

# 以智慧型計算技術設計控制器及控制系統模擬之研究

張智超、周鵬程

E-mail: 9607712@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

倒單擺系統為一個不穩定系統，其機械結構並不複雜，故應用於各種控制理論的驗證。而雙旋轉翼(Twin-Rotor MIMO System, TRMS)也為一不穩定系統，但控制器方面，由於施加於機械結構的控制輸入量與產生的輸出推力呈現非線性的關係，很難用已知的數學函數明確的加以描述，再加上機械結構本身的非線性現象，提高了控制器設計的困難度。故比倒單擺系統要來的困難些。本論文針對設計一智慧型控制器(K+NN)，一個新型的暫態輔助器，來控制以及模擬系統，並利用物群尋優法(Particle Swarm Optimization, PSO)搜尋所要的參數值。本論文應用在倒單擺及雙旋轉翼系統上面，除了對系統上有完整的數學模式建構及分析，也利用各種不同的控制理論，其中包含傳統PID控制理論、混合控制器以及模糊控制理論等等，加以驗證加入K+NN的可行性，並利用Matlab Simulink軟體來模擬控制器對倒單擺系統及TRMS系統的結果。

關鍵詞：倒單擺系統、雙旋轉翼(TRMS)、暫態輔助器(K+NN)、物群尋優法(PSO)

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 .....	iii	中文摘要 .....	iv	英文摘要 .....	v						
誌謝 .....	vi	目錄 .....	vii	圖目錄 .....	xi	表目錄 .....					
.....	xv	第一章 緒論	1.1 簡介 .....	1	1.2 文獻回顧 .....	2	1.3 論文大綱 .....	5			
.....	4	第二章 智慧型計算概論	介紹	2.1 模糊控制器 .....	5	2.1.1 模糊理論 .....	5				
2.1.2 模糊集合 .....	6	2.1.3 模糊邏輯控制系統基本架構 .....	7	2.1.3.1 模糊化 .....	8	2.1.3.2 模糊規則庫 .....	9				
2.1.3.3 推理機構 .....	10	2.1.3.4 資料庫 .....	10	2.1.3.5 解模糊化 .....	12	2.1.4 模糊控制法則及歸屬度設計 .....	12				
.....	12	2.2 神經網路理論的介紹 .....	16	2.2.1 類神經理論 .....	17	2.2.2 類神經網路架構 .....	19				
.....	17	2.3 尋優法的簡介 .....	21	2.3.1 物群尋優法的理論分析 .....	22	2.3.1.1 物群尋優法的理論分析 .....	22				
.....	22	2.3.1.2 物群尋優法的架構 .....	22	第三章 智慧型計算技術設計控制器的理論架構	3.1 K+NN 理論架構 .....	25	3.2 K+NN 的實例與功效 .....	26			
.....	25	第四章 受控體數學系統架構與推導	4.1 受控體系統 .....	32	4.2 倒單擺數學系統架構分析 .....	32	4.2.1 傳統牛頓力學分析 .....	33			
.....	33	4.2.2 Lagrange Equation 能量觀點分析 .....	37	4.2.3 Matlab 倒單擺範例數學式分析 .....	40	4.2.4 狀態方程式之線性化及狀態空間表示 .....	44				
.....	44	4.3 雙旋轉翼數學系統建構 .....	45	4.3.1 TRMS 數學系統架構分析 .....	45	4.3.2 數學模式推導及狀態方程式描述 .....	46				
.....	45	4.3.2.1 環繞水平軸的作用力分析 .....	47	4.3.2.2 環繞垂直軸的作用力分析 .....	51	4.3.3 TRMS 的數學模型 .....	54				
.....	51	4.3.3.1 運動方程式 .....	54	4.3.3.2 主翼與尾翼直流馬達輸入電壓-轉速與旋翼轉速-推力的關係 .....	56	第五章 控制理論原理探討分析	5.1 傳統PID 控制器 .....	59			
.....	59	5.1.1 PID 控制器簡介 .....	59	5.1.2 PID 控制器理論架構 .....	59	5.2 混合控制器 .....	62	5.2.1 PI 控制器 .....	62		
.....	62	5.2.2 線性二次式最佳控制基本原理 .....	63	5.2.3 順向濾波器 .....	64	第六章 模擬	6.1 倒單擺系統 .....	65			
.....	64	6.1.1 混合控制器 .....	65	6.1.1.1 倒單擺的原始參數與圖形 .....	66	6.1.1.2 加入暫態輔助器於混合控制器 .....	68				
.....	66	6.1.2 模糊控制器 .....	71	6.1.2.1 倒單擺系統的建立 .....	71	6.1.2.2 FLC 對單擺的響應 .....	73				
.....	71	6.1.2.3 Scaling factors 對單擺的響應 .....	75	6.1.2.4 加入暫態輔助器於單擺的響應 .....	78	6.2 TRMS 系統 .....	81	6.2.1 TRMS 系統的建立 .....	81		
.....	78	6.2.2 TRMS 的控制法則及用PID 控制器模擬各篇 Paper .....	82	6.2.3 加入暫態輔助器模擬各篇 Paper .....	91	第七章 結論與未來研究方向	7.1 結論 .....	100	7.2 未來研究方向 .....	101	
.....	100	7.1 結論 .....	100	7.2 未來研究方向 .....	101	參考文獻 .....	103	附錄 .....	106	一. TRMS 的參數表與公式集 .....	106
.....	103	.....	106	.....	106	二. 發表相關文章 .....	111	.....	111	.....	

