

學生專業共同學習小組 成果報告書

填表日期： 111 年 6 月 15 日

小組名稱	四軸無人機控制系統				
學習主題	☒ 各式競賽 ☐ 專業證照 ☐ 科技部計畫 ☐ 教師檢定 ☐ 研究所考試 ☐ 公職考試				
指導老師	劉俊宏老師				
成員總人數總計__7__人 (大學部成員人數__7__人，碩士班成員人數__0__人)					
組長姓名	沈o錡		組長連絡電話	0974xxxxxx	
組長電子信箱	n942011629@gmail.com				
成員姓名	學號	系所名稱	學級	備註	
1	許o竹	10722180	綠資四	☒ 大學部 ☐ 研究所	
2	沈o錡	10822119	綠資三	☒ 大學部 ☐ 研究所	
3	賴o霖	10822112	綠資三	☒ 大學部 ☐ 研究所	
4	吳o城	10822101	綠資三	☒ 大學部 ☐ 研究所	
5	葉o彬	11022127	綠資二	☒ 大學部 ☐ 研究所	
6	王o健	11022123	綠資二	☒ 大學部 ☐ 研究所	
7	文o任	11022102	綠資二	☒ 大學部 ☐ 研究所	

學生專業共同學習小組成果報告

成立宗旨 【註：字數需超過 200 字】

(請說明組成學習小組的起源，以及成立之宗旨、目的、特色，請詳述。)

本共同小組成立的宗旨是為了讓我們這些大二的學弟可以提早接觸大三大四系上的畢業專題研究，而大三大四的學長也可以從中帶領學弟妹了解這些專業知識，讓學弟可以從中獲取學長姐得經驗，讓我們在將來研究這條路上可以少走很多冤枉路，也可以讓我們更清楚未來的目標，提早了解需要修哪些課程來增強自己的能力，而學長姊也可以從中獲得學弟的協助，解決一些不是過於困難的問題，增加研究效率，學長姊在帶領學弟妹的過程中也可以學習到以往自己觀念不太熟習的地方，達到教學相長的目的。

本共學小組都是來自於綠資學程，所以我們擁有一定的理工學院背景，在接觸這類的問題時，有更多的知識與經驗去分析及排除問題，也因為如此在做控制系統上的機電整合時也不至於太過困難，這也正是綠資學程這種培養π型人才的目的。

共學時間		共學地點	預定進度	實際進度
1	03/08	Google Meet 討論	建構 Simulink 模擬環境	建構 Simulink 模擬環境
2	03/15	Google Meet 討論	Matlab/Simulink 相關介面操作	Matlab/Simulink 相關介面操作
3	03/22	Google Meet 討論	Simulink 無人機程式與模擬設計	Simulink 無人機程式與模擬設計
4	03/29	Google Meet 討論	Simulink 無人機程式與模擬設計	Simulink 無人機程式與模擬設計
5	04/05	Google Meet 討論	Matlab 無人機模擬數據分析並用於優化控制系統	Matlab 無人機模擬數據分析並用於優化控制系統
6	04/9	Google Meet 討論	Matlab 無人機模擬數據分析並用於優化控制系統	Matlab 無人機模擬數據分析並用於優化控制系統
7	04/12	Google Meet 討論	Matlab 無人機模擬數據分析並用於優化控制系統	Matlab 無人機模擬數據分析並用於優化控制系統
8	04/19	Google Meet 討論	將控制系統傳輸到實體四軸無人機中	將控制系統傳輸到實體四軸無人機中
9	04/26	Google Meet 討論	將控制系統傳輸到實體四軸無人機中(論文撰寫)	將控制系統傳輸到實體四軸無人機中(論文撰寫)
10	05/03	Google Meet 討論	利用 Matlab 分析實際飛	利用 Matlab 分析實際飛

