다중퍼지목표계획법을 이용한 PULP 제조공정의 최적화에 관한 연구

- Optimal Design of PULP Process Using Multiple Fuzzy Goal Programming -

박 주 영*
신 태 용*
이 동 현**

ABSTRACT

This Paper, first, tries to optimize the output specifications with uncertain characteristics. And then aims to solve the problem not only by making use of transformed multiple regression equation which can yield objective function of output characteristics but also by formulating developed multiple fuzzy goal programming using fuzzy set theory which can treat uncertainty easily, and the efficiency of these techniques, will be also demonstrated through a case study.

1. 序論

모든 제조 과정에 있어서 바람직한 출력 규격치에 맞추기 위해서 입력 변수와 공정변수들의 수준을 고정시키는 것은 일반적인 품질관리 문제이다. 그러나 한 개의 출력 특성치가 고려될때, 이 문제는 전통적인 통계 방법에 의해서 처리될 수 있다. 그러나 여러개의 출력 특성치가 고려 되어질 때 이들 특성치의 각각이 그것들의 규격치를 만족해야 하는 어려움이 야기 된다. 이러한 문제는 종종 제지공장에서 마주치게 된다[13].

펄프의 제조 과정중에 입력변수들은 하나의 출력을 생산하기 위해서 공정변수들을 통해서 수행되어지며, 이러한 출력치는 많은 품질 특성치의 규격들을 만족해야 한다. 아울러 수치의 범위는 각 입력내에서 행하여져야 하고 한계치들은 공정변수들 내에서 이루어 질 수 있으며 이것은 이미 알려져 있다. 그러나 실제적인 의미에서 보면 어떤 한 제품을 만족시키기 위한 규격치가 주어지더라도 만들어진 제품의 특성치들은 바람직한 규격치들을 완벽하게 만족시키지 못하는 것이 사실이다. 더구나 다수의 특성치들이 입력된다면 더욱 더 부정확하게 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 불확실한 특성치들의 범위가 발생하는 제지공장의 의사 결정 문제를 수리적 모형으로 정식화하고, 이를 해결할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

2. 多重퍼지目標計劃法의 開發

2.1 理論的 背景

多目的計劃問題에서 目的들이 서로 독립된 對等한 관계에 있다면 파레토 最適性 이상의 合理性을 추구할 수 없게 된다. 그러나 일반적으로 이 들 目的들이 독립된 대등한 관계에 있기가 드물기 때문에 有效解集合에서 複數個의 解를 취하여 이를 意思決定者에게 提示함으로써 이들 가운데서 優劣을 가려 意思決定者의 選好度가 가장 높은 解를 찾는 것이다. 그러나 실생활에 있어서의 意思決定 問題는 不確定的인 값들로 구성되어서 正確한 解를 찾기란 매우 어려운 現象이다. 그래서 이러한 問題點을 해결하기 위해서 意思決定者가 目的들에 대해서 만족의 정도로 표시하는 [0,1]사이의 실수들로 구성된 멤버쉽函數를 가능한 한 최대로 높일 수 있는 解를 추구하는 것이 보다 현실적인 방안이라고 할 수 있다[4,7,8]. 이러한 의미에서 구해진 解를 滿足解 또는 折衷解라고 한다. 그런데 만족의 정도를 표시하는 멤버쉽函數는 지금까지 意思決定者와 分析專門家들의 對話를 통한 주관적인 수치들로 假定하여서 解를 구한 반면 本 硏究에서는 이를 보다 체계적인 방법으로 멤버쉽函數를 導出하려는 의미에서 그 背景을 찾고자 한다.

---

* 울산전문대학 공업경영학과
** 부산대학교 산업공학과 박사과정

접수 : 1992. 10. 17.
확정 : 1992. 10. 27.

