

퍼지정량화 이론을 이용한 공정계획 선택에 관한 연구 (A Study on Process-Plan Selection via Fuzzy Quantification Theory)

이 노 성, 임 춘 우

Abstract : This paper describes a new process-plan selection method using a modified Fuzzy Quantification Theory(FQT). The problem for process-plan selection can be characterized by multiple attributes and used subjective, uncertain information. Fuzzy Quantification Theory is used for handling such informations because it is a useful tool when human judgment or evaluation is quantified via linguistic variables and the proposed method is concerned with the selection of a process plan by derivation of the values of categories for each attribute. In this paper, a modified Fuzzy Quantification Theory(FQT) is described and the procedure of this approach is explained and examples are illustrated.

Keywords : cellular manufacturing, process planning selection, Fuzzy Quantification Theory, multiple attributes

1. 서 론

생산공정의 주요목적은 생산비용과 시간을 최소화하고 제품의 품질을 최대화하는 것이며, 공정계획은 주어진 생산 환경 내에서 모든 요소들과 변수들을 최적화하도록 이루어 진다. 공정계획은 부분품 또는 완제품을 생산하도록 설계 데이터를 작업 지시로 전환하는 작업으로서, 어떠한 공정계획을 선택하는가에 따라서 제품의 품질과 생산 효율, 비용에 영향을 미치게 된다.

전통적으로 공정계획은 주로 사람의 경험에 의해서 결정, 실행되어 왔기 때문에, 이러한 과정은 노동 집약적이며 비일관적이며 때로는 부적절한 방법으로 진행되어 왔다. 최근에는 산업 자동화의 발달에 따라 CAD와 CAM의 통합에 관심이 집중되고 있고, 많은 CAPP 시스템이 개발되었을지라도 공정계획은 아직도 대부분 수동적으로 이루어 지고 있다.[1,2]

공정계획에서는 작업, 경로, 기계, 설비, 작업 흐름등의 생산 변수들을 명시하고 있다. 가공할 단위 부품에 대해서 많은 공정 계획들이 만들어지며, 공정계획들을 선택하는 문제는 이러한 생산 변수들과 연관되어 있기 때문에 상당히 복잡한 문제로서 고려되고 있다. 즉, 공정계획은 생산 비용과 작업 시간을 최소화하는 동시에 품질을 최대화하는 다중의 생산 목적을 달성하도록 설계해야 하기 때문에 다속성 의사결정(MADA) 문제에 귀속된다.

생산 변수들이 선택될 때, 때때로 주관적이며 불확실하고 부정확한 정보를 사용할 수가 있다. 이러한 부정확한 정보를 다루기 위하여 속성들의 가중치를 결정하는 퍼지정량화이론(FQT)이 소개되었으며, 본 논문에서는 FQT를 이용한 공정계획 선택 방법을 제안한다. 제안된 접근 방법은 먼저 각 속성에 대한 동일 범주의 값을 구하고, 이에 따라서 최상의 공정계획을 선택하는 것이다.

2. 퍼지 정량화 이론(FQT)

정량화 이론을 확장한 퍼지 정량화 이론(FQT)은 퍼지 논리 개념으로 정성적인 시험을 분석하는데 사용되는 방법이다.[3,4]

* 특허청 특허심사관

** LG생산기술원 책임연구원

그것은 퍼지 데이터와 퍼지 이벤트들을 다루는 과정을 설명하도록 개발되었다.

본 논문에서는 공정계획 선택 문제에 대하여 Watada등에 의해 제안된 FQT-II를 이용하며, 여기서 분석대상들과 정성적 속성값사이의 관계를 적절하게 나타내고 있다.[4] FQT의 수학적 배경과 FQT-II의 내용은 다음과 같다.

