

DEA 기법을 활용한 안전관리자의 운영 효율성 평가

유우연* · 장서일** · 강경식*** · 이동훈**** · 이경식**** · 조영도****

*명지대학교 산업경영공학과 · **명지대학교 중소기업직업훈련컨소시엄센터

명지대학교 안전경영연구소 · *한국가스안전공사

A Study on the Efficiency Analysis for the Operations of the Safety Patrol applying the DEA Approach

Wooyeon Yu* · Seo-II Jang** · Kyung Sik Kang***

Dong-Hoon Lee**** · Kyung-Sik Lee**** · Young-Do Jo****

*Department of Industrial and Management Engineering, Myong-Ji University

**SMEs Human Resource Development Center, Myong-Ji University

***Safety Management Laboratory, Myong-Ji University

****Facilities R&D Division, Korea Gas Safety Corporation

Abstract

All of the city gas companies in Korea must employ the gas safety patrols by law. The gas safety patrols are responsible for the various tasks including daily gas pipeline patrol to prevent gas accidents. Since the size of jurisdiction varies among the city gas companies, it is very difficult to compare their efficiency for the operations of the safety patrol each other directly.

The objective of this research is to develop the methodology to analyze and compare the efficiency of the safety patrol's operations among various city gas companies. Several factors that are related to the safety patrol's duty on the gas safety factors were identified and DEA(Data Envelopment Analysis) model for efficiency analysis was developed.

Finally, the DEA model was applied to the collected data from six city gas companies. The less efficient city gas companies can benchmark the higher efficient city gas companies in order to improve the safety control systems.

Keywords : DEA, Efficiency Analysis, Safety Patrol, City Gas

1. 서론

안전경영체계가 효과성 확보에서 효율성 제고의 방향으로 변화하고 있으므로, 도시가스 부문에서도 현행 시행되고 있는 도시가스 안전관리체계의 전반적인 효율성 평가에 대한 필요성 제기되고 있다.

본 연구는 이와 같은 맥락의 일부분으로 도시가스 안전관리체계 중에서 안전점검원의 업무와 관련된 사항을 대상으로 효율성 분석을 실시하는 방법 개발을

목표로 수행되었다.

국내의 가스안전관리 체계는 1994년의 아현동 가스 폭발사고와 1995년 대구 지하철 공사장 도시가스 폭발 사고 등 대형 가스사고로 인하여 일대 변혁이 추진되었다. 가스배관의 굴착작업에 대한 명확한 처리방법이 법규화 되고 안전점검원 신설 등의 제도가 새로 마련되었다. 이러한 법규화와 안전점검원 제도 운영으로 1995년 이후 국내의 가스 사고는 급격히 감소하였다.

안전점검원 제도는 1996년에 도입된 제도로서 각 가스 공급기관은 가스공급 배관 15km당 안전점검원 1인을 고용하여 가스공급시설의 점검, 타공사 관련업무, 정압기와 전기방식의 시설관리, 그리고 관로 순회 점검 및 굴착공사 관리 등의 업무를 수행하도록 법규화 되어 있다. 이와 같은 안전점검원의 도입으로 인하여 전체적인 가스 사고가 감소한 것으로 파악되었지만, 각 도시가스 공급기관들마다 안전점검원의 운영 현황이 다양하고 각 기관들의 규모가 상이하여 안전점검원의 운영 효율성을 직접적으로 비교 분석하기는 어려운 상황이다.

본 연구에서는 도시가스 공급기관들의 규모가 상이한 상황에서 각 공급기관들의 안전점검원 운영 효율성을 비교하기 위하여 DEA(Data Envelopment Analysis) 모델을 개발하고 적용하여 각 공급기관의 효율성을 분석하였다.

2. 효율성 측정방법 및 DEA의 선행연구

효율성이란 특정 조직단위가 자원을 활용하여 산출물이나 결과물을 어떻게 창출해 내는가를 표현할 때 사용해 왔다. 효율성에 대한 정의는 다양하지만 일반적으로 투입량에 대한 산출량의 비율로 정의되며 생산량수와 비용합수를 통하여 효율성을 규명해 왔다.

전통적인 효율성 측정방법은 함수적 접근법, 생산성 접근법, 비율분석법 등이 있다. 이러한 전통적 접근법은 다음과 같은 한계를 가지고 있다(김용민, 2004).

첫째, 공공부문이나 서비스 부문의 경우 정확한 비용함수의 도출이 어렵고, 투입물과 산출물과의 상관관계를 객관적으로 규명하기가 어렵다.

둘째, 다수의 투입물과 다수의 산출물을 산출하는 산업구조에서는 모든 투입물과 산출물을 동시에 고려하여 효율성을 측정하기 어렵다.

셋째, 다른 조직과 생산성을 평가하기 위하여 객관적인 기준이 제시되어야 하나 산정기준이나 평가자의 자의에 의하여 평가결과가 다르게 나타날 수 있다.

