

# 産業構造調整을 위한 GOAL PROGRAMMING 模型

吳 寬 治\*

## 〈目 次〉

- I. 序 論
- II. 線型計劃模型
- III. Goal Programming 模型
- IV. 加權值決定技法
- V. 結 論
- 參 考 文 獻

## I. 序 論

産業構造計劃模型은 韓國開發研究院의 金圭洙 · Richard A. Inman에 의해 최초로 개발되어 제 5차경제사회 5개년계획수립과정에서 활용되었다.<sup>1)</sup> 金 · Inman 모형은 매우 독창적이고 政府消費支出, 海外純要素所得, 純海外貯蓄 및 初期條件이 外生的으로 주어지면 民間消費支出을 極大化하기 위한 産業部門別 成長戰略, 輸出需要擴大政策 및 輸入代替政策을 시뮬레이션할 수 있는 線型計劃模型이다.

그러나 線型計劃模型에 따르는 가장 큰 취약점은 目的函數가 單一이란 점이며 따라서 金 · Inman模型도 民間消費의 極大化라는 單一目的을 위해서 政策代案들을 上下限制約條件으로 부여하거나 外生變數로서 부여하는 反復計算方法을 택하지 않을 수 없었다. 이러한 方法論上的 制約 때문에 당연히 政策目標로서 추구해야 되는 사항들이 目標로서 취급되지 못하고 硬直的으로 制約條件中の 上限 및 下限條件으로 취급되었고, 上下限水準을 변화시킬 때마다 모든 계산을 반복하지 않을 수 없었다. 그외 이 모형에서는 輸入代替에 따르는 研究開發投資政策, 雇傭創出代案, 政府豫算制約 등이 고려되지 하였다.

\* 崇田大學校 經濟學科.

1) 金圭洙 · Richard A. Inman, 「韓國經濟의 靜態的 線型計劃模型」, 韓國開發研究 제 1권 1호 (1979. 3), pp. 80—92.

本論文에서는 多様な 目標을 동시에 추구하는 最適産業構造調整代案을 찾아낼 수 있는 Goal Programming 模型을 설정하고, 이에 필요한 目標變數에 대한 加重値를 보다 조직적으로 결정하는 技法을 제시하고자 한다.

## II. 線型計劃模型

産業構造調整을 위한 Goal Programming 模型을 논하기 전에 線型計劃模型을 논함으로써 後者에서 제한적으로 취급되는 目標變數들이 前者에서 용이하게 처리될 수 있음을 보게 될 것이다.<sup>2)</sup> 모형을 논하기 전에 모형에 사용된 變數들에 대한 정의불 아래에 제시하였다.

### • 記 號

$t$  : 계획기간중의 年度

$T$  : 계획기간 最終年度

$i, j$  : 산업부문 또는 行列의 行 및 列을 표시 ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ )

### • 外生變數

$X_0$  : 계획기간개시 前年度 國內產出 ( $n \times 1$  벡터)

$K_0$  : 계획기간개시 前年度初 固定資本스톡 ( $n \times 1$  벡터)

$S_0$  : 계획기간개시 前年度 民間部門 貯蓄額 (스칼라)

$GNPD_0$  : 계획기간개시 前年度 可處分 GNP (GNP - 조세)

$RD_0$  : 계획기간개시 前年度 研究開發 投資額 (스칼라)

$M_1^s$  : 신규화폐발행액

$M^n SUB_0$  : 계획기간개시 전년도 輸入代替 ( $n \times 1$  벡터)

$IF_0$  : 계획기간개시 전년도 固定資本形成 (스칼라)

$FD_0$  : 계획기간개시 전년도말의 外債殘額 (스칼라)

$DD_0$  : 계획기간개시 전년도말의 國債殘額 (스칼라)

$M_0^*$  : 계획기간개시 전년도 輸入額 (스칼라)

$E^*$  : 계획기간개시 전년도 輸出額 (스칼라)

$N_0$  : 계획기간개시 전년도 고용수준 (스칼라)

$NFI_t$  :  $t$  년도의 해외순수취요소소득 (스칼라)

2) 여기에 제시된 線型計劃模型은 기본골격에 있어서는 金 · Inman模型을 따르고 있으나 전반적으로 擴大되고 補完된 것임.