			行數據 (論文撰寫)	行數據 (論文撰寫)
11	05/10	Google Meet 討論	利用 Matlab 修改控制系統 (論文撰寫)	利用 Matlab 修改控制系統 (論文撰寫)
12	05/17	Google Meet 討論	將控制系統傳輸到實體四 軸無人 機中(論文撰寫)	將控制系統傳輸到實體四 軸無人 機中(論文撰寫)
13	05/21~05/22	Google Meet 討論	參加 2022 第 20 屆精密 機械與 製造科技研討會	參加 2022 第 20 屆精密 機械與 製造科技研討會
14	05/31	Google Meet 討論	根據評審意見修改系統參 數並傳 承交接給下一次參 賽成員	根據評審意見修改系統參 數並傳 承交接給下一次參 賽成員
15	06/07	Google Meet 討論	持續修正控制系統演算法	持續修正控制系統演算法
16	06/14	Google Meet 討論	應用修正控制系統演算法 至系統	應用修正控制系統演算法 至系統
17	06/21	Google Meet 討論	模擬該修正控制系統演算 法	模擬該修正控制系統演算 法

學習成果量化成效 (需佐證相關資料)
(請依照實際規劃填報，若無規劃之項目，請填入 N/A)

項目	達成值	項目	達成值
競賽參賽數/或獎數	2	公職考試報考人次	N/A
師院大會考平均分數	N/A	研究所報考人次/錄取人次	N/A
專業證照報考人次/通過數	N/A	大專生科技部計畫申請數/通過數	N/A

執行成果 【註：字數需超過 1000 字】

(請說明參與共學小組在規畫下的分享討論過程，對於成員之實際裨益，及能提供其他學生觀摩之處。)

我們這組共學小組是第二次報名參加，我們這組有兩個大三生、三個大三生和一個大四生，一開始大二的學弟並沒有太多的實際經驗，但經由學長姊一學期的合作下大二的學弟對自己得能力有所提升及未來的目標有更明確的瞭解，過程中也非常指導老師的建議與協助，提供我們明確的方向，也因為有了指導老師的幫助下，且所有成員相互合作，這次的共學小組大致上還算是順利，也非常感謝學校方面給予這個機會讓我們有機會以及資源去參加這次的比賽，在共學小組申請書送出時，大家就已經花費許多時間在研究這個主題，由於先前有對於的無人機控制系統的經驗，因次這次的目標往較難的古典控制器研究，過程甚至對於機器學習的控制器有了不少的了解，雖然一開始學習這些控制系統的理論中花費了不少的時

間，但在經過之前共學小組的經驗，我們搜尋資料效率相較於一年前有了大幅度的提昇，本此研究較為困難得地方在於控制系統相較於之前的控制系統難度提升了，我們必須抱有更嚴謹的態度來執行這次的計畫，在我們迷失方向時指導老師也扮演著非常重要的腳色，感謝指導老師給予我們的方向，讓我們遇到困難時不至於卡太久。一開始建構控制系統時，就已經反覆實驗多次不同模型，但在實際建構時還是發生許多問題需要排除，經過去年的經驗我們有更系統化的方式可以解決關於環境的問題，因此我們並沒有在這個環節上花費太多不必要的時間，之後的控制系統儘管相當的困難，但在本組成員的合作下，大部分的問題迎刃而解。

在撰寫論文階段時我們將先前實驗的資料、數據依據所調控多個控制系統之數據做整理分類並撰寫論文，但在撰寫過程中還可以使用多種方式來找出最佳化的數據，經過多次模擬與實測後，找出較先前實驗結果優異的控制系統參數，為此將已寫好的實驗方法與結果做出大幅度的修改，以符合最後找出最佳化數據的方法，即使這會使我們花上許多時間去重複實驗及修改論文內容，但為求符合所研究目的，優化無人機的飛行控制系統，若有更佳的優化結果何樂而不為，其實在撰寫論文的過程中也遇到了許多挫折，在我們第一次完成論文初稿撰寫後我們請指導教授審閱，在教授審閱完並給出意見，我們才發現有許多地方可以寫得更清楚更完整，這部分非常感謝劉俊宏老師的指導，讓我們的論文更加得完整，許多我們沒有準備充足或沒有設想周全的部分，指導教授都不厭其煩的提醒我們，並給我們適當的建議讓我們同時擁有自己成長的空間，若是沒有劉俊宏老師的指導我們一定會多走很多冤枉路，在大家這幾個月下來的合作及溝通也讓我們在最後順利錄取參加 2022 第 20 屆精密機械與製造科技研討會，讓我們這幾個月的努力有了很好的結果。

