

# 프로젝트見積과 限界分析

## Project Estimating and Marginal Analysis

朴 商 敏\*

### ABSTRACT

The decision maker has the job of forecasting capital investments and operating expenses to aid the decision making in choosing and evaluating present and future alternatives.

The estimating function eventually analysis, evaluates and choose the alternatives.

The analysis stemmed originally from a preliminary design of some sort, and eventually plans are started to investigate investment possibilities. This study provide the discounted cash flow and the present worth method. Despite any choice of an analytical method, there remains the problem of predicting certain future events.

Therefore, these models dealing with optimum plant sizing, equipment replacement, and lease or buy will be discussed.

### I. 序 論

原價見積은 우선 裝備, 工程, 建設등 모든 代替案에 대하여 必要性을 認識하여야 한다. 即, 豫備的 技術計劃의 着手 또는 效果的인 實行方法에 대하여 必要한 資源의 豫算 情報를 確保하여야 한다. 作業, 製品, Project 또는 System의 設計에 所要되는 時間은 狀況에 따라 變하며 이를 管理하는 것은 거의 不可能하다.<sup>9)</sup> 또한 設計는 初期 段階에서부터 特定한 形式이나 形態를 지니는 것은 아니다. 問題에 대한 定義를 確實히 하고 概念을 把握하여 工學的 Model을 設定하고, 最終 設計를 評價하는 順序로

서 하나의 設計案을 開發하여 나가야 한다. 따라서 作業原價, 製品價格, Project收益, System의 有效性 등에 대한 見積은 重要한 財政的 意味를 지니게 된다.<sup>9)</sup>

豫備見積은 追加的 計劃이 必要하게 되므로 漸次 詳細한 見積이 樹立되어야 한다. 見積의 信賴가 크면, 特히 投入資本이 利用 可能한 資源과 比較하여 크다면 資金 支出에 대한 問題는 代替案의 實行上 調整된 意思決定을 할 수가 있다.<sup>9)</sup>

本 研究에서는 技術的 實行 可能性과 其他 物的 서비스에 대한 條件은 주어지고, 原價分析은

\*仁川大學 産業工學科 專任講師

考慮되지 않는 것으로 假定했다. 또한 評價를 要하는 Project 設計가 다르고, 技術設計의 差異가 있어도 代費案 比較基準은 共通이다.

Project 見積은 設計案에 危險資本의 必要尺度를 提示하여야 한다. 그러나 資本費用의 經濟的 結果가 重要하다. 여기에서 基本的인 考慮事項은 設計, 資本, 支出, 收入 및 時間등이다. 또한, 財務安定성과 資本投資에 관한 所得은 未來利益에는 影響이 미치지 못한다. 그러나 適合한 場所에 工場을 建設하고, 經濟的 工程方法, 機械, 設備, 原材料등 生産要素를 活用하여 製品을 生産하고, 分配할 수 있도록 意思決定을 할 수 있다.

## II. PROJECT 原價見積

資本을 工場, 設備등에 投資하는 目的은 投資를 超過하는 資金을 回收하는 데 있다. 따라서 이 資本이 生産의 이고 利益을 가져온다고 假定한다. 效率로서 表現하면 이는 投入과 產出의 比率에 關係된다. 여기에서 物理的 效率과는 달리 經濟的 效率은 長期的인 成功과 100%를 超過하여야만 한다.<sup>9)</sup>

原價 또는 價格과 같이 投資에 대한 報酬도 總金額, 販賣率, 投資에 대한 年間販賣比率 등 여러 方法으로 나타낼 수 있다.

Project 見積의 目標은 企業의 全般的 資金事情인 費用과 收益의 純變化를 豫測하여, 代費案을 研究하며, 未來 狀況의 相互作用을 測定, 實際의 定量的 資料를 求하는데 있다. 여기에서 貨幣의 時間的 價值 變化를 考慮하여야 한다.<sup>9)</sup>

投資計算에 複利를 適用하는 投資 報酬에 대한 計算方法으로는 投資收益率法, 資金回收期間法, 原價比較法 등이 比較基準으로 活用된다.<sup>9)</sup>

### II - I 資料蒐集類型

Project 見積의 첫 段階는 資料 蒐集으로, 現金흐름과 時期의 決定이 包含되어야 한다. 現金흐름은 過去の 資料, 測定 資料, 政策的 資料의 세 類型으로 決定 된다.<sup>9)</sup>

過去の 資料는 過去の 利益, 損失, 作業費用,

正味價值 등 過去の 財務諸表, 見積資料 등 記錄으로부터 蒐集한다.