2.1 퍼지 정량화 이론(FQT)의 특성

표준 확률 영역을 (Ω, \mathcal{F}, P) 라고 하자. 여기서 Ω 는 표본 영역, \mathcal{F} 는 Ω 의 부집합의 σ -field, P 는 확률 측정치이다. E 를 일반 집합이라고 하면 $E \in \mathcal{F}$, 그리고 X_E 는 속성 함수라고 하면, 집합 E 가 일어날 확률은 식(2.1)과 같다.

$$P(E) = \int X_E(\omega) dP, \quad (2.1)$$

여기서 $X_E(\omega) = \begin{cases} 1 & \text{if } \omega \in E \\ 0 & \text{if } \omega \notin E \end{cases}$ 이다.

F 를 또다른 집합이라 하고, 그 멤버십 함수를 μ_F 라고 하자. 집합 F 가 발생할 확률을 식(2.2)와 같이 정의되므로 F 는 퍼지 집합이 된다.

$$P(F) = \int X_F(\omega) dP; \quad \mu_F(\omega) : \Omega \rightarrow [0, 1], \quad (2.2)$$

퍼지 집합에 대한 멤버십 함수는 확률과 다르다. 즉, 확률은 사건의 발생 빈도 또는 비율을 기본으로 한 불확실성 정도의 측정치임에 대하여 퍼지 멤버십 함수는 사건이 내포하고 있는 모호함의 정도와 연관되어 있다.[5] 위의 정의로부터 주어진 표본 (x_1, \dots, x_n) 의 퍼지 집합 크기, 퍼지 평균값, 퍼지 분산을 다음과 같이 정의할 수 있다.

정의 1 퍼지 집합의 크기

표본 (x_1, \dots, x_n) 가 주어지며, 퍼지 그룹 $A_i, i=1, \dots, K$ 의 멤버십 함수를 $\mu_{A_i}(x_\omega)$ 으로 정의하자. 그때 주어진 표본 (x_1, \dots, x_n) 에 대한 퍼지 집합의 크기는 다음과 같이 표현된다.

$$N(A) = \sum_{\omega=1}^n \mu_{A_i}(x_\omega) \quad (2.3)$$

식(2.3)으로부터, 퍼지 집합의 크기는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$N = \sum_{i=1}^K N(A_i) \quad (2.4)$$

표본 평균과 표본 분산은 표본에 대한 퍼지 집합의 크기를 사용하여 정의될 수 있다.

정의 2 퍼지 평균과 분산

변수 x 에 대한 퍼지 평균과 퍼지 분산은 다음과 같이 표현된다.

$$m_A = \frac{1}{N(A)} \sum_{\omega=1}^n x_{\omega} \mu_A(x_{\omega}), \text{ 그리고} \quad (2.5)$$

$$\sigma_A^2 = \frac{1}{N(A)} \sum_{\omega=1}^n (x_{\omega} - m_A)^2 \mu_A(x_{\omega}) \quad (2.6)$$

2.2 퍼지 정량화 이론-II

Watada등에 의해 제안된 FQT-II의 목적은 [0,1]의 멤버십값을 갖는 정성적 변수들에 의해 퍼지 그룹들 사이의 관계를 구하는 것이다. FQT-II에 의해 다루어지는 데이터의 형태는 표 2.1와 같다. 퍼지 그룹 B는 표본의 퍼지 집합을 나타내고 퍼지 그룹 A는 정성적 범주에 대응하는 정도를 나타내는 정보이다.

표 2.1 FQT-II에 대한 데이터
Table 2.1 Data for the FQT-II

| NO. | 퍼지 외부 표준 | 범주 |
|----------|---|---------------------------------------|
| | B_1, \dots, B_M | A_1, \dots, A_K |
| 1 | $\mu_{B_1}(1), \dots, \mu_{B_M}(1)$ | $\mu_1(1), \dots, \mu_K(1)$ |
| \vdots | \vdots | \vdots |
| ω | $\mu_{B_1}(\omega), \dots, \mu_{B_M}(\omega)$ | $\mu_1(\omega), \dots, \mu_K(\omega)$ |
| \vdots | \vdots | \vdots |
| n | $\mu_{B_1}(n), \dots, \mu_{B_M}(n)$ | $\mu_1(n), \dots, \mu_K(n)$ |

