

공급사슬의 효율 향상을 위한
평가기준에 관한 연구
- Evaluation Criteria for Efficient Coordination
in Supply Chain -

김 우 현*
kim, Woo Hyun
안 선 응*
Ahn, Sun Eung

Abstract

In this paper, we consider a multi-factor, multi-cause decision making problem of supply chain. And we show how to measure the operational efficiency of the components in supply chain and also how to improve the efficiency of each component and whole supply chain. As a methodology, the data envelopment analysis (DEA) is adopted to measure the efficiency by considering weight factors such as flexibility, information sharing, logistics level, etc. The proposed algorithm allows whole supply chain to have the improved efficiency rate.

1. 서 론

기업간 거래 즉, 협력업체간의 효율을 평가하기 위해 기존에 사용하던 비율분석이나 회귀분석의 한계를 극복하고자 하는 연구가 활발히 전개되고 있으며, 이러한 연구의 결과로서 대두되고 있는 방법이 현실적으로 관찰된 자료로부터 경험적 준거집단을 구성한 후 효율적 한계선과 관측치를 비교하여 성과를 평가하는 자료포락분석(Data Envelopment Analysis : 이하 DEA) 기법이다. DEA는 특정 의사결정단위(Decision Making Unit : 이하 DMU)의 상대적 효율성과 그 생산성을 결정하는데 사용될 수 있으며, 효율개선을 위해 참조가 되는 준거집단을 제시하여 구체적인 개선의 목표를 세우는데 도움을 줄 수 있다(Seiford, 1996).

본 연구에서는 공급사슬을 구성하고 있는 협력업체간의 효율성 측정을 위해 유연성, 정보공유, 물류수준 등의 요소들을 독립적인 고려사항이 아닌, 동시에 다루어져야 할

변수들로 명시하였다. 그리고 DEA 기법을 공급사슬 구성요소들 사이에서 의사결정 문제를 다루는 조정자로 생각하고, 실험대상으로 공급사슬 내에서 상품이나 서비스를 만들어내고 조립하고 변환하는 기능을 하는 생산단계를 중심으로 그 양쪽에 위치하는 협력업체(공급자, 소비자)들의 관계를 DMU로 선정한 후 공급사슬의 최적화를 위한 규칙에 따라 의사결정을 조정함으로써 협력업체 사이에서의 효율을 극대화함과 동시에 공급사슬 전체의 효율을 향상시키는 방법을 제시한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 우선, 제 2절에서는 기존 문헌에 제시되었던 연구에 대하여 소개하고, 제 3절에서는 본 연구에서의 분석 도구인 DEA 모형에 대하여 설명을 하며, 제 4절에서는 DEA 모형에 적용될 투입변수와 산출변수에 대하여 소개를 한다. 그리고 제 5절에서는 3, 4절에서 제시한 모형을 토대로 적용사례를 분석하며 마지막으로 제 6절에서는 본 연구의 의의 및 한계점에 대하여 기술한다.

2. 문헌고찰

효율성은 투입 대비 산출의 개념으로 투입 혹은 산출 각각에 대한 최소 및 최대화에 국한되는 것이 아니라 양자의 관계에 초점을 맞추는 개념이다. 따라서 효율성 평가에서와 같이 대안간의 효율을 측정하는 문제는 다수의 투입 및 산출의 평가 요소를 가진 대안들을 목표에 합치된 행동으로 유도할 수 있도록 하는 과학적인 도구가 요구된다.

최근에는 이러한 개념을 확대하여 공급사슬에서의 적용을 시도하였지만 아직까지는 그 결과가 매우 미약하다고 할 수 있겠다. 기존의 연구에서는 공급자 결정을 위한 공급자 비교모형(Soukup, 1987), 소매 생산성 평가(Naveen, 1998)와 같이 공급사슬의 구성요소인 공급자나 판매 서비스 문제들을 독립적으로 연구한 경우가 많았다. 이 경우 비용이나 물류, 재고와 같은 상대적 중요도가 큰 변수만을 이용하여 운영의 효율성을 향상시키려고 했으나, 임의의 특정 변수만을 고려한 전체적인 효율성 향상에는 한계가 있음을 최근의 연구에서 잘 나타내고 있다(Fian Liu et al., 2000).

