

Super-SBM을 이용한 어항의 효율성분석에 관한 연구

박 철 형*

A Study on the Efficiency of Fishing-Ports Based on Super-SBM

Cheol-Hyung Park*

< 목 차 >

I. 서 론	3. 초효율성 및 Super-SBM모형의 분석결과
II. Super-SBM모형의 이론적 배경	IV. 결 론
III. 실증분석 결과	참고문헌
1. 분석자료의 개요	Abstract
2. CCR 및 BCC모형의 분석결과	

I. 서 론

어선이 안전하게 출입, 정박하고 어획물의 양륙, 선수품의 공급 및 기상악화시 어선이 안전하게 대피할 수 있는 어업활동의 근거지인 어항은 수산업의 필수적인 기반시설이다. 이러한 어항의 기능은 크게 4가지로 분류할 수 있다. 먼저 어업활동의 지원기지의 역할로서 어항은 어선이 안전하게 정박할 수 있도록 함으로써 어업인의 생명과 재산을 보호하는 동시에 어획물의 양육장과 출어준비의 장소로서 기능함으로써 어업활동을 지원하는 기능을 수행한다. 두 번째는 수산물의 유통기지로서 위판장등을 통한 수산물의 거래시장과 수산가공시설로서의 역할을 한다. 세 번째는 어촌 등 지역사회 기반시설로서의 역할을 한다. 어항은 어업인에게 도서, 벽지의 어촌과 외부사회를 연결하는 교통정보기지로서 그 역할을 수행한다. 마지막으로 어항은 도시지역주민에게는 해양관광 및 레크리에이션과 바다체험 학습장소로서의 휴식처 역할도 수행한다(한광석의

2007).

정부에서는 수산업의 경쟁력 강화를 위하여 국가어항개발사업을 실시하고 있으며, 2007년 12월 31일을 기준으로 110개의 국가어항과 289개의 지방어항이 지정되어 총 5조 8,240억원의 막대한 예산이 책정되어 있다. 이 가운데 2006년까지 총 3조 1115억원이 투자 완료되었으며, 2005년 현재, 88개의 국가어항과 134개의 지방어항이 완공되어 56%의 완공률을 기록하고 있다. 2008년 이후까지 아직 집행되지 않은 잔여사업비도 2조 5,023억원에 달하고 있다¹⁾.

아직 국가어항개발사업이 완료되지는 않았으나 막대한 예산이 투입되고 있는 동 사업의 여러 가지 경제적인 측면을 분석하고 평가해 보는 것은 의미 있는 연구과제가 될 것이다. 즉, 어항개발의 경제성이나 투자의 효율성 등을 분석하면 아직도 남아 있는 막대한 잔여사업비의 투자가 보다 경제적이고 효율적으로 집행될 수 있는 유용한 정보를 제공하는 연구들이 될 수 있을 것이다. 그러나 이제까지 이 분야에 대한 연구는 활발하지 않은 편이다. 어항을 분석대상으로 한 최근의 연구논문은 신승식 외(2006)의 격포항을 분석대상으로 한 국가어항의 비시장적 순편익을 추정한 연구가 있으며, 한광석 외(2007)의 경우 패널데이터를 이용하여 국가어항개발사업의 어촌소득 증대효과를 분석한 연구가 있다. 그 밖에 신승식 외(2008년)의 경우에는 모니터링을 통하여 어장과 어촌을 연계하여 지방어항건설사업을 평가분석한 연구가 있다.

그러나 지방어항은 차치하고라도 국가어항이 110개나 되는 점은 이들을 의사결정단위(DMU=Decision Making Unit)로 하여 자료포락분석(DEA=Data Envelopment Analysis)을 적용한다면 개별어항들의 효율성 내지는 경쟁력을 상호 비교하여 평가할 수 있는 훌륭한 연구구조를 제공한다. 따라서 본 연구에서는 자료포락분석을 이용하여 개별 어항들의 효율성을 평가하는 것을 연구의 목적으로 하였다. 자료포락분석은 비모수적 분석수단인 확정적 선형계획법을 사용함으로써 엄격한 가정아래에서 계량경제기법으로 효율성을 추정하는 확률변경분석(SFA=Stochastic Frontier Analysis)과 달리 그 적용이 간단하고 매우 탄력적이며 의사결정단위들에 대하여 개별적으로 효율성향상을 위한 여러 가지 정보를 제공할 수 있다는 장점이 있다.

자료포락분석이 우리나라 수산업에 적용된 연구에는 최정윤 등(2003)이 최초로 이를 이용하여 수산업협동조합의 경영효율성을 평가한 연구가 있으며, 김도훈(2006)이 우리나라 연근해어업의 어획능력을 시계열로 측정한 연구가 있다. 이어서 서주남과 송정현(2009)이 부산 기장지역의 미역양식업에 대하여 해조류 양식업 규모의 효율성을 추정한 연구가 있으며, 김재희(2009)의 경우에는 원양어업의 업종별 경쟁력을 추정하기

1) 한국어촌어항협회의 홈페이지(<http://www.fipa.or.kr/>) 어항안내>어항개발현황 항목 참조

위하여 교차효율성을 분석한 것이 있다.

그러나 전통적인 자료포락분석방법인 CCR(Charnes Cooper Rhodes) 및 BCC(Banker Charnes Cooper)모형의 경우 심각한 한계점을 가지고 있다. 기본적인 한계점은 효율성 점수가 1로 나타난 다수의 효율적 DMU들 간에 효율성의 차이를 판별할 수 없다는 변별력의 문제가 있다. 본 연구에서는 이러한 전통적인 자료포락분석의 한계점을 극복하는 방법의 하나로 초효율성(super efficiency)을 계산하여 효율적인 DMU들 간에도 변별력을 갖는 효율성의 우선순위를 분석하였다. 이 뿐만 아니라 여분의 존재를 선형계획 모형의 과정에 명시적으로 포함시킴으로써 비방사적모형의 초효율성을 계산하는 과정에 나타날 수 있는 실행불능해의 문제도 극복하였다. 결과적으로 본 연구에서는 어항의 효율성을 추정하기 위하여 여분기반의 초효율성모형(Super-SBM = Slack Based Super-efficiency Model)이라 명명되어지는 자료포락분석의 최근의 연구모형을 적용하였다.

초효율성 모형, 특히 여분기반의 초효율성모형을 적용한 국내의 연구성과물 역시 제한적이지만 다음과 같은 것들이 있다. 먼저, 유금록(2006)이 공공부문의 효율성을 분석하기 위하여 자료포락분석을 기반으로 효율적인 의사결정단위들의 순위를 분석한 연구가 있으며, 유한주 등(2007)의 경우에는 시청과 도청의 서비스품질 만족도지수를 중심으로 서비스 품질경영시스템의 효율성을 비교분석한 연구가 있다. 강황선 등(2009)은 DEA를 이용하여 서울시 25개 자치구의 민원행정업무를 대상으로 지방정부 성과의 상대적 능률성을 측정하였으며, 유금록(2009)의 경우에는 잔여기준 초효율성 모형으로 민간위탁업무의 표준원가를 추정한 연구가 있고, 가장 최근에는 권영훈 등(2010)이 수도권 소재대학과 지방소재대학을 비교하여 대학운영의 효율성을 분석한 연구 등이 있다.

본 논문의 전개는 다음과 같다. 우선 II장에서 초효율성모형의 이론적 기반을 살펴보고 그 한계점과 함께 여분기반 초효율성모형의 선형계획법상의 정식화를 살펴본다. III장의 실증분석에서는 110개 국가지정어항 가운데 자료에 대한 완성도가 가장 충실한 38개 어항을 대상으로 먼저 전통적인 자료포락분석방법인 CCR 및 BCC 모형을 적용하여 기술효율성, 순수기술효율성, 및 규모의 효율성을 분리하여 추정하였다. 그리고 투입지향의 규모에 대한 수확불변의 가정하에서 초효율성과 여분기반의 초효율성을 계산하였다. 그리고 분석대상어항들의 효율성개선을 위하여 벤치마킹대상이 되는 참조기관과 그들의 가중치를 살펴보고 이에 따른 투입 및 산출의 목표치를 보고하였다. 그리고 마지막 IV장에서는 분석결과를 정리하고 정책적 함의와 본 연구의 한계점 및 개선방향 등을 살펴보았다.

