

模糊推論與派翠網的混合模式

(Embedding Fuzzy Inference into Petri Net)

陳智湧^φ，杜日富

^φ 聖約翰科技大學資管系，聖約翰科技大學電子系

摘要

各類系統之結構與功能隨著科技的日新月異而日趨複雜，在複雜的系統當中又常伴隨著許多模糊 (Fuzzy)、不確定 (uncertain)、非線性 (Nonlinear) 及時變 (Time variant) 的事件或因素，致使於受控系統分析時，會面臨到無法使用精確的數學模型來完整描述複雜系統之組織與特性，因而造成控制模組開發的困難。因此，如何減少工程師研發控制系統的時間，是個非常值得重視及研究的問題。

於本研究中，將探討將兩種不同的系統推演模式—模糊理論 (Fuzzy theory) 及派翠網 (Petri net) 的結合，將模糊理論的推論法則 (Inference rules) 應用於派翠網的態變 (Transitions) 預測，將此兩種推演理論作一重新的整合及詮釋，使成為一種可詮釋整個模糊控制系統 (Fuzzy control system) 推論演算的派翠網圖形表示模型；於本研究中，我們也開發出一套具備可定義模型的交談式視窗界面軟體模擬分析工具，可用來建立更有效能的系統推論軟體，借由此新工具的完成也足以驗證所題出的假設是可行及正確的。

關鍵字：重心法解模糊，態變，離散事件系統，模糊系統，及派翠網圖型。

Abstract

In this paper, we issue a hybrid system, in which we embed the fuzzy inference engine into the event nodes of Petri net graph. The Petri net graph is a device to manipulate events according to the certain rules. In order to quickly and precisely predict the next state, we use the *Center of Area* (COA) defuzzification method for inferring the state transition in this proposed hybrid system. To

verify this is a feasible symposium, we use this proposed hybrid system to illustrate an example of washing machine. In this paper, we also demonstrate an implemented simulation tool of the hybrid system, and use the Virus Basic 7.0 to accomplish the simulation tool for hybrid system, in which owners the traditional Chinese graphic user interface (GUI).

Keywords: Center of area (COA) defuzzification, state transition, discrete event system (DES), fuzzy system, and Petri net graphs.

1. 前言

在傳統及現代分析受控系統之做法 (基於二值邏輯上)，至今，已經歷了一段相當久的時間，方法如：先從受控系統的物理特性了解系統的結構，再利用分析出來的物理公式以建模控制，或者是使用先輸入一些資料至系統中，從系統輸出所產生的結果，去分析及了解輸入與輸出的關係，藉由系統鑑別 (System Identification) [1,2,3]，選定及估測出系統的數學模型及參數，再予以建模控制；但在現今科技及真實世界中，所存在的系統都已具有複雜、非線性、多變、模糊不確定的特性，也使得上述的理論已無法有所重大突破，使得許多的受控系統已無法利用上述的分析法則，來建立另人滿意的系統控制模型及效果，並且在這講求時效的環境下，若再用上述方法來進行受控系統內部的結構及功能分析，將會使花費的時間及代價過高，因而失去競爭的能力。故本研究提出一套有效的系統模型工具 (System model simulation tool)，來解決上述分析法所無法解決的問題，協助公司、研究機構或

學術單位的各階段系統建構者，能在短時間內，以最有效的方式建構出控制的模型，以節省不必要的時間、金錢及人力的浪費。

近幾年來，由於人工智慧控制技術，廣泛的被使用，就控制的關點來比較傳統及現代分析受控系統（基於二值邏輯上）之建構控制模型之做法，可了解到人工智慧控制技術，乃是模擬人類的思考決策方式來解決問題，並不需要嚴謹的知道受控系統精確完整的數學模型，便能輕易的控制受控系統，基於此原因故能使得人工智慧控制技術在真實複雜、非線性、多變的系統上，是得以成功且有效的發展，而不被受到影響。

而模糊控制（Fuzzy control）就是其中一種最常被廣泛使用且成效最大的人工智慧控制技術，模糊控制是由模糊理論（Fuzzy theory）[4] 所延伸出來的應用重點項目，結合了專家經驗與語意式的控制法則，使具有某些仿人工智慧的工程控制與資訊處理系統之功能，完全可不用依賴受控對象的數學模型，就可藉由人的操作經驗、知識和受控系統的某些性能而對應出系統所需的控制動作，雖然應用在控制上可有效的解決在複雜系統中，我們經常面臨的許多不確定或不精確性的事物，但此方法只是個以數學理論模型方式演算的方法，若系統過於複雜，便在系統的結構跟除錯上欠缺讓人容易接受的圖形化演示模型來模擬系統推論的行為。但是說到派翠網（Petri Net）理論[5]，便是一種兼具圖形與數學特性的系統塑模分析與發展工具，在於描述二值邏輯上複雜的排程活動、建構多元輸入與輸出系統結構模型，並能清楚的表現系統中各物件的流通關連與各種工作的執行狀態，更重要的是它可以對系統作定性與定量的分析，可藉由模擬系統的執行預測可能出現的鎖死與超載的危險狀況，可是此方法主要是建立在二值邏輯分析上，雖然有助於使用者快速了解複雜系統的結構，但還是無法解決複雜系統中所產生的不確定或不精確性的事物。