測定資料는 作業見積으로 作業費用에 包含되지 않은 費用과 資材節減의 不規則 흐름에 대한 資料를 求할 수 있다.

政策資料는 豫測, 展望, 市場情報, 및 有關機關등에서 蒐集하며 Project 見積에 有用하다. 特히 利子率  $i$ 로 나타내는 貨幣의 時間的 價值는 意思決定에 重要的 奇與를 한다. 一般的으로 投資에 利用할 수 있는 資金은 既知이어야 한다.<sup>9)</sup>

情報資料를 蒐集하기 위한 一般的 過程으로 다음을 考慮 한다.<sup>9)</sup>

- ① 適合한 未來의 Data를 擇해야 한다.
- ② 貨幣의 時間的 價值를 考慮함이 重要하다.
- ③ 現金 또는 同一한 測定手段으로 基準한다.
- ④ 差額收益과 費用은 總收益과 費用과는 다르게 取扱한다.

### II - II PROJECT 分析을 위한 利子係數

資本의 投資分析은 貨幣의 收益力과 貨幣의 時間的 價值에 關點을 두어야 한다. 貨幣의 時間的 價值는 投資에 의하여 產出되는 追加 現金흐름에 대하여 複利公式을 適用한다. 이 概念은 現在 利用될 수 있는 資金뿐만 아니라 未來에 生産의 使用될 수 있는 資金에 대해서도 企業에 價值를 付與할 수가 있다. 根本的으로 貨幣의 時間的 價值는 單利로 始作한다.

$$\text{即, } I = Pni \quad \begin{array}{l} P : \text{元金} \\ n : \text{期間} \\ i : \text{利子率} \\ I : \text{利子} \end{array}$$

여기에서 元利合計는

$$F = P + I = P(1 + ni)$$

$F$ : 未來時點에서의 元金과 利子の 合計

그러나, 借入期間이 여러 利子期間에 걸칠 때에는 利子が 每 利子期間末에 計算된다. 따라서 이 경우 誘道되는 利子係數는 年末에 支拂되고 또 年間複利로 利子が 計算되는 경우 年間複利 利子公式이 利用된다. 그러나, 利子를 1年內에 여러번 支拂하게 되는 경우에는 難散型인 경

우 卽, 不連續支拂의 경우에는 連續複利 利子公式을, 連續型인 경우 卽, 貨幣去來가 一年中均等하게 連續的으로 發生하는 경우에는 連續支拂 連續複利公式을 利用한다.

이에 대한 利子公式은 支拂形態와 複利計算形式에 따라 表1 과 같이 分類할 수 있으며, 目的에 付合되도록 이들 利子公式은 適合하게 利用할 수가 있다.<sup>5)</sup>

表 1 . 利子係數와 係數記號의 要約

Factor		Find	Given	Discrete Payments	Discrete Payments	Continuous Payments
				Discrete Compounding	Continuous Compounding	Continuous Compounding
Single-Payment	Compound-Amount	F	P	$F = P(1+i)^n = P \left( \frac{F/P, i, n}{1} \right)$	$F = Pe^{rn} = P \left[ \frac{F/P, r, n}{1} \right]$	$F = Pe^{rn} = P \left[ \frac{F/P, r, n}{1} \right]$
	Present-Worth	P	F	$P = F \frac{1}{(1+i)^n} = F \left( \frac{P/F, i, n}{1} \right)$	$P = F \frac{1}{e^{rn}} = F \left[ \frac{P/F, r, n}{1} \right]$	$P = F \frac{1}{e^{rn}} = F \left[ \frac{P/F, r, n}{1} \right]$
Equal-Payment Series	Compound-Amount	F	A	$F = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] = A \left( \frac{F/A, i, n}{1} \right)$	$F = A \left[ \frac{e^{rn} - 1}{e^r - 1} \right] = A \left[ \frac{F/A, r, n}{1} \right]$	$F = A \left[ \frac{e^{rn} - 1}{r} \right] = A \left[ \frac{F/A, r, n}{1} \right]$
	Sinking-Fund	A	F	$A = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] = F \left( \frac{A/F, i, n}{1} \right)$	$A = F \left[ \frac{e^r - 1}{e^{rn} - 1} \right] = F \left[ \frac{A/F, r, n}{1} \right]$	$A = F \left[ \frac{r}{e^{rn} - 1} \right] = F \left[ \frac{A/F, r, n}{1} \right]$
	Present-Worth	P	A	$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] = A \left( \frac{P/A, i, n}{1} \right)$	$P = A \left[ \frac{1 - e^{-rn}}{e^r - 1} \right] = A \left[ \frac{P/A, r, n}{1} \right]$	$P = A \left[ \frac{e^{rn} - 1}{r e^{rn}} \right] = A \left[ \frac{P/A, r, n}{1} \right]$
	Capital-Recovery	A	P	$A = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] = P \left( \frac{A/P, i, n}{1} \right)$	$A = P \left[ \frac{e^r - 1}{1 - e^{-rn}} \right] = P \left[ \frac{A/P, r, n}{1} \right]$	$A = P \left[ \frac{r e^m}{e^{rn} - 1} \right] = P \left[ \frac{A/P, r, n}{1} \right]$
	Uniform-Gradient-Series	A	G	$A = G \left[ \frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - 1} \right] = G \left( \frac{A/G, i, n}{1} \right)$	$A = G \left[ \frac{1}{e^r - 1} - \frac{n}{e^{rn} - 1} \right] = G \left[ \frac{A/G, r, n}{1} \right]$	

