

運用模糊理論於加工夾持道次規劃

鄭耀昌 副教授
國立虎尾科技大學自動化工程系
ycjeng@nfu.edu.tw

李耿維 研究生
國立虎尾科技大學機械與機電工程研究所
d92411254@yahoo.com.tw

摘要

加工夾持道次規劃(Set-up planning)是將具有相同切削特性的切削特徵或操作群組在同一夾持下進行切削加工之規劃，並將各群組的加工夾持道次根據加工限制條件排序以確保切削特徵經過多道夾持加工後能夠符合設計工程圖上標註尺寸的精度要求。在電腦輔助製程規劃中切削特徵的群組是以將加工成本降到最低為主要考量，一般稱為加工夾持道次規劃問題(SPP)。本研究提出一個模糊方法來達成這個目標，首先將加工夾持道次規劃問題公式化，考慮切削特徵的幾何外形屬性、精度屬性、技術性屬性，透過模糊邏輯規則評估切削特徵間的相似度。接著利用模糊關係矩陣建立加工操作間的關係，根據模糊群聚來達成切削特徵之加工操作的分群。進一步詳細分析特徵群聚排序的判斷，並針對系統發展的問題與執行加以說明。最後利用一個實際例子來驗證本研究所提出之模糊策略方法在加工夾持道次規劃問題上的有效性。

關鍵詞：加工夾持道次規劃、電腦輔助程序規劃、模糊群聚

Abstract

Seu-up planning is the process of determining the groups of features and/or operations that can be machined together on a particular fixture configuration, sequencing of these resultant groups, and ensuring that all the features can be machined with specified accuracy. The grouping of machining features so as to minimize the cost of machining is a

major step in Computer aided process planning (CAPP) and it is called as set-up planning problem (SPP). This paper investigated a methodology for achieving the goal. First, the set-up planning problem is formalized, and similarity degree between machining features are measured by fuzzy logic through considering a rule of machining similarity between machining features in the geometry property, precision property, and technological property. Second, a similarity matrix is introduced to identify the relationships between the machining operations, and steps of features grouping are advanced based on fuzzy clustering. Third, detailed analysis and adjustment of features cluster sequencing are discussed. The major problems encountered, the progress made in the development and implementation of the proposed system are all discussed. Finally, the proposed methodology is effectively demonstrated in a practical example.

Keywords: Set-up planning、CAPP、Fuzzy clustering

1. 前言

近年來，由於科技的快速進步與發展，在產業競爭激烈的環境，產品不再是強調以量取勝，轉而以高科技、自動化、高精密性的高單價產品為訴求。因此，企業為了求得生存以及成長，必須不斷提高產業競爭力與其專業技術才能夠符合市場需求。然而在產品製造過程中，尺寸公差是最重要的基礎，直接影響產品品質與成本的指標。

製程規劃(process planning)是着眼於生產、刀具、夾具與機器、及裝配的選擇方法。傳統上切削加工的製程規劃是由製造工程師來執行，工作的項目包括切削操作的選擇、

選用的機器、加工操作的規劃、夾持規劃，每一個操作的標準工時、以及其他相關的資訊。此項製程規劃工作非常依賴製程規劃人員的專業經驗。

電腦輔助製程規劃(Computer-Aided Process Planning; CAPP)是將製程規劃之工作項目以系統化之分析，利用電腦程式完成此一複雜的任務，提高加工製作的效率及可靠性。數十年來電腦輔助製程規劃一直扮演著CAD與CAM之間的重要橋梁。

CAPP系統較傳統製程規劃方法的優點包括因製程規劃的標準化，提升了製程規劃人員的生產力、縮短前置時間、降低規劃成本、同時促進產品品質的一致性與可靠度。

過去數十年中，已有諸多學者提出各種CAPP的系統架構，其中加工夾持道次規劃(Setup planning)一直是製程規劃的核心。加工夾持道次規劃主要將待切削加工之工件，適當地結合所需之切削操作形成加工夾持道次。進而排定各加工夾持道次之順序，使加工工件在整個切削製造過程中能夠確保工程圖上所標註之加工精度，並且符合規劃所欲達到之目標，如最少的加工道次、最短的切削加工時間、最低切削成本、較高的刀具壽命等不同之目標要求。因此切削加工夾持道次的規劃是一項複合目標的研究問題，而加工夾持道次之順序安排必須同時考慮加工精度與公差關係，亦是一排程作業的研究議題。