所以本研究中所採用的作法就是希望把派翠網強大的圖形化系統分析的方法與模糊理論中利用人的經驗法則來描述系統功能的模糊控制推論方法，將兩理論的方法予以整合，重新整合出一套

模糊推論嵌入於派翠網之定義模型，以建立出一個更有效能且不同型式的系統控制模型建立方式，利用此簡單清楚的圖形化分層定義模型，便能讓人更容易分析、快速及清楚了解整個控制系統之複雜的推論過程及錯誤推論，也能藉由此定義模型所具的模糊控制建立控制模型的方式，讓設計者能夠不必去理會要分析的受控系統之數學模型也不必去寫出它的控制轉移方程式，只要利用本身對受控系統的經驗法則及認知，便能順利的建立出系統內部的控制邏輯之模型。

2. 模糊理論結合派翠網的相關文獻

在模糊理論結合派翠網的相關研究上，其實已有學者提出相關的研究成果[6,7,8,9,10]，而各文獻裡都定義出一套模糊理論結合派翠網的規則定義模型，也各有獨自的看法跟規則去詮釋此定義模型的規則定義及應用方法，而學術界也把此所發展的定義模型統稱為模糊派翠網（Fuzzy Petri Net），但我們發現到在上述的文獻中所定義的模型，其實都並非在本研中所說的真正結合了L.A.Zadeh所提出的模糊推理法則，只可以說是一種具有模糊性質的派翠網模型，故若要應用在本研究中所說的模糊控制上，是無法使用的。

而在本研究中提出了一重新整合的模糊理論結合派翠網的定義模型，而此定義模型是真正將派翠網結合L.A.Zadeh所提出的模糊推理法則，而使此模糊派翠網提升到真正具有詮釋模擬模糊性控制系統的推論定義模型。

3. 本研究提出的模糊推論嵌入於派翠網之定義模型

在本研究中提出了一重新整合的模糊推論嵌入於派翠網的模型定義，此模型定義除了具有派翠網的一些基本運算及特性外，此定義模型還結合了L.A.Zadeh所提出的模糊推理方式，進而達成具有模擬模糊控制系統推論的一圖形化演示的定義模型。

3.1 模糊推論嵌入於派翠網的定義模型的基本架構

本研究中的定義模型之基本架構可分為三個不同的階段的型態介面，每個階段的位態 (Place)、態變 (Transition) 與標記 (Token) 各有不同的規則定義，其中包含有第一階段的模糊化介面區塊、第二階段的模糊法則式推論介面以及第三階段的解模糊化介面區塊，此定義模型的基本架構圖如圖 1 所示：

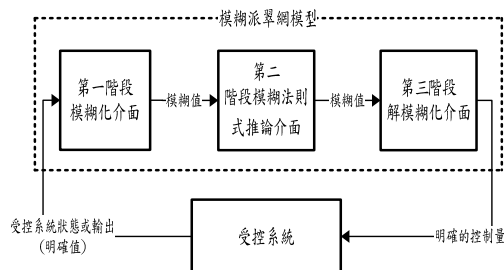


圖 1 模糊推論嵌入於派翠網的模型定義基本架構圖

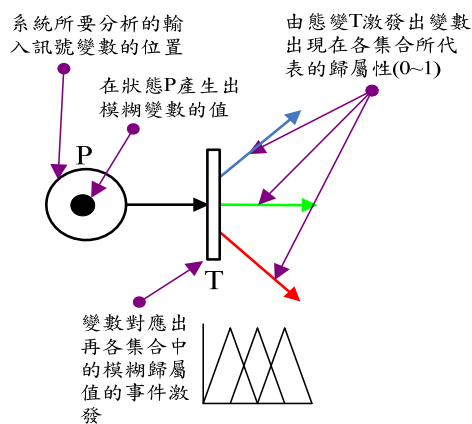


圖 2 模糊化介面的位態、態變、標記的意義

3.2 三個不同的階段的型態介面功能

而此模型的三個階段介面區塊的功能分別如下：

1. 第一階段的型態介面 - 模糊化介面；主要功能為將系統輸入之明確值對應到設計者所定義之模糊集合上，因而產生此系統明確值之模糊歸屬函數。相當於模糊控制系統中的模糊化

區塊與此階段集合的模糊化歸屬資料庫區塊。

2. 第二階段的型態介面 - 模糊法則式推論介面；主要功能為將模糊化介面所推論出之模糊值，根據設計者所在此區塊描述之規則式，進行模糊規則推論。相當於模糊控制系統中的控制規則資料庫區塊與模糊決策邏輯區塊。
3. 第三階段的型態介面 - 解模糊化介面；主要功能為將模糊法則式推論區塊所推論之模糊值，對應到設計者所定義之模糊集合上，經由解模糊後，因而產生此系統之明確的控制量。相當於模糊控制系統中的解模糊化區塊與此階段集合的模糊化歸屬資料庫區塊。

由以上敘述後，不難發現，本研究已將模糊控制系統中各功能區塊映射到本研究定義的模糊派翠網模型基本架構區塊上。以下再進一步說明本研究定義的模糊派翠網模型各階段型態的區塊內部之位態、態變、標記及有向連接線 (Directed Arc) 的定義為何，如下敘述：