在共學小組這幾個月月中不只學習到關於控制系統的專業知識，在團隊合作的能力上也讓我們受益良多，也讓我們對於團隊合作及分工有很大的提升，也感謝指導教授不厭其煩的指導我們，相信這樣的共學方式也能一定的提升我們在未來職場上的競爭力。

執行檢討與建議（優、缺點）

本學期之研究已告一段落，對於本次共學小組的執行，我們整理以下的優、缺點

優點：

1. 主題的制定的控制系統的 GA 控制器可以讓我們稍微對於自適應的控制系統有一定的了解
2. 「無人機控制系統」是可以實際掌握模擬的狀況與實際飛行的狀況是否吻合，能在實際飛行後找出改進地方，放在經由模擬去做調整。
3. 組員的分工完善，各司其職，在共學小組裡去專攻自己擅長的同領域，這樣的情況下能夠互相補足組員們的短處，使進度大幅上升。
4. 由不同年級所組成的共學小組，不同年級可以互相學習、督促使進度不要落後。

5. 組成共學小組的成員都是同系的，所以在執行計畫有問題時或技術上的困難不會有不好意思開口，所以進度才能總是在計畫內。

缺點：

1. 在找資料方面，雖可以找到許多資料，但是花費過多的時間去整理。
2. 無人機的電池電力耗損極快，飛行十幾分鐘就需要更換電池，所以需要多準備備用電池在旁邊。
3. 研究過程的方式及時間分配有待改善，減少與研究無關之時間。
4. 前期組員的自發性欠佳，雖然有到達預定進度，但整題研究效率低下。
5. 團隊溝通上需再加強，增加團隊成員之間的溝通與討論。
6. 每次開會時，時間分配需要改善，無法使小組裡每位都報告到，且進度報告的能力也需要再增強。

預期共學目標達成情形

在申請共學小組的期間中我們找過許多的研討會想參加，找了許久才發現幾個適合我們本組主題的研討會，不僅研究內容非常的重要，找到合適的研討會也是非常重要的一環，需要找到與本組組題契合且與我們能力相符合的研討會才能使我們的研究被主辦方看見，我們這次共學小組其實還有報名第二個國際研討會，不過參加的組別多為碩博士生，導致我們的內容在眾多的論文中相形見拙，也因此沒有被主辦方接受，幸運的是由台灣扣件產業技術發展協會主辦的精密機械與製造科技研討會既符合我們的主題且競爭對手大多實力相當，才讓我們在這次比賽中脫穎而出。

在 5 月初時我們被精密機械與製造科技研討會接受後，很不巧地就遇上疫情爆發，也因為如此本組未能全部到場參加論文的發表，由部分人員參加，確實有點小可惜，也為我們心中留下一個遺憾，不過也因為如此我們決定在疫情結束後，我們要再次參加國際研討會並拿到更好的成績，我們也在這次共學小組中累積了不少實力，相信有了這次的經驗下次在籌備的過程中會更有方向，也可以做出更有深度的研究，下次的成績必定會更佳的耀眼。

成員心得分享

吳o城：

在這個共學小組的機會中，學習到了一般在課堂中不會碰觸到的實作部分，起初對於控制系統這部分是真的沒甚麼了解，算是誤打誤撞進來研究控制系統這一部分。從一開始的軟體去進行初步摸索到現在可以去參考其他論文去拉模塊組成簡單的控制系統去跑出模擬圖，近期在把原本軟體內的套裝控制系統替換成現在正在研究的系統，雖然處處碰到難處，但都有和學長姐討論去打破難關，目前是有碰壁到模擬數據的問題，正在與同學們討論如何去改

正此部分。做專題的同時，我們小組也有參加了理工周去發表研究成果，體驗了一下穿正裝發表的氣氛以及環境，還有參加了國內論文的投稿比賽及現在正在準備投稿國外的初稿，學習到了寫論文的一些技巧及內文的規定都很嚴謹，都要避免口語化的字詞出現。這些經驗讓我學習到了不少。