過去相關學者曾嘗試以專家系統來設計一多切削加工夾持道次之問題，亦有運用近代新興之人工智慧，如類神經網路、基因演算法、模糊理論等來解決加工夾持道次規劃之問題。然而在現實的製造環境中加工夾持道次所需考慮因素，通常是不明確，其決策考量是多元、模糊的。

針對上述的問題，模糊理論提供了一有效的解決途徑。因此本研究將運用模糊邏輯理論，就切削加工夾持道次規劃所考量之因

素，以模糊屬性加以定義，進而推導出加工特徵間之模糊相關矩陣，以作為切削加工夾持道次生成的推演。並更進一步根據加工技術之考量因素，建構加工特徵之切削加工順序之模糊關係，再以模糊排程演算安排加工夾持道次之順序來解決切削加工夾持道次規劃之問題。

2. 文獻回顧

S.H. Huang[2]學者曾提出一個利用數學公式的方法針對圓桿工件的加工夾持道次規劃，主要分成三個部份：(1)加工夾持道次的生成：利用特徵的刀具路徑方向，根據位置公差因素，將加工特徵間存在公差關係者安排在相同的加工夾持道次。(2)基準面選擇：依據適合加工夾持的特徵、端面特徵、圓柱特徵分別作一個分群，最後再依據生成的加工夾持道次、可定位夾持特徵、圓柱特徵或端面特徵，分別選出各加工夾持道次的夾持面跟定位面。(3)加工夾持道次順序：將加工道次排序，以滿足切削加工的優先限制條件。

S.H. Huang and H.C. Zhang and W.J.B. Oldham[3]等學者利用圖論的方法，依據公差分析來對加工夾持道次規劃。首先利用進刀方向將特徵分群，再依據公差關係將具有雙向進刀之切削特徵分割，便形成可行的切削加工夾持道次。然後再將生成的加工夾持道次中，將切削特徵依圓柱面或端面進行分群，進而依據公差去判斷出定位參考面以及加工夾持道次排序。

X.G. Ming and K.L. Mak[4]等學者則利用類神經網路對加工夾持工道次規劃。首先根據KSONN演算法則生成加工夾持道次，然後再基於Hopfield神經網路方法安排操作順序與加工夾持道次順序。

Peng Gaoliang, Liu Wenjian and Zhang Yurn[5]等學者提出一個模糊群組理論對加工夾持道次進行規劃的方法，其主要步驟利用

模糊群組理論對特徵的切削方向進行群組，然後考慮切削特徵間相對的影響因素，建立相關矩陣，最後在依據層級分析法產生加工夾持道次的群組。至於操作順序及加工夾持道次排序，則根據切削特徵間在技術上的優先關係為考量，最後再利用 Hopfield 神經網路方法對加工夾持道次進行排序。

3. 問題描述

從上一節文獻回顧中得知，一般加工夾持道次生成都是依據切削加工之刀具路徑，鮮少將加工特徵之尺寸公差因素整合於切削加工夾持道次的規劃程序中。然而零件之尺寸公差是影響其品質與製造成本的重要指標。本研究乃是利用切削特徵之尺寸公差與位置公差同時在加工夾持道次中加以考慮，以解決工件在製造過程中所形成的累積公差。

本論文之系統流程如圖(1)所示，主要分成七部分：(1)擷取工件特徵資料(2)切削特徵加工操作之決定(3)建立特徵因子關係矩陣(4)加工夾持道次生成 (5)建立加工操作優先關係限制(6)加工夾持道次排序(7)評估。

