

# DEA 모형을 이용한 부품소재산업의 효율성 분석<sup>†</sup>

오지환\* · 정기호\*\*

## 〈요 약〉

우리나라 부품소재산업의 효율성을 분석하기 위해 48개의 부품소재업체들을 추출하여 DEA를 통한 효율성 분석을 실시하였다. CCR-I 모형과 BCC-I 모형을 통한 효율성 분석 결과, 효율적 기업과 비효율적 기업들을 파악할 수 있었고, 부품소재산업 업종별로도 분류하여 보았다. 비효율적 기업들이 효율적 기업이 되기 위한 투입 및 산출변수들의 개선 값들과 벤치마킹해야 할 참조집합을 제시하였다. 또한 규모효율성(scale efficiency)을 측정하여 비효율성의 원인이 규모에 의한 것인지 비효율적인 운영에 의한 것인지 분석하고, 규모수익성 결과에 따라 비효율적 기업들을 대상으로 규모의 증감에 따른 효율성 향상 방안을 제시할 수 있었다. 그리고 초효율성(super-efficiency) 분석을 통해 효율적 기업들간의 상대적 효율성 값도 제시하였다.

핵심주제어 : 부품소재산업, DEA 모형, CCR, BCC, 규모효율성, 초효율성 분석

## I. 서 론

한국의 부품소재산업은 과거 대규모의 자본과 값싼 노동력을 투입해 소품종 대량생산방식의 경쟁력을 유지하여 왔으나, 최근 들어 국민소득 수준이 향상되고, 또한 수요자가 생산자 수준의 기술정보능력을 확보하면서 산업구도가 다품종 소량생산방식으로 전환되고 있다.

지난 20여년간 기계, 정밀화학, 자동차, 전기전자 등이 주요 선진국들의 핵심 산업으로 자리 잡으면서, 완제품 생산원가와 부가가치의 60% 이상을 차지하고

논문접수일: 2012년 01월 27일 수정일: 2012년 03월 12일 게재확정일: 2012년 03월 23일

<sup>†</sup> 2012학년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음.

\* 부산경제진흥원 경영기획실 기획감사팀장, lucky@bepa.kr

\*\* 경성대학교 경영정보학과 교수(교신저자), khchung@ks.ac.kr

있는 부품소재산업은 이러한 산업에 있어서 경쟁력의 중요한 역할을 수행해 왔다.

따라서 부품소재산업은 중소기업 중심의 기술집약적이고 고부가가치 산업으로 우리 산업발전의 핵심 키워드로 부상하면서 향후 우리 경제의 신성장 동력 확충을 비롯한 투자와 고용증대 등 성장 잠재력 제고를 통해 우리나라가 선진경제로 진입하기 위한 성장 동력으로 그 중요성이 매우 높은 산업이라고 볼 수 있다.

우리나라의 부품소재산업은 2000년대 이후 지속적인 성장을 하고는 있으나, 중국의 급속한 성장으로 양국 간 분업구조가 바뀌고 있고, 만성적인 대일무역적자 등으로 대책마련이 시급한 실정이다. 특히, 우리나라 부품소재산업의 산업구조는 전체 부품소재기업의 99%이상이 중소기업이며, 이 중 50인 이하의 종업원을 가진 소규모 기업이 전체의 90%를 차지하고 있어 기술 경쟁력 확보를 위한 종합적인 지원정책과 더불어 생산성 향상을 위한 노력이 요구되는 실정이다.

따라서 부품소재산업의 생산성 향상에 대한 중요성이 더욱 부각되고 있는 상황이며, 노동과 자본 등 전통적인 요소투입 위주의 경제성장 전략으로부터 효율성을 중심으로 한 경제 발전전략으로의 전환이 시급히 요구되고 있다. 또한 기업규모별 생산성 전략을 강구하기 위해 산업별로 총요소생산성에 대한 분석의 필요성이 부각되고 있는 현실이다(오지환 2011).

이를 위해 본 연구에서는 DEA(Data Envelopment Analysis) 모형을 이용하여 국내 부품소재 기업들의 경영효율성을 분석하고, 비효율성을 개선하기 위하여 벤치마킹할 참조기업을 탐색하고 개선점을 도출하고자 한다.

DEA는 다수의 투입변수와 산출변수를 동시에 고려하여 동일한 투입물을 사용하여 동일한 산출물을 생산하는 DMU(Decision Making Unit)들 간의 상대적 효율성을 측정하는데 매우 효과적인 방법이다. 이 기법은 Farrell(1957)에 의해서 처음 연구되어 이론적 기초가 구축되었고 그 이후, Charnes, Cooper, Rhodes(1978)가 Farrell의 연구를 발전시켜 체계적으로 제시하였다. 지금까지 기업, 병원, 정부기관, 금융기관, 교육기관 등 다양한 분야에서 상대적 효율성 평가를 위해 DEA 모형을 이용한 연구논문들이 국내외에서 많이 발표될 정도로 DEA는 효율성 분석을 위한 아주 훌륭한 기법으로 인식되고 있다.

본 연구에서 부품소재산업의 효율성을 분석하기 위해 추출된 기업들은 기계 및 기기, 전기 및 전자, 금속 및 화학, 섬유, 비금속 소재 등 기타 부품소재산업에 속하는 기업들 중에서 재무비율이 우수한 업체를 선정하였다.