1. 模糊化介面：位態-是用來代表系統所要分析的輸入訊號變數的位置、態變-是代表將變數對應出在各模糊集合所產生的模糊值的事件激發、標記-是代表系統所要分析的輸入訊號變數的值、有向性弧線-連結位態節點和轉移節點間的流向關連 (Flow Relation)。本區塊的定義模型如下圖 2：
2. 模糊法則式推論介面：位態-是代表系統各個變數所產生各種集合的位置，其中此區塊的位態又可分为兩種類型的狀態，前提位態以及結論位態二種、態變-是代表將匯集在態變上的各個集合歸屬值做比較的事件激發、標記-是代表系統的訊號變數在各模糊集合中的模糊值、有向性弧線-連結位態節點和轉移節點間的流向關連、截值 (α) -代表有向性弧線上所要准許通過的模糊值範圍、語氣算子 (h) -代表狀態集合上的模糊值的加強語氣次方值。本區塊的定義模型如圖 3：

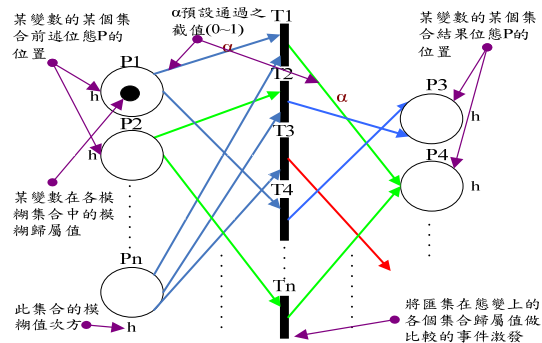


圖 3 模糊法則式推論介面的位態、態變、標記、 α 、 h 的意義

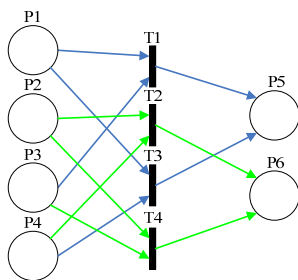


圖4 R1~R4條件規則式用本區塊介面的定義描述示意圖

另外，在此階段的型態介面是可用來描述法則推論的方式，本模型是以 Mamdani 規則推論法做推論，舉例說明若有以下條件規則式：R1：IF P1 AND P3 THEN P5、R2：IF P1 AND P4 THEN P5、R3：IF P2 AND P4 THEN P6、R4：IF P2 AND P3 THEN P6，故 R1~R4 條件規則式用本區塊介面的定義可描述成圖 4：

其中P1，P2，P3，P4是屬於前題位態的部分，P5，P6是屬於結論位態的部分，而在此各模糊集合代表的前題位態P1，P2，P3，P4相互AND的運算，本模型是採用Mamdani邏輯積演算（min運算法），接著由於規則式的最後集結方式是屬於OR的運算，故規則式集成在屬於結論位態P5,P6上的運算，本模型是採用Mamdani邏輯和演算（max運算法），假設此模型各有向性弧線上的 $\alpha=0$ 和各模糊集合上的 $h=1$ （ $\alpha=0$,表示必需大於0之模糊歸屬值,才可通過此路徑， $h=1$,表示模糊集合加強語氣不變）以及各個前題位態出現的模糊歸屬值分別為 $P1=0.8$ ， $P2=0.4$ ， $P3=0.3$ ， $P4=0.6$ 。之後經由各態

變的Mamdani邏輯積演算（min運算法），可在各態變上產生出各值為 $T1=0.3$ ， $T2=0.4$ ， $T3=0.6$ ， $T4=0.3$ ，此時規則式的最後集結的結論位態P5，P6，再經由Mamdani邏輯和演算（max運算法），變可產生出最後的結果 $P5=0.6$ ， $P6=0.4$ ，另一方面，經由此Mamdani的演算方法，便可用來有效的判斷出正確P5，P6的態變觸發路徑分別為T3，T2，故使具有了態變預測的運算能力，上述運算如圖5，圖6所示：

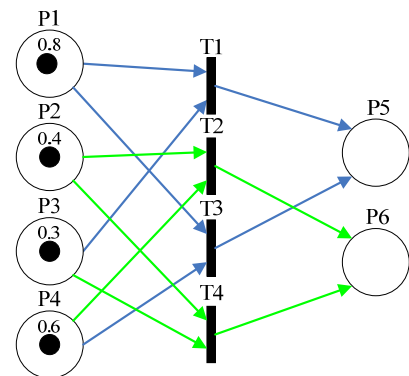


圖5 前題位態Token為 $P1=0.8$ ， $P2=0.4$ ， $P3=0.3$ ， $P4=0.6$

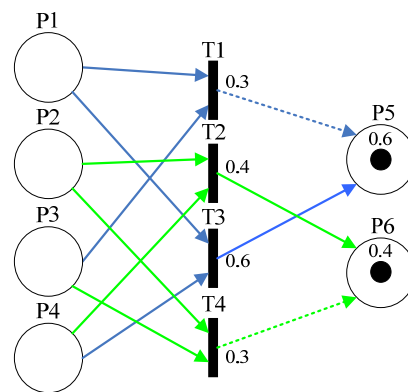


圖6 經由Mamdani規則推論法做推論後之結果

3. 解模糊化介面：位態-是代表系統所要分析的輸出訊號變數的位置、態變-是代表將匯集在態變上的各個集合歸屬值做重心解模糊對應出在各模糊集合變數的事件激發、有向性弧線-連結位態節點和轉移節點間的流向關連、標記-是代表系統所要分析的輸出訊號變數的值。本區塊的定義模型如下圖 7：

