限界分析을 이용한 細部見積法
Marginal Analysis for Detailed Estimation

李 相 鐵*
河 正 鎭**

ABSTRACT

This paper is concerned with marginal analysis in the detailed estimation method.In a broad sense all estimates are marginal estimates in as much as they are concerned with creating changes from a current course of action. Only after a detailed estimate is made can the engineering realize and exploit the advantages of marginal analysis.

Marginal analysis is good tool for nonlinear break-even analysis adapted real world, and much more information and efficiency of CVP(Cost-Volumn-Profit) are provided with marginal analysis.

1. 序 論

設計技術者들은 문제에 대한 정의를 확실히 하고 개념을 파악하여 工學的 模型을 만들고, 이후 最終設計를 評價하는 등의 순서로서 하나의 設計를 개발하여 간다. 初期評價의 어떠한 부분에서는 豫備見積이 필요로 된다. 즉, 문제해결이 어렵거나 특정의 情報가 부족할 경우에 우선적으로 見積이 필요하다. 見積의 정도는 情報의 量과 質 그리고 見積을 준비하는 시간 등에 따라 달라진다. 作業原價, 製品原價, 프로젝트 收益, 시스템의 有效性 등에 대한 見積은 財政的으로 중요한 의미를 갖는다. 그러나 주로 豫備見積은 設計를 評價하여 豫算樹立에 도움을 주고자 할 때 많이 사용된다. 이러한 豫備見積方法에는 會議法, 比較法, 羅列法, 期待值法, 컴퓨터 시뮬레이션 技法, 確率 推定法, 序列法 등이 있다[1]. 豫備見積의 목적은 技術費用(engineering cost)를 투입하지 않고서 設計時 불필요하게 요구되는 사항들을 제거하는 데 있다. 그러나 이렇게 見積이 끊임없이 지속된다면 오히려 다른 방법이 유리할 것이다. 設計나 見積에 있어서 原價뿐만 아니라 준비를 더욱 철저히 할 수 있고 결과가 더욱 정확한 방법에 대하여 고려할 필요가 있다. 이 시점에서 設計擔當者가 여러가지 사항들을 더욱 충실히 준비함으로서, 見積擔當者가 여러가지 밝혀진 情報로서 見積이 가능할 것이다. 즉, 細部見積法을 고려하여야 한다[7].

細部見積은 豫備見積에 비하여 計量的 方法이며, 임의적이고 과도한 判斷要素들이 완전히 제거되지 않을지라도 이를 억제할 수 있는 동시에 數學的 模型으로서 가능하게 된다. 細部見積法에는 因子法(factor method), 標準時間資料法(standard time data), 乘則法(power law and sizing factor), 限界分析法(marginal analysis), 종합적인 相互關係(conposity relationship)分析 등이 있다[5][6].

本 硏究에서는 기존의 여러 가지 細部見積法을 논하고, 企業의 單期利益計劃에 있어서 유용한 非線形 損益分岐分析을 위한 限界分析法 접근방법을 논하였다.

2. 細部見積法

2.1 因子法(factor method)

因子法은 기초적인 細部見積方法 중 가장 중요한 것 중의 하나로서 比率法(ratio method), 尺度法(parameter method), 百分率法(percentage method) 등은 이와 유사한 방법이며 그 模型은 式(1)과 같다.

*東明專門大學 工業經營科
**東亞大學校 産業工學科
접수일 : 1990. 11. 14.

$$C=[C_e+\sum_i f_iC_e]\ (f_I+1) \qquad (1)$$

여기서, C : 評價할 設計의 價値(原價나 價格등)

C_e : 선택된 主 裝備의 原價

f_i : 建物이나 裝置 등의 見積要素

f_I : 技術費(engineering), 契約書 利益(contactor's profit) 및 非常準備金(contingency) 등과 같은 間接 經費의 見積要素

i : 1, ……, n factor index

因子 f는 過去資料, 測定資料, 政策方法 등으로 부터 계산되어 지며 社內報告書, 關聯業體, 政府機關 등의 資料는 因子에 대한 중요한 資料原이 된다.