그러나, 이들 利子公式이 모든 경우에 有用하다고는 할 수 없다. 卽, 어떤 方法은 適用하는데 制限되기 때문이다. 이러한 方法들은 明確한 資料가 주어졌을 때, 그리고 이들의 解가 同等하게 有用하다고 理解될 때 다음의 方法을 提示할 수 있다. 卽, 代贊案의 比較基準으로 現在價值, 年次等價, 資本化等價, 終價, 報酬率, 回收期間, 豫想價值, 收益·費用比率 등의 方法이 있다. 이들 比較基準은 名已 代贊案을 比較 基準할 수 있는 體系的 基準方法이며, 어떤 比較基準을 使用하느냐에 따라 決定基準은 달라진다.

이들 方法들은 投資의 다른 要素를 測定할 수 있으며, 따라서 이러한 方法은 相異한 評價로 나타나게 되지만 結果는 同 一하게 된다.<sup>5)</sup>

$$\text{卽, } \frac{PW(i)_A}{PW(i)_B} = \frac{AE(i)_A}{AE(i)_B} = \frac{FW(i)_A}{FW(i)_B}$$

### II - III. MODELING

미리 設定된 期間에서 純現金流入의 報酬率과 未來의 一定期間동안 資本에 대하여 設定한 利子率  $i$ 에서 費用을 除한 超過收益의 正味現價와 주어진 利子率  $i$ 로 初期投資를 모두 回收하는데 必要한 期間을 算出하기 위하여 一般的인 MODEL을 提示하면 다음과 같다.

$$P_x = (1-t) \left[ \sum_{k=1}^n \frac{S_k - C_k}{(1+i)^k} \right] + t \sum_{k=1}^n \frac{A_k}{(1+i)^k} + \frac{F_s}{(1+i)^n} \dots \dots \dots (1)$$

$P_x$  =  $x$ 年의 現在價值 : 總割引現金흐름  
 $S_k$  =  $k$ 年의 收益

- $C_k = k$ 년의 總費用
- $A_k = k$ 년의 減價償却費
- $F_s =$  殘存價置
- $i =$  實質利率
- $t =$  稅率

이 Model은 利益과 稅金, 年間收益, 費用, 減價償却, 積立金 등과 時期의 方法 變動을 決定하는데 充分히 融通性을 지닌다. 따라서 이러한 要因들로 인하여 有用한 Project Model이 成立될 수 있다. 式(1)에서 初項은 減價償却을 除外한 費用에 대한 收益의 純現在價値를 나타낸다. 둘째項은 減價償却에 대한 稅金效果를 나타낸다. 셋째項은 資產의 殘存價値에 대한 現在價値를 나타낸다. 여기에서 變數  $S_k, C_k, A_k, F_s$  등은 每年 相異한 價値를 갖게되나 平均價値

를 求하면 Model의 單純化가 可能해 진다. 또한 이 Model에서는 未回收殘額이나 純現金흐름 狀態를 確認할 수 있으며 보다 擴張할 수가 있다. 現金흐름 狀態는 미리 規定된 利率  $i$ 로 0時點에서 割引된다. 따라서 이 Model에서 初期 資產價値와 割引된 收益과 等價가 되는 期間을 求할 수가 있다. 또한 이 分析形態의 修正은 貸貸 對 購買의 比較 節次를 行한 後 提示되어야 한다. 이 경우 收益은 0로 推定되게 된다.