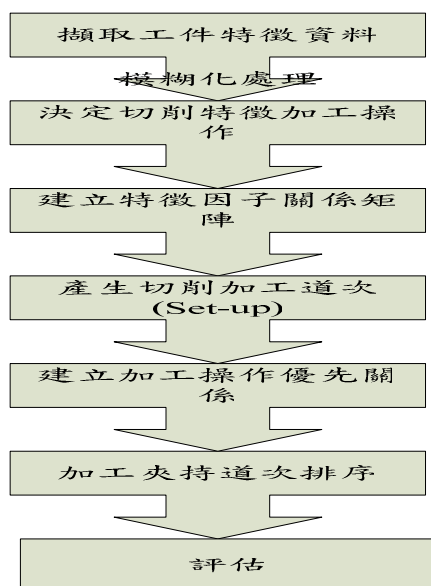


圖 1 系統流程圖

3.1 製造特徵之切削操作選擇

就車削加工而言，一般車削所能達到的公差等級約在 IT7、IT8...至 IT13，本研究首先將加工零件之加工相關資料轉換為以切削特徵為基礎的加工資訊，同時假設粗切削加工為零件加工的基本切削操作。因此各切削特徵之切削操作方法的推演係針對其最後一道的加工操作，主要分為精切削、精細切削及細切削三類。根據專業經驗，決定切削特徵之切削操作方法，係以尺寸公差及表面粗糙度為主要考量因素。本研究利用模糊理論中之語意變數，分別就尺寸公差及表面粗糙度定義其語意值之歸屬函數，以作為模糊推論之語意變數。首先將切削特徵之尺寸公差及表面粗糙度，以外徑車削為考量，將其歸屬函數分為「精」、「精細」、「細」三個階層，並採用梯型歸屬函數的型態定義，公式(1)定義尺寸公差之歸屬函數，圖 2 所示為尺寸公差之歸屬函數圖。

$$\begin{aligned} \text{精} & \begin{cases} 1 & \text{FOR } 0 \leq T \leq 0.025 \\ \frac{0.04-T}{0.04-0.025} & \text{FOR } 0.025 \leq T \leq 0.04 \end{cases} \dots\dots (1) \\ \text{精細} & \begin{cases} 1 & \text{FOR } 0.04 \leq T \leq 0.08 \\ \frac{T-0.025}{0.04-0.025} & \text{FOR } 0.025 \leq T \leq 0.04 \\ \frac{0.1-T}{0.1-0.08} & \text{FOR } 0.08 \leq T \leq 0.1 \end{cases} \\ \text{細} & \begin{cases} 1 & \text{FOR } 0.1 \leq T \\ \frac{T-0.08}{0.1-0.08} & \text{FOR } 0.08 \leq T \leq 0.1 \end{cases} \end{aligned}$$

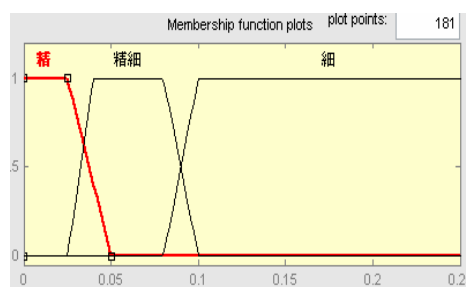


圖 2 尺寸公差歸屬函數

一般車削件的表面粗糙度約在 Ra0.25、Ra1.6 至 Ra25。因此，表面粗糙度之歸屬函數之定義如公式(2)，圖 3 為其歸屬函數圖。

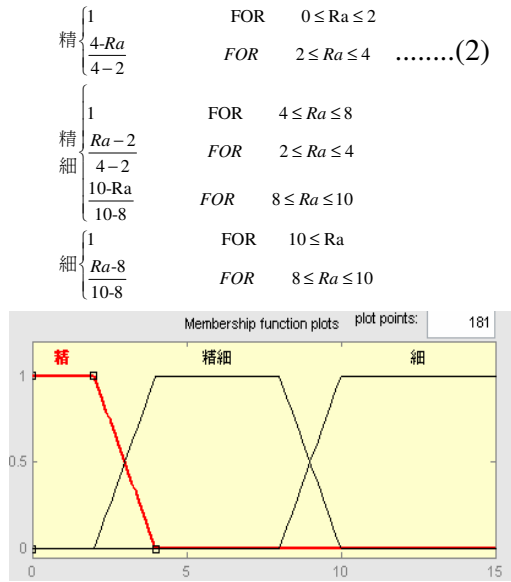


圖 3 表面粗糙度歸屬函數

本模糊推論以切削特徵之切削加工操作方法為輸出變數，並將其分成三個集合：{精切削、精細切削、細切削}。

基於上述所定義的模糊變數及歸屬函數，利用 MATLAB 建立模糊推論的規則庫，其推論的結果並採用重心解模糊化法，取得最佳的切削操作方法。圖 4 所示為建構之模糊推論規則。

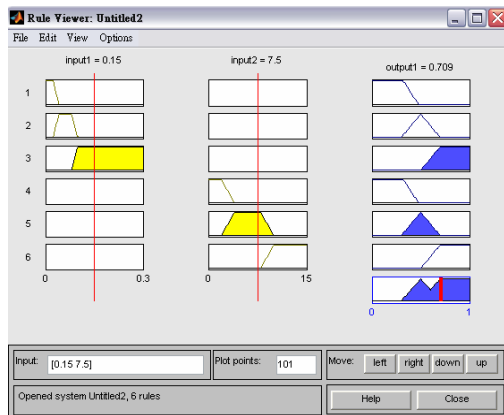


圖 4 切削加工操作選擇之模糊規則

3.2 加工夾持道次產生之考慮因素

(1) 切削特徵之進刀方向

進刀方向係定義切削刀具可以依循接近切削特徵，而不受任何阻礙進行切削之方向。依據加工經驗在同一次加工夾持中，車

削一個圓型工件，如果下一個特徵的直徑比上一個特徵小時，便無法在同一次加工夾持中繼續加工，依此一原則可判斷出各個特徵的進刀方向。切削特徵之進刀方向關係矩陣 (M_{TAD}) 定義如下：

$$M_{TAD} = \begin{bmatrix} 1 & \dots & \dots \\ \dots & TAD_{ij} & \dots \\ \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

