http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2015.15.05.475

부트스트랩 DEA를 이용한 공기업 효율성 분석

An Efficiency Analysis of Public Enterprises Using Bootstrap DEA

박만희
부산가톨릭대학교 경영학과

Man Hee Park(mhpark@cup.ac.kr)

요약

본 연구에서는 부트스트랩 DEA를 이용하여 2013년 14개 공기업의 경영 효율성을 분석하였다. 또한 단절회귀분석을 이용하여 부트스트랩 편의조정 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 본 연구를 통해 도출된 결과와 시사점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 부트스트랩 DEA모형을 적용한 효율성 분석결과에 따르면 평균 기술효율성이 0.3182, 평균 순수기술효율성이 0.4994, 평균 규모효율성이 0.6585로 나타났으며, 기술비효율성의 주된 원인이 순수기술비효율성에 기인하는 것으로 분석되었다. 둘째, CRS 가정과 VRS 가정하의 일반 DEA모형을 적용한 TE와 부트스트랩 DEA모형을 적용한 TE 순위간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 셋째, 비효율원인 분석에서는 평가대상 14개 기관 중 11개 기관의 비효율원인이 순수기술에 더 크게 기인하고 있고, 3개 기관이 규모효율에 의해 비효율이 나타나는 것으로 분석되었다. 넷째, 단절회귀분석에서는 규모효율성에 영향을 미치는 요인으로 유의수준 10%에서 인건비, 영업이익, 매출액, 자기자본수익률, 종원원수 순으로 나타났다.

■ 중심어 : | 효율성 | 부트스트랩 DEA | 규모효율성 | 단절회귀분석 |

Abstract

This study measures the managerial efficiency of Korea's 14 public enterprises using bootstrap DEA in 2013. In addition, it examines the factors that affect on the bootstrap bias-corrected efficiency using truncated regression analysis. The results and implications of this study are as follows.

First, using bootstrap DEA model analysis, the results showed that the mean technical efficiency was 0.3182, the mean pure technical efficiency was 0.4994 and the mean scale efficiency was 0.6585. The main cause of technical inefficiency was due to pure technical inefficiency. Second, rank test between technical efficiency of general DEA model and bootstrap DEA model was no significant difference under CRS and VRS assumption. Third, the main cause of the inefficiency in 11 DMUs among 14 DMUs were mainly due to the pure technology and three DMUs were because of the scale efficiency. Finally, in the truncated regression analysis, cost of labor, profit, sales, return of equity, and the number of employees appeared as factors affecting the scale efficiency at the 10% significance level.

■ keyword : | Efficiency | Bootstrap DEA | Scale Efficiency | Truncated Regression Model |

* 본 연구는 2014년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음
접수일자 : 2015년 03월 03일
수정일자 : 2015년 04월 23일
심사완료일 : 2015년 04월 23일
교신저자 : 박만희, e-mail : mhpark@cup.ac.kr

I. 서 론

효율성은 특정 조직이 제한된 자원내에서 최대의 산출물을 창출해내는 생산기술을 말한다. 일반적으로 투입과 산출의 비율이라는 좁은 의미로 자주 사용되는 기술적 효율성은 조직의 내적운영에 대한 평가로서 생산요소의 가변성과 대체 가능성을 전제로 투입 생산요소의 다양한 조합을 통하여 최대의 생산량을 얻는 생산방법을 말한다[1]. 공기업 경영평가는 경영활동이 얼마나 효율적으로 이루어지고 있는지를 평가하기 위하여 시작되었으나 성과에 대한 부분적인 측정밖에 이루어지지 않는 비율분석에 치중하고 있어 국민에 대한 양질의 서비스 제공이라는 측면에서 합리적인 측정모형에 의한 효율성을 분석할 필요성이 제기되고 있다[8].

일반적으로 공기업들은 가격으로 환산하기 어려운 재화나 서비스를 생산하는 특성을 가진 조직이라고 할 수 있다. 공기업들의 경영 효율성을 측정하고 자하는 경우 생산물에 대한 가격이라는 가중치 없이 다양한 산출물을 어떻게 조합할 것인가 하는 문제가 제기될 수 있다. 비모수적 효율성 측정기법인 DEA(Data Envelopment Analysis)는 사전에 투입요소와 산출요소간의 함수형태를 가정하고 모수를 추정하는 다른 효율성 측정기법들과는 달리 수리모형을 통해 평가대상의 투입요소와 산출요소 자료를 바탕으로 효율적인 프론티어를 도출하고 평가대상들이 효율적인 프론티어로부터 얼마나 떨어져 있는가하는 비효율성을 측정하는 기법이다. 이러한 DEA의 장점으로 인해 다양한 분야의 효율성 분석에 적용되어 왔다. 하지만 DEA모형을 통해 도출된 효율성은 통계적 유의성을 검증할 수 없으며, 효율성이 1값을 가지는 효율적 DMU(Decision Making Units; 의사결정단위)가 많을 경우 모형의 변별력에 문제가 있다는 점이 DEA 적용상의 문제점으로 지적되어 왔다. 따라서 본 연구의 목적은 첫째, 부트스트랩 DEA(bootstrap DEA)모형을 이용하여 공기업들의 경영 효율성을 평가하고, 일반 DEA모형을 적용한 경우의 효율성과 부트스트랩 DEA모형을 적용한 경우의 효율성 순위에 차이가 있는지를 검증하였다. 둘째, 부트스트랩 DEA모형으로부터 도출된 효율성을 기준으로 비효율적으로 판정된 기관들의 비효율의 주된 원인이 무엇인지를 파악하기 위해 비효율원인분석을 실시하였다. 셋째, 부트스트랩 DEA모형을 통해 도출된 효율성에 영향을 미치는 영향요인 분석을 위해 단절회귀분석(truncated regression analysis)을 수행하였다.

II. 이론적 배경

1. DEA

DEA는 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)[13]가 Farrell의 상대적인 효율성 개념을 새로이 해석하고 이를 다수 투입물과 다수 산출물과의 비율모형(CCR Ratio)으로 연장하여 선형계획법으로 표현한 수리모형이다. 이후 Banker, Charnes, and Cooper(1984)[11]는 DEA를 이용하여 다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출물을 생산하는 DMU에 대한 기술적 효율성과 규모의 효과를 투입요소의 절약측면과 산출요소의 증가측면이라는 두 가지 관점에서 선형계획모형을 설정하여 그 효율성 정도를 평가하였고 나아가 최적생산규모를 추정하였다.