2.2 部分連續오목 狀態에서 두 점사이의 거리

意思決定者의 判斷을 위한 모델로서의 멤버쉽函數를 Zysno와 Zimmermann, Zysno가 提案한 測定函數가 가장 많이 利用 되고 있다. 이 멤버쉽函數는 주어진 目的 χ와 이상적인 目的 χ사이의 거리 $\delta_1(\chi)$의 函數로 定義된다.

$$\mu(\chi) = \frac{1}{1 + \delta_1(\chi)}$$

여기서 $\delta_1(\chi) = 0$ 이면 $\mu(\chi) = 1$ 이고, $\delta_1(\chi) = \infty$ 이면 $\mu(\chi) = 0$ 이다. 멤버쉽을 구성하는 旣存의 函數들은 5가지가 있다. 즉, 線型函數, 指數函數, 雙曲線函數, 逆雙曲線函數, 部分連續線型函數가 있는데 이 중에서 線型函數는 Zimmermann 에 의해서 處理된 것처럼 區間 자체가 단조롭게 처리 되었으며[6], Narasimhan의 三角形態의 멤버쉽함수도 區間(받아 들일 수 있는 값과 받아들일 수 없는 값)이 固定되어 있다[14].

한편 그외에 非線型 函數들은 우선 計算하기가 까다롭기 때문에 使用을 꺼리고 있다. 그래서 線型函數들에 短點인 區間의 固定에 融通性이 加味되면서 固定된 區間을 細分化하여 마치 여러개의 線分들이 連結되어있는 것처럼 되기 때문에 이러한 형태를 部分連續線型 形態라고 한다.

그래서 下限(Z_i^p) 와 上限(Z_i^o) 사이에서 각 目的函數들이 취할 수 있는 멤버쉽程度를 細分化하기 위해서 意思決定者들의 判斷, 經驗에 의해서 假定된 不連續的인 멤버쉽函數값들은 補間된 멤버쉽函數 (interpolated membership function)로서 表現이 되어져야 한다.

補間된 멤버쉽函數는 部分連續線型狀態에서 存在하게 되는데 이것은 이미 設定되어 있는 目標値들 사이에 있는 中間點들에 대한 멤버쉽함수를 導出할 수 있으며, 또는 意思決定者들의 選好度를 最大化하는 問題들을 계산상으로 다루기 쉽게 定式化하는 것을 許容하고 있다.

本 硏究에서는 다음의 假定을 適用한다.

假定 1. 意思決定者의 퍼지目標는 意思決定者와의 對話를 통해서 提案된 式(1)로 멤버쉽 函數를 導出하여 計量化시킬 수 있다.

假定 2. $\mu_{Zi}(\cdot)$가 存在하며 意思決定者에게 약간만 알려져있다.

이것이 뜻하는 바는 意思決定者가 $\mu_{Zi}(\cdot)$의 全體形態를 細分할 수 없다는 것이다. 그러나 意思決定者는 그의 選好에 關係되는 部分的인 情報는 제공할 수 있다. 더구나 $\mu_{Zi}(\cdot)$와 α에 대해서 엄밀하게 增加函數이고, 連續函數 이다.

그래서 推定된 目標値들에 대해서 멤버쉽函數를 導出해야 하므로 $\delta_1(\chi)$를 部分連續오목 상태에서 보다 더 쉽게 사용할 수 있도록 두점사이의 直線距離에 着眼하여서 目的

函數 (Z_i)들에 대한 멤버쉽函數를 導出하였으며, 이들 目的函數의 各各의 目標에 대한 멤버쉽函數는 어떤 問題 專門家들의 見解 또는 느낌을 計量化하기 위하여 의사결정자들의 個個人의 趣向 또는 느낌들을 [0,1]사이의 값으로 표현하게 하여 이들을 部分連續線型오목狀態로 圖式化하여 두점사이의 直線距離 槪念을 導入하여서 數式化 한 결과 式(1)로 展開하였다.

$$\mu_{zi}(\chi^j) = 2 \cdot \left[1 - \frac{1}{1 + \delta_1(\chi)}\right], \quad j = 1, \ldots, r \tag{1}$$

여기서 $\delta_1(\chi) = \dfrac{Z_i(\chi^j) - Z_i^p}{Z_i^o - Z_i^p}$ 이며,

Z_i^p는 가장 悲觀的인 i번째 目的函數값이고, Z_i^o는 가장 樂觀的인 i번째 目的函數값이고, $Z_i(\chi^j)$ 는 i번째 目的函數가 취할 수 있는 推定目標値들이다.

