複合製品의 生産計劃을 위한 模型樹立에 관한 考察

(A Study on the Models for Production Planning of Multiproduct)

田 萬 述 *

Abstract

The purpose of this study is to consider models for the production planning of multiproduct. Because these multiproducts use common facilities, labor, and materials, they are able to be considered jointly instead of planned independently.

Initially linear programming models will be considered, followed by some examples of modeling and analysis when the cost structure is nonlinear.

Basic model components are the following ;

(1) inventory balance equations for each product to link successive time periods, and

(2) capacity constraints for each period to represent resource limitations.

1. 序 論

複合製品에 대한 生産計劃을 樹立할 때 複合生産期間을 考慮하며 또한 労動力・設備・資材 등 生産資源을 共通的으로 利用할 경우에는 生産計劃을 製品別로 個別的으로보다는 總括的으로 樹立하는 것이 複合製品의 總生産費를 크게 減少시킬 수 있다.

이러한 生産시스템의 狀況에서 工程選擇・製品組合・生産平滑・作業人員水準・機械負荷 등 여러가지 條件을 變化시킴으로서 주어진 製品需要量을 最少費用으로 生産할 수 있는 動的 模型을 考慮할 수 있다.[1]

이러한 生産計劃 樹立에서 活用되는 動的 模型은 生産資源의 條件을 多樣하게 變化시킴으로서 매우 廣範圍한 線型計劃模型과 非線型計劃模型을 다루어 볼 수 있다.[2]

* 明知實業專門大學

1) L.A. Johson and D.C. Montgomery, *Operations Research in Production Planning Scheduling, and Inventory Control*, John Willey & Sons, 1974, pp.187 ~ 188.

2) R.V. Hartley, *Operations Research: A Managerial Emphasis*, Goodyear, 1976, pp.500 ~ 503.

本稿에서는 工程選擇・製品組合・生産平滑・作業人員水準에 대한 線型計劃模型(模型 I, II, III, IV, V)과 機械負荷, 超過作業時間에 대한 非線型計劃模型(模型VI, VII)에 대하여서 考察하여 본다.

2. 基本模型樹立

2・1 模型 I : 複合製品・複合生産期間・限定資源量

總生産期間 T중에 n個製品을 生産하며 各製品의 需要量이 이미 주어져 있다고 假定한다. 또한 個別生産期間 t중에 製品 i의 需要量 D_{it}도 既知이지만 一定하지는 않다.

이러한 假定下에서 t期間에 製品 i의 生産量 $\{X_{it}\}$를 決定하는 模型을 樹立하여 본다.[3] 이 模型에서는 每期末 各製品 i의 純在庫水準 I_{it}도 決定하게 된다.

生産에 必要한 有効資源을 K라고 할 때 生産期間 t, t = 1, 2, ……, T 동안에 이용가능한 資源量은 k, k = 1, 2, ……, K에 대해 b_{kt}가 된다.

이러한 條件에서 t期間에 使用되지 않은 殘存資源은 後續生産期間 t + 1동안에 더 이상 사용하지 않은 것을 假定한다.

3) L.S. Lasdon, *Optimization Theory for Large Systems*, Macmillan, 1972, pp.109 ~ 110.

이와같은 資源의 類型으로서는 人力工數 · 機械工數 · 倉庫受用能力 · 運營資本 등과같은 것이다.

그렇지만 만약 資源이 供給이 制限되어 있는 原資材 또는 固定設備에 可用할 수 있는 限定된 資本이라면 이 資源들은 後續生產期間에 계속하여 利用할 수 있다고 하자.

生產費用 · 在庫維持費用 · 待期注文費用[4]을 包括한 總生產費用 Z는 다음과같다.

$$Z = \sum_{t=1}^{n}\sum_{t=1}^{n}\left[C_{it}X_{it} + h_{it}I_{it}^{+} + \pi_{it}I_{it}^{-}\right] \quad \cdots\cdots (1-1)$$

여기서

C_{it} : i 製品의 t 期間 生產費用

h_{it} : i 製品의 t에서 t+1까지 在庫維持費用

I_{it}^{+} : i 製品의 t期末 利用在庫水準

I_{it}^{-} : i 製品의 t期末 未到着注文量

이 目的函數는 다음과같은 條件式下에서 生產計劃量 $\{X_{it}\}$를 最少化해야 한다.