넷째, 모든 투입물과 산출물이 화폐액으로 표시됨으로써 가격효과로 인하여 순수한 생산성 측정에 영향을 미칠 수 있다.

다섯째, 외생변수 및 범주적 변수 등 투입물과 산출물의 환경변수를 고려할 수 없다. 여섯째, 어느 부문에 어느 정도의 비효율성이 있는지 정확한 자료를 제공할 수 없다.

이와 같은 전통적인 효율성 측정방법의 한계점 때문에 효율성분석에 대한 가정 및 제약조건이 거의 없고

다수의 투입물과 다수의 산출물을 가진 산업에 대한 효율성분석에 있어서 의사결정자에게 많은 정보를 제공하는 DEA에 의한 상대적 효율성 측정방법이 유용하게 대두되고 있다.

DEA는 Charnes (1978)에 의해 처음 제안된 이후, 주로 교육 부문, 공공서비스 기관, 의료 부문, 금융 부문, 통신서비스 부문, 유통 부문, 도소매 부문 등 다양한 서비스 부문의 생산성 평가에 널리 사용되어 왔다.

DEA는 다수의 투입요소와 다수의 산출요소를 갖는 의사결정단위(Decision Making Unit, 이하 DMU)의 효율성을, 투입요소의 가중합(weighted sum)과 산출요소의 가중합의 비율로 측정한 후, 유사한 활동을 수행하는 다른 의사결정단위들의 효율성과 비교하여 상대적인 효율성을 결정하는 방법이다.

따라서 DEA는 서비스 지점이나 센터와 같이, 다수의 의사결정단위들이 동일한 목표를 가지고 비슷한 업무를 수행하는 경우의 생산성 비교 평가에 적용할 수 있다. 이러한 DEA의 특징은 본 연구 대상인 규모가 상이한 도시가스 공급기관의 운영 효율을 평가하기에 적합한 기법이라 할 수 있다.

DEA를 효율성 측정에 적용한 선행연구는 다양한 분야에 적용되어 수행되었으며, 이들 연구 중 대표적인 연구를 요약하면 다음과 같다.

Sherman and Gold(1985)는 미국의 한 저축은행의 14개 지점을 대상으로 은행들 간의 상대적인 운영효율성을 비교·분석하였으며 Vassiloglou and Giokas (1990)는 그리스의 상업은행의 아테네 지역 20개 지점을 대상으로 효율성을 분석하였다. 또한, Kao and Yang(1991, 1992), 그리고 Kao(1998)은 산림구역의 효율성을 평가하기 위하여 DEA를 적용하였으며 Vitaliano(1998)는 공공도서관의 효율성을 평가하기 위해, Thanassoulis(1995), Carrington etc.(1997), 그리고 Drake and Simper(2000)은 경찰서비스의 효율성을 평가하기 위하여 DEA를 적용하였다.

이외에도 교도소의 효율성(Mensah and Li, 1993), 법원의 효율성(Lewin etc. 1982), 상수도 사업의 효율성(Aida etc., 1998), 지방정부의 효율성(de Borger and Kerstens, 1996; Thanassoulis etc., 1996), 도시 또는 군의 효율성(Carnes etc., 1985; Sueyoshi, 1992; Raab and Lichty, 1997), 국가의 효율성(Golany and Thore, 1997; Brockett, 1999), 교육의 효율성(Desai and Schinnar, 1990; Charnes etc., 1981), 그리고 조세행정의 효율성(Thirtle, 2001) 등에 DEA의 기법이 적용되어 연구가 수행되었다.

DEA 기법을 적용한 국내 문헌은 6대 도시의 54개 보건소의 효율성을 분석한 연구(윤경준, 1995), 67개 중

소도시의 상수도 사업의 효율성을 분석한 연구(윤경준과 원구환, 1996), 68개 시·군의 행정서비스의 효율성을 분석한 연구(이혁주와 박희봉, 1996), 대구/경북 18개 지역의 쓰레기 수거 서비스의 효율성을 분석한 연구(이상섭과 김규덕, 1998), 67개 중소도시의 행정서비스를 분석한 연구(문춘걸, 1998, 문춘걸과 현진권, 1998), 그리고 인력 그리고 재정과 공공서비스 관계를 중심으로 71개 중소 도시정부의 생산성을 측정하는 연구(임동진, 김상호, 2000) 등이 있다.

또한, 서울시 자치구의 쓰레기 수거 서비스의 성과를 분석한 연구(남기범, 2001), 지역사회 복지단의 상대적 효율성을 측정하는 연구(김용민, 2004), 그리고 에너지관리공단 12개 지사의 성과를 분석한 연구(박재완과 문춘걸, 2006) 등에도 DEA 기법이 적용되어 연구가 수행되었다.