2.3 알고리즘 開發

前述한 理論的 背景과 區間二分(Bi-section)法[15]의 槪念은 볼록計劃法 (convex programming)의 技法중 하나인데, 이것은 制約되지 않는 單一變數 (single variable)에 대한 一次元探索節次(one-dimensional search procedure)에 의한 例로서 "中間點規則(midpoint rule)" 또는 전통적으로 "볼자노 探索方法 (Bolzano search plan)" 이라고도 불리어진다. 이것을 要約하면 最適解를 찾기위해서 區間을 折半으로 分離하면서 점차로 이러한 區間이 縮小되어지면서 最適解에 이르는 것이다. 이를 土臺로 한 多重퍼지目標計劃法 (multiple fuzzy goal programming)의 滿足解 探索過程은 다음과 같으며 알고리즘상에서 목표치에 대한 3점견적 (MOLP의 목표치, 가장 비관적인 것과 낙관적인 목적함수값)이 필요하다.

段階 1 : 多目的線型計劃法(單體解法)으로 解 (χ^*)를 구한다.

目的函數와 推定된 目標値 사이의 差異 $d\{Z_i(\chi^*) - t^l g_i\}$를 決定한다.

또한 t^l은 間隔크기라고 하며 $0 \le t^l \le 1$이고, 假定하기로 $l=0,1,2,\ldots,n$이며, $t^o=0.5$로 한다.

段階 2 : 目的函數(Z_i)가 취할 수 있는 上限(Z_i^o)과 下限(Z_i^p)를 정한다.

Z_i^p는 가장 悲觀的인(pessimistic) 目的函數값, Z_i^o는 가장 樂觀的인 (optimistic) 目的函數값을 나타낸다.

段階 3 : 各 目的函數 (Z_i), $i=1,\ldots,k$ 가 취할 수 있는 目標値(χ^j)들에 대해서 다음의 方法으로 멤버쉽函數를 導出한다.

$$\mu_{z_i}(\chi^j) = 2 \cdot \left[1 - \frac{1}{1+\delta_i(\chi)}\right] \qquad j = 1,\ldots,r$$

$$\text{여기서 } \delta_i(\chi) = \frac{Z_i(\chi^j) - Z_i^p}{Z_i^o - Z_i^p} \text{ 이다.}$$

段階 4 : (段階 3)의 不連續的인 멤버쉽函數들을 連續狀態로 연결한다.

段階 5 : 各 目的函數 (Z_i)들에 대해서 部分連續오목狀態에서 連續的인 멤버쉽함수를 갖는 式(2), 式(3), 式(4)로 變型한다.

$$\mu_i(Z_i) = \sum_{j=1}^{N_i} S_{ij} Z_i + C_{ij} \tag{2}$$

$$S_{ij} = \left| \frac{\mu_i(g_{i,j-1}) - \mu_i(g_{ij})}{g_{i,j-1} - g_{ij}} \right| \tag{3}$$

$$C_{ij} = S_{ij} \cdot (-g_{i,j-1}) + \mu_i(g_{i,j-1}) \tag{4}$$

$\mu_i(Z_i)$는 i번째 目的函數에 대한 멤버쉽함수이므로 $0 \le \mu_i(Z_i) \le 1$ 이다.

여기서 $g_{i,j-1} \le Z_i \le g_{ij}$, $j = 1,2,\ldots,N_{i+1}$이며, S_{ij}는 始点($g_{i,j-1}$)과 終点(g_{ij}) 사이의 기울기(slope), C_{ij}는 始点($g_{i,j-1}$)과 終点(g_{ij}) 사이에서 $\mu_i(Z_i)$軸과의 交点이다. 여기서 始点($g_{i,j-1}$)은 意思決定者들의 相互作用에 의해서 假定된 目標値이며, 終点(g_{ij})은 Z_i가 취할 수 있는 가장 樂觀的인 값 (Z_i^o)이라 假定한다. 이때 目的函數 (Z_i)에 대해서 퍼지化 한 것은 式(5)와 같다.

$$\mu_i(Z_i) = \left| \frac{\mu(g_{i,j-1}) - \mu(Z_i^o)}{Z_i^o - g_{i,j-1}} \right| \cdot Z_i + \left| \frac{\mu(g_{i,j-1}) - \mu(Z_i^o)}{Z_i^o - g_{i,j-1}} \right| \cdot (-g_{i,j-1}) + \mu_i(g_{i,j-1}) \tag{5}$$

意思決定者들이 퍼지意思決定問題의 任意의 대상에 대해서 目標値를 결정할 때 표현하는 방법은 3가지로 分類할 수 있는데 첫째, "目標値보다 적으면 좋겠다." 라는 最小

化問題, 둘째로 " 目標値 近處에 到達했으면 " 하는 對等化문제, 셋째로 "目標値 以上이었으면" 하는 最大化問題로 區分할 수 있다.