$$\sum_{t=1}^{n} a_{ik}X_{it} \leq b_{kt} \quad \cdots\cdots (1-2)$$

$$I_{it} = I_{i,t-1} + X_{it} - D_{it} \quad \cdots\cdots (1-3)$$

$$I_{it} = I_{it}^{+} - I_{it}^{-} \quad \cdots\cdots (1-4)$$

$$X_{ij} \geq 0,\ I_{it}^{+} \geq 0,\ I_{it}^{-} \geq 0 \quad \cdots\cdots (1-5)$$

여기서

i : 1, 2, …… n

k : 1, 2, …… K

t : 1, 2, …… T

a_{ik} : i 製品 1單位當 K資源所要量

I_{it} : t 期末 純在庫水準

D_{it} : i 製品의 t 期需要量

X_{ij} : i 製品의 J工程生產量

이러한 制約條件들은 一般的으로 다음과같이 2가지 限界條件[5]을 나타낼 수 있다.

$$L'_{it} \leq I_{it} \leq L_{it}$$

$$P'_{it} \leq X_{it} \leq P_{it}$$

여기서

L_{it} : t 期間 定常作業時間의 單位人力工數費

L'_{it} : t 期間 超過作業時間의 單位人力工數費

P_{it} : t 期間 定常作業時間의 最大生產比率

P'_{it} : t 期間 超過作業時間의 最大生產 比率

여기서 P'_{it}와 P_{it}는 非陰條件이며 통상 $L_{it} \geq 0$, $L'_{it} \leq 0$이다.

3. 應用模型樹立

3·1 模型 II : 工程選択決定

各製品은 各生產期間에 여러개의 代案工程을 통하여 生產될 수 있다고 假定하자. t期間 J工程(j = 1, 2, …… j_i)에 의하여 生產되는 i製品의 生產單位數를 X_{ijt}라고 할 때 模型 I을 새로운 模型 II로 확장할 수 있다.[6]

여기서 a_{ijk}는 j 工程에서 i 製品의 한 單位를 生產하는 데 所要되는 資源 k의 單位數가 된다.

만일 j工程에서 k資源이 이용되지 않을 때 $a_{ijk} = 0$로 한다.

$$Z = \sum_{t=1}^{T}\sum_{t=1}^{n}\left[\sum_{j=1}^{j_i} C_{ijk}X_{ijt} + h_{it}I_{it}^{+} + \pi_{it}I_{it}^{-}\right] \quad \cdots\cdots (2-1)$$

또한 모든 i, j, k 및 t에 대해서 다음과같은 條件이 만족되어야 한다.

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{j_i} a_{ijk}X_{ijk} \leq b_{kt} \quad \cdots\cdots (2-2)$$

$$I_{it} : I_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{j_i} X_{ijk} - D_{it} \quad \cdots\cdots (2-3)$$

$$I_{it} = I_{it}^{+} - I_{it}^{-} \quad \cdots\cdots (2-4)$$

$$L_{it} \leq I_{it} \leq L_{it} \quad \cdots\cdots (2-5)$$

$$P'_{ijt} \leq X_{ijt} \leq P_{ijt} \quad \cdots\cdots (2-6)$$

$$I_{it}^{+} \geq 0,\ I_{it}^{-} > 0 \quad \cdots\cdots (2-7)$$

模型 I과 模型 II을 考察하여 보면 t期間동안 資源 k의 最少使用量 b'_{kt}를 사용해서 解를 구할 수 있다.

例를 들면 이러한 것은 어떤 生產部署가 最少한 80% 能力으로 생산계획을 樹立하였거나 一定作業量을 맡겼을 경우이다.

따라서 (2-7)式은 다음과같이 變形시킬 수 있다.[7]

$$b_{kt} \leq \sum_{t=1}^{n}\sum_{j=1}^{j_i} a_{ijk}X_{ijt} \leq b_{kt} \quad \cdots\cdots (2-8)$$

4) 生產期間(0, T) 동안 單位當 待期注文量을 B, 待期注文費를 π라고 한다면 平均待期注文費은 $\overline{B} = \frac{1}{T}\int_0^T B(t)$이 t이며 待期注文費用은 $\pi\overline{B}$이다.