평가되어야 할 n개의 DMU가 존재하고 각 DMU는 m개의 투입물을 사용하여 s개의 산출물을 생산한다. 특히 j번째 $DMU_j(j=1,2,\cdots,n)$의 i번째 투입물의 사용량을 $x_{ij}(i=1,2,\cdots,m)$라고 하고, r번째 산출물을 $y_{rj}(r=1,2,\cdots,s)$라고 하자. 그리고 $x_{ij} \geq 0$이고 $y_{rj} \geq 0$이라 하고, 개별 DMU는 최소한 하나 이상의 투입요소를 사용하여 하나 이상의 산출물을 생산한다고 하자. 그러면 특정 의사결정단위, DMU_0의 효율성 측정치, h_0를 구하기 위한 수리계획모형은 다음과 같은 분수형계획문제(Fractional Programming Problem)로 표현할 수 있다[1].

$$Min\ h_0 = \frac{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}$$

$$s.t.\ \frac{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}} \geqq 1,\ \ j=1,\cdot\ \cdot\ \cdot\ ,n$$

$$u_r \geqq \epsilon > 0, \qquad r=1,\cdot\ \cdot\ \cdot\ ,s$$

$$v_i \geqq \epsilon > 0, \qquad i=1,\cdot\ \cdot\ \cdot\ ,m$$

위 식을 선형계획법 문제로 변형한 후 쌍대문제로 변형하면 다음과 같이 주어진다.

$$Max\ \ h_0 = \theta$$

$$s.t.\ -\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} + \sum_{r=1}^{s} \theta y_{r0} + s_r^+ = 0,\ r=1,\cdot\ \cdot\ \cdot\ ,s$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}, \qquad i=1,\cdot\ \cdot\ \cdot\ ,m$$

$$s_i^-, s_r^+, \lambda_j \geqq 0, \qquad \forall i,r,j$$

위의 모형을 산출지향 CCR모형이라고 하고 규모수익 가변성을 허용하기 위한 볼록성 제약인 $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$을 추가한 모형을 산출지향 BCC모형이라고 한다. DEA모형에서 CCR모형은 규모수익불변(CRS: Constant Return to Scale)을 가정하고 효율성을 측정하는 모형이고, BCC모형은 규모수익가변(VRS: Variable Return to Scale)을 가정하고 효율성을 측정하는 모형이다. CCR모형을 통해 얻은 효율성을 기술효율성(TE: Technical Efficiency)이라고 하고 BCC모형을 통해 얻은 효율성을 순수기술효율성(PTE: Pure Technical Efficiency)이라고 한다. 또한 기술효율성과 순수기술효율성의 비율을 규모효율성(SE: Scale Efficiency)이라고 한다.

2. 부트스트랩 DEA

비모수 통계기법인 부트스트랩 기법은 Efron(1979)[14]에 의해 처음으로 소개된 이후 표본크기의 한계를 극복하고 모수 통계기법의 비현실성을 극복하기 위한 대안으로 폭넓게 사용되고 있다. 일반 DEA모형은 통계적 가정없이 분석표본의 선형적 거리함수에 의해 효율성을 평가할 수 있다는 장점이 있지만 분석표본의 수인 DMU가 변화할 때 마다 효율성 값이 변화하는 상대적 효율성 값이라는 단점을 가지고 있다. 즉, 효율성 점수에 대한 통계적 검증을 하지 않아 효율성 점수는 편의(bias)를 가질 뿐만 아니라 효율성 점수에 대한 통계적 신뢰구간을 제시할 수 없다는 단점으로 잘못된 평가를 초래할 수 있다. 이러한 문제들에 대해 Simar and Wilson(1998)[16]은 기존 DEA모델에 의한 효율성 평가에 부트스트랩 기법을 적용하여 신뢰구간과 표준오차를 계산하기 위한 방법을 이론적으로 제시하였다. 이러한 비모수적 모델의 부트스트랩 적용은 기존의 통계적 유의미성을 판단하지 못했던 프론티어모델에 있어 신뢰구간과 표준오차를 제시하여 통계적 유의미성을 제시할 수 있으며 효율적으로 판정된 DMU가 다수 존재할 경우 효율적 DMU간의 차이점을 설명할 수 있는 이점이 있다[3].

산출지향적 부트스트랩 효율성 추정치를 구하는 과정은 다음과 같이 5단계로 요약할 수 있다[7].

1단계) 표준적인 선형계획법모형의 해를 구하여 개별 공기업에 대한 기술적 효율성점수 $\widehat{\varnothing}_k$(k=1, ⋯, L)를 계산한다.

2단계) $\{\widehat{\varnothing}_k$;(k=1, ⋯, L)$\}$로부터 크기 L인 무작위 표본을 생성하여 $\{\varnothing_{1b}^*, \cdots, \varnothing_{Lb}^*\}$를 제공하는 커널밀도추정(kernel density function)과 반사법을 사용한다.

3단계) 준거부트스트랩기술(reference bootstrap technology)을 생성하기 위해 의사자료집합(peudo data set) $\{(x_k, y_{kb}^*)$, k=1, ⋯, L$\}$을 계산한다.

4단계) 이러한 의사자료에 대하여 표준적인 선형계획법모형의 부트스트랩 대응모형(bootstrap counterpart)의 해를 구함으로써 개별 공기업에 대한 $\widehat{\varnothing}_{kb}$를 계산한다.

5단계) 부트스트랩 효율성 추정치 $\{\widehat{\varnothing}_{kb}$; k=1, ⋯, B$\}$를 얻기 위하여 매우 큰 수 B번 반복한다. 부트스트랩 효율성 추정치를 B번 반복하여 구한 평활부트스트랩추정량은 다음과 같이 주어진다.

$$\overline{\varnothing}_k^* = \frac{1}{B}\sum_{b=1}^{B}\hat{\varnothing}_{kb}^*$$

개별 공기업의 효율성점수에 대해 추정한 $(1-\alpha)$ 퍼센트 신뢰구간은 다음과 같다.

$$\hat{\varnothing}_k + \hat{a}_\alpha^* \le \varnothing_k \le \hat{\varnothing}_k + \hat{b}_\alpha^*$$

개별 공기업의 효율성점수 추정치 $\hat{\varnothing}_k$의 편의를 부트스트랩 표본을 사용하여 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\widehat{bias}_k(\hat{\varnothing}_k) = \overline{\varnothing}_k^* - \hat{\varnothing}_k^*$$

이러한 부트스트랩 추정으로부터 개별 효율성 점수 $\varnothing_k$에 대한 편의조정추정량(bias-corrected estimator)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\widetilde{\varnothing}_k = \hat{\varnothing}_k - \widehat{bias}_k(\hat{\varnothing}_k) = \hat{\varnothing}_k - \overline{\varnothing}_k^* + \hat{\varnothing}_k = 2\hat{\varnothing}_k - \overline{\varnothing}_k^*$$

또한 $\widetilde{\varnothing}_k$의 표준편차는 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\hat{s}_k = \sqrt{\frac{1}{B}\sum_{b=1}^{B}(\hat{\varnothing}_k^* - \overline{\varnothing}_k^*)^2}$$

3. 단절회귀분석

효율성에 영향을 미치는 요인들을 분석하기 위해서 대부분의 선행연구들에서는 절단회귀모형(censored regression model) 또는 토빗회귀모형(Tobit regression model)을 사용하였다. Simar and Wilson(2007)[15]에 의한 최근 연구에서는 효율성의 영향요인을 분석하는 데 토빗회귀모형을 사용하는 것이 타당하지 않으며 대신에 부트스트랩 효율성점수를 구하여 단절회귀모형(truncated regression model)으로 추정해야 한다는 것을 몬테칼로실험을 통해 입증하였다[6].