따라서 本 硏究에서는 세번째 該當하는 퍼지 最大化 問題에 該當된다. 이럴 때 意思決定者들의 相互作用에 의해서 決定된 目標値는 部分連續線型函數를 사용하는데 있어서 始点($g_{i,j-1}$)으로 假定할 수 있으며, 또한 終点(g_{ij})은 本 硏究의 (段階 2)에서 언급된 上限境界値 (upper bound value)는 임의의 目的函數가 취할 수 있는 目標値들 중에서 가장 理想的인 目標値이므로 우리가 찾고자하는 滿足解는 始点과 終点사이에서 存在하게 된다.

段階 6 : 多重퍼지目標計劃法으로 式(6)과 같이 定式化한다.

$$
\begin{aligned}
&\text{Min} \quad \sum_{i=1}^{m} P_i d_i^- \\
&\text{s.t.} \quad \text{既存問題의 制約式} \\
&\qquad AX \le b \qquad\qquad\qquad (6) \\
&\qquad \mu_i(Z_i) + d_i^- - d_i^+ = \frac{1}{1+\delta_i^*(\chi)} \\
&\text{and} \quad d_i^-,\ d_i^+ \ge 0, \quad \text{모든 } i\text{에 대해서} \quad \chi \ge 0
\end{aligned}
$$

여기서 P_i는 序列等級法 (ranking method)으로 賦與한다. 그리고 $\delta_i^*(\chi) = |\mu_i(Z_i^*) - \mu_i(Z_i)|$로 구하고, $\mu_i(Z_i^*)$는 理想的인 目的函數의 멤버쉽函數 $\mu_i(Z_i)$는 주어진 目的에 대한 멤버쉽函數이다.

$1 / \{1 + \delta_i^*(\chi)\}$는 意思決定者가 成就해야 할 목적함수 ($Z_i$)의 希望水準을 나타내는 것이므로 柔軟性을 內包하고 있다. 왜냐하면 임의의 목적함수에 대한 成就希望水準을 0.5 이하의 값으로 할당한다면, 현실적인 의미로 볼 때 이것은 意思決定者의 만족의 정도가 貧弱하다는 것을 뜻하므로 목적함수에 대한 멤버쉽함수의 정도를 새롭게 조정해야 할 필요성이 나타난다. 즉, 의사결정자가 追求하는 목적에 가능한 한 近似化하기를 바라는 측면에서 볼 때는 적어도 만족의 정도에 대한 범위가 0.5 보다는 높은 것이 현실적으로 타당한 것이다. 따라서 式(6)에서 $1 / \{1 + \delta_i^*(\chi)\}$ 의 범위는 0.5 에서 1 사이의 실수값으로 정의할 수 있다. A는 $m \times n$ 行列, X는 $n \times 1$ 行列, b는 $m \times 1$ 行列, d_i^+, d_i^-는 偏差變數이며 $d_i^+ \cdot d_i^- = 0$ 이다.

段階 7 : 滿足解를 決定한다

만일 $\mu_i(Z_i) \ge 1 / \{1 + \delta_i^*(\chi)\}$이면 現在의 解가 滿足解 또는 折衷解이다. 그 밖에는 $d\{Z_i(\chi^*) - t^l g_i\}$를 最小化하는 t^l 을 決定하여서 (段階 1)로 돌아간다.

$$
\text{여기서} \quad (1) \quad Z_i(\chi^*) \ge t^l g_i \Rightarrow t^{l+1} = t^l + \frac{1-t^l}{2} \qquad (7)
$$

$$
(2) \quad Z_i(\chi^*) < t^l g_i \Rightarrow t^{l+1} = t^l - \frac{1-t^l}{2} \qquad (8)
$$