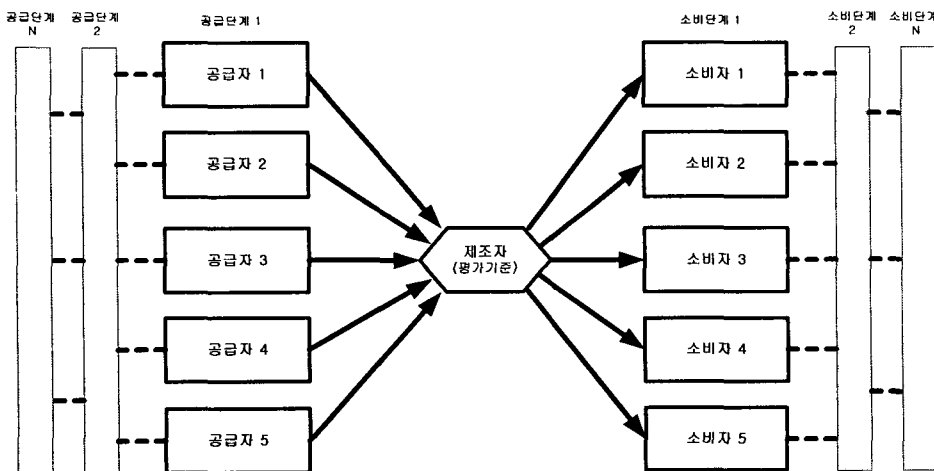


그림1. 확장된 혼합구조의 공급사슬 모형

[그림1]의 모형은 본 연구에서 대상으로 한 공급사슬의 구성원 중 그 일부를 표현한 것이며, 일련의 공급흐름 중에서 왼쪽의 공급자 부분과 오른쪽의 소비자 부분 사이의 효율을 측정하였다. 즉, 공급사슬에서 특정 기업이 그와 협력관계를 맺고 있는 모든 업체들과의 효율을 비교하고자 하였다.

3. 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis, DEA)

DEA는 다수의 투입 및 산출요소를 측정하여 다수 대안간의 상대적 효율성 평가에 이용된다. 이 기법은 비영리기관의 효율성을 평가하던 기존방법에 있어서의 문제점을 보완하여 비모수적인 방법에 의해 개발된 OR모델로서, Charnes(1978)는 Farrell(1957)의 효율성 분석을 비율모형으로 전환한 CCR 모형을 제시하였다. 이의 수리적 해석은 투입과 산출 관계의 2차원 평면상에서 원점에서부터 참조집합까지의 거리와 원점에서 피 평가단위까지의 길이의 비에 의해서 효율성이 평가된다.

$$\begin{aligned}
 \text{[CCR ratio model]} \quad \text{Max} \quad h_0 &= \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{i0}} \\
 \text{subject to} & \hspace{15em} (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij}} &\leq 1 \\
 U_r, V_i &> 0 \\
 j &= 1, 2, \dots, n.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{[CCR LP model]} \quad \text{Max} \quad h_0 &= \sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{r0} \\
 \text{subject to} & \hspace{15em} (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{i0} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij} &\leq 0 \\
 U_r, V_i &> 0 \\
 j &= 1, 2, \dots, n.
 \end{aligned}$$

여기서,

$$\begin{aligned}
 h_0 &= \text{측정 대상 DMU의 효율} & X_{ij} &= \text{DMU j에서 투입 변수 i의 측정값} \\
 U_r &= \text{산출 변수 r의 가중치} & Y_{rj} &= \text{DMU j에서 산출 변수 r의 측정값} \\
 V_i &= \text{투입 변수 i의 가중치} & j &= \text{실험 대상 DMU (j=1, 2, \dots, n)}.
 \end{aligned}$$

식(1)은 CCR 비율 모형을 나타내는 비선형계획법이고, 식(2)는 식(1)을 선형계획법의 형태로 전환한 CCR LP 모형을 나타낸다. 이때, U_r 와 V_i 는 모든 DMU들의 변수값을 바탕으로 결정되며, 대상 대안의 효율을 극대화시키는 각 산출변수와 투입변수의 가중치이다. 즉, DMU j 에 대한 제약식에 의해 결정변수인 U_r 와 V_i 의 값이 정해지고, 이 가중치 값에 의해서 목적함수인 h_0 가 계산되어 진다.

첫 번째 제약조건은 DMU j 의 효율성에 대한 제약조건으로, 산출량이 투입량을 넘지 못함을 의미한다. 그 이유는 DMU의 효율을 1이 넘지 못하게 제한함으로써 가장 효율적인 프론티어의 기준값을 1로 제한하고자 함이다. h_0 는 대상 DMU의 효율값을 나타내는 것으로, h_0 의 최대값인 h_0^* 는 언제나 1보다 작거나 같게된다. 즉, h_0 는 0과 1사이 에 존재하며 가장 효율적인 DMU는 $h_0^*=1$ 의 값을 갖게된다.