## II. DEA 모형

DEA 모형은 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)의 규모에 대한 수익 불변(Constant Return to Scale : CRS)을 가정한 CCR 모형과 Banker, Charnes and Cooper(1984)의 규모에 대한 수익 가변(Variable Return to Scale : VRS)을 고려한 BCC 모형으로 나누어진다. 그리고 DEA의 효율성 측정 방법에 따라 투입 측면에서 효율성을 측정하는 모형과 산출측면에서 효율성을 측정하는 모형으로 나누어진다. 투입지향 모형은 산출물의 수준을 유지하면서 투입물의 수준을 최소화 하는 방법이며, 산출지향 모형은 현재의 투입물 수준을 유지하면서 산출물의 수준을 최대화하는 방법을 말한다.

부품소재산업과 같은 제조업의 경우 산출물을 생산하기 위하여 생산 장비와 같은 고정자산과 자본 등의 투입물이 얼마나 효율적으로 사용되었는가가 효율성 측정에 중요한 판단 기준이 되기 때문에 본 연구에서는 투입지향의 DEA 모형을 사용하여 효율성을 분석하고자 한다.

본 연구에서는 먼저 우리나라 부품소재 업체들의 효율성 분석을 위해서 투입 기준의 규모에 대한 수익 불변(CRS)을 가정한 CCR-I 모형과 규모에 대한 수익 가변(VRS)을 가정한 BCC-I 모형을 각각 적용하여 국내 부품소재업체들의 상대적 효율성 값과 효율성 순위를 제시하였다. 또한, 비효율적 기업들이 효율적 기업이 되기 위한 투입 및 산출변수들의 개선 값들과 벤치마킹해야 할 참조집합을 제시하였다. 그리고, 규모효율성(scale efficiency)을 측정하여 비효율성의 원인이 규모에 의한 것인지 비효율적인 운영에 의한 것인지 분석하고, 초효율성(super-efficiency) 분석을 통해 효율적으로 분석된 기업들의 순위를 제시하고자 한다. 본 연구에서는 국내 부품소재 업체 48개의 DMU를 선정하여 2009년도 재무자료를 수집하였고, 투입변수로는 자본금, 자산, 종업원 수로 선정하고 산출변수로는 매출액, 영업이익을 선정하였다. DEA 모형을 적용하기 위해 DEA-Solver-LV(Ver3) 소프트웨어를 사용하였다.

### 1. CCR 모형

CCR 모형은 규모에 대한 수익 불변(CRS)을 가정한 모형으로 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)에 의해 제시된 DEA의 기본적인 모형으로 다음과 같이 수리적 모형(mathematical model)으로 수식화 할 수 있다.

$$\text{Max } h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad (1)$$

s.t.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

여기서,  $h_o$  :  $DMU_o$ 의 효율성

$u_r$  :  $r$ 번째 산출물의 가중치

$y_{ro}$  :  $DMU_o$ 의  $r$ 번째 산출물의 값

$y_{rj}$  :  $j$ 번째  $DMU$ 의  $r$ 번째 산출물의 값

$v_i$  :  $i$ 번째 투입물의 가중치

$x_{io}$  :  $DMU_o$ 의  $i$ 번째 투입물의 값

$x_{ij}$  :  $j$ 번째  $DMU$ 의  $i$ 번째 투입물의 값

위의 CCR 모형을 이용하여 각 DMU들의 효율성 문제를 풀었을 때 투입물의 가중치  $v$ 와 산출물의 가중치  $u$ 의 값은 최대화되며  $n$ 개의 DMU에 대한 투입 및 산출물들의 가중치를 계산하기 위해서는  $n$ 개의 CCR 모형이 필요하게 되고  $n$ 개의 최적해를 구해야 한다. 이때 DMU가 가질 수 있는 가장 큰 효율성 값은 1이며, 만약 DMU의 값이 1이 되면( $h_o = 1$ ) 그 DMU는 효율적인 DMU로 불리며 프론티어 선상에 위치하게 된다. DMU의 값이 1보다 작으면( $h_o < 1$ ), 그 DMU는 비효율적인 DMU가 된다. 그러나 이와 같은 비율모형은 목적함수식과 제약조건식이 분수 형태로 표시되는 비선형 문제이기 때문에 최적해를 구하기 어려울 뿐만 아니라, 복수 최적해를 갖게 되어 문제 풀기가 복잡해진다. 따라서 다음 (2)와 같이 일반적인 선형계획모형의 형태로 변환해서 풀게 되는데, 이를 CCR 승수모형(CCR Multiplier Model)이라 한다.

$$\text{Max } h_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \quad (2)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

CCR 승수모형 (2)는 선형계획법 모형이기 때문에 심플렉스법과 같은 해법을 사용하여 최적해를 쉽게 구할 수 있다.

기본적으로 모든 선형계획법문제는 쌍대모형(dual model)을 가진다. 일반적으로 선형계획법 문제의 경우 계산 효율성은 변수의 수보다 제약조건식의 개수에 더 많은 영향을 받게 되는 특징이 있다. DEA 모형의 경우 제약조건식 개수는 DMU의 수에 의해 결정되고, 쌍대모형의 제약조건식 개수는 투입변수와 산출변수의 수에 의해 결정된다. 따라서 쌍대모형이 기본 모형에 비해 제약식 개수가 훨씬 적게 되므로 계산 효율성 측면에서 좋다. 이러한 이유로 DEA 모형은 기본모형이 아닌 쌍대모형을 통해 DMU의 효율성을 측정하게 되는데 CCR 승수모형을 쌍대모형으로 변형하면 다음 (3)과 같다.

$$\text{Min} \quad \theta - \epsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (3)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}$$

$$s_r^+, s_i^-, \lambda_j \geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

여기서 쌍대모형 (3)의 최적 목적함수값은 원래 모형인 (2)의 최적 목적함수값과 동일하며,  $\theta = 1$ ,  $s_i^- = 0$ ,  $s_r^+ = 0$ 이면 효율적인 DMU가 되고, 그렇지 않으면 비효율적인 DMU가 된다.