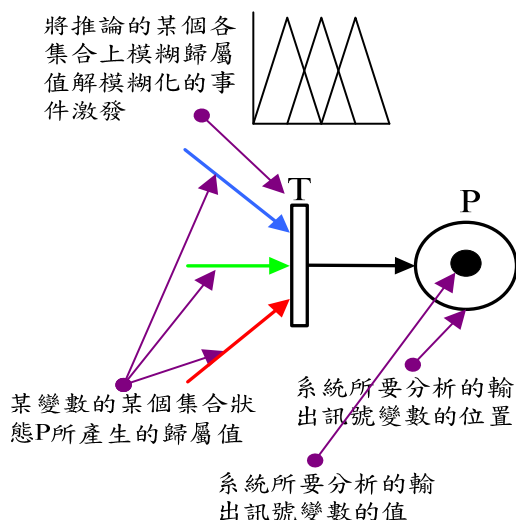


圖 7 解模糊化界面的位態、態變、標記的意義

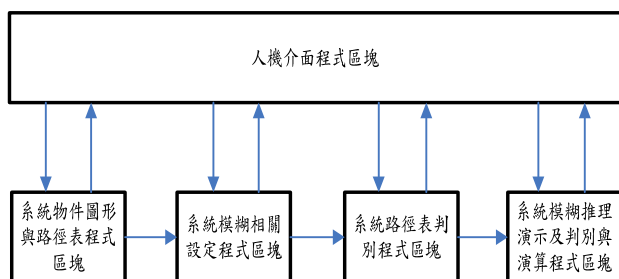


圖 8. 模擬系統整體的程式架構圖

4. 提出的模擬系統

在此利用了本研究所提出的定義模型，開發出了一套具有建構及模擬模糊控制系統演算推論的分析系統軟體，以提供一套不同型態且有效的系統分析工具；另一方面，藉由此模擬系統的完成，得以驗證本論文所提出之定義模型是正確且可行的。而在模擬系統的開發工具方面，由於現今大多數的個人電腦都是使用微軟公司所開發的作業系統軟體（Microsoft Windows），故為了將來完成後的模擬系統之相容性，所以本研究模擬系統的開發工具，選用的也是由微軟所開發的 Virtual Basic（VB）程式開發工具，利用 VB 所提供的良好使用者圖形介面及物件導向程式設計的功能，來建立各項操作的圖件及模擬系統所需的演算功能演示等等。

4.1 模擬系統整體的程式架構

本研究的整個模擬系統，大至將分為五大重點程式區塊來組成，分別為以下區塊：1.系統物件圖形與路徑表程式區塊、2.系統模糊相關設定程式區塊、3.系統路徑表判別程式區塊、4.系統模糊推理演示及判別與演算程式區塊、5.人機介面程式區塊，如圖8所示：

各程式區塊的大至功能如下敘述：

1. 系統物件圖形與路徑表程式區塊-可利用圖形化動態的方式建立位態、態變、標記、有向性弧線以及語氣因子與截值的設定，以建立整個模糊控制系統的雛型架構及模糊規則式。
2. 系統模糊相關設定程式區塊-可設定整體系統所需的模糊變數、模糊歸屬函數。
3. 系統路徑表判別程式區塊-經由系統的整體路徑表，可自動演算出整體系統的相關矩陣及數學式。
4. 系統模糊推理演示及判別與演算程式區塊-可動態演示及演算整體系統的推論情形及結果的呈現。
5. 人機介面程式區塊-提供設計者與模擬系統的操作面板介面。

4.2 完成的模擬系統功能介紹

整個模糊系統的人機介面平台上包含了有以下幾個區域如：功能表列、快捷鈕列、物件控制列、系統相關狀態列、系統路徑儲存表、系統編輯區以及系統模糊結果狀態列，而每個區域所包括的項目及功能如下說明：

1. 功能表列-此功能表列是具備了整個模擬系統所需的功能項目，其中包含了檔案、編輯、工具、視窗、說明以及範例等項目。
2. 快捷鈕列-此快捷鈕列是將系統編輯區裡較常需要使用的功能表列裡的功能取出，變成一快捷鈕列，方便使用者能快速的完成系統模型的繪製，而其中包括了：模糊化 Place- 產生第一階段模糊化位態的按鈕、模糊化 Transition - 產