## 參考文獻

- [1]J.-S.R. Jang, C.T. Sun, E. Mitutani, " Neuro-Fuzzy And Soft Computing ", Prentice-Hall(2004).
- [2]周鵬程, " 智慧型計算概論 ", 修訂二版, 全華科技圖書股份有限公司(2003).
- [3]C.T. Lin, C.S. Lee, " Neural Fuzzy Systems ", Prentice-Hall(1996).

- [4]王文俊, “認識Fuzzy”, 第二版, 全華科技圖書股份有限公司(2001)。
- [5]張斐章, 張麗秋, 黃浩論, “類神經網路理論與實務”, 東華書局(2004)。
- [6]周鵬程, “類神經網路入門-活用Matlab”, 全華科技圖書股份有限公司(2004)。
- [7]周鵬程, “遺傳演算法原理與應用”, 修訂版, 全華科技圖書股份有限公司(2001)。
- [8]PenChen Chou, TsiChian Hwang, TsiChow Chang ‘ A New Kind of Controller for Transient Improvement in Control Systems ’, IMECS 2007, Kowloon, Hong Kong(2007)。
- [9]PenChen Chou, TsiChian Hwang, TsiChow Chang, ‘ The Experience of using a Neural Assistor to Enhance the Transient Characteristics of Well-Defined Control Systems ’, IEEE CIMSA 2006, La Couna, (2006)。
- [10]張智超, 周鵬程, ‘以K+NN, 暫態輔助器, 改良倒單擺控制器設計及模擬’, 再生能源科技與應用研討會(2007)。
- [11]Math Work inc., Using Simulink, V.5(2002)。
- [12]T.S. Leng, N.S. Leng, ‘ Control Of An Inverted Pendulum Using A Nerual-Fuzzy Controller ’, in Proc.IEEE Conference, pp.212-217 March 1993(1993)。
- [13]S. Kawaji, K. Ogasawara, ‘ Stabilization Of Inverted Pendulum By The Genetic Algorithm ’, in Proc. IEEE Conf., pp.4372-4377 Marth 1995(1995)。
- [14]洪介仁, “車與桿倒單擺系統之平衡控制”, 國立成功大學, 電機研究所碩士論文, 92年7月(2003)。
- [15]李志暉, “現代控制法則於倒單擺系統之甩上直立及定位控制之研究”, 大葉大學電機研究所碩士論文, 92年6月(2003)。
- [16]曾國忠, “倒單擺之角度與定位控制法則之研究”, 大葉大學電機研究所碩士論文, 92年6月(2004)。
- [17]周鵬程, “智慧型計算入門-Matlab 程式語言入門-修訂二版”, 全華科技圖書股份有限公司(2004)。
- [18]張碩, “自動控制系統”, 第五版, 鼎茂(2001)。
- [19]FeedBack公司, “Control In A Matlab Environment Twin Roter MIMO System” (1998)。
- [20]Jih-Gau Juang, Wen-Kai Liu, Cheng-Yu Tsai, ‘ Intelligent Control Scheme For Twin Rotor MIMO System ’, National Taiwan Ocean University, Taiwan, ROC, IEEE 2005(2005)。
- [21]盧韋志, “複合式滑動模式控制於雙旋轉翼系統之應用與實作”, 國立雲林科技大學電機工程系碩士班, 90年6月(2001)。
- [22]吳旭焜, “一簇非線性系統可變結構控制及其在雙旋轉翼系統的應用”, 國立雲林科技大學電機工程系碩士班, 92年6月(2003)。
- [23]黃明德, 莊季高, “結合基因演算與PID控制法於非線性 TRMS之應用”, 國立台灣海洋大學導航與通訊系(2005)。
- [24]Chuan-Sheng Liu, Liang-Rui Chen, ‘ Improvement Of The Twin Rotor MIMO System Tracking And Transient Response Using Fuzzy Control Technoloy ’, IEEE, 2006(2006)。
- [25]Eric Bonabeau, Marco Dorigo, Guy Theraulaz, “Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems” ISBN 0-19-513159-2(1999)。
- [26]黃志強, “K+NN, 一個新控制架構, 原理及應用之研究”, 大葉大學電機研究所碩士論文, 96年6月(2007)。