II. Super-SBM모형의 이론적 배경

전통적인 자료포락분석방법인 CCR 및 BCC모형의 기본적인 한계점은 효율성 점수가 1로 나타난 다수의 효율적 DMU들 간에 효율성의 차이를 판별할 수 없다는 변별력의 문제가 있다. 그리고 이러한 효율적인 DMU들에는 참조집단이 제시되지 않음으로써 추가적으로 효율성을 향상시킬 수 있는 정보가 제공되지 않는다.

다수의 효율적 DMU간의 효율성의 차이를 판별하기 위하여 그들의 우선순위(rank)를 제공할 수 있는 다양한 연구들이 진행되었다. 이에는 Andersen & Peterson(1993), Doyle & Green(1993, 1994), Stewart(1994), Tofallis(1996), Seiford & Zhu(1999), Zhu(2001), 그리고 Tone(2002) 등이 있다.

이 가운데 효율적인 DMU들의 변별력을 위하여 초효율성(super-efficiency)을 계산하는 방법이 있다. 초효율성의 계산논리는 분석대상의 효율적인 DMU들 가운데 초효율성점수의 계산 대상이 되는 DMU를 생산가능집합(production possibility set)에서 제외하고 나머지 DMU들을 이용하여 효율변경을 구하는 것이다. 그리고 제외된 효율적인 DMU로부터 앞의 방법으로 구한 효율변경까지의 거리를 계산하여 계산된 거리가 멀수록 보다 효율적인 DMU로 식별하고 보다 큰 초효율성점수를 부여하는 것이다.

이러한 초효율성 연구의 핵심은 점수를 계산하는 과정의 선형계획모형에서 실행불능해(infeasibility)의 해결이 가장 핵심적이다. 이러한 실행불가능해의 해결을 위한 모형으로는 방사적모형(radial model)과 비방사적모형(nonradial model)이 있다. 방사적모형은 Andersen & Peterson(1993)에 의해 처음으로 모형화 되었으며, 이들의 이름을 따 AP모형 혹은 Super-CCR모형으로 불려진다. AP모형의 문제점은 자료에 따라 실행불능해가 발생할 가능성이 있으며, 여분(slack)을 고려하지 않고 초효율성을 측정한다는 점이 있다.

효율성을 추정하는 과정에 여분을 고려하지 않는 경우에는 동일한 산출물을 생산하더라도 어느 한 투입요소가 수평의 효율변경 위에 존재하면 그 투입요소가 적게 사용되던 많게 사용되던 투입량에 관계없이 효율성의 점수가 동일하게 계산되는 문제점이 있다. 이러한 여분의 존재를 선형계획모형의 과정에 명시적으로 포함시키면 비방사적모형의 초효율성을 계산할 수 있게 되며 실행불능해의 문제도 극복할 수 있다. 이를 여분기반의 초효율성모형(Super-SBM=Slack Based Super-efficiency Model)이라 한다.

기술적 효율성을 측정하기 위한 투입지향의 방사적 초효율성모형인 AP모형은 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda} \quad \theta_k - e(e's^- + e's^+), \\
 & \text{st} \quad \theta_k x_k = \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j x_j + s^-, \\
 & \quad y_k = \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j x_j - s^+, \\
 & \quad \lambda, s^+, s^- \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

여기서 x_k 는 k 번째 DMU에 대한 m 차원의 투입요소벡터이고, y_k 는 s 차원의 산출요소벡터이다. θ_k 는 준거기술(reference technology) 내에서 k 번째 DMU의 산출요소벡터를 생산하기 위하여 필요한 k 번째 DMU의 투입요소벡터의 몫을 규정하는 스칼라(scalar)이다. λ 는 가중치벡터이고 λ_j 는 j 번째 DMU의 가중치를 나타낸다. ε 는 비아르키미디언 무한소(non-Archimedean infinitesimal)이고 e' 은 1의 행벡터이다.

한편, DMU의 투입지향의 규모수익불변의 가정아래에서 여분기반 초효율성(Super-SBM)을 구하는 선형계획모형은 다음의 식 (2)로 정형화할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \min \delta = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n x_i' / x_{ik}, \\
 & \text{st} \quad x' \geq \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j x_j, \\
 & \quad y' \geq \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j y_j, \\
 & \quad x' \geq x_k, \\
 & \quad y' = y_k, \\
 & \quad \lambda \geq 0,
 \end{aligned} \tag{2}$$

여기서 δ 는 초효율성점수를, x_{ik} 는 DMU k 의 투입요소를, x' 은 DMU k 를 제외하고 형성된 생산가능집합에서 효율변경에 존재하는 추정된 투입요소(projected point)의 $(m \times 1)$ 벡터를, y' 은 의사결정단위 k 를 제외하고 형성된 생산가능집합에서의 효율변경에 존재하는 추정된 산출요소(projected point)의 $(s \times 1)$ 벡터를, x_k 는 DMU k 의 투입요소벡터를, x_k 는 DMU k 의 산출요소벡터를 각각 나타낸다.

한편, 위의 선형계획방정식에 투입요소의 잔여를 도입하여 DMU k 의 초효율성점수를 계산하는 데 사용하기 위한 투입지향적 잔여기준 초효율성지표 모형은 식 (3)과 같은 선형계획문제로 역시 정식화 할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \min_{\lambda, s^-} \quad 1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{ik}, \\
 & \text{st} \quad x_k \geq \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j x_j - s^-,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_k &\leq \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j y_j, \\
 L &\leq e\lambda \leq U, \\
 \lambda &\geq 0, \quad s \geq 0,
 \end{aligned} \tag{3}$$

여기서 식 (3)을 초효율성점수를 표시하는 모수 δ 를 도입하여 다시 표시하면 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \min_{\delta, \lambda} \quad & \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta_i, \\
 \text{st} \quad & \delta_i x_i \geq \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j x_j, \\
 & y_k \leq \sum_{j=1, \neq k}^n \lambda_j y_j, \\
 & \delta_i \geq 1, \\
 & L \leq e\lambda \leq U, \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned} \tag{4}$$

여기서 x_k 는 DMU k 에 대한 m 차원의 투입요소벡터이고, y_k 는 s 차원의 산출요소벡터이다. δ_i 는 준거기술(reference technology) 내에서 DMU k 의 산출요소벡터를 생산하기 위하여 필요한 DMU k 의 투입요소 벡터의 몫을 규정하는 스케일러(scalar)이다. λ 는 가중치 벡터이고, λ 는 n 차원 벡터공간(R^n)에서 반양부호벡터(semipositive vector)를 나타내며, λ_j 는 j 번째 DMU의 가중치를 의미한다. L 과 U 는 의사결정단위가 n 개 존재할 경우, λ_j ($j = 1, \dots, n$)의 합에 대한 하한경계 및 상한경계(lower and upper bounds)를 각각 의미한다. 규모수익불변(CRS) 모형에서는 $(L, U) = (0, \infty)$, 규모수익가변(VRS) 모형에서는 $(L, U) = (1, \infty)$, 규모수익체증(increasing returns to scale: IRS) 모형에서는, 규모수익체감(decreasing returns to scale : DRS) 모형에서는 $(L, U) = (0, 1)$ 이 된다. 그리고 δ_i 는 1 이상의 값을 갖는데, 이는 피평가단위인 (x_k, y_k) 가 평가단위인 $(\sum_{j=1, \neq k}^n x_j, \sum_{j=1, \neq k}^n y_j)$ 의 기술적 효율변경(technically efficient frontiers) 위에 존재한다는 것을 나타낸다.

Ⅲ. 실증분석 결과

1. 분석자료의 개요

자료포락분석을 이용하여 국가어항개발사업에 따른 어항들의 효율성을 추정하여 비교분석하고 개별 어항들의 효율성의 제고방안을 도출하기 위하여 분석대상의 어항들을 선정하였다. 국가어항개발사업에 따라 2007년 12월 31일을 기준으로 110개의 국

가어항과 289개의 지방어항이 지정되어 사업이 진행되고 있다. 이 가운데 2005년 기준으로 88개 국가어항과 134개 지방어항이 완공되어 56%의 완공률을 기록하고 있다²⁾. 본 연구에서는 이들 가운데 자료의 확보가 비교적 충실한 38개 국가어항을 선정하여 자료포락분석에 활용하였다. 자료확보의 기준은 투입과 산출변수 모두에 양³⁾의 값을 갖는 어항들만을 선정하는 것으로 하였다.

