

## 多段階製造工程의 品質改善을 위한 從屬代案選擇 近似解法

### Heuristic Algorithm for Selecting Mutually Dependent Quality Improvement Alternatives of Multi-Stage Manufacturing Process

趙 南 浩\*

#### Abstract

This study is concerned with selecting mutually dependent quality improvement alternatives within resource constraints. These quality improvement alternatives are different from the traditional alternatives which are independent from each other. In other words, selection of any improvement alternative requires other related specific improvement. Also the overall product quality in a multi-stage manufacturing process is characterized by a complex multiplication method rather than a simple addition method which does not allow to solve a linear knapsack problem despite its popularity in the traditional study.

This study suggests a non-linear integer programming model for selecting mutually dependent quality improvement alternatives in multi-stage manufacturing process. In order to apply the model to selecting alternatives, this study also suggests a heuristic model based on a dynamic programming model which is more practical than the non-linear integer programming model.

The logic of the heuristic model enables 1) to estimate improvement effectiveness values on all improvement alternatives specifically defined for this study, 2) to arrange the effectiveness values in a descending order, and 3) to select the best one among the alternatives based on their forward and backward linkage relationships.

This process repeats to select other best alternatives within the resource constraints. This process is presented in a Computer programming in Appendix A. Also a numerical example of model application is presented in Chapter 4.

#### 1. 序 論

##### 1.1 研究의 目的

産業技術의 發達에 따라 製品의 品質은 高度로 發展되고, 製品의 品質에 대한 消費者의 要求水準은 점차로 높아짐에 따라 製品에 대한 生産者의 社會的 責任도 서서히 增大되고 있다.

1970年代부터 美國에서 대두되기 시작한 製品에 대한 새로운 哲學은 品質에 대하여 生産者는 모든 社會的 責任을 지야 한다는 것으로서 이는 方法的으로 製品의 社會的 責任을 추궁하는 것이 된다.

한편, 消費者의 立場에서 보면 購買한 製品은 “使用目的에 맞는 品質의 製品”[14, 15]으로서 價格面에서도 低廉한 것을 要求하고 있다.

이와같은 消費者의 要求와 生産者의 社會的 責任을 遂行하기 위하여는 製品의 生産라인을 合理的으로 管理하여 製造工程을 安定狀態로 維持하고, 不良品을 減少시켜 良質의 製品이 만들어질 수 있도록 製造工程의

\* 建國大學校 工科學

本論文은 博士學位論文임

접수: 1988. 11. 3.

品質改善을 圖謀하여야 하겠다.

이러한 觀點下에서 本研究에서는 多段階製造工程을 對象으로 하여 個個 工程의 品質改善을 통하여 全體 工程의 良好率을 向上시키는 方法에 대하여 研究 하려는 것이다.

既存의 類似한 研究는 選擇可能한 改善代案들 가운데 資源範圍 內에서 良好한 代案順으로 랜덤하게 選擇하는 方法을 使用하여 왔다. [2, 5, 18, 19]

그러나 本研究에서는 多段階製造工程의 品質改善을 遂行하되 從屬的인 代案들을 對象으로 逐次로 選擇하여 全體生産라인의 良好率을 向上시키려는 것이다.

물론 이때의 改善代案의 選擇은 資源限度內에서 이루어 나가고, 改善代案選擇에 있어서는 各 代案들의 有效性을 有效率이라 定義하며, 이 有效量을 내림次順으로 整理한 후 有效率이 큰 代案부터 選擇하여 多段階製造工程의 品質改善을 達成하려는 것이다.

本研究를 進行하기 위하여는 非線型計劃에 의한 數理的모형을 構成하고, 이에 따른 近似解法을 開發하여 알고리즘을 作成한 다음 數值例에 따라 컴퓨터프로그램에 따른 計算例를 例示하였다.

本研究에서 提示한 모델은 現實的으로 企業의 實際狀況에 대하여 보다 接近하는 方案이 될 수 있기 때문이다.

1.2 研究의 動向

本研究에서 提示하려는 研究의 方向은 製造工程을 安定狀態로 維持함으로써 不良率을 減少시키고, 企業의 損失 즉, 失敗費用을 最少化하는 方案을 管理사이클段階別로 效果的인 對應策을 講究하여 工程을 改善함으로써 達成하고자 하는 것이다.

이와같은 問題는 不良品의 發生은 工程에서 發生하는 것이므로 製造工程을 最適化 또는 安定化함으로써 達成할 수 있다. 이 問題는 信賴性問題에서는 重複結合에 따르는 方法과 OR에서 다루는 배낭(knapsack) 문제로서 整數計劃法, 動的計劃法 등이 있으며, 其他 方法으로 研究되고 있다.