3. 안전관리자의 운영 효율성 평가를 위한 DEA 모형

3.1 DEA 기본 개념

DEA는 다수의 투입요소와 다수의 산출요소를 갖는 의사결정단위(Decision Making Unit, 이하 DMU)의 효율성을, 투입요소의 가중합(weighted sum)과 산출요소의 가중합의 비율로 측정하는 후, 유사한 활동을 수행하는 다른 의사결정단위들의 효율성과 비교하여 상대적인 효율성을 결정하는 방법이다. 본 논문에서 DMU는 각 도시가스 공급기관을 나타낸다.

DEA의 일반적인 절차는 다음과 같다. 먼저 DEA의 효율성은 아래와 같이 정의된다.

$$\text{효율성} = \frac{\text{가중된 산출요소의 합}}{\text{가중된 투입요소의 합}}$$

다음으로 DEA는 위의 효율성을 최대화하는 선형계획 모형을 풀어서 각 DMU에서의 산출요소 및 투입요소의 가중치와 효율성을 계산한다.

효율성은 0 부터 1 사이의 상대적 값으로 표현되는데, 1이라는 효율성을 가진 DMU는 다른 단위조직들과 비교했을 때 최고의 효율성을 가지고 있는 것을 의미하며, 따라서 '효율적 조직(efficient unit)'으로 불린다. 반면에 1 이하의 효율성을 가진 DMU는 '비효율적 조직 inefficient unit)'이라고 한다.

3.2 DEA 모형

본 연구에서 안전관리자의 운영 효율성 평가를 위한 DEA 모형에서 사용되는 변수는 다음과 같이 정의된다.

E_k = k 번째 DMU의 효율성 ($k=1,2,\dots,K$, 단, K 는 DMU의 수,

u_j = j 번째 산출요소의 가중치 ($j=1,2,\dots,M$, 단, M 은 산출요소의 수,

v_i = i 번째 투입요소의 가중치 ($i=1,2,\dots,N$, 단, N 은 투입요소의 수,

O_{jk} = k 번째 DMU의 j 번째 산출요소의 양,

I_{ik} = k 번째 DMU의 i 번째 투입요소의 양,

DEA 모형의 목적함수(objective function)는 DMU의 효율성인 가중된 산출요소의 합에 대한 가중된 투입요소의 합의 비율을 최대화 하는 것이다.

이와 같은 비선형(nonlinear) 목적함수의 형태를 적절한 절차를 거쳐 선형계획 모형으로 전환시킨 후, e 라는 DMU의 목적함수는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \max \quad & E_e = u_1 O_{1e} + u_2 O_{2e} + \dots + u_M O_{Me} \\ \text{s.t.} \quad & u_1 O_{1k} + u_2 O_{2k} + \dots + u_M O_{Mk} \\ & - (v_1 I_{1k} + v_2 I_{2k} + \dots + v_N I_{Nk}) \leq 0, \\ & \quad \quad \quad (k=1, 2, \dots, K) \\ & v_1 I_{1e} + v_2 I_{2e} + \dots + v_N I_{Ne} = 1 \\ & u_j \geq 0, \quad (j = 1, 2, \dots, M) \\ & v_i \geq 0, \quad (i = 1, 2, \dots, N) \end{aligned}$$

본 연구에서는 다음절에서 정의되는 안전점검원 관련 투입변수와 산출변수를 위의 선형 계획식에 적용하여 안전관리자의 운영효율성을 평가하였다.

3.3 투입변수와 산출변수의 선정

각 도시가스 기관의 안전관리자의 운영효율성을 평가하는데 있어서 투입변수와 산출변수를 선정하는 것은 대단히 중요하다. 그러나 지금까지 도시가스의 안전운영과 관련하여 DEA 기법을 적용하여 효율성을 측정하는 선행연구가 거의 없는 상태이므로 변수 선정의 어려움이 있다. 또한, 변수로 선정된 투입변수와 산출변수는 실제 데이터에 적용을 위해서는 선정된 변수가 도시가스 기관들로부터 이용 가능한 데이터이어야 한다는 제약을 지니고 있다.

본 연구에서는 가스안전의 관점에서 의미를 가질 수

있으며 현재 도시가스 기관에서 관리를 하여 수집할 수 있는 데이터를 특징으로 지닌 투입변수와 산출변수를 산정하였으며 투입변수와 산출변수는 각각 다음과 같다.

본 연구의 투입변수로는 각 도시가스에서 고용하고 있는 안전점검원의 인원수와 안전점검 운영비용을 설정하였다. 안전점검원의 수는 안전점검원과 관련된 가장 직접적인 계량치로써 안전점검원의 수가 높을수록 안전도가 높아질 것으로 예상된다. 한편, 안전점검원 관련 운영비용에는 안전점검원의 인건비와 함께 안전점검원이 안전점검 직무에 활용하는 장비에 관한 운영 비용도 포함하였다.

본 연구의 DEA 모형의 산출변수는 안전점검원의 직무와 관련된 안전도를 측정하기 위해서 안전점검원의 직무와 관련하여 발생한 사고건수와 사고금액을 변수로 선정하였다. 단, DEA 모형의 산출변수가 성격상 높을수록 좋다는 의미를 가지고 있는 반면, 본 연구와 같이 안전도를 나타내는 사고건수와 사고금액은 낮을수록 좋은 특징을 지니고 있기 때문에 이를 적절하게 변경해 줄 필요가 있다.