生第一階段模糊化態變的按鈕、推論 Place - 產生第二階段推論位態的按鈕、推論 Transition - 產生第二階段推論態變的按鈕、反模糊 Place - 產生第三階段反模糊化位態的按鈕、反模糊 Transition - 產生第三階段反模糊化態變的按鈕、繪出路徑 - 繪出桌面上位態的圖跟態變的圖或態變的圖跟位態的圖的路徑按鈕、刪除路徑 - 刪除系統編輯區上位態的圖跟態變的圖或態變的圖跟位態的圖的路徑按鈕、產生 token - 產生系統編輯區上第一階段模糊化位態的 token 按鈕、取消 token - 取消系統編輯區上第一階段模糊化位態的 token 按鈕、系統矩陣 - 產生整個系統模型的矩陣表、執行程式 - 將整個系統模型做動態演示推論、清除全部 - 清除系統編輯區上所有的物件及相關設定以及結束 - 結束程式。

3. 物件控制列-用來控制所想要連線的控制物件，此物件控制列裡包括了整個系統所產生出的 Place 及 Transition 種類的物件編號。
4. 系統相關狀態列-用來顯示當時系統所有的狀態情況及滑鼠在系統編輯區上所在的區域位置。
5. 系統路徑儲存表-用來儲存及顯示整個繪出的系統模型所有的連線路徑清單。
6. 系統編輯區-用來繪製整個系統模型的編輯區域。
7. 系統模糊結果狀態列-用來顯示整個系統模型經由模糊推論後所得的最後相關模糊參數值。

而整個人機介面平台如圖 9 所示：

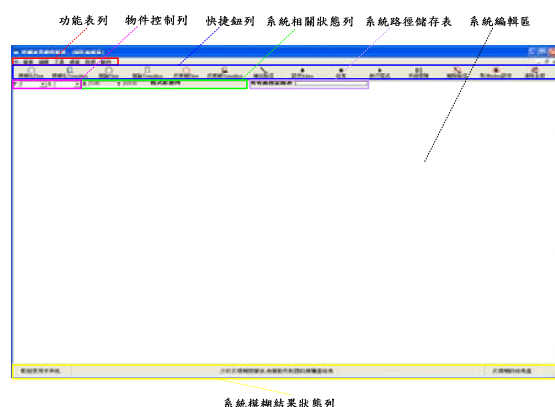


圖 9. 模擬系統人機介面平台

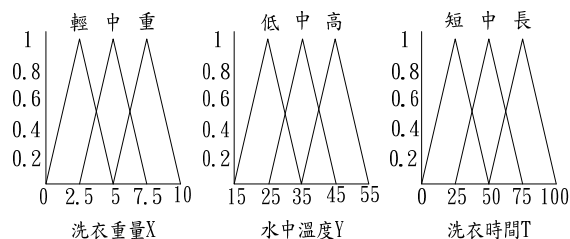


圖 10. 各觀察範圍值的各模糊變數及相對應的歸屬函數

5. 模擬系統應用實例展示與驗證

在此用一個設計模糊洗衣機控制系統的例子，來說明如何應用本研究所整合提出的模糊派翠網定義模型及此模擬系統，來模擬此一模糊控制系統例子。

5.1 模糊洗衣機控制系統之定義模型

假設今天設計者應用了模糊控制的設計方法，設計出了一具有 2 輸入 1 輸出的模糊洗衣機控制系統，控制方法如下設計：設計者以洗衣機衣物當時的重量、水中當時的溫度做為輸入，來控制洗衣機輸出的洗衣時間，而設計者在各觀察的範圍值設為如：洗衣重量-X，範圍由 0~10，單位為"公斤"、水中溫度-Y，範圍由 15~55，單位為"度"、洗衣時間-T，範圍由 0~100，單位為"分"，設計者再經過比例因子轉換到適當的區間後，利用歸屬函數將輸入、出訊號轉換成模糊量，如圖 10。

再經由設計者手動控制經驗的法則採取適當的對策，來制定出控制整個系統的推論法則式，若組成如下：1. IF X 是輕、AND Y 是低，THEN T 是中，2. IF X 是中、AND Y 是低，THEN T 是長，3. IF X 是重、AND Y 是低，THEN T 是長，4. IF X 是輕、AND Y 是中，THEN T 是短，5. IF X 是中、AND Y 是中，THEN T 是中，6. IF X 是重、AND Y 是中，THEN T 是長，7. IF X 是輕、AND Y 是高，THEN T 是短，8. IF X 是中、AND Y 是高，THEN T 是短，9. IF X 是重、AND Y 是高，THEN T 是長。