## 2. BCC 모형

기존의 CCR 모형은 기업의 규모에 의한 규모수익 증감에 대한 고려 없이 규모에 대한 수익불변(CRS)을 가정하여 기업의 효율성을 측정하였다. 그러나 실제로 기업의 수익은 기업 규모에 의해 영향을 받는 것이 일반적이다. 따라서 기업의 효율성을 정확히 측정하기 위해서는 기업 규모에 의한 기업의 수익변동을 고려할 필요가 있다. 그래서 Banker, Charnes and Cooper(1984)에 의해 규모에 대한 수익변동(VRS)을 고려한 BCC 모형이 등장하게 되었다. 이와 같이 규모에 따른 수익변화를 고려한 BCC 모형은 규모 수익에 따라 3가지 형태로 나타나게 된다. 여기서 규모 수익(Return to Scale : RTS)이란 규모의 변화에 의한 산출량의 변화정도를 나타낸 것으로, 규모가 증가할 때 산출량도 비례하여 증가하는 경우에는 규모에 대한 수익이 불변하는 불변규모수익(CRS) 상태를 나타내며, 규모가 증가할 때 산출량이 규모 증가량 이상으로 증가하는 경우에는 규모에 대한 수익이 체증하는 체증규모수익(Increasing Returns to Scale : IRS) 상태를 나타낸다. 그리고 규모가 증가할 때 산출량이 규모 증가량 보다 작게 증가하는 경우에는 규모에 대한 수익이 체감하는 체감규모수익(Decreasing Returns to Scale : DRS) 상태를 나타낸다. BCC 모형은 다음 (4)와 같이 수학적 모형으로 나타낸다.

$$\text{Max } z_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - u_o \quad (4)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_o \leq 0; \quad j: 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

여기서  $u_o$ 는 규모에 대한 수익지표(indicator of returns to scale)를 나타내는 결정변수를 의미한다. 만약  $u_o < 0$ 인 경우에는 규모에 대한 수익이 증가하는 체증규모수익(IRS) 상태를 말하며,  $u_o = 0$ 이면 규모에 대한 수익이 일정한 불변

규모수익(CRS) 상태를,  $u_o > 0$ 이면 규모에 대한 수익이 감소하는 체감규모수익(DRS) 상태를 말한다. 위 BCC 모형을 CCR 모형과 같이 쌍대문제로 변형하면 다음과 같다.

$$\text{Min } \theta - \epsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (5)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$s_r^+, s_i^-, \lambda_j \geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

BCC 모형과 CCR 모형을 비교해 보면, 기본모형에서는 규모에 대한 수익지표를 나타내는 결정변수  $u_o$ 가 CCR 모형에 추가된 형태가 BCC 모형이며, 쌍대모형에서는 CCR 모형에  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 이라는 제약조건이 추가된 모형이 바로 BCC 모형임을 알 수 있다.  $\lambda_j$ 는 효율적 프론티어에 도달하기 위해 효율적 DMU들의 볼록집합(convex hull)을 구성하기 위한 볼록결합계수를 의미한다.

### Ⅲ. 한국 부품소재 산업의 효율성분석

#### 1. 변수의 선정과 자료수집

##### 1.1 투입변수와 산출변수의 선정

적절한 투입변수와 산출변수의 선정은 DEA 모형을 이용한 효율성 분석에 있어 매우 중요하다. 본 연구에서는 적절한 변수를 선정하기 위해 기존 DEA 연구에서 제조업을 중심으로 자주 사용되어 온 변수들을 참고로 하였다. 선행연구

들 중 제조업을 대상으로 DEA를 이용한 효율성 분석 연구에 사용되어진 투입 및 산출변수들을 살펴보면 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 제조업 부문 선행연구에서 사용된 투입 및 산출 변수

연구자(연도)	분 야	DMU 개수	투입변수	산출변수
정충영, 장재동 (1996)	제지	23	재료비, 종업원 수, 운영비, 생산능력	생산실적, 총매출액, 부가가치
문승 (2003)	자동차	13	자본금, 고정자산, 종업원 수	매출액, 당기순이익
박정현 (2003)	자동차부품	20	고정자산, 종업원 수, 원/부재료비	매출액, 경상이익
김주백 (2004)	철강	10	자본금, 고정자산	매출액, 당기순이익
이형석, 김기석 (2007)	철강	28	총자본, 고정자산, 종업원 수	매출액, 당기순이익
김종기, 강다연 (2008)	아파트 건설업	25	자본금, 직원 수	매출액, 당기순이익

<표 1>에서 보는 바와 같이 제조업 효율성 분석을 위해 DEA를 적용할 때 사용되어지는 투입변수들을 살펴보면 주로 고정자산, 자본금, 종업원 수를 고려하고 있다. 종업원 수는 일반적으로 업종에 관계없이 기업 규모를 나타낼 때 사용되고, 자산과 자본금은 기업 실체의 크기를 나타낼 때 주로 사용되기 때문에, 본 연구에서도 이들 세 가지 변수들을 투입변수로 선정하였다.

산출변수로는 기존 연구에서 주로 매출액과 당기순이익을 고려하고 있다. 최근 글로벌 금융위기 상황에서 국내 부품소재 기업들의 경우 수익은 발생했으나 환율의 극심한 변동으로 당기 순이익이 손실로 나타난 기업들이 많아, 본 연구에서는 당기순이익 대신에 영업이익을 산출변수로 고려하고 이와 함께 매출액도 산출변수로 선정하였다.