간단히, $C=fC_e$로서 되어 豫備見積에 있어서의 單位見積模型을 설명할 수 있으며, $C=\Sigma f_iD$로서 나타낼 수도 있다. 여기서 D는 재료의 機械加工時間, 投資資本 등과 같은 特殊設計尺度이며 f_i는 設計에 적합한 單位因子이다. 실제로 선택된 기초항목이 외형적으로 커져서 費用이 많이 들게 되면 전체적으로 技術設計비는 적어진다. 이들 因子는 見積되는 項目에 비례하지는 않는다.

2.2 乘則比(power law and sizing model)

이 模型은 裝備의 見積에 주로 사용되는 것으로 크기는 다르나 그 유형이 비슷한 裝備의 設計時에 사용되며, 式(2)와 같이 주어진다.

$$C=C_r\left[\frac{Q_c}{Q_r}\right]^m \qquad (2)$$

여기서, C : 구하고자 하는 실제크기 Q_c에 대한 總價値

C_r : 參考크기 Q_r의 알고 있는 原價

Q_c : 設計크기

Q_r : 參考物의 設計크기

m : 關聯指數, $0<m<1$

여기서 單位原價 C/Q_c는 식(3)과 같다.

$$C\left[\frac{Q_r}{Q_c}\right]=C_r\left[\frac{Q_r}{Q_c}\right]\left[\frac{Q_c}{Q_r}\right]^m=C_r\left[\frac{Q_c}{Q_r}\right]^{-1}\left[\frac{Q_c}{Q_r}\right]^m$$

$$\frac{C}{Q_c}=\left[\frac{Q_r}{Q_r}\right]\left[\frac{Q_c}{Q_r}\right]^{m-1} \qquad (3)$$

式(2)에서 m에 따라 總原價가 변하기 때문에, C/QC는 容量比(capacity ratio)의 (m−1)번째 크기에 따라 변한다. m=1이라두면, 線型關係를 얻을 수 있다. 이 模型에 인플레이션이나 디플레이션으로 인한 價格變動을 고려하여 式(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C=C_r\left[\frac{Q_c}{Q_r}\right]^m\frac{I_c}{I_r}+C_1 \qquad (4)$$

여기서 C_1 : 상수

m의 결정이 이 模型의 성공여부에 결정하며, 이것은 曲線回歸法(curvilinear regression method)이나 修正法(rectification)에 의해서 구할 수 있다. 式(4)에서 I_c/I_r의 의해서 구할 수 있다. 式(4)에서 I_c/I_r의 指數(index ratio)는 인플레이션이나 디플레이션이나 디플레이션에 대한 증감의 영향을 나타낸다. 式(2)는 일반적인 購買資產의 프로젝트 評價에 적용할 수 있다. 建立費, 豫備生產에 소요되는 資金, 敎育訓練費 및 船積金(FOB charge) 등은 포함되지 않는다. 이러한 예외적인 것들을 나타내는 것이 C_1이다. 여기서 見積된 設計 A_c가 Q_r에 비하여 크거나 작은 상태에 대해서는 알 수 없다.

2.3 標準時間 資料法(standard data method)

