CRS(Constant return to scale)모형, 즉 CCR모형에 의해, 순수기술효율성은 VRS(Variable return scale) 모형, 즉 BCC모형에 의해 각각 측정된 값이며, 규모효율성은 전체기술효율성을 순수기술효율성으로 나누어 측정하였다.

3) 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 모형이라고 한다. 1958년 토빈의 모형은 다음과 같다. 즉 $y = \text{MAX}(X'B+e, 0)$ 이 때, $0 < X'B+e < 1$ 임. 그러므로 한계설정값 0을 취하기 위하여 DEA의 효율치를 다음과 같은 식으로 변환시킨다. 즉 $y = (1-D_0)/D_0$ 여기서 DEA의 효율치를 나타내며, 효율치가 1인 경우는 0으로 처리하고 1이 아닌 효율치는 y 값이며 이 값은 해당 DMU의 산출점과 프론티어선의 방위거리의 값이 된다. 이러한 관계를 Tobin의 Tobit 회귀모형으로 표시하면 다음과 같이 식을 정리할 수 있다.

$$y = \begin{pmatrix} X\beta + e, & y > 0 \\ 0, & \text{others} \end{pmatrix} \quad \text{여기서, } y \text{는 변환된 효율치, } X \text{는 독립변수}$$

효율성 측정결과, 전체기술효율성 값은 평균 0.7661이며, 48개 표본병원 중에서 7개(15%)가 효율적인 것으로 평가되었다. 가장 효율성이 낮은 병원의 효율치는 0.4642로 병원간에 효율성의 차이가 큼을 알 수 있다. 순수기술효율성 0.8296, 규모효율성 0.8886로 효율적인 원인이 규모에 의한 요인이 큰 것으로 나타났다.

각 DMU의 비효율적인 원인을 살펴보면, 규모의 요인에 의해 비효율이 발생하는 DMU가 15개, 순수 기술적 요인에 의해 비효율이 발생하는 DMU가 26개로 순수 기술적 요인에 의해서 비효율이 발생하는 DMU가 많은 것으로 나타나고 있었다. 그리고 측정 대상 병원의 효율성 값의 산술 평균치를 비교하여 보면, 공공병원에 비하여, 민간병원의 효율성 값이 높게 나타났다으며, 비대학병원에 비하여 대학병원의 효율성 값이 높았다. 또한 광역시 소재 병원의 효율성 값이 기타 지역 소재 병원의 효율성 값보다 다소 높은 것으로 분석되었다.

<표 2> 종합병원의 효율성 측정 결과(괄호 안은 효율적인 병원수)

구 분		전체기술 효율성	순수기술 효율성	규모 효율성
설립형태	민간병원	0.7996(4)	0.8977(6)	0.8909(4)
	공공병원	0.7862(3)	0.8885(6)	0.8737(3)
교육특성	대학병원	0.7800(7)	0.9542(11)	0.9016(7)
	비대학병원	0.7529(0)	0.8494(1)	0.8863(0)
소재지	광역시	0.7493(4)	0.8303(6)	0.9024(4)
	기 타	0.7286(3)	0.8290(6)	0.8788(3)
전 체 평 균		0.7661(7)	0.8296(12)	0.8886(7)
최 소 값		0.4642	0.5192	0.6558

<표 3> 각 DMU별 효율성 측정 결과

DMU	전체기술 효율성	순수기술 효율성	규모 효율성
1	0.7945	1.0000	0.7945
2	0.7698	0.9974	0.7718
3	1.0000	1.0000	1.0000
4	0.9603	1.0000	0.9603