기존의 DEA 기법을 이용한 공급사슬의 효율에 관련된 연구에서는 각각의 DMU에 대한 규모의 효율성을 고려하지 못한 미비점이 존재한다. 즉, 각 DMU들이 가지고 있는 지리적 위치 및 시장 환경과 같은 다양한 환경적 특성들과 운영상의 특성들을 고려하고 있지 못하다는 한계를 가지고 있다. 이러한 제한점으로 인해 실질적으로 어떠한 요인들이 DMU의 효율성에 영향을 미치는지 정확하게 제시를 하지 못하였다. 따라서, 본 연구에서는 DMU의 효율성 분석을 일반적인 생산측면의 효율성(이하 생산효율성) 외에 경쟁환경측면의 효율성(이하 규모의 효율성)을 비교 측정함으로써 DMU의 효율성 성과가 내부의 효율적 운영에 의한 것인지 아니면 규모의 영향 때문인지를 분석하고자 한다. 이를 위해 식(3)과 같은 CCR의 쌍대모형의 결과값을 분석하여 본 연구에서 제시하는 생산효율성 분석과 함께 규모의 보수(Indicator of return to scale)에 대한 평가를 실시하였다.

$$[\text{CCR Dual model}] \quad \text{Min } h_0 = Z_0 - \left[\sum_{r=1}^s t_r + \sum_{i=1}^m s_i \right]$$

subject to (3)

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i = x_{i0} Z_0, \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j = y_{r0} + t_r, \quad r = 1, \dots, s$$

여기서,

$$\lambda_j, s_i, t_r \geq 0 \quad \forall i, r, j \text{ and } Z_0 \text{ unconstrained,}$$

Z_0, λ_j, s_i, t_r 은 쌍대변수.

본 연구에서의 DEA 모형은 실제자료의 불연속성으로 단계적 선형형태의 효율적 프론티어를 제시하게 되며, 이러한 과정에서 규모에 따른 보수의 불변(Constant of return to scale)을 가정하고 효율성을 측정하는 CCR LP 모형(생산효율성)과 규모에 따른 보수의 변화(Variable of return to scale)를 가정하고 효율성을 측정하는 CCR 쌍

대모형(규모의 효율성)으로 구분하여 측정하였다. 이 모형에서 쌍대가중치 즉, λ_j 는 효율적 DMU의 규모에 대한 보수지표(Indicator of return to scale)로써 생산적 요인을 제외한 외부요인에 의해 효율의 변화가 생길 수 있는 부분에 이러한 규모의 효과를 사용한다. CCR 쌍대모형인 경우 이러한 규모의 효과를 수익체증 효과(Increase of return to scale)와 수익체감 효과(Decrease of return to scale)로 구분을 한다. λ_j 의 합이 최적효율값인 1보다 작은 경우 수익체증 효과를 나타내고 1보다 큰 경우 수익체감 효과를 나타낸다(Sami et al., 1995).

CCR 모형은 순수한 생산성에 관련된 효율을 나타내므로 외부 환경적 요인이 없다는 가정 하에서의 효율을 나타내며 CCR 쌍대모형은 환경적 요인에 관한 효율을 측정함으로써 이들의 비로써 해당 DMU의 규모 효율성을 나타낼 수 있다.

4. 투입변수와 산출변수의 정의

DEA 기법에 의한 상대적 효율성을 측정할 때 가장 중요한 것은 투입과 산출에 대한 적절한 정의이다. 즉, 효율성 측정은 투입에 대한 산출을 의미하므로 투입요소 및 산출요소 중 어떠한 변수들을 선택할 것인가는 실제 측정에 앞서 신중히 검토되어야 할 사항이다. 그러나 기업의 생산성 혹은 효율성과 관련된 경우 투입 및 산출에 대한 정의에 대해 하나의 일치된 견해는 존재하지 않으며 해당 연구자의 관심분야에 따라 여러 가지 견해가 있을 수 있다(Fian Liu et al., 2000).

따라서 본 연구가 대상으로 하는 공급사슬의 경우, 다양한 기존의 연구자료로부터 그 중요성이 인정된 변수들을 실험에 채택하였으며, 각각의 투입과 산출변수들을 효율성의 측면에서 정의하고 이에 따라 분석을 실시하였다.