첫째, 重複計劃에 의한 方法은 Black, G와 Prochan, F.[19], Banerjee, S.K와 Rajamani, K.[18] 등이 있고, 整數 및 動的 計劃法에 따른 方法으로는 Hadley, G.[5], Bellman, R [2] 등이 있으며, 기타의 方法으로 기하학적 계획법등의 여러가지 기법으로 問題를 해결하려고 시도하고 있는데 特記할 것은 신고시게오(新郷重夫)의 “不良=0”에의 도전”을 위한 源流 檢査와 포가요제(pokayoke)시스템[16] 등이 있다.

2. 管理사이클을 통한 多段階品質改善方案

多段階品質改善의 直接對象은 製造工程이다. 그러나 品質에 影響을 미치는 것은 製造加工이 이루어지는 工程만이 아니라 計劃段階부터 製造, 檢査 및 評價 그리고 調整(措置) 등의 一連의 管理사이클過程과 密接하게 關係되고 있는 點을 勘案하여 管理사이클過程을 考慮한 多段階品質改善을 주로 製造工程에서 이루어 나감으로써 工程을 安定상태로 維持하여야 하기 때문이다.

製造段階의 品質改善方案

製造品質이 決定되는 이 段階에서는 品質改善을 위한 優先順位 工程上 工程改善의 最適化가 目的이다.

1. 研究의 方向

本研究에서는 製品責任時代의 失敗費用增加에 對備하여 一定期間의 豫想失敗費用에 대한 豫防費用(IP cost)의 一部 差額을 工程改善에 投入하여 工程을 改善함으로써 不良率의 減少를 가져와 궁극적으로 실패 비용을 줄여 나가려는 것이다.

이렇게 함으로써 全體工程不良率의 最少化에 目的을 두려는 것이다. 또 工程改善代案間에는 先行代案을 設定하므로써 보다 實際 生産시스템에 近接하는 모델을 提示할 수 있게 된다.

2. 既存研究와 比較

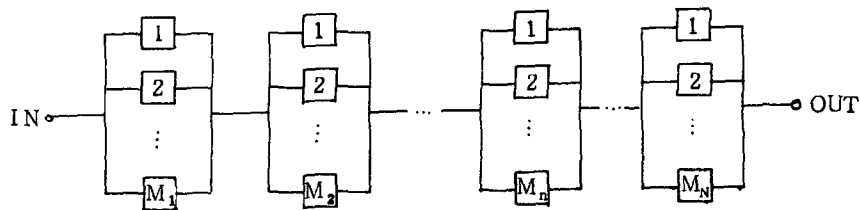


圖-1. Configuration of Candidate Alternatives

費用制約下에서 工程不良率을 最少化하려는 問題는 시스템(system)의 性格上 信賴性 工學에서 重複設計와 매우 類似性이 있다고 할 수 있다.

따라서 本研究에서 假想으로 하는 시스템은 多段階 直例시스템을 原工程으로 하고, 代案은 混合 併·直例

시스템으로 생각할 수 있으며, 이 關係는 圖-1과 같다.

한편, 本研究에서 對象으로 하는 從屬代案을 改善代案으로 選擇하는 代案의 選擇過程을 圖示하면 圖-2와 같다.

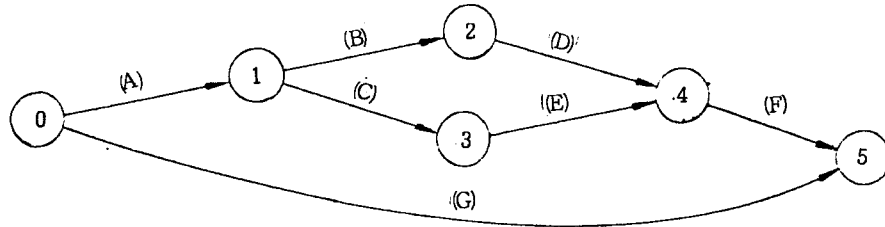


圖-2. Precedent Diagram of Selecting Mutually Dependent Quality Improvement Alternatives.

選擇하려는 從屬代案은 1個를 갖는 것, 2個를 갖는 것과 從屬代案이 없는 것으로 나누어 볼 수 있고, 어떤 代案은 單獨으로 選擇된 後 以後段階에서 다른 代案의 從屬代案으로 作用할 수 있다.

그러나 이미 前段階에서 選擇된 것에 대하여는 追加로 投入되는 것은 없다.

混合 併·直例시스템은 重複設計問題로서 工程改善을 誘導할 때의 差異點은 다음과 같은 점이다.

