

## 공공부문의 효율성 평가를 위한 자료포락분석(DEA)에 있어서 효율적 의사결정단위들의 순위분석

유 금 록\*

- .....<目 次>.....
- I. 서론
  - II. 공공부문의 효율성 측정에 있어서 순위분석에 관한 선행연구 검토
  - III. 효율적 의사결정단위들의 순위분석 방법
  - IV. 도시개발공사의 순위분석
  - V. 결론

<요 약>

본 논문에서는 자료포락분석을 이용하여 공공부문의 효율성을 측정한 국내의 주요 선행연구들에 대하여 효율적 의사결정단위가 다수 존재하는 경우 효율적 단위들의 순위분석 여부를 평가하고, 효율적 의사결정단위들의 순위를 결정하기 위한 Andersen-Petersen(AP)모형과 그 한계를 고찰한 후, AP모형의 한계를 극복할 수 있는 잔여기준 초효율성지표(Super-SBM)를 제시하고, 이 방법을 사용하여 도시개발공사들의 효율성 순위를 분석했다.

자료포락분석에 있어서 효율적 의사결정단위가 다수 존재하는 경우 방사적 지표에 입각한 전통적 방법인 AP모형은 투입산출요소의 잔여(slacks)를 고려하지 않고 초효율성을 측정할 뿐만 아니라 자료에 따라 실행불능해가 발생하는 근본적인 문제점을 지니고 있기 때문에 투입산출요소의 잔여를 직접적으로 처리함은 물론 실행불능해가 발생하지 않는 장점을 지니고 있는 비방사적 지표인 잔여기준 초효율성지표(Super-SBM)를 공공부문의 효율성을 평가하는 데 적용함으로써 효율적 단위들의 순위를 결정하고 투입산출요소의 비효율성의 정도를 정확히 측정해야 할 것이다.

다수의 효율적 단위들 간의 효율성의 차이를 구분하지 못할 뿐만 아니라 효율적 단위라도 효율성을 높이기 위해서는 어떠한 투입요소도 증가시킬 수 없다는 CCR모형 및 BCC모형과는 달리, Super-SBM모형을 사용하면 다수의 효율적 단위들 간의 효율성의 차이를 구분하여 효율적 단위들의 순위를 결정할 수 있음은 물론 효율성이 높은 단위의 경우 일부 투입요소를 증가시키더라도 여전히 상대적 효율성이 유지될 수 있는 경영개선정보를 얻을 수 있다. 이는

\* 군산대학교 사회과학대학 행정복지학부 교수.

CCR모형이나 BCC모형을 사용하여 공공부문의 효율성을 측정한 기존 연구들의 시각을 근본적으로 바꾸는 데 크게 기여할 것이다.

【주제어: 자료포락분석, 순위분석, 초효율성, 잔여기준, 초효율성지표, Andersen-Petersen모형】

## I. 서 론

공공부문의 효율성(efficiency)을 제고하는 문제는 특히 1980년대부터 시작된 주요 선진국들의 정부개혁과정에서 그 중요성이 크게 높아지고 있다.<sup>1)</sup> 우리나라에서도 공공부문의 효율성을 높일 수 있는 구조조정이 진행되고 있다. 2004년 10월 스위스의 세계경제포럼(WEF)이 발표한 국가경쟁력 평가보고서에 의하면 우리나라의 국가경쟁력지수는 세계 104개국 중 2003년 18위보다 11계단이 떨어진 29위인 것으로 나타났으며, 특히 우리나라 공공부문의 경쟁력은 지난해 36위에서 41위로 낮아졌다(WEF, 2004). 한편, 세계경제포럼과 함께 세계적인 국가경쟁력 평가기관인 스위스 국제경영발전연구원(IMD)이 2005년 5월 발표한 세계 주요 60개국의 2005년 국가경쟁력 순위에서는 우리나라는 29위로 나타나 2004년의 35위에 비해 6단계 상승했으며, 특히 정부행정의 효율성은 2004년의 36위에서 2005년에는 31위로 5단계 상승한 것으로 나타났다(IMD, 2005). 하지만 아시아에서 우리나라의 주요 경쟁대상 국가인 홍콩(2위)과 싱가포르(3위), 대만(11위)에 비해 정부행정의 효율성은 물론 경제운영의 성과와 기업경영의 효율성, 발전인프라 등 핵심 4개 부문에서 모두 경쟁력이 떨어지는 것으로 나타났다.

공공부문의 효율성을 높이는 문제가 국가적으로 매우 중요한 과제임에도 불구하고 지금까지는 선언적인 구호에 그칠 뿐, 효율성을 계량적으로 측정하려는 노력이 미흡했을 뿐만 아니라 전통적인 방법을 벗어나지 못하고 있다.

전통적인 효율성 측정방법의 한계를 극복할 수 있는 대안으로 최근에 각광을 받고 있는 방법론이 변경분석(frontier analysis)이다. 변경분석의 주요 방법론은 자료포락분석(data envelopment analysis: DEA)과 확률변경분석(stochastic frontier

1) efficiency는 투입에 대한 산출의 비율을 의미하는데, 이 개념을 행정학에서는 보통 능률성이라고 하는 데 비해 행정학을 제외한 거의 모든 학문분야와 사회에서는 대부분 효율성이라고 부른다. 본 연구에서는 efficiency 개념의 대중성을 고려하여 이를 효율성으로 기술하기로 한다. 행정학에서는 능률성에 효과성을 포함하여 생산성(productivity)이라고 한다. 고객만족도와 같은 행정서비스의 최종적 결과(outcome)도 생산성에 포함된다고 볼 수 있다. 따라서 efficiency에 대한 행정학적 개념과 경제학적 개념 간에 실질적인 차이가 존재하지 않는다고 볼 수 있다.

analysis: SFA)이다.<sup>2)</sup> 변경분석은 체제모형(systems model)에 입각한 투입요소(inputs)와 산출요소(outputs)를 사용하여 동일하거나 매우 유사한 기능을 수행하는 의사결정단위(decision-making units: DMUs) 또는 조직단위(organizational units)의 관리운영상 상대적 효율성(managerial relative efficiency)을 측정하고 평가하는데 사용할 수 있는 성과평가 방법론이며, 자료포락분석은 특히 공공부문의 비효율성(inefficiency)을 분석하는데 매우 유용한 장점을 지니고 있다.

최근 자료포락분석의 방법론은 학문적으로 급속도로 발전하고 있으며, 실제로 민간부문은 물론 공공부문의 여러 분야에 걸쳐 광범위하게 적용되고 있다. 지금까지 자료포락분석을 사용하여 지방정부나 공기업과 같은 공공부문의 효율성을 측정하고 평가한 연구들이 일부 있기는 하지만, 방법론적으로 개선해야 할 여지가 많다. 특히 효율적 의사결정단위(efficient decision-making unit)가 다수 존재하는 경우 효율성의 차이를 구분할 수 없어서 효율적 단위들이 모두 완벽하게 효율적이고 효율적 단위들 간에 우열을 가릴 수 없는 것으로 간주될 뿐 아니라 이 점이 자료포락분석의 근본적인 한계인 것처럼 잘못 인식되는 경우가 많았다.

하지만 순위분석(ranking analysis)을 사용하면 다수의 효율적 의사결정단위들 간에 존재하는 효율성의 차이를 구분하여 효율성의 순위를 결정할 수 있다. 순위분석을 수행하는 목적은 다수의 효율적 단위들 중 가장 효율적인 단위가 무엇인지를 식별할 수 있을 뿐만 아니라 투입산출요소의 비효율성의 정도를 파악하여 경영개선을 위한 정보를 도출하는 데 있다. 순위분석에 의한 투입산출요소의 비효율성의 정도는 CCR(Charnes-Cooper-Rhodes)모형이나 BCC(Banker-Charnes-Cooper)모형을 사용하여 구한 투입산출요소의 비효율성의 정도와 상이하다. CCR모형이나 BCC모형에서는 효율성점수가 1인 경우 투입요소와 산출요소의 비효율성의 정도가 모두 0으로 나타나는 데 비해 순위분석에서는 효율성점수가 1인 경우에는 투입산출요소의 비효율성의 정도가 모두 0이지만, 효율성점수가 1보다 클수록 일부 투입요소를 더 많이 증가시키더라도 효율적 단위(효율성점수가 1)를 유지할 수 있는 것으로 나타난다. 이와 같이 순위분석은 중요한 의미를 지니고 있기 때문에 국제저널에서 이에 관한 다양한 논문들이 지속적으로 나오고 있다.

---

2) 자료포락분석은 Charnes 외(1978)에 의해, 그리고 확률변경분석은 Aigner 외(1977) 및 Meeusen & van den Broeck(1977)에 의해 창안된 이후 여러 분야에 광범위하게 적용되고 있다. 자료포락분석의 자세한 내용에 대해서는 Seiford & Thrall(1990), Ali & Seiford(1993), Charnes 외(1994), Seiford(1996) 및 Soteriou & Zenios(1998)를, 그리고 확률변경분석에 대해서는 Lovell(1993) 및 Kumbhakar & Lovell(2000)을 참조하기 바란다.

따라서 본 연구에서는 공공부문의 효율성 측정에 많이 사용되고 있는 자료포락분석에 있어서 효율적 의사결정단위가 다수 존재하는 경우 효율적 단위들 간의 효율성의 차이를 구분하여 순위를 결정하는 방법론적 개선방안과 적용사례를 제시함으로써 성과평가의 방법론적 발전을 도모하고 공공부문에 대한 실제적 적용가능성을 높이는 데 기여하고자 한다.