• 内生變數

- $GNP_t$  :  $t$ 차년도의  $GNP$  (스칼라)  
 $X_t$  :  $t$ 차년도의 국내산출 ( $n \times 1$  벡터)  
 $M_t^c$  :  $t$ 차년도의 경쟁수입 ( $n \times 1$  벡터)  
 $IF_t$  :  $t$ 차년도의 고정자본형성 ( $n \times 1$  벡터)  
 $IV_t$  :  $t$ 차년도의 재고증감 ( $n \times 1$  벡터)  
 $C_t$  :  $t$ 차년도의 민간소비 ( $n \times 1$  벡터)  
 $G_t$  :  $t$ 차년도의 정부소비지출 ( $n \times 1$  벡터)  
 $E_t$  :  $t$ 차년도의 수출 ( $n \times 1$  벡터)  
 $RD_t$  :  $t$ 차년도의 연구개발투자 ( $n \times 1$  벡터)  
 $M^n SUB_t$  :  $t$ 차년도의 수입대체 ( $n \times 1$  벡터)  
 $M_t^n$  :  $t$ 차년도의 非競爭輸入 ( $n \times 1$  벡터)  
 $r_{msub_t}$  :  $t$ 차년도의 輸入代替增加率 (스칼라)  
 $K_t$  :  $t$ 차년도의 고정자본스톡 ( $n \times 1$  벡터)  
 $S_t$  :  $t$ 차년도의 민간부문저축 (스칼라)  
 $GNPD_t$  :  $t$ 차년도의 可處分  $GNP$  (스칼라)  
 $T_t$  :  $t$ 차년도의 조세수입 (스칼라)  
 $FB_t$  :  $t$ 차년도의 해외저축 (스칼라)  
 $FD_t$  :  $t$ 차년도의 外債殘額 (스칼라)  
 $BR_t$  :  $t$ 차년도의 國債發行額 (스칼라)  
 $DD_t$  :  $t$ 차년도의 國債殘額 (스칼라)  
 $r_{rat}$  :  $t$ 차년도의 外債殘額增加率 (스칼라)  
 $r_{aat}$  :  $t$ 차년도의 國債殘額增加率 (스칼라)  
 $M_t^c *$  :  $t$ 차년도의 競爭輸入總額 (스칼라)  
 $M_t^n *$  :  $t$ 차년도의 非競爭輸入總額 (스칼라)  
 $E_t *$  :  $t$ 차년도의 輸出總額 (스칼라)  
 $r_{mt}$  :  $t$ 차년도의 수입증가율 (스칼라)  
 $r_{ext}$  :  $t$ 차년도의 수출증가율 (스칼라)  
 $N_t$  :  $t$ 차년도의 고용수준 (스칼라)  
 $r_{empt}$  :  $t$ 차년도의 고용증가율 (스칼라)  
 $GDP_t$  :  $t$ 차년도의 국내총생산 (스칼라)  
 $C_u$  :  $t$ 차년도의  $i$  산업산출중 민간소비 ( $C_t$  벡터의  $i$ 째 要素)

$G_u$  :  $t$ 차년도의  $i$ 산업산출중 정부소비지출( $G_t$  벡터의  $i$ 째 요소)

$M_u^c$  :  $t$ 차년도에의  $i$ 산업부문의 경쟁수입( $M_t^c$  벡터의  $i$ 째 요소)

$RD_t^*$  :  $t$ 차년도의 연구개발투자총액

$G_t^*$  :  $t$ 차년도의 정부소비지출총액(스칼라)

$M_u^f$  :  $t$ 차년도에의  $i$ 산업부문의 非競爭輸入( $M_t^f$  벡터의  $i$ 째 요소)

$E_u$  :  $t$ 차년도의  $i$ 산업부문의 수출( $E_t$  벡터의  $i$ 째 요소)

$IF_t^*$  :  $t$ 차년도의 고정자본형성 총액

$IV_t^*$  :  $t$ 차년도의 재고증감총액

#### • 係數 및 媒介變數

$r$  : 割引率

$A$  : 中間投入係數行列 [ $a_{ij}$ ] ( $n \times n$ 행렬)

$\beta$  : 고정자본형성중 국내산출 및 경쟁수입이 차지하는 비중(스칼라)

$B$  : 正方形行列로서  $B_{ij} = b_{ij} / \sum_{i=1}^n b_{ij}$ 이고  $b_{ij}$ 는  $j$  산업부문의 單位生産能力 확장에 필요한  $i$  산업부문의 산출(자본계수)

$\theta$  : 재고증감중 국내산출 및 경쟁수입이 차지하는 비중

$B^*$  : 對角行列로서  $B_{ij}^* = \delta_{ij} b_{ij}$ 이고  $b_{ij}$ 는 資本係數

$N$  : 正方形行列로서  $N_{ij} = h_{ij} / \sum_{i=1}^n h_{ij}$ 이고  $h_{ij}$ 는 在庫係數로서  $j$  산업부문의 單位生産能力擴張에 필요한  $i$  산업부문의 산출.

$\varepsilon$  : 민간소비지출중 국내산출 및 경쟁수입이 차지하는 비중

$\mu$  : 정부소비지출중 국내산출 및 경쟁수입이 차지하는 비중

$\delta$  : 연구개발투자중 국내산출 및 경쟁수입이 차지하는 비중

$r_0$  :  $n \times 1$  자발적 소비 벡터

$r_1$  :  $n \times 1$  한계소비성향 벡터

$\pi$  : 研究開發投資係數行列로서  $\pi_{ij} = p_{ij} / \sum_{i=1}^n p_{ij}$ 이고  $p_{ij}$ 는  $j$  산업부문의 非競爭輸入 單位代替力擴張에 필요한  $i$  산업부문의 산출

$A^n$  : 비경쟁수입 중간투입계수행렬 ( $n \times n$ 행렬)

$\rho$  : 單位研究開發投資가 非競爭輸入代替에 기여하는 정도(比例常數)

$s$  : 한계저축성향

$L$  : 勞動投入係數 벡터 ( $1 \times n$  벡터)

$\eta$  : 輸出構成比 벡터 ( $\sum_{i=1}^n \eta_i = 1$ )

$t_0$  : 定額稅 收入

$t_1$  : 稅率

이제 線型計劃模型은 다음과 같이 설정된다.