투입과 산출 변수 역시 자료의 확보가 충실한 변수를 기준으로 선정하였다. 투입변수로는 당해 어항의 어업인구를 보여줄 수 있는 전업인구, 어선현황을 나타낼 수 있는 어선수, 어항의 물리적 조성면적, 그리고 보급시설로서 위판장의 면적을 선정하였다. 산출변수로는 어업생산의 일반적인 변수인 생산량과 생산액을 선정하였다⁴⁾. <표 1>은 이들 투입산출변수의 상관계수행렬을 나타낸다. 상관계수행렬의 상관계수를 검토하여 보면 투입변수들과 산출변수들은 상대적으로 높은 상관관계를 나타내고 있는 반면 투입변수들 사이에는 상관관계가 상대적으로 낮아 투입과 산출변수로 무난히 사용할 수 있음을 확인할 수 있다. 그리고 <표 2>에는 이들 6개⁵⁾의 투입 및 산출변수들의 기술

<표 1> 투입 및 산출변수의 상관계수행렬

	전업인구	어선	조성면적	위판장	생산량	생산액
전업인구	1					
어선	0.6079	1				
조성면적	0.4542	0.3217	1			
위판장	0.7043	0.5204	0.4865	1		
생산량	0.8538	0.5569	0.5267	0.9148	1	
생산액	0.7641	0.7265	0.4871	0.8516	0.8747	1

- 2) 한국어촌어항협회의 홈페이지(<http://www.fipa.or.kr/>) 어항안내)어항개발현황 항목 참조. 최근의 자료는 본 홈페이지에 게시되지 않았으며 내부자료로 확보가 용이하지 않았음.
- 3) 이론적으로는 자료포락분석의 대상이 되는 DMU들의 투입과 산출변수에는 각기 최소한 하나 이상의 양의 투입물과 산출물만이 존재하면 되는 반양부호(semi-positive)의 조건을 충족하면 된다. 그러나 자료포락분석이 동질적인 DMU들 간의 효율성의 상호비교가 그 기본목적임을 상기하면 비교의 동질성을 확보하기 위해 투입이나 산출의 변수에 0의 값이 포함되는 DMU가 분석대상에 포함되는 것은 바람직하지 않다.
- 4) 본 연구의 분석자료는 한국어촌어항협회의 홈페이지(<http://www.fipa.or.kr/>) 국가어항 항목에서 추출하였음. 본 항목에는 어업현황, 육역면적현황, 기본시설현황의 3가지 항목에 대하여 약 30여개의 변수가 수록되어 있으며, 해양수산부가 출간한 국가어항건설편람도 동일한 내용을 수록하고 있음. 이 가운데 본 연구에서 추출한 6개의 변수가 효율성을 측정하기에 가장 적절한 변수들로 판별되었음. 물론 개별 어항의 고용인원이나 운영비용과 같은 직접적인 통제가 가능한 변수들이 분석에 사용되는 것이 보다 바람직하지만 이와 같은 자료는 내부자료로 확보가 불가능하였음. 따라서 본 연구에서 사용된 변수들 가운데 일부 직접통제가 불가능한 변수들이 이용되었다는 점에서 효율성점수는 어항 운영상의 순수한 효율성보다는 어항의 잠재적인 경쟁력을 평가한 것으로 해석할 수 있음.
- 5) DEA는 선형계획법의 일환으로 의미 있는 분석의 해를 얻기 위해서는 DMU의 숫자와 투입 및 산출물의 변수 숫자 사이에 일정한 관계를 요구한다. 이에 여러 가지 기준이 있으나 가장 보수적인 기준이 Banker et al.(1984)에서 요구하는 평가대상인 DMU의 수가 투입요소 수와 산출요소 수의 합보다 3배 이상 커야한다는 것인데 본 연구는 이를 만족하고 남는 DMU의 수를 확보하는 것을 확인할 수 있다.

〈표 2〉 투입 및 산출변수의 기술통계학적 특성

	전업인구 (명)	어선수 (척)	조성면적 (m ²)	위판장면적 (m ²)	생산량 (M/T)	생산액 (백만원)
평균	667	206	50,424	1,562	5,389	10,080
표준편차	900	221	42,878	2,417	11,412	13,391
최대값	4,395	860	203,296	13,919	67,108	69,539
최소값	34	12	4,727	17	4	82

통계학적 특성을 요약하였다.

2. CCR 및 BCC모형의 분석결과

먼저 〈표 3〉은 DEA의 가장 기본적인 분석모형인 투입지향의 CCR 및 BCC모형의 분석결과를 보여준다. 방사선형(radial)의 규모에 대한 수확불변을 가정한 투입지향의 CCR모형에 의하면, 38개 분석대상 가운데 15개 어항이 효율성점수가 1로 나타나 상대적으로 효율적인 어항들로 판별된 반면에 나머지 23개 어항은 효율성점수가 1미만인 것으로 나타나 상대적으로 비효율적인 것으로 식별되었다. CCR모형에 의한 효율성점수의 평균은 0.683으로 규모에 대한 수확불변의 가정 하에서 평균적으로 32% 정도의 비효율성이 존재하고 있어 개선의 여지가 많은 것으로 나타났다. 즉, 어항들의 운영에 있어서 투입량을 평균적으로 32% 정도 감소하고서도 현 수준의 산출량을 유지할 수 있는 여지가 있다는 것을 의미한다. 표준편차의 경우는 0.328로 계산되어 어항들간에는 평균적으로 32% 정도의 효율성의 격차가 존재하는 것으로 계산되었다. 분석대상 어항들 가운데 효율성점수가 가장 낮게 추정된 DMU는 P19로 그 점수가 0.0109로 나타나 99%에 가까운 아주 심각한 비효율성이 존재하는 것을 보여준다.

반면에 비상사선형태(non-radial)의 규모에 대한 수확가변하의 순수기술적 효율성추정모형인 BCC모형의 추정결과에서는 21개 어항이 효율성점수가 1로서 효율적인 것으로 판별되었고 효율성점수가 1 미만으로서 비효율적인 어항은 17개로 나타났다. CCR모형 하에서 비효율적이었던 어항들이었던 P9, P10, P25, P28, P31, P35의 6개 DMU⁹들이 BCC모형하에서는 효율적인 어항들로 편입되었다. 이들 어항들은 순수기술적 효율성에는 문제가 없는 어항들로 그 효율성을 개선하기 위해서는 규모의 효율성을 개선할 필요가 있는 어항들이다. 뿐만 아니라 CCR모형하에서 비효율적이었던 어항들도 그 효율성의 점수가 모두 개선되었음을 확인할 수 있다. BCC모형의 효율성점수의 평균은 0.858과 표준편차는 0.193으로 나타났으며, 효율성이 가장 낮은 DMU

6) 결과적으로 이들 6개의 어항들은 비효율성의 원인이 전적으로 규모의 비효율성에 의하여 발생하였으며 순수기술적 비효율성에는 문제가 없는 것으로 판단할 수 있다. 이들 어항들은 최적규모를 확보하는 것이 운영상의 비효율성을 제거하는 방법이 된다.

Super-SBM을 이용한 어항의 효율성분석에 관한 연구

〈표 3〉 CCR 및 BCC모형의 분석결과

DMU	CCR	BCC	SE	규모수익	준거집단	참조횟수
P1	0.3531	0.3614	0.977	IRS	8,14,30,34	0
P2	0.5977	0.7168	0.8338	IRS	14,23,32,33,34	0
P3	1	1	1	CRS	3	11
P4	0.3869	0.6109	0.6333	IRS	8,14,30,34	0
P5	0.1829	0.9621	0.1901	IRS	3,8,30,34	0
P6	1	1	1	CRS	6	0
P7	0.4081	0.5562	0.7337	IRS	23,32,33,34	0
P8	1	1	1	CRS	8	7
P9	0.7157	1	0.7157	IRS	11,16	0
P10	0.2782	1	0.2782	IRS	3,30,32	0
P11	1	1	1	CRS	11	1
P12	1	1	1	CRS	12	0
P13	0.2284	0.5176	0.4413	IRS	14	0
P14	1	1	1	CRS	14	12
P15	0.7925	0.8022	0.9879	IRS	14,23,33,34	0
P16	1	1	1	CRS	16	1
P17	1	1	1	CRS	17	0
P18	1	1	1	CRS	18	5
P19	0.0109	0.4698	0.0232	IRS	3,23,32	0
P20	0.7395	0.7902	0.9358	IRS	3,8,30,34	0
P21	0.9376	0.9398	0.9977	IRS	14,18,32,33	0
P22	0.5377	0.6339	0.8482	IRS	3,8,14,30	0
P23	1	1	1	CRS	23	7
P24	0.5254	0.5256	0.9996	IRS	3,23,32	0
P25	0.2708	1	0.2708	IRS	3,8,30,34	0
P26	0.6376	0.839	0.76	IRS	3,14,18,30,32	0
P27	0.7274	0.7284	0.9986	DRS	3,14,18,30,32	0
P28	0.7061	1	0.7061	IRS	3,23,32	0
P29	0.3598	0.7807	0.4609	IRS	3,8,30,34	0
P30	1	1	1	CRS	30	12
P31	0.2333	1	0.2333	IRS	14,34	0
P32	1	1	1	CRS	32	12
P33	1	1	1	CRS	33	5
P34	1	1	1	CRS	34	11
P35	0.9252	1	0.9252	IRS	14,18,32,33	0
P36	1	1	1	CRS	36	0
P37	0.2669	0.7632	0.3497	IRS	14,18,23,30,32	0
P38	0.1488	0.6129	0.2428	IRS	30,32,34	0
평균	0.683434	0.858176	0.777445			
표준편차	0.328155	0.193604	0.305744			
최대값	1	1	1			
최소값	0.0109	0.3614	0.0232			