而最後便可將上述的整個設計轉換成本研究

所定義的模糊派翠網模型，便可得如圖 11 所示：

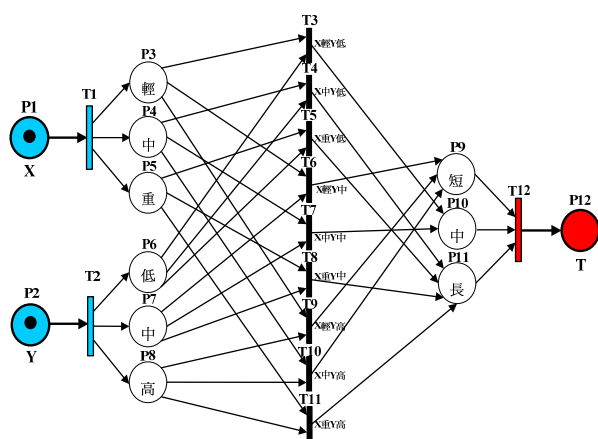


圖 11. 模糊洗衣機控制系統的模糊派翠網模型示意圖

由以上可得知，應用本研究所提出的模糊派翠網定義模型，便可將此控制系統實現成具體且容易分析的圖形化分析模型，以便進行整個控制系統的模糊推論分析。

5.2 應用於洗衣機控制系統

接下來便可利用本研究所開發的模糊派翠網模擬系統，將模糊洗衣機控制系統的模糊派翠網定義模型繪入模擬系統中，並且將所設計的模糊相關範圍值與歸屬函數設入模擬系統程式中，讓模擬系統程式來進行整個控制系統模型的模糊推論分析，而以下分別是繪製完成的整個模糊洗衣機控制系統的模糊派翠網模型及設定某範圍值各模糊集合所對應的模糊歸屬介面視窗，如圖 12 及 13：

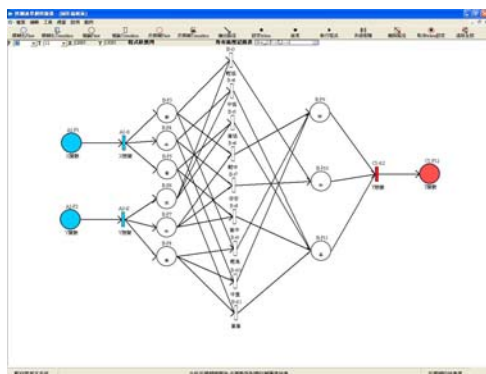


圖 12 模擬系統中的模糊洗衣機控制系統模型

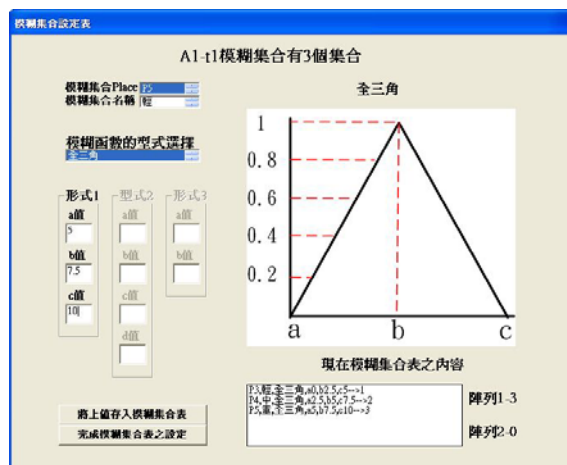


圖 13 設定系統中相關的模糊歸屬的介面視窗

將所要分析的整個系統繪製及設定完成後，便可利用本模擬系統來分析整個系統的模糊推論情形。由於是運用程式模擬，故要先輸入所想分析的兩端輸入值，假設今天系統兩輸入分別接收量測到的是洗衣重量(X)為 4.5 公斤、水中溫度(Y)為 28 度，而此時系統輸出的洗衣時間會是如何？而整個模擬系統的模糊推論演算及演示過程如下說明：

過程 1. 首先程式所呈現的演示為將洗衣重量(X)為 4.5 公斤及水中溫度(Y)為 28 度的接收變數值，傳送給兩輸入端各自所連接的 X 態變及 Y 態變分析。

過程 2. 接著是 X 態變及 Y 態變各自被激發後，在洗衣重量(X)為 4.5 公斤時，分別會屬於範圍由 0~10 公斤中的輕與中這兩個模糊集合，經計算後它們的模糊程度分別為輕=0.2、中=0.8，而在水中溫度(Y)為 28 度時，分別會屬於範圍由 15~55 度中的低與中這兩個模糊集合，經計算後它們的模糊程度也分別為低=0.7、中=0.3，再將以上之激發演算結果，分別在兩個變數所代表的各模糊集合 Place 上顯示產生出所演算的標記歸屬值。

過程 3. 由剛演算對應出的各模糊集合 Place 歸屬值，來激發九條所制定的控制規則式，而各規則上所連接的 Place 歸屬值為以下：

規則 1：X 輕=0.2 AND Y 低=0.7，

規則 2：X 中=0.8 AND Y 低=0.7，

- 規則 3 : $X_{\text{重}} = 0 \text{ AND } Y_{\text{低}} = 0.7$,
 規則 4 : $X_{\text{輕}} = 0.2 \text{ AND } Y_{\text{中}} = 0.3$,
 規則 5 : $X_{\text{中}} = 0.8 \text{ AND } Y_{\text{中}} = 0.3$,
 規則 6 : $X_{\text{重}} = 0 \text{ AND } Y_{\text{中}} = 0.3$,
 規則 7 : $X_{\text{輕}} = 0.2 \text{ AND } Y_{\text{高}} = 0$,
 規則 8 : $Y_{\text{中}} = 0.8 \text{ AND } Y_{\text{高}} = 0$,
 規則 9 : $X_{\text{重}} = 0 \text{ AND } Y_{\text{高}} = 0$,

經由先前在各 Arc 所設的 α 截值，必須要大於 0 以上的歸屬值，才可觸發規則，所以經過比較後，便會呈現有 4 條規則被激發，分別為 1、2、4、5 條。(如圖 14 所呈現)