文o任：

在共學小組中能選擇自己有興趣的層面去跟老師討論有關自身專題的想法以及如何實踐，之後再和組員討論該如何將想法付諸實行。並藉由每週的專題開會審視自己一個禮拜之中是否有進度，並在開會的過程中將自己的成果展示出來，如果有問題的話也能夠向老師詢問並想出解決或改進的方法。雖然在這之中會遇到一些問題、進度不夠或緩慢跟其他困難點，這就是需要每週開會的目的，讓老師知道能夠追蹤自己的進度。因為自己比較慢加入的關係，進度跟其他組員相比較不足，需要盡更多的時間跟精力才能慢慢趕上自己該追上的進度。並藉由在共學小組的時間中學習到更多且更廣的知識及應用。希望能夠在下學期開學前就將進度趕上並為其他組員以及專題有所貢獻。

葉o斌：

相比一年前剛加入專題時，現在不只是需要做研究，還要寫計畫書、報告書等並投稿、發表。研究的部分也從原本的 PID 到現在的強化學習，希望透過更新的技術作為控制器，但也因為是較新的技術且難度較高，所以花費了許多時間，希望未來在學習新技術可以更有效率的學習。開始寫論文後才發現，原來有許多小細節需要注意，包括參考資料的找尋及使用、目錄的製作等，且對於 word、EndNote 等軟體更加熟悉。現在要加強的就是軟實力，文筆的部分，前面提到的那些技術跟學長姐學習就可以得到，但文筆就真的只能靠我自己。

王o健：

這次相較於大一的時候，對於無人機的飛行控制器與程式編輯更加熟悉了，研究的方向也從 PID 控制，無人機群飛一直到現在的 PPO，研究的過程雖然遇到了許多問題，但我們也會一一解決。寫計畫書和報告也是以前沒有經歷過的，無論是上網找期刊，還是報告書的編輯，感覺還有很多地方和小細節需要注意與學習。這次實驗室也新增了無人車的研究，透過聆聽學長姐的報告，讓我能夠從中了解一些不同的控制器，我認為目前的我需要繼續增強自己寫程式與尋找資料的能力，這樣才能更有效率的解決遇到的問題，寫計畫書的部分也需要跟學長姐好好學習，以後寫計畫書才能寫得更完整。

許o竹：

大四剩下最後的機會參加一些活動了，總該要好好的學一下，半導體與自動控制產業現在越來越熱門，此外隨著半導體業擴廠的關係，控制與調整成了不可或缺的技能，那麼如何使設備穩定的進行工作項目，又該如何去調整呢？

因此就需要學習與控制系統相關的技能了。在這最後幾次的活動，我們增加了其他的設備以及研究的東西，總覺得後面又有好多新花樣跟新玩具，此外我們也在前面的基礎上，又增加了許多不同的概念與理論，當然這些理論的整合加上實施，讓我們的實驗更為往外的發展，同時也在原本控制的基礎上融入更多的智慧結晶。總之，希望未來的學弟妹可以在我們學習到的基礎架構上，更上一層樓，以及引導日後實驗室的學弟妹們能夠清楚的學習到相關知識。

沈o錡：

非常感謝學校給予這次的共學機會，也讓我們有機會與資源參加此競賽，而我個人在共學小組的四個月中獲得許多時間與機會去熟練 Matlab 與 Simulink 的操作方式，相信對於我日後的畢業專題也會有不小的幫助，在這次共學小組中，我也熟悉並了解了控制系統，也學會了更多控制系統的邏輯，包括 GA 控制器、Fuzzy 控制器等等，比起去年參加共學小組的我這次也更熟悉實驗步驟，也變得更加細心，實驗邏輯也更加明確，我們也皆由這次共學小組的機會順便參加了理工學院專題競賽，也得到了優等的成績，相信這對我之後升學也會有不小的幫助，甚至進入研究所後能更了解如何與他人良好的合作及共事，過程中也學習到許多撰寫論文的技巧，讓我做文書處理時也更加謹慎仔細，學會了很多學校沒有教的文書軟體，讓我未來撰寫論文時可以效率大幅增加。實驗模擬過程中總是不會每次都很順利，時常會有與理想不同的狀況發生，有時候複雜的問題往往都出在 code 沒有注意錯字或是一些小細節中，在共學後面幾個月也漸漸培養出對實驗更加謹慎的態度。