기존의 重複設計問題에서 追加工程은 同一部品, 同一工程을 계속 추가로 設定함으로 部品費用 및 不良率은 항상 同一하다고 할 수 있다.

그러나 여기서 提示하려는 工程改善概念을 導入하면 各 追加工程의 費用 및 不良率은 서로 相異한 것을 採擇하므로 實際시스템에 보다 近接한 모델이 된다.

### 3. 모델의 構成

限定된 費用制約下에서 全體의 不良率을 最少化하기 위한 混合 併·直例시스템의 概念을 導入하고, 方法論的 側面에서는 工程重複方法 대신 工程改善方法을 採擇하기로 한다.

全體工程을 設定함에 있어서 工程改善代案들은 費用面에서 制約을 받으며, 서로 다른 改善代案間에는 優先順位를 考慮하기로 한다.

實際적인 體系의 工程은 特定工程의 改善을 遂行할 때 또 다른 1個以上の 工程改善代案이 先行 可能한 境遇를 考慮한다.

한편, 各 工程은 各기 서로 다른 費用과 不良減少率을 갖는 여러 工程改善代案을 設定하여 費用 및 不良率을 一般化시킨다.

이때 한 工程內에는 여러 代案中에서 改善考慮順位를 다음과 같이 考慮한다.

- 費用에 대한 減少率이 큰 順位부터 선택한다.
- 全體工程에 대한 工程改善代案의 確定은 工程改善으로 인한 增加費用에 대한 全體工程에 대한 不良減少率效果로 計算되는 改善有效值가 가장 큰 順位로 選擇한다.

工程改善의 中止는 全體工程에 設定된 工程改善代案의 費用合計가 投入費用을 超過할 때 일어나고, 이때가 工程不良率은 最少가 된다.

이와같은 工程改善方案은 製造工程이 主對象이지만 工場自動化의 傾向이 점차로 擴散되고 있는 現時點에서는 檢査工程에도 擴大하여 適用해 볼 수 있으리라고 생각된다.

### 調整段階의 品質改善方案

檢査 및 評價段階의 結果로 原因分析, 措置代案을 講究하고, 외도백을 活潑히 展開하여 工程改善으로 費用最少化를 失敗費用減少와 豫防費用增加로 轉換(trade-off)토록 한다.

이와같이 生産活動의 모든 段階인 設計→製造→檢査 및 評價→調整의 全體적인 過程을 統合調整하는 方法에 의하여 이루어 나가려는 것이다. 最近에 컴퓨터應用(computer aid) 狀況의 普遍化, OA, FA로 漸次 移行되고 있는 狀況에서 考慮할 수 있는 狀況이다.

따라서 製造工程의 品質改善을 管理싸이클을 活用하면서 多段階製造工程에서 不良率이 높은 工程 또는 改善効率が 큰 工程順으로 制限된 資源 範圍內에서 製造工程과 부차적으로 檢査工程을 改善하여 全體工程의 品質改善을 이루어 나가는 方案은 必要視될 뿐만 아니

라 推進할 必要性이 있다고 본다.

### 3. 多段階製造工程의 數理的 모델

#### 3.1 假定 및 用語說明

##### 1. 假定

研究를 展開하는 前提로서 다음과 같이 假定한다.

- ① 初期工程시스템은 M개의 單一直列工程으로 한다.
- ② 單位工程 不良率은 附加的으로 改善可能한 것으로 한다.
- ③ 全體工程의 改善代案中에는 先行改善代案이 存在할 수 있다.
- ④ 單位工程의 改善代案은 相互 獨立의이다.

本 모델은 單一段階의 意思決定問題와는 달리 한 段階에서의 意思決定이 謀介變數를 바탕으로 最適의 意思決定政策을 樹立하는 方法을 提示한다.

各 段階別로 最適化를 試圖하기 위하여 動的計劃法(dynamic programming : DP)을 數理 모델 設定時에 應用한다.

##### 2. 用語解說

事例를 中心으로 研究內容을 展開하기 위하여 必要한 用語를 다음과 같이 定義한다.