퍼지 그룹 A와 B사이의 관계를 분석하기 위하여, $y(\omega)$ 를 ω 의 목적함수라고 하고, α_i 를 범주 A_i 의 가중치라고 하자. 그러면 두 그룹의 선형 방정식은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$y(\omega) = \sum_{i=1}^K \alpha_i \mu_i(\omega) \text{ for } \omega = 1, \dots, n. \quad (2.16)$$

다시 말해서, FQT-II의 목적은 실수축 선상에서 퍼지 그룹 B의 최적 분리를 나타내는 가중치 α_i 를 결정하는 것이다. FQT-II의 원리는 총 분산에 관련된 그룹간의 분산인 퍼지 분산비를 최대화 하는 것이다. 즉,

$$\max \left\{ \eta^2 = \frac{SS_B}{SS_T} \right\} \quad (2.17)$$

여기서 η^2 : 퍼지 분산비,

SS_T : 총분산의 2차형

SS_B : 그룹 B 간의 분산

식 (2.16)에서의 가중치 α_i 를 구하기 위한 방법은 다음과 같다.

단계 1) 주어진 부품에 대하여 공정계획자로부터 표 2.1의 데이터를 수집한다.

단계 2) $\mu_i(\omega)$, $\bar{\mu}_i$, μ_i 에 대한 (Mn, K)행렬 A , \bar{A}_G , 와 \bar{A} 를 계산한다. 여기서

$$A = \begin{bmatrix} \mu_1(1), \dots, \mu_K(1) \\ \vdots \\ \mu_1(n), \dots, \mu_K(n) \end{bmatrix}, \bar{A}_G = \begin{bmatrix} \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_K \\ \vdots \\ \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_K \end{bmatrix}, \text{ and } \bar{A} = \begin{bmatrix} \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_K \\ \vdots \\ \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_K \end{bmatrix}$$

또한 멤버십값 $\mu_{B_i}(\omega)$, $\omega = 1, \dots, n$ 로 부터 구성되는 (Mn, Mn) 대각선 행렬 G를 계산한다. 여기서 대각선 행렬 G는 다음과 같이 표시된다.

$$G = \begin{bmatrix} \mu_{B_1}(1), & & & & 0 \\ & \ddots & & & \\ & & \mu_{B_1}(n), & & \\ & & & \mu_{B_1}(1), & \\ 0 & & & & \ddots \\ & & & & & \mu_{B_M}(n), \end{bmatrix}$$

단계 3) 위의 행렬을 이용하여 SS_T 와 SS_B 를 계산한다. 여기서 $a' = [\alpha_1, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_K]$ 를 이용하여 SS_T 와 SS_B 는 다음과 같이 구하여 진다.

$$SS_T = a'(A - \bar{A})'G(A - \bar{A})a \text{ and} \quad (2.20)$$

$$SS_B = a'(\bar{A}_G - \bar{A})'G(\bar{A}_G - \bar{A})a \quad (2.21)$$

단계 4) η^2 를 최대화하는 가중치 함수 α_i 를 구한다.

Eigenvalue 시스템은 가중치 벡터 a' 를 구하기 위한 틀로서 사용될 수 있다. P와 Q를 $(A - \bar{A})'G(A - \bar{A})$ 와 $(\bar{A}_G - \bar{A})'G(\bar{A}_G - \bar{A})$ 로 하면, $SS_T = a'Pa$ 와 $SS_B = a'Qa$ 가 성립한다. 식 (2.22)로부터 Eigenvalue 문제를 얻을 수 있다.[4]

$$(Q - \eta^2 P)a = 0 \quad (2.22)$$

대수적 가중치 함수 a' 는 최대 Eigenvalue에 부합하는 Eigenvector에 의해 주어진다.