賴o霖：

我在這次的專業共同學習小組裡學習到 Matlab 及 Simulink 軟體的基本操作方式及使用技巧並開始利用 Simulink 將無人機飛行控制系統視覺化，利用視覺化可更快速的學習無人機的基本飛行控制系統，在了解其系統運作原理後我們依據 PID 控制原理將無人機的飛控系統進行優化，也了解模糊邏輯如何實際的應用在控制系統中，也對機器學習有了初步的了解。優化控制系統的過程中使用擬真模擬進行測試以減少實驗中的耗損，經多次測試後將優化完成的飛控系統導入實體無人機進行飛行測試，利用 Matlab 收集真實飛行數據並進行高度、姿態等分析，找出需修改處並回到飛控系統的調整，調整完依舊使用擬真模擬測試，測試後才導入實體無人機，反覆進行上述步驟，使得無人機達到預想之飛行狀態。

未來是否會再參與專業共同學習小組之申請 (組長填寫)

■是，

☐ 會以目前成員為主，再選讀其他主題

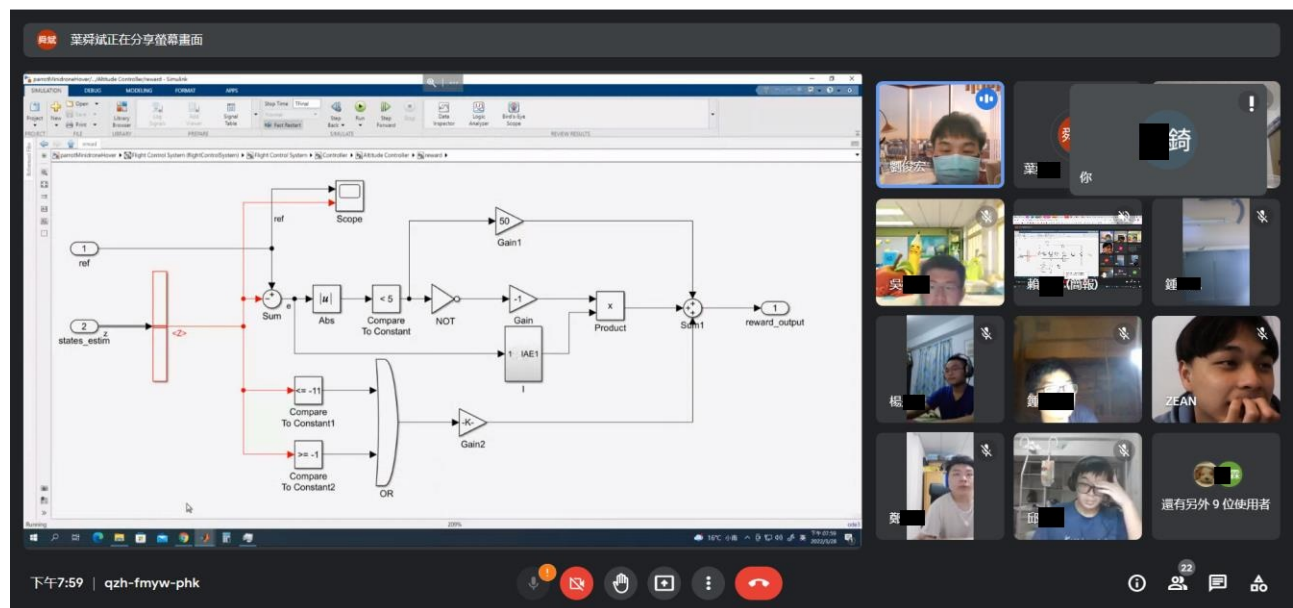
■ 會以目前成員為主，選讀相同主題

☐ 會再邀請其他成員，選讀其他主題

☐ 會再邀請其他成員，選讀相同主題