이 방법은 勞務費에 대한 見積에 사용된다. 구해진 時間値를 가지고는 原價技術者가 사용할 수가 없다. 이는

보통 옳지 못한 방법, 조건이 나쁜 상태, 또는 平均수준이 아닌 作業者로 부터 나온 資料가 포함되어 있기 때문이다. 간혹 이러한 이유는 좁은 관측의 범위 때문에 생기는 잘못이라고도 할 수 있다. 기술자들은 이러한 原始資料를 유용한 형태로 만들기 위하여 回歸分析을 사용한다. 原價見積 擔當者가 궁극적으로 원하는 것은 時間測定 그 자체가 아니라 見積에 사용할 技術遂行資料(engineering performance data), 標準時間資料라든지, 혹은 간단한 標準資料이다. 標準時間資料라는 것은 주어진 등급의 作業을 수행하는 데 사용되는 標準課業의 目錄(catalog)이라고 정의할 수 있다. 標準時間은 체계적인 순서에 의하여 정의되어 있어야 하며, 몇번이고 반복해서 사용할 수 있어야 한다. 時間硏究(time study), 旣定動作時間資料(predetermined motion time data), 워크샘플링(work sampling) 및 作業時間報告書(man-hour report) 등과 같은 직접관측법의 이점은 費用이 적게들고 일관성이 있다는 것이다. 見積擔當者들이 標準時間資料를 이용할 수 있게 하기 위해서는 資料의 필요성에 앞서 설명서가 준비되어야 한다.

2.4 限界分析

限界分析은 生產의 변화나 어떤 製品에 대하여 기술적 변화를 가져왔을 때 그 결과로 인하여 발생하는 附加費用이다. 생산의 변화는 통상 單位別 생산의 증감을 의미한다. 限界原價는 差額原價(differential cost)나 增分原價(incremental cost)와 호환적으로 사용된다. 넓은 의미로서 모든 見積이 현재의 행동과정으로 부터의 변화에 관계되는 경우 이를 限界見積(marginal estimate)이라고 할 수 있다.

生產率(production rate) n에 대한 固定費와 變動費에 관련된 單純限界模型은 式(5)와 같다.

$$C_T = nC_V + C_f \quad \cdots\cdots (5)$$

여기서, C_T : 期間當 總原價
n : 生產單位數
C_V : 單位當 變動費
C_f : 單位期間當 固定費

n이 변화될 때 C_V가 일정하다면 線形에 가까운 原價模型을 얻을 수 있고, C_V가 변화되면 非線形模型된다. 여기서 C_V가 정수인 경우, nC_V는 單位當 일정한 율로 증가하는 직선이 되고 C_V는 變動費直線의 기울기가 된다.

平均原價는 式(6)와 같다.

$$C_a = \frac{nC_v + C_f}{n} = \frac{C_T}{n} \quad \cdots\cdots (6)$$

여기서, C_a = 單位當 平均原價

式(6)은 C_V가 일정하다면 역시 線形의 경우가 되고, C_V가 일정하지 않을 경우에 非線形이 된다.

線形原價模型의 경우에 限界原價는 C_V와 같으며 常數이다. 일반적인 경우 限界原價는 式(7)와 같이 정의된다.

$$C_m = \frac{dC_T}{dn} \quad \cdots\cdots (7)$$

여기서 C_m : 單位當 限界原價

限界原價는 總原價 函數의 導函數이므로 $dC_T/\Delta n$에 대한 극한값이다. 그러므로 限界原價는 기울기 또는 利益의 관점에서 總原價曲線의 接線이다. 또한 最小限界原價의 生產單位點은 式(8)에 의해서 구할 수 있다.

$$\frac{d^2(C_T)}{dn^2} = \frac{dC_m}{dn} = 0 \quad \cdots\cdots (8)$$

式(9)에서, 最小平均原價는 이 生產單位에서의 限界原價와 같다.

$$\frac{dC_a}{dn} = \frac{d(C_T/n)}{dn} = 0 \quad \cdots\cdots (9)$$

$$\frac{1}{n} \cdot \frac{dC_T}{dn} - \frac{C_T}{n^2} = 0$$

$$\therefore \frac{C_m - C_a}{n} = 0$$

$$\therefore C_m = C_a$$

限界原價와 함께 限界收益(marginal return)이라는 것이 있다. 이것은 여러 가지 측면에서 같은 개념을 가진다. 作業設計에서 限界收益은 限界利益(marginal saving)이 되고, 製品設計에서의 限界收益(marginal revenue), 프로젝트設計에서의 限界收益율(marginal rate of return)은 같은 개념이다. 마찬가지로 시스템設計에서는 限界有效性(marginal effectiveness)을 같은 개념으로 사용한다. 예를 들어, 製品設計時 이에 대한 模型은 式(10)과 같다.