3. 퍼지 이론을 이용한 공정계획 선택 알고리즘

FQT에서, 각 속성에 대한 동일 범주의 가중치는 참여하는 공정계획자의 의사 결정과정을 분석하여 얻어진다. 그러나 FQT는 데이터에 여러 조건이 존재하기 때문에 공정계획 선택 문제를 위해서는 사용될 수 없다. 이러한 문제를 다루기 위해 본 논문에서는 수정된 FQT를 제시하고자 한다.

3.1 수정된 퍼지정량화 이론-II

공정계획자 ω , $\omega = 1, \dots, n$ 은 M가지의 다른 공정계획 B_1, \dots, B_M 중에 하나를 선택한다고 가정하자. 속성 A_i 는 언어적 변수들 C_1, \dots, C_K 를 사용하여 K가지 범주로 분류된다. 수정된 FQT-II에 대한 데이터는 표 3.1과 같다.

표 3.1 수정된 FQT-II에 대한 데이터
Table 3.1 Data for the Modified FQT-II

| 공정 계획자 | 대안 | 속성 A_i |
|-----------|---|---------------------------------------|
| | B_1, \dots, B_M | C_1, \dots, C_K |
| 1 | $\mu_{B_1}(1), \dots, \mu_{B_M}(1)$ | $\mu_1(1), \dots, \mu_K(1)$ |
| \vdots | \vdots | \vdots |
| ω | $\mu_{B_1}(\omega), \dots, \mu_{B_M}(\omega)$ | $\mu_1(\omega), \dots, \mu_K(\omega)$ |
| \vdots | \vdots | \vdots |
| n | $\mu_{B_1}(n), \dots, \mu_{B_M}(n)$ | $\mu_1(n), \dots, \mu_K(n)$ |

표 3.1은 두 가지 다른 퍼지 집합 즉, 퍼지 대안 집합과 퍼지 속성 집합을 가진다. 퍼지 대안 집합은 공정계획의 선호도를 표시하는 행렬이며, μ_{B_i} 는 i번째 공정에 대한 선호 정도를 나타낸다. 퍼지 대안 집합에 부과된 조건은 다음과 같이 나타난다.

$$a) 0 \leq \mu_B(\omega) \leq 1 \quad \text{for } j=1, \dots, M, \quad (3.1)$$

$$b) \sum_{j=1}^M \mu_B(\omega) = 1 \quad \text{for } \omega=1, \dots, n, \quad \text{and} \quad (3.2)$$

$$c) \sum_{\omega=1}^n \mu_B(\omega) > 1 \quad \text{for } j=1, \dots, M. \quad (3.3)$$

퍼지 속성 집합은 ω 번째 공정계획자가 가장 선호하는 공정계획에 대해서 범주 C_i 에 응답하는 정도인 μ_i 의 속성값 행렬이다. 퍼지 속성 집합에 대한 조건들은 다음과 같다.

$$a) 0 \leq \mu_i \leq 1 \quad \text{for } i=1, \dots, K, \quad (3.4)$$

$$b) \sum_{\omega=1}^n \mu_i(\omega) > 0 \quad \text{for } i=1, \dots, K. \quad (3.5)$$

FQT-II의 주목적은 속성 A_i 에 대한 범주 벡터 C 의 선형 방정식을 사용하여 실수축 상의 퍼지 대안 집합의 구조를 표현하는 것이다. 그러나 수정된 FQT-II에서 해를 구하기 위하여는 주어진 속성에 대한 각 범주의 상대적 중요성에 대하여 정보가 필요하다. $y(\omega)$ 를 ω 번째 공정계획자의 목적 함수라고 하고 w 를 속성에 대한 상대적 가중치 벡터라고 하자. 그러면, 선형 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$y(\omega) = \sum_{i=1}^K w_i \mu_i(\omega) \quad \text{for } \omega=1, \dots, n. \quad (3.6)$$