대다수의 DEA 연구대상들은 독립적인 위치를 기준으로 연구되었으므로 변수측정이 상대적으로 단순했으나, 본 연구에서 대상으로 하는 공급망의 경우에는 각 구성요소들이 독립적인 위치가 아니라 [그림1]과 같은 확장된 혼합구조에서의 협업관계가 성립하므로 변수선택에 있어서도 이러한 점을 고려하였다. 즉, 독립적인 기업 내부의 효율측정이 아닌 협력기업 관계에서의 효율측정이므로 고려해야 할 변수들도 이러한 점을 반영하였다. SCM 효율성 측정에 대한 연구에서 사용된 변수들과 중요하다고 인정되는 변수들을 토대로 각 DMU의 투입변수와 산출변수를 나타내어 보면 <표1>과 같다.

5. 실증분석

본 연구에서 제시하는 공급사슬에서의 효율성 평가 과정은 [그림2]와 같다. 이 방법은 먼저 평가 대상이 선정되면 평가 목적에 부합하는 투입과 산출변수들을 평가대상의 특성에 맞게 추출을 하고 측정값을 제시한다. 그리고 이 측정값을 이용하여 DEA를 수행하고, DEA 적용 과정에서 도출되는 결과값을 이용하여 효율적인 평가 기준을 정의하고, 선정된 평가기준을 가지고 마지막 단계인 분석결과 해석으로 진행된다.

표1. 공급사슬 유형 변수

측정변수	정의	연구자	
투입변수	IT 투자율	현재 IT부문에 투자되는 비용이 산출변수에 미치는 영향도 파악	Scott (2000)
	정보공유도	기업에서 활용하는 관련기업, 고객, 상품 등에 대한 정보를 공유하는 수준측정	Beamon (1999)
	거리	관련 기업과의 물류거리가 산출변수에 미치는 영향도 파악	Weber (1991)
	재고회전율	조직내에서 자재 또는 제품의 흐름속도를 측정하여 기업의 자재관리 성과측정	Badinelli (1985)
	품질	공급받은 혹은 공급한 상품에 대한 허용범위를 통과한 정도를 측정	C. Patel (2001)
	경쟁가격	공급받는 혹은 공급하는 제품의 시장가격 대비 공급가	Fian Liu (2000)
산출변수	기업만족도	가능한 최소의 비용, 최소의 시간 그리고 최대의 서비스에 대한 기업의 반응	Naveen, D. (1998)
	수요예측도	기업에서 계획한 수요대비 달성률을 측정	Dickson (1966)
	물류효율성	현재 운영되고 있는 물류구조에서의 효율성을 측정	Beamon (1999)

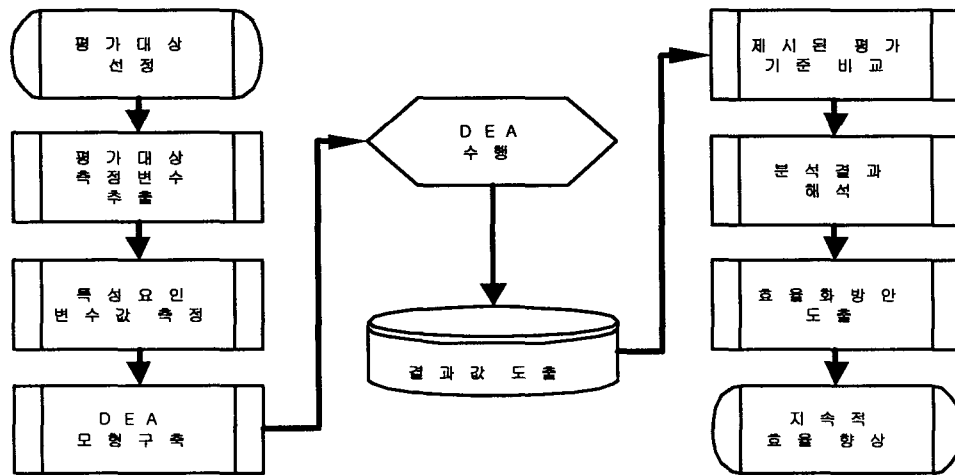


그림2. DEA 모형을 이용한 효율성 평가 과정

5.1 실험

본 연구에서 대상으로 한 모델은 공급사슬 내에서 협업관계에 있는 기업들을 대상으로 총 20개의 기업간 관계를 선정하였으며, 이들의 관계는 공급사슬에서 제시하는 관계유형 중 장기간 지속적인 관계로 가정한다. <표2> 와 <표3>은 각 변수들의 측정방법과 측정결과이다.

