

出國報告（出國類別：進修）

英國雪菲爾大學自動控制及系統工程
（含工業管理）碩士班返國報告

(The University of Sheffield, Advanced
control and systems engineering with
industrial management)

服務機關：國防大學理工學院

級職姓名：上尉黃鈺棠

派赴國家：英國

出國日期：112年6月23日至113年9月3日

報告日期：113年9月5日

摘要

本次進修係奉國防部 112 年 5 月 31 日國人培育字第 1120147204 號令核定赴英國雪菲爾大學（The University of Sheffield）進修授課型自動控制及系統工程（含工業管理）理學碩士。職於 112 年 6 月 23 日啟程赴英，於核定修業期限內取得畢業所需之 180 學分及完成論文繳交與答辯，並於 112 年 9 月 4 日返台。

本報告依據「行政院及所屬各機關出國報告宗和處理要點」相關規定撰寫，包含目的、過程、心得及建議事項，旨在提報學校特色、學習環境、進修課程、論文研究主題等內容及個人進修經驗心得分享。

目錄

壹、目的	3
貳、進修過程	4
參、進修心得與建議	19

壹、目的

本次進修係奉國防部 112 年 5 月 31 日國人培育字第 1120147204 號令核定赴英國雪菲爾大學（The University of Sheffield）進修授課型自動控制及系統工程（含工業管理）理學碩士。目的在於提升個人學識素養、鞏固及增進既有相關專業知識並取得碩士學位，俾將所學應用於國軍現行教學與技術研究，提升學術教學能量。

貳、進修過程

一、城市發展與背景

雪菲爾（Sheffield）位於英國南約克郡，是英國第六大城市。早期的雪菲爾以農業和木材業為主，隨著工業革命的到來，城市經濟迅速轉型為鋼鐵製造業，並成為全球知名的「鋼鐵之城」。

19 世紀，雪菲爾的鋼鐵產品尤其是工具和切割器具，行銷全球，奠定了其工業重鎮的地位。20 世紀下半葉，隨著全球經濟的變遷和產業結構的調整，雪菲爾逐漸向服務業和高科技產業轉型。雪菲爾以其豐富的文化遺產和自然景觀著稱，擁有眾多博物館、畫廊和公園。



圖一，雪菲爾所在處（紅點處）

著名的峰區國家公園（Peak District National Park）部分位於雪菲爾市境內，是居民和遊客休閒的好去處。城市的經濟活動多元化，除了傳統的製造業外，還涵蓋了先進製造、數字科技、創意產業和高等教育。

二、雪菲爾大學的演進與介紹

雪菲爾大學（University of Sheffield）創立於 1905 年，是英國頂尖研究型大學之一，屬於羅素集團（Russell Group）。



The
University
Of
Sheffield.

圖二，雪菲爾大學校徽

大學最初由三所機構合併而成，分別是雪菲爾醫學院（1828 年）、費斯貝大學學院（1879 年）和雪菲爾技術學院（1884 年）。這些機構的合併促成了雪菲爾大學的誕生，並為其在科學、工程和醫學領域的卓越研究奠定了基礎。雪菲爾大學在世界大學排名中表現優異，常年位列全球前 100 名。在 2024 年 QS 世界大學排名中，雪菲爾大學位列全球第 96 位，反映出其在學術研究和國際聲譽的卓越成就。該校的許多學科，均位居世界前列，其中自動控制與系統工程學系（Department of Automatic Control and Systems Engineering, ACSE）在 2024 年位居全英排名第 1 名、歐洲第 6 名及世界排名第 34 名。該學系與企業合作的内容豐富多樣，涵蓋多個領域，包含波音公司（Boeing）、空巴公司（Airbus）、勞斯萊斯（Rolls-Royce）、西門子（Siemens）。此外，與地方企業和中小企業合作，幫助其提升技術能力和競爭力。例如，與當地製造業合作，開發智慧化製造技術和自動化生產線，提升生產效率和產品品質，建立雪菲爾大學在世界先進製造領域的地位。