5) H. A. Taha, *Operations Research*, MacMiccan, 1982, pp.250 ~256.

6) E. S. Buffa, *Modern Production/Operations Management*, John wiley & Sons, 1980, pp.199 ~214.

7) 이러한 類型의 制約條件은 範圍制約條件이라고 하며 緩和變數에 대해 限界制約條件의 効果를 나타낸다.

3・2 模型Ⅲ：製品組合決定

各 生産計劃 期間에 一定數量이 n個製品을 販賣할 때 資源을 가장 効率的으로 이용코자 하는 問題를 생각해 볼 수 있다.

이 模型에서는 單一生産期間보다는 複數生産期間의 경우에 대하여 考察하기 때문에 가장 중요한 點은 個別製品의 生産活動이 同製品의 販賣와는 相異한 期間에 이루어진다는 것이다.

資源消費量과 販賣數量에 대한 條件式을 만들기 위해서는 生産期間과 販賣期間을 設定할 必要가 있으며 여기에는 2가지 接近方法이 있다.

첫번째는 t期間에 j工程에서 생산되며 v期間에 販賣되는 i製品의 數量 X_{ijtv}를 決定變數로 定하는 것이다.[8)]

두번째方法은 一定期間에 生産된 製品數量과 販賣된 數量에 대해 個別的인 變數를 定하는 것으로 이를 例示하면 다음과같다.

X_{ijt} : t期間에 j工程에서 生産된 i製品의數量
S_{it} : t期間에 販賣를 計劃한 i製品의 數量
r_{it} : t期間에 i製品의 한 單位販賣 收入額과 純變動費
C_{ijt} : t期間에 i製品의 最大豫想販賣量
F'_{it} : t期間에 i製品의 最少販賣計劃量

F'_{it}와 F_{it}는 計劃販賣量이 達成되지 않으면 안되는 範圍를 나타낸다.

F_{it}는 豫測에 의한 上限線이며 F'_{it}는 t期間에 納品해야 할 注文量에 따른 下限線이다.

(3−1)式은 製品組合의 動的問題를 다루는 一般的인 模型이라 할 수 있다.[9)]

$$Z=\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{n}\Big[r_{it}S_{it}-\sum_{j=1}^{ji}C_{iijt}X_{ijt}-h_{it}I_{it}^{+}-t_{it}I_{it}^{-}\Big] \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3-1)$$

여기서 다음과같은 條件이 만족되어야 한다.

$$b'_{kt}\leqq\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{ji}a_{ijk}X_{ijt}\leqq b_{kt}\ \cdots\cdots\cdots (3-2)$$

$$I_{it}=I_{i,t-1}+\sum_{j=1}^{ji}X_{ijt}-S_{it}\cdots\cdots\cdots (3-3)$$

$$I_{it}=I_{it}^{+}-I_{it}^{-}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3-4)$$

8) $E_{t+\tau}=-\sum_{n=0}^{t-1}(1-\alpha)^{n}e_{t-n}$
여기서 $E_{t+\tau}$: *t時間에 豫測한* $t+\tau$*時間의 超過在庫水準*
e_t : t期間의 豫測誤差.

9) J.L. Riggs, *Production Systems: Planning, Analysis and Control*, John Wiley & Sons, 1976, pp.171～175.

$$I'_{it}\leqq I_{it}\leqq I_{it}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3-5)$$

$$F'_{it}\leqq S_{it}\leqq F_{it}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3-6)$$

$$X_{ijt}\geqq 0,\quad I_{it}^{+}\geqq 0,\quad I_{it}^{-}\geqq 0\ \cdots\cdots\cdots (3-7)$$

製品組合決定模型에서는 통상적으로 待期注文은 考慮하지 않지만, 模型樹立의 完全性을 기하기 위하여 上記 諸式에서 이를 包含시켰다.

販賣는 一定期間에 一定價格으로 이루어지고 待期注文은 納期遲近에 對處하게 된다. $L'_{it}\geqq 0$ 및 $L_{it}^{-}=0$로 높이므로서 이 模型은 待期注文없는 경우의 模型으로 變形될 수 있다.

