



逢甲大學學生報告 ePaper

基於感測技術實現特定植栽智慧化與用電功耗分析系

統平台開發運用

Development and Application of a Smart System Platform for Specific Plant
Cultivation Based on Sensor Technology and Power Consumption Analysis

作者：朱俊翰、陳承邑、紀俊偉

系級：自控二乙

學號：D1126014、D1153734、D1155025

開課老師：黃清輝

課程名稱：機器人學

開課系所：自動控制工程學系

開課學年：113 學年度 第 1 學期



中文摘要

在全球農業向智慧化和可持續發展轉型的背景下，電氣化技術逐漸成為提升農業生產效率和產品品質的核心手段。針對高經濟價值植栽（如藥用植物、觀賞植物及經濟作物）的生長條件對產量與品質的關鍵性影響，本研究運用機器人學中的智能系統與自動化技術，提出了基於電氣優化的高效生長策略。

本研究整合環境感測器模組與嵌入式控制系統，針對光照強度、光譜分布、溫濕度等環境參數進行精準感測和動態調控。通過多模感測器的數據收集，結合數據驅動模型與多目標優化演算法，研究開發了一個能動態適應環境變化的智能調控系統，實現植栽最佳生長環境的辨識與管理。機器人學的核心技術，如無線數據傳輸與嵌入式計算，確保了數據的穩定傳輸、實時處理以及設備的精確控制。

本系統還進一步探討了光譜組合（如藍光與紅光比例）的優化設計及其對植栽生長的影響，並結合精準灌溉技術與資源管理措施，大幅降低生產過程中的水資源與能源消耗，實現高效、環保的生產模式。針對電氣設備（如照明、溫濕度調控與灌溉裝置），研究詳細測算其能耗，並設計了直觀的人機介面和數據可視化功能，便於用戶監控環境參數並進行即時調整。

關鍵字：溫室、慧化、感測技術

Abstract

In the context of the global transition of agriculture towards intelligence and sustainable development, electrification technology has gradually become a core means of improving agricultural production efficiency and product quality. Focusing on the critical impact of growth conditions on the yield and quality of high-value crops (such as medicinal plants, ornamental plants, and cash crops), this study leverages intelligent systems and automation technology in robotics to propose an electrification-optimized, high-efficiency growth strategy.

This research integrates environmental sensor modules and embedded control systems to achieve precise sensing and dynamic regulation of environmental parameters such as light intensity, spectral distribution, temperature, and humidity. Through data collection from multi-modal sensors, combined with data-driven models and multi-objective optimization algorithms, an intelligent regulation system capable of dynamically adapting to environmental changes has been developed, enabling the identification and management of optimal growth environments for crops. Core robotics technologies, such as wireless data transmission and embedded computing, ensure stable data transmission, real-time processing, and precise control of equipment.

The system further explores the optimized design of spectral combinations (e.g., the ratio of blue to red light) and their effects on crop growth. Combined with precision irrigation techniques and resource management measures, it significantly reduces water and energy consumption during the production process, achieving an efficient and environmentally friendly production model. For electrical equipment (such as lighting, temperature and humidity control, and irrigation devices), the study provides detailed energy consumption calculations and designs an intuitive human-machine interface and data visualization functionality to facilitate user monitoring of environmental parameters and real-time adjustments.

Keywords: greenhouse, sensing technology, smartization

目次

(一)摘要	4
(二)研究動機與研究問題	4
2.1 研究計畫重點	5
(三)文獻回顧與探討	5
(四)研究方法與設計	7
4.1 文獻資料收集整理與理解	8
4.2 植栽分析與選用	8
4.3 元件分析與選用	9
4.4 實驗腔體整合與組裝	11
4.5 訊號轉換處理與設計	12
4.6 類比轉數位電路設計	12
4.7 人機介面設計	13
4.8 系統模組化	14
(五)預期結果與問題解決	16

圖目錄

圖 1 AI/IoT 智慧農業溫室[6]	7
圖 2 訊號流程圖.....	8
圖 3 架構圖.....	15
圖 4 專題研究計畫流程圖.....	16

表目錄

表 1 特定植栽最佳生長條	9
---------------	---

參考文獻

19

(一)摘要

在全球農業向智慧化和可持續發展轉型的背景下，電氣化技術逐漸成為提升農業生產效率和產品品質的核心手段。針對高經濟價值植栽（如藥用植物、觀賞植物及經濟作物）的生長條件對產量與品質的關鍵性影響，本研究運用機器人學中的智能系統與自動化技術，提出了基於電氣優化的高效生長策略。