부트스트랩 자료포락분석을 사용하여 측정한 효율성 점수가 상한 1에서 제약되기 때문에 단절회귀모형은 다음과 같이 설정되어야 한다.

$$\widetilde{\varnothing}_k \approx \alpha + \beta' x_k + u_k,\ (k=1,\cdot\ \cdot\ \cdot,\ 14)$$
$$u_k \le 1 - \alpha - \beta' x_k,\quad (k=1,\cdot\ \cdot\ \cdot,\ 14)$$

여기서 $\widetilde{\varnothing}_k$는 공기업 k의 편의조정 부트스트랩 효율성 점수, α는 상수항, β'는 미지의 모수벡터, x_k는 효율성에 영향을 미치는 설명변수들을 각각 나타낸다. 그리고 u_k는 평균이 0, 분산이 σ^2인 우측단절점(right truncation point)을 갖는 잔차이며, 단절정규분포(truncated normal distribution)를 이룬다.

4. 선행연구 검토

공기업 효율성 평가와 관련된 대표적인 선행연구들을 살펴보면 다음과 같다.

유금록(2008)[6]은 전국 13개 도시개발공사의 2006년도 결산자료를 중심으로 산출지향적 부트스랩 DEA모형을 사용하여 편의를 조정한 부트스트랩 효율성 추정치를 제시하고, 도시개발공사의 효율성에 영향을 미치는 요인들을 단절회귀모형(truncated regression model)을 사용하여 분석하였다. 부트스트랩 DEA으로 측정한 도시개발공사의 효율성은 평균 69.3%인 것으로 나타났다. 그리고 인구와 재정자립도, 지역내총생산과 같은 외부환경변수들이 도시개발공사의 효율성에 유의미한 영향을 미치는 데 비해 내부특성변수들 중에서는 부채비율이 도시개발공사의 효율성에 통계적으로 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이승용(2010)[8]은 DEA모형을 이용하여 1990년부터 2007년까지 12개 정부투자기관의 효율성을 분석하였다. 1990년대 초에는 효율성점수가 하락했다가 중반이후 다시 상승하는 양상을 보였으며, 2000년대에도 유사한 추세를 보여 공기업의 효율성은 점점 개선되고 있다고 분석하였다. 또한 DEA결과는 자기자본수익률과는 유의한 수준에서 상관관계가 있었으나 부채비율과는 유의한 결과를 나타내지 못해 공기업의 효율성은 수익성과 높은 관련성이 있다고 추정하였다.

송건섭(2012)[4]은 지방공기업을 직영, 간접1(공사), 간접2(공단), 주식회사(제3섹터) 등 4개 유형별로 구분하고 DEA와 Malmquist 생산성 지수를 활용하여 효율성을 평가하였다. 연구결과에 따르면 우리나라 지방 공기업의 외형적인 성장은 이룩하였지만, 적자 및 부채비율이 증가하고 방만하게 운영되므로 구체적인 성과평가를 통해 전략적인 관리가 필요한 것으로 분석하였다. DEA분석에서는 지방공기업 유형 중 유형4(주식회사)의 효율성이 높은 것으로 나타났고, 3유형(간접2, 공단)의 효율성은 낮게 평가되었다. Malmquist 생산성 지수를 이용한 기술적 효율성 측면은 지방공기업 유형 2와

3이 높았고, 기술변화를 설명하는 효율성은 유형1과 유형4가 높은 것으로 나타났다. 지방공기업은 기술적 효율성과 기술변화를 통해 효율성을 지속적으로 관리하는 전략이 필요한 것으로 분석되었다.

Ⅲ. 연구설계

1. 연구모형

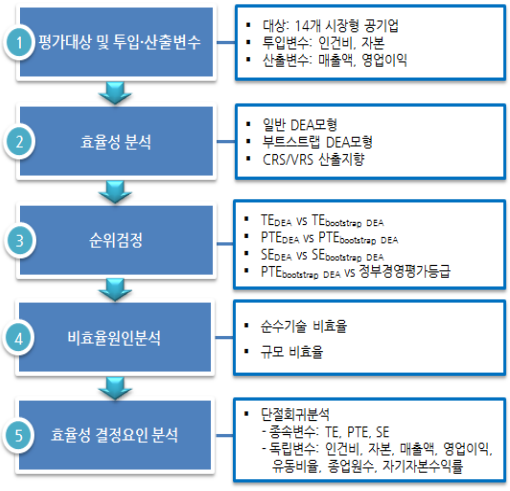

그림 1. 연구모형

본 연구의 수행절차와 단계별 주요 내용을 도식화하면 [그림 1]과 같다. 1단계에서는 평가대상 공기업과 투입변수 및 산출변수를 선정하고 투입변수와 산출변수의 기술통계량과 상관관계를 분석하였다. 2단계에서는 CRS와 VRS 두 가정하의 산출지향 일반 DEA모형과 부트스트랩 DEA모형을 적용하여 효율성분석을 수행하였다. 3단계에서는 일반 DEA모형과 부트스트랩 DEA모형으로부터 도출된 효율성 순위간의 통계적 유의성을 검증하였다. 4단계에서는 2단계에서 도출된 TE, PTE, SE를 이용하여 비효율적으로 평가된 DMU의 비효율원인을 분석하였다. 그리고 마지막 단계에서는 2단계에서 도출된 효율성에 영향을 미치는 영향요인을 파악하기 위해 단절회귀분석을 이용하여 효율성 결정요인을 분석하였다.

2. 분석 데이터

공공기관 경영정보공개시스템인 ALIO사이트의 정의에 따르면 공공기관이란 정부의 투자·출자 또는 정부의 재정지원 등으로 설립·운영되는 기관으로서 공공기관의 운영에 관한 법률요건에 해당하여 기획재정부장관이 지정한 기관을 의미하고, 공기업이란 직원 정원이 50인 이상이고, 자체수입액이 총수입액의 2분의 1 이상인 공공기관 중에서 기획재정부장관이 지정한 기관을 의미한다. 본 연구에서는 30개 공기업들 중 자산규모가 2조원 이상이고, 총 수입액 중 자체수입액이 85% 이상인 시장형 공기업 14개 기관의 2013년 경영실적을 분석대상으로 선정하였다.