이러한 부분을 반영하기 위해서 본 연구에서는 안전점검원이 일정한 도시가스 공급 배관길이를 담당한다는 것을 활용하여, 사고건수 당 담당 배관길이(배관길이/사고건수)와 사고금액 당 담당 배관길이(배관길이/사고금액)으로 산출변수를 적용하였으며, 이와 같은 변

수는 DEA의 산출변수의 특성에 동일하게 높을수록 좋은 것을 의미한다. 위에서 설명한 투입변수와 산출변수를 정리하면 <표 1>에 나타난 바와 같다.

4. DEA 모형의 적용 및 연구결과 분석

본 연구에서 개발한 DEA 모형의 적용을 위해서 6개 도시가스 공급기관의 2001년부터 2005년까지 발생한 안전점검원 관련 데이터를 수집하여 본 연구의 투입변수와 산출변수에 적합하게 수정한 결과가 <표 2>에 나타난 바와 같다.

예를 들어서, DMU 1의 경우에 분석기간(2001년~2005년) 기간 동안에 총 826명의 안전점검원을 고용하여 안전관리를 실시하였으며, 안전점검원의 인건비와 안전장비의 운영과 관련된 비용을 포함한 총 운영비용은 246억 6,900만원을 투자하였다.

분석기간 동안 총 1건의 사고가 발생하여 총 2억원의 손실액을 나타내었으며 이를 이 기간 동안 점검한 배관길이 11,976km를 활용하여 사고건수 당 배관길이와 사고금액 당 배관길이를 환산한 결과가 각각 11,976과 60으로 나타났다.

<표 1> DEA 모형의 변수 정의

구분	변수명	변수의 정의
투입변수	안전점검원 수	각 도시가스 기관에서 고용한 안전점검원의 총 수
	운영 비용	안전점검원 운영과 관련한 총 비용 (인건비, 장비운영비 포함)
산출변수	사고건수 당 배관길이	(각 도시가스사의 총 가스공급 배관길이) / (안전점검원 직무 관련 사고건수)
	사고금액 당 배관길이	(각 도시가스사의 총 가스공급 배관길이) / (안전점검원 직무 관련 사고금액)

<표 2> 도시가스 6개 공급기관의 투입변수와 산출변수의 데이터 (2001년~2005년)

도시가스 공급기관	투입변수		산출변수를 위한 기본 데이터			산출변수	
	안전점검원 (명)	총운영비용 (백만원)	배관길이 (km)	사고건수 (건)	사고금액 (만원)	배관길이(km) /사고건수(건)	배관길이(km) /사고금액(백만원)
DMU 1	826	24,669	11,976	1	20,000	11,976	60
DMU 2	678	37,107	11,791	1	533	11,791	2,212
DMU 3	622	28,887	10,252	3	1,495	3,417	686
DMU 4	924	40,541	15,107	4	3,925	3,777	385
DMU 5	166	7,568	2,746	0*	0*	11,976*	2,212*
DMU 6	371	22,685	6,546	1	300	6,546	2,182

* 사고건수와 사고금액이 없을 경우, 전체 DMU 중 최고값으로 설정함.

<표 3> 도시가스 6개 공급기관의 안전점검원 운영에 대한 효율성 결과

도시가스 공급기관	효율성	u1	u2	v1	v2
DMU 1	0.30678	0.256×10^{-4}	0.000	0.000	0.405×10^{-4}
DMU 2	0.24484	0.000	0.111×10^{-3}	0.147×10^{-2}	0.000
DMU 3	0.08277	0.000	0.121×10^{-3}	0.161×10^{-2}	0.000
DMU 4	0.05887	0.156×10^{-4}	0.000	0.000	0.247×10^{-4}
DMU 5	1.00000	0.000	0.452×10^{-3}	0.602×10^{-2}	0.000
DMU 6	0.44137	0.000	0.202×10^{-3}	0.270×10^{-2}	0.000

<표 4> DMU 5를 제외한 5개 도시가스 공급기관의 안전점검원 운영에 대한 효율성 결과

도시가스 공급기관	효율성	u1	u2	v1	v2
DMU 1	1.00000	0.826×10^{-4}	0.174×10^{-3}	0.000	0.405×10^{-4}
DMU 2	1.00000	0.807×10^{-4}	0.221×10^{-4}	0.806×10^{-3}	0.122×10^{-4}
DMU 3	0.34279	0.706×10^{-4}	0.148×10^{-3}	0.000	0.346×10^{-4}
DMU 4	0.25345	0.671×10^{-4}	0.000	0.740×10^{-3}	0.780×10^{-5}
DMU 6	1.00000	0.000	0.458×10^{-3}	0.270×10^{-2}	0.000

<표 2>에 나타난 DMU 2, DMU3, DMU 4, 그리고 DMU 6의 결과는 DMU 1의 경우와 같이 투입요소인 안전점검원의 수와 총 운영비용은 직접적으로 수집한 데이터를 곧바로 활용하였으며 산출요소의 데이터는 각 DMU의 배관길이와 사고건수, 그리고 사고금액을 DMU 1의 경우와 같이 환산하여 적용하였다.