는 P1으로 식별되었고 그 효율성 점수는 0.3614로 나타났다. CCR모형에 비하여 효율성이 평균적으로 18% 정도 향상되었으며 어항들간의 효율성의 평균적인 격차도 14% 정도 축소되었다.

이러한 CCR모형과 BCC모형의 분석결과의 차이는 DEA분석결과에서 일반적으로 나타나는 양상으로 두 모형의 가정상의 차이에서 나타나는 결과이다. 즉, CCR모형에서는 규모에 대한 수확불변을 가정하고 모든 DMU들이 최적의 규모에서 운영되고 있다는 가정을 함으로써 효율성 점수는 기술적 효율성의 지표로 나타낸다. 반면에 BCC모형에서는 규모에 대한 수확가변을 가정함으로써 DMU들이 최적의 규모에서 운영되고 있는지의 여부와는 별개로 효율성점수는 순수기술적 효율성을 나타내는 지표가 된다. 결과적으로 비효율적인 DMU에서 BCC모형의 효율성점수가 CCR모형의 효율성점수보다 높다는 것은 투입요소와 산출요소와 결합을 변경하여 기술적으로 효율성을 제고해야 할 뿐만 아니라 최적의 규모에서 DMU들이 운영될 수 있도록 생산규모를 조정하여 규모의 효율성을 제고할 필요가 있음을 강력히 시사한다.

따라서 <표 3>의 4번째 열에서 CCR모형의 효율성 점수를 BCC모형의 효율성 점수로 나타내는 규모의 효율성점수를 보고하였다. P3을 비롯한 15개 어항이 규모의 측면에서 상대적으로 효율적인 어항들로 식별된 반면에 그 밖의 23개 어항들은 상대적으로 비효율적인 것으로 판별되었다. 규모의 효율성 점수의 평균은 0.777, 표준편차는 0.306으로 계산되었으며 규모의 효율성이 가장 낮은 어항은 P19로 식별되었다. 이는 38개 분석대상 어항들의 운영이 최적규모에서 이루어지지 않아 발생하는 비효율이 평균적으로 22% 정도가 된다는 것을 보여준다. DMU들 가운데 P19는 기술적 효율성(0.0109)과 규모의 효율성(0.0232)이 동시에 가장 낮은 어항으로 나타났다.

기술적효율성, 순수기술적 효율성, 그리고 규모의 효율성을 동시에 비교하여 보면 분석대상의 38개 어항들에는 평균적으로 약 32%의 기술적인 비효율성이 존재하고 있는데 이중 순수기술적 비효율성이 약 14%, 그리고 규모에 의한 비효율성이 약 22% 존재하는 것으로 나타났다. 결과적으로 비효율적으로 운영되고 있는 어항들은 그 원인이 투입요소의 잘못된 결합에 따른 순수기술적 비효율성보다는 적절한 규모를 확보하여 운영하지 못한 규모의 비효율성에 더 큰 원인이 있는 것으로 분석되었다.

<표 3>의 5번째 열에는 BCC모형에서 비효율적으로 식별된 어항들이 효율적인 어항이 되기 위하여 운영상에 벤치마크로 삼아야 하는 준거집단을 보고하였다. 이들 준거집단에 나타난 어항들은 효율성점수가 1로 평가되어 효율변경을 구성하는 DMU들로서 평가대상인 어항과 효율변경에 상대적으로 가까이 위치하는 DMU들이다. 즉, 이들 준거집단의 DMU들은 어항의 운영여건상 평가대상 DMU와 가장 유사한 특성을 보이면서 상대적으로 효율적인 DMU들이다. 예를 들어 기술적 및 규모의 효율성 점수가 가

장 낮은 P19의 경우 어항의 효율성을 제고하기 위해서는 P3, P23, P32⁷⁾의 3개의 효율적인 어항들을 벤치마킹하여 투입요소의 양을 줄여야 하는 것이다. 이들 준거집단에 나타난 벤치마킹 대상의 DMU들의 참조횟수는 효율적인 DMU들 가운데에서도 어느 DMU가 가장 바람직하게 효율적으로 운영되고 있는지, 그 여부를 나타내는 지표가 될 수 있다. 이러한 관점에서 15개 CCR모형하의 효율적인 DMU 가운데 P14, P30, 그리고 P32의 3개의 어항들이 공히 12회로 가장 많은 참조횟수를 기록한 DMU들로 나타난 것을 확인할 수 있다. 다음으로는 P3과 P34의 2개 어항들도 공히 11회가 준거집단으로 참조되었다. 따라서 이들 5개 어항은 운영실태는 비효율적인 어항들의 효율성을 제고함에 있어 가장 많이 벤치마킹의 대상이 되는 어항들이므로 이들의 어항실태를 면밀하게 분석할 필요가 있다. 반면에 P6, P12, P17, 및 P36의 4개 어항의 경우는 효율적인 DMU들로 식별되었음에도 불구하고 준거집단으로는 단 한 차례도 참조기관으로 나타나지 않아 벤치마킹 대상이 되지 못하였다. 이들 4개 어항들은 분석대상어항들의 효율변경을 구성하고 있음에도 불구하고 그 위치가 자료들이 주로 나타난 위치와는 거리가 있는 특이한 운영특성을 보여주는 어항들로 보아야 할 것이다.

〈표 3〉의 마지막 열에는 준거집단의 가중치의 합⁸⁾을 통하여 나타난 규모에 대한 수확가변의 특성을 식별하여 보고하였다. 먼저 P3의 어항을 비롯하여 규모의 효율성점수가 1로 평가된 15개 어항들이 규모에 대한 수확불변(CRS)의 특성을 보여줌으로써 이들 어항들은 최적의 규모에서 운영되고 있는 것으로 나타났다. 한편, 분석대상 가운데에서는 P27의 어항만이 유일하게 규모에 대한 수확체감(DRS)의 특성이 나타나 어항의 규모를 줄여야 하는 것으로 분석되었다. 그 밖의 P1의 어항을 비롯한 나머지 22개의 어항들은 규모에 대한 수확체증(IRS)의 특성을 보여주고 있어 이들 어항들은 최적규모를 확보하기 위해 적절하게 규모를 증대하여야 하는 것으로 나타났다. 즉 최적규모에서 운영이 이루어지고 있는 CRS특성의 15개 어항을 제외하고는 대부분의 어항들이 규모면에서 최적규모에 도달하기 위해서는 대부분 투입규모를 확대하여야 하는 것으로 분석되었다.

7) 본 논문에서는 공간적인 제약에 따라 이들 가중치들을 모두 보고하지는 않았으나 예를 들어 P19 어항의 경우 벤치마킹대상인 P3의 가중치는 0.0017, P23의 가중치는 0.0001, 그리고 P32의 가중치는 0.0004로 나타났다. 그리고 이들 가중치의 합이 0.0022 이므로 규모에 대한 수확체증의 영역에 있음을 알 수 있다. 이들 가중치들을 이용하여 벤치마킹대상들인 어항들의 투입량의 가중평균을 구하면 P19의 어항이 100%의 효율성을 확보하기 위하여 조절해야 하는 투입목표량도 계산이 가능하다.