논의의 순서는 다음과 같다. 제2장에서 자료포락분석을 공공부문의 효율성 측정에 적용한 국내의 주요 선행연구들의 순위분석 여부를 검토하고, 제3장에서 효율적 의사결정단위가 다수 존재하는 경우 효율적 단위들의 순위를 결정하는 전통적 방법을 고찰한 후 새로운 방법을 제시하며, 제4장에서 잔여기준 초효율성지표(Super-SBM)를 사용하여 도시개발공사들의 효율성 순위를 분석한 연구결과를 설명하고, 제5장에서 결론을 맺기로 한다.

## II. 공공부문의 효율성 측정에 있어서 순위분석에 관한 선행연구 검토

### 1. 공공부문의 효율성 측정에 관한 주요 선행연구

자료포락분석은 민간부문과 공공부문에 걸쳐 다양하게 적용되고 있지만, 본 연구에서는 공공부문에 적용된 국내의 선행연구들 중 2005년 6월 현재 한국학술진흥재단 등재(후보)학술지에 해당되는 *한국행정학보*, *한국정책학회보*, 정책분석평가학회보, *한국행정연구*, *행정논총*, *한국지방자치학회보*, *한국행정논집*, 지방정부연구, *한국공공정책연구* 등에 게재된 주요 선행연구들을 포함했다.

공공부문의 효율성을 측정하기 위해 자료포락분석을 사용한 주요 선행연구들을 살펴보면 크게 행정전반의 효율성을 측정한 연구들과 특정 행정분야의 효율성을 측정한 연구들로 구분된다. 행정서비스의 효율성을 측정한 연구들로는 이혁주·박희봉(1996), 김성종(2000), 김재홍(2000), 임동진·김상호(2000), 임동진(2001), 송건섭·이곤수(2004) 등이 있으며, 특정 행정서비스의 효율성을 분석한 연구들로는 정원관리(이혁주, 1997)를 비롯하여, 정부지출(김성종, 2002), 국세행정(유금록, 2003a), 병원(정윤수, 1995), 쓰레기수거서비스(이상섭·김규덕, 1998; 김성종·고승희, 2001; 남기범, 2001), 보건소(윤경준, 1996; 유금록, 2003b), 상수도사업(윤경준·원구환, 1996; 유금록, 2002), 경찰서(윤경준, 1998), 문화예술서비스(홍기원, 2004), 사회복지서비스(문신용·윤기찬, 2004), 정보화(김건위, 2005), 지방공영개발사업(유금록, 2005a, 2005b) 등이 있다.

<표 1>에서 선행연구들의 핵심적 내용에 대한 독자들의 이해를 돋기 위하여

선행연구들의 주요 내용을 요약하여 제시했다.

〈표 1〉 공공부문에 대한 자료포락분석 적용사례 요약

구분 적용분야 및 연구자	효율적 단위의 비율	분석 유형 (기간)	측정대상 (기관수)	투입요소	산출요소	DEA 모형	
행정서비스	이혁주· 박희봉 (1996)	미제시	횡단면 분석 (1993)	일반시 행정전반 (68)	공무원수 공무원 인건비 자본 총세출	건축허가건수 쓰레기수거량 상수도공급량 생활보호대상자수 도로사업비 지방세징수액 주민수	BCC
	김성종 (2000)	37.1% 50.0%	횡단면 분석 (1998)	일반시 행정전반 (70)	일반회계 세출예산총액 중 인건비 제외금액 시유행정재산 총평가액 공무원수	건축허기면적 도로면적 자동차수 저소득주민수 식품위생업소수 공중위생업소수 쓰레기수거량 인구 총사업체수	
	김재홍 (2000)	12.5% 24.2%	시계열 분석 (1995, 1998)	일반시 행정전반 (64)	주민1인당 공무원수 1인당 세출결산액 공무원1인당 관할구역면적	상하수도보급률 주민1인당 시설공원면적 주민1천명당 사회복지시설수 수용인원	CCR BCC
	임동진· 김상호 (2000)	31.0% 62.0%	횡단면 분석 (1998)	일반시 행정전반 (71)	시민1인당 공무원수 시민1인당 세출액 공무원1인당 관할면적	1인당 건축허기면적 하수도보급률 상수도보급률 저소득주민 보호비율 인구1천명당 사회복지시설수 도로율 1인당 지방세징수액 인구1천명당 문화시설수 인구1천명당 도시공원면적	CCR BCC

행정 서비스	임동진 (2001)	19.7% 29.6%	횡단면 분석 (1998)	일반시 행정전반 (71)	시민1인당 공무원수 시민1인당 세출액 공무원1인당 관할면적	1인당 건축허가면적 하수도보급률 상수도보급률 저소득주민 보호비율 인구1천명당 사회복지시설수 도로율 1인당 지방세징수액 인구1천명당 문화시설수 인구1천명당 도시공원면적	CCR BCC
	송건섭· 이곤수 (2004)	87.5%	횡단면 분석 (2002)	광역 자치단체 행정전반 (16)	공무원1인당 주민수 주민1인당 세출액 공무원1인당 관할면적	사회복지시설수 공무원교육율 1인당 지방세징수액 민원처리실적 공공체육시설수 문화예술시설수 1인당 도시공원면적 상수도보급률 하수도보급률 도로율	CCR
정원 관리	이혁주 (1997)	42.4%	시계열 분석 (1992, 1993, 1994)	일반시 행정전반 (68)	공무원수 공무원 인건비 자본 총세출	건축허가건수 쓰레기수거량 상수도공급량 생활보호대상자수 도로사업비 지방세징수액 주민수	BCC
정부 지출	김성종 (2002)	44.3% 64.3%	횡단면 분석 (1998)	일반시 행정전반 (70)	보건 및 생활환경개선비 사회보장비 주택 및 지역사회개발비	상수도연장 하수관거 접속인구 공원면적 쓰레기수거량 식품위생업소수 공중위생업소수 저소득주민수 생활보호자수 장애인수 건축허가면적 도로면적	CCR BCC
국세 행정	유금록 (2003a)	9.5% 19.0%	원도우 분석 (1980-2000)	한국·일본 국세행정 (2)	징세비	징수세액 조세법칙 추징액	CCR BCC
병원	정운수 (1995)	미제시	횡단면 분석 (1985)	미국 의료교육 병원 (159)	의료인력 간호인력 기타인력 총병상수	응급환자 총입원일수 충환자 총입원일수 입원 및 외래환자 수술횟수 외래환자 진료횟수 훈련받은 레지던트수	CCR

쓰 레 기 수 거	이상섭· 김규덕 (1998)	38.9%	횡단면 분석 (1995)	대구·경북 시군 쓰레기 수거서비스 (18)	예산 인력수 장비수	수거쓰레기톤수 재활용쓰레기톤수 쓰레기봉투 사용수수료 징수액	CCR
	김성종· 고승희 (2001)	34.8%	횡단면 분석 (2000)	자치구 생활폐기물 처리업무 (69)	관리인원 관리장비 손수레 관리예산	생활폐기물처리량 생활폐기물재활용량 폐기물관리구역 면적 폐기물관리구역 인구	CCR
	남기범 (2001)	18.8%	시계열 분석 (1988- 1999)	서울시 자치구 쓰레기수거 서비스 (25)	인원 차량 및 중장비 손수레	총수거량 매각 및 소각량 재활용품 수거량	CCR
보 건 소	윤경준 (1996)	25.9%	횡단면 분석 (1992)	자치구 보건소 (54)	의료인력 간호인력 기타인력	결핵관리사업 가족계획사업 모자보건사업 진료사업	CCR
	유금록 (2003b)	해당 사항 없음	패널 자료 분석 (1995- 2000)	전북 보건소 (14)	의료인력(재량요소) 간호인력(재량요소) 행정인력(재량요소) 인구(비재량요소) 면적(비재량요소)	진료사업 가족계획사업	방사적 Malmquist 모형 (CCR, BCC)
상 수 도	윤경준· 원구환 (1996)	23.9%	횡단면 분석 (1994)	일반시 상수도사업 (73)	인건비 물건비 기타 영업비용 영업외비용	1인 1일 급수량 안정성비율 수익성비율	CCR
	유금록 (2002)	해당 사항 없음	패널 자료 분석 (1997- 2000)	상수도 공기업 (89)	직원수 순가동설비자산	수도관연장 급수전수 조정량	방사적 Malmquist 모형 (CCR, BCC)
경 찰 서	윤경준 (1998)	5.6% 21.5%	횡단면 분석 (1995)	경찰서 (107)	경무과 인력 방범·수사·형사과 인력 교통·경비과 인력 파출소 인력	6대 범죄 검거건수	CCR BCC
문 학 예 술	홍기원 (2004)	23.4%	횡단면 분석 (2000)	공연 문화공간 문화예술 서비스 (47)	문화전문직 일반행정직 총세출예산	자체기획일수 대관일수 관람객총수	BCC

사회 복지	문신옹· 윤기찬 (2004)	60% 100%	횡단면 분석 (2003)	서울시 여성발전센터 (5)	인력 예산	자격증취득자수 취업자수 자체수익	CCR BCC
정보화	김건위 (2005)	17.7% 28.0%	횡단면 분석 (2001)	기초 자치단체 정보화 (232)	정보화 예산 정보화 인력 정보화 교육시간	내부업무정보화 전자결재 전자민원처리 지역주민 정보화교육	CCR BCC
지방공영	유금록 (2005a)	해당 사항 없음	패널 자료 분석 (1995-2002)	지방 공영개발사업 (25)	직원수 투자자본	매출액(영업수익)	비방사적 Malmquist 모형 (CCR, BCC)
개발사업	유금록 (2005b)	해당 사항 없음	패널 자료 분석 (1995-2002)	지방 공영개발사업 및 도시개발공사 (29)	직원수 투자자본	매출액(영업수익)	비방사적 Malmquist 모형 (CCR, BCC)

## 2. 자료포락분석의 적용사례에 있어서 순위분석 검토

자료포락분석을 사용하여 공공부문의 효율성을 측정한 선행연구들에 대한 방법론적 평가는 윤경준(2003)에 의해 이루어졌다. 윤경준의 연구는 한국학술진흥재단 등재(후보)지에 게재된 논문 중 행정학분야의 주요 연구들만을 선정하여 11편의 논문을 대상으로 모형설정부분과 분석결과의 활용부분을 평가했다. 모형설정부분에서는 측정대상조직의 선정(유형 및 수)을 비롯, 투입산출요소의 선정(수와 선정방법), 측정대상 시점(단일시점 또는 복수시점), 자료포락분석모형의 유형(CCR모형 또는 BCC모형) 등을 평가했으며, 분석결과의 활용부분에서는 효율성 관련정보의 유형(효율성점수, 준거집단, 비효율 정도)과 자료포락분석 사후분석(통계분석 또는 개별 사례분석)을 평가했다.