<표 3>

각 DMU별 효율성 측정 결과 - 계속

DMU	전체기술 효율성	순수기술 효율성	규모 효율성
5	0.9650	1.0000	0.9650
6	1.0000	1.0000	1.0000
7	1.0000	1.0000	1.0000
8	1.0000	1.0000	1.0000
9	0.6351	0.9684	0.6558
10	0.7886	0.9551	0.8256
11	0.8399	0.9657	0.8697
12	0.8019	0.9592	0.8360
13	0.6788	0.9293	0.7304
14	1.0000	1.0000	1.0000
15	0.6804	0.8971	0.7584
16	1.0000	1.0000	1.0000
17	0.8891	0.8916	0.9971
18	0.6455	0.9216	0.7004
19	1.0000	1.0000	1.0000
20	0.6509	0.8059	0.8077
21	0.6100	0.7953	0.7670
22	0.6215	0.7720	0.8050
23	0.7374	0.7732	0.9536
24	0.7354	0.7618	0.9653
25	0.6852	0.7699	0.8899
26	0.6613	0.7381	0.8959
27	0.6854	0.7346	0.9330
28	0.6553	0.7166	0.9145
29	0.7798	0.7891	0.9882
30	0.7339	0.7758	0.9463
31	0.5601	0.7165	0.7817
32	0.6612	0.7071	0.9350
33	0.7006	0.7297	0.9601

<표 4> 각 DMU별 효율성 값 산출표

DMU	투입변수		산출변수			효율성	참재가격 (λ)
	의사 인력수	지원 인력수	병상규모	입원환자수	외래환자수		
1	0.12	0.45	300	255.3	449.8	79.5%	
8	0.06	0.25	312	341.2	479.70	100.0%	0.699
14	0.45	1.31	338	280.1	1,909.7	100.0%	0.060

구체적으로 효율성 측정치를 계산하여 보면, <표 4>에서 효율적인 의사 인력은 0.068명 (0.06×0.699+0.45×0.060)이며, 효율적인 지원인력은 0.25명 (0.25×0.699+1.31×0.060), 효율적인 병상수는 238병상(312×0.699+338×0.06)으로 계산되었으며, 비효율적인 정도는 각각 41.7%, 42.5%, 20.5%이었다. 이때 가중치는 의사인력 0%, 지원인력 0%, 병상규모 100%로서 전체 효율성은 79.5%(100%-20.5%)이었다.

따라서 DMU1은 의사인력에서 0.05명, 지원인력에서 0.2명, 병상규모에서 62병상 초과 투입되었으며, 이로 인하여 전체의 비효율성은 20.5% 발생되었음을 알 수 있다. 이와 같은 계산 과정을 통하여 초과 투입량 및 초과 비율, 과소 산출량 및 과소 비율을 계산하여 제시한 표는 생략하였으며, 전체적으로 정리한 표는 <표 5>과 같다. 표에서 효율적인 DMU는 7개이며, 참조집단과 동일한 산출을 위해서 과잉투자된 DMU가 25개, 참조집단보다 산출량은 작으면서 과잉투자된 DMU가 16개인 것으로 나타났다.

<표 5> 효율적 DMU와 비효율적 DMU 집계

전체 DMU	효율적인 DMU	비효율적인 DMU	
		참조집단 동일수준 산출을 위해 과잉투자한 DMU	참조집단 보다 산출량이 미달하면서 과잉투자한 DMU
48(100.0)	7(14.7)	25(52.2)	16(33.3)

()의 단위는 %임

3. 효율성에 미치는 요인분석

1) 의사결정나무분석

본 연구에서는 재무지표와 진료실적 지표들이 종합병원의 효율성에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보려고 하였다. 이를 위해 효율성에 영향을 미치는 변수를 선택하기 위하여 의사결정나무모형을 이용하였으며, CHAID 알고리즘의 카이제곱 통계량을 적용하여 의사결정나무 분석을 하였다. 의사결정나무 분석과정에서 정지기준으로 끝마디에 포함될 개체수는 10으로 지정하여 10보다 적은 개체수를 가지는 마디가 생기지 않도록 하였다. 또한 자식마디가 형성될 때, 최대분리는 목표변수의 수가 2이기 때문에 이진분리를 하는 것으로 하였다. 따라서 DEA 모형에서 도출된 효율성 값을 종속변수로, 재무지표 및 진료실적 지표를 독립변수로 한 의사결정나무분석을 한 결과, 의사결정나무모형은 마디 깊이(depth)가 4이고, 최종 끝마디가 6인 모형이며, 병상이용율, 조정환자 1인당 원가, 외래환자 초진율, 이직율, 의료수익순이익율, 총자본순이익율 순으로 6가지 변수가 나무를 형성하였다.