$$R_T = nR_V + R_f \quad \cdots\cdots (10)$$

여기서 R_T : 期間當 總收益
　　　n : 期間當 總 單位數
　　　R_V : 單位當 變動收益
　　　R_f : 期間當 固定收益

式(8)에서 R_V가 定數이면 線形模型이 되고, 다른 要素에 의해 영향을 받으면 非線形模型이 된다. 여기서 製品의 販賣에 대하여 고려해 보자. 최소한 하나의 製品이 팔리기 전까지 즉 $nR_V>0$일 때는 領收額이 없다. 또한 販賣가 없을 때 $R_f=0$이다. 만일 總收益曲線이 線形이면 限界收益은 常數로서 R_V와 같다. 여기서 販賣된 製品이 바로 販賣價格이 된다.

平均收益은 式(11)과 같다.

$$R_a = \frac{nR_V + R_f}{n} = \frac{R_T}{n} \quad \cdots\cdots (11)$$

여기서 R_a : 單位當 平均收益

限界收益은 式(12)과 같이 限界原價와 비슷한 방법으로 정의된다.

$$R_m = \frac{dR_T}{dn} \quad \cdots\cdots (12)$$

여기서, R_m : 單位當 限界收益

最大限界 收益點은 式(13)에 의해서 구해진다.

$$\frac{d^2(R_T)}{dn^2} = \frac{dR_m}{dn} = 0 \quad \cdots\cdots (13)$$

式(5)와 式(10)에서 損益分岐點(break-even point)은 $C_T = R_T$에서,

$$n = \frac{C_f - R_f}{R_V - C_V} \quad \cdots\cdots (14)$$

여기서 收益에 대한 稅金은 고려하지 않는다. 式(14)에서 R_f이 0이 아니라고 가정한다. 즉 어떤 製品이 販賣될 때까지는 수입이 없으며, 固定殘餘收益(fixed residual income)이 존재치 않으므로 $R_f=0$인 것이다.

線形(또는 非線形)費用과 收益을 포함한 이와 같은 식에서 현재의 原價와 當期利益을 만족하는 損益分岐 생산량에 대한 情報를 구할 수 있다. 이러한 細部情報가 見積된 이후의 價格-操業度 관계는 아주 유용한 것이다. 이러한 CVP(cost-volumn-profit) 分析에 있어서 損益分岐分析은 유용한 單期利益계획의 방법중의 하나이다. 그러나 전통적인 損益分岐分析은 收益과 費用의 確定的, 線形的 假定과 생산량과 販賣量이 동일하다는 몇가지 가정을 전제하고 있다. 특히 收益 및 總原價의 直線을 가정하고 있으나 실제적으로 기업의 생산 및 販賣活動을 보면 販賣量은 販賣價格에 영향을 주며 販賣량의 증가에 따라 單位當 變動費도 변하게 된다. 어느 일정량의 販賣量까지는 變動費가 일정할지 모르나 그 수준 이상이 되면 원자재와 노동력의 수요증가와 공급부족현상으로 인하여 單位當 變動費가 높아지게 되는 것이다. 이러한 가정을 현실화하기 위하여 販賣價格과 賣出量, 費用과 販賣量 관계는 非線形으로 고려되어야 한다. 經濟學에서는 주로 費用을 3次模型, 收益을 2次模型으로 고려한다. 이러한 非線形損益分岐分析에서는 損益分岐點이 2개가 존재하고 營業利益이 최대가 되는 점을 찾기

위해서는 이 두점사이의 적절한 販賣量으로 기업을 운영할 수 있다. 이러한 경우 限界分析을 통한 非線形의 損益分岐點을 分析함으로써 線形의 경우보다 많은 CVP分析에 대한 情報를 얻을 수 있다.