본 논문에서는 공공부문의 효율성을 측정하기 위한 자료포락분석을 적용하는데 있어서 중요하지만 대부분의 연구에서 간과되고 있는 문제들 중 윤경준(2003)의 연구에서 다루지 않은 사항들 중 하나인 효율적 의사결정단위들(efficient DMUs)의 순위분석(ranking analysis) 여부를 검토했다.

자료포락분석을 공공부문에 적용하는 경우 모형의 변별력(discriminating power)을 높이는 것이 중요하다. 왜냐하면 의사결정단위가 효율변경(efficient frontier)에 과다하게 존재하는 경우 자료포락분석에 의한 효율성 측정결과는 유

용한 정보를 제공하지 못하기 때문이다.

자료포락분석에 있어서 모형의 타당도와 변별력 간에는 상충관계(trade-off)가 존재한다. 모형의 타당도를 높이기 위하여 과다한 투입산출요소를 포함시키면 모형의 변별력이 낮아지게 된다(윤경준, 2003: 22-23). 따라서 자료포락분석을 활용함에 있어서 모형의 타당도와 변별력을 모두 높이는 것이 중요하다.

모형의 변별력을 높이기 위해서는 우선 충분한 자유도(degree of freedom)를 확보해야 한다. 충분한 자유도가 확보되더라도 효율적인 의사결정단위가 다수인 것으로 나타나면 이들 단위들 간의 효율성의 차이를 식별하기가 어려워지게 되어 자료포락분석을 사용하여 효율성을 측정하는 데 있어서 자료포락분석의 유용성에 대한 근본적인 의문이 제기된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 효율적 의사결정단위들에 대한 순위분석을 수행할 필요가 있다.

순위분석을 수행하는 목적은 다수의 효율적 단위들 간에 존재하는 효율성의 차이를 구분하여 효율성의 순위를 결정하여 가장 효율적인 단위가 무엇인지를 식별할 뿐만 아니라 투입산출요소의 비효율성의 정도를 파악하여 경영개선을 위한 정보를 도출하는 데 있다. 순위분석에 의한 투입산출요소의 비효율성의 정도는 CCR모형이나 BCC모형을 사용하여 구한 투입산출요소의 비효율성의 정도와는 상이하게 나타난다.

선행연구들을 대상으로 전체 평가대상 기관 중 효율성점수가 1인 비율을 살펴보면 윤경준(1996)의 연구에서는 25.9%, 윤경준·원구환(1996)에서는 23.9%, 이혁주(1997)에서는 평균 42.4%, 윤경준 (1998)에서는 5.6%(BCC모형 21.5%), 이상섭·김규덕(1998)에서는 38.9%, 유금록(2003a)에서는 9.5%(BCC모형 19.0%), 김성종(2000)에서는 37.1%(BCC모형 50.0%), 김재홍(2000)에서는 12.5%(BCC모형 24.2%), 김성종·고승희(2001)에서는 34.8%, 남기범(2001)에서는 18.8%, 임동진·김상호(2000)에서는 31.0%(BCC모형 62.0%), 임동진(2001)에서는 19.7% (BCC모형 29.6%), 김성종(2002)에서는 44.3%(BCC모형 64.3%), 홍기원(2004)에서는 23.4%, 문신용·윤기찬(2004)에서는 60%(BCC모형 100%), 송건섭·이곤수(2004)에서는 87.5%, 김건위(2005)에서는 17.7%(BCC모형 28.0%)로 각각 나타났다.

이와 같이 가장 효율적인 기관(효율성점수 100%)으로 분류된 기관이 CCR모형에서는 최저 5.6%에서 최대 60%까지 분포되어 있는 데 비해, BCC모형에서는 CCR모형보다 더 많은 기관이 효율적인 것으로 나타났는데, 이는 BCC모형의 특성에 기인한다고 볼 수 있다.

### III. 효율적 의사결정단위들의 순위분석 방법

대부분의 자료포락분석모형에서 가장 효율적인 단위들은 효율성점수가 1로 나타나는데, 다수의 효율적 단위들이 존재하는 경우가 일반적이다. 이러한 효율적 단위들 간의 효율성의 차이를 판별하기 위하여 Andersen & Petersen(1993)과 Doyle & Green(1993, 1994), Stewart(1994), Tofallis(1996), Seiford & Zhu(1999), Zhu(2001), Tone(2002) 등이 효율적 단위들의 순위를 결정하는 방법을 제시했다.

초효율성점수(super-efficiency scores)를 계산하는 방법으로는 방사적(radial) 효율성지표와 비방사적(non-radial) 효율성지표가 있다. 전자는 Andersen & Petersen (1993)에 의해 처음 제시된 이래 지금까지 가장 많이 사용되어 왔는데, 이 모형은 AP모형 또는 Super-CCR모형으로 부르기로 한다. 하지만 이 모형은 투입산출요소에서의 잔여(slacks)의 존재를 고려하지 않고 초효율성점수를 계산한다는 문제점을 지니고 있다. 후자는 투입산출요소의 잔여를 직접적으로 처리하는 잔여기준 효율성지표(SBM)에 입각하여 초효율성점수를 계산한다는 장점을 갖고 있는데, 이 모형을 Super-SBM모형으로 명명하기로 한다.

본 연구에서는 AP모형과 그 한계를 고찰한 다음, Tone(2002)이 제시한 초효율성(super-efficiency)을 발전시켜 Super-SBM모형을 중심으로 효율적 단위들 간에 순위를 결정하는 방법을 제시하기로 한다.

#### 1. AP모형(방사적 지표)

이 방법은 CCR모형에서 효율적인 것으로 나타난 다수의 효율적 의사결정단위들 사이의 효율성 차이를 판별하기 위하여 특정 피평가 의사결정단위를 생산 가능집합(production possibility set)으로부터 제외하고 특정 의사결정단위로부터 새로운 생산가능집합까지의 거리(distance)를 측정하여 효율성을 계산한다. 기술적 효율성을 측정하기 위한 투입지향적 AP모형은 식 (1)과 같다.

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

여기서  $x_k$ 는  $k$ 번째 단위에 대하여  $m$ 차원의 투입요소벡터이고  $y_k$ 는  $s$ 차원의 산출요소벡터이다.  $\theta_k$ 는 준거기술(reference technology) 내에서  $k$ 번째 의사결정

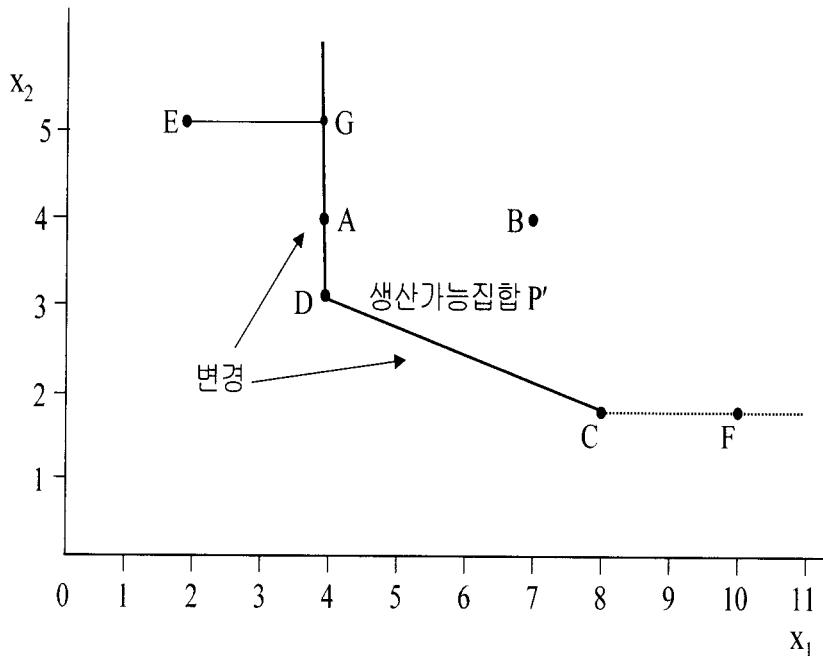
단위의 산출요소벡터를 생산하기 위하여 필요한  $k$ 번째 의사결정단위의 투입요소벡터의 봇을 규정하는 스칼라(scalar)이다.  $\lambda$ 는 가중치벡터이고  $\lambda_j$ 는  $j$ 번째 단위의 가중치를 나타낸다.  $\epsilon$ 은 비아르키미디언 무한소(non-Archimedian infinitesimal)이고,  $e'$ 은 1의 행벡터이다.