8) 이들 준거집단의 가중치의 합이 1인 경우는 DMU가 규모에 대한 수확불변(CRS)의 영역에서, 1보다 작은 경우에는 규모에 대한 수확체증의 영역(IRS)에서, 그리고 마지막으로 1보다 큰 경우에는 규모에 대한 수확체감(DRS)의 영역에서 생산활동을 하는 것으로 판별할 수 있다.

3. 초효율성 및 Super-SBM모형의 분석결과

규모에 대한 수확불변의 가정아래 투입지향의 초효율성⁹⁾ 추정치를 <표 4>에 보고하였다. CCR모형의 효율성점수와 비교하여 보면, CCR모형의 효율성 점수가 1 미만이면 초효율성 점수와 동일한 반면 CCR모형의 효율성점수가 1 이상인 경우에는 초효율성의 점수가 1보다 큰 값들로 나타난 것을 확인할 수 있다. 따라서 초효율성 점수는 CCR모형에서 효율변경을 구성하는 효율적인 15개 DMU들의 효율성점수가 모두 1로 추정되어 그들 사이에서는 효율성의 차이를 식별할 수 없었던 한계를 극복할 수 있음을 알 수 있으며, 나아가 효율성의 우선순위를 정할 수 있음을 알 수 있다.

CCR모형 하에서 효율적인 15개 DMU들은 초효율성 점수를 1 이상의 값으로 추정됨으로써 초효율성 점수의 평균은 0.9652로 CCR모형의 평균보다 약 18% 정도 상승한 것을 확인할 수 있다. 그리고 표준편차는 0.8857로 계산되어 어항들 간의 효율성의 격차도 CCR모형의 경우보다 56% 가까이나 확대된 것을 알 수 있다. 초효율성의 점수에 따른 효율적인 어항들의 순위를 <표 4>에 보고하였다. 가장 효율적인 어항은 P16 어항으로 초효율성 점수가 4.4984로 추정되어 효율성이 CCR모형의 그것보다 약 4.5배 늘어난 것을 알 수 있다. 이어서 P34 어항으로 2.6815, P30 어항으로 2.4900 등으로 우선순위가 나타난 것을 확인할 수 있다. 초효율성의 점수가 가장 낮은 어항은 CCR모형에서의 경우와 같이 여전히 P17 어항으로 효율성 점수에 변화가 없이 0.0109로 계산된 것도 확인할 수 있다.

마지막으로 <표 4>에는 규모에 대한 수확불변의 가정 하에서 투입지향의 모형을 이용한 여분기반의 초효율성 점수(Super-SBM)를 보고하였다. 여분기반의 초효율성 점수는 단순한 초효율성 점수와 비교하여 대부분의 DMU들에서 소폭 축소된 것을 확인할 수 있다. 이는 대부분의 DMU들에서 비방사형의 여분이 존재함을 시사하는 것으로 이에 따라 초효율성의 점수가 축소된 것이다. 결과적으로 여분기반 초효율성 점수의 평균은 0.7402로 여전히 CCR모형하의 효율성 점수의 평균보다는 높지만 단순한 초효율성 점수의 평균보다 22% 가까이 축소된 것을 확인할 수 있다. 이는 비방사형 여분의 존재로 인한 어항들의 효율성의 하락이 평균적으로 22%에 달하는 것으로 해석할 수 있다. 표준편차는 0.5686으로 나타나 역시 CCR모형에서의 어항들의 효율성의 평균적인 격차보다는 크지만 여분을 고려하지 않은 초효율성의 격차보다는 32% 가까이 줄어든 것도 확인할 수 있다.

여분기반의 초효율성 점수에 따른 우선순위도 단순한 초효율성의 경우와는 조금씩

9) 이 경우의 초효율성은 여분에 대한 고려가 없으므로 앞의 II장에서 설명한 AP모형 혹은 CCR-초효율성에 해당한다.

Super-SBM을 이용한 어항의 효율성분석에 관한 연구

〈표 4〉 초효율성 및 Super-SBM모형에 의한 분석결과

DMU	CCR	초효율성	순위	Super-SBM	순위
P1	0.3531	0.3531	30	0.3014	28
P2	0.5977	0.5977	24	0.5135	22
P3	1	2.0297	5	1.5922	4
P4	0.3869	0.3869	28	0.3001	29
P5	0.1829	0.1829	36	0.1064	36
P6	1	1.1307	10	1.0538	10
P7	0.4081	0.4081	27	0.3015	27
P8	1	1.0057	14	1.0034	14
P9	0.7157	0.7157	21	0.4170	24
P10	0.2782	0.2782	31	0.2156	31
P11	1	1.0715	12	1.0377	11
P12	1	1.1915	9	1.0599	9
P13	0.2284	0.2284	35	0.1236	35
P14	1	2.1893	4	1.6294	3
P15	0.7925	0.7925	18	0.7263	17
P16	1	4.4984	1	2.0779	2
P17	1	1.0050	15	1.0013	15
P18	1	1.0806	11	1.0344	12
P19	0.0109	0.0109	38	0.0080	38
P20	0.7395	0.7395	19	0.5707	20
P21	0.9376	0.9376	16	0.7581	16
P22	0.5377	0.5377	25	0.4015	25
P23	1	1.3320	7	1.1641	7
P24	0.5254	0.5254	26	0.3802	26
P25	0.2708	0.2708	32	0.2012	33
P26	0.6376	0.6376	23	0.5208	21
P27	0.7274	0.7274	20	0.5890	19
P28	0.7061	0.7061	22	0.4334	23
P29	0.3598	0.3598	29	0.2758	30
P30	1	2.4900	3	1.5442	5
P31	0.2333	0.2333	34	0.1326	34
P32	1	1.4363	6	1.1649	6
P33	1	1.2283	8	1.1215	8
P34	1	2.9815	2	2.3424	1
P35	0.9252	0.9252	17	0.7135	18
P36	1	1.0371	13	1.0129	13
P37	0.2669	0.2669	33	0.2060	32
P38	0.1488	0.1488	37	0.0919	37
평균	0.683434	0.96521357		0.740213135	
표준편차	0.328155	0.88571389		0.568555637	
최대값	1	4.49836419		2.342413571	
최소값	0.0109	0.01090578		0.007977852	

〈표 5〉 대응표본 t검정을 이용한 효율성의 차이검정

대응 효율성	대응차이의 평균	표준편차	t값	유의확률
CCR vs. 초효율성	-0.28178**	0.7025	-2.472	0.018
CCR vs. Super-SBM	-0.05678	0.34433	-1.016	0.316
초효율성 vs. Super-SBM	0.22500**	0.41289	3.359	0.002
CCR(1)1 vs. Super-SBM	-0.32267**	0.42455	-2.944	0.011

1)은 CCR모형의 효율성점수가 1인 15개의 DMU들의 효율성 평가점수를 나타냄

**는 5%의 유의수준에서 유의적임을 나타냄

차이가 발생한 것으로 나타났다. 여분을 고려한 효율성의 우선순위가 가장 높은 어항은 그 값이 2.3424로 추정된 P34로 나타났는데 단순한 초효율성의 우선순위에서는 두 번째로 효율적이었던 어항이었다. 반대로 여분을 고려하지 않은 초효율성에서 가장 효율적이었던 P16어항은 여분을 고려하면 두 번째로 효율적인 어항으로 그 순서가 뒤바뀐 것을 확인할 수 있다. 하지만 CCR모형과 초효율성모형 모두에서 가장 비효율적으로 나타났던 P19어항은 여분의 존재로 초효율성의 점수가 0.0080으로 더욱 축소되면서 여전히 효율성이 가장 낮은 어항으로 나타났다.

〈표 5〉는 전통적인 DEA 효율성점수인 CCR모형의 점수와 초효율성모형 및 여분기반의 초효율성 점수의 평가 사이에 유의적인 차이가 존재하는 지를 검정하기 위하여 대응표본 t검정의 결과를 보고하였다. 검정결과, CCR모형의 효율성점수와 초효율성 점수, 그리고 초효율성점수와 여분기반의 초효율성 점수 사이에는 5%의 유의수준에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 이들 사이에서는 추정모형에 따라 통계적으로 의미 있는 차이를 발견할 수 있었다. 그러나 CCR모형의 효율성점수와 여분기반 초효율성 점수에는 10%의 유의수준에서도 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 하지만 여분기반 초효율성의 점수는 CCR모형에서 그 점수가 1로 나타난 다수의 효율적인 DMU들의 효율성의 차이를 식별하는데 의의가 있다. 따라서 CCR모형의 효율성 평가결과 그 점수가 1로 나타난 15개 어항을 대상으로 〈표 5〉의 마지막 행에 여분기반 초효율성 점수와 대응표본 t검정을 다시 수행하여 이들 사이에서는 여전히 5%의 유의수준에서 유의적인 차이가 있는 것을 확인하였다. 따라서 각기 다른 모형의 효율성의 평가결과가 유의적으로 서로 다르다는 것을 확인할 수 있다.