- PS(0) : 初期 全體工程良好率
- QS(0) : 初期 全體工程不良率
- $P^*_{i_1}(0)$  : 工程i의 初期良好率
- $Q^*_{i_1}(0)$  : 工程i의 初期不良率
- $C_T$  : 全體投入可能費用
- M : 全體工程數
- $m_i$  : 工程i의 改善代案數
- $d_{ij}$  : 工程i의 j번째 代案
- $c_{ij}$  : 工程i의 j번째 改善代案費用
- $r_{ij}$  : 工程i를 j代案으로 改善時 不良減少率
- $P^*_{i_1}(n)$  : 工程i의 n차 反復改善後 良好率
- $Q^*_{i_1}(n)$  : 工程i의 n차 反復改善後 不良率
- PS(n) : 反復n에서의 全體工程良好率
- $P_{ij}(n)$  : 反復n에서 i工程에 j代案을 選擇할 경우 良好率
- $F_{ij}(n)$  : 工程i를  $d_{ij}$ 代案으로 改善時 工程改善有效值
- $F_{c_{ij}}(n)$  :  $d_{i_1}^{(n)}, d_{i_2}^{(n)}, \dots$  등의 先行代案을 갖는 集團代案으로 改善時 工程改善有效值(但,  $d_{i_1}^{(n)}, d_{i_2}^{(n)}, \dots$ 은  $d_{ij}$ 代案의 先行代案임).

#### 3.2 數學的 展開

工程改善은 全體工程良好率 PS로서 各 部分工程良好率  $P_i$ 의 곱으로 表示되며, 全體工程不良率 QS는 式(3.2)와 같다.

$$PS(n) = \prod_{i=1}^M P_i(n) \dots \dots \dots (3.1)$$

$$QS(n) = 1 - PS(n) = 1 - \prod_{i=1}^M P_i(n) \dots \dots \dots (3.2)$$

改善代案  $d_{ij}$ 를 採擇하였을 때 改善된 部分工程不良率  $Q_i(n+1)$ 과 部分工程良好率  $P_i(n+1)$ 과 改善前  $Q_i(n), P_i(n)$ 의 關係는 다음과 같다.

$$Q_i(n+1) = Q_i(n)(1-r_{ij})^{X_{ij}} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$P_i(n+1) = 1 - Q_i(n)(1-r_{ij})^{X_{ij}} \dots \dots \dots (3.4)$$

一般的으로 表示하면  $X_{ij}$ 를 改善할 경우 그 改善하지 않을 경우를 나타내는 變數로 整理하면

$$P_i(n+1) = 1 - Q_i(n)(1-r_{ij})^{X_{ij}}$$

- 단,  $X_{ij} = 1 \dots \dots$  選擇
- $0 \dots \dots$  非選擇

의 關係가 있다.

本 研究는 費用制約條件下에서 全體工程不良率 QS를 最少化하려는 工程改善代案의 決定問題이다.

따라서 여기서 求하고자 하는 모델의 目的式은 全體工程의 良好率을 最大化하는 것이다.

$$\text{Maximize } PS(X) = \prod_{i=1}^M \{1 - (1 - P_i) \prod_{j=1}^{m_i} (1 - r_{ij})^{X_{ij}}\} \dots \dots \dots (3.5)$$

- $\begin{cases} i=1, 2, \dots, M \\ j=1, 2, \dots, m_i \end{cases}$

$$\text{S. t. } \left( \begin{array}{l} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{m_i} C_{ij} X_{ij} \leq C_T \dots \dots \dots (3.6) \\ \text{여기서 } X_{ij} = 1 \text{ or } 0, \\ X_{i_1} \geq X_{i_2}, \forall i_1, i_2 \\ \text{단, } d_{i_1} \text{은 } d_{i_2} \text{의 先行代案임.} \end{array} \right)$$

의 關係가 있다.

그런데 式(3.5) 및 (3.6)은 非線型整數計劃法(non-linear integer programming model)이다.

이 非線型整數計劃問題는 M의 값이 작을 경우에는 代入法으로 解決할 수 있으나 M이 커질 경우에는 不可能하다.

따라서 이러한 問題를 解決하기 위하여 動的計劃法(dynamic programming model)을 利用하여 다음과 같이 近似解法을 提示한다.

이 近似解法의 理論的 背景을 提示하면 다음과 같다.

本 모델에서 開發한 段階別로 最適化해 나가는 方向은 投入된 費用에 대하여 改善效果가 큰 改善代案을 選擇해 나가면서 全體工程良好率 PS를 極大化시키는 알고리즘이다.

各 工程에서 改善할 수 있는 代案數는  $m_i$ 個로서 2 가지 以上の 改善代案도 採擇可能하다.

이때 이들 改善代案 사이에는 投入費用에 대한 不良減少의 大·小로서 比較順位가 發生하고, 이것을 有效率이라고 定義하기로 한다.

따라서 費用에 대한 有效率인 不良率減少効率을 나타내는 係數값이 큰 改善代案부터 限定된 資源投入制約下에서 改善案의 採擇을 考慮한다.

全體工程에 대한 部分工程의 改善順位는 各 部分工程에 設定, 考慮되는 改善代案에 投入되는 費用에 대한 全體不良率 減少效果로서 測定되어야 하기 때문이다.