□否

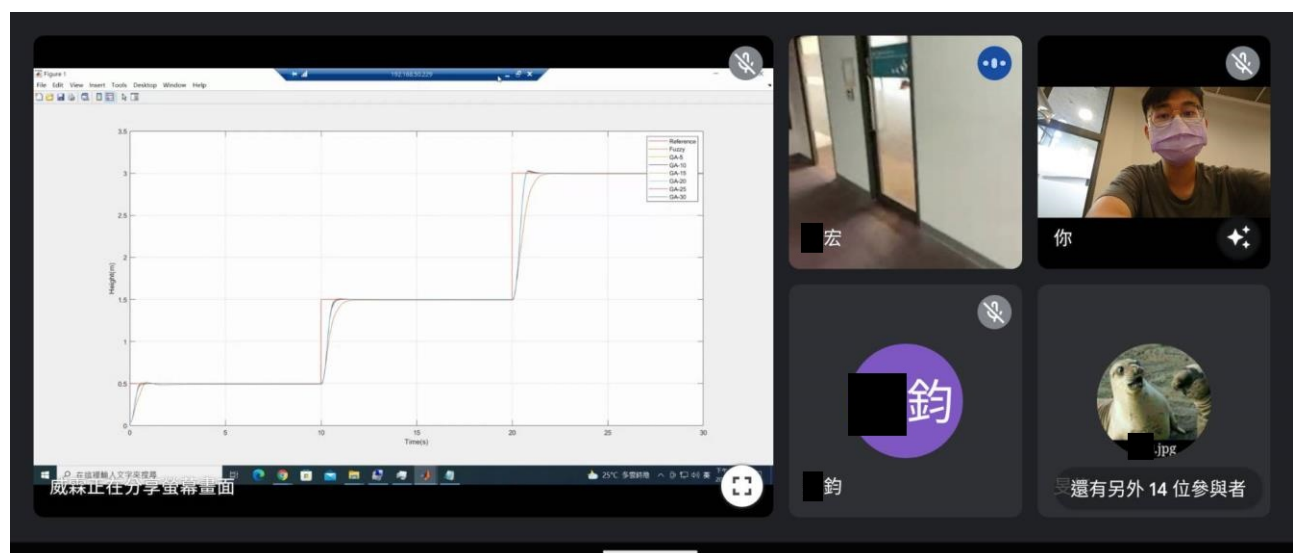
學生專業共同學習小組 共學紀錄



共學日期：111 年 3 月 28 日

地點：討論室 L117/google meet

照片敘述：討論控制系統設計方式

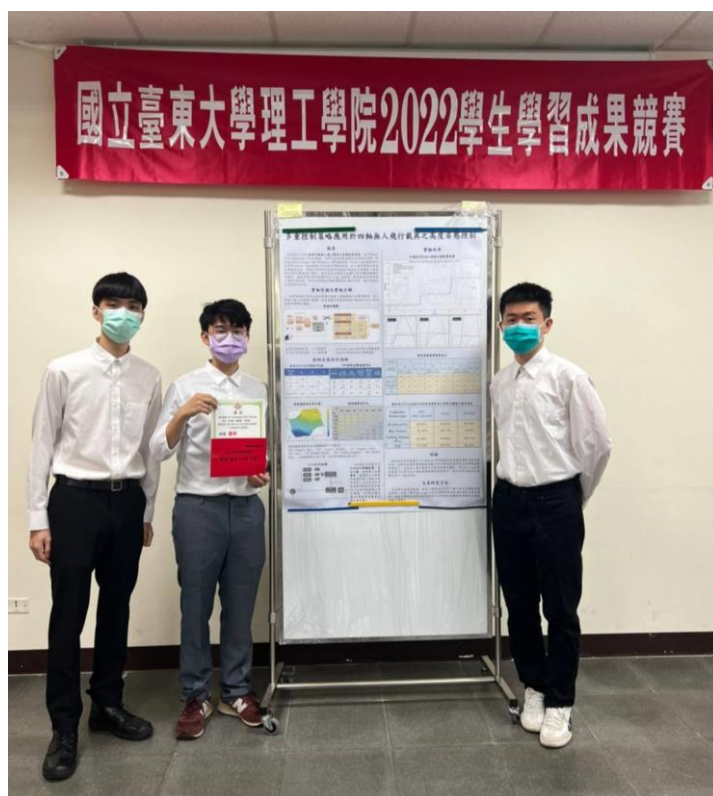


共學日期：110 年 4 月 18 日

地點：討論室 L117/google meet

照片敘述：討論無人機暫態及穩態響應

學生專業共同學習小組 共學紀錄



共學日期：111 年 5 月 18 日

地點：理工學院

照片敘述：理工周專題成果競賽



共學日期：111 年 5 月 21 日

地點：墾丁福華

照片敘述：參加 PMMT 研討會

2022 第 20 屆精密機械與製造科技研討會論文集—PMMT 2022
2022 The 20th Conference on Precision Machinery and Manufacturing Technology-PMMT 2022