위의 데이터 중, DMU 5의 경우 분석기간인 2001년부터 2005년까지의 5년 동안 사고건수가 단 한건도 발생하지 않았으며 따라서 사고 금액도 0으로 기록되었다. 이와 같은 경우 두 가지 산출 변수 모두 분모가 0이 됨으로써 산출이 불가능하기 때문에, 본 연구에서는 이와 같이 산출변수의 분모가 0인 경우에는(즉, 사고건수와 사고금액이 0인 경우), 전체 DMU 중 가장 높은 값을 갖는 산출변수와 동일한 값을 가지도록 하였다.

따라서, DMU 5의 사고건수 당 배관길이의 산출변수는 다른 다섯 DMU 중 가장 높은 값을 가진 DMU 1의 11,976과 같게 설정하였으며, DMU 5의 사고금액 당 배관길이의 산출변수는 다른 다섯 DMU 중 가장 높은 값을 가지는 DMU 2의 2,212와 같은 값을 가지도록 설정하였다.

DMU 5의 산출변수의 값을 위에서 설명한 바와 같이 가정한 후 <표 2>에 표현된 6개 도시가스 공급기관의 투입변수와 산출변수를 3.2절에 설명된 DEA 모형에 적용한 후 LINDO 소프트웨어를 사용하여 선형계

획법을 해결한 결과가 <표 3>에 나타나 있다. 표에 나타난 바와 같이 전체 6개의 도시가스 공급기관 중 효율성이 1인 기관은 DMU 5로 나타났으며 나머지 기관들은 모두 효율성이 1 미만인 것으로 나타났다.

하지만 이러한 결과는 DMU 5의 경우 가장 적은 안전점검원을 고용하고 가장 적은 운영비용을 투입하였음에도 불구하고 가스사고 및 가스비용이 0이기 때문에 모든 산출변수에서 가장 좋은 값을 가지도록 가정을 하고 해결한 결과로써 다른 DMU 들과 비교하였을 때 탁월한 성과를 나타내었기 때문에 DMU 5의 효율성만 1로 나타나고 다른 DMU들의 효율성은 1 미만으로 나타나게 된 결과로 해석된다.

따라서 본 연구에서는 가스사고와 사고비용이 0인 DMU 5를 제외한 나머지 다섯 도시가스 공급업체들 간의 상대적인 효율성을 비교하기 위해서 DMU 5를 제외한 다섯 DMU들에 대해서만 DEA를 다시 적용하여 선형계획법을 풀었으며 이러한 결과는 <표 4>에 나타난 바와 같다.

<표 4>에 나타난 결과는 DMU 1, DMU 2, 그리고 DMU 6는 효율성이 1로 나타나 안전점검원 운영과 관련하여 효율적인 기관으로 분석되었으며, DMU 3과 DMU 4는 다른 기관에 비교하여 상대적으로 비효율적인 기관으로 분석되었다.

DMU 1의 경우 안전점검원의 수가 상대적으로 많은

편에 속하고 사고금액당 배관길이가 가장 낮아서 비효율적인 측면을 지니고 있는 반면에 총 운영비용이 모든 DMU 중에서 가장 적고 사고건수 당 배관길이가 가장 우수하기 때문에 전반적으로 효율적인 기관으로 분석되었다.

DMU 2의 경우에는 안전점검원의 수는 중간정도에 속하고 총 운영비용은 전체에서 2번째로 많은 비용을 지출하여 투입변수에 대한 수치는 높은 편이나 사고건수 당 배관길이가 전체에서 두 번째로 높으면서 첫 번째 높은 것과 차이가 미미하고 사고금액 당 배관길이가 제일 높은 수치를 가지고 있기 때문에 전체적인 산출변수의 값이 매우 좋음을 알 수 있으며 이러한 결과 효율성이 1로 나타난 것을 알 수 있다.

마지막으로 효율성 1을 가진 DMU 6의 경우에는 안전점검원의 수와 총 운영비용이 다섯 DMU들 중 가장 적으므로 투입변수가 가장 낮은 값을 가지고 산출변수인 사고건수 당 배관길이는 전체에서 중간의 값을 가지고 사고금액 당 배관길이의 경우 매우 높은 값을 가지므로 1의 효율성을 갖는 것으로 분석되었다.

한편, DMU 3의 경우에는 0.34의 효율성을 갖는 것으로 상대적인 효율성이 매우 낮은 것으로 파악되었는데, 이러한 이유는 투입변수의 경우 안전점검원 수와 총 운영비용의 경우 모두 중간정도의 수준을 유지하고 있지만, 사고건수 당 배관길이가 다섯 기관 중 가장 낮은 값을 가지며 사고금액 당 배관길이가 상대적으로 낮은 값을 가지고 있기 때문에 산출변수가 다른 DMU들에 비교하여서 낮기 때문에 0.34의 낮은 효율성을 갖는 것으로 분석되었다.