3・3 模型Ⅳ：生産平滑問題

어떤 期間에서 다음 期間에 걸쳐 製品의 生産比率이 變化할 때 罰則金이 있을 경우를 假定한다.[10)]

t−1期間의 X_{ijt-1}로부터 t期間의 X_{ijt}에 이르기까지 j工程에서 i製品의 生産比率을 變化시키는 費用이 이 變化의 절대값과 正比例한다고 보자.

즉 t期間의 費用은 $\lambda_{ijk}|X_{ijt}-X_{ijt-1}|$로주어지며 λ_{ijt}는 非陰定數이다.

$\varDelta_{ijt}^{+}\equiv(X_{ijt}-X_{ijt-1})^{+}$와 $\varDelta_{ijt}^{+}+\varDelta_{ijt}^{-}=|X_{ijt}-X_{ijt}-X_{ij,t-1}|$로 놓으면 $\varDelta_{ijt}^{+}+\varDelta_{ijt}^{-}=|X_{ijt}-X_{ij,t-1}|$이 된다.

$$Z=\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{n}\Big[\sum_{j=1}^{ji}C_{ijt}X_{ijt}+h_{it}I_{it}^{+}+\pi_{it}I_{it}^{-}+\sum_{j=1}^{ji}\lambda_{ijt}^{+}(\varDelta_{ijt}^{+}+\varDelta_{ijt}^{-})\Big]$$

여기서 모든 i, j, k 및 t에 대하여 다음과 같은 條件式이 만족되어야 한다.

$$b'_{kt}\leqq\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{ji}a_{ijk}X_{ijt}\leqq b_{kt}\ \cdots\cdots (4-1)$$

$$I_{it}=I_{i,t}+\sum_{j=1}^{ji}X_{ijt}-D_{it}\ \cdots\cdots\cdots (4-2)$$

$$I_{it}=I_{it-1}+\sum_{j=1}^{ji}X_{ijt}-D_{it}\cdots\cdots\cdots (4-3)$$

$$L'_{it}\leqq I_{it}\leqq L_{it}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4-4)$$

$$P'_{ijt}\leqq X_{ijt}\leqq P_{ijt}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4-5)$$

$$X_{ijt}=X_{ijt-1}+A_{ijt}^{+}-\varDelta_{ijt}^{-}\ \cdots\cdots\cdots (4-6)$$

$$I_{it}^{+}\geqq 0,\ I_{it}^{-}\geqq 0,\ \varDelta_{ijt}^{+}\geqq 0,\ \varDelta_{ijt}^{-}\geqq 0\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4-7)$$

初期狀態 $\{I_{i0}\}$ 및 $\{X_{ij0}\}$은 일단 充足되어져야만 한다. 工程選擇決定模型[11)]에 生産變動費를 包

10) L.A. Johnson and D.C. Montgomery, *op. cit.*, pp.245～246.

11) Chase and Aquilano, *Production and Operations Management*, Richart, Irwin, 1981, pp.47～62.

合시키기 위해서 $2njT$變數와 njT條件式을 添加시킨 것이며 여기서 $\bar{j}$는 어떤 製品에 대한 平均工程個數를 나타낸다.

$$\bar{J} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} J_i\right)}{n} \quad \cdots\cdots (4-8)$$

3·4 模型 V : 作業人員水準

이 模型은 複合製品, 複合生產期間, 限定資源量을 다룬 模型 I에 作業人員水準을 添加시킨 것이다.[12]

$$Z = \sum_{t=1}^{n} \left[l_t w_t + l'_t o_t + e_t w_t^+ + \sum_{i=1}^{n} (C_{it} X_{it}) + h_{it} I_{it}^+ + \pi_{it} I_{it}^- \right] \quad \cdots\cdots (5-1)$$

(5−1)式은 i, k 및 t에 대하여 다음과같은 條件式이 만족되어야 한다.