第 20 屆精密機械與製造科技研討會 接受函

4 月 1 日 2022 年

論文編號：A009

論文題目：混合式 ZN-Fuzzy PID 控制器調整策略並應用於四軸飛行
器之精密姿態控制

作者：劉■宏、賴■霖、沈■崎、吳■城、葉■斌、王■健

我們很高興地通知您，您的論文業經審查後已被 2022 年第二十屆精密機械與製造科技研討會 2022 (PMMT 2022) 決議「接受發表」。PMMT 2022 將於 2022 年 5 月 20 日至 5 月 22 日在台灣墾丁福華飯店舉行。

誠摯邀請各位出席 PMMT 2022 會議進行論文發表。您所有的專業知識將為會議做出更有價值的貢獻。

PMMT 2022 主任委員

鄒國益

Website: [www.https://pmmt.ezgo.to/](https://pmmt.ezgo.to/)
Email: twpmmt@gmail.com



多重控制策略應用於四軸無人飛行載具之高度姿態控制

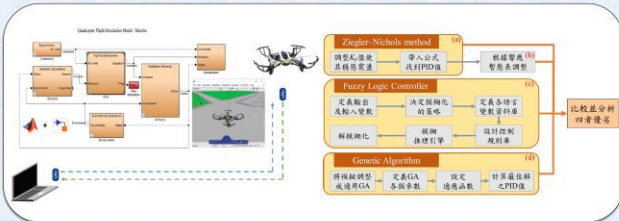
摘要

本研究的目標為發展四軸無人飛行載具之姿態控制系統。使用Matlab中的 Quadcopter Project模組，利用Simulink修改控制系統及其參數，將Proportional-Integral and Derivative (PID)控制器、Fuzzy Logic控制器以及利用Genetic Algorithms (GA)混和PID控制器，加入飛行控制系統進行模擬及分析，控制方法的部分先使用Ziegler-Nichols方法獲取一組參考用的PID數值進行飛行，再依系統式調整方法優化該PID數值讓飛行更穩定，接著依飛行狀況創建Fuzzy Logic 控制器，最後基於GA來創建一個PID控制器，分析四者暫態及穩態響應並比較其差異，選出最適合之姿態控制系統。

實驗架構及實驗步驟

利用Matlab中的Simulink建構四軸無人機模擬飛行的實際環境，在小型無人機上記錄飛行數據，並透過藍芽連線將Parrot Mambo mini drone的資料傳輸至電腦。

實驗架構圖



(a)ZN-PID控制器，人工調整前
(b)ZN-PID控制器，人工調整後

(c) Fuzzy Logic 控制器之建構過程
(d) GA-PID控制器之建構過程

控制系統設計過程

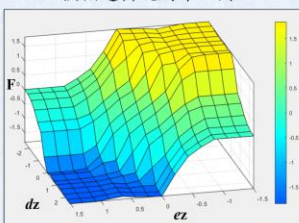
使用ZN方法所調整PID值

Control Type	K_p	K_i	K_d
P	$0.5K_u$		
PI	$0.45K_u$	$0.54K_u/T_u$	
Classic PID	$0.6K_u$	$1.2K_u/T_u$	$0.075K_uT_u$

PID與暫態響應關係表

改變項目	上升時間 (Rise time)	過衝 (Overshoot)	穩定時間 (Settling time)	穩態誤差 (Steady-State Error)	穩定性 (Stability)
P-term 增加	減少	增加	小幅增加	減少	降低
I-term 增加	小幅減少	增加	增加	大幅減少	降低
D-term 增加	小幅減少	減少	減少	小幅變化	提升

模糊邏輯規則庫3D圖



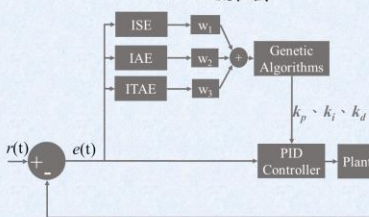
模糊邏輯規則表

	ez	nb	nm	ns	ze	ps	pm	pb
dz	NB	PS	PS	PS	PM	PS	ZE	ZE
NB	PS	PS	PS	PS	PM	PS	ZE	ZE
NM	PS	PS	PS	PS	PM	PS	ZE	ZE
NS	PS	PS	PS	PS	PM	PS	ZE	ZE
ZE	PS	PS	PS	PS	PM	PS	ZE	ZE
PS	PS	PS	PS	PS	PM	PS	ZE	ZE
PM	PS	PS	PS	PS	PM	PS	ZE	ZE
PB	PS	PS	PS	PS	PM	PS	ZE	ZE