DMU 3의 경우에는 투입변수가 다른 기관들에 비해서 높은 편이 아니기 때문에 안전점검원의 수나 총 운영비용을 효율적으로 개선하기 보다는 산출변수인 사고건수와 사고금액을 낮추는데 초점을 맞추으로써 사고건수 당 배관길이가와 사고금액 당 배관길이의 산출변수의 값을 높임으로써 기관의 효율성을 높이도록 노력을 할 필요가 있다고 판단된다.

마지막으로 DMU 4의 경우에는 효율성이 0.25로 다섯 기관 중 가장 낮은 효율성을 가진 기관으로 분석되었다. DMU 4의 경우 가장 많은 안전점검원의 수와 운영비용을 투자함으로써 투입변수가 높은 반면에 사고건수가 4건으로 가장 많고 사고금액도 3,925만원으로 높아 산출변수인 사고건수 당 배관길이가 DMU 3에 이어서 두 번째로 낮고 사고금액 당 배관길이는 DMU 1에 이어서 두 번째로 낮기 때문에 산출변수의 값이 낮아서 전체적인 효율성이 낮은 것으로 분석되었다.

DMU 4의 경우에는 다섯 기관 중 배관길이가 가장 긴 것을 고려하였을 경우에 안전점검원의 수와 총 운

영비용은 다른 기관에 비하여 높게 소요될 수 있다는 판단이 되므로 DMU 3의 경우와 마찬가지로 사고건수 및 사고금액을 줄이는데 노력함으로써 산출변수의 수치를 높아지는데 초점을 맞추어 효율성을 높일 수 있다고 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 도시가스 안전관리체계 중에서 도시가스 공급기관들의 규모가 상이한 상황에서 각 공급기관들의 안전점검원 운영 효율성을 비교하기 위하여 DEA 모델을 개발하고 적용하여 각 공급기관의 효율성을 분석하였다. DEA 모델은 선형계획법을 활용하였으며, DEA모델의 안전점검원과 관련된 투입변수로는 각 도시가스에서 고용하고 있는 안전점검원의 인원수와 안전점검 운영비용을 설정하였다.

본 연구의 DEA 모형의 산출변수는 안전점검원의 직무와 관련된 안전도를 측정하기 위해서 안전점검원의 직무와 관련하여 발생한 사고건수와 사고금액을 변수로 선정하였다. 단, 이러한 변수를 선형계획법에 적용하기 위해서 안전점검원이 일정한 도시가스 공급 배관길이를 담당한다는 것을 활용하여, 사고건수 당 담당 배관길이(배관길이/사고건수)와 사고금액 당 담당 배관길이(배관길이/사고금액)으로 산출변수를 적용하였다.

본 연구에서 개발한 DEA 모형의 적용을 위해서 6개 도시가스 공급기관의 2001년부터 2005년까지 발생한 안전점검원 관련 데이터를 수집하여 적용한 결과 사고건수와 사고금액이 없는 도시가스 공급기관인 DMU 5가 가장 높은 효율성을 갖는 것으로 분석되었다.

추가적인 분석을 실시하기 위해 가스사고 및 금액이 없는 DMU 5를 제외하고 분석을 실시한 결과 DMU 1, DMU 2, 그리고 DMU 6는 효율성이 1로 나타나 안전점검원 운영과 관련하여 효율적인 기관으로 분석되었으며, DMU 3과 DMU 4는 다른 기관에 비교하여 상대적으로 효율성이 매우 낮은 기관으로 분석되었다.

DMU 3와 DMU 4의 효율성이 낮은 이유를 분석하여 투입요소 보다는 산출요소에 초점을 맞추어 효율성을 향상시킬 것을 제안하였다.

본 연구는 안전관리 분야에서의 DEA 기법을 제시함으로써 효율성을 비교할 수 있는 도구를 개발했다는 데 의의가 있다. 하지만, 향후에는 본 논문에서 제시한 투입변수 및 산출변수 이외에 추가적인 변수들을 개발하여 적용하는 것이 논문의 또 다른 주제가 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서 개발한 산출변수는 앞에서 언급한 바와 같이 사고건수 또는 사고금액이 0

인 경우 적용하는데 한계성이 있는데, 이러한 부분을 보완할 수 있는 연구도 향후 연구가 필요한 분야라고 판단된다.