즉, 수정된 FQT-II는 실수축 상의 퍼지 대안 집합을 최적으로 분리하는 상대적 가중치 벡터 w 를 결정하는 것이다. 퍼지 집합의 분리도는 퍼지 분산비 η^2 로써 정의된다. 즉

$$\eta^2 = \frac{SS_B}{SS_T} \quad (3.7)$$

여기서, η^2 : 퍼지 집합의 분리도

SS_B : 퍼지 대안 집합 사이의 분산

SS_C : 퍼지 속성 집합 사이의 분산,

그리고 $SS_T = SS_B + SS_C$ 이다

SS_T 와 SS_B 항은 $SS_T = CTC$ 와 $SS_B = C'BC$ 와 같은 가중치 벡터 C 를 이용한 2차식으로 표현된다. 여기서 C' 는 C 의 전치 행렬이다. 행렬 T 와 B 는 각각 행렬 P, Q 라 하자. 그러면, 수정된 FQT-II의 해는 다음과 같이 구해진다.

$$(B - \eta^2 T)C = 0 \text{을 만족하는 } \eta^2 \text{의 최대값} \quad (3.8)$$

범주 벡터 C 로부터 상대적 가중치 벡터 w 의 성분은 다음으로부터 얻어진다.

$$w_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^K C_i} \quad \text{for } i=1, \dots, K. \quad (3.9)$$

상대적인 가중치 벡터 w 로부터, 공정계획자에 대한 목적 함수는 식 (3.6)로부터 구해진다.

3.2 공정계획 선택 과정

본 절에서는 수정된 FQT-II를 이용하여 공정계획을 선택하는 과정이 제시된다. 주어진 부품에 대한 많은 공정계획이 부품의 구조, 생산 작업, 설비, 인간의 판단을 기반으로 하여 만들어진다고 가정하자. 선택된 공정계획들로부터, 속성값들이 정량적으로 평가될 수 있다.

단계 1) 속성을 정의한다.

분석될 속성들을 정의한다. 예를 들면, 생산 비용과 작업 시간의 최소값이 목적이라면, 속성은 비용과 시간이 된다.

단계 2) 각 속성에 대한 언어적 변수를 사용하여 범주를 정의한다.

속성의 정도는 언어적 변수를 사용하여 범주들로 분

류할 수 있다. 예를 들면, 비용이 3개의 범주로 분류될 수 있을 때, 언어적 변수들은 "비싼", "합리적인", "값싼"이 사용될 수 있다.

단계 3) 참여하는 공정계획자로부터 표 3.1의 데이터를 수집한다.

단계 4) 식 (3.8)과 (3.9)을 이용하여 상대적 가중치 벡터 w 를 구하고 각 공정계획자를 위한 목적 함수를 계산한다.

단계 5) 참여하는 공정계획자들 중에 식(3.6)에 최대 목적 함수를 가지는 공정계획을 선택한다.

4. FQT-II의 적용 및 고찰

본 절에서는 다 속성 의사결정 문제를 해결하기 위해 제시된 FQT-II의 적용 과정을 예제들을 통하여 예시한다.

먼저 그림 4.1의 부품을 생산한다고 가정하여 보자. milling 공정에서 face milling이 V2와 V3, peripheral milling이 V1, V4와 V5를 위해 사용된다. 드릴링 공정에서, C1, C2, C3와 C4는 blind-holes이며, C5는 through-hole이다. 부가적으로 grinding 공정이 C5를 위해 사용된다.

