

DEA를 이용한 Notebook Computer의 비교 분석 - Comparative Analysis of Notebook Computer using DEA -

김 지승*
Kim, Ji-Seung

Abstract

In management contexts, mathematical programming is usually used to evaluate a collection of possible alternative courses of action en route to selecting one which is best. Using an application of linear programming known as Data Envelopment Analysis(DEA), a method is described to compare products which vary in excellence along a number of dimensions, and for each of which there might be a number of associated "costs".

This paper is illustrated by comparing published benchmarks of notebook computers. Potential uses of a DEA analysis of products might be to assist corporate buyers who may need to reconcile a diversity of present and future uses in one standardised purchase; in competitor analysis; and as a normative model of product excellence against which product purchasing behavior could be compared.

1. 서론

최근들어 기업은 점점 더 복잡해지는 정보욕구(Information Requiriements)와 처리해야 할 자료의 분량이 점점 더 증가해 가는 상황에 직면해있다. 그래서 많은 기업은 그 규모가 크건 작건 간에 정보를 처리하기 위하여 컴퓨터를 사용하지 않으면 안되게 되었다. 따라서 경쟁력 제고를 위해 활용되고 있는 컴퓨터 시스템의 도입 확산에 따라 많은 기관 및 기업들의 의사결정자들이 어느 컴퓨터를 선정하는것이 적정가격에서 최대의 상대적 효과를 기대할 수 있는가를 결정하기 위하여 효율적이고 객관적인 최적의 평가기법을 요구하고 있다. Computer System에 대한 평가와 분석은 여러가지 단계로 구성된다. 특히 평가대안이 다수 존재하는 경우의 비교에 대한 모델은 다수의 학자들이 여러 기법을 제시한 바 있고 현재도 꾸준히 연구되고 있다. 간단히 살펴 보면, Ahituv[6]와 Keeney[9]는 효과적인 경계선 모델(efficient-frontier model)을 제시하였다. 이 방법은 어떤 대안의 모든 특성이 다른 대안에 비해 우월하지 못한 경우를 제외시키는 경우이다. 따라서 이 모델은 일차적인 선택방법에 적용되어질 수 있다. 그러나 제외되지 않고 남아있는 대안들의 채택문제가 남아있다. 또한 Ahituv[5]는 컴퓨터 시스템의 선택과 평가에서 각각의 특성에 가중치를 부가하는 방법을 제시하였다. 가중치(중요도)는 각 특성에 따라

*이 논문은 1994년도 경북산업대학교 학술연구비 지원에 의한 것임

*경북산업대학교 산업공학과

결정되어지며 모든 대안은 각 특성에 따라 가산점을 부여받게 된다. 이 모델의 장점은 아주 간단하다는 것이며 또한 특성의 중요도 변화에 따른 결과의 민감도 분석을 수행할 수 있다는 데 있다. 그러나 이 모델의 단점은 의사결정자가 기대하는 활동규칙을 표현하는 원칙의 시스템이 규범화 되어있지 않다는 것이다. 뿐만 아니라 이 모델은 평가자의 일관된 의사결정을 불허하는 경우가 많다, 또한 모든 특성에 부가될 가산점이 아주 어려운 과업이며 주관적인 고려에 의해 영향을 받는다고 할 수 있다. 비용가치법[8]은 시스템선택에 기초를 두는 비용만을 고려한 것이다. 비용가치는 각 대안별로 가치를 합산하여 총 비용으로부터 공제한 것이며, 이 값이 각 대안의 가치를 표현한다. 그리고 높은 가치의 대안이 선택되어진다. 이 방법의 장점은 보통가치의 단위로 다루어진다는 것이다. 그러나 이것은 각 특성에 대해 예상되는 화폐가치를 요구하며 이러한 측정이 어려운 과업이라는 문제가 남아있다.