本 研究에서 開發한 近似解法을 展開하기 위하여 動的 計劃法의 巡環方程式으로 나타내면

$$\sum_{k=0}^j C_k \leq S. \quad (\text{즉, } S \text{는 反復 } k \text{에서 現시스뎀의 狀態로서 各 反復別로 남아 있는 制限費用임})$$

가 되고, 이러한 條件下에서 다음과 같다.

$$F_{ij}(n) = \frac{P^*_{i,n-1} + (Q^*_{i,n-1} \cdot r_{ij}) \dots}{C_{ij} \cdot P^*_{i,n-1}} \quad (3.7)$$

또 集團代案인 경우에는 式 (3.8)과 같다.

$$F_{G_{ij}}(n) = \prod_{k_1 \in G_{ij}} P_{i_1}(n) \sum_{k_2 \in G_{ij}} C_{i_2} \cdot P^*_{i_2}(n-1) \quad (3.8)$$

集團代案으로 함께 選擇되는 代案은 다음과 같은 경우가 있다.

- 첫째 : 集團代案이 同時에 함께 選擇되는 경우
  - 둘째 : 先行代案中 1個가 單獨으로 먼저 選擇된 다음에 다음 段階의 代案選擇을 하는 反復過程에서 集團代案이 選擇되는 경우(이 경우 單獨으로 먼저 選擇된 代案에 대하여는 追加로 投入되는 것은 없다).
  - 셋째 : 3個以上の 集團代案이 代案選擇過程에서 單獨으로 1個씩 先行代案부터 차례로 選擇되는 경우(이 경우는 單獨選擇과 같다)
- 따라서 單獨 또는 集團으로 選擇하여 나가는 過程에

서 그때까지 남아있는 資源範圍內的 代案인가를 確認하여 選擇하게 되며, 代案을 選擇하는 하나의 反復이 끝난 다음에는 殘餘資源限度를 超過하는 代案은 排除한다.

### 3·3 알고리즘

여기서 提示하는 알고리즘의 用語를 定義하면 다음과 같다.

S : n차에서 나머지 可用資源임. 初期値는  $S = C_T$  임.

I : 選擇된 改善代案의 集合

E : 排除된 改善代案의 集合

U : 未決定 改善代案의 集合

$\Omega$  : 初期選擇 가능한 모든 獨立(單獨)代案의 集合

多段階製造工程을 對象으로 既存工程의 不良率을 減少시키기 위하여 工程別로 限定된 改善代案을 考慮하기로 하며, 어떤 改善代案은 先行代案이 있고, 投入할 수 있는 資源(豫算)에도 制限이 따른다. 또 各 改善代案은 原工程에 대한 改善効率과 改善에 所要되는 費用은 各各 다른 것을 前提로 한다.

前 第2節에서 여러 項目 即,  $C_{ij}$ ,  $r_{ij}$  및  $F_{ij}$ 로 計算되는 工程改善代案등의 改善確定段階는 다음 節次에 따라 決定된다.

[段階1] 初期値를 준다. ( $S \leftarrow C_T$ ,  $n \leftarrow 0$ ,  $PS^*(0)$ 을 計算)

$I = \phi$ ,  $E = \phi$ ,  $U = \Omega + \{\text{集團代案}\}$

여기서  $\Omega : \{(1, 1) (1, 2) (2, 1) (2, 2) (2, 3) (2, 4) (3, 1) (4, 1) (4, 2) (4, 3) (5, 1) (5, 2)\}$

集團代案 :  $\{ \{(1, 1) (2, 2) (4, 2)\}, \{(4, 3) (5, 1)\} \}$

[段階2]  $n \leftarrow n+1$

[段階3] 모든 U에 屬하는 改善代案들의 改善有效值 ( $F_{ij}$ )을 計算하여 내림차順으로 整理한다.

[段階4] [段階3]의 改善代案中 改善有效值가 가장 큰 代案을  $i^*j^*$ 라 할 때  $C_{i^*j^*} \leq S$ 인가를 체크하여

i) Yes이면 選擇한다.  $I \leftarrow I + \{i^*j^*\}$ ,  $U \leftarrow U - \{i^*j^*\}$  이때  $i^*j^*$ 가 獨立的인가 集團的인가를 判斷하고,  $i^*j^*$ 가 從屬的이면  $i^*j^*$ 의 集團代案中  $i^*j^*$ 를 除去하고, 費用을 計算한다.