$$b'_{kt} \leq \sum_{i=1}^{n} a_{ik} X_{it} \leq b_{kt} \quad \cdots\cdots (5-2)$$

$$I_{it} = I_{it-1} + X_{it} - D_{it} \quad \cdots\cdots (5-3)$$

$$I_{it} = I_{it}^+ - I_{it}^- \quad \cdots\cdots (5-4)$$

$$L'_{it} \leq I_{it} \leq L_{it} \quad \cdots\cdots (5-5)$$

$$P'_{it} \leq X_{it} \leq P_{it} \quad \cdots\cdots (5-6)$$

$$w_t = w_{t-1} + w_t^+ - w_t^- \quad \cdots\cdots (5-7)$$

$$o_t - u_t = \sum_{i=1}^{n} m_i X_{it} - w_t \quad (5-8)$$

$$o_t - u_t \leq \theta w_t \quad (5-9)$$

$$w_t, w_t^+, w_t^-, o_t, u_t, X_{it}, I_{it}^+, I_{it}^- \geq 0 \quad \cdots\cdots (5-10)$$

여기서

- w_t : 定常作業時間의 人力工數로 測定된 t 期間에 作業人員水準
- w_t^+ : t−1 期間에서 t 期間까지 作業人員水準의 增加
- w_t^- : t−1 期間에서 t 期間까지 作業人員水準의 減少
- o_t : 人力工數로 測定된 t 期間에 計劃超過作業時間
- u_t : 人力工數로 測定된 t 期間에 計劃未達作業時間
- x_{it} : t 期間에 i 製品의 生產量
- m_i : i 製品 1個當 生產에 所要되는 人力工數
- c_{it} : t 期間에 生產된 i 製品의 労務費를 除外한 單位變動費
- l_t : t 期間에 定常作業時間의 作業者에 대한 單位人力工數費用
- l'_t : t 期間에 超過作業時間의 作業者에 대한 單位人力工數費用
- e_t : t 期間에 單位人力工數에 의한 作業人員水準을 增加시키는 費用
- e'_t : t 期間에 單位人力工數에 의한 作業人員水準을 減少시키는 費用
- θ : 定常作業人員水準에 대한 人力工數로 算定된 超過作業能力의 比率

3·5 模型 VI : 機械負荷

T期間에 計劃되고 있는 n個의 異種製品을 生產한다고 假定한다. 製品의 需要量 및 生產期間은 이미 주어져 있으며 關聯費用은 在庫維持費 또는 在庫不足費와같은 在庫費用과 製造費用이다.[13]

單位當 變動製造費用은 生產計劃에 대해 獨立的으로 볼 수도 있으므로 機械準備費用만을 이 模型에서 包含시킨다.

製品은 同一한 機械에서 生產되나 各製品은 各己의 독특한 機械附着品을 必要로 한다.

즉 機械가 프레스 또는 몰딩機械라면 새로운 製品의 品目을 생산하기 위해 다이 혹은 몰드가 準備되어야 한다. 어떠한 機械에서도 여하한 製品의 品目이 생산될 수 있으며 準備費用은 製造하려는 製品에 대해서 從屬的이다.[14]

$$Z = \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T} [A(m_{it} - m_{i,t-1})^+ + H_{it}(I_{it})] \quad \cdots\cdots (6-1)$$

(6−1)式을 다음과같은 條件下에서 最少化되도록 하기 위해 $M_1, M_2, \cdots\cdots, M_n$을 選定하게 된다.

$$I_{it} = I_{i,t-1} + \rho_i m_i - D_{it} \quad \cdots\cdots (6-2)$$

$$L'_{it} \leq I_{it} \leq L_{it} \quad \cdots\cdots (6-3)$$

$$m_{it} \leq N_i \quad \cdots\cdots (6-4)$$

$$m_{it} = 0, 1, 2, \cdots\cdots, N_i \quad \cdots\cdots (6-5)$$

$$\sum_{i=1}^{n} m_{it} \leq b_t \quad (6-6)$$

여기서

- b_t : t 期間에 利用可能한 機械台數
- D_{it} : t 期間에 i 品目의 需要量
- ρ_i : 時間當 i 品目 1個를 생산하는 機械台數生產比率
- N_i : i 品目에 이용가능한 몰드의 個數
- A : 品目交代費用(準備費用)
- m_{it} : t 期間에 i 製品生產을 위해 配當된 機械台數

12) E.S. Buffa, *op. cit.*, pp. 402 ~ 405.

13) R. V. Hartley, *op. cit.*, pp. 331 ~ 362.

14) L. A. Johnson and D. C. Montgomery, *op. cit.*, pp. 250 ~ 252.