Computer System은 여러가지의 산출물로 형성되는 복합적인 체제라 할 수 있다. 그러나 위에서 고찰한바와 같이 기존의 Computer System평가법은 단편적으로 평가되거나 일부 특성에만 한정되는 단점을 지니고 있다. 다양한 특성을 부분적으로 보다는 여러가지 특성을 종합적으로 관찰할 수 있는 평가방법이 요구된다 하겠다. Charnes, Cooper등이 개발한 DEA[2,3,4,11]는 종합적인 효율성을 평가하는 기법으로 최근들어 여러 평가에 많이 사용되고 있으며, 본 논문의 연구대상인 Notebook Computer의 평가에도 약간의 한계점은 있지만 적절하다고 보여진다. 왜냐하면 DEA가 성능을 개선하기 위해 비교가능한 다양한 단위간의 상대적 효율성을 평가하는 기법이므로, 동일한 제품의 상대적 비교에는 적합한 방법이기 때문이다. 따라서 본 논문의 목적은 최근에 많이 시판되고 있는 486급 Notebook computer의 효율성을 DEA 방법을 통해 비교 분석하여, 컴퓨터를 구입하려는 기관이나 개인의 의사 결정에 도움되는 정보를 제공하는 것이다.

2. DEA의 이론적 고찰

2.1. DEA모형의 개요

DEA기법은 Farrell의 상대적 효율성 분석을 발전시켜 상이한 의사결정단위들(Decision Making Units:DMUs)의 상대적 효율성을 비교하기 위한 수리계획기법인데 DMU와 Program이라는 용어를 사용하는 이유는 주로 비영리 단체의 의사결정에 이용되었기 때문이다. DEA란 다수의 투입요소와 산출요소를 한꺼번에 적용할 수 있는 모형으로 산출요소들을 단일 척도로 통합하기 위해 사전요소에 대한 가중치나 투입요소를 산출요소와 연결시키는 함수식과 같은 설명을 필요로 하지않는다. 또한 DEA는 각 DMU의 투입과 산출에 관한 자료를 사용하고 이들의 비교관점에서 가장 효율적인 DMU 성과에 대해서 상대적 효율성의 모수적 평가를 하므로 투입물과 산출물의 설정에 의존한다.

그리고 평가대상으로 설정되는 DMU등도 효율성 평가의 결과에 중대한 영향을 미치며 대부분의 효율성 평가는 물리적이거나 화학에서처럼 진실하거나 이론적인 효율성 값을 알기 힘들며 상대적 효율성에 의존하는데 상대적 효율성이란 Charnes 와 Copper[2]에 의하면 "100% 상대적 효율성은 어떤 DMU가 다른 DMU와 비교해서 투입이나 산출의 사용에 있어 비효율성의 근거가 없을때 달성된다" 라고 정의되어 있고 DEA에 사용되는 효율성의 개념은 첫째, DMU의 산출물들중에서 어느 하나는 투입요소들중의 한개 혹은 그 이상의 투입요소들이 증가하지 않거나 산출물들중의 일부가 감소하지 않으면 증가될수 없다. 둘째, DMU의 투입요소들중의 어느 것도 그것의 산출물들중의 일부가 감소하지 않거나 다른 투입물들중의 일부가 증가하지 않으면 감소될 수 없다. 위의 두가지가 달성되지 않으면 DMU는 비효율적인 것을 의미하고 감소된 투입요소가 다른용도에서 가치가 있다고 가정하면 상기한 효율성 정의는 Pareto- Koopman 최적성의 연장으로써 고려된다.

여기서 DEA 모형을 다음의 예를 들어 설명해 보자. 어느 회사의 5개 생산(B1~B5)은 각각 x_1, x_2 투입요소를 이용하여 하나의 산출 y 를 생산한다고 가정한다. [표 1]에서 보면

B_1 과 B_2 는 상대적으로 비효율적임을 알 수 있다. B_1, B_2 는 같은 산출인데 B_4 보다 x_1 이나 x_2 를 10만큼 더 사용했다. 그러나 B_3 와 B_5 는 덜 효율적인지는 금방 알 수 없다. 고로 B_1 과

B_2 는 산출을 감소시키지 않고 투입을 줄여야 하며 [그림 1]에서 B_2 는 B_3 와 B_4 를 참조집합으로 하여 연결한 직선(효율적 경계선)상에 존재하지 않으므로, 즉 B_2 는 임의의 점 B_2' 에 의해 지배되므로 비효율적임을 쉽게 구분할수 있다.

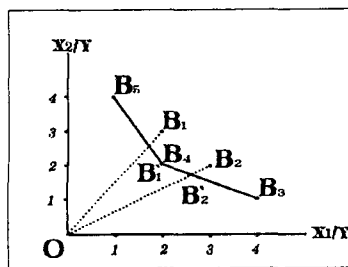
[표 1] 각 생산의 산출과 투입

	產 出	投入要素	
DMU	y	x_1	x_2
B_1	10	20	30
B_2	10	30	20
B_3	10	40	10
B_4	10	20	20
B_5	10	10	40

이때 B_2' 는 B_3 와 B_4 의 볼록 결합(Convex combination)으로 얻어진 것이며 만약 B_2 가 B_2' 처럼 효율적으로 생산하려면 B_2 는 단위당투입량 $\frac{X_1}{Y}$ 과 $\frac{X_2}{Y}$ 를 각각 3에서 2.57로 2에서 1.17로 감소시켜야 한다.