• 目約函數

$$\text{Max } Z = \sum_{t=1}^T \text{GNP}_t (1+r)^{-t} \quad (1)$$

• 國內產出 및 競爭輸入의 需給均衡條件

$$X_t + M_t^* \geq AX_t + \beta BIF_t + \theta NIV_t + \varepsilon C_t + \mu G_t + \eta E_t^* + \delta \pi RD_t^* + M^n SUB_t \\ t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (2)$$

• 非競爭輸入의 需給均衡條件

$$M_t^n + M^n SUB_t \geq A^n X_t + (1-\beta) BIF_t + (1-\theta) NIV_t + (1-\varepsilon) C_t + (1-\mu) G_t \\ t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (3)$$

• 生産能力制限 條件

$$K_t = K_{t-1} + IF_{t-1} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (4)$$

$$B^* X_t \leq K_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (5)$$

投資와 貯蓄均衡條件

$$S_t + T_t + FB_t \geq IF_t^* + IV_t^* + G_t^* + RD_t^* \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (6)$$

$$S_t - S_{t-1} = S (\text{GNPD}_t - \text{GNPD}_{t-1}) \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (7)$$

• 海外貯蓄制限 條件

$$FD_t = FD_{t-1} + FB_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (8)$$

$$r_{fat} = (FD_t - FD_{t-1}) / FD_{t-1} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (9)$$

$$r_{fat} \leq \bar{r}_{fa} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (10)$$

• 政府財政制約 條件

$$G_t^* + RD_t^* \leq T_t + BR_t + M_t^* \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (11)$$

$$DD_t = DD_{t-1} + BR_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (12)$$

$$r_{aat} = (DD_t - DD_{t-1}) / DD_{t-1} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (13)$$

$$r_{aat} \leq \bar{r}_{aa} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (14)$$

• 國際收支均衡 條件

$$M_t^{c*} + M_t^{n*} - E_t^* - NFI_t \leq FB_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (15)$$

• 輸入制限條件

$$M_t^* = M_t^{c*} + M_t^{n*} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (16)$$

$$\tau_{mt} = (M_t^* - M_{t-1}^*) / M_{t-1}^* \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (17)$$

$$\tau_{mt} \leq \bar{\tau}_m \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (18)$$

• 輸出増加制限 條件

$$\tau_{expt} = (E_t^* - E_{t-1}^*) / E_{t-1}^* \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (19)$$

$$\tau_{expt} \geq \bar{\tau}_{exp} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (20)$$

• 輸入代替條件

$$M^n SUB_t = \rho RD_t^* M_t^n \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (21)$$

$$\tau_{subt} = (M^n SUB_t^* - M^n SUB_{t-1}^*) / M^n SUB_{t-1}^* \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (22)$$

$$\tau_{subt} \geq \bar{\tau}_{sub} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (23)$$

• 雇傭創出制限 條件

$$N_t = L X_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (24)$$

$$\tau_{empt} = (N_t - N_{t-1}) / N_{t-1} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (25)$$

$$\tau_{empt} \geq \bar{\tau}_{emp} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (26)$$

• 國民所得計定

$$GDP_t = C_t^* + IF_t^* + IV_t^* + G_t^* + E_t^* - M_t^* \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (27)$$

$$GNP_t = GDP_t + NFI_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (28)$$

$$C_t^* = \sum_{i=1}^n C_{ti} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (29)$$

$$C_t = r_0 + r_1 GNP_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (30)$$

$$G_t^* = \sum_{i=1}^n G_{ti} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (31)$$

$$G_t = g G_t^* \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (32)$$

$$M_t^{c*} = \sum_{i=1}^n M_{ti}^c \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (33)$$

$$M_t^{n*} = \sum_{i=1}^n M_{ti}^n \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (34)$$

$$E_t^* = \sum_{i=1}^n E_{ti} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (35)$$

$$IF_t^* = \sum_{i=1}^n IF_{ti} \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (36)$$

$$IV_t^* = \sum_{u=1}^n IV_u \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (37)$$

$$T_t = t_0 + t_1 GNP_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (38)$$

$$GNPD_t = GNP_t - T_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (39)$$

$$RD_t^* = \sum_{u=1}^n RD_u \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (40)$$

$$M^n SUB_t^* = \sum_{u=1}^n M^n SUB_u \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (41)$$

式(1)은 계획기간중 실질 GNP의 現在價를 극대화하는 것으로서 이를 民間消費의 극대화로 바꿀 수도 있다.<sup>3)</sup> 式(2)는 國內產出 및 競爭輸入財貨에 대한 需給均衡條件으로 左側의 總供給이 右側의 總需要보다 작지는 않아야 함을 나타낸다. 수요항중에서 研究開發投資  $\delta\pi RD_t^*$ 項을 고정투자와 분리시킨 것은 우선 科學技術政策手段에 대한 평가를 위해서이고 또 성질상 固定資本形成과는 다르기 때문이다. 式(2)의 우측 마지막 항은 非競爭輸入의 代替를 나타내는데, 代替되는 양만큼 國內生産이 증가되거나 競爭輸入이 증가되어야 하기 때문에 需要項에 포함시킨 것이다. 물론 輸入代替需要라는 것은 가상적이고 실제에 있어서는 非競爭輸入의 減少를 보충한다. 非競爭輸入의 均衡條件은 式(3)에 의해 규정되고 非競爭輸入  $M^n$ 과 輸入代替  $M^n SUB$ 는 供給을, 右側의 각 항은 수요를 나타내는데  $1-\beta$ ,  $1-\theta$ ,  $1-\varepsilon$ 는 각각 고정자본형성, 재고증감 및 민간소비중 非競爭輸入이 차지하는 比를 나타낸다.

어느 해의 生産能力은 前年度の 資本스톡에 前年度에 이루어진 고정자본형성을 더한 것으로 이를 式(4)가 나타내고, 國內生産에 소요되는 生産能力은 資本스톡내에 있어야 하므로 不等關係 式(5)가 필요하다. 式(6)은 민간부문저축  $S_t$ , 政府貯蓄  $T_t - G_t^*$  및 海外貯蓄  $F_t$ 의 和가 투자자금원천이고, 이의 운용은 고정자본형성  $IF_t^*$ , 재고증감  $IV_t^*$  및 연구개발투자  $RD_t^*$ 이다. 民間部門貯蓄의 增加分은 가처분 소득의 증가분에 비례한다고 보면 이는 式(7)과 같이 설정된다. 式(8)은 外債殘額의 定義이고 式(9)에서 정의된 外債殘額增加率は 式(10)에 주어진 上限値를 초과해서는 안된다. 이러한 上限値는 政策決定者에 의해 주어진 外債增加抑制目標을 이와 같이 制約式으로 나타낸 것이다.