其中 $TAD_{ij}=1$ 表示切削特徵 i 與切削特徵 j 具有相同的進刀方向。

反之 $TAD_{ij}=0$ 表示切削特徵 i 與切削特徵 j 進刀方向不同。

(2) 長度公差與定位誤差

切削工件之定位誤差主要來源為切削工具機的定位誤差及因為加工夾持道次切換時夾持定位所導致的公差。通常 CNC 工具機的定位誤差在 0.003mm~0.005mm 之間，如果以未經切削加工之端面作為加工夾持道次之夾持定位面，則所導致的定位公差約在 0.5mm 左右，若該定位面為加工表面，則導致的定位誤差約在 0.05mm。本研究將以切削特徵間之長度公差以及定位誤差間的關係，作為判斷定特徵之間的緊密程度。其中主要考慮定位面為已加工，故當兩切削特徵間之長度公差在 0.05mm 以下表示其緊密度很高，不容許有累積公差的產生，因此必須安排在同一加工夾持道次加工。基於上述之考量切削特徵之長度公差關係矩陣 (M_{LT}) 定義如下。

$$M_{LT} = \begin{bmatrix} 1 & \dots & \dots \\ \dots & LT_{ij} & \dots \\ \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

其中 LT_{ij} 表示製造特徵 i 與製造特徵 j 之間長度公差的緊密相關程度。

其模糊歸屬函數定義如下：

$$S(x; a, b) = \begin{cases} 1 & x < 0.05 \\ 1 - 2\left(\frac{x-0.05}{0.2-0.05}\right)^2 & 0.05 \leq x < 0.125 \\ 2\left(\frac{x-0.2}{0.2-0.05}\right)^2 & 0.125 \leq x < 0.2 \\ 0 & x \geq 0.2 \end{cases} \dots\dots(3)$$

(3) 切削特徵加工操作

加工操作相似矩陣(M_{OP})主要是定義切削特徵間之切削操作的相似程度，具有相同之切削加工操作，如同為細切削之加工操作，則將可使用相同的切削刀具，因而可以減少換刀的次數。根據切削加工操作選擇所得結果，再以公式(4)計算切削特徵間的切削操作相似程度。

$$M_{OP} = \begin{bmatrix} 1 & \dots & \dots \\ \dots & OP_{ij} & \dots \\ \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$OP_{ij} = \frac{\left| \sum_{k=1}^3 X_{ik} X_{jk} \right|}{\sqrt{\left(\sum_{k=1}^3 X_{ik}^2 \right) \left(\sum_{k=1}^3 X_{jk}^2 \right)}} \dots\dots\dots(4)$$

其中，X 表示切削特徵之切削加工操作之歸屬值。

3.3 加工夾持道次生成

在本研究中加工夾持道次形成所考慮的因素包含：特徵加工操作、長度公差與定位誤差。

首先依上一節所述，建立三個考慮因子之相關矩陣， M_{TAD} , M_{LT} , M_{OP} 。基本上， M_{LT} 及 M_{OP} 兩相關矩陣僅為容忍關係(tolerance)，須經由構成運算(composition operation)才能具有相等關係(equivalent relation)的傳遞閉合性質。本研究採用公式(5)之模糊運算求得 M_{LT} , M_{OP} 兩關係矩陣之相等關係矩陣。[1]

$$\begin{aligned} T &= R \circ S \\ \sim & \quad \sim \quad \sim \\ \mu_T(x, z) &= \bigvee_{y \in Y} (\mu_R(x, y) \wedge \mu_S(y, z)) \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

接著，將特徵加工操作、長度公差與定位誤差兩特徵因子乘以加權值(W)然後形成一個決策矩陣。如式子(6)：

$$A = W_{op} \times M_{OP} + W_L \times M_{LT} \dots\dots\dots(6)$$

最後將所求出的決策矩陣與特徵進刀方向矩陣利用公式(7)，將製造特徵依不同進刀方向作分割。再依不同閾值對切削特徵進行分群作業。

$$\begin{aligned} R \cap S &\Leftrightarrow \mu_{R \cap S}(x, y) = \min(\mu_R(x, y), \mu_S(x, y)) \\ &= \mu_R(x, y) \vee \mu_S(x, y) \end{aligned} \dots\dots\dots(7)$$