B_3 와 B_4 를 연결한 직선은 Farrell의 단위곡률(unit isoquant)의 일부분을 나타내며 이때 B_3 와 B_4 는 직록상에 있으므로 효율적인 DMU라고 할 수 있다. $\overline{B_5B_4}$ 와 $\overline{B_4B_3}$ 는 효율적 경계선에 대한 부분적 선형의 근사치(piecewise linear approximation to the efficient frontier)를 나타낸다. 효율적 경계선은 효율적 단위들의 부분적 선형 결합으로 이루어 지는 것으로 $\sum A_j B_j$ 으로 나타낼 수 있으며 이때 B_j 는 j번째 DMU의 산출과 투입으로 이루어진 벡터 $B_j = \begin{pmatrix} y_j \\ x_j \end{pmatrix}$

이다. 따라서 경계선상에 존재하지 않는 B_2 는 B_4 나 B_3 에 비교하여 상대적 비효율적이며, 또한 B_1 은 B_5 와 B_4 에 비교할때도 비효율적임을 판단할 수 있다.



[그림 1] DEA의 등량곡선

2.2 CCR 모형

DEA모형은 여러 모형[1,3]으로 확장연구되고 있으며, 여기서는 본 논문의 근간이 되는 모형인 CCR 모형에 대해 간단히 설명한다.

DEA는 유사한 다수의 투입을 통하여 다수의 성과와 산출물을 생산하기 위해 상대적효율성을 측정하는 방법으로 각 DMU의 가중된 투입의 합에 대한 산출의 합의 비율(CCR ratio)를 평가함으로써 DMU의 효율성을 측정하는 것이다.

CCR ratio of DMU₀ ;

$$h_o = \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io}} \quad (1)$$

X_{ij} — j번째 DMU가 사용한 i번째 투입물량

Y_{rj} — j번째 DMU가 산출한 r번째 산출물량

(1)에서 U_r 과 V_i 는 대상 DMU의 각 산출요소와 투입요소의 가중치인데, 참조집합으로 사용된 모든 DMUs의 자료를 이용한 DEA 계산 결과로 구해진다. n개의 DMU 집합에 관한 투입과 산출자료가 주어지면 이 집합들 중의 어떤 DMU의 상대적 효율성은 다음의 수리계획 문제를 통하여 추정될 수 있다.

$$\max. h_o = \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io}} \quad (2)$$

subject to.

$$\frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij}} \leq 1$$

$$\begin{aligned} j &= 1, 2, \dots, n, \\ r &= 1, 2, \dots, s, \\ i &= 1, 2, \dots, m, \\ U_r, V_i &\geq \epsilon > 0 \end{aligned}$$

윗 문제는 비선형 계획(Nonlinear programming)문제가 되고, ϵ 는 Non-Archimedean 상수로 V_i 와 U_r 이 양의 값이 되도록 V_i 와 U_r 을 제약한다. 이 값이 항상 0이상의 값이 되어야 하므로 어떠한 투입이나 산출의 낭비도 비효율성 손실(penalty)을 초래한다는 것을 의미한다. h_0 는 DMU₀의 효율성 값(평점)을 나타내는 것으로, 최적해는 $\max. h_o = h_o^* \leq 1$ 을 의미한다. 즉 h_0

는 0과 1사이에 존재하며, DMU_0 가 다른 DMU 와 비교하여 효율적이면 $h_0^* = 1$ 이 된다는 것이다.