輸入代替를 위한 研究開發投資가 政府에 의해 추진된다고 가정하면 정부소비지출과 연구개발지출은 정부예산수입인 조세수입, 新規國債發行額( $BR_t$ ) 및 新規貨幣發行額( $M_t^s$ )의 和내에서 이루어져야 되고 式(11)은 이를 나타낸다. 式(12)는 國債殘額의 정의이고 이의 年增加率을 式(13)에 의해 정의하면 國債殘額의 年增加率은 式(14)에 의해

3) 앞에서 인용한 金·Inman模型에서는 民間消費의 極大化를 目的函數로 설정하고 있음.

제약을 받는다. 이러한 年增加率에 있어서의 上限은 정책결정자에 의해 外生的으로 주어지는데, 國債의 증가를 가급적 억제하려는 政策目標라고 해석할 수 있다. 物價變數가 이들 式에 나타나지 않는 것은 計劃期間中 物價上昇이 없을 것으로 가정하거나 모든 變數를 實質變數로 처음부터 정의한 경우에 가능한데 여기서는 後者이다.

國際收支均衡條件은 式(15)에 의해 자명한데 여기서 海外借入  $FB_t$ 는 앞에서 논의한 式(8), (9) 및 (10)에 의해 제약을 받게 된다. 政策決定者는 國際收支均衡條件外에 輸入增加에 대해 직접적인 제한을 가하기를 희망할 수도 있다. 즉 정책목표중의 하나로서 輸入增加率 $\dot{I}$ 가급적 어느 수준이내에 머물게 하기를 원할 수 있는데 이러한 政策目標는 式(16), (17) 및 (18)에 의해 표시된다. 輸出增加가 경제정책목표중의 하나인 경우, 이러한 目標는 수출증가율이 주어진 下限線 이상이어야 한다는 式(19)와 (20)으로 표시된다.

非競爭輸入財貨의 國內生産에 의한 代替는 이를 위한 研究開發에 의해서만 가능하다고 가정하면 式(21)에서와 같이 研究開發投資에 比例한다고 단순화시킬 수 있다. 이러한 單純化에 의해 式(22) 및 (23)에 설정된 輸入代替目標는 이를 위한 研究開發投資에 의해 달성될 수 있고 연구개발투자가 중요한 政策手段으로 사용된다. 물론 실제로 있어서 比例係數  $\rho$ 의 값이 얼마나 크며 유의성을 가지는가의 유무는 경험적 연구를 필요로 하는 것이기는 하지만, 輸入代替를 위한 研究開發이 성공하고 있다는 것은 곧  $\rho$ 가 零은 아님을 뜻한다. 별도의 經驗的 研究에 의한  $\rho$ 값의 推定은 輸入代替를 위한 研究開發政策效果를 종합적으로 평가할 수 있는 효과적인 수단을 본 模型이 제공할 수 있을 것이다.

雇傭水準은 國內生産으로부터 결정되는 것을 式(24)에 의해 정의하고 式(25)에 의해 정의된 고용증가율이 정책결정자에 의해 주어진 目標水準보다 낮아서는 안된다는 것을 式(26)이 제약하고 있다. 式(27)은 均衡 GDP를 결정하고, 式(28)은 외생적으로 구한 해외순수취요소 소득을 여기에 더하여 均衡 GNP를 구한다. 式(29)부터 (41)은國民所得計定에 필요한 變數들의 定義와 他方程式에 필요한 變數들을 정의하고 있다. 式(30)은 민간소비백터가 可處分所得의 선형함수임을 표시하고 있는데 이는 물론 모형해를 쉽게 얻기 위한 단순화 때문이다. 租稅收入을 GNP의 線型函數로 式(38)에 설정한 것도 같은 이유 때문이다. 그외의 式들은 별도의 설명을 요하지 않을 만큼 자명하다.

앞서 序論에서도 간단히 언급된 바와 같이 政策決定者의 政策目標들이 線型計劃模型에서는 매우 경직적인 制約條件式으로 밖에 설정될 수 없다. 例로서 政策決定者의 目標가 一定水準以上の 雇傭增加率, 輸出增加率, 輸入代替率, 經濟成長率과 一定水準以下の 輸入增加率, 外債增加率, 國債增加率을 維持하려고 하는 경우 전통적인 計劃模型



모형에서는 이 중 한 개를 제외하고서는 나머지 목표들은 上限 또는 下限의 制限을 받는 制約式으로 처리될 수 밖에 없다. 그러나 현실적으로 정책결정자가 추구하는 모든 目標가 硬直的으로 設定된 것은 아니며 目標間에 trade-off이 가능하다는 것을 고려할 때 이러한 模型은 부적합하다고 볼 수 있다. 例로서 정책결정자에 의해 제시된 最低雇傭增加率을 달성하기 위해서는 最高國債增加率을 만족시킬 수 없을 때 이들 두 目標間에는 trade-off이 있을 수 있다. 즉 정책결정자는 國債增加가 한없이 크기를 원하지 않더라도 최저고용증가율을 달성하기 위해 國債增加率上限을 약간 上向調整하지 않을 수 없는 경우 이의 上向調整을 받아 들일 수도 있다. 그러므로 政策目標間에는 政策決定者의 相對的 價値가 내포되어 있다. 目標로 하는 最低雇傭增加率을 實際增加率이 1% 미치지 못하는 雇傭創出不足에 대하여 政策決定者가 부여하는 負의 價値는 國債增加率 1% 超過에 대하여 느끼는 負의 價値보다 絶對値에 있어서 훨씬 더 클 수 있다. 이 경우 目標間에 trade-off이 있을 것은 너무도 분명하다. 이러한 trade-off을 線型計劃模型에서 체계적으로 취급하기는 곤란하고 上下限을 한계적으로 변화시키면서 解를 조사해 보는 수 밖에 없다. 그러나 이러한 문제가 Goal Programming에서는 보다 체계적으로 처리되며 또 바로 이러한 문제에 적합도록 개발된 기법이 Goal Programming技法이다.