過程 4. 經過前比較後，所激發的 4 條規則，而各規則再經由各態變的 Mamdani 邏輯 AND 演算 (min 運算法)，而各規則的推理計算如下：

規則 1 : $X_{\text{輕}} = 0.2$ 、 $Y_{\text{低}} = 0.7$ ，則會推論出 $\text{Min}(0.2, 0.7) = 0.2$,

規則 2 : $X_{\text{中}} = 0.8$ 、 $Y_{\text{低}} = 0.7$ ，則會推論出 $\text{Min}(0.8, 0.7) = 0.7$,

規則 4 : $X_{\text{輕}} = 0.2$ 、 $Y_{\text{中}} = 0.3$ ，則會推論出 $\text{Min}(0.2, 0.3) = 0.2$,

規則 5 : $X_{\text{中}} = 0.8$ 、 $Y_{\text{中}} = 0.3$ ，則會推論出 $\text{Min}(0.8, 0.3) = 0.3$ 。

而在規則推論之後所連接的結論模糊集合 Place，規則 2 為 T 長、規則 4 為 T 短，但其中第 1、5 的規則會推論到同一個結論模糊集合 T 中，故經過 Mamdani 邏輯 OR 演算 (max 運算法) $\text{Max}(0.2, 0.3)$ ，會得 $T_{\text{中}} = 0.3$ ，最後便呈現選擇規則 5 做為傳送至 T 中結論集合的結果路徑。(如圖 15 所呈現)

過程 5. 接著是將各模糊集合結論 Place (T 短、T 中、T 長) 的歸屬值，傳送至反模糊 T 態變上。

過程 6. 最後將之前觸發傳送至的反模糊 T 態變上的各模糊集合結論 Place (T 短、T 中、T 長) 的歸屬值解模糊。(如圖 16，圖 17 所呈現)

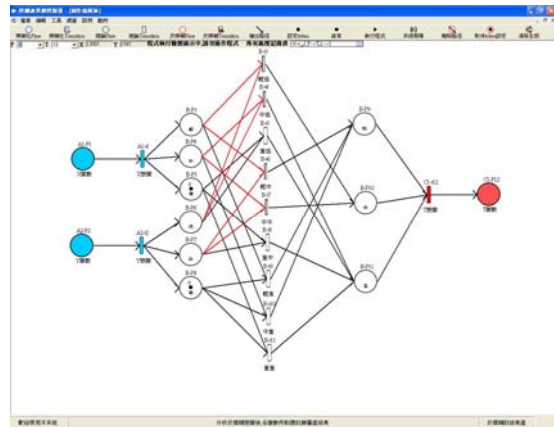


圖 14. 模糊洗衣機控制系統推論演示過程 3

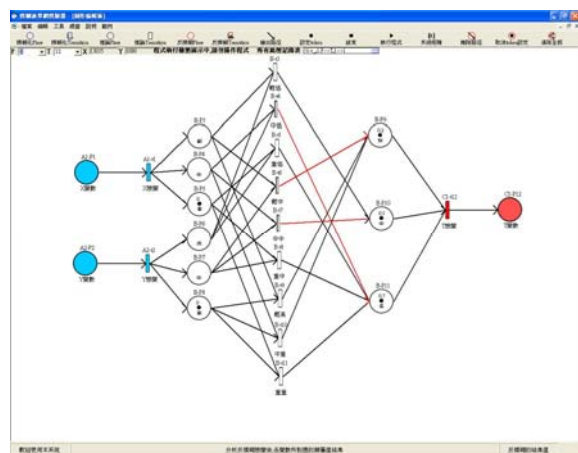


圖 15. 模糊洗衣機控制系統推論演示過程 4

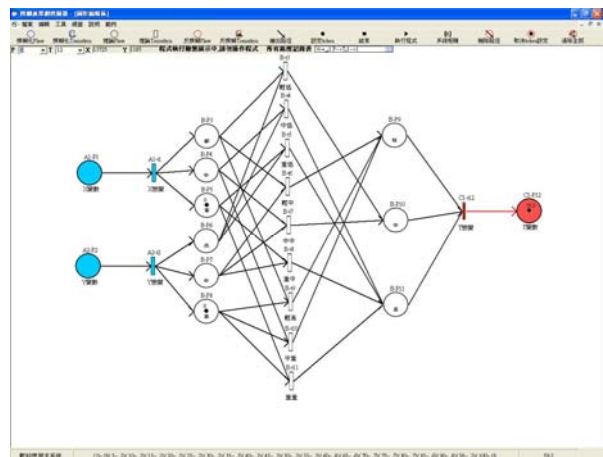


圖 16. 模糊洗衣機控制系統推論演示過程 6

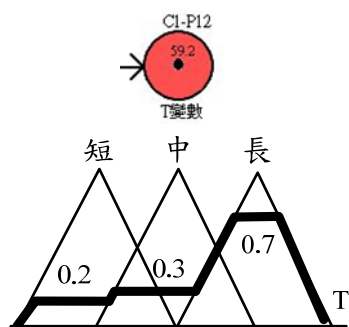


圖 17. $X=4.5, Y=28$ 時, 模糊洗衣機控制系統推論結果

由以上的模擬系統的推論結果, 不難發現是較為合乎人的控制決策結果, 因為在人的知識常理判斷, 當洗衣重量是中時, 表示要洗的衣服為中等多, 但水中溫度是中低時, 洗衣的能力可能會差一些, 故我們會把洗衣的時間拉長一些, 故上推論的結果 $T=59.2$ 分是符合整個時間範圍的中等在長一些的洗衣時間。以下我們再針對其它幾個情況來模擬, 經過模擬系統推論後, 其結果如下所示:

1. 當洗衣重量(X)為輕 3 公斤, 水中溫度為高 43 度時, 推論結果洗衣時間為短 31 分。
2. 當洗衣重量(X)為中 7 公斤, 水中溫度為中 28 度時, 推論結果洗衣時間為長 68.6 分。
3. 當洗衣重量(X)為很少 1.5 公斤, 水中溫度為很高 51 度時, 推論結果洗衣時間為很短 25 分。
4. 當洗衣重量(X)為很多 9 公斤, 水中溫度為很低 17 度時, 推論結果洗衣時間為很長 75 分。

經由以上的模擬結果, 不難發現整個模糊洗衣機控制系統模型是繼承了模糊控制理論及派翠網的優點, 所做出的控制是比一般傳統的控制系統, 較為具有合乎人的控制決策結果, 而使得整個控制系統是具有更智慧的控制方式, 另一方面, 再經由模擬系統所具備之派翠網分析系統之強大的動態推論方式, 便讓人可更容易分析、快速及清楚了解整個具有模糊性控制系統模型之複雜的推論過程及錯誤推論, 以建立出更為正確且精準的推論邏輯控制系統模型。

6. 結論

本研究應用了模糊理論與派翠網理論的重新整合, 提出了一套具有分析模糊性控制系統推論的模糊派翠網定義模型, 來解決現今複雜的系統當中常所伴隨著許多模糊不確定、非線性及時變的事物或因素, 並且本研究應用了此定義模型, 開發出了一套不同型態的軟體模擬系統, 也利用了此軟體模擬系統, 成功的設計出一個具有模糊性質的洗衣機控制系統, 故經由此驗證了本研究所提出的模糊派翠網定義模型是可行且正確的。

在本研究之貢獻有以下兩部份:

1. 提供了一個新詮釋的模糊理論結合派翠網的模型定義。
2. 提供了一個新型態系統推論工具, 讓設計者能於系統硬體實際製作前, 可利用此系統推論工具, 來先行了解所設計的控制系統內部的運作過程, 並且借由此模擬系統所具備的模糊理論, 便能讓設計者能夠不必去理會所要分析的受控系統之數學模型, 也可不必去寫出它的控制轉移方程式, 只要利用設計者本身對受控系統的經驗法則及認知, 便能順利的建立出系統內部的控制邏輯之模型, 另一方面, 藉由派翠網理論強大的系統分析能力的優點, 利用派翠網圖形的動態演示分析, 來了解整個控制系統模型的模糊推演的預測過程及結果, 以便精確、快速的分析出所建立的系統結構及控制邏輯的正確性, 以減少在除錯上不必要浪費的時間及精神。

7. 參考文獻

- [1] Unbehauen, H. and G. P. Rao, "Continuous-time Approaches to System Identification - A Survey", Automatic, 26, 23, 1990.
- [2] R. Johansson, Systems Modeling and Identification, Prentice-Hall, 1993.

- [3] Wang, Q. G. and Y. Zhang, "Robust Identification of Continuous Systems with Dead-time from Step Responses", Automatic, 37, 377, 2001.
- [4] L.A.Zadeh, "Fuzzy sets" Information and Control, vol.8, pp.338-353, 1965.
- [5] C.A.Petri, "Communication with Automate", New York: Griffiss Air Force Base, Tech. Rep. RADC-TR-65-377, Vol. 1, and September, 1964.
- [6] C.G.Looney, "Fuzzy Petri nets for rule-based decision making". IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, 18(1) :178-183,1988.
- [7] S.M.Chen, JM.Ke and J.F.Chang, "Knowledge representation using fuzzy Petri nets," IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering, 1990.
- [8] A.Konar and A.M. Mandal. "Uncertainty management in expert systems using fuzzy Petri nets," IEEE Transaction on Knowledge and data Engineering, 1996.
- [9] D.S.Yeung and E.C.C.Tsang. "A multilevel weighted fuzzy reasoning algorithm for expert systems", IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 1998.
- [10] X.Li, W.Yu and F.Lara-Rosano. "Dynamic Knowledge inference and learning under adaptive fuzzy Petri net framework," IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews, 2000.
- [11] Victor R. L. Shen and Feipei Lai "Requirements Specification and Analysis of Digital Systems Using Fuzzy and Marked Petri Nets, " IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics, 1998.
- [12] 韓世翔, "考量環境智慧之適性化行動學習平台", 中原大學資訊管理學系碩士學位論文, 中華民國九十三年八月
- [13] 王文俊 "認識Fuzzy-第三版", 全華科技圖書
- [14] 楊英魁, 孫宗瀛, 鄭魁香, 林建德, 蔣絮堂 "模糊控制理論與技術", 全華科技圖書
- [15] 孫宗瀛, 楊英魁 "Fuzzy 控制: 理論、時作與應用", 全華科技圖書