式(2)의 모형은 비선형이고 비볼록(nonlinear, nonconvex) 형태이므로 바로 풀기는 매우 어렵다. 그러나 Charnes와 Cooper가 제시한 분수계획법(fractional programming) 이론의 변환과정 [3]에 따라 계산적으로 쉬운 線形計劃 문제로 대체할 수 있다. 식(2)에서 분모인 투입물의 가중합(weighted sum)이 1이 되게끔 제약하고 그때 산출물의 가중합을 최대화하는 것으로 식(3)과 같다.

$$\max. h_0 = \sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{r0} \quad (3)$$

subject to.

$$\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij} \leq 0$$

$$U_r, V_i \geq \epsilon$$

$$j=1, 2, \dots, n$$

3. Notebook Computer의 효율성 평가

3.1 변수의 선정

DEA 적용에서 중요한 점은 평가자가 관심있는 변수를 선정하고, 평가대상(비교대상)도 평가 목적에 합당하게 어떤 DMU로 할 것인가를 주의깊게 고려해야한다는 것이다. 또한 DEA에 이용되는 변수는 평가와 관련된 제품의 성과와 투입을 적절하게 대표할 수 있어야 하고 비교할 수 있어야 한다. DEA의 중요한 속성은 변수의 선택과 발생으로써 여러 의미를 포함한다. 예로, DEA의 중요한 형태는 자유로운 함수적 형태이다. 이것은 볼록성과 선형화의 가정속에서, 생산성 관련 함수적 형태에 어떠한 제약도 받지 않는다. 생산모형의 강조는 Input집합의 포함이며, 이는 Output집합속에서 공통적으로 그리고 동시에 전환 되어진다. Charnes에 의해서 증명되어진 것처럼, 변수는 엄격히 말하면 경제적 자원도 혹은 생산품도 아니며, 그러나 단지 DEA의 토대가 되는 생산모델에서 쉽사리 포함되어질수 있는 생산공정이나 환경의 특성이다.

DEA는 투입과 산출 간의 효율성을 DMU간의 상대적 비교를 하는 것이므로 투입과 산출간의 관계가 명확히 정의되어야 한다. 본 연구가 대상으로 하는 Notebook Computer의 경우, 투입과 산출을 효율성의 측면에서 정의하고 이에 따라 분석을 실시한다. 성능측면에서는 Notebook Computer에 투입된 비용에 대비한 성능의 효율성을 분석한다. 본 논문에서는 최근에 시판중인 486급 컴퓨터 25종류를 분석 대상으로 하고, 자료는 94년 6월 computer world 잡지를 참고로 하였다.

Notebook Computer의 효율성을 결정하는 항목으로, 投入項目으로는 비용을 기준으로 하여 산출항목등과 관계를 살펴보고 분석하기로 한다. 產出項目으로는 CPU, RAM, HDD 크기, 화면 처리방식(DISPLAY), PORT 수, 배터리 충전/사용 시간, SOFTWARE 수를 선택하였다. 배터리 충전/사용 시간이 일반 개인용 컴퓨터의 성능 평가를 행할 때 사용되는 산출항목과 다른 항목으로 볼 수 있다. Notebook computer는 갖고 다니는 휴대용이기 때문에 배터리 충전/사용 시간이 성능을 평가하는 중요 요소로 여겨진다.

3.2 DEA 결과의 해석 및 평가

[표 2]로 부터 우리는 7개의 노트북 컴퓨터가 최대 효율 1을 달성했음을 알 수 있다. 입력 자료를 살펴 보면 노트북 25는 배터리 충전/사용 시간이 다른 노트북 보다 월등히 길기 때문이고, 그 밖의 6개 노트북들은 값이 상대적으로 저렴하여 참조 집합에 들어 갔음을 알 수 있다. 가장 비효율적인 제품으로는 노트북 20으로 효율이 44%로 나타났다. 그 이유는 성능에 비해 값이 월등히 비싼 것으로 풀이된다. 노트북 2,3,4,5,15는 효율이 80-95%로 비교적 우수하였으나, 노트북 1,6,9,10,13,16,17,18,19,20,21, 22,23은 효율이 80% 이하로 비효율적인 제품으로 나타났다. 참조집합을 살펴 보면, 노트북 24는 다른 노트북의 참조 집합에 거의 다 들어간다. [표 3]에 효율 1인 노트북이 다른 노트북의 참조집합에 들어간 횟수를 표시했다. 노트북 7,11,14,24 는 비교적 다른 노트북의 참조집합에 많이 들어가 있고, 노트북 8,12,25는 전혀 들어가 있지 않다. 이 이유는 전자의 노트북들은 전반적으로 비용에 비해 성능이 우수하고 후자의 노트북들은 어느 한 특정 요소만 우수한 것으로 풀이 된다.