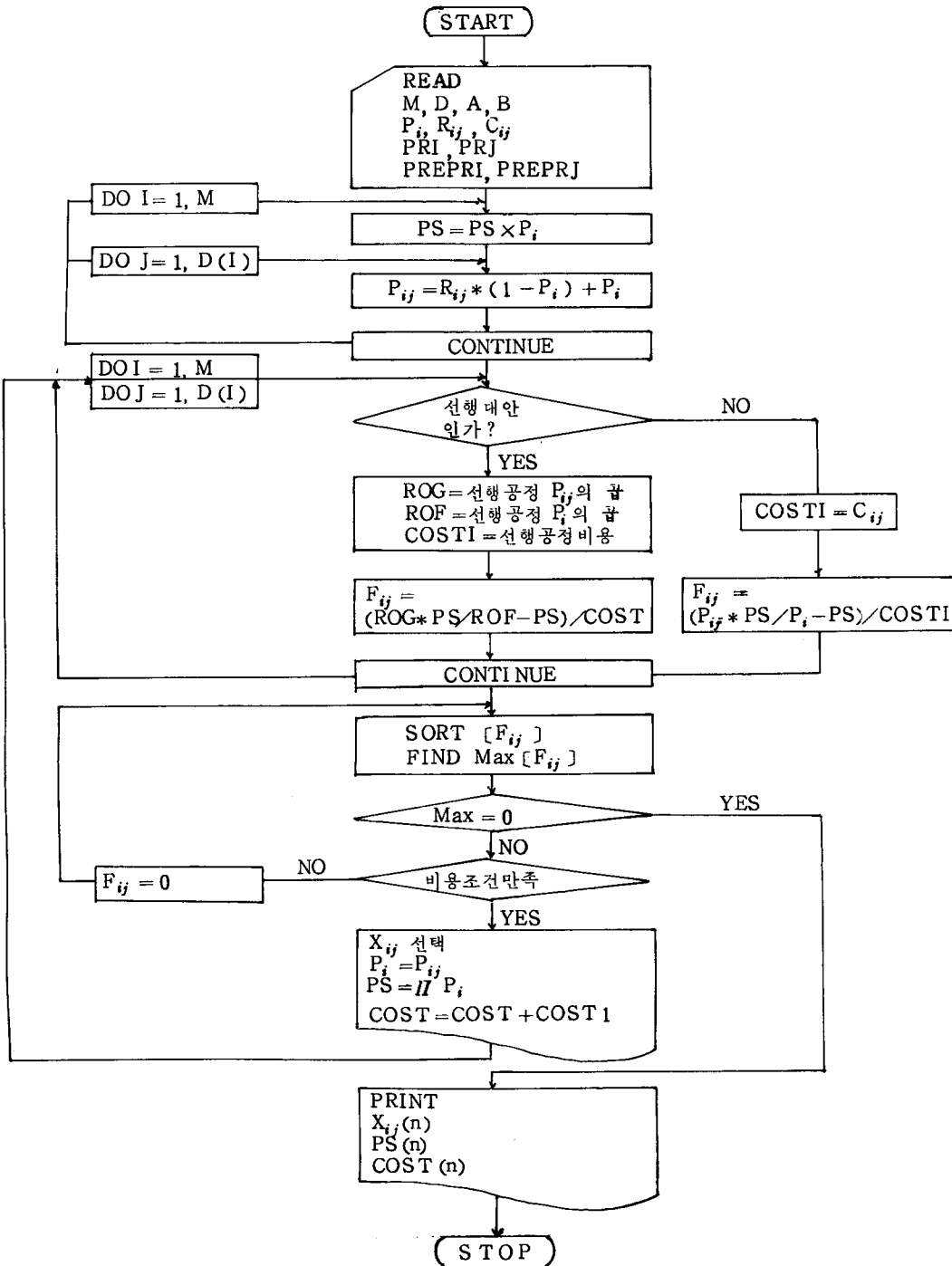


圖-3. Computing Flow Chart

ii) No이면  $E \leftarrow E + |i * j *|$ ,  $U \leftarrow U - |i * j *|$  를 하고, U가  $\phi$ 이면 停止하며, 아니면 [段階4]로 간다.

以上과 같이 計算할 때 工程改善의 中止는 모든 代案이 改善 또는 考慮對象에서 除外키로 確定되었을 때 發生하며, 이때가 全體工程 不良率을 最少化시키는 改善政策이 된다.

4. 計算例

4.1 事例

本研究에서 構成한 모델(model)의 具體的 構造와 그 計算過程을 例를 들어 살펴보기로 한다.

이 例는 簡單하면서도 시스템에서 考慮하여야 할 特性을 包含하는 集團인 것이다.

따라서 시스템의 규모가 큰 問題에 대하여도 同一한 方法으로 簡單히 擴張할 수 있다.

本例題는 다음의 圖-4 및 表-1과 같이 構成되어 있다.