AP모형은 투입산출요소의 잔여(slacks)를 고려하여 효율성점수를 계산하지 않아 뿐 아니라 일부 효율적 단위들의 효율성점수가 실행불능의(infeasible) 무한대로 나타나는 문제점을 지니고 있다. 이러한 문제점을 극복할 수 있는 방법이 Super-SBM모형이다. 이 모형은 투입산출요소의 잔여를 반영할 뿐 아니라 실행불능해(infeasible solutions)를 적절히 처리하여 초효율성을 정확하게 측정할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

## 2. Super-SBM모형(비방사적 지표)

모형의 변별력을 높일 수 있는 가장 바람직한 방법은 잔여기준 초효율성지표(slacks-based measure of super-efficiency: Super-SBM)를 사용하는 것이다. 이 방법은 잔여기준 효율성지표(slacks-based measure of efficiency: SBM)를 사용하여 방사적 자료포락분석모형인 CCR모형에서 효율적인 것으로 나타난 다수의 효율적 의사결정단위들 간의 효율성 차이를 판별한다. 이를 간단히 설명하면 효율적인 특정 의사결정단위를 생산가능집합(production possibility set)으로부터 제외하고 특정 의사결정단위로부터 새로운 생산가능집합까지의 거리(distance)를 측정한 후, 거리가 작으면 특정 단위가 다른 단위들보다 약간 더 효율적인 것에 불과하므로 특정 단위의 초효율성이 낮은 것으로 볼 수 있는 데 비해 거리가 크면 특정 단위의 초효율성이 다른 의사결정단위들에 비해 높은 것으로 볼 수 있다(Tone, 2002). 따라서 초효율성지표를 사용하면 효율성점수가 1로 나타난 다수의 의사결정단위들에 대하여 1보다 큰 효율성점수를 부여함으로써 각 단위의 순위를 정할 수 있다.

두 개의 투입요소  $x_1$ 과  $x_2$ , 그리고 한 개의 산출물  $y (=1)$ 를 가진 6개의 의사결정단위들로 구성된 간단한 예를 사용하여 잔여기준 초효율성지표를 설명하기로 한다.

<그림 1> 생산가능집합( $P'$ )과 변경(Super-SBM)

효율적 의사결정단위들의 초효율성을 단위 E를 예로 들어 설명하기로 한다. 의사결정단위집합에서 단위 E를 제외하고 생산가능집합  $P'$ 를 그린 후,  $P'$  상의 한 점을  $(x_1', x_2', y')$ 라 하자. E와  $(x_1', x_2', y')$  간의 투입공간상 거리를  $(x_1'/x_{1E} + x_2'/x_{2E})/2$ 로 정의하면, E와  $P'$  간의 거리는 식 (2)와 같은 선형계획모형의 최적해로 정의된다.

$$\min \quad (x_1'/x_{1E} + x_2'/x_{2E})/2,$$

st

$$\begin{aligned}
 x_1' &\geq 4\lambda_A + 7\lambda_B + 8\lambda_C + 4\lambda_D + 10\lambda_F, \\
 x_2' &\geq 4\lambda_A + 4\lambda_B + 2\lambda_C + 3\lambda_D + 2\lambda_F, \\
 y' &\leq \lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \lambda_D + \lambda_F, \\
 x_1' &\geq x_{1E}, \\
 x_2' &\geq x_{2E}, \\
 y' &= y_E, \\
 \lambda_A, \lambda_B, \lambda_C, \lambda_D, \lambda_F &\geq 0, \\
 (x_1', x_2', y') &\in P'
 \end{aligned} \tag{2}$$

이 예제의 최적해는 <그림 1>에서 G점이며, 투입요소와 산출요소의 최적해는  $x_1' = 4$ ,  $x_2' = 5$ ,  $y = 1$ 이다. 따라서 E점과 G점간의 거리는  $(4/2 + 5/5)/2 = 1.5$ 이다. 이러한 방법으로 의사결정단위 C와 D의 거리(효율성)를 측정할 수 있다.

위에서 설명한 것을 일반화하여 의사결정단위  $k$ 의 초효율성점수를 구하는 데 사용하기 위한 투입지향적 규모수익불변(constant returns to scale: CRS) 잔여 기준 초율성지표(Super-SBM) 모형은 식 (3)과 같은 선형계획문제로 정식화된다.

$$\begin{aligned} \min \quad & \delta = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i' / x_{ik}, \\ \text{st} \quad & x' \geq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_j, \\ & y' \leq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_j, \\ & x' \geq x_k, \\ & y' = y_k, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned} \quad (3)$$

여기서  $\delta$ 는 초효율성점수를,  $x_{ik}$ 는 의사결정단위  $k$ 의 투입요소를,  $x'$ 은 의사결정단위  $k$ 를 제외하고 형성된 생산가능집합에서의 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 의사결정단위  $k$ 의 투입요소벡터를,  $y_k$ 는 의사결정단위  $k$ 의 산출요소벡터를 각각 나타낸다.

한편, 투입요소의 잔여를 도입하여 의사결정단위  $k$ 의 초효율성점수를 계산하는 데 사용하기 위한 투입지향적 잔여기준 초율성지표 모형은 식 (4)와 같은 선형계획문제로 표시된다.

$$\begin{aligned} \min_{\lambda, s^-} \quad & 1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{ik}, \\ \text{st} \quad & x_k \geq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_j - s^-, \\ & y_k \leq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_j, \\ & L \leq e\lambda \leq U, \\ & \lambda \geq 0, s^- \geq 0, \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)를 초효율성점수를 표시하는 보수( $\delta$ )를 도입하여 달리 표시하면 식 (5)와 같다.

$$\begin{aligned} \min_{\delta, \lambda} \quad & \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta_i, \\ \text{st} \quad & \delta_i x_k \geq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_j, \\ & y_k \leq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_j, \\ & \delta_i \geq 1, \\ & L \leq e^\lambda \leq U, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned} \tag{5}$$

여기서  $x_k$ 는  $k$ 번째 단위에 대한  $m$ 차원의 투입요소벡터이고  $y_k$ 는  $s$ 차원의 산출요소벡터이다.  $\delta_i$ 는 준거기술(reference technology) 내에서  $k$ 번째 의사결정단위의 산출요소벡터를 생산하기 위하여 필요한  $k$ 번째 의사결정단위의 투입요소벡터의 뜻을 규정하는 스칼라(scalar)이다.  $\lambda$ 는 가중치벡터이고  $\lambda$ 는  $n$ 차원 벡터공간( $R^n$ )에서의 半陽符號벡터(semipositive vector)를<sup>3)</sup> 나타내며,  $\lambda_j$ 는  $j$ 번째 단위의 가중치를 의미한다.  $L$ 과  $U$ 는 의사결정단위가  $n$ 개 존재할 경우  $\lambda_j (j = 1, \dots, n)$ 의 합에 대한 하한경계 및 상한경계(lower and upper bounds)를 각각 의미한다. 규모수익불변(CRS) 모형에서는  $(L, U) = (0, \infty)$ , 규모수익가변(VRS) 모형에서는  $(L, U) = (1, 1)$ , 규모수익체증(increasing returns to scale: IRS) 모형에서는  $(L, U) = (1, \infty)$ , 규모수익체감(decreasing returns to scale: DRS) 모형에서는  $(L, U) = (0, 1)$ 이 된다. 그리고  $\delta_i$ 는 1 이상의 값을 갖는데, 이는 평가단위인  $(x_k, y_k)$ 가 평가단위인  $(\sum_{j=1, j \neq k}^n x_j, \sum_{j=1, j \neq k}^n y_j)$ 의 기술적 효율변경(technically efficient frontiers) 위에 존재한다는 것을 나타낸다.

### 3. CCR모형과 AP모형, Super-SBM모형의 효율성 비교

예시자료에 대해 CCR모형과 AP모형, Super-SBM모형을 사용하여 효율성점수를 측정한 결과는 <표 2>와 같다. CCR모형에서 효율성점수가 1이어서 효율적 단위들 간에 효율성의 차이를 구분하기 어려웠던 의사결정단위들인 C, D, E, F의 경우 AP모형에서는 초효율성점수가 각각 1.100, 1.200, 2.000, 1.000으로 나타

3) 半陽符號(semipositive)란 모든 자료가 非陰(nonnegative)으로 가정되지만 모든 투입요소벡터 및 산출물벡터에서 최소한 하나의 원소가 陽(positive)인 것을 의미한다 (Cooper 외, 2000: 42).

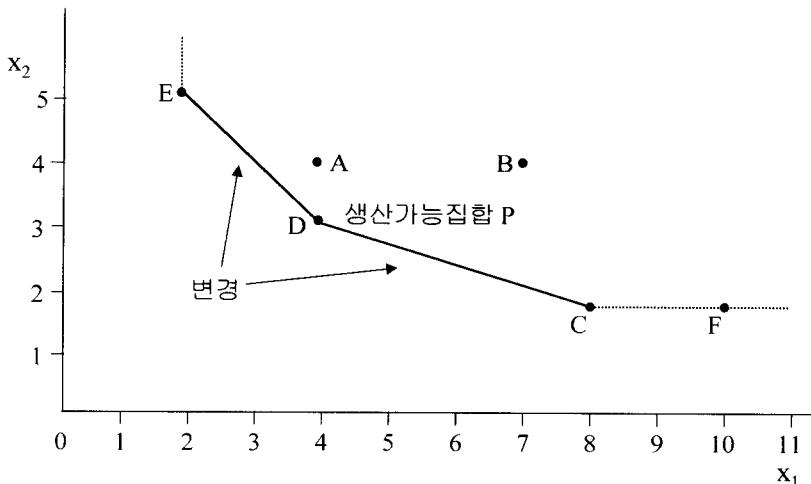
나고, Super-SBM모형에서는 초효율성점수가 각각 1.083, 1.167, 1.5, 0.9로 나타나 효율성의 차이를 E, D, C, F순으로 판별할 수 있다.