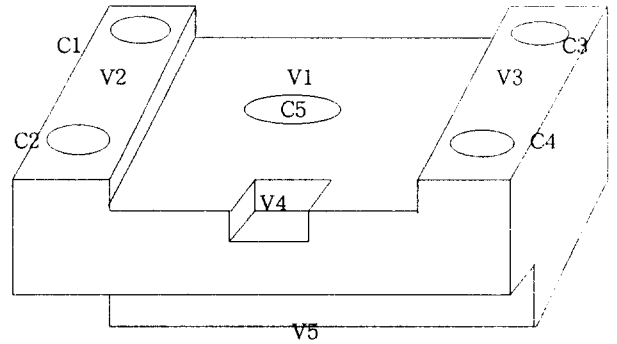


그림 4.1 대상 부품
Fig. 4.1 Sample Part

본 예제에서는 두 가지 가능한 공정계획들이 제시되었다. 첫 번째 공정계획에서는 특정 지향법을 사용하여 작업 순서가 결정되었다. 표면 V1에서 V5까지는 milling 머신에 의해 작업되며 combination 드릴이 모든 hole에 사용되었다. 두 번째 공정계획에서는 clustering 방법에 의해 작업 순서가 결정되었다. 표면 V1, V2, V3, 그리고 V4는 같은 접근 방향을 가지기 때문에 같은 군으로 묶여지고, V5는 다른 군으로 분류된다. 또한 hole에 대해서, 중앙 드릴이 C1, C2, C3, 및 C4에 사용되고, deep-hole 드릴이 C5에 사용된다. 위의 두 가지 다른 접근 방법에 대한 작업 순서는 표 4.1과 같이 나타낼 수가 있다.

표 4.1 공정계획의 비교표
Table 4.1 Two Feasible Process Plans

| 공정계획 | 순서 |
|------|---|
| 1 | {V2,V3} {V1,V4,V5} {C1,C2,C3,C4,C5} |
| 2 | {V2,V3} {V1,V4} {C5} {C1,C2,C3,C4} {V5} |

이 공정계획의 목적은 생산 비용과 작업 시간을 최소화하는 것이다. 작업 순서와 사용되는 기계에 따른 생산비용과 작업 시간은 표 4.2와 같이 추정되어진다.

표 4.2 공정계획들의 추정치

Table 4.2 Estimated Values for Process Plans

| 속성 | 공정계획 1 | 공정계획 2 |
|----|--------|--------|
| 비용 | \$35 | \$32 |
| 시간 | 45초 | 55초 |

단계 1) 생산 비용과 작업 시간을 최소화하는 것이 목적으로 하기 때문에 속성들은 비용과 시간으로 정의된다.

$$(A1, A2) = (\text{비용}, \text{시간})$$

단계 2) 속성의 정도는 언어적 변수를 사용하여 범주들로 나누어진다. 비용 속성은 "매우 비싼", "비싼", "합리적인", "값싼", "매우 값싼" 다섯 가지 범주로 분류하였으며, 시간 속성의 경우에 세가지 범주 즉, "높은", "합리적인", "낮은", 가 사용되었다. 비용과 시간의 속성들은 다음과 같다.

$$(C1, C2, C3, C4, C5) =$$

(매우 비싼, 비싼, 합리적인, 값싼, 매우값싼)

$$(C6, C7, C8) = (\text{높은}, \text{합리적인}, \text{낮은})$$

단계 3) 5명의 공정계획 담당자가 비용과 시간에 따른 두 가지 가능한 공정계획을 평가했다. 평가된 내용은 표 4.3에 표시되어 있다. 예를 들면, 공정계획 1과 2에 대한 네번째 공정계획자의 선호도는 각각 0.7과 0.3이었다. 이것은 공정계획자가 공정계획 2보다 공정계획 1을 40% 이상 더 선택할 것임을 의미한다. 공정계획 1에 대하여, 계획자는 비용의 가중치로써 "합리적인"은 0.6, "값싼"은 0.3, "비싼"은 0.1로 추정하였다. 시간 속성의 경우에, 계획자는 "높은"은 0.3, "합리적인"은 0.7의 가중치를 부여하였다.