본 연구에서는 공기업 경영효율성 평가를 위해 투입변수로 인건비와 자본을 선정하고, 산출변수로 매출액과 영업이익을 선정하였다. 인건비는 영업비용에 포함되어 있으며 평가대상 공기업의 공통적인 비용요소이므로 선정하였고, 기업의 총체적 경영성과는 자기자본에 대한 이익의 크기로 평가되고 있으므로 자본의 크기를 투입변수로 선정하였다. 매출액은 기업의 주요 영업활동인 재고자산의 판매 또는 용역의 제공 등에 의하여 나타나는 순자산 증가액으로서 매출액이 얼마나 높은지 또는 낮은지를 파악함으로써 자산의 효율적 사용정도를 측정하게 되므로 매출액의 크기가 효율성에 미치는 영향을 고려하기 위해 선정하였다. 일반적으로 기업의 재무성과 측정상 가장 중요시 되는 산출변수 중 하나인 당기순이익은 영업활동 이외의 요인, 특정한 거래의 발생, 불필요한 경비의 지출 등에 따라 매우 큰 영향을 받게 되므로 특정 기간의 경영성과를 평가하는 지표는 정상 영업활동상의 영업이익을 산출변수로 선정하는 것이 타당하다고 판단되어 선정하게 되었다[8].

14개 공기업의 경영효율성 평가를 위해 투입변수와 산출변수로 선정된 인건비, 자본, 매출액, 영업이익 데이터의 기술통계량을 구하면 [표 1]과 같다. 투입요소의 기술통계량을 살펴보면 인건비와 자본의 평균, 표준편차, 최소값, 최대값에 있어서 공기업들간에 매우 큰 차이를 보이고 있으며, 산출요소의 기술통계량에 있어서도 공기업들간에 상당한 차이를 보이고 있다. 변동계수는 표준편차를 평균으로 나눈 값으로 변수들의 변동폭

은 매출액, 인건비, 자본, 영업이익 순으로 변동폭이 크게 나타나고 있다.

표 1. 투입변수 및 산출변수 기술통계량

(단위: 백만원)

구분	평균	표준편차	최소값	최대값	변동계수
인건비	242,489	365,523.5	12,678	1,419,828	1.51
자본	8,959,656	13,222,018.0	1,553,790	51,450,736	1.48
매출액	9,012,380	16,121,704.4	48,499	54,037,795	1.79
영업이익	403,085	498,367.4	13,175	1,518,965	1.24

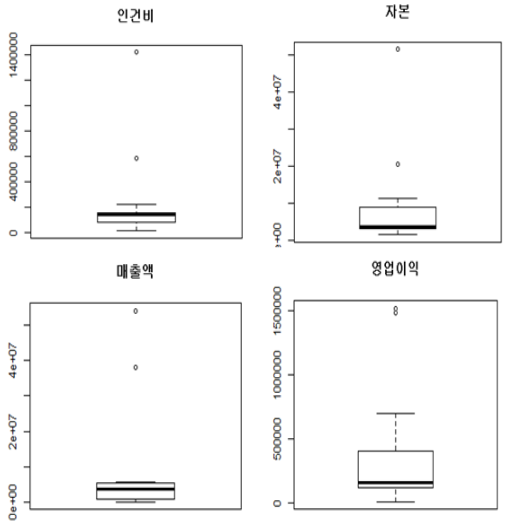

그림 2. 투입산출변수 box-plot

투입변수와 산출변수들간의 상관분석 결과에 따르면 유의수준 1%에서 통계적으로 대부분 높은 상관관계를 보이고 있다. 투입변수간의 상관관계는 인건비의 경우 자본과의 상관계수가 0.974로 매우 높으며, 산출변수간 상관관계는 매출액의 경우 영업이익과 상관계수가 0.922로 매우 높은 상관관계를 보이는 것으로 분석된다. 다중회귀분석에서 변수들간의 상관관계가 높은 경우 다중공선성의 문제가 제기될 수 있으나 본 연구에서 고려한 투입 및 산출변수와 효율성간에는 다중공선성이 존재하지 않는 것으로 분석되었다.

표 2. 투입 및 산출변수간 상관관계

구분	인건비	자본	매출액	영업이익
인건비	1	-	-	-
자본	.974**	1	-	-
매출액	.793**	.797**	1	-
영업이익	.730**	.766**	.922**	1

주) **는 1% 수준(양측검정)에서 통계적으로 유의함

Ⅳ. 분석결과

1. 효율성분석 결과

본 연구에서는 효율성 및 통계분석을 위해 R과 PASW Statistics 18.0을 이용하였다. 일반 DEA모형을 적용한 효율성분석 결과에 따르면 평가대상 14개 기관의 전체 평균 기술효율성은 0.4444로 분석되었으며 55.6%의 기술 비효율성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 순수기술효율성 평균치는 0.6635로 분석되었으며, 규모 효율성은 0.7026로 나타났다. 이는 33.7%의 순수기술 비효율성과 29.7%의 규모 비효율성이 존재하며 기술비효율성의 원인이 규모보다 순수기술비효율성에 더 크게 기인한다는 것을 의미한다. 부트스트랩 DEA모형을 적용한 효율성 분석결과에 따르면 평균 기술효율성이 0.3182로 나타나 68.2%의 기술비효율성이 존재하는 것으로 분석되었다. 또한 순수기술효율성 평균은 0.4994이고 규모효율성 평균은 0.6585로 나타나 기술비효율성의 주된 원인이 일반 DEA모형 적용결과와 마찬가지로 순수기술비효율성에 있는 것으로 분석되었다. 일반 DEA모형 분석결과 보다 큰 50.1%의 순수기술비효율성과 34.2%의 규모비효율성이 존재하는 것으로 나타났다. 일반 DEA모형을 적용한 경우 기술효율성이 1인 기관이 2곳, 순수기술효율성이 1인 기관이 4개 기관으로 분석되었으나, 부트스트랩 DEA모형을 적용한 경우 평가 대상 14개 기관 모두 기술효율성과 순수기술효율성이 1보다 작게 나타나 비효율적인 기관으로 평가되었다.