## 1.2 자료 수집

국내 부품소재산업의 효율성을 분석에 사용될 표본기업 추출을 위해 한국신용평가정보 웹사이트(www.kisvalue.com)의 산업분류기준을 이용하였고 추출된 기업들의 관련 데이터는 금융감독원 기업공시 자료를 이용하였다. 본 연구에서



사용될 표본 기업들의 추출 기준은 연구 목적을 위해 다음의 조건을 만족하는 기업들을 대상으로 하였다. 첫째, 부품소재산업의 산업분류기준에 따라 대분류에 해당하는 기계 및 기기, 전기 및 전자, 금속 및 화학, 기타 업종에 해당하는 기업을 대상으로 선정하고, 업종에 따라 수도권과 비수도권 지역간에 상대적으로 규모 등에서 차이가 있을 수 있어 동일한 지역에 소재한 업체로 한정하여 표본을 추출하였다. 둘째, 부품소재 산업으로 분류된 기업 중에서 산출변수인 영업이익에서 손실이 발생한 기업들은 표본에서 제외시켰다. 이는 기업의 가장 기본적인 목적이 이윤 추구라는 점에서 영업이익에서 손실이 발생했다는 것은 기업이 효율적으로 운영되지 못했다는 것을 의미하기 때문이다. 셋째, 부품소재 산업 업종 간 상대적 효율성 분석의 객관성을 위해 2009년도 기준으로 종업원 규모 100명 이상 300명 이하, 자산기준 1,000억원 이하에 해당하는 기업들을 대상으로 최종 48개사를 선정하였다. 자료의 기술통계량은 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 투입 및 산출변수의 기술통계량(2009년도)

(단위: 명, 백만원)

	종업원 수	자산	자본	매출액	영업이익
최대값	296	221,930	122,385	179,493	25,563
최소값	100	14,348	6,921	14,108	109
평균	172	64,204	34,115	66,902	6,608
표준편차	51	41,081	23,302	38,376	5,955

## 2. DEA 모형을 이용한 효율성 분석

### 2.1 분석 결과

본 연구에서는 부품소재산업의 상대적인 효율성을 측정하기 위해 DEA 모형들 중 CCR-I 모형과 BCC-I 모형을 사용하였다. DEA-Solver-LV(Ver3)를 사용하여 분석한 부품소재업체 48개사의 2009년도 효율성 분석결과는 <표 3>과 같다.

&lt;표 3&gt; 2009년 부품소재업체의 규모효율성과 규모수익성

No.	DMU	효율성					RTS
		BCC	BCC 순위	CCR	CCR 순위	규모	
1	대산엔지니어링	1	1	1	1	1	CRS
2	삼공사	1	1	1	1	1	CRS
3	성일에스아이엠	1	1	1	1	1	CRS
4	엔케이	1	1	1	1	1	CRS
5	일산전자	1	1	1	1	1	CRS
6	코리녹스	1	1	1	1	1	CRS
7	한국EPM*	1	1	1	1	1	CRS
8	한국통산	1	1	0.975	8	0.975	DRS
9	동화엔텍	1	1	0.904	11	0.904	DRS
10	대성공업	1	1	0.832	14	0.832	IRS
11	학산	1	1	0.771	16	0.771	IRS
12	오성사	1	1	0.769	17	0.769	DRS
13	코스텍	1	1	0.678	21	0.678	IRS
14	유신단열	1	1	0.559	29	0.559	IRS
15	매직하이테크	1	1	0.326	44	0.326	IRS
16	동양제강	0.995	16	0.703	18	0.706	IRS
17	세명전기공업	0.980	17	0.156	48	0.159	IRS
18	삼덕통상	0.979	18	0.642	25	0.656	IRS
19	에스케이에프코리아	0.967	19	0.920	10	0.951	DRS
20	신신기계	0.944	20	0.934	9	0.990	IRS
21	신협전자	0.940	21	0.414	37	0.440	IRS
22	동진섬유	0.934	22	0.783	15	0.838	IRS
23	아즈텍WB	0.910	23	0.374	38	0.412	IRS
24	송강중공업	0.907	24	0.898	12	0.990	IRS
25	동보체인공업	0.901	25	0.335	43	0.372	IRS
26	청우제강	0.857	26	0.688	19	0.802	IRS
27	케이오씨전기	0.856	27	0.850	13	0.994	IRS
28	대창메탈	0.808	28	0.665	23	0.822	IRS
29	광명잉크제조	0.807	29	0.639	26	0.792	IRS
30	이엠텍	0.771	30	0.460	32	0.596	IRS
31	코스와이어	0.766	31	0.649	24	0.847	IRS
32	파나소닉전공신동아	0.727	32	0.344	42	0.472	IRS

33	동은단조	0.724	33	0.681	20	0.940	IRS
34	명진티에스알	0.723	34	0.578	28	0.799	IRS
35	이원솔루텍	0.699	35	0.362	40	0.517	IRS
36	와이시피	0.682	36	0.557	30	0.817	IRS
37	케이티이	0.680	37	0.675	22	0.994	DRS
38	태광에스씨티	0.625	38	0.215	46	0.344	IRS
39	선보공업	0.622	39	0.581	27	0.934	IRS
40	디케이오스텍	0.572	40	0.451	34	0.788	IRS
41	태원에스앤지	0.560	41	0.159	47	0.283	IRS
42	케이피아이	0.537	42	0.456	33	0.848	IRS
43	육성화학	0.535	43	0.445	35	0.831	IRS
44	리노공업	0.513	44	0.363	39	0.709	IRS
45	광산	0.478	45	0.475	31	0.995	IRS
46	에스앤더블류	0.477	46	0.419	36	0.878	IRS
47	캐스텍코리아	0.407	47	0.347	41	0.852	IRS
48	고려노벨화약	0.367	48	0.317	45	0.861	IRS
평균		0.818		0.632		0.773	
효율적 DMU의 수		15		7		7	
IRS의 수							36
CRS의 수							7
DRS의 수							5