표2. 각 변수들의 측정방법

측정변수	측정방법	
투입변수	IT투자율	기업간 정보의 공유를 위해 공동투자한 비용대비 투입금액의 비율
	정보공유도	전체 Cycle Time중 실제 Process Time이 차지하는 비율
	거리	기업간 물류에 사용되는 거리로써 실질적인 거리가 아닌 물류상의 거리
	재고회전율	년간 매출액 대비 평균 재고금액의 비율
	품질	공급된 제품중 허용범위를 통과한 제품의 비율
	경쟁가격	시장내에서 거래되는 동종 상품 가격 대비 공급하는 상품의 가격의 비율
산출변수	기업만족도	고객에 대한 납기 준수율
	수요예측도	수요계획대비 실제 수요 달성율
	물류효율성	총물류비용 중 수송비와 하역비가 차지하는 비율

표3. 각 변수들의 측정결과

변수 DMU	투입변수						산출변수		
	IT투자율	정보공유도	거리	재고회전율	품질	경쟁가격	기업만족도	수요예측도	물류효율성
A	21.40	17.2	209.05	12.13	100	100	85.72	89.25	23.9
B	9.54	51.3	104.04	26.44	99.36	85	95.23	84.21	55.4
C	33.25	43.2	55.40	39.72	99.99	100	89.96	69.54	25.6
D	27.57	43.9	104.10	12.79	100	100	87.32	74.11	18.9
E	13.16	23.6	94.25	15.35	99.99	90	98.48	83.29	49.5
F	23.80	50.23	64.21	25.55	91.89	95	97.63	94.56	56.3
G	28.90	13.6	105.54	32.62	99.79	95	93.25	96.36	52.2
H	28.52	19.8	106.72	51.71	99.85	100	99.68	91.27	65.3
I	28.70	11.2	77.42	18.25	99.95	100	79.63	95.25	51.6
J	22.30	21.6	114.64	25.24	97.54	95	86.29	72.89	29.5
K	35.41	22.8	56.98	33.12	99.91	95	88.47	77.41	33.1
L	12.59	39.2	87.35	9.87	100	85	94.45	81.12	41.6
M	22.69	47.8	115.26	14.23	100	95	95.28	88.65	42.3
N	18.51	44.6	198.67	16.25	96.59	90	81.26	87.54	39.2
O	31.24	9.7	249.36	11.12	99.83	95	82.22	88.24	12.7
P	22.21	25.8	94.25	9.45	100	95	96.36	93.12	22.8
Q	39.72	56.7	75.23	25.36	100	100	95.56	96.84	24.2
R	14.68	51.2	196.37	29.65	99.79	85	99.33	91.13	25.6
S	24.36	48.3	188.47	38.16	99.91	100	94.57	88.65	32.7
T	26.59	18.2	68.27	33.32	100	100	89.72	87.59	35.2

위 표에서 IT부문 투자율, 물류 효율성 그리고 수요예측도에 대한 자료는 관련 연구자의 문헌에서 제시한 자료를 조금 수정한 것이다. 그리고 거리와 경쟁가격, 경쟁업체 수, 재고회전율은 참고 서적에서 제시한 방법을 기준으로 제시한 것이며 (John, T. M., 2000), 나머지 변수인 기업만족도, 정보공유도, 품질도 이와 유사한 방법으로 위 표에 적용하여 보았다. <표4>는 본 연구에서 대상으로 한 20개의 DMU에 대한 DEA의 결과를 나타내었다.