〈표 6〉는 투입지향의 규모에 대한 수익불변하의 여분기반 초효율성 추정결과의 참조기관과 그 가중치를 나타낸다. 이표에서 초효율성이 1 이하로 나타나 비효율적인 어항들은 참조기관에 나타난 효율적인 어항들을 벤치마킹하여 가중치에 따라 투입요소의 투입량을 축소하면 효율적인 어항으로 변신할 수 있는 목표값을 선정할 수 있다. 예를 들어 표의 처음에 나타난 P1 어항의 경우 참조기관에 나타난 효율적인 DMU인 P14

와 P34의 투입요소의 양을 15.6%와 69%의 비율로 벤치마킹하여 투입량을 축소하면 현재의 산출수준을 그대로 유지하면서 효율적인 어항으로 변할 수 있는 여지가 있다. 즉, 투입요소의 절약목표량을 산정할 수 있는 것이다.

반면에, 여분기반의 초효율성이 1 이상인 효율적인 어항들의 경우는 참조기관의 어항들의 투입량을 그 가중치에 따라 오히려 증가시키더라도 여전히 효율성을 100%로 유지할 수 있다는 것을 의미한다. 즉, 가장 효율적인 DMU인 P34 어항의 경우 참조기관인 P16과 P32의 투입량을 14.6%와 21.7%의 가중치를 유지하면서 그 투입량을 오히려 늘리더라도 100%의 효율성을 유지할 수 있다. 결과적으로 초효율성이 100% 이상인 어항들의 준거집단에 나타난 어항들은 초효율성이 100% 이하인 비효율적 어항들에 나타난 준거집단과는 상반되는 의미를 지닌다. 따라서 초효율성이 100% 이상인 어항들은 준거집단에 나타난 어항들을 벤치마킹할 필요는 없고 자신의 효율성을 더욱 개선하는데 단초를 제공할 수 있는 정보의 일부분으로 이용하여야 할 것이다.

〈표 6〉에는 준거집단에 나타난 효율적인 DMU들의 참조횟수를 기록하였다. 여분기반 초효율성이 3.3423으로 가장 높았던 P34 어항이 15회로 가장 많은 참조횟수를 기록하여 가장 많이 벤치마킹 대상이 되는 어항으로 나타났다. 두 번째로는 여분기반 초효율성의 점수가 1.5922로 4위를 기록하였던 P3 어항이 9회, 세 번째는 여분기반 초효율성의 점수가 1.6294로 3위를 기록하였던 P14 어항이 7회를 기록하였다. 따라서 이들 벤치마킹 어항들의 운영형태는 더욱 면밀하게 조사하면 여타 어항들의 효율성을 전반적으로 향상시킬 수 있는 방향으로 유용한 정보를 도출할 수 있는 토대가 될 수 있을 것이다.

이 뿐만 아니라 〈표 6〉에는 이들 참조기관의 가중치의 합을 보고하였다. 여분기반의 초효율성의 추정모형에서 이들 가중치의 합은 그 크기가 1보다 작은지 혹은 큰지의 여부에 따라서 분석대상의 DMU가 규모에 대한 수확체감의 영역에 있는지 아니면 체증의 영역에 있는지를 판별할 수 있는 정보를 제공한다. 분석대상 38개 어항 가운데에서는 가장 효율적인 어항인 P34 어항을 비롯하여 대부분의 어항인 32개 어항이 규모에 대한 수확감소의 영역에서 어항이 운영되고 있는 것으로 나타났다. 따라서 이들 대부분의 어항들에서는 사업규모를 확대함으로써 최적규모를 달성할 수 있을 것으로 분석되었다. 반면에 단순한 초효율성에서는 순위가 1위, 여분기반의 초효율성에서는 순위가 2위였던 P16 어항을 비롯한 6개 어항은 규모에 대한 수확체증의 영역에서 운영이 이루어지고 있는 것으로 확인되었다. 따라서 이들 어항들은 이미 최적규모를 넘어서 어항의 운영이 이루어지고 있는 것이므로 오히려 사업규모를 축소하여 최적규모를 달성할 필요가 있음을 알 수 있다.

위에서 설명한대로 〈표 6〉에 나타난 참조기관과 가중치를 이용하여 개별 어항들은 효율적인 어항이 될 수 있도록 투입 및 산출의 양을 조절할 수 있다.

박 철 형

〈표 6〉 Super-SBM모형에 의한 참조기관 및 가중치

어항	참조기관 및 가중치										가중치합	참조횟수	규모 경제
P1	P14	0.156	P34	0.690							0.846	0	IRS
P2	P33	0.048	P34	0.167							0.215	0	IRS
P3	P14	0.092	P32	0.076							0.169	9	IRS
P4	P14	0.039	P34	0.257							0.296	0	IRS
P5	P34	0.101									0.101	0	IRS
P6	P16	0.238	P23	0.081							0.319	0	IRS
P7	P16	0.085	P34	0.254							0.340	0	IRS
P8	P3	0.685	P14	0.513	P30	0.223	P34	0.607			2.028	0	DRS
P9	P16	0.086									0.086	0	IRS
P10	P3	0.138									0.138	0	IRS
P11	P12	0.621	P14	0.052	P16	0.218	P33	0.046	P34	0.127	1.064	0	DRS
P12	P3	0.426	P11	0.420	P14	0.049	P17	0.077			0.971	0	IRS
P13	P14	0.046									0.046	0	IRS
P14	P8	0.586	P33	0.213							0.799	7	IRS
P15	P14	0.022	P33	0.102	P34	0.471					0.595	0	IRS
P16	P33	0.179	P34	0.711							0.890	2	IRS
P17	P12	1.619									1.619	0	DRS
P18	P14	0.060	P23	0.109							0.169	0	IRS
P19	P3	0.015									0.015	0	IRS
P20	P3	0.914	P34	0.010							0.924	0	IRS
P21	P14	0.201	P33	0.064	P34	0.376					0.641	0	IRS
P22	P3	0.813									0.813	0	IRS
P23	P33	0.079	P34	0.534							0.613	0	IRS
P24	P33	0.027	P34	0.554							0.582	0	IRS
P25	P34	0.116									0.116	0	IRS
P26	P3	0.391									0.391	0	IRS
P27	P3	0.666	P32	0.142	P34	0.426					1.233	0	DRS
P28	P3	0.291	P14	0.006							0.297	0	IRS
P29	P3	0.364									0.364	0	IRS
P30	P3	0.336									0.336	0	IRS
P31	P34	0.051									0.051	0	IRS
P32	P3	0.487	P30	0.385	P34	2.466	P35	0.854			4.191	2	DRS
P33	P14	2.035	P16	1.726	P23	0.114					3.875	4	DRS
P34	P16	0.146	P32	0.217							0.363	15	IRS
P35	P3	0.224	P32	0.153	P340	0.152					0.529	0	IRS
P36	P16	0.048	P34	0.209							0.258	0	IRS
P37	P14	0.012	P34	0.082							0.094	0	IRS
P38	P34	0.060									0.060	0	IRS