模糊邏輯規則表中將模糊語言定義為：

NB (Negative Big)、NM (Negative Medium)、NS (Negative Small)、ZE (Zero)、PS (Positive Small)、PM (Positive Medium)、PB (Positive Big)，ez的模糊語言為小寫，dz和最後輸出F為大寫。

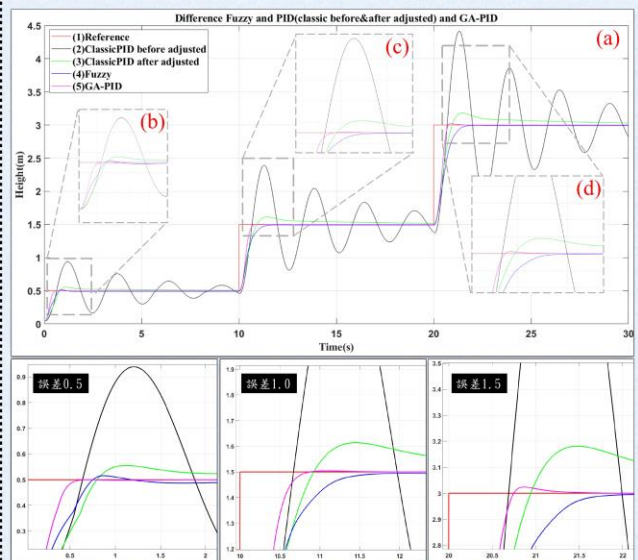
GA-PID流程圖



GA調整的參數分別為初始化群體數量、交叉代數、交叉率以及突變率，透過對不同權重分配達到設計適應函數的目的，以找出適合該系統的PID控制器參數。
($w_1 \sim w_3$ 為性能指標之獨立權重、 $r(t)$ 為目標位置、 $e(t)$ 為當前位置與目標位置誤差)

實驗結果

四種控制系統之暫態及穩態響應圖



暫態與穩態響應數值表

Height(m)	0.5				1.0				1.5			
	PID		Fuzzy	GA-PID	PID		Fuzzy	GA-PID	PID		Fuzzy	GA-PID
Controller System type	Before Adjusted	After Adjusted			Before Adjusted	After Adjusted			Before Adjusted	After Adjusted		
Overshoot(%)	87.8032	11.0631	3.1310	0.0562	84.7781	9.5140	0.0000	0.1145	85.2465	10.3157	0.0000	1.4609
Rising Time(s)	0.3794	0.5176	0.5129	0.3581	0.3816	0.5657	0.6306	0.4072	0.3889	0.5893	0.7936	0.4324
Settling Time(s) (5%)	15.8899	2.5423	0.6937	0.4741	15.6547	2.6551	0.9843	0.6231	15.6669	2.9216	1.2240	0.6631
IAE	1.7317	0.4170	0.4124	0.1249	3.5482	0.8679	0.6636	0.3402	5.3850	1.4087	1.0461	0.6040

與使用ZN方法經典PID控制器調整前之暫態及穩態比較改善表

Controller System type	PID After Adjusted	Fuzzy	GA-PID
Overshoot(%)	88.03%	98.81%	99.36%
Rise Time(s)	-45.40%	-68.17%	-4.09%
Settling Time(s) (5%)	82.80%	93.84%	96.27%
IAE	75.10%	79.35%	90.66%

結論

從比較改善表數據中可以看出GA-PID控制器的各項指標都是最為優秀的，而暫態與穩態響應數值表顯示GA-PID適合使用在允許稍微過衝的環境下，這使無人飛行載具可以更快的達到穩態，而Fuzzy Logic控制器則可以用在對於過衝更嚴格限制的場景中，差別在於兩控制系統擁有著不一樣的特點

未來研究方向

未來將以本篇為基礎，對無人載具加上外在干擾以進行抗擾動性能之研究，以更了解Fuzzy Logic以及GA-PID控制器更適合應用在哪些環境，使無人載具在面對不同環境時可以快速的切換控制器載具的適應性能大幅增加。