〈표 2〉 CCR모형과 AP모형, Super-SBM모형의 효율성점수 비교

의사결정단위	투입산출요소			CCR모형	SBM모형	AP모형	Super-SBM모형
	투입요소 $x_1$	투입요소 $x_2$	산출물 $y$				
A	4	4	1	0.875	0.875	0.875	0.875
B	7	4	1	0.696	0.661	0.696	0.661
C	8	2	1	1.000	1.000	1.100	1.083
D	4	3	1	1.000	1.000	1.200	1.167
E	2	5	1	1.000	1.000	2.000	1.500
F	10	2	1	1.000	0.900	1.000	0.900

〈표 2〉에서 CCR모형으로 측정한 비효율적 단위의 효율성점수가 Super-SBM 모형과 상이하게 나타난 것은 전자에서는 투입산출요소의 잔여(slacks)를 고려하지 않은 데 비해 후자에서는 투입산출요소의 잔여를 반영했기 때문이다. 이를 자세히 설명하면 자료포락분석을 사용하여 효율성을 정확하게 측정하기 위해서는 투입산출요소의 잔여를 고려하여 효율성을 측정해야 한다는 점을 유념해야 한다. CCR모형을 사용하여 효율성을 측정하는 경우에 동일한 수준의 산출물을 생산하는 데 있어서 어느 한 투입요소가 수평의 효율변경 위에 존재하면 그 투입요소가 적게 사용되든 많게 사용되든 두 단위의 효율성이 동일하게 계산되는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하고 정확한 효율성 측정치를 구하기 위해서는 투입산출요소의 잔여를 반영하여 효율성을 측정하는 잔여기준 효율성 지표(slacks-based measure of efficiency: SBM)를 사용해야 한다(Tone, 2001).

〈그림 2〉 생산가능집합(P)과 변경(SBM)



잔여기준 효율성지표를 보다 더 자세히 설명하면 <그림 2>에서 단위 C와 단위 F는 산출량이 모두 1로 동일하지만, 전자는 투입요소  $x_1$ 을 8단위 사용하고 있는데 비해 후자는 10단위를 사용하여 전자보다 2단위를 더 많이 사용하고 있다. CCR모형으로 이를 측정하면 양자 모두 수평적인 선분 CF 위에 존재하기 때문에 효율성이 1로 동일하게 나타난다. 이에 비해 잔여기준 효율성지표는 투입요소  $x_1$ 의 잔여, 즉 2단위의 차이를 반영하여 효율성을 측정하게 되므로 단위 C의 효율성은 1(Super-SBM모형에서는 1.083)로 나타나는 데 비해 단위 F의 효율성은 0.9로 나타나게 된다. 잔여기준 효율성지표에 대한 이해를 돋기 위하여 이 방법을 사용하여 측정한 효율성점수를 <표 2>에 포함했다.

한편, 효율적 단위들의 순위를 분석하는 데 있어서 지금까지 가장 많이 활용된 AP모형은 투입산출요소의 잔여를 고려하지 않을 뿐 아니라 효율적 단위들의 일부 효율성점수가 지나치게 커지거나 실행불능해로 나타나는 문제점을 지니고 있다.<sup>4)</sup> 아직까지는 Super-SBM모형으로 측정한 효율성점수가 가장 정확한 것으로 볼 수 있다. 왜냐하면 이 방법은 투입산출요소의 잔여를 정확하게 반영하기 때문에 효율성을 정확하게 계산하기 때문이다. 이 방법을 사용하여 수작업으로 효율성을 계산하기가 용이하지 않다는 난점을 지니고 있지만, 자료포락분석용 소프트웨어를 사용하면 용이하게 초효율성점수를 구할 수 있다.<sup>5)</sup>

4) AP모형에 의한 초효율성점수를 구하기 위해 가장 많이 사용되는 소프트웨어로는 EMS가 있다. 하지만 이 프로그램은 경우에 따라 가장 효율적인 단위를 무한히 큰 숫자를 의미하는 'big'으로 표시하는 근본적인 오류를 내포하고 있다. 'big'이라는 값은 실제로는 가장 효율적인 단위가 아니고 실행불능해를 나타낸다.

## IV. 도시개발공사의 순위분석

본 연구에서는 앞에서 제시한 Super-SBM모형을 사용하여 전국 12개 광역자치단체에서 공사형 지방공기업으로서 간접경영방식의 공영개발사업을 수행하고 있는 도시개발공사의 총효율성을 측정하여 순위를 분석했다.<sup>6)</sup>

### 1. 투입산출요소

지방공영개발사업의 효율성을 측정한 오승은(2001)의 연구는 투입요소를 단순히 영업비용과 비영업비용으로 구분하여 자본 투입요소를 제대로 반영하지 않았다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 본 연구에서는 투입요소로 노동과 자본을 사용했다. 노동은 손익계산서의 인건비로 측정했다. 인건비에는 급여와 제수당, 기타직보수, 퇴직급여, 복리후생비가 포함된다.

〈표 3〉 투입요소 및 산출요소

구 분	요소명	측정지표(단위)	자료출처
투입요소	노동	인건비=급여+제수당+기타직보수+퇴직급여+복리후생비(천원)	손익계산서
	자본	투자자본=영업자산(총자산-비영업자산)-비이자발생부채=총자산-(금융자산+투자자산+건설기계장)-(매입채무+미지급금+미지급비용+예수금+예수보증금)(천원)	대차대조표
산출요소	매출액	용지매출수익+주택분양수익+임대사업수익+관리사업수익+기타영업수익(천원)	손익계산서
	당기순이익	매출액-매출원가-판매비와 일반관리비-영업외손익(영업외수익-영업외비용)-특별손익(특별이익-특별손실)-법인세(천원)	손익계산서
	경제적 부가가치	세후영업이익(영업이익-법인세)-총자본조달비용(타인자본조달비용+자기자본조달비용)=영업손익(매출액-매출원가-판매비와 일반관리비)-법인세-이자비용(천원)	손익계산서

- 
- 5) Super-SBM모형에 의한 초효율성점수를 측정 수 있는 소프트웨어로는 아직까지는 DEA-Solver Pro라는 프로그램이 유일하다.
- 6) 본 연구의 초점은 자료포락분석에서 효율적으로 나타난 다수의 의사결정단위들 간의 효율성의 차이를 분석하는 방법론인 순위분석에 대한 이해와 적용능력을 높이기 위한 것이며, 도시개발공사 자체에 관한 연구가 아니다. 그리고 도시개발공사의 대상사업은 택지·토지·주택, 재개발·도시계획·주거환경, 공유수면 매립, 주차장, 매장·묘지, 도시환경, 시설관리, 무역·외자, 관광, 기타 등 다양하지만, 택지·토지·주택사업은 모든 자치단체가 시행하고 있는 공통적 사업이다.

자본은 투자자본(invested capital)을 사용했다.<sup>7)</sup> 재무관리에서의 투자자본의 개념은 총자산에서 비영업자산과 비이자발생부채를 차감하여 구한다(김철중, 2003: 211-212; 김권중·김문철, 2003: 349-366). 본 연구에서도 대차대조표의 총자산에서 비영업자산(금융자산+투자자산+건설가계정)과 비이자발생부채(매입채무+미지급금+미지급비용+예수금+예수보증금)를 차감하여 구했다.<sup>8)</sup>

산출물로는 매출액과 당기순이익, 경제적 부가가치(economic value added: EVA)를 사용했다.<sup>9)</sup> 매출액에는 손익계산서의 용지매출수익과 주택분양수익, 임대사업수익, 관리사업수익, 기타사업수익이 포함된다. 당기순이익은 손익계산서의 매출액에서 매출원가와, 판매비 및 일반관리비, 영업외손익(영업외수익-영업외비용), 특별손익(특별이익-특별손실), 법인세를 차감하여 구했다. 경제적 부가 가치는 세후영업이익(영업이익-법인세)에서 총자본조달비용(타인자본조달비용+자기자본조달비용)을 차감하여 구하는데,<sup>10)</sup> 본 연구에서는 영업손익(매출액-매출원가-판매비와 일반관리비)에서 이자비용과 법인세를 차감하여 구했다.

## 2. 자료

본 연구에서 사용한 자료는 전국 12개 광역자치단체 도시개발공사의 2003년 결산기준 재무제표이며,<sup>11)</sup> 「지방공기업 결산 및 경영분석(행정자치부)」으로부터 수집했다.

도시개발공사의 투입요소인 인건비와 투자자본은 모두 양수값을 갖고 있는데 비해 산출요소 중 당기순이익과 경제적 부가가치는 일부 단위들이 음수값을 갖고 있는 것으로 나타났다. 따라서 당기순이익 중 최소값을 양수로 만들기 위하여 3,200,000천원을 모든 단위의 당기순이익에 더했으며, 경제적 부가가치를 모두 양수로 변환하기 위하여 3,800,000천원을 모든 단위의 경제적 부가가치에

7) 투자자본은 저량(stock)개념인 데 비해 영업비용은 유량(flow)개념이다. 일반적으로 자본은 저량개념을 사용한다.

8) 회계학적으로 「지방공기업 결산 및 경영분석」에서 대차대조표의 당좌자산은 금융자산, 고정자산 중 투자자산은 투자자산, 고정자산 중 건설중인 자산은 건설가계정을 각각 의미한다.

9) 효율성 또는 생산성 분석에서 일반적으로 산출물로 매출액과 당기순이익이 사용되어 왔으며, 경제적 부가가치는 경영학에서 기업의 가치를 평가하기 위해 최근 새롭게 사용되고 있는 유용한 개념이다.

10) 경제적 부가가치의 계산방법에 대해서는 김권중·김문철(2003: 350-352)을 참고하기 바란다.

11) 패널자료(panel data)를 사용하면 효율성 측정결과의 일반화 가능성이 확대되지만, 본 연구의 초점이 순위분석을 수행하는 데 있기 때문에 지면 관계상 2003년 자료만을 사용했다.

더했다.