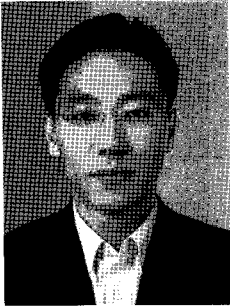
6. 참고 문헌

- [1] 김용민, "자료포락분석(DEA)에 의한 지역사회복지관의 상대적 효율성 측정," 한국지방자치학회보, 16(3), (2004) :133-153.
- [2] 남기범, "지방자치제 실시에 따른 행정서비스 효율성의 변화: 쓰레기 수거 서비스에 대한 DEA를 중심으로," 한국행정연구, 10(4), (2001) :211-236.
- [3] 문춘걸, "자료포락분석법 및 그 변형기법을 통한 공공부문의 생산성 측정: 한국 중소도시의 생산성 분석," 정책보고서 98-02, 한국조세연구원, (1998).
- [4] 문춘걸, 현진권, "시단위 지방정부의 생산성 분석," 공공경제, 3(2), (1998) :61-103.
- [5] 박용태, "공학도를 위한 기술과 경영", 생능출판사, (2005).
- [6] 박재완, 문춘걸, "DEA 기법을 활용한 공공부문 성과 측정: 에너지관리공단의 경우," 재정논집, 21(1), (2006) :69-96.
- [7] 윤경준, "지방정부 서비스의 상대적 효율성 측정에 관한 연구," 연세대학교 박사학위 논문, (1995)
- [8] 윤경준, 원구환, "지방재정 직영기업의 상대적 효율성 평가 - 도시 상수도 사업에 대한 Data Envelopment Analysis," 한국행정연구, (1996) :119-139.
- [9] 이대순, 이재영, 홍봉영, 유규열, "국내 방산 업체의 운영 효율성 분석평가," 정책분석평가학회보, 16(3), (2006) :87-112.
- [10] 이상섭, 김규덕, "자료포락분석(DEA)에 의한 지방정부 공공서비스의 상대적 효율성 측정: 쓰레기수거 서비스를 중심으로," 한국지방자치학회보, 10(2), (1998) :169-187.
- [11] 이혁주, 박희봉, "도시행정서비스의 생산특성과 비효율 분석," 한국행정학보, 30(4), (1996) :121-137.
- [12] 임동진, 김상호, "DEA를 통한 지방정부 생산성 측정 - 인력·재정과 공공서비스 관계를 중심으로," 한국행정학보, 34(4), (2000) :217-234.
- [13] 한국가스안전공사, "가스사고연감," (2001)-(2005).
- [14] Aida, K., Cooper, W. W., Pastor, J. T., and Sueyoshi, T. "Evaluating Water Supply Services in Japan with RAM: A Range-Adjusted Measure of Inefficiency", *Omega*, 26(2), (1998) :207-232.
- [15] Brockett, P. L., Golany, B. and Li. S. "Analysis of Intertemporal Efficiency Trends Using Rank Statistics with an Application Evaluating the Macro Economic Performance of OECD Nations", *Journal of Productivity Analysis*, 11(2), (1999) :169-182.
- [16] Carnes, A., Clarke, C. T., Cooper, W. W., and Golany, B. "A Development Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the U.S. Air Forces. In R. G. Thompson and R. M. Thrall(eds.) ", *Annals of Operation Research*, 2(1), (1985) :95-112.
- [17] Carrington, R. N., Puthuchery, N. Rose, D., and Yaisawarng, S. "Performance Measurement in Government Service Provision: The Case of Police Services in New South Wales", *Journal of Productivity Analysis*, 8(4), (1997) :415-430.
- [18] Charnes, A., Cooper, W., and Rhodes, E. "Measuring Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, 2(6), (1978) :339.
- [19] Charnes, A., Cooper, W., and Rhodes, E. "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through", *Management Science*, 27, (1981) :668-697.
- [20] de Borger, B. and Kerstens, K. "Cost Efficiency of Belgian Local Governments: A Comparative Analysis of FDH, DEA, and Econometric Approaches", *Regional Science and Urban Economics*, 26, (1996) :145-170.
- [21] Desai, A. "Program Evaluation, Best Practices and Data Envelopment Analysis. In S. S. Nagel(ed.)", *Policy Analysis Methods*, Commack, New York: Nova Science Publishers, (1999) :183-203.
- [22] Drake, L. and Simper, R., "Productivity Estimation and the Size-Efficiency Relationship in English and Welsh Police Forces: An Application of Data Envelopment Analysis and Multiple Discriminant Analysis", *International Review of Law and Economics*, 20, (2000) :53-73.
- [23] Golany, B. and Thore, S. "Restricted Best Practice Selection in DEA: An Overview with a Case Study Evaluating the Economic and Social Performance of Nations", *Annals*