Super-SBM을 이용한 어항의 효율성분석에 관한 연구

〈표 7〉 Super-SBM모형에 의한 투입 및 산출요소의 조절량

어항	점수	비효율성	투입요소				산출요소	
			전업인구	어선수	조성면적	위판장	생산량	생산액
P1	0.3014	비효율성규모 비효율성%	-1,313.31 -73.45%	-205.99 -69.83%	-50,409.18 -76.29%	-1,856.4 -59.86%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P2	0.5135	비효율성규모 비효율성%	-219.29 -49.73%	-60.74 -56.24%	-17,793.83 -60.63%	-360.51 -28.01%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P3	1.5922	비효율성규모 비효율성%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	4,929.65 85.01%	191.20 151.86%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P4	0.3001	비효율성규모 비효율성%	-699.94 -85.05%	-90.48 -77.33%	-24,783.69 -83.81%	-224.25 -33.77%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P5	0.1064	비효율성규모 비효율성%	-96.34 -94.45%	-48.85 -90.46%	-24,268.14 -95.86%	-505.05 -76.66%	193.93 999.90%	0.00 0.00%
P6	1.0538	비효율성규모 비효율성%	20.02 17.87%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	58.83 3.66%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P7	0.3015	비효율성규모 비효율성%	-170.49 -76.11%	-125.61 -88.46%	-18,781.34 -74.83%	-627.46 -39.99%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P8	1.0034	비효율성규모 비효율성%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	22.24 1.36%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P9	0.4170	비효율성규모 비효율성%	-38.56 -49.44%	-56.57 -94.28%	-1,028.12 -21.75%	-1,169.1 -67.74%	0.00 0.00%	334.00 22.91%
P10	0.2156	비효율성규모 비효율성%	-65.75 -62.03%	-47.18 -73.72%	-35,643.60 -97.81%	-70.39 -80.22%	70.79 58.99%	0.00 0.00%
P11	1.0377	비효율성규모 비효율성%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	4,243.84 15.09%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P12	1.0599	비효율성규모 비효율성%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	3,639.07 23.97%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P13	0.1236	비효율성규모 비효율성%	-1,685.68 -92.87%	-80.04 -83.38%	-85,601.18 -97.13%	-194.44 -77.16%	0.00 0.00%	62.20 5.15%
P14	1.6294	비효율성규모 비효율성%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	20,606.55 37.64%	2,672.07 214.11%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P15	0.7263	비효율성규모 비효율성%	-338.85 -38.68%	-54.36 -32.36%	-16,796.97 -38.46%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P16	2.0779	비효율성규모 비효율성%	367.20 79.83%	139.93 349.84%	643.88 1.49%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P17	1.0013	비효율성규모 비효율성%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	123.09 0.50%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P18	1.0344	비효율성규모 비효율성%	23.97 13.78%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P19	0.0080	비효율성규모 비효율성%	-325.76 -98.72%	-176.23 -99.01%	-57,435.85 -99.85%	-236.57 -99.23%	2.08 11.57%	0.00 0.00%
P20	0.5707	비효율성규모 비효율성%	-107.61 -28.70%	0.00 0.00%	-24,000.25 -81.62%	-207.81 -61.41%	1,178.97 999.90%	0.00 0.00%
P21	0.7581	비효율성규모 비효율성%	0.00 0.00%	-189.84 -57.53%	-12,717.60 -31.29%	-147.60 -7.93%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P22	0.4015	비효율성규모 비효율성%	-302.72 -56.06%	-23.86 -19.40%	-37,754.74 -88.90%	-307.69 -75.05%	125.64 12.58%	0.00 0.00%
P23	1.1641	비효율성규모 비효율성%	99.88 35.93%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	438.41 29.70%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P24	0.3802	비효율성규모 비효율성%	-341.35 -69.24%	-304.72 -85.84%	-90,767.75 -88.91%	-50.37 -3.95%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
P25	0.2012	비효율성규모 비효율성%	-247.49 -97.44%	-68.08 -91.99%	-16,589.12 -93.23%	-103.19 -36.85%	141.57 140.16%	0.00 0.00%
P26	0.5208	비효율성규모 비효율성%	-27.80 -19.58%	-16.29 -25.45%	-56,206.12 -96.12%	-50.32 -50.55%	181.26 50.35%	0.00 0.00%
P27	0.5890	비효율성규모 비효율성%	-213.06 -43.22%	-170.31 -44.82%	-60,698.11 -76.35%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%

박 철 형

〈표 7〉 계속

어항	점수	비효율성	투입요소				산출요소	
			전업인구	어선수	조성면적	위판장	생산량	생산액
P28	0.4334	비효율성규모	-14.14	-62.39	-26,483.75	-63.85	0.00	0.00
		비효율성%	-12.19%	-62.39%	-92.92%	-59.12%	0.00%	0.00%
P29	0.2758	비효율성규모	-174.81	-53.63	-26,229.18	-185.22	428.29	0.00
		비효율성%	-62.21%	-54.73%	-92.56%	-80.18%	571.06%	0.00%
P30	1.5442	비효율성규모	26.18	10.02	0.00	25.33	0.00	0.00
		비효율성%	36.36%	32.32%	0.00%	149.00%	0.00%	0.00%
P31	0.1326	비효율성규모	-42.17	-9.42	-40,737.57	-243.12	101.46	0.00
		비효율성%	-93.71%	-78.53%	-98.73%	-75.98%	999.90%	0.00%
P32	1.1649	비효율성규모	0.00	0.00	0.00	1,743.72	0.00	0.00
		비효율성%	0.00%	0.00%	0.00%	65.95%	0.00%	0.00%
P33	1.1215	비효율성규모	2,136.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		비효율성%	48.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
P34	2.3423	비효율성규모	105.71	118.27	12,052.32	0.00	0.00	0.00
		비효율성%	188.76%	231.90%	116.30%	0.00%	0.00%	0.00%
P35	0.7135	비효율성규모	-9.35	-501.48	-6,538.32	0.00	0.00	0.00
		비효율성%	-6.23%	-76.91%	-31.44%	0.00%	0.00%	0.00%
P36	1.0129	비효율성규모	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		비효율성%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
P37	0.2060	비효율성규모	-173.50	-73.75	-32,224.49	-139.00	0.00	0.00
		비효율성%	-82.23%	-89.93%	-95.57%	-49.86%	0.00%	0.00%
P38	0.0919	비효율성규모	-86.64	-51.94	-182,991.8	-244.77	117.15	0.00
		비효율성%	-0.96	-0.94	-1.00	-0.73	10.00	0.00%
		%평균	-25.43%	-24.42%	-40.36%	-13.70%	127.48%	0.74%
		%표준편차	58.88%	86.19%	56.36%	66.96%	317.66%	3.79%
		%최대값	188.76%	349.84%	116.30%	214.11%	999.90%	22.91%
		%최소값	-98.72%	-99.01%	-99.85%	-99.23%	0.00%	0.00%

이러한 개별 어항들의 투입 및 산출의 비효율성의 규모와 그 백분율을 〈표 7〉에 나타내었다. 비효율적인 어항인 P1의 경우는 표에 나타난 음의 수치들과 같이 전업인구, 어선수, 조성면적, 및 위판장의 면적을 각각 줄이면 효율성이 100%인 어항으로 바뀔 수 있다. 반면에 가장 효율적인 P34의 어항은 표에서 수치들의 부호가 양으로 나타난 것처럼 투입요소의 양을 오히려 늘린다고 하더라도 여전히 100%의 효율성을 유지할 수 있음을 나타낸다.

백분율로 나타난 투입요소의 초과투입분은 조성면적에서 그 평균값이 -40.36%가 가장 크다는 것을 알 수 있다. 반면에 위판장의 면적은 그 평균값이 -13.70%로 상대적으로 가장 적은 것으로 나타났다. 따라서 전반적으로 어항의 시설투자에 있어서 조성면적은 가장 많이 축소할 필요가 있고 마지막으로 위판장의 면적을 축소할 필요가 있는 것으로 나타난 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 연구는 38개 국가어항을 분석대상으로 하여 전통적인 자료포락분석모형은 물론 초효율성과 여분기반의 초효율성모형을 이용하여 효율성의 우선순위를 비교분석하였다. 먼저 전통적인 자료포락분석인 투입지향의 CCR 및 BCC모형의 분석결과는 다음과 같다. 기술적 효율성의 일반지표인 CCR모형의 효율성점수의 평균은 0.6834를 기록하여 어항들에는 평균적으로 약 32%의 기술적 비효율성이 존재하는 것으로 나타났다. 반면에 순수 기술적 비효율성의 지표인 BCC모형의 평균값은 0.8582로 평균적으로 14% 정도의 순수기술적 비효율성이 존재하였다. 또한 규모의 효율성 지표의 평균은 0.7774로 나타나 최적규모를 확보하지 못함으로써 나타난 비효율이 평균적으로 약 22% 정도가 되는 것으로 분석되었다.

CCR모형의 경우 15개 어항이 효율적으로 나타났으며, BCC모형의 경우에는 6개의 어항이 효율적인 어항으로 추가되어 모두 21개의 어항들이 효율적인 것으로 판명되었다. P9를 비롯한 6개 어항은 비효율의 원인이 전적으로 규모의 비효율에 의해서 발생한 것으로 해석이 된다. CCR모형에서 효율적 어항들이 벤치마킹대상이 되는 준거집단으로 나타난 참조횟수를 비교하여 보면 P14, P30, P32 어항이 각기 12회, P3 및 P34어항이 각기 11회씩을 기록함으로써 이들 어항들은 운영실태를 더욱 정밀하게 파악하여 나머지 어항들의 전반적인 효율성의 제고에 중요한 정보를 도출할 필요가 있다.