### III. Goal Programming 模型<sup>4)</sup>

Goal Programming의 基本概念은 各 目標마다 特定の 數值的 目標를 설정하고 目標函數를 公式化한 후 目標들의 해당 數值目標로부터의 偏差의 加重値를 極小化하는 解를 구하는 것이다. 그러므로 本質的으로 추구해야 될 經濟政策目標이면서도 技法의 制約上 硬直的인 制約式으로 처리하지 않을 수 없었던 앞 절에서의 目標들을 Goal Programming에서는 보다 현실성있게 처리할 수 있다.

만일 政策目標가 成長, 輸出, 輸入代替, 雇傭의 極大化이고 輸入, 國債 및 海外借入의 極小化이며 各 目標에 대해 特定の 數值目標가 주어졌다면 이들을 다음과 같이 公式化할 수 있다.

$$\sum_{t=1}^T GNP_t (1+r)^{-t} \geq \sum_{t=1}^T GNPL_t (1+r)^{-t} \quad (42)$$

$$\sum_{t=1}^T E_t^* (1+r)^{-t} \geq \sum_{t=1}^T EL_t (1+r)^{-t} \quad (43)$$

4) Goal programming에 대한 기초적 설명은 J. P. Ignizio[5], S. M. Lee[6]에 잘되어 있고 이의 制限點 등에 관해서는 M. Zeleny[11]를 참조할 것.

$$\sum_{t=1}^T M^n SUB_t (1+r)^{-t} \geq \sum_{t=1}^T M^n SUBL_t (1+r)^{-t} \quad (44)$$

$$\sum_{t=1}^T N_t \geq \sum_{t=1}^T NL_t \quad (45)$$

$$\sum_{t=1}^T M_t^* (1+r)^{-t} \leq \sum_{t=1}^T MU_t (1+r)^{-t} \quad (46)$$

$$\sum_{t=1}^T BR_t (1+r)^{-t} \leq \sum_{t=1}^T BRU_t (1+r)^{-t} \quad (47)$$

$$\sum_{t=1}^T FB_t (1+r)^{-t} \leq \sum_{t=1}^T FBU_t (1+r)^{-t} \quad (48)$$

위에서  $GNPL_t$ ,  $EL_t$ ,  $M^n SUBL_t$ ,  $NL_t$ ,  $BRU_t$ ,  $FBU_t$ 는 各各 計劃期間의 年度別 目標數值이다. 計劃期間中  $GNP$ 成長率目標가 정책결정자에 의해 주어지면 이는 各各 年度の  $GNP$ 成長目標로 환산되고 式(42)에서와 같이 下限値로 설정된다. 두말한 필요도 없이 정책결정자는 실제로 있어서 목표하는 成長率보다 더 높은 成長을 희망할 것이기 때문이다. 同-한 논리에 의해 나머지 目標들도 公式化되었고 現價(present value)를 기초로 하였다. 式(45)는 雇傭目標인데 여기에도 現價概念이 당연히 적용되어야 할 것이나 관례대로 이를 생략하였다.

이제 補助變數를 다음과 같이 정의하자.

$$DGNP = \sum_{t=1}^T GNP_t (1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T GNPL_t (1+r)^{-t} \quad (49)$$

$$DEXP = \sum_{t=1}^T E_t^* (1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T EL_t (1+r)^{-t} \quad (50)$$

$$DM^n SUB = \sum_{t=1}^T M^n SUB_t (1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T M^n SUBL_t (1+r)^{-t} \quad (51)$$

$$DN = \sum_{t=1}^T N_t - \sum_{t=1}^T NL_t \quad (52)$$

$$DM = \sum_{t=1}^T M_t^* (1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T MU_t (1+r)^{-t} \quad (53)$$

$$DBR = \sum_{t=1}^T BR_t (1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T BRU_t (1+r)^{-t} \quad (54)$$

$$DFB = \sum_{t=1}^T FB_t (1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T FBU_t (1+r)^{-t} \quad (55)$$

이들 보조변수들은 正 및 負의 값을 가질 수 있으므로 正의 部分을 어깨글자 +로, 負의 部分을 어깨글자 -로 표시하면 式(49)~(55)에서 정의한 보조변수들은 다음과 같이 표시된다.