3. 事例硏究

3.1 모델의 설정

Hardwood(한국산 oak, 미국산 oak) chip들은 종이를 생산하는데 요구되는 입력 변수이다. 어떤 임의의 비율로 혼합된 이러한 chip들은 펄프를 생산하는 화학적인 도움으로 Kamyr 찜통(digestor)에서 처리되어진다. 이러한 펄프는 완전한 종이가 만들어지기 위해서 진행되어 나간다. 우리의 연구 대상에 있어서 pulp는 제품으로(output)으로 고려된다.

올바른 품질의 종이가 유지되기 위해서는 펄프의 3가지 특성치가 있다.

i) K-number
ii) Burst-factor (파열 인자)
iii) Breaking length (열 단장)

그러면 K-number는 Kamyr 찜통의 물질을 화학적으로 처리하는 용액 혹은 침지(沈漬)의 간접지시약

이다.

만일 chip들을 첩통속에 밀어 넣어서 이것이 과잉처리 되었다면, chip들이 과도하게 분해될 것이며, 따라서 K-number는 lower가 될 것이다. 이 분해된 원료는 공장에서 버리는 것으로 간주한다. 반면에 chip들이 덜 처리가 되었다면 K-number는 high로 나타내어진다. 그러면 다음 단계에서 표백약의 소모는 높게 될 것이다. 그래서 K-number는 한계선 내에서 엄격하게 유지되어야 하는 가장 중요한 특성치이다.

다른 두개의 특성치들은 완제품인 종이의 강도를 결정하는 것이다. Hardwood chip들의 비율은 쉽게 조정될 수 있다.

모든 공정변수들은 control할 수 있으며, 직접 측정할 수 있다. 다음은 입력변수와 공정변수와 출력변수를 상세하게 나타내주고 있다.

표3.1 모델 변수와 실측치

입력	: (X_1) Hardwood (%)	30 ~ 45
공정 변수	: (X_2) 상한처리온도 범위 (°C)	160 ~ 180
	(X_3) 하한처리온도 범위 (°C)	160 ~ 170
	(X_4) 저압증기압력 (Kg/cm^2)	2.0 ~ 4.0
	(X_5) 고압증기압력 (Kg/cm^2)	7.0 ~ 10.0
	(X_6) 활성알칼리(NaOH) (%)	10.0 ~ 15.0
	(X_7) 황화물 (%)	18.0 ~ 30.0
	(X_8) 알칼리지표 (no)	7.0 ~ 10.0
출력(제품) 특성치		
	(Y_1) K-number	11.8 ~ 14.6
	(Y2) Burst-factor (파열 강도)	close to 55 (단위 無)
	(Y3) Breaking length (열단장)	close to 6.8 (Km)

위의 표3.1에 나타난 Data는 15일 동안 D-pulp Co.에서 측정한 실측 데이타 이다.

3.2 다중회귀 분석

다중회귀 분석의 결과가 다음과 같이 구해졌다.

$$Y_1 = 0.085X_1 + 0.438X_2 + 0.174X_3 + 0.620X_4 + 0.036X_5 - 3.235X_6 + 0.107X_7 + 2.417X_8 - 80.544 \quad (9)$$

$$Y_2 = 0.344X_1 + 0.925X_2 - 0.843X_3 + 6.476X_4 - 0.232X_5 - 0.630X_6 + 0.474X_7 - 7.011X_8 + 62.553 \quad (10)$$

$$Y_3 = -0.028X_1 - 0.063X_2 + 0.047X_3 + 0.049X_4 + 0.131X_5 + 0.189X_6 - 0.062X_7 + 0.361X_8 + 5.676 \quad (11)$$

위에서 구한 식을 개발된 다중퍼지목표계획법에 적용시키기 위해서 다음과 같은 변수 변환이 필요하다.

$$X_1' = X_1 - 30,\quad X_2' = X_2 - 160,\quad X_3' = X_3 - 160$$
$$X_4' = X_4 - 2,\quad X_5' = X_5 - 7,\quad X_6' = X_6 - 10$$
$$X_7' = X_7 - 18,\quad X_8' = X_8 - 7$$
$$Y_1' = Y_1 - 11.8,\quad Y_2' = Y_2 \sim 50,\quad Y_3' = Y_3 \sim 6.8$$