이와같은 例題에 대하여 DP를 應用한 近似解法으로 計算되는 過程의 컴퓨터프로그래밍 및 그 結果를 附錄으로 添附하였다.

4.2 數理的 모델

本研究는 多段階製造工程의 品質改善을 위한 從屬代案選擇의 數理的 모델은 다음과 같다.

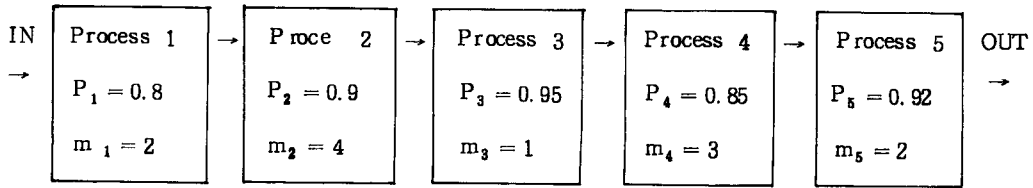


圖-4. Configuration of Production Line

表-1. Proposal Alternatives & Antecedent Alternatives of Process

Item \ Process	1		2		3	4		5		Remark			
	1	2	1	2	1	1	2	1	2				
$r_{ij}$	.25	.32	.17	.23	.20	.12	.28	.42	.32	.12	.12	.27	Arrow line indicate Antecedent alternatives
$C_{ij}$	12	50	22	32	16	9	37	50	10	39	19	31	
$P_i$	0.8		0.9		0.95	0.85		0.92					

$$\text{Maximize } PS(X) = |1 - 0.2 |0.75^{X_{11}} \cdot 0.68^{X_{12}}| \times |1 - 0.1 |0.83^{X_{21}} \cdot 0.77^{X_{22}} \cdot 0.8^{X_{23}} \cdot 0.88^{X_{24}}| \times |1 - 0.05 |0.72^{X_{31}}| \times |1 - 0.15 |0.58^{X_{41}} \cdot 0.68^{X_{42}} \cdot 0.88^{X_{43}}| \times |1 - 0.08 |0.88^{X_{51}} \cdot 0.73^{X_{52}}| \dots \dots (4.1)$$

$i=1, 2, \dots, M$   
 $j=1, 2, \dots, m_i$

Subject to:

$$C_T \geq \{ (12 \cdot X_{11}) + (50 \cdot X_{12}) + (22 \cdot X_{21}) + (32 \cdot X_{22}) + (16 \cdot X_{23}) + (9 \cdot X_{24}) + (37 \cdot X_{31}) + (50 \cdot X_{41}) + (10 \cdot X_{42}) + (39 \cdot X_{43}) + (19 \cdot X_{51}) + (31 \cdot X_{52}) \}$$

여기서  $X_{ij} = 1$  또는 0  
 $X_{11} \geq X_{42}, X_{22} \geq X_{42}$  (4.2)  
 $X_{43} \geq X_{51}$

이때 改善有效值의 計算은 前 第3章의 式 (3.7) 및 (3.8)에 따른다.

4.3 解法過程

本研究에서 開發한 近似解法의 演算過程은 다음과 같다.

<反復1>

[段階1]  $S=100, n=0, PS(0)=0.535$  計算,  $I=\phi, E=\phi,$

$U = \{11, 12, 21, 22, 23, 24, 31, 41, 42, 43, 51, 52, 11, 22, 42, 43, 51\}$

[段階2]  $n=1$

[段階3] 모든 U에 대하여 改善有效值( $F_{ij}$ )를 計算하여 내림차 順으로 整理하면 Table 4.2와 같다.

[段階4] [段階3]에서 제일 큰 有效值를 갖는 代案은  $d_{11}$ 이고,  $C_{11}=12$ 이다. 이것은  $S=100$ 보다 작으므로 選擇한다. 그러므로 I에 111을 넣는다.

$I = 111, E = \phi, S = 88,$

표-2. Computing Results of  $F_{ij}$  and  $P_i(1)$

$F_{ij}$	$d_{ij}$	$C_i$	S	Remark
0.2785	(1.1)	12	100	(4.2)*
0.1497	(4.2)	10		
0.0855	(1.2)	50		
0.0793	(4.1)	50		
0.0792	(2.4)	9		
0.0743	(2.3)	16		
0.0459	(2.1)	22		
0.0427	(2.2)	32		(4.2)*
0.0345	(5.2)	31		
0.0294	(5.1)	19		
0.0290	(4.3)	39		(5.1)*
0.0213	(3.1)	37		

\*Relationship of Mutually Dependent Alternative

표-3. Computing Results

Stage of Improvement	Original	Step1	Step2	Step3	Step4	Step5	Remark
Whole process goodness rate(PS) Selected alternative	0.535	0.568	0.616	0.622	0.631	0.638	0.2215 (22.15%) Percent defective reduction rate of whole process
Selected alternative		d1.1	d4.2 d2.2	d2.4	d2.3	d5.1	

$U = \{12, 21, 22, 23, 24, 31, 41, 42, 43, 51, 52, 22, 42, 43, 51\}$

그리고  $PS(0)=0.535 \rightarrow PS^*(1)=0.568$ 로 改善되었다.