다음의 그림1.은 未回收殘額의 割引된 現金흐름圖表의 形態를 나타낸다. 이는 初期와 期間末 사이의 現金흐름 形態를 圖示한 것으로 技術設計, 研究開發, 建設, 固定資產의 購入 등 擴張期間이 制約되는 Project 事業에 有用하다.

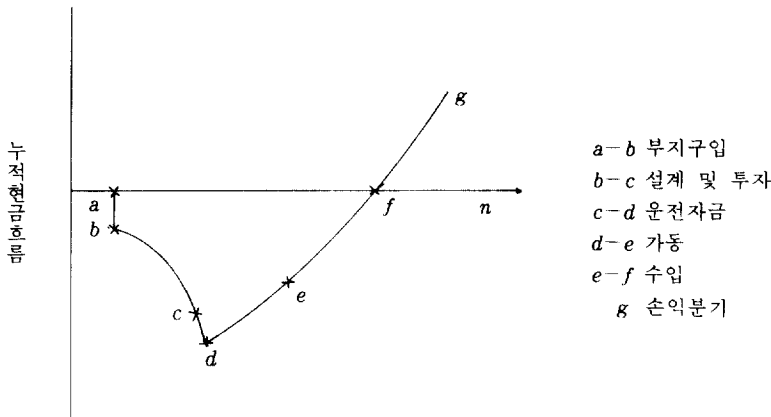


그림 1. 現金흐름

그러나, 一般的 MODEL의 利率  $i$ 는 年間 實質利率이므로 年間 連續複利로 利率이 計算되는 경우에는 名目利率  $r$ 을 考慮하여야 하므로 式(1)을 다음과 같이 連續複利 MODEL로 修正하여야 한다.

$$P_x = (1-t) \left[ \int_0^N [S(k) - C(k)] e^{-rk} dk \right] + \int_0^N A_k e^{-rk} dk + F_s(N) e^{-rN} \dots \dots \dots (2)$$

- $S(k) =$  連續收益函數
- $C(k) =$  連續費用函數
- $r =$  名目利率

- $N =$  總壽命期間
- $A_k =$  減價償却連續函數

即, 이 Model은  $S(k), C(k), A_k$ 와 같은 連續函數를 使用했다. 따라서 이러한 現金흐름函數가 設定될 수 있다면 Project 分析을 위한 經濟性工學의 方法은 代數的 處理를 할 수 있다.

即, 貸金率引上, 價格과 利益의 減少, 인플레이션과 디플레이션의 壓力등을 反映하는 Model의 成立이 可能해지며, 컴퓨터의 活用으로 이러한 Model의 動的 適用으로 動的인 見積을 提示할 수 있다.

Model의 式(2)에서 現在價値  $P_x$ 는 一括支拂連續複利係數  $\frac{1}{e^m}$ 로 割引하고 總壽命期間  $N$ 에 걸쳐 積分하여 求한다. 따라서 稅金으로 因한 修正된 純利益은 實際의 純現在價値를 提示한다.

減價償却, 殘存價値, 收益, 費用등과  $P_x$ 와의  $N$ 年後의 連續函數의 現在價値는 그림 2.와 같이 나타나게 된다.

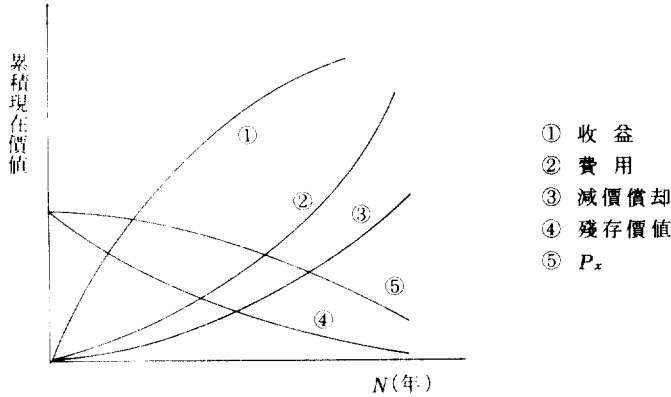


그림 2.  $N$ 年後의 連續函數의 現在價値

式(2)에서 連續函數인  $S(k)$ 와  $C(k)$ 의 特性은 常數, 線型 또는 非線型일 수 있다. 即, 期間  $N$ 에서 販賣가 線型인 경우  $b_0$ 가 初期價値 이고  $a_s$ 는 收益의 販賣額에 對한 年間 기울기이면  $a_s k + b_0$ 로 나타낼 수 있다. 費用도 線型인 경우라면 같은 方法으로 整理할 수 있다. 여기에서 收益만 線型 增加한다고 하면

$\int_0^N (b_0 + a_s \cdot k) e^{-rk} dk$ 와  $S(N) = b_0 + a_s N$  이 된다.