總收益과 限界利益은 式(15)와 같다.

$$Z=R_T-C_T$$

$$\frac{dZ}{dn}=\frac{dR_T}{dn}-\frac{dC_T}{dn} \quad \cdots\cdots (15)$$

臨界生產率(critical production rate), 즉 最大利益점은 式(16)에서 구할 수 있고, 이때의 生產單位는 限界利益이 0가 되는 점이다. 또한 여기서 限界收益과 限界費用은 같아진다.

$$\frac{dZ}{dn}=\frac{d(R_T-C_T)}{dn}=0 \quad \cdots\cdots (16)$$

$$\therefore \frac{dR_T}{dn}=\frac{dC_T}{dn} \quad \therefore R_m-C_m$$

만약 n이 이점 밖에서 증가된다면 각 單位原價는 각 單位로 부터 收益을 초과하며, 總利益은 다른 上部損益分岐點 밖에 존재하므로 감소하기 시작한다. 손실영역이 시작되는 利益限界點(profit-limit point)에 도달할 때까지는 利益은 0가 되지 않는다. 이 臨界生產은 最小平均單位原價에 대응하는 비율에서 필연적으로 발생하는 것도 아니며 單位當 最大利益點에서 필연적으로 발생하는 것도 아니다. 그러므로 이것은 最小平均原價(minimum average unit cost)나 單位當 最大利益(maximum profit per unit)에 부합되는 것은 아니다.

그리고 最大限界利益點은 式(17)에 의해서 구해진다.

$$\frac{d^2Z}{dn^2}=\frac{d(R_m-C_m)}{dn}=0 \quad \cdots\cdots (17)$$

3. 數値例

A製品의 1年間의 總原價 資料는 Table－1과 같다.

Table－1 Total cost estimate for A product

12－Month Production	Total Cost, C_T(thousand won)
10,000	17,200
20,000	28,900
30,000	36,370
40,000	39,800
50,000	45,800
60,000	54,200
70,000	62,400
80,000	74,500
90,000	85,600
100,000	94,600
110,000	103,700
120,000	116,300

最小子乘法(least-square fitting)에 의한 A製品의 總原價에 대한 線形 및 非線形模型과 限界原價模型은 다음과 같다.

線形模型; $C_T=6594+0.872n$

2次模型; $C_T=14829+0.519n+0.271\times1^{-5}n^2$

$C_m=0.519+0.542\times10^{-5}n$

3次模型; $C_T=13496+0.622n+0.809\times10^{-6}n^2+0.977\times10^{-11}n^3$

$C_m=0.622+0.162\times10^{-5}n+0.293\times10^{-10}n^2$

Figure 1에서 平均原價線의 最小點에서 限界原價線과 교차한다. 式(9)에 의해서, 이 교차점의 生產單位는

$C_m = C_a$

$C_m - C_a = 0$

$0.195 \times 10^{-10} n + 0.811 \times 10^{-6} n^2 - 13496 = 0$

$\therefore n \fallingdotseq 72,100$(單位)

즉 生產量 약 72,100 單位에서 最小平均原價와 限界原價는 같아진다.

A製品의 總收益에 대한 資料는 Table-2와 같다.

Table-2 Estimated total revenue for A product

Estimeated Sales Quantity	Total Return, R_T(thousand won)
0	0
10,000	7,800
20,000	20,100
30,000	32,725
40,000	44,340
50,000	56,900
60,000	68,200
70,000	77,700
80,000	86,700
90,000	95,100
100,000	102,100
110,000	106,000
120,000	110,900

A製品의 總收益에 대한 線形 및 非線形模型과 限界收益模型은 다음과 같다.