\* 한국에머슨프로세스메니지먼트

<표 3>에서 보는 바와 같이 BBC 효율성인 DMU는 모두 15개이고, 이 중 CCR 효율성 값도 1인 DMU는 대산엔지니어링, 삼공사, 생일에스아이엠, 엔케이, 일산전자, 코리녹스, 한국에머슨프로세스메니지먼트 등 7개로 나타났다. 따라서 이들 7개 DMU는 규모의 효율성 값도 1로 나타나 이들 DMU는 운영의 효율성과 규모의 효율성을 동시에 달성하고 있는 것으로 볼 수 있다. 그러나 한국통산, 동화엔텍, 대성공업, 학산, 오성사, 코스텍, 유신단열, 매직하이테크 등 8개의 DMU들은 BCC 효율성 값이 1로 나타났으나, CCR 모형에서는 효율적인 값을 가지지 못해 규모효율성이 낮은 것으로 나타났다. 특히 이들 중 유신단열과 매직하이테크는 CCR 효율성 값이 각각 0.559, 0.326으로 평균보다 많이 낮아서 비효율의 원인이 비효율적인 운영에 있는 것이 아니라 규모에 있는 것임을 알 수 있다. 한편, 규모수익성(RTS)과 함께 살펴보면 금속 및 화학 업종인 한국통산, 기계 및 기기 업종인 동화엔텍, 전기 및 전자 업종인 오성사 등 3개

DMU는 DRS로 나타나 규모의 감소를 통해 효율성 향상을 기대할 수 있다. 그리고 CCR 모형과 BCC 모형에서 모두 효율성 값이 1 보다 작은 33개 DMU들의 경우, 투입 및 산출요소 조합의 비효율로 인한 운영의 비효율뿐만 아니라 규모의 비효율도 함께 존재하는 것으로 볼 수 있다. 한편 기계 및 기기 업종의 동은단조(0.940), 선보공업(0.934), 광산(0.995), 전기 및 전자 업종의 케이오씨전자(0.994), 케이티이(0.994) 등 5개의 DMU는 BCC 모형과 CCR 모형의 효율성 값이 모두 0.9 이하로 나타났으나 규모 효율성 값이 0.9 이상으로 나타나, 효율적인 DMU에 비해 상대적으로 비효율적 운영을 하고 있으나, 규모면에서는 다소 효율적인 것으로 볼 수 있다.

규모수익성(RTS)을 분석한 결과 체증규모수익(IRS)에 있는 업체는 48개의 DMU 중에서 36개, 불변규모수익(CRS)에 있는 DMU는 7개, 체감규모수익(DRS)에 있는 DMU는 5개로 나타나, 전반적으로 규모의 증가에 따른 효율성을 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 업종별로 IRS, CRS, DRS에 속하는 업체 수를 정리한 내용이 <표 4>와 같다.

<표 4> 업종별 규모수익성(RTS) 분석 결과

구분	금속 및 화학	기계 및 기기	전기 및 전자	기타	합계
IRS	7	13	8	8	36
CRS	3	2	2		7
DRS	3	1	1		5
소계	13	16	11	8	48

업종별로 규모수익성을 분석한 결과, 금속 및 화학 업종은 IRS에 해당하는 DMU가 7개, CRS와 DRS가 각각 3개로 나타났으며, 기계 및 기기 업종은 IRS가 13개, CRS가 2개, DRS가 1개로 나타났고, 전기 및 전자 업종은 IRS가 8개, CRS 2개, DRS, 1개로 나타났으며, 기타 업종에 속한 DMU들은 모두 IRS에 해당하는 것으로 나타났다. 이는 부품소재업체들 대부분 규모의 증가에 따른 체증규모수익을 기대할 수 있을 것으로 볼 수 있다.

## 2.2 효율성 포락지도

비효율적 DMU의 경우 투입물과 산출물 구성이 유사한 효율적 DMU들을 벤치마킹 대상으로 활용함으로써 효율적 DMU로 될 수 있다. 이러한 벤치마킹 대

상이 되는 효율적 DMU들을 참조집합이라고 하는데, 비효율적 DMU들은 자신의 참조집합들의 선형결합으로 표시되는 가상의 DMU를 설정함으로써 효율적 DMU로 나아갈 수 있다. <표 5>는 Cooper 등(2006)이 제시한 포락지도를 약간 변형한 것으로서, BBC 모형 적용 결과, 33개 비효율적 기업 각각에 대한 참조집합과 가상의 효율적인 DMU가 되기 위한 선형결합 계수 즉, 참조비율을 표시한 것이다. 예를 들어, 비효율적 DMU인 동양제강의 경우 일산전자, 한국EPM, 대성공업, 유신단열 등 4개의 효율적 DMU들이 참조집합을 구성하며, 선형결합 계수 0.126, 0.050, 0.489, 0.335를 사용한 선형결합에 의해 가상의 효율적 DMU를 유도할 수 있다. 마지막 열의 N은 비효율적 DMU들이 벤치마킹하는 효율적 DMU들 개수를 나타내며, 마지막 행의 TN은 효율적 DMU들이 비효율적 DMU들에 의해 참조되는 횟수를 뜻한다. 15개 효율적 DMU들 가운데 학산이 25회나 참조되었으며, 그 다음으로 한국EPM 24회, 일산전자 22회 참조되었다. 반면에 엔케이, 오성사, 코스텍 등 3개 효율적 DMU들은 비효율적DMU에 의해 한번도 참조되지 않았다.