$$|DGNP| = DGNP^+ + DGNP^-$$

$$DGNP = DGNP^+ - DGNP^-, \quad DGNP^+ \geq 0, \quad DGNP^- \geq 0 \quad (56)$$

$$|DEXP| = DEXP^+ + DEXP^-$$

$$DEXP = DEXP^+ - DEXP^-, \quad DEXP^+ \geq 0, \quad DEXP^- \geq 0 \quad (57)$$

$$|DM^nSUB| = DM^nSUB^+ - DM^nSUB^-$$

$$DM^nSUB = DM^nSUB^+ - DM^nSUB^-, \quad DM^nSUB^+ \geq 0, \quad DM^nSUB^- \geq 0 \quad (58)$$

$$|DN| = DN^+ + DN^-$$

$$DN = DN^+ - DN^-, \quad DN^+ \geq 0, \quad DN^- \geq 0 \quad (59)$$

$$DM = DM^+ + DM^-$$

$$DM = DM^+ - DM^-, \quad DM^+ \geq 0, \quad DM^- \geq 0 \quad (60)$$

$$|DBR| = DBR^+ + DBR^-$$

$$DBR = DBR^+ - DBR^-, \quad DBR^+ \geq 0, \quad DBR^- \geq 0 \quad (61)$$

$$|DFB| = DFB^+ + DFB^-$$

$$DFB = DFB^+ - DFB^-, \quad DFB^+ \geq 0, \quad DFB^- \geq 0 \quad (62)$$

앞에서도 잠깐 언급하였지만 實際目標値가 設定된 目標數値로부터 벗어나는 것이 모두 바람직하지 못한 것은 아니다. 만일 目的函數가 目標數値로부터의 偏差를 極小化하는 것이라면 正 및 負의 偏差중에서 원하지 않는 偏差만이 目的函數에 포함되어야 한다. 그러므로 계획기간중 GNP가 목표에 미달하는 경우의  $DGNP^-$  수출이 목표에 미달하는 경우의 편차  $DEXP^-$  수입대체가 목표에 미달하는 경우의  $DM^nSUB^-$  및 고용창출이 목표에 미달하는 경우의  $DN^-$ 와 輸入이 目標를 超過하는 경우의  $DM^+$  國債가 目標를 초과하는 경우의  $DBR^+$  海外借入이 目標를 초과하는 경우의  $DFB^+$ 가 Goal Programming 모형의 目的函數에 포함되어야 한다. 만일 바람직하지 않는 目標의 偏差에 대한 政策決定者의 加重値가 주어지면 앞절의 線型計劃問題는 다음과 같이 Goal Programming 模型으로 設定된다.

$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad Z = & W_1 DGNP^- + W_2 DEXP^- + W_3 DM^nSUB^- + W_4 DN^- + W_5 DM^+ \\ & + W_6 DBR^+ + W_7 DFB^+ \end{aligned} \quad (63)$$

Subject to

$$X_t + M_t^f \geq AX_t + \beta BIF_t + \theta NIV_t + \epsilon C_t + \mu G_t + \eta E_t^* + \delta \pi RD_t^* + M^nSUB_t \quad (64)$$

$$M_t^n + M^nSUB_t \geq A^n X_t + (1-\beta) BIF_t + (1-\theta) NIF_t + (1-\epsilon) C_t + (1-\mu) G_t \quad (65)$$

$$K_t = K_{t-1} + IF_{t-1} \quad (66)$$

$$B^*X_t \leq K_t \quad (67)$$

$$S_t + T_t + FB_t \geq IF_t^* + IV_t^* + G_t^* + RD_t^* \quad (68)$$

$$S_t - S_{t-1} = s (GNPD_t - GNPD_{t-1}) \quad (69)$$

$$G_t^* + RD_t^* \leq T_t + BR_t + M_t^s \quad (70)$$

$$M_t^c + M_t^n - E_t^* - NIF_t \leq FB_t \quad (71)$$

$$M^n SUB_t = \rho RD_{t-1}^* M_t^n \quad (72)$$

$$N_t = LX_t \quad (73)$$

$$GDP_t = C_t^* + IF_t^* + IV_t^* + G_t^* + E_t^* - M_t^* \quad (74)$$

$$GNP_t = GDP_t + NFI_t \quad (75)$$

$$C_t^* = \sum_{i=1}^n C_{it} \quad (76)$$

$$C_t = r_0 + r_1 GNPD_t \quad (77)$$

$$G_t^* = \sum_{i=1}^n G_{it} \quad (78)$$

$$G_t = g G_t^* \quad (79)$$

$$M_t^* = M_t^c + M_t^n \quad (80)$$

$$M_t^c = \sum_{i=1}^n M_{it}^c \quad (81)$$

$$M_t^n = \sum_{i=1}^n M_{it}^n \quad (82)$$

$$E_t^* = \sum_{i=1}^n E_{it} \quad (83)$$

$$IF_t^* = \sum_{i=1}^n IF_{it} \quad (84)$$

$$IV_t^* = \sum_{i=1}^n IV_{it} \quad (85)$$

$$T_t = t_0 + t_1 GNP_t \quad (86)$$

$$GNPD_t = GNP_t - T_t \quad (87)$$

$$RD_t^* = \sum_{i=1}^n RD_{it} \quad (88)$$

$$M^n SUB_t^* = \sum_{i=1}^n M^n SUB_{it} \quad (89)$$

$$\sum_{t=1}^T GNP_t (1+r)^{-t} - (DGNP^+ - DGNP^-) = \sum_{t=1}^T GNPL_t (1+r)^{-t} \quad (90)$$

$$\sum_{t=1}^T E_t^* (1+r)^{-t} - (DEXP^+ - DEXP^-) = \sum_{t=1}^T EL_t (1+r)^{-t} \quad (91)$$

$$\sum_{t=1}^T M^n SUB_t (1+r)^{-t} - (DM^n SUB^+ - DM^n SUB^-) = \sum_{t=1}^T M^n SUBL_t (1+r)^{-t} \quad (92)$$

$$\sum_{t=1}^T N_t - (DN^+ - DN^-) = \sum_{t=1}^T NL_t \quad (93)$$

$$\sum_{t=1}^T M_t^* (1+r)^{-t} - (DM^+ - DM^-) = \sum_{t=1}^T MU_t (1+r)^{-t} \quad (94)$$

$$\sum_{t=1}^T BR_t (1+r)^{-t} - (DBR^+ - DBR^-) = \sum_{t=1}^T BRU_t (1+r)^{-t} \quad (95)$$

$$\sum_{t=1}^T FB_t (1+r)^{-t} - (DFB^+ - DFB^-) = \sum_{t=1}^T FBU_t (1+r)^{-t} \quad (96)$$

$t = 1, 2, 3, \dots, T.$

式(63)은 目的函數로서 바람직하지 못한 偏差에 加重値가 부여되어 있다. 加重値가 클수록 바라지 않는 強度가 크기 때문에 目的函數를 極小化하는 경우 加重値가 큰 目標가 우선적으로 달성되는 目標間의 trade-off이 이루어진다.