표4. DEA에 의한 효율성 점수

DMU	CCR-LP	준거집단	CCR-dual	준거집단(dual-value)	규모의 효율	비고
A	1	N/A	1	N/A	-	효율
B	0.878	A(0.172), I(0.382)	0.878	A(0.265), I(0.524)	IRS	비효율
C	1	N/A	1	N/A	-	효율
D	1	N/A	1	N/A	-	효율
E	0.992	I(0.412), S(0.178)	0.991	I(0.544), S(0.072)	IRS	비효율
F	0.811	A(0.365), S(0.212)	0.811	A(0.562), S(0.342)	IRS	비효율
G	0.943	A(0.223), I(0.332)	0.943	A(0.454), I(0.352)	IRS	비효율
H	1	N/A	1	N/A	-	효율
I	1	N/A	1	N/A	-	효율
J	0.995	A(0.184), S(0.256)	0.995	A(0.221), S(0.002)	IRS	비효율
K	0.932	D(0.132), I(0.521)	0.931	D(0.886), I(0.172)	DRS	비효율
L	0.854	A(0.652), D(0.132)	0.854	A(0.412), D(0.714)	DRS	비효율
M	0.930	S(0.661)	0.930	S(0.661)	IRS	비효율
N	0.889	I(0.454), Q(0.112)	0.889	I(0.254), Q(0.621)	IRS	비효율
O	0.936	A(0.326), I(0.223), Q(0.072)	0.935	A(0.336), I(0.144), Q(0.032)	IRS	비효율
P	0.930	A(0.004), I(0.612)	0.930	A(0.194), I(0.862)	DRS	비효율
Q	1	N/A	1	N/A	-	효율
R	0.863	A(0.432)	0.863	A(0.695)	IRS	비효율
S	1	N/A	1	N/A	-	효율
T	1	N/A	1	N/A	-	효율

5.2 결과분석

본 절에서는 DEA모형에 의한 효율성 측정 결과와 이를 이용한 비효율 DMU의 개선 방안을 제시하고, 아울러 CCR 쌍대모형에 의한 규모의 효율성분석을 통해 CCR 모형의 결과인 생산효율성과 비교, 분석함으로써 외부환경 분석에 대한 평가기준을 제시하도록 한다. 그리고 효율성 측정 결과는 다음의 두 가지 차원에서 분석하기로 한다.

첫째, 상대적 효율성에 의한 분석이다. 즉, 공급사슬 내에서 효율적으로 측정된 DMU의 비율이 갖는 의미를 분석하였으며, 두 번째로 준거집단에 대한 분석에서는 효율적 DMU들이 준거집단으로 등장한 것이 효율성 측면에서 어떤 의미를 지니는 것인지를 설명하며, 비효율적 DMU별로 어떤 준거집단들을 지니고 있는지, 그리고 효율성 향상을 위해 참조해야 할 가장 중요한 준거집단은 어느 곳인가 하는 것을 규명한다.

5.2.1 상대적 효율성에 대한 분석

<표4>는 20개 DMU의 상대적 효율성점수가 DEA에 의해 계산된 결과이다. 효율성 점수 1은 상대적 효율성을, 그리고 1보다 적은 값은 상대적 비효율성을 나타낸다. 효율적으로 나타난 DMU는 총 20개 중에서 8개로서 전체의 40%이다. 이것은 다시 말하면 20개의 DMU 중에서 8개의 효율적 협력업체들이 경험적으로 효율성 프론티어를 형성하고 있으며 나머지 12개 협력업체들의 효율성은 이러한 프론티어와의 관계 속에서 상대적으로 측정되었다는 의미이다.

비효율적으로 나타난 DMU는 12개 업체로써 이들 비효율적으로 운영되고 있는 업체의 경우 공통적으로 나타나고 있는 현상중의 하나가 산출에 비해 투입이 과다하게 많다는 것이다. 이들 비효율적인 업체의 경우 최소한의 투입을 들여 최대한의 산출을 얻을 수 있도록 다각도로 노력해야 할 것이다.

5.2.2 준거집단에 대한 분석

DEA에 있어서 준거집단의 존재는 대단히 중요한 의미를 지닌다. 왜냐하면 각 DMU의 효율성과 비효율성의 정도 그리고 비효율적 부문이 이 준거집단을 통해서 상대적으로 측정되기 때문이다. DEA에서 도출하는 효율성을 서열화할 수 없는 이유도 여기에 있다. 즉, 서로 다른 준거집단을 갖고 있는 DMU들을 같은 척도로 비교할 수 없다는 것이다. 준거집단은 비효율적인 조직이 참조할 수 있는 모델이 된다는 점에서 의의를 갖는데, 그것은 준거집단이 되는 DMU는 비효율적 DMU와 투입 및 산출구조에 있어서 비교적 동질성을 지닌 집단들로 구성되기 때문이다.