- of Operations Research, 73, (1997) :117-140.
- [24] Kao, C. "Measuring the Efficiency of Forest Districts with Multiple Working Circles", Journal of Operational Research Society, 49(6), (1998) :583-590.
- [25] Kao, C. and Yang, Y. C. "Measuring the Efficiency of Forest Management", Forest Science, 37, (1991), :1239-1252.
- [26] Kao, C. and Yang, Y. C. "Reorganization of Forest District via Efficiency Measurement", European Journal of Operational Research, 58(3), (1992) :356-362.
- [27] Lewin, A. Y., Morey, R. C., and Cook, T. J. "Evaluating the Administrative Efficiency of Courts", Omega, 10(4), (1982) :401-411.
- [28] Mensah, Y. M. and Li, S. H. "Measuring Production Efficiency in a Not-for-Profit Setting: An Extension", Accounting Review, 68(1), (1993) :66-88.
- [29] Raab, R. and Lichty, R. "An Efficiency Analysis of Minnesota Counties: A Data Envelopment Analysis Using 1993 IMPLAN Input-Output Analysis", Journal of Resonal Analysis and Policy, 27(1), (1997) :75-93.
- [30] Sherman, H. D. and Gold, F., "Bank Branch Operating Efficiency : Evaluation with Data Envelopment Analysis," Journal of Banking and Finance, 9, (1985) :297-315.
- [31] Sueyoshi, T. "Measuring the Industrial Performance of Chinese Cities by Data Envelopment Analysis", Socio-Economic Planning Science, 26(2), (1992) :75-88.
- [32] Thanassoulis, E., "Assessing Police Services in England and Wales Using Data Envelopment Analysis", European Journal of Operational Research, 83(7), (1995) :641-657.
- [33] Thanassoulis, E., Boussofiene, A. and Dyson, R. G. "A Comparison of Data Envelopment Analysis and Ratio Analysis as Tools for Performance Assessment", Omega: International Journal of Management Science, 24, (1996) :229-244.
- [34] Thirtle, C., Shankar, B., Chitkara, P., Chatterjee, S., and Mohanty, M. S. "Size Does Matter: Technical and Scale Efficiency in Indian State Tax Jurisdictions", Review of Development Economics, 4(3), (2001) :340-352.
- [35] Vassiloglou, M. and Giokas, D., "A Study of Relative of Bank Branches: An Application of Data Envelopment Analysis", Journal of Operational Research Society. 41(7), (1990).
- [36] Vitaliano, D. F. "Assessing Public Library Efficiency Using Data Envelopment Analysis", Annals of Public and Cooperative Economics, 69(1), (1998) :107-122.

저 자 소개

유 우 연



명지대학교 산업공학 학사, Iowa State University에서 석사와 박사학위를 취득하고 현재 명지대학교 산업경영공학과에서 조교수로 재직중임. 관심분야는 물류, SCM 등이다.

주소 : 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-2 명지대학교 공과대학 산업경영공학과

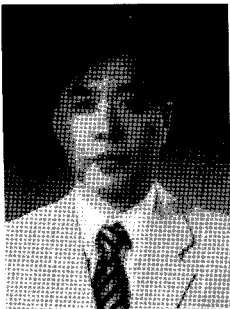
이 동 훈



성균관대학교 기계공학 학사, 석사를 취득하고, 현재 한국가스안전공사 가스안전연구원 배관연구팀에 재직중임, 관심분야는 고압가스배관 안전관리 체계 및 배관비파괴검사 등이다.

주소 : 경기도 시흥시 대야동 한국가스안전공사 가스안전연구원 배관연구팀

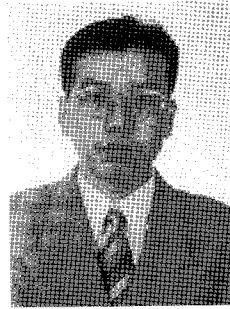
장 서 일



명지대학교 화학공학과에서 박사학위를 취득하고, 현재 대한안전경영과학회의 사무국장 및 중소기업직업훈련컨소시엄센터의 전담자로 재직중임. 관심분야는 가스안전, 정량적 위험성평가 등임.

주소 : 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-2 제1공학관 237호

이 경 식



건국대학교 기계공학 학사 를 취득하고, 현재 한국가스안전공사 가스안전연구원 배관연구팀에 재직중임, 관심분야는 고압가스배관 안전관리 체계 및 정량적 위험평가 등이다.

주소 : 경기도 시흥시 대야동 한국가스안전공사 가스안전연구원 배관연구팀

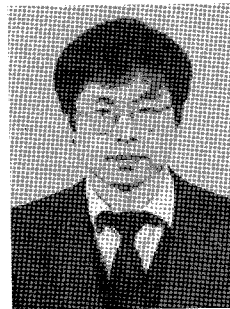
장 경 식



현 명지대학교 산업공학과 교수, 명지대학교 안전경영연구소 소장, 명지대학교 산업대학원 원장, 대한안전경영과학회 회장, 경영학박사, 공학박사

주소 : 경기도 성남시 분당구 정자1동 파크뷰 APT 611동 3103호

조 영 도



한국과학기술원에서 석사와 박사학위를 취득하였고 현재 한국가스안전공사 배관연구팀에서 팀장으로 재직중이며, 미국 Michigan Technological University 화학공학과 겸임교수로 있음. 관심분야는 위험성평가, 화재폭발 특성 등이다.

주소 : 경기도 시흥시 대야동 한국가스안전공사 가스안전연구원 배관연구팀