앞 절의 線型計劃模型에서의 制約條件들이 本 模型에서 변형되어 설정되었는데 (8), (9), (10), 으로 구성된 해외차입제한은 式(96)으로 대체되었고, 式(12)~(14)에 의해 설정된 國債增加率制限은 式(95)에 의해 대체되었다. 式(17) 및 (18)로 구성된 輸入增加率制限은 式(94)에 의해 대체되었고, 式(19) 및 (20)으로 설정된 수출제약은 式(91)에 의해 대체되었으며, 式(22) 및 (23)에 의해 설정된 輸入代替條件은 式(92)로서 대체되었다. 고용창출조건인 式(25) 및 (26)은 式(93)에 의해 대체되었고 目的函數 式(1)은 式(90)으로 制約條件化되었다.

式(63)~(96)으로 설정된 이 模型은 Goal Programming의 기본형이며 곧 알다시피 심플렉스방법으로 解를 구할 수 있다. 政策決定者의 政策目標들이 앞 절의 線型計劃模型에서는 目標間의 trade-off을 排除한 채 硬直的으로 制約條件化된 반면, Goal Programming 模型에서는 보다 현실성 있게 目標間의 trade-off을 허용하면서 政策決定者의 選好가 고려되도록 模型이 定立되었다. 그러므로 本 模型의 最適解는 目的函數의 加重値에 따라 우선순위가 높은 目標의 달성을 위해 우선순위가 낮은 目標가 限界의 으로 희생되는 결과를 포함할 수도 있다.

#### IV. 加重値決定技法

Goal Programming 模型의 目的函數에는 대부분의 경우 加重値가 포함되는데 이러한 가중치는 政策決定者의 主觀的 評價에 의해 부여되는 경우가 많다. 本 模型의 경우에

도 目標間에 객관적인 trade-off 기준이 없기 때문에 주관적 평가에 의존하지 않을 수 없는데, 문제는 어떻게 하면 보다 조직적이고 일관성 있게 주관적 평가를 얻어내는가 하는 것이다. 이러한 문제는 잘 알려진 多數基準政策決定問題이며 개발된 기법들이 각각 장단점을 모두 가지고 있다.<sup>5)</sup> 여기서는 이론적 체계가 간명하고 사용하기가 편리한 Thomas L. Saaty의 技法을 제시하고자 한다.<sup>6)</sup>

$C_1, C_2, \dots, C_n$ 을 事業의 集合이라고 하자. 가능한 쌍들인  $C_i$ 와  $C_j$ 에 대한 計量化된 評價를  $n \times n$ 行列  $A = [a_{ij}]$   $i, j = 1, 2, \dots, n$ 으로 나타내고 要素  $a_{ij}$ 가 다음과 같은 性質을 갖는다고 하자.

性質 1. 만일,  $a_{ij} = \alpha$ 이면,  $a_{ji} = 1/\alpha$ 이다(단  $\alpha \neq 0$ ).

性質 2. 만일 事業  $C_i$ 가  $C_j$ 와 同等한 相對的 重要성을 가진다면,  $a_{ii} = 1$ 이고  $a_{ji} = 1$ 이며 특히 모든  $i$ 에 대하여  $a_{ii} = 1$ 이다.

따라서 行列  $A$ 는 다음과 같은 형태를 취한다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

위에서  $a_{ij}$ 는 事業  $C_j$ 의 重要度を 기준으로 했을 때의 事業  $C_i$ 의 相對的 重要度이다. 그렇다면  $a_{ij}$ 는 어떤 값을 취하게 되는가? 한 쌍의 事業  $C_i$ 와  $C_j$ 의 相對的 重要度を 평가함에 있어서 다음과 같은 優先順位尺度를 사용한다.

- $C_i$ 와  $C_j$ 가 同等하게 重要하다면  $a_{ij} = 1$
- $C_i$ 가  $C_j$ 보다 약간 더 重要하다면  $a_{ij} = 3$
- $C_i$ 가  $C_j$ 보다 더 重要하고 그 相對的 重要도가 強하면  $a_{ij} = 5$
- $C_i$ 가  $C_j$ 보다 더 重要하고 그 相對的 重要도가 매우 強하면  $a_{ij} = 7$
- $C_i$ 가  $C_j$ 보다 絕對적으로 더 重要하다면  $a_{ij} = 9$

例로서 GNP의 목표치미달(DGNP<sup>-</sup>) 100억원, 輸出의 목표치미달(DEXP<sup>-</sup>) 100억원, 輸入代替의 목표치미달(DM<sup>n</sup>SUB<sup>-</sup>) 100억원, 고용창출의 목표치미달(DN<sup>-</sup>) 2,000명, 輸入의 목표치초과(DM<sup>+</sup>) 100억원, 國債增加의 目標値超過(DBR<sup>+</sup>) 100억원 및 海外借入의 目標値超過(DFB<sup>+</sup>) 100억원에 대한 계량적 평가가 다음과 같이 政策決定者

5) 앞에서 인용한 M. Zeleny [11]의 1-7장을 참고할 것.