<표 5> BBC 효율성의 포락지도 (2009년)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	동양제강					0.126		0.050			0.489				0.335		4
17	세명전기공업											0.999					1
18	삼덕통상					0.266						0.382			0.352		3
19	에스케이에프 코리아					0.466		0.287	0.040	0.208							4
20	신신기계	0.319				0.035		0.524			0.121						4
21	신협전자					0.167					0.125				0.613	0.095	4
22	동진섬유					0.402		0.497				0.119					3
23	아즈텍WB							0.089				0.911					2
24	송강중공업	0.231		0.508				0.262									3
25	동보체인공업					0.070					0.033				0.337	0.560	4
26	청우제강					0.238		0.168				0.394			0.200		4
27	케이오씨전기	0.488		0.129		0.159		0.223									4
28	대창메탈						0.159	0.620				0.220					3
29	광명인크제조					0.244		0.172				0.235			0.288		4
30	이애펙							0.012				0.988					2
31	코스와이어		0.046				0.106	0.177				0.670					4
32	파나소닉전공 신동아					0.358						0.461				0.181	3
33	동은단조					0.685	0.035					0.280					3
34	명진티에스알		0.010				0.042	0.094				0.853					4
35	이원솔루텍					0.147						0.397			0.455		3

36	와이시피					0.234		0.471				0.235						3
37	케이티이			0.197		0.585		0.205		0.014								4
38	태광에스씨티							0.002				0.998						2
39	선보공업			0.205				0.011	0.406			0.378						4
40	디케이오스텍					0.398		0.048				0.068			0.486			4
41	태원에스앤지							0.117				0.883						2
42	케이피아이					0.452		0.156				0.333						3
43	육성화학					0.193	0.065					0.742						3
44	리노공업					0.163		0.431				0.406						3
45	광산					0.773	0.014	0.194				0.019						4
46	에스앤더블류			0.019		0.149	0.001	0.215				0.615						5
47	캐스텍코리아					0.024	0.267					0.709						3
48	고려노벨화학						0.035	0.407				0.558						3
		3	4	3	0	22	10	24	1	2	4	25	0	0	8	3		

1. 대산엔지니어링, 2. 삼공사, 3. 성일에스아이엠, 4. 엔케이, 5. 일산전자, 6. 코리녹스, 7. 한국EPM, 8. 한국통산, 9. 동화엔텍, 10. 대성공업, 11. 학산, 12. 오성사, 13. 코스텍, 14. 유신단열, 15. 매직하이테크

### 3. 효율성의 개선

DEA는 비효율적인 DMU에게 효율적인 DMU가 되기 위한 목표 값을 제시해 준다. 이는 비효율적인 DMU가 효율적인 DMU가 되기 위해 무엇을 어떻게 얼마나 개선해야 하는지에 대해 목표 값을 알려 줌으로써 보다 쉽게 비효율적인 DMU가 효율성을 개선할 수 있게 해준다. 다음 <표 6>은 동양제강과 신신기계의 예를 들어 BCC 모형과 CCR 모형에서의 효율성 측정결과, 이들 두 기업의 실제값과 효율성 개선을 위한 목표값을 표로 나타낸 것이다.

예를 들어 동양제강은 CCR 효율성이 0.703로 비효율적으로 나타나, 효율적이 되기 위해서는 종업원수, 총자산, 총자본을 각각 68.88%, 29.75%, 43.54% 만큼 줄여야 한다고 해석할 수 있다. 신신기계는 CCR 효율성이 0.934로 동양제강에 비해 상대적으로 효율성이 높은 것으로 나타났지만, 그래도 효율적이 되기 위해서는 종업원수, 총자산, 총자본을 각각 29.43%, 6.58%, 6.58% 만큼 줄여야 한다고 해석할 수 있다.

&lt;표 6&gt; 실제값과 효율성 개선을 위한 목표값

MU	효율성 값	BCC			효율성 값	CCR		
	실제 값	목표 값	차이	%	실제 값	목표 값	차이	%
동양제강	0.985				0.708			
종업원수	175	174	-1	-0.54%	175	54	-121	-68.88%
총자산	18,328,604	18,230,134	-98,470	-0.54%	18,328,604	12,876,604	-5,451,900	-29.75%
총자본	14,043,391	9,386,834	-4,656,556	-33.16%	14,043,391	7,929,414	-6,113,976	-43.54%
매출액	35,752,885	35,752,885	0	0.00%	35,752,885	35,752,885	0	0.00%
영업이익	3,300,609	3,300,609	0	0.00%	3,300,609	3,300,609	0	0.00%
신신기계	0.944				0.934			
종업원수	155	146	-9	-5.87%	155	109	-46	-29.43%
총자산	43,556,372	41,101,335	-2,455,036	-5.64%	43,556,372	40,692,323	-2,864,048	-6.58%
총자본	25,717,530	24,267,962	-1,449,567	-5.64%	25,717,530	24,026,464	-1,691,065	-6.58%
매출액	61,538,500	61,538,500	0	0.00%	61,538,500	61,538,500	0	0.00%
영업이익	12,706,286	12,706,286	0	0.00%	12,706,286	12,706,286	0	0.00%

#### 4. 초효율성(Super-Efficiency) 분석

일반적으로 DEA 모형에서 효율적인 DMU들 사이에서는 순위를 매기지 못하고 전부 동일하게 1의 순위를 매겨 효율성에서 무차별적으로 간주하고 있다. 그러나 비록 효율적인 DMU들 사이에도 어느 것이 더 나은지 우열을 가릴 필요가 있다. 이 때 필요한 것이 초효율성 분석이다. 초효율성 분석을 하게 되면 효율적인 DMU들의 순위정보를 알 수 있다. 초효율성 분석을 통해 CCR 모형과 BCC 모형을 적용했을 때 효율적인 DMU들 사이의 순위와 효율성 값을 구한 결과가 <표 7>에 나타나 있다.