稅金과 減價償却을 除外하면

$$S(N) - C(N) = b_0 + a_s N - (C_0 + a_c N) \\ = b_0 - C_0 + N(a_s - a_c)$$

여기에서 收益과 費用을 單純化하면

$$S(N) - C(N) = b_0 - C_0$$

와 같이 期間末의 均等現金흐름으로 나타낼 수 있다.

여기에서 考慮해야 할 事項은 現價로서의 總 Project 金額과 Project의 經濟的壽命으로 總 Project 費用은 年度末의 總原價로 나타나 진다.

### III. 限界分析

$S(k), C(k)$ 와  $A_x$ 가 連續函數이고 微分 可能이

면 다음에서 現在價値  $P_x$ 의 最大値를 求할 수 있다.

$$C_T = m \cdot C_r + C_f$$

$$R_T = m \cdot R_v + R_f$$

$C_T$ : 總原價

$C_v$ : 變動費

$C_f$ : 固定費

$R_T$ : 總收益

$R_v$ : 變動收益

$R_f$ : 變動固定費

$m$ : 總單位數

라 하면 總費用과 總收益의 交叉點은  $\frac{dR_T}{d_m} = \frac{dC_T}{d_m}$ 에서 求하여 진다. 이는 Project 評價에도 適用할 수가 있다.

最大現價는 式(2)를  $N$ 에 對하여 1次 微分後 0으로하여 求한다. 여기에서  $N$ 에 對한 解는 最適의 Project 壽命을 意味한다.  $N$ 이 法定되면 現在價値의 最大値를 求하기 위해 式(2)로 變換시킨다.

여기에  $\frac{dR_T}{d_m} = \frac{dC_T}{d_m}$ 을 代入하면

$$\frac{dP_x}{dN} = e^{-rn} (1-t) [S(N) - C(N)] + tA_k - rF_s(N) + \frac{dF_s(N)}{dN} \{ = 0 \dots\dots (3)$$

따라서 式(3)을 修正하면 限界利益=限界損失이 求해진다.

$$(1-t)[S(N) - C(N)] + tA_k = rF_s(N) - \frac{dF_s(N)}{dN} \dots\dots\dots (4)$$

各項은  $N$ 값의 代贊에 의해 評價되고 난 後에 適正의  $N$ 값이 式(4)를 利用한 試行錯誤의 結果로 나온 값에 따라 알수 있다. 最大現價에 대한 適正年度는 式(4)의 左側項에 있는 稅金 空除 後의 年間限界收益이 同一한 期間의 年間限界損失과 均衡을 이룰 때 發生한다.

限界損失은 初期運轉資金과 殘存價値에 대한 利子和 그 期間의 殘存價値에 대한 變化 即, 損失이 되며  $N$ 은 Project의 期待 經濟壽命이 된다. 但, 每年 一定한 減價償却을 適用하며, 報酬率은 MARR (最低要求報酬率)보다 높을 것이 要求되며, 稅金이 計算의 一部가 되면 이는 實際의 現金흐름이 된다.

그림 3.은 純利益과 純損失의 크기가 一致되는 點에서 最適 Project의 壽命이 求해 짐을 보여준다.

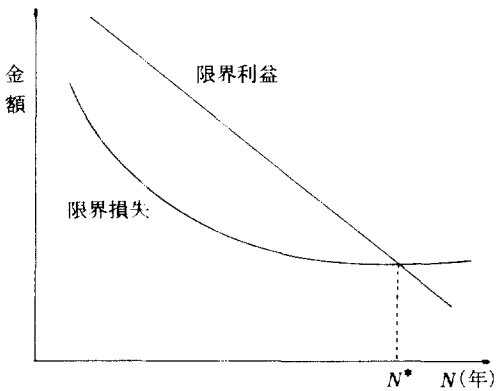


그림 3. 最適 PROJECT 壽命

#### IV. 代贊案의 選定 MODEL

正味現價와 報酬率의 MODEL은 同一한 서비

스를 提供하는 競爭 代贊案 中에서 Project見積에 대한 意思決定이 可能하다. 그러나, 壽命이 다른 경우나 서비스 期間中의 代贊案 選定은 基本 MODEL을 修正하여야 한다. 更新의 特性은 現存資産과 同一하여도 서비스 形態는 Project의 經濟壽命을 超過하여야 된다고 期待된다. 5-1, 更新分析에서 稅金を 考慮하는 不連續 MODEL을 假定한다면 다음과 같이 MODEL의 式을 修正하여 設定할 수 있다.