방사선형태의 초효율성모형을 분석한 결과 그 평균값은 0.9652, 표준편차는 0.8857로 나타나 어항들간에는 평균적으로 초효율성에 88% 정도의 커다란 격차가 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 효율성이 가장 높은 어항은 P16으로 초효율성의 점수가 4.4984를 기록하였으며 그 다음이 P34로 2.9815를 기록하였다. P16 어항의 경우는 CCR모형에서 준거집단으로서의 참조횟수가 1회 만을 기록하여 다른 어항들의 벤치마킹 대상이 되기에는 부족함을 알 수 있다. 반면에 P34 어항은 11회의 참조횟수를 기록하여 다른 어항들의 효율성제고를 위한 유용한 정보를 제공할 수 있음을 알 수 있다.

마지막으로 여분기반의 초효율성을 추정된 결과, 그 평균값은 0.7402, 그리고 표준편차는 0.5685를 기록하여 여분을 고려하고 나면 어항들 간의 효율성의 격차가 88%에서 57%로 축소된 것을 확인할 수 있다. 여분기반의 초효율성 점수는 P34 어항이 2.3424로 가장 효율적인 어항으로 식별되었다. 그 다음은 P16 어항이 2.0779로 2위를 기록하여 초효율성모형과 여분기반의 초효율성모형의 1, 2위의 우선순위가 뒤바뀐 것을 확인할 수 있다. 여분기반의 초효율성모형으로 나타난 참조횟수를 살펴보면 효율성이 가장 높았던 P34 어항이 참조횟수도 15회를 기록하여 가장 많이 벤치마킹 대상이 되는 것을 확인할 수 있어 P34 어항의 중요성을 다시 한 번 확인할 수 있다.

가중치의 합을 이용한 규모에 대한 수확의 가변상황을 분석한 결과, 38개 어항 가운데 6개 어항만이 수확체감의 영역에 있을 뿐 나머지 32개 어항들은 모두 수확체증의 영역에 있는 것을 확인할 수 있었다. 가중치를 이용하여 어항들의 투입 및 산출요소의 목표값과의 괴리인 비효율성의 정도를 백분율로 추정한 결과 투입요소 가운데는 어항의 조성면적의 평균이 40.36%로 그 값이 가장 크게 나타난 반면 위판장의 면적의 평균값이 13.70%로 가장 적게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 따라서 효율성의 제고를 위해서는 우선적으로 어항의 조성면적을 조정할 필요가 있으며, 산출요소인 생산량과 생산금액 가운데는 산출량을 조절할 필요가 더 큰 것으로 나타났다.

마지막으로 본 연구의 한계점으로는 자료포락분석의 투입요소들에 대한 자료의 접근이 용이하지 않았던 관계로 어항의 물리적 측면을 나타내는 변수들을 사용하였다. 따라서 향후에 어항의 운영비용과 투입인원과 같이 보다 풍부한 자료가 확보된다면 그 효율성을 보다 정확하게 추정할 수 있을 것으로 기대되며 이는 향후의 연구과제로 남겨둔다.

참고문헌

- 강황선·김미선, “지방정부 성과의 상대적 능률성 측정에 관한 연구-서울시 25개 자치구의 민원행정업무를 중심으로-”, 한국행정논집, 제21권 제3호, 2009, pp.999-1024.
- 권영훈·김선영·이남준, “DEA모형을 이용한 대학운영효율성 분석연구: 수도권 소재대학과 지방소재대학의 비교분석을 중심으로”, 서비스경영학회지, 제11권 제1, 2010, pp.179-208.
- 김도훈, “우리나라 근해어업의 어획능력 측정에 관한 연구”, 수산경영론집, 제37권 제1호, 2006, pp.1-24.
- 김재희, “교차효율분석을 활용한 원양어업의 업종별 경쟁력 추정”, 해양정책연구, 제24권 1호, 2009, pp.57-76.
- 서주남·송정현, “해조류 양식업 규모의 효율성 추정에 관한 연구-부산 기장지역 미역양식을 중심으로-”, 수산경영론집, 제40권 제1호, 2009, pp.1-26.
- 신승식·박주삼, “어장·어촌과 연계한 지방어항건설사업의 평가분석”, 수산해양교육연구, 제20권 제3호, 2008, pp.369-380.
- 신승식·한광석, “국가어항의 비시장적 순편의 추정연구-격포항을 중심으로”, 해양정책연구, 제21권 제2호, 2006, pp.1-38.
- 유금록, “공공부문의 효율성 평가를 위한 자료포락분석(DEA)에 있어서 효율적 의사결정단위들의 순위분석”, 행정논총, 제44권 제1호, 2006, pp.155-185.
- 유금록, “잔여기준초효율성모형에 의한 민간위탁업무의 표준원가 추정”, 한국행정정보, 제43권 제1호, 2009, pp.191-221.
- 유한주·송광석, “서비스 품질경영시스템의 효율성 비교분석에 관한 연구: 시청과 도청의 서비스품질 만족도지수를 중심으로”, 품질경영학회지, 제35권 제3호, 2007, pp.21-36.156.
- 한광석·고병욱, “패널데이터를 이용한 국가어항개발사업의 어촌소득 증대효과 분석”, 해양정책연구, 제22권 2p1호, 2007, pp.133-156.
- 해양수산부, 국가어항편람, 2004.
- Andersen, P., Petersen, N. C., “A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis,” *Management Science*, 39(10), 1993, pp.1261-1264.
- Banker, R. D., A. Charness and W. W. Cooper, “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis,” *Management Science*, 30, 1984, pp.1078-1092.
- Cooper W. W., Seiford L. M., and Tone K., *Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- Doyle, J., Green, R., “Data Envelopment Analysis and Multiple Criteria Decision Making,” *Omega*, 21, 1993, pp.713-715.
- Doyle, J., Green, R., “Efficiency and Cross-Efficiency in DEA: Derivation, Meanings and Uses,” *Journal of the Operation Research Society*, 45, 1994, pp.567-578.
- Jhu J., *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking*, Kluwer Academic Publishers, 2003.

- Seiford, L. M., Zhu, J., "Infeasibility of Super-Efficiency Data Envelopment Analysis Models," *INFORMS*, 37, 1999, pp.174 – 187.
- Stewart, T. J., "Data Envelopment Analysis and Multiple-Criterion Decision Making-A Response," *Omega*, 22, 1996, pp.205 – 206.
- Tofallis, C., "Improving Discernment in DEA Using Profiling," *Omega*, 24, 1996, pp.229 – 244.
- Tone, K., "A Slack Based Measure of Super-Efficiency in Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operational Research*, 143, 2002, pp.32 – 41.

A Study on the Efficiency of Fishing-Ports Based on Super-SBM

Cheol-Hyung Park

Abstract

This study is to analyze the efficiency of Korean fishing ports using DEA. First, the study calculated the efficiency scores based on a CCR-BCC framework and hence technical, pure technical, and scale efficiency scores are separated for the 38 fishing ports under study. The Average of technical, pure technical, and scale efficiency are turned out to be 0.6834, 0.8582, and 0.7774 respectively. The 15 fishing ports are fully efficient under the constant returns to scale while 21 fishing ports under the variable returns to scale.

Second, the super efficiency scores are also calculated under the radial model without the consideration of slacks. The highest score is turned out to be 4.4984 for the P16 fishing port with the average score of 0.9652 for the entire fishing ports. Nevertheless, P16 fishing port has showed up only once as a reference set. On the other hand, P34 fishing port has showed up 11 times as a reference set, which scored the second highest score of 2.9815.

Finally the super efficiency scores are calculated under the non-radial model with the explicit consideration of slacks. Now the P34 fishing port scored the highest score of 2.3424 with even 15 times referred to a bench-mark. Therefore the importance of P34 fishing port is emphasized once again on the field of bench-marking for the efficiency of fishing ports. When the targets for the input factors to improve the efficiency of each DMU are calculated the area of fishing port needs the most adjustment to be reduced for 40.36% on the average, while the cosignment sales area does the least adjustment for 13.70%.

Key words : DEA, Super-SBM, super-efficiency, CCR-BCC, fishing ports