本研究整合環境感測器模組與嵌入式控制系統，針對光照強度、光譜分布、溫濕度等環境參數進行精準感測和動態調控。通過多模感測器的數據收集，結合數據驅動模型與多目標優化演算法，研究開發了一個能動態適應環境變化的智能調控系統，實現植栽最佳生長環境的辨識與管理。機器人學的核心技術，如無線數據傳輸與嵌入式計算，確保了數據的穩定傳輸、實時處理以及設備的精確控制。

本系統還進一步探討了光譜組合（如藍光與紅光比例）的優化設計及其對植栽生長的影響，並結合精準灌溉技術與資源管理措施，大幅降低生產過程中的水資源與能源消耗，實現高效、環保的生產模式。針對電氣設備（如照明、溫濕度調控與灌溉裝置），研究詳細測算其能耗，並設計了直觀的人機介面和數據可視化功能，便於用戶監控環境參數並進行即時調整。

通過運用數據驅動模型與多目標優化技術，本研究揭示了環境參數（如光譜比例與溫濕度）與電能消耗之間的相關性。研究成果不僅為高經濟價值植栽提供了基於科學理論的最佳生長條件，還展現了智能化設備管理、動態環境調控與可視化分析的實際應用潛力，為智慧農業技術的推廣提供了實用方案，進一步推動農業的可持續發展。通過運用數據驅動模型與多目標優化技術，本研究揭示了環境參數（如光譜比例與溫濕度）與電能消耗之間的相關性。研究成果不僅為高經濟價值植栽提供了基於科學理論的最佳生長條件，還展現了智能化設備管理、動態環境調控與可視化分析的實際應用潛力，為智慧農業技術的推廣提供了實用方案，進一步推動農業的可持續發展。

(二)研究動機與研究問題

植物的生長受到多種環境參數的影響，例如溫度、濕度和光照等。這些參數需要透過精準的控制來創造有利於植物健康生長的條件。在台灣等亞熱帶地區，氣候的高度變化性以及人工管理的局限性導致植物常面臨過度曝曬、缺水或過濕等挑戰。傳統的人工管理方式效率低下且容易產生誤差，因此，利用機器人學中的感測技術來構建智慧化植物管理系統成為一

個重要方向。

本研究專注於開發一個「基於感測技術實現特定植栽智慧化與用電功耗分析系統」。該系統整合了感測器網絡來實時監測植物生長的环境參數，並基於獲得的數據自動調節環境條件（如水分供應、光照強度和溫度）。此種智慧化控制不僅能減少人工管理中的誤差，還能通過即時數據處理實現環境參數的精準調整，從而提升植栽生長的穩定性和效率。同時，系統還結合了針對灌溉、照明和溫濕度控制設備的能耗分析，從能量使用角度進一步優化環境控制策略。

核心研究目標：

1. 設計與選擇合適的系統架構，確保感測器和控制單元穩定運作。
2. 應用無線射頻技術實現環境數據的高效傳輸。
3. 進行數據接收與處理，保證環境數據的準確性與即時性。
4. 設計電路與開關機制，自動調節環境條件。
5. 設計人機介面，便於用戶監控並調整系統參數。
6. 編寫微控制器程式，實現數據處理與系統控制功能。
7. 針對電氣設備的能耗特性進行分析，顯示電能耗數據，以實現環境效能與能源利用的平衡。

(三)文獻回顧與探討

在機器人學的背景下，智慧溫室栽培技術可被視為由多個自動化系統和通信網絡協同運作的控制架構，其核心包括灌溉控制、環境調控以及無線通信技術的應用。無線通信技術因其避免了有線連接的佈線複雜性和潛在損壞風險，而在機器人控制系統中顯得尤為重要。