三、進修課程介紹

本次進修學系為「自動控制及系統工程（含工業管理）Advanced control and systems engineering with industrial management」，課程共計 180 學分，學程自 112 年 9 月 25 日至 113 年 9 月 2 日，包含秋季與春季課程，每學期課程結束後採學科筆試或作業繳交等方式計分。進修課程詳述如後：控制系統概論、系統最佳化與訊號處理、工程策略管理與實踐、機器視覺、工業自動化、工業訓練專案、工程創新和改革管理及控制系統專題與論文，合計 8 門課程。

各科課程內容摘重如後：

（一）秋季課程

1. 控制系統概論（Foundations of Control Systems）：

本課程為 30 學分，包含 4 項不同課程領域，詳述如後：

- （1）工程數學與 MATLAB 軟體：本課程學科採教授授課模式，軟體學習則透過學校提供之教材採自學模式。本課程針對工程數學的重點概念進行詳細複習與公式推導，包括微積分、線性及非線性微分方程、線性代數、矩陣、傅立葉轉換與拉普拉斯變換等核心內容。課程結合實務問題，要求學生使用 MATLAB 軟體撰寫程式碼來解決實際問題，這些問題涵蓋生活應用、控制系統和工程領域等。最後，學生需繳交個人報告作為評分依據，以展

示其對課程內容的理解和應用能力。課程旨在提升學生的數學基礎和實際問題解決能力。

(2) 控制系統分析與設計：本課程採教授授課模式。本課程介紹系統控制的基本概念，包括系統模型、性能要求、一階和二階系統的時域特性與穩態誤差等。課程內容涵蓋時域和頻域分析、根軌跡、波特圖、零點與極點位置、開環和閉環系統、奈奎斯特穩定性等系統穩定性判斷方法的原理與運算方式。此外，課程深入講解相位超前及滯後補償等不同 PID 設計方法，期望學生能透過這些方法增強控制系統的功能，以滿足系統所需的性能規格。課程設計還包括實際操作和例題解析，讓學生能夠將理論知識應用到實際情況中，提升他們的實踐能力和問題解決能力。課程最終以考試評分，確保學生掌握並能應用所學知識。

(3) 系統模型建立概念：本課程採教授授課模式，軟體學習則透過學校提供之教材採自學模式。本課程運用工業標準軟體 SIMULINK 搭配硬體進行模型建立、分析、設計和執行控制系統。課程首先介紹系統建模的目的及應用，並通過機械、液壓系統等常見物理系統演示建模及線性化過程。這些實例幫助學生理解如何將工程問題轉換為

系統方塊圖和狀態空間表示法。學生將學會在 SIMULINK 中構建和模擬這些模型，掌握理論和實際應用之間的轉換技巧。課程最終以繳交個人報告作為評分依據，確保學生能夠獨立完成系統建模和控制設計任務。

- (4) 數位控制系統：本課程採教授授課模式。本課程介紹訊號數位離散化取樣的概念以及 Z 轉換中時域和頻域之間的轉換關係，包括連續和離散訊號的對應。課程設計了豐富的實作課程，讓學生能夠親自觀察和操作。例如，使用離散時間控制器觀察波形轉換，並分析線性系統的根軌跡與現實問題之間的差異。實驗室課程還包括磁場建模與控制，通過建立磁場使鋼球漂浮，學生將學習如何設計數位控制器和伺服補償系統。實驗和實作練習不僅有助於提升對於學科理論的理解，亦增強實際應用能力，能夠熟練撰寫和設計各類數位控制系統。在進入實驗室做實驗前，需完成各項實驗前數據模擬與安全測驗，安全測驗未通過不可進入實驗室，另於課程開始前由助教完成檢查使可進入實驗室，未完成數據模擬不予計算通過，在限定課程時數內未完成實驗亦不予通過。

2. 系統最佳化與訊號處理 (Optimization and Signal Processing) :