2) Tobit 분석

앞에서 의사결정모형을 이용하여 변수를 선택한 후, 선택된 변수를 독립변수로 변환된 효율성 값을 독립변수로 Tobit 회귀분석을 하였다. 먼저, DEA 모형에서 도출된 전체 효율성 값을 종속변수로, 의사결정모형에서 도출된 변수들을 독립변수로 회귀분석한 결과는 다음의 (표 6)에 정리되어 있다. (표 6)에서 효율성에 영향을 미치는 유의적인 변수는 의료수익순이익율($\beta = -0.0068$, $p < 0.01$), 조정환자 1인당 원가($\beta = -0.0253$, $p < 0.01$), 외래환자초진율($\beta = -0.038$, $p < 0.01$)이었다. 즉 의료수익순이익율이 높을수록, 조정환자 1인당 원가가 낮을수록, 외래환자 초진율이 높을수록 변환된 효율치 값이 떨어지므로 변환되기전 효율성의 값은 높아진다. 따라서 수익성이 높을수록, 원가가 낮을수록, 외래환자 초진율이 높을수록 효율적인 병원인 것으로 분석되었다.

두 번째, DEA 모형에서 도출된 순수 효율성 값을 종속변수로, 의사결정모형에서 도출된 변수들을 독립변수로 회귀분석한 결과, 유의적인 변수는 의료수익순이익율($\beta = -0.0186$, $p < 0.01$), 조정환자 1인당 원가($\beta = 0.00324$, $p < 0.05$), 외래환자 초진율($\beta = -0.0782$, $p < 0.01$)이었으며, 효율적인 병원일수록 의료수익율순이익율이 높고, 조정환자 1인당 원가가 낮으며, 외래환자 초진율이 높았다(표 7).

세 번째, 규모효율성을 종속변수로, 의사결정모형에서 도출된 변수들을 독립변수로 회귀분석한 결과, 유의적인 변수는 총자본순이익율($\beta=-0.0284$, $p<0.01$), 의료수익순이익율($\beta=-0.0148$, $p<0.01$), 외래환자 초진율($\beta=-0.1097$, $p<0.01$), 병상이용율($\beta=0.1548$, $p<0.01$)이었다. 특히 병상이용율이 높을수록 효율적인 병원임을 알 수 있었다(표 8).

위의 세 개의 회귀모형에서 효율성에 영향을 미치는 영향변수는 의료수익순이익율, 조정환자 1인당 원가, 총자본순이익율, 외래환자 초진율, 병상이용율로 나타났다. 이 요인들 즉 수익성 요인, 원가요인, 환자유인요인, 병상의 이용요인 등이 효율성에 중요한 영향을 미치는 요인이며, 효율성을 높이기 위해서는 이와 관련된 요인들을 제고시켜 나가야 할 것이다.

<표 6> Tobit 모형의 최우도 추정치(전체 효율성)

변 수 명	추정치	표준오차	χ^2 값	p값
상수항	0.0187	0.0120	2.4196	0.1198
총자본순이익율	-0.9316	1.4344	0.4219	0.5160
의료수익순이익율	-0.0068	0.0024	7.7201	0.0055
조정환자 1인당 원가	0.0253	0.0092	7.5076	0.0061
외래환자 초진율	-0.0388	0.0081	6.6662	0.0098
병상이용율	-0.0381	0.0566	0.4889	0.4935
이직율	0.0016	0.0067	0.0058	0.8092

<표 7> Tobit 모형의 최우도 추정치 (순수 기술 효율성)

변수명	추정치	표준오차	χ^2 값	p값
상수항	0.0021	0.0206	2.1246	0.1292
총자본순이익율	-0.2331	0.8256	0.3251	0.3152
의료수익순이익율	-0.0186	0.0015	9.8222	0.0032
조정환자 1인당 원가	0.0324	0.0112	2.9324	0.0102
외래환자 초진율	-0.0782	0.0058	8.715	0.0059
병상이용율	-0.1035	0.0695	0.0215	0.6423
이직율	0.09416	0.0067	0.0158	0.8252

<표 8> Tobit 모형의 최우도 추정치(규모 효율성)

변수명	추정치	표준오차	χ^2 값	p값
상수항	0.1257	0.0325	3.6916	0.0984
총자본순이익율	-0.0284	0.0011	11.3259	0.00116
의료수익순이익율	-0.0148	0.0054	8.6581	0.0023
조정환자 1인당 원가	0.1264	0.0924	0.0357	0.8096
외래환자 초진율	-0.1097	0.0072	7.0265	0.0068
병상이용율	-0.1548	0.0062	6.4889	0.0026
이직율	0.0026	0.0598	1.6258	0.1022