M_i : (m_{i1}, m_{i2}, …… m_{iT}), i製品에 대한 計劃

I_{it} : t期末 i製品의 純在庫水準

$H_{it}(I_{it})$: 期末純在庫水準의 函數로서 t期間에 i製品에 대한 在庫關聯費用

Z : 計劃期間에 準備費用 및 在庫費用의 總合

(6-1)式에서 $(m_{it}-m_{i,t-1})^+$項은 t-1 에서 t期間 製品을 생산한 機械의 台數增加分을 나타낸다.[15]

3·6 模型Ⅶ : 超過作業時間의 最少化決定

한개의 制限資源, 즉 労動力만을 고려할 때 T生産期間에 n個 品目의 生産을 計劃하는 問題가 된다.

各製品 및 各生産期間에 대해 製品必要量 D_{it} 는 이미 주어져 있고 在庫不足은 허락하지 않으며 關聯費用은 製造労務費만을 考慮한다.

在庫維持費用은 無視할 정도로 생각하며 労務費를 除外한 모든 生産費用은 生産計劃에서 獨立的이라고 假定한다.

만약 X_{it}가 t期間에 i製品의 生産量이라면 t期間에 i製品의 所要労動力은 人力工數로 算定된 다음과같은 볼록函數로 假定한다.[16]

$$l_{it}=a_i\,\delta(x_{it})+v_i x_{it} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7-1)$$

$$a_i>0,\quad v_i>0$$

t期間의 定常作業時間 能力은 w_t(人力工數)이며 이 作業人員數는 作業期間에 계속 維持된다. 超過作業時間은 t期間 w_t'(人力工數)까지 許容한다.[18]

生産計劃에 따라 影響을 받는 労務費로서는 超過作業時의 労務費이며 이것은 超過作業時間數에 正比例함을 假定한다.

$$Z=\sum_{t=1}^{T} o_t \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7-2)$$

여기서 모든 i 및 t에 대하여 다음과같은 條件이 만족되어야 한다.

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}\left[a_i\,\delta(x_{it})+v_i x_{it}\right]-o_t\leq w_t \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7-3)$$

$$o_t\leq w_t' \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7-4)$$

$$\sum_{K=1}^{t}(X_{iK}-D_{iK})\geq 0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7-5)$$

$$X_{it}\geq 0,\ o_t\geq 0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7-6)$$

$$\delta(X_{it})=\begin{cases}0, & X_{it}=0\\ 1, & X_{it}>0\end{cases} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7-7)$$

(7-5)式은 t期末에 i製品의 在庫水準 I_{it}가 非陰條件이라는 것을 나타낸다.

4. 結 論

複合製品의 生産計劃은 對象品目과 이에 따른 各種生産資源과 作業條件의 變動이 무수히 많기 때문에 本稿에서 提示한 模型은 一部에 지나지 않는다.

물론 諸條件의 變動이 많더라도 原理的으로는 基本模型을 擴張시키므로서 이들에게 適合한 模型을 樹立할 수는 있을 것이다.

現實的으로는 短期間 生産計劃에서는 人員, 設備等 各種生産資源을 쉽게 變動시킬 수 없기 때문에 模型適用에서는 이와같은 點을 충분히 考慮해야 할 것이다.

특히 非線型計劃 模型에서는 作業人員水準, 오목型 生産費에 따른 利潤最大化 등 보다 복잡한 制約條件들이 導入된 模型들이 提示될 수 있다.

參 考 文 獻

1) 杉山昌平, 動的計劃法, 日科技連, 1976.

2) Buffa & Miller, Production - Inventory Systems : Planning and Control, Irwin, 1979.

3) Gillett, B.E., Operations Research, McGraw-Hill, 1976.

4) Lasdon, L.S., Optimization Theory for Large Systems, MacMillan, 1972.

5) Papadimitriou, C.H., Combinatorial Optimization, Prentice-Hall, 1982.

15) 初期狀態 {mio}는 반드시 주워져야 되며 모든 mit는 整數값이며 境界值를 나타낸다.

16) H.A.Taha, *op.cit.*, pp.774~776.

17) $\delta_{(u)}=\begin{cases}0, & \text{만약 } u=0\\ 1, & \text{만약 } u>0\end{cases}$

18) Chase and Aquilano, *op. cit.*, pp.327~333.