변형된 식들을 식 (9),(10),(11)에 代入해서 정리하면

$$Y_1' = 0.085X_1' + 0.438X_2' + 0.174X_3' + 0.620X_4' + 0.036X_5' - 3.235X_6' + 0.107X_7' + 2.417X_8' + 19.713$$

$$Y_2' = 0.344X_1' + 0.925X_2' - 0.843X_3' + 6.476X_4' - 0.232X_5' - 0.630X_6' + 0.474X_7' - 7.011X_8' + 50.476$$

$$Y_3' = -0.028X_1' - 0.063X_2' + 0.047X_3' + 0.049X_4' + 0.131X_5' + 0.189X_6' - 0.062X_7' + 0.361X_8' + 6.592$$

3.3 모델의 가정

앞 절의 Y_1', Y_2', Y_3'식 중에서 상수항 부분을 제외한 것을 목적 함수 Z_1(K-number), Z_2(Burst-factor), Z_3(Breaking length)로 가정한다. 따라서 다목적 계획법으로 정식화 해보면

$$Z_1(\text{K-number}) = 0.085X_1' + 0.438X_2' + 0.174X_3' + 0.620X_4' + 0.036X_5' - 3.235X_6' + 0.107X_7' + 2.417X_8'$$
$$Z_2(\text{Burst-factor}) = 0.344X_1' + 0.925X_2' - 0.843X_3' + 6.476X_4' - 0.232X_5' - 0.630X_6' + 0.474X_7' - 7.011X_8'$$
$$Z_3(\text{Breaking length}) = - 0.028X_1' - 0.063X_2' + 0.047X_3' + 0.049X_4' + 0.131X_5' + 0.189X_6' - 0.062X_7' + 0.361X_8'$$

제약식들은 다음과 같다.

$$X_1' \le 15,\quad X_2' \le 20,\quad X_3' \le 10,\quad X_4' \le 2$$
$$X_5' \le 3,\quad X_6 : ' \le 5,\quad X_7' \le 12,\quad X_8' \le 3$$

이 문제를 다목적선형계획법으로 해를 구하면 다음과 같다.

$$Z_1(\text{K-number}) = 14.921,\quad Z_2(\text{Burst-factor}) = 83.242,\quad Z_3(\text{Breaking-length}) = 6.348$$

그리고 펄프 제조 공정의 관계자들의 견해에 의하면 $g_1 = 14$, $g_2 = 60$, $g_3 = 6.8$ 정도면 만족한다고 가정했다. 여기서 g_i는 가정된 i번째 목표치를 나타낸다.

따라서 위의 결과를 가지고 개발된 알고리즘순으로 수행한 결과는 다음과 같다.

$$\mu_2(Z_1) = 0.006X_1 + 0.032X_2 + 0.013X_3 + 0.045X_4 + 0.003X_5 - 0.236X_6 + 0.008X_7 + 0.176X_8 - 0.12$$
$$\mu_2(Z_2) = 0.004X_1 + 0.010X_2 - 0.009X_3 + 0.071X_4 - 0.003X_5 - 0.007X_6 + 0.005X_7 - 0.077X_8 - 0.12$$
$$\mu_3(Z_3) = - 0.006X_1 - 0.013X_2 + 0.010X_3 + 0.010X_4 + 0.027X_5 + 0.040X_6 - 0.013X_7 + 0.074X_8 - 0.34$$

3.4 다중퍼지목표계획법의 정식화

다중퍼지목표계획법의 알고리즘에 의하면 표3.1은 다음과 같이 정식화 된다.