CCR 모형에서 효율적인 DMU 7개에 대해 초효율성 분석으로 순위를 매겨 본 결과, 일산전자가 2.094로 가장 높은 것으로 나타났으며, 한국에머슨프로세스 매니지먼트 1.680, 엔케이 1.248, 삼공사 1.185, 코리녹스 1.135, 성일에스아이엠 1.108, 대산엔지니어링 1.053 순으로 나타났다. 한편 BCC 모형에서 효율적인 DMU로 나타났던 15개에 대해 초효율성 분석을 적용해 본 결과, CCR 모형에서와 동일하게 일산전자가 2.666으로 가장 높은 것으로 나타났으며, 한국에머슨프로세스매니지먼트 1.817, 대성공업 1.301, 삼공사 1.267, 성일에스아이엠 1.241, 대산엔지니어링 1.235, 한국통산 1.204, 코리녹스 1.190, 유신단열 1.182, 학산 1.173, 코스텍크 1.002, 그리고 동화엔텍, 엔케이, 오성사가 모두 동일하게 1의

값을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 초효율성 분석에서 일산전자가 CCR 모형과 BCC 모형에서 모두 가장 높은 것으로 나타나, 규모와 운영면에서 다른 효율적인 DMU에 비해 상대적으로 가장 효율적인 경영을 하고 있는 것으로 볼 수 있다. 한편 엔케이는 CCR 모형에서는 비교적 높게 나왔으나 BCC 모형에서는 최하위로 나타나, 규모와 운영면에서 모두 효율적이기는 하나, 규모 효율성이 운영 효율성에 비해 상대적으로 낮은 것임을 알 수 있다.

<표 7> Super-CCR 모형과 Super-BCC 모형의 순위와 효율성 값

순위	Super-CCR 모형		Super-BCC 모형	
	DMU	효율성	DMU	효율성
1	일산전자	2.094	일산전자	2.666
2	한국EPM	1.680	한국EPM	1.817
3	엔케이	1.248	대성공업	1.301
4	삼공사	1.185	삼공사	1.267
5	코리녹스	1.135	성일에스아이엠	1.241
6	성일에스아이엠	1.108	대산엔지니어링	1.235
7	대산엔지니어링	1.053	한국통산	1.204
8			코리녹스	1.190
9			유신단열	1.182
10			학산	1.173
11			매직하이테크	1.102
12			코스텍	1.002
13			동화엔텍	1
14			엔케이	1
15			오성사	1

#### IV. 결 론

본 연구는 산업경쟁력의 기반이 되는 우리 나라 부품소재산업이 경영 효율성을 달성하고 있는지 알아보기 위해 DEA 모형을 이용하여 효율성 분석을 실시하였다. 이를 위해 국내 부품소재산업체 48개사를 선정하여 2009년 재무제표자료를 활용하여 자본, 자산, 종업원 수를 투입변수로 하고, 매출액, 영업이익을 산출변수로 하여 투입지향의 CCR 모형과 BCC 모형을 사용하여 효율성 분석을 실시하였다. 또



한 초효율성(Super-Efficiency) 분석을 통해 효율적 DMU들의 순위를 알아보았다. 이와 같은 효율성 분석을 위해 DEA-Solver-LV(Ver 3) 소프트웨어를 이용하였다. 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 규모수익 불변의 CCR-I 모형으로 효율성을 분석하였으며, 비효율적인 업체에 대해서는 벤치마킹의 대상이 되는 참조집합 및 효율성 개선을 위한 목표치를 제시하였다. CCR-I 모형 분석한 결과 총 48개 대상기업 중에서 일산전자, 한국에머슨프로세스메니지먼트, 엔케이, 코리녹스, 성일에스아이엠, 삼공사, 대신엔지니어링 등 7개 DMU가 효율성 값 1로 효율성을 달성하고 있는 것으로 나타났으며, 업종별로는 금속 및 화학 업종이 3개, 기계 및 기기업종과 전기 및 전자 업종이 각각 2개씩 효율적인 DMU로 나타났다. 그리고 나머지 41개 DMU는 비효율적인 것으로 평가되었다.

둘째, 규모수익의 가변을 고려한 BCC-I 모형을 이용하여 효율성 분석을 실시하고, 참조집합 및 효율성 개선을 위한 목표치를 제시하였다. BCC-I 분석결과 효율적인 DMU는 분석 대상 DMU 48개 가운데 CCR-I의 효율성 DMU를 포함하여 오성사, 매직하이테크, 한국통산, 코스텍, 대성공업, 동화엔텍, 학산, 유신단열 등 15개가 효율성 값 1로 효율적인 것으로 나타났으며, 업종별로는 금속 및 화학이 6개, 기계 및 기기 업종이 4개, 전기 및 전자 업종이 3개, 기타가 2개로 나타났으며, CCR-I 모형과 동일한 결과로 나타났다. 참조빈도 결과는 BCC-I에서는 학산이 25번 벤치마킹 대상으로 선정되었다.