3.4 特徵加工操作排序

多加工夾持道次規劃生成後，接下來將依據特徵加工操作間的先後限制關係，對加工夾持道次間進行排序。一般切削特徵間切削加工的優先關係，其考慮的因素主要有：

- (1) 尺寸公差限制：作為其它特徵加工時的參考面或夾持定位面之特徵應較早其參考特徵先行加工。
- (2) 技術限制：細切削操作必須在精切削操作之前
- (3) 幾何限制：作為其它特徵之幾合公差參考特徵應先行完成切削。
- (4) 經濟限制

本研究針對上述之考慮因素，建立切削特徵加工操作間的優先關係，並以模糊歸屬值定義其優先關係之程度，形成一種模糊關係矩陣 M_p 。

$$M_p = \begin{bmatrix} 0 & \dots & \dots \\ \dots & P_{ij} & \dots \\ \dots & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

其中 $P_{ij}=0$; $i=j$ 時
 $P_{ij}>0$ 表示加工操作 i 須較加工操作 j 先行加工之優先程度
 $P_{ji}=1$ 若 $P_{ij} > 0$

$P_{ij} = P_{ji} = 0$ 表加工操作 i 與加工操作 j 間無優先關係。

接下來，將根據模糊優先關係，推演出加工操作排序，參考[6]之排序演算法，如表 1 與圖 5 所示。主要依據優先關係限制條件的數量來排序，沒有優先限制條件便可先行加工。

表 1 優先關係表[6]

Operations	Anterities			
	Dimensional	Geometr.	Technol.	Economical
1F	4F	2F	orthogonal	4F economy of machining
2R				
2F	B1		2R	
3F	2F	1F		
4R			4R	2F, protection of tool 5F, no burrs 4F economy of machining
4F		B2 ⊗	4F	
4F		2F ⊥	5F	
5F	2F			

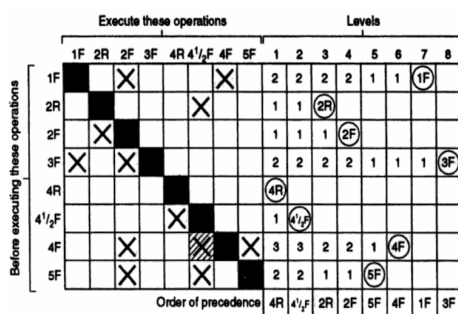


圖 5 優先關係矩陣推演過程[6]

本研究將依據此方法進行排序，但不以優先限制條件的數目來排序，而是建立切削特徵加工操作間的優先關係，並以模糊歸屬值定義其優先關係之程度，形成一種模糊關係矩陣。

4. 系統實作

本研究主要是根據工件的切削特徵、徑向公差、長度公差以及表面粗糙度，以圖 6 所示之圓桿工件一為例進行加工夾持道次規劃。表 2 所示為切削特徵之相關資料。

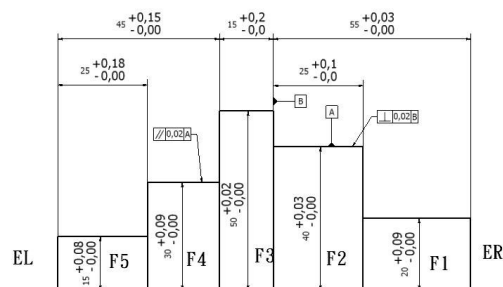


圖 6 工件一

表 2 工件特徵資訊

	尺寸(D)	公差(T)	粗糙度(Ra)
F1	20	0.09	8
F2	40	0.03	10
F3	50	0.02	2
F4	30	0.09	9
F5	15	0.08	10

4.1 特徵加工操作之決定

由於加工一個工件還必須把工件的左右端面考慮進去，因此將工件的端面加工假設為細切削。

首先利用 MATLAB 發展之切削加工操作的模糊推理模組，推理出各製造特徵之操作加工。一般加工規則在車削精加工前必須先經由細切削，在此工件的特徵三明顯得知是精切削，故必須在這特徵的加工操作產生一個細切削。

表 3 切削特徵之加工操作

	ER細	F1細	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
精	0	0	0	1	0	0	0	0
精細	0	0.235	0.735	0	0	0.115	0	0
細	1	0.765	0.265	0	1	0.885	1	1