$$\text{Min} \quad p_1 (d_1^+ + d_1^-) + p_2 d_2^- + p_3 d_3^-$$

$$\begin{aligned}
\text{s.t.}\quad & 0.006X_1 + 0.032X_2 + 0.013X_3 + 0.045X_4 + 0.003X_5 \\
& - 0.236X_6 + 0.008X_7 + 0.176X_8 + d_1^- - d_1^+ = 0.84 \\
& 0.004X_1 + 0.010X_2 - 0.009X_3 + 0.071X_4 - 0.003X_5 \\
& - 0.007X_6 + 0.005X_7 - 0.077X_8 + d_2^- - d_2^+ = 0.76 \\
& - 0.006X_1 - 0.013X_2 + 0.010X_3 + 0.010X_4 + 0.027X_5 \\
& + 0.040X_6 - 0.013X_7 + 0.074X_8 + d_3^- - d_3^+ = 0.99
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_1 + d_4^- - d_4^+ = 15 \\
& X_2 + d_5^- - d_5^+ = 20 \\
& X_3 + d_6^- - d_6^+ = 10 \\
& X_4 + d_7^- - d_7^+ = 2 \\
& X_5 + d_8^- - d_8^+ = 3 \\
& X_6 + d_9^- - d_9^+ = 5 \\
& X_7 + d_{10}^- - d_{10}^+ = 12 \\
& X_8 + d_{11}^- - d_{11}^+ = 3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 0.085X_1 + 0.438X_2 + 0.174X_3 + 0.620X_4 + 0.036X_5 \\
& -3.235X_6 + 0.107X_7 + 2.417X_8 + d_{12}^- - d_{12}^+ = 14 \\
& 0.344X_1 + 0.925X_2 - 0.843X_3 + 6.476X_4 - 0.232X_5 \\
& - 0.630X_6 + 0.474X_7 - 7.011X_8 + d_{13}^- - d_{13}^+ = 60 \\
& - 0.028X_1 - 0.063X_2 + 0.047X_3 + 0.049X_4 + 0.131X_5 \\
& + 0.189X_6 - 0.062X_7 + 0.361X_8 + d_{14}^- - d_{14}^+ = 6.8
\end{aligned}$$

$$X_1, \ldots, X_8 \ge 0,\quad d_i^-, d_i^+ \ge 0,\quad i=1, \ldots, 14$$

따라서 다중퍼지목표계획법의 만족해를 구해보면 표3.2와 같다.

표3.2 사례연구의 만족해

decision variables (X_J)	$\mu_i(Z_i)$	$Z_i(X)$
X_4 = 23.7116 X_6 = 8.5940 X_8 = 11.2322	$\mu_1(Z_1)$ = 0.8957 $\mu_2(Z_2)$ = 0.638 $\mu_3(Z_3)$ = 1.00	Z_1(K-number) = 14.047 Z_2(Burst-factor) = 69.393 Z_3(Breaking length) = 6.84

3.5 사례연구의 결과 분석

以上의 결과에서 나타난 것처럼 본 연구에서 제안한 멤버쉽 함수 도출식 (5)에 의해서 나온 멤버쉽함수를 첫번째 목적함수와 세번째 목적함수는 만족하고 있으며, 두번째 목적함수는 약간 못 미치고 있다. 이것은 두번째 목적함수의 목표치 설정이 수정되어져야 함을 의미하는 것이다. 또한 펄프 제조 공정의 관계자들의 견해에 의해서 가정된 목표치(g_i)들 (K-number, Burst factor, Breaking length)모두를 만족하고 있다. 따라서 이러한 결과들이 내포하고 있는 것은 펄프 제조 공정의 관계자들에 의해서 가정된 목표치들을 만족하면서 또한 의사결정자들의 성취 희망 수준 즉, 목적함수들의 멤버쉽 함수 $\mu_i(Z_i)$를 거의 만족시키고 있다. 이것은 의사 결정자들이 의도했던바를 거의 만족시키고 있으므로 바람직한 현상이라고 볼 수 있다.

4. 結論

최근의 불확실한 상황하에서의 의사결정에 대한 높은 관심과 Fuzzy 집합 이론의 지속적인 발전은 의사결정과정의 불명확성을 해결하려고 하는 다중퍼지목표계획법의 발전을 가속화하여 오고 있다.

본 연구에서는 이러한 개념을 근거로 해서 불확실한 특정치를 갖는 문제를 보다 쉽게 처리하기 위하여 새로운 다중퍼지목표계획법을 개발하였다.

본 연구에서 개발된 다중퍼지목표계획법은 의사결정자의 각 목표에 대한 성취희망수준을 멤버쉽함수를 사용하여 계량화 시키고, 이를 이용하여 의사결정자의 만족해를 구하고자 하는 방법이다.