V. 고찰 및 결론

DEA기법은 선형계획법에 의거 일정한 DMU를 측정대상으로 하여 경영실적의 상대적 효율성을 비교측정하는 방법이다. 이 방법은 효율적 프론티어상에 있는 의사결정단위에 비교하여 비효율적인 의사결정단위의 비효율성의 크기와 효율적이 되기 위한 방안을 제시할 수 있는 장점이 있으며, DEA모형에 투입된 자원과 산출물은 금액으로 환산하지 않고 실질 자료로서 그대로 사용되기 때문에 포괄적 측정이 가능하다는 이점이 있다.

DEA분석 결과에 따르면, 표본 종합병원의 전체기술효율성 값은 평균 0.7661, 순수기술효율성 0.8296, 규모효율성 0.8886으로 규모의 비효율성보다 순수기술의 비효율성이 더 큰 것으로 나타나 병상규모를 확대하거나 축소하는 것보다 업무의 생산성을 높여야 하는 것을 암시하고 있다. 이와 같은 결과는 일부 국내 선행연구(곽영진 1993, 양동현 1997)와는 일치하고 있으나 일부 연구(박창제 1996)와는 상반된 결과를 보인다.

또한 DEA 모형에 의한 효율적인 DMU는 7개인 반면, 동일한 산출량을 생산하면서 투입 자원은 과잉투자하고 있는 DMU는 25개, 참조집단에 비해 산출량도 미달하면서 동시에 투입 자원은 과잉투자하고 있는 DMU는 16개로 나타났는데, 이는 참조집단과 비교할 때 25개 DMU의 경우, 보다 많은 의사인력, 지원인력, 병상수를 투입하여 참조집단 수준의 입원환자와 외래환자를 진료하고 있으며, 16개 DMU의 경우, 참조집단보다 많은 의사인력, 지원인력,

병상규모를 투입하여 참조집단에 미달하는 입원환자와 외래환자를 진료하고 있었다. 따라서 비효율적인 DMU가 효율적이기 위해서는 참조집단과 비교하여 투입요소를 줄이든지 산출요소를 늘이는 방향으로 개선책을 제시하고 있다.

그러나 DEA기법이 효율성을 평가하는 탁월한 기법임에도 불구하고, 다음과 같은 한계점이 있기 때문에 적용시 유의하여야 할 것이다. 먼저, DEA모형의 투입 및 산출변수의 선정이 어떻게 하는냐에 따라 효율성의 값이 다르게 나올 가능성이 있다. 본 연구에서는 변수 선정의 타당성을 높이기 위해 선행 연구들을 참조하여 변수를 선정하였지만 정교한 기준이나 체계가 필요하다, 둘째, DEA 모형은 분석대상 DMU들간의 상대적 효율성을 측정하는 데는 유리하지만 절대적인 값이 아니란 점, 셋째, 표본집단에 따라 각 DMU의 효율성 값이 1인 병원이라도 개선의 의미가 없다는 것은 아니다.