本課程為 15 學分，區分為系統最佳化理論與訊號處理理論與方法等兩位教授分別授課。在系統最佳化部分，課程介紹了一階和二階線性及非線性約束條件的基本概念，並涵蓋多種傳統的最佳化及其求解方法，包括梯度下降法、牛頓法、精確及非精確線搜索法、KKT (Kuhn-Karush-Tucker) 條件、拉格朗日乘數 (Lagrange Multipliers) 法和懲罰函數法。此外，課程引入若干新興的演算法，如粒子群最佳化 (PSO)、基因演算法 (GA)、差分進化演算法 (DE) 和模擬退火演算法 (SA) 等元啟發式 (Metaheuristic) 演算法，提供多樣化的工具來解決複雜的最佳化問題。

在訊號處理部分，課程詳細講解時域及頻域中的離散信號和系統分析方法，其中包含傅立葉轉換 (FT)、快速傅立葉轉換 (FFT)、離散傅立葉轉換 (DFT)、離散時間傅立葉轉換 (DTFT) 及其相互之間的轉換關係。課程亦介紹如何使用「脈衝不變法」和「雙線性轉換法」設計有限脈衝響應 (FIR) 和無限脈衝響應 (IIR) 數位濾波器。此外，課程涵蓋基本的數位圖像處理與分析方法，這包括影像直方圖的概念、閾值分割、灰度級分割和區域增長等技術。這些方法提供理論基礎與實際應用所需的技能。透過這些內容，學生將具備處理複雜信號和圖像問題的能力，並能應用最佳化技術在不同的工程領域

中，課程最後採用繳交個人報告（20%）與考試（80%）計分。

3. 工程策略管理與實踐（Strategic Management and Business Practices）：本課程為 15 學分，採教授面授講課。本課程主要介紹策略管理的基本知識，並詳細說明策略和策略管理的概念，強調其對團隊持續成功的重要性。深入探討工程公司所面臨的策略管理挑戰，並提供應對問題的關鍵技能。課程內容涵蓋如何應用「VRIO 框架」來評估公司各類競爭優勢。其中包括四個要素：價值（Value）、稀缺性（Rarity）、模仿難度（Imitability）和組織性（Organization），能夠幫助企業識別和評估其資源和能力，以確定哪些能帶來持久的競爭優勢。此外，課程亦介紹如何使用「價值鏈分析」來了解公司內部活動如何創造價值。「價值鏈分析」將公司的運作分為主要活動和支援活動，並分析這些活動如何相互影響，從而找出可以提高效率和競爭力的環節。同時，課程將利用波特五力分析模型（Porter's Five Forces Model）來評估行業和市場的吸引力、介紹如何通過理解商業模式圖（Business Model Canvas）及其各個組成部分，來制定改變行業結構的策略，以提升公司的盈利能力。最後，課程依「政治、經濟、社會、技術、生態、法律分析模型（PESTEL Analysis Model）」分析企業的未來發展等，尤其著重以工程師的角度出發，在工程領域中思考管

理策略與專案管理之可行性、評估各領域效能、人力、資源、資金等，在專案執行前完成全面評估，以達最大效益，課程最後採用繳交團體報告計分。

(二) 春季課程

1. 機器視覺 (Machine Vision)

本課程為 15 學分，採教授面授授課。本課程著重於影像處理，主要介紹目前在實際系統中使用的主要機器視覺原理和方法，包含圖像和影像處理在智慧系統中的應用（檢測、追蹤和識別靜態與動態），從基礎的圖像顏色、像素分辨率、直方圖平均化，到根據共同的圖像特徵（顏色，邊緣，紋理和形狀）使用不同方法執行進階的圖像分割、分析與合成，並使用光流法進行影像序列的自動目標檢測及目標追蹤等。在圖片影像處理與分類方面，運用 MATLAB 軟體中的深度學習工具、卷積神經網路執行圖片分類任務，並學習網路神經訓練與驗證，理解各個訓練層參數調整對於模組性能的作用與影響，並記錄調整期間的觀察，將結果撰擬成報告繳交。課程最後採繳交個人報告計分。

2. 工業自動化 (Industrial Automation)