본 연구에 적용된 사례를 이와같은 방법으로 해결한 결과들을 보면 불확실한 상황에서 의사 결정자가 설정한 목표치와 이 목표에 대한 성취희망수준이 거의 일치함을 보여 준다. 이것은 설정된 목표치가 거의 정확하게 예측되었고 가령, 정확하게 예측이 되지 않았다면 이것에 대한 수정이 요구됨을 제시하며, 여기에 대한 성취희망수준들은 만족의 정도로서 의사 결정자의 만족도와 일치함을 보여준다.

그러나 본 연구에서 개발된 다중퍼지목표계획법은 다목적선형계획법만을 대상으로 하기 때문에 비선형의사결정문제에 대한 적용은 어렵다. 또한 본 기법은 다목적선형계획기법중 대화형 접근 방식이 지니고 있는 일반적인 약점 즉, 의사결정자의 선호도에 의해서 유도된 선호 정보의 一貫性 缺如등의 문제점을 지니고 있다. 이는 의사결정자의 선호정보 자체가 원래 애매모호하다는 특성에 연루한 것이므로 쉽게 해결될 문제는 아니나, 선호해를 일정한 범위를 지닌 것으로 표현 함으로써 어느정도 그 해결이 可能하다.

앞으로의 研究課題는 非線型計劃 問題들에 대한 멤버쉽 函數의 導出方法을 體系的으로 할 수있는 客觀的인 數學的모델을 提示해야 될 것 같으며, 意思決定過程의 不確實性을 가능한 減少시킬 수 있는 函數의 開發에 관심을 가져야 할 것이다.

參考文獻

1. M.Zeleny, "*Multiple Criteria Decision Making,*" Mcgraw-Hill New York, 1982, PP. 53-61.
2. L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information Control*, vol. 8, 1965, pp 338-342.
3. R. E. Bellman and L. A. Zadeh, " Decision-Making in a Fuzzy Environment," *Mgmt. sci.*, vol. 17, 1970, pp. 141-164.
4. J. Dombi, "membership Function As an Evaulation," *Fuzzy sets and systems*, vol. 35, 1990, pp. 1-21.
5. V. Dimitru and F. Luban, "On some Optimization Problems under Uncertainty," *Fuzzy sets and systems*, Vol. 18, 1986, pp. 252-272.

6. H. Z. Zimermann, "Fuzzy Programming and Linear Programming with Several Objective Functions ," *Fuzzy sets & systems*, Vol. 1, 1978, pp. 44-55
7. M. Sakawa, "Interactive Computer Programs for Fuzzy Linear Programming with Miltiple Objectives," *Int. J. Man-Machine Stud.* Vol. 18, 1983, pp. 489-503.
8. E.L. Hannan, "LP with Multiple Fuzzy Goals," *Fuzzy sets & systems*, Vol. 6, 1981, pp. 235-248.
9. M.R.Civanlar & H.J.Trussel, "Constructing Membership Functions Using Statistical Data," *Fuzzy sets and systems*, Vol. 18, 1986, pp.1-14
10. P.Zysno, "*Modelling Membership Functions*," in: B. Reiger, Ed., Empirical Semantics, 1981, pp. 350-375.
11. W. Ostasiewicz, "A New Approach to Fuzzy Programming," *Fuzzy sets & systems*, Vol. 7, 1982, pp. 139-152.
12. A. Charnes & W. W. Cooper, "Goal Programming and Multiple Objective optimizations," *European J. Operational Res.*, Vol. 1., 1977, pp. 39-54.
13. Joo-young Park & Suh-ill Song, "Optimum of Q.C Problem with Uncertain Characteristics Using Fuzzy Goal Programming," The 4TH Sino-Korea Quality Symposium, 1990, pp.233-241.
14. Ram Narasimhan, "Goal Programming in a Fuzzy Environment," *Decision Sci.*, Vol.11, 1980, pp. 325-326.
15. F. S. Hillier & G.J.Liberman, "*Intro. to Operations Research*," 3ed., 1980, pp. 755-758.
16. 박성현, "回歸分析," 大英社, 1982.