한편, 종합병원의 효율성이 왜 차이가 나는지, 효율성에 영향을 미치는 요인이 무엇인지에 대해 몇 개의 선행연구(박창제 1996, 양동현 1997, 서수경 2000)가 있었으나 방법론적인 면에서 다소의 문제점이 있다. 예를 들면, 박창제(1996), 양동현(1997) 연구의 경우, Tobit 모형을 이용하여 독립변수의 영향을 추정하고 있으나, 사용된 독립변수가 효율치를 추정하는 데 투입된 투입변수와 산출변수이므로 동일한 변수를 두 번 사용하는 오류를 범하고 있고, 서수경(2000)연구의 경우, 다중회귀모형을 이용하여 효율성 영향요인을 분석하고 있는 데, 각 효율성 값을 종속변수로 사용할 때에는 그 값이 제한된 범위의 값을 가지기 때문에 그 분포가 일반적인 회귀모형에서 가정하고 있는 정규분포와 다르므로 회귀모형을 적용하는 데는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 선행 연구의 문제점을 극복하기 위하여 의사결정나무모형을 이용하여 독립변수를 선택하여 Tobit 분석을 하였다. 그 결과, 종합병원의 효율성 값에 영향을 미치는 요인은 의료수익순이익율, 총자본순이익율, 조정환자1인당 원가, 외래환자초진율, 병상이용율이었다. 즉 의료수익순이익율, 총자본순이익율이 좋을수록, 조정환자1인당 원가가 낮을수록, 외래환자초진율이 높을수록, 병상이용율이 높을수록 비교대상병원에 비해 상대적으로 효율성이 높다고 볼 수 있다. 이와 같은 회귀분석 결과에서 물량기준에 의한 생산성 지표인 DEA와 재무 및 진료실적 지표간 관련성이 있음을 볼 때, 일반적으로 수익성 지표인 의료수익순이익율, 총자본순이익율은 상대적으로 환자수가 많거나 자본투자규모가 작으면 커지므로 DEA 효율성 값은 높아질 것이고, 초진환자의 비율이 높으면 환자수가 상대적으로 많아지므로 동일한 투입조건하에서 효율성은 높아질 것이고 병상이용율이 높으면 상대적으로 활용도가 낮은 병원보다 효율성이 높아질 것이라고 추론할 수 있다. 그러나 본 연구의 결과에서 효율성과 영향요인간에 인과적 관계가 정해져 있다고 보고 있지만 사실은 상호작용

의 관계일 수도 있다. 왜냐하면 오히려 효율성이 높기 때문에 상대적으로 수익성이 높고, 외래초진환자가 많으며, 병상이용율이 높을 수 있다. 따라서 상호작용관계로 볼 수 있는 연립방정식모형으로 Tobit 분석을 하는 것이 더 정확할 수도 있으나 본 연구에서는 한계점으로 남겨둔다.

결론적으로, 이 연구를 통하여 과거에 병원경영분석 결과를 제시하는 데에 있어서 경영지표마다 단순히 비율분석결과만을 다양하게 제시하였을 뿐 종합적인 지표를 제시하지 못했던 차원에서 DEA모형을 이용하여 종합지표를 제시할 수 있는 방법론을 발전시킬 수 있을 것이다. 예컨대, 병원 유형, 진료과, 병상규모, 지역 등을 종합적으로 고려하여 포트폴리오(portfolio)를 구성한 후 각 포트폴리오별로 투입변수와 산출변수를 선택하여 DEA값을 구하고 이 값을 재무적 변수와 비재무적 변수간에 연결한 새로운 경영종합평가모형의 구축함으로써 이 모형을 통하여 각 병원별로 비교대상 병원이 지정이 되고 해당 병원들은 각각 비교대상 병원의 수익성, 생산성, 재무구조, 진료실적 등을 직접적으로 비교할 수 있으므로 구체적이고 실질적인 경영평가와 경영분석이 가능할 수 있다. 따라서 전체 병원을 표본으로 하여 병원규모, 병원형태, 소재지, 진료과별 세분화된 DEA 모형을 구축하고 각 모형별 재무지표와 진료실적 지표를 연계한 통합모형의 연구가 진행될 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 곽영진. 자료포락분석(DEA)을 이용한 병원의 효율성 평가에 관한 연구. 충남대학교박사학위 논문, 1993
- 김영래등. DEA를 이용한 국내은행의 효율성 분석. 산경논집, 서울시립대 산업경영연구소, 1999, 14(1):41~64
- 김진현등. 보건소 보건사업의 효율성 평가와 정책적 의의. 보건행정학회지, 1999, 9(4):87~119
- 박종원. Data Envelopment Analysis를 이용한 보건소 운영의 효율성평가. 서울대학교석사학위논문, 1993
- 박창제. 자료포락분석(DEA)을 이용한 효율성 측정. 보건행정학회지, 1996 6(2):91~113
- 서수경 등. DEA를 이용한 의료기관의 효율성 벤치마킹. 병원경영학회지, 2000 5(1):85~104
- 안태식. 은행영업점의 성과평가방법으로서의 DEA : 테스트와 비교. 『경영학 연구』, 1991, 21(1):71~102