$$P = P_i + (1-t) \sum_{k=1}^N \left[ \frac{C(k) - S(k)}{(1+i)^k} \right] - t \sum_{k=1}^N \frac{A_k}{(1+i)^k} - \frac{F_s(N)}{(1+i)^N} \dots\dots\dots (5)$$

$P_i$ : 初期投資額

$P$ : 正味現在價値

式(5)는 減價償却에 대한 稅金效果와 利益에 대한 稅金負擔을 考慮하고 純費用의 現價  $P$ 를 나타낸다. 여기에서 서비스의 純費用은 0 또는 陰이어야 한다. 式(5)에서  $\frac{C(k) - S(k)}{(1+i)^k}$ 는 稅金を 適用하는 一定期間에서는  $\frac{A_k}{(1+i)^k}$ 의 絶對值보다 陰의 값이 커야만 한다. 또한 利益性의 MODEL인 式(1)의  $P_x = 0$ 에 대한 報酬率을 決定한다.

또한, 式(5)는 利率  $i$ 를 考慮한 推定이 이루어지고 代贊案의 比較에 대하여는 同一한  $N$ 이 設定된다. 따라서 서로 다른 壽命을 갖는 代贊案에서 現價를 比較하는 것은 適合하지가 않다. 그러나 이들 代贊案에 대한 現價分析이 바람직하다면 經過期間이 同一할 때 까지의 壽命의 期末에서 各 資産이 回收된다고 假定하여 分析을 할 수 있다. 또한, 殘存價値는 實際로 意思決定에 影響을 미치는 경우가 많으나 이는 利率과 年數에 基因하기 때문으로 未知의 資金이 意思決定에 影響이 있기는 하나 Project見積에서 殘存價値에 대한 精度는 初期費用이나 運轉資金과 같이 必要하지는 않다.

#### V. 結 論

意思決定者는 Project見積時 現在와 未來의 代贊案을 選定하고 評價하는 意思決定을 하기 위해서는 資本投資와 運轉費用을 豫測하는 作

業을 해야 한다.

見積機能은 代贊案에 대한 分析과 評價와 選定이라 할 수 있다. 分析은 어떤 種類의 豫備設計로부터 始作되고 計劃은 投資의 可能性을 檢討하는 것이다. 本 研究에서는 割引現金 흐름

과 現價法에 대하여만 다루었으나, 어떤 未來의 事象에 대하여 豫測하는 方法의 研究가 남아 있다. 即, 適正 工場規模, 設備更新, 賃貸 또는 購入 등을 다루는 MODEL의 研究가 提示되어야 한다.

## REFERENCES

1. D. Teichroew, A. Robichek and M. Montalbano (Jan. 1965), *'Mathematical Analysis of Rates of return under Certainty'*, Management Science Vol. 11, No. 3, pp. 395-403.
2. D. Teichroew, A. Robichek and M. Montalbano (Nov. 1965), *'An analysis of Criteria for investment and Financing Decisions under Certainty'*, Management Science Vol. 12, No. 3, pp. 151-179.
3. Euoene L. Grant, W. Grant Ireson and Richard S. Leavenworth (1982), *'Principles of Engineering Economy'*, 7th ed., John Wiley & Sons, Inc., N.Y., pp. 94-116, pp. 276-310.
4. F.S. Hiller (Jan. 1965), *'Supplement to the Derivation of Probailistic Information for the Evaluation of Risky Investments'*, Management Science Vol. 11, No. 3, pp. 85-487.
5. H.G. Thuesen, W.J. Fabrycky and G.J. Thuesen (1977), *'Engineering economy'*, 5th ed., Prentice-Hill, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 6-7, pp. 61-94, pp. 135-247.
6. J.T. Porterfield (1965), *'Investment Decisions and Capital Costs'*, pp. 114-145.
7. Phillip, F. Ostwald (1974), *'Cost Estimating for Engineering and Management'*, Prentice-hall, Inc., Englewood cliffs, New Jersey, pp. 195-223, pp. 311-354.