[표 3]의 분석결과에서 보는 것처럼 부트스트랩 DEA모형을 적용한 효율성 값이 일반 DEA모형을 적용한

표 3. 효율성 분석결과

No	DMU	가정	일반 DEA	Bootstrap DEA	편의	표준 편차	95%신뢰구간	
							하한	상한
1	부산항만공사	CRS	1.0000	0.6789	0.3211	0.1606	0.5776	0.9116
		VRS	1.0000	0.7047	0.2953	0.2193	0.5462	0.9754
2	인천국제공항공사	CRS	0.7064	0.5143	0.1921	0.2093	0.4341	0.6542
		VRS	0.7141	0.5549	0.1592	0.2124	0.4571	0.6956
3	인천항만공사	CRS	0.1082	0.0777	0.0305	1.4918	0.0650	0.1012
		VRS	1.0000	0.7067	0.2933	0.2225	0.5458	0.9701
4	한국가스공사	CRS	1.0000	0.6611	0.3389	0.1709	0.5721	0.9341
		VRS	1.0000	0.7120	0.288	0.2121	0.5661	0.9777
5	한국공항공사	CRS	0.1426	0.1089	0.0337	1.0779	0.0897	0.1388
		VRS	0.1677	0.1364	0.0313	0.6914	0.1139	0.1623
6	한국남동발전(주)	CRS	0.3356	0.2487	0.0869	0.4652	0.2068	0.3209
		VRS	0.3905	0.3123	0.0782	0.3231	0.2594	0.3807
7	한국남부발전(주)	CRS	0.2483	0.1804	0.0679	0.6478	0.1502	0.2384
		VRS	0.3328	0.2689	0.0639	0.3618	0.2255	0.3236
8	한국동서발전(주)	CRS	0.3677	0.2815	0.0862	0.462	0.2271	0.3615
		VRS	0.4923	0.4113	0.081	0.2361	0.3405	0.4854
9	한국서부발전(주)	CRS	0.4304	0.3284	0.102	0.3905	0.2649	0.4216
		VRS	0.6113	0.5088	0.1025	0.1857	0.4229	0.5958
10	한국석유공사	CRS	0.5663	0.3909	0.1754	0.2772	0.3358	0.5253
		VRS	0.6876	0.5360	0.1516	0.2166	0.4378	0.6674
11	한국수력원자력(주)	CRS	0.2035	0.1474	0.0561	0.7641	0.1244	0.1961
		VRS	0.4661	0.3649	0.1012	0.3576	0.2919	0.4594
12	한국전력공사	CRS	0.2464	0.1717	0.0747	0.7325	0.1439	0.2344
		VRS	1.0000	0.7252	0.2748	0.1755	0.5916	0.9651
13	한국중부발전(주)	CRS	0.3423	0.2583	0.084	0.4631	0.2134	0.3309
		VRS	0.4271	0.3459	0.0812	0.282	0.2893	0.4165
14	한국지역난방공사	CRS	0.5235	0.4061	0.1174	0.2931	0.3309	0.5105
		VRS	1.0000	0.7029	0.2971	0.2138	0.5474	0.9697
평균		CRS	0.4444	0.3182	0.1262	0.5433	0.2669	0.4200
		VRS	0.6635	0.4994	0.1642	0.2793	0.4025	0.6461
표준편차		CRS	0.2876	0.1922	0.0978	0.3776	0.1654	0.2631
		VRS	0.2943	0.1954	0.1023	0.1331	0.1502	0.2852
최소값		CRS	0.1082	0.0777	0.0305	0.1606	0.0650	0.1012
		VRS	0.1677	0.1364	0.0313	0.1755	0.1139	0.1623
최대값		CRS	1.0000	0.6789	0.3389	1.4918	0.5776	0.9341
		VRS	1.0000	0.7252	0.2971	0.6914	0.5916	0.9777

효율성 값보다 작게 나타나는 이유는 부트스트랩 DEA 모형의 경우 효율성 값의 편의를 보정하여 효율성 값을 추정하기 때문에 일반 DEA모형에 비해 효율성 값이 작게 나타난다. 또한 효율성 분석결과에 따르면 일반 DEA모형과 부트스트랩 DEA모형, 두 가지 모형에 대하여 CRS가정 효율성이 VRS가정 효율성보다 높게 나타나고 있다. 이는 DEA모형의 볼록조합 제약조건에 기인하는 것으로 규모수익불변 가정하의 생산가능집합이 규모수익가변 가정하의 생산가능집합을 포함하고 이로 인해 생산변경까지의 거리로 표현되는 효율성이 더 크게 나타나기 때문이다.

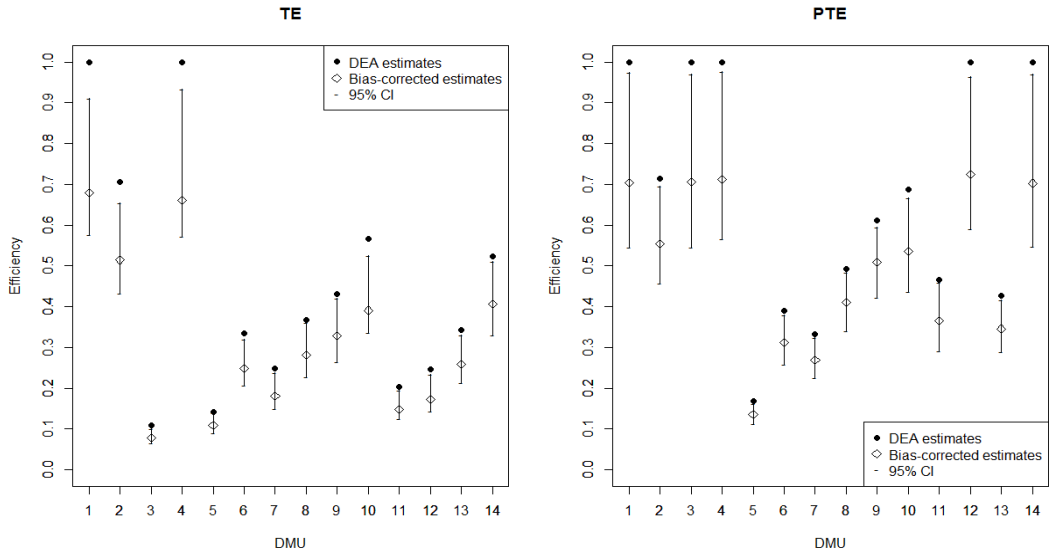

그림 3. 부트스트랩 TE와 PTE

2. 효율성 순위검증

본 연구에서는 일반 DEA모형과 부트스트랩 DEA모형을 적용한 효율성 결과비교를 위해 두 모형으로부터 도출된 효율성의 순위 차이여부를 검증하였다. 일반적으로 두 모집단의 평균차이 검정에 이용되는 t-검정은 데이터의 정규성을 가정하고 있지만 DEA모형은 데이터에 대해서 어떤 통계적 분포도 가정하고 있지 않으므로 t-검정은 적합하지 않다. 또한 Shapiro 정규성 검정을 수행한 결과 정규성을 만족하지 못하는 것으로 판명되었다. 따라서 효율성 분석을 통해 얻은 효율성 값을 바탕으로 비모수통계기법인 Wilcoxon 순위합검증을 실시하여 일반 DEA모형을 통해 도출한 효율성 순위와 부트스트랩 DEA를 적용한 효율성 순위차이를 분석하였다.