셋째, 규모효율성을 제시해 규모에 의한 효율성을 확인하고 비효율적인 업체들의 비효율의 원인이 규모에 의한 것인지 아니면 투입 및 산출 조합의 비효율적 운영에 의한 것인지 알아보았다. 그리고 규모수익성(RTS)를 제시하여 각 업체들이 현재 기업규모에 의한 체증규모수익(IRS)에 있는지, 불변규모수익(CRS)에 있는지, 체감규모수익(DRS)에 있는지 알아보았다. 분석한 결과 IRS에 있는 DMU가 36개, CRS에 있는 DMU가 7개, DRS에 있는 DMU가 5개로 각각 나타났다. 특히 IRS에 해당하는 36개 DMU들 중 기계 및 기기 업종이 13개로 가장 많은 것으로 나타나 다른 업종에 비해 규모 확대를 통해 효율성을 상대적으로 높일 수 있는 것으로 나타났다. 특히 다른 부품소재산업에 비해 상대적으로 규모가 영세한 비금속, 섬유소재 등 기타업종에서는 8개 DMU 모두 IRS로 나타나 상대적으로 다른 업종에 비해 규모의 증가를 통해 효율성을 높일 수 있는 것으로 나타났다.

넷째, 초효율성 분석을 실시하여 효율적인 업체들 사이의 순위를 제시하였다. 그 결과 CCR-I 모형과 BCC-I 모형에서 동일하게 일산전자가 2.094, 2.666으로

가장 높은 것으로 나타났으며, CCR-I 모형에서는 대산엔지니어링이 1.053, BCC-I 모형에서는 동화엔텍, 엔케이, 오성사가 1.000으로 가장 낮은 것으로 나타났다.

본 연구의 한계점으로는 먼저 DEA 모형에 사용하기 위해 선정한 변수들이 모두 재무적인 것들이라는 점이다. 향후 좀더 현실적인 분석을 위해서 부품소재 산업 고유의 특성을 나타내주는 변수나 비재무적인 변수를 사용하는 것이 필요하리라 본다. 또한, 참조집합을 통해 비효율적인 DMU에 대해 개선해야하는 변수와 목표치 값을 제시하였으나, 어떻게 목표값을 달성해야 하는지에 대한 구체적인 개선 방안은 제시하지 못하였다. 향후 맘퀴스트(Malmquist) 생산성 지수 분석을 도입해 보는 것도 필요하리라 생각된다.

## 참고문헌

1. 김종기, 강다연(2008), “DEA를 이용한 ERP 시스템 도입기업의 경영효율성,” 한국콘텐츠학회논문지, 제8권, 제8호, pp.147-157.
2. 김주백(2005), “DEA 기법을 이용한 주요 철강 업체의 효율성 측정과 R&D 투자 간의 관계 연구,” 서울대학교 경영학과 석사학위논문.
3. 문승(2003), “DEA를 이용한 세계 자동차 주요기업의 효율성 분석,” 인하대학교 산업경제연구소 경상논집, 제17집 제2호, pp.60~90.
4. 박정현(2003), “제조기업의 경영효율성 분석에 관한 연구-자동차 부품산업 중심으로,” 아주대학교 대학원 산업공학과 석사학위논문.
5. 오지환(2011), “DEA 모형을 이용한 국내 부품산업의 상대적 효율성에 관한 연구,” 경성대학교 대학원 경영학과 박사학위논문.
6. 이형석, 김기석, “DEA 모형을 이용한 한국 철강 산업의 효율성 분석,” 한국콘텐츠학회논문지, '07 Vol. 7 No. 6, 2007, pp.195~205.
7. 정충영, 장재동, “DEA에 의한 제지업체의 경영성과 비교,” 한국생산관리학회지, 제7권 제1호, 1996, pp.121~147.
8. Banker, R., A. Charnes and W. Cooper(1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, Vol. 30, No. 9, pp.1078-1092.
9. Charnes, A., W. Cooper and E. L. Rhodes(1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” *European Journal of Operations Research*, Vol. 2, pp.429-444.
10. Cooper, W., L. Seiford, and K. Tone(2006), *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses with DEA-Solver Software and References*, Springer.
11. Farrell, M.(1957), “The Measurement of Productivity Efficiency,” *Journal of the Royal Statistical Society, Series A(General)*, Vol. 120, No. 3, pp.253-290.

## Abstract

### DEA Model for Measuring the relative Efficiency of Korean Materials and Components Industry†

Oh, Ji-Hwan\* · Chung, Ki-Ho\*\*

This paper attempts to analyze the efficiency of Korean Materials and Components Industry. 48 sample companies are extracted and efficiency analysis for them are accomplished by using DEA model. We use both CCR-I model and BCC-I model and classify the 48 companies into two groups; efficient and inefficient companies. We find the reference set which inefficient companies should benchmark in order to achieve efficiency and present the improving values for input and output variables. We analyze whether the inefficiencies come from scale or inefficient operation by measuring the scale efficiency. Finally the ranking among the efficient companies is derived through the super-efficiency analysis.

Key Words : Materials and Components Industry, DEA, CCR, BCC, Super-efficiency analysis

---

† This research was supported by Kyungsung University Research Grants in 2012

\* Planning & Audit Team Manager, Office of Administration & Planning, Busan Economic Promotion Agency, lucky@bepa.kr

\*\* Professor, Department of Management Information Systems, Kyungsung University, khchung@ks.ac.kr