〈표 4〉 투입산출요소의 기술통계량

(단위: 천원)

구 분	인건비	투자자본	매출액	당기순이익	경제적 부가가치
최대값	10,690,788	1,658,571,772	384,506,795	37,510,717	22,988,057
최소값	312,141	17,917,653	978,708	53,101	31,791
평균	2,524,153	332,296,863	93,776,755	13,188,766	8,623,223
표준편차	2,840,826	445,497,767	103,623,916	10,059,312	6,503,351

투입산출요소의 기술통계량(descriptive statistics)은 <표 4>와 같다. 인건비의 최대값과 최소값, 평균, 표준편차는 각각 10,690,788천원, 312,141천원, 2,524,153천원, 2,840,826천원이다. 투자자본의 최대값과 최소값, 평균, 표준편차는 각각 1,658,571,772천원, 17,917,653천원, 332,296,863천원, 445,497,767천원이다. 매출액의 최대값과 최소값, 평균, 표준편차는 각각 384,506,795천원, 978,708천원, 93,776,755천원, 103,623,916천원이다. 당기순이익의 최대값과 최소값, 평균, 표준편차는 각각 37,510,717천원, 53,101천원, 13,188,766천원, 10,059,312천원이다. 그리고 경제적 부가가치의 최대값과 최소값, 평균, 표준편차는 각각 22,988,057천원, 31,791천원, 8,623,223천원, 6,503,351천원이다.

### 3. 초효율성 측정모형: Super-SBM모형

자료포락분석모형에 있어서 하나의 요건은 투입요소와 산출요소의 값들이 음수이어서는 안 된다는 것이다. 하지만 일부 투입산출요소들의 일부 값들이 음수(negative values)인 경우도 존재한다. 이러한 문제는 규모수익가변모형의 변환불변성(transformation invariance property)으로 해결할 수 있다.<sup>12)</sup>

12) 이에 관한 자세한 내용에 대해서는 유금록(2005c), Ali & Seiford(1990), Charnes 외(1991), Pastor(1996), Bowlin(1998), Gregoriou & Zhu(2005) 등을 참조하기 바란다. 규모수익가변모형을 사용하면 규모효율성(scale efficiency)과 기술적 효율성(technical efficiency)을 측정할 수 없다는 한계가 있다. 왜냐하면 기술적 효율성은 규모수익불변(CRS)모형으로 측정되며, 규모효율성은 규모수익불변모형으로 측정한 기술적 효율성을 규모수익가변모형으로 측정한 기술적 순효율성(pure technical efficiency)으로 나누어 구해지기 때문이다. 하지만 규모수익불변모형을 사용하여 투입산출요소의 음

투입요소  $x_{ij}$ 와 산출요소  $y_{rj}$ 가  $\alpha_i \geq 0$ 와  $\beta_r \geq 0$ 에 의해 각각 대치된다고 하자. 그러면  $x_{ij}$ 와  $y_{rj}$ 에 관한 새로운 값들은 다음과 같게 된다.

$$\hat{x}_{ij} = x_{ij} + \alpha_i$$

$$\hat{y}_{rj} = y_{rj} + \beta_r$$

효율변경은 효율성점수가 1인 의사결정단위들에 의해 결정되며 규모수익가변모형에서  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 이다. 그러므로 효율변경은  $x_{ij}$ 와  $y_{rj}$ 가  $\hat{x}_{ij}$ 와  $\hat{y}_{rj}$ 에 의해 각각 대치되더라도 여전히 동일하게 된다. 따라서 규모수익가변모형은 음수자료(negative data)를 처리할 수 있다.

또한 투입지향적 규모수익가변모형의 최적해(optimal solutions)는 산출요소값의 변화에 불변이고, 산출지향적 규모수익가변모형의 최적해는 투입요소값의 변화에 불변이다(Gregoriou & Zhu, 2005: 22). 따라서 투입요소가 음수인 경우에는 산출지향적 규모수익가변모형을 사용하는 것이 바람직하며, 산출요소가 음수인 경우에는 투입지향적 규모수익가변모형을 사용하는 것이 좋다. 투입요소와 산출요소가 모두 음수인 경우에는 투입지향적인 동시에 산출지향적인 규모수익가변모형(non-oriented VRS model)을 사용할 필요가 있다. 여기서 중요한 것은 음수자료가 양수로 변환될 때 규모수익가변모형에서의 효율변경은 여전히 불변이라는 것이다.

투입요소나 산출요소가 음수값을 가진 경우 모든 값들이 양수가 되도록 변환해야 한다. 변환값으로는 음수값들이 양수가 되도록 임의적으로 선정하며, 가장 작은 음수값이 매우 작은 양수 또는 1이 되도록 하는 음수값의 절대값을 사용하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 산출요소가 음수자료를 포함하고 있어서 변환불변성에 의해 투입지향적 규모수익가변모형을 사용했다. 도시개발공사  $k$ 의 초효율성점수를 구하기 위해서는 다음과 같은 투입지향적 규모수익가변(VRS) Super-SBM모형의 해를 구해야 한다.

---

수자료를 처리하는 방법에 대한 연구는 아직까지 이루어 진 바 없다. 향후 이에 관한 연구가 수행되면 투입산출요소가 음수자료를 포함한 경우에도 기술적 효율성과 규모효율성을 측정할 수 있을 것이다.

$$\begin{aligned}
 \min_{\delta, \lambda} \quad & \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta_i, \\
 \text{st} \quad & \delta_i x_k \geq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_j, \\
 & y_k \leq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_j, \\
 & \delta_i \geq 1, \\
 & e' \lambda = 1, \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned} \tag{6}$$

여기서  $x_k$ 는  $k$ 번째 단위에 대하여  $m$ 차원의 투입요소벡터이고  $y_k$ 는  $s$ 차원의 산출요소벡터이다.  $\delta_i$ 는 준거기술(reference technology) 내에서  $k$ 번째 의사결정 단위의 산출요소벡터를 생산하기 위하여 필요한  $k$ 번째 의사결정단위의 투입요 소벡터의 봄을 규정하는 스칼라(scalar)이다.  $\lambda$ 는 가중치벡터이고  $\lambda$ 는  $n$ 차원 벡터공간( $R^n$ )에서의 半陽符號벡터(semipositive vector)를 나타내며,  $\lambda_j$ 는  $j$ 번째 단위의 가중치를 의미한다.  $e'$ 은 모든 원소가 1인 행벡터다. 규모수익가변(VRS) 모형에서는 가중치( $\lambda$ )의 합이 1이 되는 볼록성(convexity) 제약조건이 성립하므로  $e' \lambda = 1$ 가 된다.

#### 4. 초효율성 측정결과

##### 1) 초효율성점수

투입지향적 규모수익가변(VRS) 모형 또는 BCC모형으로 측정한 효율성점수 (efficiency score)와 투입지향적 규모수익가변(VRS) Super-SBM모형으로 초효율성을 측정한 초효율성점수(super-efficiency scores)의 결과는 <표 5>와 같다.

VRS(BCC)모형을 사용하여 효율성점수를 측정한 결과에 의하면 12개 광역자 치단체 중 서울, 대구, 대전, 경기, 강원, 전북, 경북, 제주 등 8개 자치단체 도시 개발공사의 효율성이 모두 1로 나타난 데 비해 부산의 효율성은 0.393, 인천은 0.182, 광주는 0.447, 경남은 0.502로 나타나 효율적 도시개발공사가 8개나 존재 한다는 것을 알 수 있다. 이들 8개의 도시개발공사는 모두 효율적이고 효율성의 차이가 없는 것으로 나타났기 때문에 효율성을 정확히 평가하기가 곤란하다.

Super-SBM모형으로 초효율성점수를 측정한 결과를 보면, 서울과 대구, 대전, 경기, 강원, 전북, 경북, 제주의 초효율성점수는 각각 1.000, 1.000, 1.086, 1.309, 2.329, 3.275, 1.052, 3.031로 서울과 대구의 초효율성이 8개 단위들 중 상대적으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 여기서 서울과 대구의 초효율성이 모두 1.000으로 나타난 것은 초효율성점수를 소수점 세 자리까지 표시한 데 기인하며, 소수

점 네 자리까지 계산하면 대구가 서울보다 효율성이 더 높은 것으로 나타났다.

〈표 5〉 초효율성점수

도시개발공사 (DMU)	VRS(BCC)모형	Super-SBM모형	AP모형
서울	1.000	1.000	big
부산	0.393	0.345	0.393
대구	1.000	1.000	big
인천	0.182	0.156	0.182
광주	0.447	0.417	0.447
대전	1.000	1.086	1.058
경기	1.000	1.309	1.104
강원	1.000	2.329	3.005
전북	1.000	3.275	4.967
경북	1.000	1.052	1.088
경남	0.502	0.436	0.502
제주	1.000	3.031	5.063
평균	0.794	1.286	

한편, AP모형으로 측정한 초효율성점수에서 'big'은 효율성이 무한대( $\infty$ ), 즉 가장 효율적이라는 것을 나타내지만, 사실은 이는 실행불능해를 의미한다. 뿐만 아니라 Super-SBM모형과 AP모형에 의한 효율성의 순위도 상이하게 나타난다는 것을 알 수 있다. 이러한 현상이 발생하는 이유는 AP모형이 투입산출요소의 잔여를 반영하지 않을 뿐만 아니라 실행불능해를 가져오기 때문이다. 따라서 효율적 단위들 간의 변별력을 높이기 위한 순위결정은 Super-SBM모형을 사용하여 측정한 초효율성점수를 토대로 이루어져야 할 것이다.

비효율적 단위들인 부산과 인천, 광주, 경남의 초효율성점수를 Super-SBM모형을 사용하여 측정한 결과를 보면 각각 0.345, 0.156, 0.417, 0.436으로 나타나 투입산출요소의 잔여를 고려하지 않은 VRS(BCC)모형으로 측정한 효율성점수보다 더 낮은 것으로 나타났다.