線形模型; $R_T = 3613 + 0.976n$

2次模型; $R_T = -4278 + 0.141 \times 10n - 0.359 \times 10^{-5} n^2$

$R_m = 1.41 - 0.718 \times 10^{-5} n$

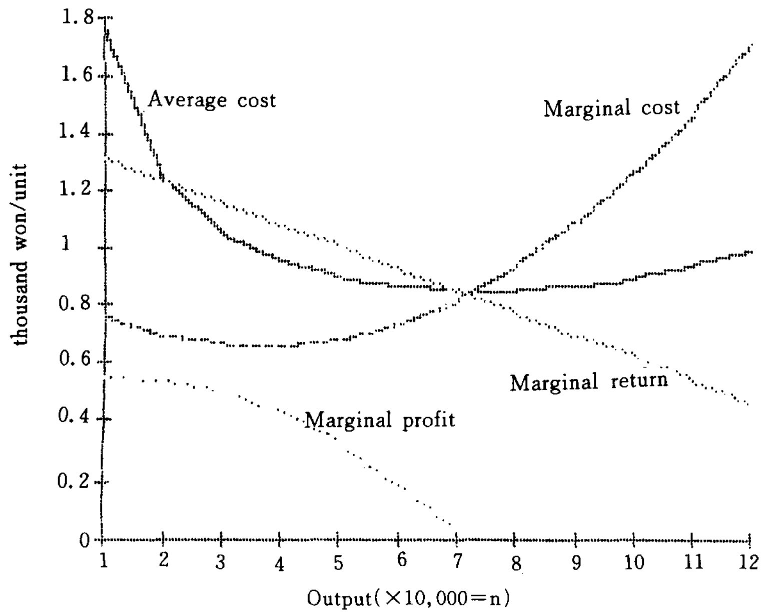

Figure 1. Average, marginal cost and return relationship

總收益模型이 3次이상의 非線形模型으로 가정되면 式(13)에 의해서 最大限界收益點을 구할 수 있다. 그러나 일반적으로 經濟學에서는 總收益模型은 2次模型으로 가정하므로 여기서는 고려하지 않는다.

總原價 및 收益을 線形으로 가정한 전통적인 損益分岐分析에서 式(14)에 의해서 線形模型의 損益分岐點을 구하면, $c_T = R_T$에서 $n \fallingdotseq 28,603$ 單位이다. 이러한 損益分岐分析은 正常祖業度를 상회하거나 미치지 못하는 경우에 생산이나 原價節減의 목적으로 단순히 사용할 수 있다. 그러나 다음과 같은 非線形 損益分岐分析은 限界分析의 개념으로서 分析이 용이하고 보다 많은 CVP分析의 情報를 제공한다. Figure 2는 非線形 損益分岐分析을 나타낸다.