- 오동일. 사업부조직의 성과평가를 위한 DEA모형의 적용가능성에 관한 연구 : 증권회사 지점의 성과평가를 중심으로. 서울대학교박사학위논문, 1991
- 양동현등. 병원경영효율성 평가 및 결정요인 분석 연구. 한국보건의료관리연구원, 1996
- 윤경준. DEA를 통한 보건소의 효율성 측정. 한국정책학회보, 1996, 5(1):80~109
- 정형선등. 공공병원의 효율성과 사회적 역할. 한국보건행정학회지, 1996, 6(2)1~16
- 최문경. 시중은행의 운영효율성과 수익성 측정에 관한 연구. 서해경제연구, 한양대 서해경제연구소, 1997
- 한국보건산업진흥원. 2002. 2001년도 병원경영분석 연구. 산업진흥원, 2002
- 한승우등. DEA모형을 이용한 새마을금고의 경영효율성 측정. 한국기업경영학회, 2001
- Alam. Ila M. Semenick. A Nonparametric Approach for Assessing Productivity Dynamics of Large U. S. Banks. Journal of Money. Credit. and Banking, 2001, 33:121~139
- Aly. Hassan Y. Richard Grabowski. Carl Pasurka. and Nanda Rangan. Technical. Scale. and Allocative Efficiencies in U. S. Banking: An Empirical Investigation. The Review of Economics and Statistics, 1990, 72:211~218
- Banker. R. D, A. Charnes and W. W. Cooper. Models for the Estimation of Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, 1984, 30:1078~1092
- Charnes. A. and W. Cooper and E. Rhodes. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Reserch, 1978, 2(6):429~444
- Chandra, Pankaj, William W. Cooper. Shanling Li. Atiqur Rahman. Using DEA To evaluate 29 Canadian textile companies-Considering returning to scale. International Journal of Production Economies, 1998, 54:129~141
- Chen. Tser-Yieth and Tsai-Lien Yeh. A Measurement of Bank Efficiency. Owership and Productivity Changes in Taiwan. The Service Industries Journal, 2000, 20:95~109
- Chilingerian J.A. Evaluating Physcian Efficiency in Hospitals: Multivariate Analysis of Best Practice. Eupropean Jounal of Operating Reseach, 1995, 2:429-444
- Ferrier. G. and C. Lovell. Measuring Cost Efficiency in Banking: Econometric and Linear Programming Evidence. Journal of Econometrics, Interfaces, 1990, 46:229~245
- Farrell. M. J. The Measurement of Productive Efficiency. Journal of Royal Statistical

- Society, 1957, 120:253~281
- Grosskopf, S., Valdmanis V. J. Evaluating Hospital Performance with case-mix-adjusted outputs, *Med. Care*, 1993, 31(6):525~532
- Lewin. A. and R. Morey. Measuring Relative Efficiency and Output Potential of Public Sector Organizatons : An Application of Data Envelopment Analysis. *International Journal of Policy Analysis and Information Systems*, 1981, 5:267~285
- Ludwin. William G. and Thomas L. Guthrie. Assessing Productivity with Data Envelopment Analysis. *Public Productivity Review*, 1989, 22(4):361~371
- Nunamakee. T. Using Data Envelopment Analysis to Measure the Efficiency of Non-Profit Organizations : A Critical Evaluation. *Managerial and Decision Economics*, 1985, 6:50~58
- Nyman, J.,A.and Bricker, D.L. Profit incentives and technical efficiency in the production of nursing home care, *The Review of Economics and Statistics*, 1989, 56:586~594
- Smith. P. and D. mayston. Measuring Efficiency in the Public Sector. *Omega : The International Journal of Management Science*, 1987, 15:181~189
- Schaffnit, C. and J.C.Paradi. Best Practice Analysis of Bank Branches : An Application of DEA in a Large Canadian Bank. *European Journal of Operations Resear*, 1997, 98:269~289
- Seiford. L. M. A Bibliography of Data Envelopment Analysis. University of Massachusetts. Department of Engineering, 1990
- Sherman, H. Hospitals efficiency measurement and evaluation. *Med.Care*,1995, 22(10):922~938
- Sherman, H. David and George Ladino. Managing Bank Productivity Using Data Envelopment Analysis(DEA). 1995, 25(2):73~85
- Wheelock. David C. and Paul W. Wilson. Technical Progress. Inefficiency. and Productivity Change in U. S. Banking. *Journal of Money. Credit. and Banking*, 1999, 31(2):212~234.