Super-SBM모형으로 측정한 초효율성에서도 도시개발공사 간에 순위와 크기 등의 차이가 중요한 의미를 지니고 있기 때문에 CCR모형처럼 상대적 효율성의 개념이 적용된다.

## 2) 준거집단

비효율적으로 운영되고 있는 도시개발공사의 준거집단은 <표 6>에 나타난 바와 같다. 부산의 준거집단은 전북(0.540)과 대구(0.433), 제주(0.003)로 나타나 전북과 대구를 우선적으로 벤치마킹할 필요가 있다는 것을 시사해 주고 있다. 인천은 강원(1.000) 하나로 나타나 강원도만을 벤치마킹하면 될 것이다. 광주는 강원(0.831)과 전북(0.169)으로 나타났기 때문에 강원도를 중점적으로 벤치마킹 해야 할 것이다. 경남은 제주(0.494)와 강원(0.314), 전북(0.192)으로 나타났으므로 주로 강원도와 제주도를 벤치마킹하면 효율성이 높아질 것이다.

한편, 다른 의사결정단위에 대한 준거집단의 빈도수를 살펴보면 강원도와 전북이 각각 2회로 가장 많은 빈도를 보이고, 다음으로는 제주도가 1회의 빈도를 나타냈다.<sup>13)</sup>

<표 6> 준거집단

도시개발공사 (DMU)	준거집단(가중치)	준거집단 빈도
서울	서울(1.000)	0
부산	전북(0.540), 대구(0.433), 제주(0.003)	0
대구	대구(1.000)	0
인천	강원(1.000)	0
광주	강원(0.831), 전북(0.169)	0
대전	대전(1.000)	0
경기	경기(1.000)	0
강원	강원(1.000)	2
전북	전북(1.000)	2
경북	경북(1.000)	0
경남	제주(0.494), 강원(0.314), 전북(0.192)	0
제주	제주(1.000)	1

13) 본 연구의 결과는 행정자치부에서 시행하고 있는 지방공기업 경영평가결과와 상이할 수 있다. 왜냐하면 행정자치부에서 시행하고 있는 지방공기업 평가기준과 방법론이 본 연구에서 사용하고 있는 평가기준과 방법론과 상이하기 때문이다. 따라서 지방공 기업의 경영평가도 보다 더 다양한 관점에서 평가기준과 방법론을 개발하여 이루어 질 필요가 있다.

### 3) 투입산출요소의 비효율성 정도

도시개발공사별 투입요소와 산출요소의 비효율성의 정도를 살펴보면 <표 7>과 같다. 초효율성점수가 15.6%로 가장 비효율적으로 운영되고 있는 인천도시개발공사를 예로 들어 설명하면 효율성이 100%가 되기 위해서는 인건비와 투자자본을 각각 1.398,476천원(81.8%), 120,193,962천원(87.0%) 줄이는 반면 매출액과 당기순이익, 경제적 부가가치를 각각 4,094,907천원(418.4%)과 5,507,292천원(999.9%), 3,089,403천원(999.9%) 만큼 증가시켜야 된다는 것이다.

<표 7> 도시개발공사별 투입산출요소의 비효율성 정도

(단위: 천원)

도시개발공사 (DMU)	인건비	투자자본	매출액	당기순이익	경제적 부가가치	초효율성점수
서울	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1.000
부산	-3,698,832 (-75.1%)	-338,008,510 (-55.8%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	10,590,089 (206.9%)	0.345
대구	0.03 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1.000
인천	-1.398,476 (-81.8%)	-120,193,962 (-87.0%)	4,094,907 (418.4%)	5,507,292 (999.9%)	3,089,403 (999.9%)	0.156
광주	-233,853 (-29.8%)	-130,617,006 (-86.8%)	0 (0.0%)	2,438,378 (61.5%)	3,574,538 (496.9%)	0.417
대전	0 (0.0%)	36,106,463 (17.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1.086
경기	0 (0.0%)	224,112,505 (61.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1.309
강원	668,231 (214.1%)	9,272,654 (51.8%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2.329
전북	1,003,761 (58.3%)	118,976,264 (396.7%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	3.275
경북	101,595 (10.4%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1.052
경남	-417,172 (-25.2%)	-162,848,638 (-87.6%)	0 (0.0%)	94,627 (1.0%)	0 (0.0%)	0.436
제주	0 (0.0%)	95,384,908 (406.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	3.031

여기서 중요한 점은 CCR모형과 BCC모형에서는 효율성점수가 1인 경우 투입요소와 산출요소의 비효율성의 정도가 모두 0으로 나타난 데 비해 Super-SBM모형에서는 서울도시개발공사처럼 효율성점수가 1인 경우에는 투입산출요소의 비효율성의 정도가 모두 0이지만, 효율성점수가 1보다 클수록 일부 투입요소를 더

많이 증가시키더라도 효율적 단위(효율성점수가 1)를 유지할 수 있다는 것이다. 환연하면, 초효율성점수가 3.031로 나타난 제주도시개발공사의 경우, 현재의 투입산출량수준에서는 효율성점수가 3.031이지만, 투자자본을 95,384,908천원(409.3%) 만큼 늘리더라도 효율성점수는 1로 나타나 효율적 단위를 유지할 수 있다는 것이다.

요컨대 CCR모형이나 BCC모형을 사용하여 효율성을 측정하면 효율적 단위가 다수 존재할 수 있을 뿐만 아니라 효율적 단위의 경우 투입요소와 산출요소의 비효율성의 정도도 모두 0으로 나타나는 데 비해 Super-SBM모형을 사용하여 초효율성을 측정하면 다수의 효율적 단위들의 순위를 결정할 수 있을 뿐만 아니라 효율성점수가 1보다 클수록 일부 투입요소를 더 많이 증가시키더라도 효율적 단위를 유지할 수 있다는 것이다.

## V. 결 론

본 논문에서는 자료포락분석을 이용하여 공공부문의 효율성을 측정한 국내의 주요 선행연구들에 대하여 효율적 의사결정단위가 다수 존재하는 경우 효율적 단위들의 순위분석 여부를 평가하고, 효율적 의사결정단위들의 순위를 결정하기 위한 AP모형과 그 한계를 고찰한 후, AP모형의 한계를 극복할 수 있는 잔여기준 초효율성지표(Super-SBM)를 제시하고, 이 방법을 사용하여 도시개발공사들의 순위를 분석했다.

간접경영방식인 공사형 지방공기업인 전국 12개 광역자치단체 도시개발공사의 2003년 결산기준 재무제표자료를 대상으로 규모수익가변(BCC)모형과 투입지향적 규모수익가변 Super-SBM모형을 사용하여 초효율성을 측정한 결과, 규모수익가변(BCC)모형으로 측정한 효율성은 서울과 대구, 대전, 경기, 강원, 전북, 경북, 제주 등 8개 도시개발공사들 모두 효율적이어서 효율성점수가 1로 나타난 데 비해 이들 효율적 도시개발공사들에 대하여 Super-SBM모형으로 측정한 초효율성점수는 각각 1.000, 1.000, 1.086, 1.309, 2.329, 3.275, 1.052, 3.031로 나타나 전북의 효율성이 가장 높고 서울과 대구의 효율성이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그리고 비효율적 도시개발공사들인 부산과 인천, 광주, 경남의 초효율성점수는 각각 0.345, 0.156, 0.417, 0.436으로 투입산출요소의 잔여를 반영하지 않은 규모수익가변(BCC)모형에 의한 효율성점수보다 더 낮은 것으로 나타났다.

자료포락분석에 있어서 효율적인 의사결정단위가 다수 존재하는 경우 방사적지표에 입각한 전통적 방법인 AP모형은 투입산출요소의 잔여를 고려하지 않고 초효율성을 측정할 뿐만 아니라 자료에 따라 실행불능해가 발생하는 근본적인

문제점을 지니고 있기 때문에 투입산출요소의 잔여를 직접적으로 처리함은 물론 실행불능해가 발생하지 않는 장점을 지니고 있는 비방사적 지표인 잔여기준 초효율성지표(Super-SBM)을 공공부문의 효율성을 평가하는 데 적용함으로써 효율적 단위들의 순위를 결정하고 투입산출요소의 비효율성의 정도를 정확히 측정해야 할 것이다.

본 연구결과의 시사점은 다수의 효율적 단위들 간의 효율성의 차이를 구분하지 못할 뿐만 아니라 효율적 단위라도 효율성을 높이기 위해서는 어떠한 투입요소도 증가시킬 수 없다는 CCR모형 및 BCC모형과는 달리, Super-SBM모형을 사용하면 다수의 효율적 단위들 간의 효율성의 차이를 구분하여 효율적 단위들의 순위를 결정할 수 있음은 물론 효율성이 높은 단위의 경우 일부 투입요소를 증가시키더라도 여전히 상대적 효율성이 유지될 수 있는 경영개선정보를 얻을 수 있다는 것이다. 이는 CCR모형이나 BCC모형을 사용하여 공공부문의 효율성을 측정한 기존 연구들의 시각을 근본적으로 바꾸는 데 크게 기여할 것이다.