준거집단은 두 가지 측면에서 분석할 수 있다. 하나는 효율적 DMU가 준거집단으로 출현한 회수와 관련한 것이며, 다른 하나는 각각의 비효율적 DMU에 대하여 준거집단이 되는 DMU들에 관련한 것이다. 준거집단에 대한 또 하나의 분석은 비효율적 DMU들의 준거집단을 형성하는 DMU들에 관한 것이다. 이것은 상대적으로 비효율적 DMU

들의 효율성 향상 측면에서 참고집단의 의미를 지닌 DMU들은 어떤 것들인가를 알아 내는 것을 의미하며 나아가 관리 형태나 절차의 개선에 있어서 준거가 될 DMU를 선정하는데 있어 유용한 정보를 제공해 줄 수 있다. 다시 말해서 비효율적 DMU는 중요 준거집단이 되는 DMU를 본보기로 탐구할 필요가 있을 것이다 (Bowlin, 1987).

효율성의 비교기준으로 이용된 준거집단으로는 DMU A 8회, DMU I 7회, DMU S 4회, DMU D와 Q가 각 2회의 순인 것으로 나타났다. 이때 참조가 된 DMU와 관련한 그림자 가격(Shadow Price) 즉, 가중치는 특정의 비효율적 DMU들에 대한 자원의 초과투입과 부족이 어느 정도가 되는가를 산출하는데 이용됨으로써 관리적 개선을 위한 유용한 정보로 활용될 수 있다.

준거집단을 통해서 비효율 DMU들을 좀더 효율적으로 개선되는 과정은 다음의 식 (4)를 통해서 측정값들을 변화시킴으로써 가능해 진다. 즉, 준거집단으로 선택된 DMU들의 쌍대가중치를 이용하여 이들의 가중치에 대한 대상 변수 값들의 비율 값으로써 비효율 DMU의 변수 값이 가져야 할 값들의 범위를 결정할 수 있다. 이 결정 값을 갖기 위해 대상이 되는 기업에서는 기술이나 자금, 인력 등을 투입할 수 있다. 이러한 기준들을 수용하는 과정에서 비효율 DMU들은 효율적 DMU로 변화할 수 있다.

$$x'_{ij} = x_{ij} Z_j - s_{ij}$$

혹은,

$$x'_{ij} = x_{i1} \lambda_1 + x_{i2} \lambda_2 + \dots + x_{ik} \lambda_k \tag{4}$$

여기서,

k = 대상 준거집단

λ = 대상 준거집단의 쌍대 가중치

표5. DEA에 의한 변화된 값 (DMU # F의 예)

DMU # : F	효율성 점수 : 0.811			
	변수	측정값	효율선상의 값	잔여변수 (slack)
투입요소	IT투자율	23.80	20.35	3.45
	정보공유도	50.23	26.18	24.05
	거리	64.21	181.94	-117.73
	재고회전율	25.55	19.86	56.9
	품질	91.89	88.17	3.72
	경쟁가격	95	90.4	4.6
준거집단	A (0.562), S (0.342)			

5.2.3 규모의 효율성에 대한 분석

· 상대적 효율성을 CCR LP 혹은 CCR 쌍대모형에 의한 효율성만으로 측정한다면 비효율적 DMU의 경우 이들의 비효율 원인을 운영상의 결함에만 초점을 두는 단점이 있

다. 즉, 규모에 대한 수익변화를 가정하여 분석함으로써 비효율적 DMU들의 경우 비효율성의 원인이 규모에 의한 영향도 있다는 것을 <표4>의 결과는 보여주고 있다.

CCR LP 모형이 규모에 대한 보수의 불변(Constant of return to scale)을 가정한 반면 CCR 쌍대모형에서는 규모에 대한 보수의 변동성(Variable of return to scale)을 가정하였다. 즉, 비효율 DMU의 준거집단들의 쌍대가중치의 합이 1보다 작다면 수익체증 효과(Increase of return to scale)의 운영을, 쌍대가중치의 합이 1보다 크다면 수익체감 효과(Decrease of return to scale)의 운영을 한다고 할 수 있다(Sami, E. M., 1995).

규모에 대한 수익의 체감을 보여주는 DMU K, L, P의 경우에는 현재 최적의 규모 이상의 투입요소에 의해 운영을 하고 있음을 간접적으로 알려주고 있으며, 규모에 대한 수익의 체증을 보여주는 DMU B, E, F, G 등의 경우에는 투입의 증가가 산출에 있어서 그 이상의 산출물을 가져다 줄 수 있다는 정보를 알려주고 있다.