本課程為 15 學分，學科採教授面授講課，實驗室實作課程由學校提供之教材採自學方式。本課程全面介紹西門子

(Siemens) 可程式化邏輯控制器 (PLC) 軟體與其硬體套件 (Bytronic Kit) 的使用，從基礎原理到業界實務應用，涵蓋了廣泛的技術細節。課程內容包括邏輯閘判斷、感應器偵測與判斷、驅動設備啟動條件與控制等基本功能，還深入探討計時器的觸發與延遲計時運用、計數器的遞增、遞減及計算，數據保留的連動性，以及數據資訊的傳遞與運用。這些功能將從半自動化到全自動化進行講解，並結合人機可控制介面 (HMI) 以提供更直觀的操作體驗。此外，課程中模擬實際工業生產線上的問題，讓學生在實踐中學習如何運用所學知識來解決具體問題。學生被鼓勵創新設計並測試最適合的程式碼，記錄程式碼的採用原因與設計思路，有助於理解技術細節及提升問題解決能力與實務操作技能。整個學習過程著重培養自動化控制領域系統設計的綜合能力，使學生能夠在未來的職業生涯中熟練應用 PLC 技術。課程最後採期中考 (15%)、期末考(20%)、實作課(20%)與繳交團體報告(45%) 計分。

3. 工業訓練專案 (Industrial Training Programming in Advanced Manufacturing)

本課程為 15 學分，課程採學生分組討論方式上課，每週與指導教授開會報告進度與技術諮詢，其中包含業界技術顧問工

程師。本課程透過與企業合作，結合不同學科背景的學生共同完成專案，尤其跨越機器人工程學系、人工智慧工程學系與自動控制工程學系的專業領域。課程內容涵蓋了專案任務管理，包括繪製甘特圖與訂定詳細的專案進度計畫。此外，將學習如何識別與管控專案風險，制定有效的研究方法與策略，並實施專業化的任務分工。在專案進行過程中，需將驗證研究假設並用數據證明結果，詳細說明研究過程中的每個步驟。課程還強調資料分析的實施以及成果展示的技能，這對於準備專案中期報告、專案結案報告和專案報告海報尤為重要。每個專案節點都要求提交相關報告，確保學生在每個階段都能得到反饋和改進建議。最後一堂課將舉行團課交流活動，各組分享各組別的研究成果，同時邀請產業界的顧問工程師、博士生和助教等專業人士參與，共同研討研究結果，提供寶貴的意見和建議。促進學生之間的學習交流，也能獲得來自業界的實際經驗與洞見，課程最後採團體中期報告（30%）、成果展示海報（30%）、專案結案報告（40%）計分。

4. 工程創新和改革管理（Managing Innovation and Change in Engineering Contexts）

本課程為 15 學分，本課程採教授面授講課。本課程分為兩部分，「創新定義、概念入門與分析」與「創新管理五項框架與

創新系統實務運用」，分別由兩位教授授課。本課程說明了創新管理在製造和服務公司中的重要性，特別針對工程和技術相關的公司商業活動中的應用。課程強調，創新管理結合新產品、流程開發和改革管理，是企業成功的關鍵動力。首先，課程介紹企業創新的定義、不同面向、創新程度以及驅動原因等基礎概念，幫助學生建立對創新的全面理解。接著，課程深入探討管理創新的流程，包括「創新管理五項框架」：創新發想、選擇、實施、策略及企業組織。此外，課程還會介紹在國際、國家、地區、公司和團隊等多個層面之間的開放式創新及可持續創新。學生將學習如何在企業內外部團隊中應用創新和設計方法，了解這些方法對環境、法律、社會、經濟和道德等方面的影響。特別著重於企業團隊如何管理和利用創新固有的商業風險和機遇，課程會詳細探討項目如何進行創新開發。通過案例教學（Case Study）和實用的工具和技术，學生將增強合作技能，學會在實際情境中應對創新挑戰。這些案例不僅展示了成功的創新實踐，還分析了失敗案例，使學生能夠從中汲取經驗教訓。最終，課程均以身為工程師的立場出發，在面對挑戰時，如何運用自身專業加上課堂所學習之理論創造最大效益及價值，課程最後採考試計分。