## 참고문현

- 김건위. (2005). 기초자치단체 정보화의 효율성 측정에 관한 연구. 「정책분석평가학회보」, 15(1): 29-56.
- 김성종. (2000). 지방공공서비스의 생산효율성 구조분석. 「한국지방자치학회보」, 12(2): 47-65.
- 김성종·고승희. (2001). 지방공공서비스의 생산효율성 분석: 생활폐기물처리업무에 대한 DEA기법의 적용. 「한국공공정책연구」, 10: 3-26.
- 김성종. (2002). 지방정부 지출효율성에 미치는 영향요인 분석: 사회개발비 지출을 중심으로. 「한국행정논집」, 14(3): 699-718.
- 김재홍. (2000). 도농통합 행정구역 개편이 지방정부의 효율성 변화에 미친 영향 연구. 「한국정책학회보」, 9(2): 48-66.
- 김태일. (2000). 자료포락분석기법에 의한 자치단체행정의 생산성평가에 관한 비판적 논의. 「정책분석평가학회보」, 10(1): 185-207.
- 남기범. (2001). 지방자치체 실시에 따른 행정서비스 효율성의 변화: 쓰레기수거서비스에 대한 DEA를 중심으로. 「한국행정연구」, 10(4): 211-236.
- 문신용·윤기찬. (2004). 사회복지서비스 생산성에 관한 통합적 분석: 자료포락분석(DEA)과 SERVQUAL기법을 중심으로. 「한국행정학보」, 38(6): 201-224.
- 민재형·김진한. (1998). 부분효율성 정보를 이용한 DEA모형의 투입산출요소 선정에 관한 연구. 「한국경영과학회지」, 23(3): 75-90.

- 송건섭·이곤수. (2004). 광역자치단체의 성과평가: DEA와 SURVEY 방법론 적용. 「한국행정학보」, 38(6): 179-200.
- 유금록. (2002). 외환위기 이후 지방상수도사업의 생산성변화 분석. 「한국행정학보」, 36(4): 281-301.
- 유금록. (2003a). 한국과 일본의 국세행정의 효율성 비교. 「한국행정학보」, 37(1): 95-118.
- 유금록. (2003b). 보건소의 생산성 측정: 전라북도를 중심으로. 「한국행정학보」, 37(4): 261-280.
- 유금록. (2005a). 지방공영개발사업의 생산성 평가. 「행정논총」, 43(2): 231-265.
- 유금록. (2005b). 공공부문의 생산성 측정을 위한 비방사적 맘퀴스트 생산성지수의 측정방법과 적용. 「정책분석평가학회보」, 15(2): 99-125.
- 유금록. (2005c). 효율성 평가를 위한 자료포락분석에 있어서 투입산출요소의 음수자료 처리방법과 적용. 「정책분석평가학회보」, 15(4): 173-197.
- 윤경준. (1996). DEA를 통한 보건소의 효율성 측정. 「한국정책학회보」, 5(1): 80-109.
- 윤경준. (1998). 공공부문 성과측정을 위한 DEA와 확률전선모형의 비교분석: 일선경찰서의 기술효율성 측정을 중심으로. 「한국행정학보」, 32(4): 257-273.
- 윤경준. (2000). 충청북도 내 보건소의 시계열적 효율성 평가. 「충북행정학보」, 3: 83-104.
- 윤경준. (2003). 공공부문 효율성 측정을 위한 DEA의 활용: 평가와 제언. 「정부학연구」, 9(2): 7-31.
- 윤경준·원구환. (1996). 지방직영기업의 상대적 효율성 평가: 도시상수도사업에 대한 Data Envelopment Analysis. 「한국행정연구」, 5(4): 119-139.
- 이상섭·김규덕. (1998). 자료포락분석(DEA)에 의한 지방정부 공공서비스의 상대적 효율성 측정: 쓰래기수거서비스를 중심으로. 「한국지방자치학회보」, 10(2): 169-187.
- 이혁주. (1997). 지방자치시대에 있어 내무부 정원관리방식의 대안탐색. 「한국행정학보」, 31(3): 89-105.
- 이혁주·박희봉. (1996). 도시행정서비스의 생산특성과 비효율 분석. 「한국행정학보」, 30(4): 121-137.
- 임동진. (2001). 지방재정 효율화를 위한 지방공공서비스의 생산성 측정과 준거집단 분석. 「지방정부연구」, 5(1): 49-70.
- 임동진·김상호. (2000). DEA를 통한 지방정부의 생산성 측정: 인력·재정과 공공서비스관계를 중심으로. 「한국행정학보」, 34(4): 217-255.
- 정윤수. (1995). 자료포락모형(Data Envelopment Analysis)을 이용한 효율성 연구. 「정책분석평가학회보」, 5(1): 277-292.

- 홍기원. (2004). 자료포락분석을 이용한 문화예술서비스 공급의 효율성 측정. 「한국정책학회보」, 13(3): 197-232.
- Aigner, D. J., Lovell, C. A. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Models. *Journal of Econometrics*, 6: 21-37.
- Ali, A. L. & Seiford, L. M. (1990). Translation Invariance in Data Envelopment Analysis. *Operations Research Letters*, 9: 403-405.
- Ali, A. L. & Seiford, L. M. (1993). The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis. In H. O. Fried, C. A. K. Lovell & S. S. Schmidt(eds.), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, 120-159. New York: Oxford University Press.
- Andersen, P. & Petersen, N. C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39(10): 1261-1264.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies. *Management Science*, 30: 1078-1092.
- Boussofiane, A., Dyson, R. C., & Thanassoulis, E. (1991). Applied Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 32: 1-15.
- Bowlin, W. F. (1998). Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis(DEA). *Journal of Cost Analysis*, 3-27.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 1: 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Thrall, R. M. (1991). A Structure for Characterizing and Classifying Efficiency and Inefficiency in Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 2: 197-237.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., & Battese, G. E. (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Cooper, W. W., Seiford, & Tone, K. (2000). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Doyle, J. & Green, R. (1993). Data Envelopment Analysis and Multiple Criteria

- Decision Making. *Omega*, 21: 713–715.
- Doyle, J. & Green, R. (1994). Efficiency and Cross-Efficiency in DEA: Derivations, Meanings and Uses. *Journal of the Operational Research Society*, 45: 567–578.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Lovell, C. A. K. (1985). *The Measurement of Efficiency of Production*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Lovell, C. A. K. (1994). *Production Frontiers*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Roos, P. (1998). Malmquist Productivity Indexes: A Survey of Theory and Practice. In R. Färe, S. Grosskopf and R. R. Russell(eds.), *Index Numbers: Essays in Honour of Sten Malmquist*, 127–190. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120(3): 253–290.
- Gregoriou, G. N. & Zhu, J. (2005). *Evaluating Hedge Fund and CTA Performance: Data Envelopment Analysis Approach*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- IMD. (2005). *IMD World Competitiveness Yearbook*. Lausanne, Switzerland: Institute for Management Development.
- Kopp, R. J. (1981). The Measurement of Productive Efficiency: A Reconsideration. *Quarterly Journal of Economics*, 96: 477–503.
- Kumbhakar, S. C. & Lovell, C. A. K. (2000). *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lovell, C. A. K. (1993). Production Frontiers and Productive Efficiency. In H. O. Fried, C. A. K. Lovell & S. S. Schmidt(eds.), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, 3–67. New York: Oxford University Press.
- Meeusen, W. & van den Broeck, J. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Reviews*, 18: 435–444.
- Pastor, J. T. (1996). Translation Invariance in Data Envelopment Analysis: A Generalization. *Annals of Operations Research*, 66: 93–102.
- Seiford, L. M. & Thrall, R. M. (1990). Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis. *Journal of Econometrics*, 46: 7–38.

- Seiford, L. M. & Zhu, J. (1999). Infeasibility of Super-Efficiency Data Envelopment Analysis Models. *INFORS*, 37: 174-187.
- Seiford, L. M. (1996). Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art(1978-1995). *Journal of Productivity Analysis*, 7: 99-138.
- Soteriou, A. C. & Zenois, S. A. (1998). Data Envelopment Analysis: An Introduction and an Application to Bank Branch Performance Assessment. In G. A. Marcoulides(ed.), *Modern Methods for Business Research*, 121-145. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Stewart, T. J. (1994). Data Envelopment Analysis and Multiple Criteria Decision Making-A Response. *Omega*, 22: 205-206.
- Thanassoulis, E., Boussofiane, A., & Dyson, R. G. (1996). A Comparison of Data Envelopment Analysis and Ratio Analysis as Tools for Performance Assessment. *Omega: International Journal of Management Science*, 24: 229-244.
- Tofallis, C. (1996). Improving Discernment in DEA Using Profiling. *Omega*, 24: 361-364.
- Tone, K. (2001). A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 130: 498-509.
- Tone, K. (2002). A Slacks-Based Measure of Super-Efficiency in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 143: 32-41.
- WEF. (2004). *The Global Competitiveness Report 2004/2005*. Geneva, Switzerland: World Economy Forum.

## Abstract

# Ranking Analysis of Efficient Decision-Making Units in Data Envelopment Analysis for Evaluating the Efficiency of the Public Sector

Keum-Rok Yoo

This study evaluated whether major previous studies of the non-parametric efficiency measurement of the Korean public sector allowed for a ranking of plural efficient decision-making units themselves, reviewed the radial measure of super-efficiency for ranking efficient units, suggested the non-radial slacks-based measure of super-efficiency(Super-SBM), and then performed a ranking analysis of the twelve metropolitan development corporations in Korea using the slacks-based measure of super-efficiency.

Since the traditional method based on the radial measure, e.g. Andersen-Petersen (AP) model has the fundamental problems of measuring super-efficiency without taking account of the existence of slacks in inputs and outputs as well as of producing infeasible solutions in the presence of plural efficient units in data envelopment analysis, we need to measure the exact amount of efficiency and inefficiency of the public sector and rank many efficient units exactly through the slacks-based measure of super-efficiency founded on the non-radial measure, e.g. the slacks-based measure of efficiency(SBM), which has the advantages of dealing with input and output slacks directly.

While CCR model and BCC model can't discriminate plural efficient units and don't increase the amount of inputs in efficient units, Super-SBM model can rank lots of efficient units and produce useful management informations that units remain efficient even if the amount of some inputs increase in highly efficient units with super-efficiency scores greater than 1. This will contribute to changing the perspectives of existing research that has measured the efficiency of the public sector using CCR model or BCC model.

**[Key words: data envelopment analysis(DEA), ranking analysis, super-efficiency, slacks-based measure of super-efficiency(Super-SBM), Andersen-Petersen model]**