본 연구에서는 4가지 효율성 순위검정을 수행하였는데 첫째, CRS 가정하의 일반 DEA모형을 적용한 TE와 부트스트랩 DEA모형을 적용한 TE간의 순위검증을 수행하였고, 둘째, VRS 가정하의 일반 DEA모형을 적용한 PTE와 부트스트랩 DEA모형을 적용한 PTE간의 순위검정을 수행하였다. 셋째, 부트스트랩 모형을 적용한 TE와 PTE간의 순위검증을 수행하였고, 넷째, 부트스트랩 모형을 적용한 PTE와 정부경영평가등급간의 순위검증을 수행하였다. 정부경영평가는 S, A, B, C, D, E 등 6등급으로 평가가 이루어지므로 S등급에 90점을 부여하고 E등급에 40점을 부여하는 방법으로 평가등급을 정량화하여 분석에 이용하였으며 순위분석결과는 [표 4]와 같다.

표 4. 효율성 순위검정

구 분	TE_{DEA} VS $TE_{bootstrap\ DEA}$	PTE_{DEA} VS $PTE_{bootstrap\ DEA}$	$TE_{bootstrap\ DEA}$ VS $PTE_{bootstrap\ DEA}$	$PTE_{bootstrap\ DEA}$ VS 정부경영평가등급
Mann-Whitney의 U	74.000	68.000	45.000	0.000
Wilcoxon의 W	179.000	173.000	150.000	105.000
Z	-1.103	-1.382	-2.435	-4.563
근사 유의확률(양측)	0.270	0.167	0.015	0.000
정확한 유의확률 [2*(단측 유의확률)]	0.285	0.178	0.014	0.000

표 5. 비효율 원인분석

구분	DMU	TE (CRS)	PTE (VRS)	SE	비효율 원인	경영평가등급
1사분위수	인천항만공사	0.0777	0.7067	0.1099	규모	C
	한국공항공사	0.1089	0.1364	0.7984	순수기술	C
	한국수력원자력(주)	0.1474	0.3649	0.4039	순수기술	E
	한국전력공사	0.1717	0.7252	0.2368	규모	C
2사분위수	한국남부발전(주)	0.1804	0.2689	0.6709	순수기술	C
	한국남동발전(주)	0.2487	0.3123	0.7963	순수기술	C
	한국중부발전(주)	0.2583	0.3459	0.7467	순수기술	D
3사분위수	한국동서발전(주)	0.2815	0.4113	0.6844	순수기술	D
	한국서부발전(주)	0.3284	0.5088	0.6454	순수기술	D
	한국석유공사	0.3909	0.5360	0.7293	순수기술	C
4사분위수	한국지역난방공사	0.4061	0.7029	0.5777	규모	D
	인천국제공항공사	0.5143	0.5549	0.9268	순수기술	C
	한국가스공사	0.6611	0.7120	0.9285	순수기술	E
	부산항만공사	0.6789	0.7047	0.9634	순수기술	C
평균		0.3182	0.4994	0.6585	-	-

CRS 가정하의 일반 DEA모형을 적용한 TE와 부트스트랩 DEA모형을 적용한 TE 순위간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, VRS 가정하의 일반 DEA모형을 적용한 PTE와 부트스트랩 DEA모형을 적용한 PTE 순위간에도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이에 반해 CRS 가정하의 부트스트랩 DEA모형의 TE와 VRS 가정하의 부트스트랩 DEA모형을 적용한 PTE간의 순위검정에서는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 VRS 가정하의 부트스트랩 DEA모형을 적용한 PTE와 정부경영평가등급간의 순위검정에서도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 정부경영평가등급과 본 연구에서 고려한 부트스트랩 DEA 효율성 순위 간에는 관련성이 없는 것으로 분석되었다. 순위검증 분석결과를 통해 부트스트랩 DEA모형이 일반 DEA모형과 유사한 효율성 순위결과를 도출하면서도 일반 DEA모형보다 정확한 효율성 순위를 제공할 수 있으므로 DEA의 변별력 문제를 해결할 수 있는 것으로 평가되었다.

3. 비효율원인분석

CRS 가정하의 부트스트랩 DEA모형을 통해 도출된 TE를 오름차순으로 정렬한 후 4분위(25%, 50%, 75%, 100%)로 나누고 각 분위에 해당하는 부트스트랩 PTE와 SE를 이용하여 비효율의 주된 원인을 표시하면 [표 5]와 같다. 전체적으로 평가대상 14개 기관 중 11개 기관의 비효율원인이 순수기술에 더 크게 기인하고 있고, 3개 기관이 규모효율에 의해 비효율원인이 나타나는 것으로 분석되었다. 부트스트랩 DEA모형을 적용한 PTE와 SE의 평균값을 기준으로 개별 기관의 효율성을 그림으로 표현하면 [그림 4]와 같다. [그림 4]에서 1사분위에 속하는 기관의 비효율원인은 4개 기관 모두 순수기술에 의한 것으로 나타났으며, 4사분위에 속하는 기관의 비효율원인은 규모에 의한 곳이 3곳, 순수기술에 의한 기관이 1개로 나타났다. 2사분위와 3사분위에 속하는 6개 기관의 비효율의 원인은 모두 순수기술에 의한 것으로 분석되었다. 비효율원인과 정부경영평가등급간의 연관성은 자료가 혼재하는 형태로 나타나고 있어 비효율원인과 정부경영평가등급간에 유의미한 관계가 없는 것으로 분석된다. 부트스트랩 DEA모형을 적용한 14개 공기업의 PTE는 0.4994이고 SE는 0.6585로 나타났다. 이를 고려할 때 비효율의 주된 원인이 순수기술에 있는 것으로 분석되며 50.1%만큼의 순수기술 비효율을 개선할 필요가 있다.