6. 결론

본 연구에서는 DEA 모형을 적용하여 공급사슬에 속한 구성요소들의 운영효율 향상에 관한 평가기준을 제시함으로써 구성요소의 효율성 향상과 동시에 공급사슬의 효율성 향상을 도모하였다. 기존의 공급사슬에 관련된 연구에서 제시하지 못했던 다양한 특성요인을 고려한 효율의 측정과 함께 효율성의 측면을 규모의 효율성까지 확대하였다는 점은 본 연구가 가지는 기존 연구와 차별되는 점이라 할 수 있다

실험결과를 통해 알 수 있듯이 공급사슬 내에 속한 DMU들이 모두 같은 효율을 보이는 것은 아니다. 그 이유가 본 연구에서 제시하지 못한 변수들에 의한 것일 수도 있지만 더욱 구체적인 이유는 비슷한 산출결과를 보이면서도 필요이상의 과다한 투입요소들이 존재한다는 것을 쉽게 알 수 있다. 상대적으로 과다한 투입변수들에 대해 본 연구에서 제시하는 방법론에 의해서 최적화 된 값은 아니지만 비교적 쉽게 대상 기업에서 응용할 수 있는 방법들을 제시하였다.

그러나 이러한 결과를 도출하는 과정에서 아직 명확히 제시하지 못한 제한점들이 존재한다. 첫째, 변수선정의 한계가 있다. 본 연구에서 제시한 기업만족도와 정보공유도 같은 자료들은 데이터를 구하는데 제약이 많아 구체적인 수치를 제시하지 못하고 비슷한 성격의 성과 측정치들로 나타낼 수밖에 없었다. 이러한 변수들에 대한 구체적인 자료들이 제시된다면 정확도가 향상된 결과를 제시할 수 있을 것이다.

둘째, 공급사슬에서 비효율적 DMU가 효율적 프론티어로 변경되었을 때 공급사슬의 효율성과 변경된 DMU 사이의 상관분석이 구체적으로 제시되지 못하고 정성적으로만 표현하였다. 이들 사이의 상관분석을 통해 정량적인 수치들을 계산하는 것은 앞으로의 연구에 남은 과제라고 할 수 있겠다.

그러나 공급사슬에 있어 측정과 평가의 중요성이 증가함에 따라 DEA는 조직의 업적 평가, 자원배분문제, 예산편성문제 등 객관적인 측정과 평가가 필요한 모든 분야에 실무적으로 적용되어 가시적인 성과가 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

- Badinelli, R. D., Deuremeyer, B. L. and Schwarz, L. B.(1985), Fill-rate optimization in a warehouse, *Management Science*, 31(4), 488-498.
- Beamon, B. M.(1999), Measuring supply chain performance, *The International Journal of Operations & Production Management*, 19(3), 275-292.
- Bowlin, W.(1987), Evaluating the Efficiency of US Air Force Real Property Maintenance Activities, *Journal of the Operational Research Society*, 38, 127-135.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E.(1978), Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- C. Patel, A. Gunasekaran and E. Tirtiroglu(2001), Performance measures and metrics in a supply chain environment, *The International Journal of Operations & Production Management*, 21(12), 71-87.
- Dickson, G. W.(1966), An analysis of vendor selection systems and decisions, *Journal of Purchasing*, 2, 5-17.
- Farrell M. J.(1957), The Measurement of Productivity Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society*, 3, 253-281.
- Fian Liu, Fong-Yuen Ding and Vinod Lall(2000), Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement, *Supply Chain Management: An International Journal*, 5, 143-150.
- John, T. M.(2000), *Supply Chain Management*, Sage Publication Inc, USA.
- Naveen, D. and Boonghee, Y.(1998), Retail Productivity Assessment Using Data Envelopment Analysis, *Journal of Retailing*, 74(1), 89-105.
- Sami, E. M. and Risto, L.(1995), Data envelopment analysis: Visualizing the results, *European Journal of Operational Research*, 85, 700-710.
- Scott M. S. and Terry A. B.(2000), A framework for measuring the efficiency of organization, *The International Journal of Management Science*, 28(2000), 125-141.
- Seiford, L. M.(1996), Data envelopment analysis: the evolution of the state of the art(1978-1995), *The Journal of Productivity Analysis*, 7, 99-137.
- Soukup, W. R.(1987), Supplier selection strategies, *European Journal of Purchasing & Materials Management*, Summer, 7-12.
- Weber, C. A. and Benton, W. C.(1991), Vendor selection criteria and methods, *European Journal of Operational Research*, 50, 2-28.
- Weber, C. A.(1996), A data envelopment analysis approach to measuring vendor performance, *Supply Chain Management*, 1, 28-30.