4.2 相關矩陣

(1) 刀具路徑矩陣 (M_{TAD})

	ER細	F1細	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
$M_{TAD} =$	ER細	1	1	1	1	0	0	0
	F1細	1	1	1	1	0	0	0
	F2細	1	1	1	1	0	0	0
	F3精	1	1	1	1	1	1	1
	F3細	1	1	1	1	1	1	1
	F4細	0	0	0	1	1	1	1
	F5細	0	0	0	1	1	1	1
	EL細	0	0	0	1	1	1	1

(2) 切削特徵加工操作關係矩陣 (M_{OP})

依據歸屬函數利用公式(4)所算出製造特徵間的相似關係。

	ER細	F1細	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
ER細	1	0.9559	0.3392	0	1	0.9917	1	1
F1細	0.9559	1	0.6005	0	0.9559	0.9858	0.9559	0.9559
F2細	0.3392	0.6005	1	0	0.3392	0.4576	0.3392	0.3392
F3精	0	0	0	1	0	0	0	0
F3細	1	0.9559	0.3392	0	1	0.9917	1	1
F4細	0.9917	0.9858	0.4576	0	0.9917	1	0.9917	0.9917
F5細	1	0.9559	0.3392	0	1	0.9917	1	1
EL細	1	0.9559	0.3392	0	1	0.9917	1	1

經由公式(5)構成運算(composition operation)建構切削特徵加工操作之相似矩陣。

	ER細	F1細	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
ER細	1	0.9858	0.6005	0	1	0.9917	1	1
F1細	0.9559	1	0.6005	0	0.9858	0.9858	0.9858	0.9858
F2細	0.6005	0.6005	1	0	0.6005	0.6005	0.6005	0.6005
F3精	0	0	0	1	0	0	0	0
F3細	1	0.9858	0.6005	0	1	0.9917	1	1
F4細	0.9917	0.9858	0.6005	0	0.9917	1	0.9917	0.9917
F5細	1	0.9859	0.6005	0	1	0.9917	1	1
EL細	1	0.9858	0.6005	0	1	0.9917	1	1

(3)長度公差與定位誤差的相關矩陣

依據方程式(3)利用定位誤差來演算長度公差的歸屬函數。

	ER細	F1細	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
ER細	1	0	1	0	0	0	0	0
F1細	0	1	0.7778	1	0	0	0	0
F2細	1	0.7778	1	0.7778	0	0	0	0
F3精	0	1	0.7778	1	0	0	0.2222	0
F3細	0	0	0	0	1	0	0	0
F4細	0	0	0	0	0	1	0.0356	0.2222
F5細	0	0	0	0.2222	0	0.0356	1	0.0356
EL細	0	0	0	0	0	0.2222	0.0356	1

經由公式(5)構成運算(composition operation)建構長度公差之相似矩陣。

	ER細	F1細	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
ER細	1	0.7778	1	0.7778	0	0.0356	0.2222	0.0356
F1細	0.7778	1	0.7778	1	0	0.0356	0.2222	0.0356
F2細	1	0.7778	1	0.7778	0	0.0356	0.2222	0.0356
F3精	0.7778	1	0.7778	1	0	0.0356	0.2222	0.0356
F3細	0	0	0	0	1	0	0	0
F4細	0.0356	0.0356	0.0356	0.0356	0	1	0.0356	0.2222
F5細	0.2222	0.2222	0.2222	0.2222	0	0.0356	1	0.0356
EL細	0.0356	0.0356	0.0356	0.0356	0	0.2222	0.0356	1

接著必須考慮到各個特徵因子的權重，在本研究將特徵間之長度公差與定位誤差(L)權重設為 0.7，特徵加工操作(OP)權重設為 0.3。下方為各特徵因子乘上各別的權重後所得的矩陣。

依據公式(6)將兩個特徵因子群聚起來，

得到一決策矩陣。

	ER細	F1細	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
ER細	1	0.8402	0.8801	0.5444	0.3	0.3224	0.4556	0.3249
F1細	0.8402	1	0.7246	0.7	0.2957	0.3206	0.4513	0.3206
F2細	0.8801	0.7246	1	0.5444	0.1801	0.2050	0.3357	0.2050
F3精	0.5444	0.7	0.5444	1	0	0.0249	0.1556	0.0249
F3細	0.3	0.2957	0.1801	0	1	0.2957	0.3	0.3
F4細	0.3224	0.3206	0.2050	0.0249	0.2957	1	0.3224	0.4531
F5細	0.4556	0.4513	0.3357	0.1556	0.3	0.3224	1	0.3249
EL細	0.3249	0.3206	0.2050	0.0249	0.3	0.4531	0.3249	1