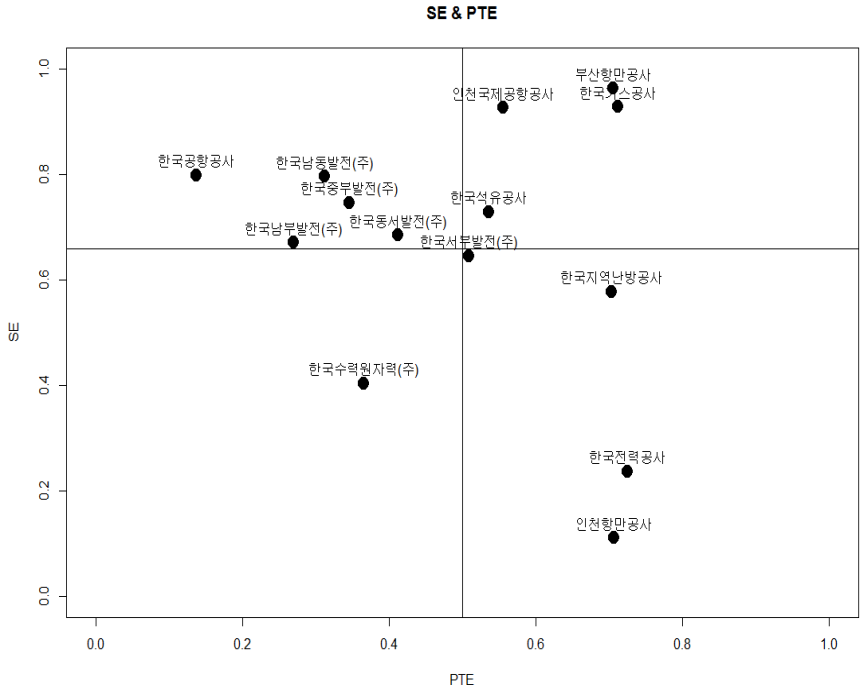

그림 4. 기관별 부트스트랩 SE와 PTE

IⅡⅢ사분면에 위치한 10개 기관들은 비효율의 주된 원인이 순수기술에 있는 것으로 나타났으며, Ⅳ사분면에 위치한 4개 기관 중 3개 기관은 비효율의 주된 원인이 규모에 있는 것으로 분석되었다. 일반적으로 규모효율성은 합병과 퇴출 등을 통해 최적규모를 지향하는 방향으로 개선이 이루어짐으로써 효율성 향상이 가능할 것이다. 반면 기술적 효율성은 기술진보와 혁신을 통해 창출되는 최신기술이나 경영혁신 기법 등을 실제업무에 적용할 수 있는 업무능력과 경영능력을 갖춘 경영진과 실무진을 확보함으로써 개선될 수 있을 것이다.

4. 단절회귀분석(truncated regression analysis)

부트스트랩 DEA모형을 통해 도출된 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 실시한 단절회귀분석의 분석결과는 [표 6]과 같다. 효율성 분석에 이용하였던 인건비, 자본, 매출액, 영업이익 4개 변수와 유동비율, 종업원수, 자기자본수익률 등 3개 변수를 독립변수로 하고 부트스트랩 DEA모형의 결과치인 TE, PTE, SE 각각을 종속변수로 하는 3가지 단절회귀모형을 설정하고 분석을 수행하였다. 분석결과 유의수준 5%에서 기술효율성에 영향을 미치는 요인으로는 인건비, 영업이익, 자본, 매출액 순으로 t값의 크기에 의해 나타낼 수 있는데 기술효율성과 양의 상관관계를 가지고 있는 영업이익이 0.4954, 매출액이 0.1265로 영업이익이 기술효율성 결정에 더 큰 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 기술효율성과 음의 상관관계를 나타내고 있는 인건비와 자본의 경우 통계량을 고려할 때 인건비가 더 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 전체 모형의 설명력은 94%로 매우 높은 것으로 나타났다. 순수기술효율성에 영향을 미치는 요인으로는 유의수준 10%에서 인건비, 자본, 영업이익, 종업원수 순으로 나타났으며, 영업이익이 0.3244로 순수기술효율성에 양의 영향을 미치고 있다. 비효율의 주된 원인이 순수기술효율에 있는 기관의 경우 영업이익 증가를 통한 경영효율성 향상이 필요하다는 것으로 분석된다. 규모효율성에 영향을 미치는 요인으로는 유의수준 10%에서 인건비, 영업

표 6. 단절회귀분석 결과

Efficiency	Parameter	Estimate	Std. error	t-value	p-value
TE	(상수)	1.5817	0.7265	2.1773	0.0295*
	Log(인건비)	−0.5362	0.0848	−6.3247	0.0000***
	Log(자본)	−0.3067	0.1472	−2.0844	0.0371*
	Log(매출액)	0.1265	0.0565	2.2390	0.0252*
	Log(영업이익)	0.4954	0.0792	6.2567	0.0000***
	유동비율	0.0003	0.0002	1.6673	0.0955.
	종업원수	0.0000	0.0000	1.4258	0.1539
	자기자본수익률	0.0057	0.0073	0.7744	0.4387
	sigma	0.0452	0.0085	5.2915	0.00000***
	R^2	0.9404	−		
PTE	(상수)	4.6493	1.5697	2.9619	0.0031**
	Log(인건비)	−0.5411	0.1860	−2.9097	0.0036**
	Log(자본)	−0.5392	0.3155	−1.7087	0.0875.
	Log(매출액)	0.0564	0.1208	0.4667	0.6407
	Log(영업이익)	0.3244	0.1711	1.8960	0.0580.
	유동비율	−0.0003	0.0003	−0.9848	0.3247
	종업원수	0.0001	0.0000	3.6616	0.0003***
	자기자본수익률	−0.0119	0.0156	−0.7605	0.447
	sigma	0.0966	0.0186	5.1878	0.0000***
	R^2	0.7410	−		
SE	(상수)	−1.9321	1.7368	−1.1125	0.2659
	Log(인건비)	−0.4616	0.1734	−2.6615	0.0078**
	Log(자본)	0.1687	0.3538	0.4767	0.6336
	Log(매출액)	0.2335	0.1096	2.1299	0.0332*
	Log(영업이익)	0.4279	0.1760	2.4312	0.0150*
	유동비율	0.0011	0.0003	3.7242	0.0002***
	종업원수	−0.0000	0.0000	−2.6010	0.0093**
	자기자본수익률	0.0331	0.0188	1.7594	0.0785.
	sigma	0.0848	0.0170	4.9809	0.0000***
	R^2	0.8760	−		

주) .: 유의수준 10%, *: 유의수준 5%, **: 1%, ***: 0.1%에서 유의함

이익, 매출액, 자기자본수익률, 종원원수 순으로 나타났으며, 인건비는 음의 상관관계를 가지고 있고 영업이익, 매출액, 자기자본수익률은 양의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 단절회귀 모형의 설명력은 87.6%로 분석되어 모형 설명력은 높은 것으로 나타났다.

V. 결론

본 연구에서는 부트스트랩 DEA모형을 이용하여 2013년 경영실적자료를 바탕으로 14개 시장형 공기업의 경영효율성을 평가하였다. 본 연구를 통해 도출된 결과와 시사점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 일반 DEA모형을 적용한 효율성분석 결과에 따르면 평가대상 14개 기관의 전체 평균 기술효율성은 0.4444로 분석되었으며 55.6%의 기술 비효율성이 존재하는 것으로 나타났다. 순수기술효율성 평균치는 0.6635로 분석되었으며, 규모 효율성은 0.7026로 나타났다. 이는 33.7%의 순수기술 비효율성과 29.7%의 규모 비효율성이 존재하며 기술비효율성의 원인이 규모효율성보다 순수기술효율성에 더 크게 기인한다는 것을 의미한다. 부트스트랩 DEA모형을 적용한 효율성 분석결과에 따르면 평균 기술효율성이 0.3182로 나타나 68.2%의 기술비효율성이 존재하는 것으로 분석되었다. 또한 순수기술효율성 평균은 0.4994이고 규모효율성 평균은

0.6585로 나타나 기술비효율성의 주된 원인이 일반 DEA모형 적용결과와 마찬가지로 순수기술비효율성에 기인하는 것으로 분석되었다. 일반 DEA모형 분석결과보다 큰 50.1%의 순수기술 비효율성과 34.2%의 규모비효율성이 존재하는 것으로 나타났다. 일반 DEA모형을 적용한 경우 기술효율성이 1인 기관이 2곳, 순수기술효율성 1인 기관이 4곳으로 분석되었으나 부트스트랩 DEA모형을 적용한 경우 평가 대상 14개 기관 모두 기술효율성과 순수기술효율성이 1보다 작게 나타나 비효율적인 기관으로 평가되었다.