6) Thomas L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill Book Company, 1980.

에 의해 주어졌다고 가정하자.

	$DGNP^-$	$DEXP^-$	$DM^*SUB^-$	$DN^-$	$DM^+$	$DBR^+$	$DFB^+$
$DGNP^-$	1	4	9	6	6	5	5
$DEXP^-$	$\frac{1}{4}$	1	7	5	5	3	4
$DM^*SUB^-$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$
$DN^-$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	5	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
$DM^+$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	5	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
$DBR^+$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	7	3	3	1	2
$DFB^+$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	5	3	3	$\frac{1}{2}$	1

위 行列에서 예로서 첫째 行, 세째 列의 要素 9는 GNP의 목표미달 100억원은 수입대체의 목표미달 100억원보다 절대적으로 중요하다는 것을 의미한다.<sup>7)</sup> 다른 모든 要素도 동일하게 해석된다. 이 行列은 nonnegative irreducible한 正方行列이므로 正의 實數인 最大의 modulus를 가진 單一(重複이 없음) eigenvalue  $\lambda_{max}$ 을 가지며, 이 eigenvalue  $\lambda_{max}$ 에 대응하는 eigenvector는 正의 component를 가지고 유일하다.<sup>8)</sup> 계산결과  $\lambda_{max} = 7.608$ 이 얻어지고 normalized eigenvector는 다음과 같다.

$DGNP^-$	0.427	( $W_1$ )
$DEXP^-$	0.230	( $W_2$ )
$DM^*SUB^-$	0.021	( $W_3$ )
$DN^-$	0.052	( $W_4$ )
$DM^+$	0.052	( $W_5$ )
$DBR^+$	0.123	( $W_6$ )
$DFB^+$	0.094	( $W_7$ )

위에서 구한 normalized eigenvector를 式(63)의 加重值로서 사용할 수 있다. 政策決定者의 目標에 대한 相對的 重要度評價가 主觀的인 것만은 틀림없으나 目標數值設定도 선행계획모형에서의 上限 및 下限의 賦與도 主觀性을 배제하지 못하여 評價에 있어서의 主觀性이 目標數值設定에서의 것보다 더 심하다고 생각되지는 않는다. 위에서 논의한 eigenvalue와 그에 따른 eigenvector의 계산은 계산에 따른 비용을 무시할 수 있을 만큼 간단하다.

7) GNP의 목표미달 100억원을 피하고 싶은 정책결정자의 선호도는 수입대체의 목표미달 100억원을 피하고 싶은 것보다 절대적으로 그 선호도가 강함을 뜻한다.

8) Nonnegative irreducible 正方行列에 대한 Perron-Frobenius定理에 의함. Thomas L. Saaty [8] pp. 167-97 참조.

## V. 結 論

産業構造計劃 또는 調整을 위한 政策決定技法은 金圭洙 · Inman의 선구자적인 研究가 활용되어 왔으나 그 이후 지속적으로 발전하는 數理計劃技法과 多數基準意思決定技法을 응용한 研究는 거의 없었다. 本 研究는 産業構造調整이 先後進國을 막론하고 지대한 관심으로 제기되고 있는 시점에서 보다 現實性 있고 效率的인 計劃技法으로서 활용될 수 있을 것으로 기대되는 技法을 제시한 것이다. 그러나 Goal Programming 模型에서 반드시 주의할 것은 Suboptimal을 구하게 됨으로써 비효율적인 政策對案을 선정할 수 있는 위험이다. 이러한 Suboptimal이 얻어지는 것은 事前的인 加重值賦與 때문이다. 그러므로 얻어진 解가 最適解인지에 대해 Linear multiobjective programming 또는 Compromise solution에 의해 검토할 필요가 있다.

## 參 考 文 獻

1. Arther, J. L., and A. Ravindran, "An Efficient Goal Programming Algorithm Using Constraint Partitioning and Variable Elimination," *Management Science*, Vol. 24, No. 8, 1978, pp. 867-8.
2. Charnes, A., and W.W. Cooper, *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*, Vol. I, Wiley, New York, 1961.
3. Goodman, D.A., "A Goal Programming Approach to Aggregate Planning of Production and Workforce," *Management Science*, Vol. 20, No. 12, 1974.
4. Herald, J., J. Leotta, W.A. Wallace, and R.E. Wendell, "A Note on the Limitations of Goal Programming as Observed in Resource Allocation for Marine Environment Protection," *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 25, No. 4, 1978, pp. 733-9.
5. Ignizio, J.P., *Goal Programming and Extensions*, Lexington Books, Heath, Lexington, Mass, 1976.
6. Lee, S.M., *Goal Programming for Decision Analysis*, Auerbach Publishers, Philadelphia, 1972.
7. McKenna, C.K., *Quantitative Methods for Public Decision Making*, McGraw-Hill, New York, 1980.



8. Saaty, L. Thomas, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Book Company, 1980.
9. Sharda, R., and K.D. Musser, "Financial Futures Hedging via Goal Programming," *Management Science*, Vol. 32, No. 8, August, 1986, pp. 933-47.
10. Soyster, A.L., and B. Lev, "An Interpretation of Fractional Objectives in Goal Programming as Related to Papers by Awerbach, et al., and Hannan," *Management Science*, Vol. 24, No. 14, 1978, pp. 1546-9.
11. Zeleny, M., *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill, New York, 1982.
12. 金圭洙 및 R. A. Inman, "韓國經濟의 靜態的 線型計劃模型", 韓國開發研究, 제 1권 1호, 1973. 3, pp. 80—92.