以上の 計算結果를 整理하면 표-3과 같다.

따라서 100이라는 費用制約下에서 現 工程의 最適 工程改善政策은  $d_{11}, d_{22}, d_{23}, d_{24}, d_{12}, d_{51}$ 의 改善代案을 採擇하는 것이며,

이때, 全體 工程 不良率減少:  $\Delta QS = 46.5 - 36.2 = 10.3$  (31%)

原 工程 不良率 QS에 대한 減少效果:  $\frac{\Delta QS}{QS} = \frac{10.3}{46.5} \times 100 = 22.15\%$ 가 된다.

### 5. 結 論

本 研究에서, 多段階製造 工程의 品質改善을 위하여

從屬的인 代案을 逐次로 選擇함으로써 生産라인의 不良率을 最少化하는 方案에 대하여 研究하였다.

現在까지 類似한 研究結果는 主로 改善代案의 効率이나 投入費用이 同一하다는 前提하에 이루어졌거나 또 改善代案中 一部代案에 加重值를 주어 다루어 왔으므로 改善費用이나 改善效果는 原 工程에 대하여 比例的인 改善이 이루어졌다고 할 수 있다.

그러나 本 研究에서는 改善代案에 投入되는 費用이나 改善代案을 採擇함으로써 얻어지는 效果는 各各 相異한 것을 對象으로 하여 投入되는 費用에 대한 改善效果를 나타내는 有效率을 定義하고, 이 有效率이 큰 것부터 차례로 改善代案을 採擇하여 資源範圍內에서 逐次로 改善代案을 選擇하는 方案을 研究하였다.

多段階製造 工程을 對象으로 하여 品質改善을 이루어 나가기 위한 前提로서 數理的으로 非線形整數計劃을



前提로 構想하여 展開하였으나 類似한 研究가 이루어지고 있지 않으며, 또 整數計劃에 의한 解法을 構策하는데서 어려움이 있었다.

그러나 本 研究에서 考案한 方法은 近似解法에 該當하므로 最適解法에 比하여 正確度가 낮은 것은 어쩔 수 없으나 컴퓨터프로그램에 의한 計算過程은 經濟的인 點도 있다.

끝으로 本 研究에서 解決하지 못한 最適化技法에 대한 研究와 이러한 方法論이 企業體에서 實際로 利用될 수 있도록 發展시키는 研究는 계속적으로 이루어져야 할 課題로 남게된다.

### 參 考 文 獻

1. Barlow, R. E., Proschan, F., *Mathematical Theory of Reliability*, John Wiley and Sons, Inc., 1965.
2. Bellman, R., *Modern Analytic and Computational Methods in Science and Mathematics*, N. Y.:Elsevier Publishing co., 1968.
3. Duncan, A. J., *Quality Control and Industrial Statistics*, Richard D. Irwin, Inc., 1974.
4. Carfinkel, R. S., Nemhauser, G. L., *Integer Programming*, N. Y.:Wiley, 1972.
5. Hadley, G., *Nonlinear and Dynamic Programming*, Reading, Mass., Addison-Wesley, 1964.
6. Juran, J. M., *The Quality Control Hierarchy in Practice Quality Process*, August, pp. 8-17, 1969.
7. \_\_\_\_\_, *Quality Control Handbook*, 3rd Ed., McGraw-Hill, 1979.
8. \_\_\_\_\_, Gryna, Jr. F. M., *Quality Planning and Analysis*, McGraw-Hill, 1980.
9. Lester, R. H., Enlick, N. L., Mottlay Jr., H. E., *Quality Control for Profit*, Industrial Press, Inc., 1977.
10. Salvendy, G., *Handbook of Industrial Engineering*, Wiley-Interscience, 1982.
11. U. S., Government printing Office, *Quality and Reliability Assurance Handbook H50*, Evaluation of a contractor's Quality Program.
12. Military Standard 105, *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*, Washington, D. C., United States Government Printing Office, 1959.
13. 李順龍, 현대품질관리론, 법문사, 1986.
14. 黃義徹, 최신품질관리, 박영사, 1984.
15. KSA3001(품질관리용어).