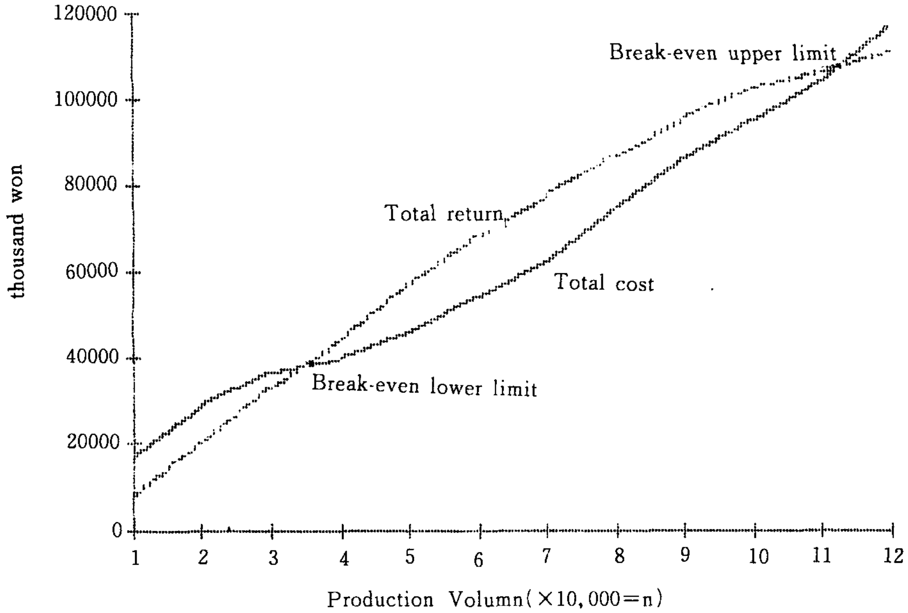

Figure 2. Total return and total cost function

式(16)에 의해서 臨界生產率 즉, 最大利益點은 限界收益과 限界費用이 같아지는 점에서 발생하므로 다음과 같다.

$$R_m = C_m$$
$$R_m - C_m = 0$$
$$\therefore 0.788 + 0.556 \times 10^{-5} n - 0.293 \times 10^{-10} n^2 = 0$$
$$\therefore n \fallingdotseq 72,100(\text{單位})$$

여기서 式(9), (16)에서 이러한 最大利益點은 最小平均原價의 生產單位에서 항시 발생하는 것은 아니다. 즉 最大利益點은 Figure 1에서 總利益曲線의 頂點 즉, 限界利益曲線 $dZ/dn=0$인 점에서 발생한다. 最小限界原價點은 式(8)에 의해서,

$$\frac{d^2(C_T)}{n^2} = \frac{dC_m}{dn} = 0$$
$$0.162 \times 10^{-5} - 0.586 \times 10^{-10} n = 0$$
$$\therefore n \fallingdotseq 28,157(\text{單位})$$

그리고 最大限界利益點은 式(17)에 의해서 다음과 같이 구해진다.

$$\frac{d^2 Z}{dn^2} = \frac{d(R_m - C_m)}{dn} = 0$$
$$-0.88 + 0.586 \times 10^{-10} n = 0$$
$$\therefore n \fallingdotseq 1.5 \times 10^{10}(\text{單位})$$

4. 結 論

豫備見積은 設計의 장래성에 대한 經營意思決定을 하는 것이다. 이는 細部見積을 하기 이전의 단계이며, 細部見積은 이 豫備見積에 적절하고 신중히 수집·구성되어 밝혀진 情報를 사용하여야 한다. 이러한 細部見積은 주로 이해하기 쉬운 函數模型을 사용하여 工場, 工程, 作業 시스템 등을 見積한다. 限界分析은 서로 다른 상황하에서 미래의 設計와 原價에 대하여 고려해보고 얼마만큼의 附加的 消費에 대하여 얼마만큼의 有效性을 얻어내느냐 하는 것이다. 또한 이러한 限界分析은 실제로 적합한 非線形 損益分岐에 있어서 유용한 道具이며, 적절한 多數의 情報를 제공함으로서 分析의 效用性을 높여준다.

References

1. Ostwald, P. F., *Cost Estimating for Engineering and Management*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1974, pp. 196-224.
2. Jelen, F. C., and Black, J. H., *Cost and Optimization Engineering*, McGraw-Hall, 1983, pp. 321-381.
3. Grant, E. L., Ireson, W. G., and Leavenworth, R. S., *Principles of Engineering Economy*, 7th ed., John Wiley & Sons, 1982, pp. 94-116.
4. Liau, M., "Model Sampling : A Stochastic Cost-Volumn-Profit Analysis," *The Accounting Review*, October, 1975, pp. 780-791.
5. Horngree, C. T., *Introduction to Management Accounting*, 4th ed., Prentice-Hall, 1978, pp. 24-53.
6. Motz, A., and Usry, M. F., *Cost Accounting-Planning and Control*, 7th ed., South Western Publishing Co., Ohio, 1980, pp. 680-697.
7. Teichroew, D., Robickek, A., and Montalbano, M., "An analysis of Criteria for investment and Financing Decision and Certainty," *Management Science, 12(3)*, Nov. 1965, pp. 151-179.