둘째, 일반 DEA모형과 부트스트랩 DEA모형을 적용한 효율성 결과비교를 위해 두 모형으로부터 도출된 효율성의 순위 차이여부 검증에서는 CRS 가정하의 일반 DEA모형을 적용한 TE와 부트스트랩 DEA모형을 적용한 TE 순위간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한, VRS 가정하의 일반 DEA모형을 적용한 PTE와 부트스트랩 DEA모형을 적용한 PTE 순위간에도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

셋째, 비효율적으로 평가된 기관의 비효율원인 분석에서는 평가대상 14개 기관 중 11개 기관의 비효율원인이 순수기술에 더 크게 기인하고 있고, 3개 기관이 규모효율에 의해 비효율이 나타나는 것으로 분석되었다. 부트스트랩 DEA모형을 적용한 14개 공기업의 PTE는 0.4994이고 SE는 0.6585로 나타났다. 이를 고려할 때 비효율의 주된 원인이 순수기술에 있는 것으로 분석되며 50.1%만큼의 순수기술 비효율을 개선할 필요가 있는 것으로 나타났다.

넷째, 부트스트랩 DEA모형을 통해 도출된 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 실시한 단절회귀분석에서는 규모효율성에 영향을 미치는 요인으로는 유의수준 10%에서 인건비, 영업이익, 매출액, 자기자본수익률, 종원원수 순으로 나타났다. 인건비는 음의 상관관계를 가지고 있고 영업이익, 매출액, 자기자본수익률은 양의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 단절회귀 모형의 설명력은 87.6%로 분석되어 모형 설명력은 높은 것으로 나타났다.

본 연구와 관련된 추후 연구주제와 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째, DEA모형은 DMU수와 투입변수 및 산출변수의 조합에 따라 효율성 값이 달라질 수 있으므로 보다 다양한 투입변수와 산출변수를 고려하고 이들 변수의 조합에 따른 일정 수의 분석모형을 설정한 후 이들 모형에 따른 효율성변화 분석을 통해 최적 투입변수와 산출변수를 도출할 필요가 있다.

둘째, 본 연구에서 적용한 bootstrap DEA모형을 이용한 효율성 분석결과와 모수적 기법인 확률변경분석(SFA: Stochastic Frontier Analysis)을 적용한 효율성 분석결과 간에 어떤 차이점과 유사점이 있는지를 비교・분석해볼 필요가 있다.

셋째, 시계열 데이터를 바탕으로 부트스트랩 Malmquist 생산성지수를 이용하여 기술효율성변화지수, 기술변화지수, 규모효율성변화지수, 평균생산성지수 등의 생산성변화 분석을 수행한다면 보다 다양한 정책적인 시사점이 도출될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 박만희, *효율성과 생산성 분석*, 한국학술정보, 2008.

[2] 박병상, 이용균, 김윤신, “DEA를 이용한 종합병원의 효율성 평가”, 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제4호, pp.299-312, 2009.

[3] 송광석, 유한주, “부트스트랩 맘퀴스트 생산성지수를 이용한 Single PPM 인증기업의 생산성 비교 연구”, 품질경영학회지, 제38권, 제2호, pp.261-275, 2010.

[4] 송건섭, “DEA-Malmquist Productivity Index를 이용한 지방공기업의 유형별 성과분석”, 한국행정논집, 제24권, 제3호, pp.525-544, 2012.

[5] 서광규, 최다영, “AHP와 DEA 결합모델을 이용한 상장 건설기업의 효율성 분석”, 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제6호, pp.302-310, 2011.

[6] 유금록, “공공부문의 효율성과 영향요인 분석: 도시개발공사를 중심으로”, 한국행정학보, 제42권, 제3호, pp.79-109, 2008.

[7] 유금록, “공공의료서비스의 효율성 평가: 지방의

료원에 대한 부트스트랩 자료추락분석모형의 적용", 한국사회와 행정연구, 제21권, 제2권, pp.117-140, 2010.

[8] 이승용, "DEA(Data Envelopment Analysis)를 이용한 공기업의 효율성 측정", 한국공공관리학보, 제24권, 제4호, pp.51-71, 2010.

[9] 이형석, 김기석, "DEA/Window 모형을 이용한 국내 생명보험산업의 상대적 효율성 분석", 한국콘텐츠학회논문지, 제8권, 제5호, pp.192-206, 2008.

[10] N. K. Avkiran and T. Rowlands, "How to better identify the true managerial performance: State of the art using DEA," Omega 36, pp.317-324, 2008.

[11] R. D. Banker, A. Charnes, and W. W. Cooper, "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," Management Sciences, Vol.30, pp.1078-1092, 1984.

[12] P. Bogetoft and L. Otto, Benchmarking with DEA, SFA, and R, Springer, pp.183-186, 2011.

[13] A. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the Efficiency of Decision Marking Units," European Journal of Operational Research, Vol.2, No.6, pp.429-444, 1978.

[14] B. Efron, "Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife," The Annals of Statistics, Vol.7, pp.1-26, 1979.

[15] L. Simar and P. W. Wilson, "Estimation and Inference in Two-Stage, Semi-Parametric Models of Production Processes," Journal of Econometrics, Vol.136, pp.31-64, 2007

[16] L. Simar and P. W. Wilson, "Sensitivity analysis of Efficiency Scores: How to bootstrap in nonparametric Frontier Models," Management Science, Vol.44, pp.49-61, 1998.

[17] P. W. Wilson, FEAR 1.12 User's Guide, Clemon University, 2009.

[18] 공공기관 경영정보 공개시스템(ALIO), http://www.alio.go.kr.

[19] The R Project for Statistical Computing, www.r-project.org.

[20] Truncated Gaussian Regression Models, http://cran.r-project.org/web/packages/truncreg/index.html

저 자 소 개

박 만 희(Man Hee Park) 정회원

- 1992년 2월 : 성균관대학교 산업공학과(공학사)
- 1996년 2월 : 성균관대학교 산업공학과(공학석사)
- 2002년 8월 : 성균관대학교 산업공학과(공학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 경영학과 교수

<관심분야> : MIS, 데이터마이닝, 최적화, 품질경영