（三）專題與論文

控制系統專題與論文 (Control Systems Project and Dissertation)

1. 本課程為 60 學分，係碩士學程中的最後一學期，為期約 3 個月 (2024 年 6 月至 8 月)。系上之年度論文題目及指導教授於 2023 年 12 月公布選填表單，本年度共計 115 個論文主題。表單內容包含各個主題之研究題目、內容描述、專案所需要求與技能並附上相關文獻或影片連結，供學生在選填志願時，可事先充分了解是否符合個人興趣，並提供教授聯繫方式，在選填截止前，可進一步與教授先行討論。
2. 每位學生最多填選 6 項志願亦可選擇不填註採隨機分配，後統由系上考量師生比及資源分配等因素，於 2024 年 2 月公布最終論文題目及指導教授之分配結果。公布後，除系上依課業章程規定之會議時間外，學生應主動與指導教授聯繫，並安排各階段會議。
3. 本課程非常強調學生對於論文的責任與研究專案的管理與規劃，在與指導教授完成第一次會議後，便須完成研究專案之執行規劃，其中包含工作分解應用 (Work Breakdown Structure, WBS)、甘特圖 (Gantt Chart) 與風險管理冊 (Risk Register)，並須於研究進行期間繳交專案目的與目標 (Aims and Objectives) 與專案進度表 (Progress Review Form)，讓學生即時掌握進度，並與指導教授討論是否符合規劃。

4. 本課程評分內容共採計書面論文、專業性與個人表現及專案報告與答辯，評分方式如下表所列：

評分項目	評分方式
書面論文 Dissertation	<ol style="list-style-type: none"> 佔比 70%。 由指導教授 (35%) 與第二讀者 (35%) 共同評分，若分數差異過大則加入第三讀者評分並共同討論最終結果。
專業性與表現 Performance and professional skills	<ol style="list-style-type: none"> 佔比 20%。 由指導教授對學生在專案期間的整體專業行為進行評分。
專案報告與答辯 Oral presentation and questions	<ol style="list-style-type: none"> 佔比 10%。 由至少兩位教授 (不含指導教授) 執行評分，若分數差異過大則加入第三讀者評分並共同討論最終結果。

職之論文題目為「對稱投影吸引子重建在心電訊號分析的應用研究：與傳統心率變異方法的比較 (A Study on the Application of Symmetric Projection Attractor Reconstruction in ECG Signal Analysis: A Comparison with Traditional Heart Rate Variability Methods)」。

研究背景與動機：生活中的週期性訊號無所不在，人類的心電圖 (ECG) 訊號便是其中之一。由於這些訊號中蘊含著豐富的信息，因此準確地分析和解讀週期性訊號，對於醫學診斷、工程監測和科學研究等領域至關重要。心電圖是監測心臟活動的主要工具，

尤其是在診斷心律不整等心臟問題方面。心率變異性(Heart Rate Variability, HRV)分析是一種評估心臟自律神經功能的傳統方法，經常應用於心電圖訊號的研究。然而，傳統 HRV 方法在處理複雜和不穩定的心律訊號時，可能會面臨分析準確性和穩定性不足的挑戰。隨著數據分析和機器學習技術的發展，新的信號處理方法如對稱投影吸引子重建(Symmetric Projection Attractor Reconstruction, SPAR)逐漸受到關注。SPAR 方法通過重建信號的吸引子結構，能夠更有效地捕捉信號中的特徵，它提供了原始訊號的忠實、新的表示，且不對波的性質或其特定特徵做出任何假設。因此，論文旨在探索 SPAR 方法在分析心電圖信號(包括健康與心律不整情況)中的應用效果，並將其推廣至更多領域的發展與應用。