最後將所求出的決策矩陣與特徵進刀方向矩陣依公式(7)進行運算，將製造特徵依不同進刀方向作分割。

	ER細	F1細	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
ER細	1	0.8402	0.8801	0.5444	0.3	0	0	0
F1細	0.8402	1	0.7246	0.7	0.2957	0	0	0
F2細	0.8801	0.7246	1	0.5444	0.1801	0	0	0
F3精	0.5444	0.7	0.5444	1	0	0.0249	0.1556	0.0249
F3細	0.3	0.2957	0.1801	0	1	0.2957	0.3	0.3
F4細	0	0	0	0.0249	0.2957	1	0.3224	0.4531
F5細	0	0	0	0.1556	0.3	0.3224	1	0.3249
EL細	0	0	0	0.0249	0.3	0.4531	0.3249	1

4.3 分析結果

$A \geq 0.8$	$A \geq 0.7$
$A \geq 0.5$	$A \geq 0.3$

表 4 分析結果

Classification	
0.8	{ER細,F1細}[F2細][F3精][F3細][F4細][F5細][EL細]
0.7	{ER細,F1細,F2細}[F3精][F3細][F4細][F5細][EL細]
0.5	{ER細,F1細,F2細,F3精}[F3細][F4細][F5細][EL細]
0.3	{ER細,F1細,F2細,F3精}[F4細,F5細,EL細][F3細]

表 4 為加工夾持道次生成後，依據四個閾值所得到的群組關係，閾值越高，代表兩切削特徵之緊密程度越高，所以必須安排在相同的一次加工夾持道次。因切削 F3 的細切削是由加工選擇之判斷所衍生的加工操作，因此跟任何特徵都不會存在長度公差，所以跟其它切削特徵之加工操作間的緊密程度很

低。

4.4 實例驗證

本節將利用相同的一個工件，在不同的公差標註，來驗證各個特徵的切削操作群組現象。

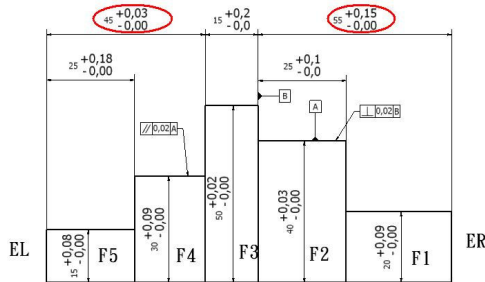


圖 7 工件二

在圖 7 工件二與圖 6 工件一中，其主要差異是工件二中明顯看出長度公差不同。由兩工件的演算結果，特徵 F3 明顯會隨著公差的緊密程度之改變，與不同的加工夾持道次群聚。因此證明本研究方法是可行的。

工件圖(一):

	ER細	F1細	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
ER細	1	0.7246	0.8018	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3
F1細	0.7246	1	0.7246	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3
F2細	0.8018	0.7246	1	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3
A = F3精	0.7	0.7	0.7	1	0.3	0.3	0.3	0.3
F3細	0.3	0.3	0.3	0.3	1	0.3	0.3	0.3
F4細	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1	0.3249	0.4531
F5細	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3249	1	0.3249
EL細	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4531	0.3249	1

工件圖(二)

	ER細	F1細	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
ER細	1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
F1細	0.3	1	0.7246	0.5444	0.3	0.3249	0.5444	0.3249
F2細	0.3	0.7246	1	0.5444	0.3	0.3249	0.5444	0.3249
A = F3精	0.3	0.5444	0.5444	1	0.3	0.3249	0.7	0.3249
F3細	0.3	0.3	0.3	0.3	1	0.3	0.3	0.3
F4細	0.3	0.3249	0.3249	0.3249	0.3	1	0.3249	0.9975
F5細	0.3	0.5444	0.5444	0.7	0.3	0.3249	1	0.3249
EL細	0.3	0.3249	0.3249	0.3249	0.3	0.9975	0.3249	1