표 4.3 평가 데이터

Table 4.3 Evaluated Data

| 공정 계획자 | 대안 | | 비용(\$) | | | | | 시간(sec) | | |
|-----------|---------|---------|--------|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|
| | 계획 1 | 계획 2 | VE | E | R | C | VC | H | R | L |
| 1 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.2 | 0.7 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.8 | 0.0 |
| 2 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.6 | 0.3 | 0.2 | 0.8 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 1.0 | 0.1 | 0.1 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.2 |
| 4 | 0.7 | 0.3 | 0.0 | 0.1 | 0.6 | 0.3 | 0.0 | 0.3 | 0.7 | 0.0 |
| 5 | 0.2 | 0.8 | 0.0 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.3 |

VE: 매우 비싼, E: 비싼, R: 합리적인, C: 값싼, VC: 매우 값싼, H: 높은, M: 중간의, L: 낮은

단계 4) 표 4.4에서 상대적인 가중치 벡터 w는 식 (3.8)과 (3.9)에서 얻어진다. 주 범주는 비용 속성에서는 "값싼"이며 시간 속성에서는 "낮은"이다.

표 4.4 범주들의 상대적인 가중치

Table 4.4 Relative Weights of Categories

| 속성 | 범주 | 상대적인 가중치 |
|----|-------|----------|
| 비용 | 매우 비싼 | -0.102 |
| | 비싼 | 0.696 |
| | 합리적인 | -1.250 |
| | 값싼 | 2.522 |
| | 매우값싼 | 0.526 |
| 시간 | 높은 | -0.185 |
| | 합리적인 | 0.000 |
| | 낮은 | 1.185 |

단계 5) 표 4.5에서 다섯 명의 공정계획자의 목적 값들이 상대적인 가중치 벡터 w를 사용하여 식(3.6)로 부터 구해진다. 공정계획자 4의 최대 목적값은 1.765이다. 그러므로 공정계획 1이 주어진 부품에 대해 선택된다.

표 4.5 다섯명의 공정계획자의 목적값

Table 4.5 Objective Values of Five Process Planners

| 공정계획자 | 목적값 |
|-------|-------|
| 1 | 0.518 |
| 2 | 0.565 |
| 3 | 1.694 |
| 4 | 1.765 |
| 5 | 0.000 |

5. 결론

공정계획 선택 문제는 복잡한 문제이며, 다속성 의사결정(MADM) 문제로써 정의된다. 생산 변수들의 선택시 사용되는 정보는 주관적이며, 불확실하고, 때때로 부정확하다. 이러한 정보를 다루기 위해 수정된 퍼지 정량화 이론(FQT)이 속성 가중치들을 처리하도록 제안되었으며, 공정계획 의사결정(MADM) 방법에 의한 공정계획 선택 과정이 공정계획 선택 문제에 적용하였다.

본 논문은 하나의 부품이 주어졌을 때 생성된 공정계획들을 비교하여 하나의 공정계획을 선택하는 공정계획 선택 알고리즘을 제시하였다. 그러나 작업 현장에는 많은 부품들이 생산되며, 이를 위한 가능한 접근 방법은 각 공정계획에 대한 색인을 구하고 이를 최대화 하는 것이다. 여러 부품의 동시 생산에 필요한 공정계획을 선택하기 위한 연구가 진행되고 있다.

[참고문헌]

- [1] Teicholz, E., and Orr, J., Computer Integrated Manufacturing Handbook, McGraw-Hill, New York, 1987.
- [2] Chang, T. C., Expert Process Planning for Manufacturing, Addison-Wesley, New York, 1990.
- [3] Terano, T., Asai, K., and Sugeno, M., Fuzzy Systems theory and Its Applications, Academic Press, San Diego, 1992.
- [4] Watada, J., Tanaka, H., and Asai, K., "Analysis of purchasing factors by using fuzzy quantification theory type II," The Japanese Journal of Behaviormetrics, Vol. 11, pp. 66-73, 1984.
- [5] Badiru, A. B., Expert Systems Applications in Engineering and Manufacturing, Prentice-Hall, New Jersey, 1992.