研究方法：運用對稱投影吸引子重建(SPAR)方法分析心電圖訊號，藉由吸引子產生之軌跡圖，搭配深度學習之神經網路(CNNs, Alexnet, GoogLeNet, Resnet, Squeezenet)執行訓練並分類心電圖之軌跡圖為健康狀態或患有心律不整疾病；另使用傳統分析(HRV)方法在時域及頻域中分析心電圖訊號，並搭配神經網路(Long Short-Term Memory, LSTM)執行訓練並分類心電圖之訊號為健康狀態或患有心律不整疾病。經研究結果所示，對稱投影吸引子重建(SPAR)方法所得之軌跡圖搭配各項神經網路

表現優於傳統（HRV）分析方法，其中以 Alexnet 表現最佳，準確度達 98% 及標準差為 2.9%，其餘準確率均達 90%（含）以上及標準差均低於 5%。而傳統分析（HRV）方法搭配 LSTM 在時域分析中僅有 80.6% 之準確率，並有高達 9.6% 之標準差；另於頻域分析則是 88.9% 準確率及 9.6% 標準差，由此數據可知，傳統方法不僅準確率無法高於對稱投影吸引子重建方法，更存在標準差過高的疑慮，表示傳統分析存在不穩定性。

專案研究期間均使用 Matlab 軟體執行所有資料處理與神經網路訓練等作業，包含繪製吸引子軌跡圖、時域與頻域分析之運算及各項神經網路訓練、驗證。綜上所述，研究結果可得知對稱投影吸引子重建（SPAR）方法優於傳統分析（HRV）方法，而心電圖訊號同屬週期性訊號之範疇，故此研究亦可說明對稱投影吸引子重建（SPAR）方法可適用於各項週期性訊號之分析，並可望將此吸引子重建技術推廣至更多領域，為此研究之重要貢獻。

參、進修心得與建議

- 一、 學校非常重視學生學習的獨立性與原創性，在作業繳交時，會透過比對系統稽查重複率以及是否正確引用等藉此判定是否抄襲。雪菲爾大學設有語言班制度，建議若對於學術寫作較不熟悉者，可以申請語言班課程。除寫作課程外，亦可先接觸不同的授課方式，除了一般熟悉的講師授課（Lecture）外，包含專題討論會（Seminar）與專案報告（Presentation）技巧，在往後的研究所課程作業中都能夠派上用場。
- 二、 在各項的評分表中，會發現批判性思考（Critical Thinking）佔有一定的比重，甚至有些問題沒有制式的解答，其中解題的思考過程便是教授所重視的關鍵。除了能夠了解理論現況外，能不能從中加入自我的看法與思考，是非常重要的。此外，要讓自己的想法化作易讀性的文字且使用非母語的語言表達，也是一大挑戰。
- 三、 在學期間所有課程內容均數位化。學校使用線上系統將個人課程資訊均存於網站，包含課程簡報（授課錄影存檔）、作業規範（繳交系統）、線上圖書館，甚至開發手機應用軟體，可同步於手機上查閱每日課表與授課地點，亦須透過該軟體輸入每日隨機驗證碼執行上課簽到。另外，在個人帳號方面也做好資安保護，每次登入時需由第三軟體執行驗證確認身份。

其中線上系統在各個課程有公佈欄與討論區，教授均透過其公佈欄宣布課程相關消息（異動、補課等）；同學們則透過討論區詢問課程內容，可由教授或同學共同回答問題。

四、在團隊作業中，非常重視個人貢獻，不論是組織能力、專業性或解決問題的發想等。在與不同國家的同學合作時會有不同體驗，除了學科上的精進外，亦會激發口語表達能力與聽力，少了熟悉的共同語言，且須在時限內完成作業，彼此間都需要磨合。團隊作業在最後完成繳交後，會執行同儕互評，因此在小組開會期間，要多表達自己的意見和看法，即使最後不一定被採用；過於沈默會被視為沒有任何貢獻。最終分數則依據互評情況予以增減。

五、在學期間若遇到任何疑問，一定要主動爭取或釐清。舉凡宿舍報修、作業之要求不清楚、申請學期成績證明、申請學生身份證明等，都需要個人寫信到各個部門去詢問。曾經在期中考時，遇到太多科目的作業繳交與考試撞期，便有系上學生代表寫信向教授反應後，將相關期限錯開，爭取到更多時間，減緩考試壓力。