[표 2] NOTE BOOK 평점표

Notebook번호	DEA평점	참조집합	Notebook번호	DEA평점	참조집합
1	0.75	7,11,14	14	1.00	14
2	0.91	14,24	15	0.94	7,24
3	0.85	7,11	16	0.73	7,24
4	0.90	14,24	17	0.61	7,11,14,24
5	0.90	14,24	18	0.73	7,11,14,24
6	0.51	7,24	19	0.67	7,11,14,24
7	1.00	7	20	0.44	7,11,14,24
8	1.00	8	21	0.60	7,14,24
9	0.48	7,11,24	22	0.64	11,14,24
10	0.65	7,14,24	23	0.75	7,11,14
11	1.00	11	24	1.00	24
12	1.00	12,	25	1.00	25
13	0.57	11,24			

[표 3] 참조 Notebook의 출현 빈도

참조집합의 Notebook 번호	7	8	11	12	14	24	25
참조된 횟수	13	0	10	0	12	15	0

4. 결론

DEA는 측정단위가 상이한 여러가지 투입요소 및 산출물을 동시에 사용할 수 있어, 물량적인 자료를 재무적인 자료와 동시에 사용할 수 있는 장점이 있다. 그러므로 과거의 연구들이 측정단위가 다른 경우에 동일한 단위를 가진 항목에 관해서 비율분석을 실시하였었지만, DEA에서는 측정단위가 상이한 산출물 변수도 동시에 사용하여 효율성을 측정할 수 있고, 이러한 효율치가 비율분석과 지수법과 비교되는 과정에서 비율분석이나 지수법에서 제공하기 어려운 전

반적인 효율치, 비효율적인 요소, 비효율적인 정도등에 대한 정보를 제공해 줌으로써 제품의 성능을 결정하는 요소를 판별해 낼 수 있다.

본 논문에서는 최근에 시판중인 486급 Notebook Computer를, 투입항목으로 가격 산출항목으로 컴퓨터의 성능을 대표하는 7가지 항목으로 측정해서, DEA를 이용하여 분석하였다. 이 분석 결과는 Notebook computer를 구입하려는 기관이나 개인의 의사결정에 도움을 줄 뿐 아니라 Notebook computer를 생산하는 업체 입장에서도 자기 업체의 비효율적인 부문이 어딘지를 파악하는데 도움을 줄 것이다.

본 연구의 한계점으로 DEA는 다른 유사한 단위와 비교하여 상대적으로 비효율적인 제품을 찾아낼 수는 있으나 여러 DMU들의 순위를 결정할 수는 없다. 따라서 DEA를 절대적 평가기준으로 사용할 수 없기 때문에 다른 평가방법을 통해 필요한 정보를 추가로 얻어야 할 것이다. 또한 품질보증같은 정성적인 요소를 반영하기 어렵다는 점이 있다 이와 같은 보완의 필요성에 대한 도전이 향후의 연구방향이 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 오동일, 사업부조직의 성과평가를 위한 DEA모형의 적용가능성에 관한 연구, 서울대학교 박사논문, 1991
2. A.Charnes, W.W.Cooper, "Preface to Topic in Data Envelopment Analysis." Annals of Operations Research, Feb., 1985
3. _____, _____, "An Explicit General Solution in Linear Fractional Programming", NRLQ, Vol.20, 1973
4. _____, _____, "Programming with Linear Fractional Functions", NRLQ, Vol.9, 1962
5. Ahituv, N., "Techniques of selecting Computers for Small Business", Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Council for Business, Quebec City, June, 1979
6. Ahituv, N. and S. Neumann, Principles of Information Systems for Management, W.C.Brown Pub, Dubuque, Iowa, 1985
7. Anthony, R.N., Planning and Control systems: A Framework for Analysis. Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1965
8. Joslin, E. O., Computer Selection, Addison-Wesley, Reading, Mass. 1980
9. Keeney, R. and H. Raiffa, Decisions with Multiple Objectives, John-Wiley and Sons, New York, 1976
10. Keeney, r., "Multiplicative utility functions", Operations Research, Vol.22, 1974
11. R.D.Banker, A. Charnes, W.W.Cooper, "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis", Management Sciences, vol.30, No.9 (1984), pp.1078-1092.
12. Saaty, T. L., "A scaling method for pnontries in hueratehical structures". Journal of Mathematical Psychology. Vol, 15, 1977.
13. Seidmann, A and A. Arbel., "Microcomputer seiection process for Organizational Information Management." Information & Management, Vol. 7. December 1984.