接著本研究利用圖 8 來驗證工件三是否因表面粗糙度以及尺寸公差不同，切削特徵之加工操作相似矩陣群聚關係也隨著改變。

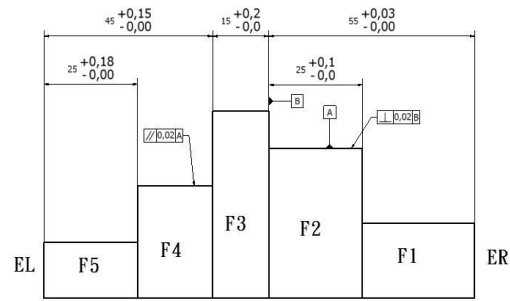


圖 8 工件三

表 5 與表 6 分別為工件三的工件特徵訊息。

表 5 Part 1

	尺寸	公差	粗糙度
F1	20	0.09	8
F2	40	0.04	3
F3	50	0.02	2
F4	30	0.09	9
F5	15	0.08	10

圖 6 Part 2

	尺寸	公差	粗糙度
F1	20	0.09	8
F2	40	0.03	10
F3	50	0.02	2
F4	30	0.04	3
F5	15	0.08	10

在圖 8 工件三分別不同的表面粗糙度與尺寸公差 Part 1 與 Part 2 演算結果如下:由兩工件的演算結果，特徵 F3 明顯會隨著表面粗糙度與尺寸公差，與不同的加工操作群聚。因此證明本研究方法是可行的。

Part1 結果:

	ER細	F1細	F2精	F2細	F3精	F3細	F4細	F5細	EL細
ER細	1	0.9559	0	1	0	1	0.9917	1	1
F1細	0.9559	1	0.0862	0.9559	0	0.9559	0.9858	0.9559	0.9559
F2精	0	0.0862	1	0	0.9559	0	0.0378	0	0
F2細	1	0.9559	0	1	0	1	0.9917	1	1
F3精	0	0	0.9559	0	1	0	0	0	0
F3細	1	0.9559	0	1	0	1	0.9917	1	1
F4細	0.9917	0.9858	0.0378	0.9917	0	0.9917	1	0.9917	0.9917
F5細	1	0.9559	0	1	0	1	0.9917	1	1
EL細	1	0.9559	0	1	0	1	0.9917	1	1

Part1 結果：

$$M_{op} = \begin{bmatrix} ER_{細} & F1_{細} & F2_{細} & F3_{精} & F3_{細} & F4_{精} & F4_{細} & F5_{細} & EL_{細} \\ ER_{細} & 1 & 0.9559 & 0.3392 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ F1_{細} & 0.9559 & 1 & 0.6005 & 0 & 0.9559 & 0.0862 & 0.9559 & 0.9559 & 0.9559 \\ F2_{細} & 0.3392 & 0.6005 & 1 & 0 & 0.3392 & 0.2762 & 0.3392 & 0.3392 & 0.3392 \\ F3_{精} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0.9559 & 0 & 0 & 0 \\ F3_{細} & 1 & 0.9559 & 0.3392 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ F4_{精} & 0 & 0.0862 & 0.2762 & 0.9559 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ F4_{細} & 1 & 0.9559 & 0.3392 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ F5_{細} & 1 & 0.9559 & 0.3392 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ EL_{細} & 1 & 0.9559 & 0.3392 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

5. 結論

為了得到高精密的產品且花費最少的製造成本，公差控制是一個非常重要的關鍵，在製程規劃中公差分析中最主要的議題，為了累積公差維持在最小，因此加工道次規劃能夠預先選定一個合適的規劃。

很多研究著重於電腦化製程規劃，本研究的重點是利用模糊理論的方法來達成加工道次規劃，並發展對一個圓桿工件加工夾持道次的運算法則，進而以實例說明。

在本研究能夠利用模糊理論來提升自動化加工道次規劃，然而改善生產力。模糊理論主要考慮幾何、刀具路徑、公差、表面粗糙度以及最後利用一些優先限制對操作以及加工道次進行排序。結論顯示能夠有效的運用在圓形工件的加工夾持道次規劃，未來研究可能需要發展更有效的加工夾持道次規劃在使用綜合加工機之方形工件。

參考文獻

- [1] 陳耀茂，”模糊理論”，五南圖書出版公司，台北
- [2] Samuel H. Huang, “Automated Setup Planning for Lathe Machining”, *Journal of Manufacturing Systems* Vol. 17/No. 3

1998

- [3] Samuel H. Huang and Hong-Chao Zhang, “Tolerance Analysis in Setup Planning for Rotational Parts”, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 15, 1996
- [4] X. G. MING, and K. L. MAK, “Intelligent setup planning in manufacturing by neural networks based approach”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, (2000) 11
- [5] Peng Gaoliang, Liu Venjian, Zhang Yuru, “Intelligent set-up planning in manufacturing by fuzzy set theory based approach”, *International Conference on Automation Science and Engineering*. Edmonton, Canada. August 1 & 2. 2005.
- [6] Karr. J., *Methodes et Analyse de Fabrication Mecanique*, published by Dounod, Bordas, Paris, 1997.