常見的通信協議如藍牙和 Wi-Fi 具有不同的優勢:藍牙以低功耗和短距離通信為特色，適用於部署小型分散式感測網絡，通過跳頻擴展技術（FHSS）在 2.4 GHz 的 ISM 頻段內實現穩定通信，確保感測數據在微型機器人或分布式節點中的準確傳輸；而 Wi-Fi 則以高速傳輸和廣域覆蓋見長，適合數據密集型應用場景，如大型溫室內的多節點環境監測系統。這些無線技術使感測數據得以及時傳輸至中央控制系統，通過即時處理驅動機器人化設備執行操作，從而滿足溫室應用中高精度控制的需求。[1]

物聯網技術在智慧溫室系統中的應用大幅提升了數據處理效率。機器人學中該系統可視為一個高度整合的自動化裝置，其核心包括感測與控制

模組。感測模組使用嵌入式微控制器作為「感知單元」，負責收集環境資訊，如溫濕度與土壤濕度。這些數據通過無線通訊技術（例如 MQTT 協議）傳送至雲端伺服器，伺服器則充當「大腦」，執行數據分類、存儲與視覺化處理。

控制模組則扮演「執行單元」的角色，利用脈衝寬度調變（PWM）技術精準調節執行器的動作。例如，為實現降溫，系統可逐步調整風扇的轉速；為提升灌溉效率，則控制灑水器的水壓以達到均勻分佈，避免浪費水資源。這些功能模擬了機器人的感知、決策與執行閉環控制過程。

此外，系統使用 Node-RED 技術構建了類似「機器人操作界面」的流圖式可視化工具。用戶能通過該界面即時觀察環境數據，並遠端操控設備。Node-RED 中的物件化數據處理節點有助於簡化系統的開發與維護，相當於為系統引入了模組化設計理念，進一步降低複雜性並提高操作效率。[2]。

溫室系統是一個集成多種感測器和控制技術的自動化系統，旨在持續監測和調整溫室內的環境參數，從而為植物的生長提供最佳條件。該系統運用高效能的通信技術，將感測數據實時傳輸至伺服器，使用戶能夠通過網頁或手機進行遠端監控和控制。當系統檢測到環境變化時，會自動啟動如通風、灑水或遮光等機械裝置，精確調整溫度、濕度和光照，從而減少人工干預。此系統的低成本與高擴展性設計，使其適用於中小型溫室，並為農業生產的自動化和精準管理提供了有力的技術示範。[3]。

機器人學中溫室結構的改進可以視為一種智能環境控制系統的應用，其中隔熱技術作為提升生物生產效率的核心要素。傳統的單層結構，雖具有較高的透光性，但因為熱能傳導和對流效應，其隔熱能力有限，會影響植物在夏季的生長。相對地，雙層結構通過在兩層材料之間設置空氣層，從而減少熱能的傳遞與流動，實現更佳的隔熱效果。研究表明，當空氣層的厚度達到最佳值且氣流得當時，系統的隔熱效能最為突出。為進一步優化環境控制，技術如黑網結合噴霧系統能有效改善空氣層內的熱環境，並降低室內溫度，展現了顯著的節能潛力。這些技術的應用為降低能源消耗並提升溫室的生產效率提供了創新的解決方案，類似於智能機器人系統對環境的自動調控。[4]

現有文獻顯示，智慧溫室技術結合高精度感測器網絡與自動化控制系統，可以實現對植物生長環境的全面監控與調節。這些系統通常依賴熱敏

電阻、光感測器和土壤濕度傳感器等先進設備，對溫度、濕度、光照和土壤水分等關鍵參數進行即時數據採集。熱敏電阻作為一種具有負溫度係數的設備，能夠提供高靈敏度的溫度測量結果，並將電阻變化轉換為可由微控制器讀取的電壓信號，從而支持溫度控制器精確調整加熱或冷卻設備的輸出。同時，光感測器透過識別光譜範圍（如光合作用有效輻射，PAR）內的光量數據，能夠優化照明設備的運行模式。此外，智慧化灌溉系統通過土壤濕度傳感器實現對水分狀態的動態監測。這類傳感器通常基於電阻測量或電容效應，能以高精度檢測土壤含水量的變化，並通過自動控制水泵的啟閉實現對灌溉量的即時調整。對於光照不足、土壤過乾或環境溫濕度波動較大的情況，智慧系統能以數據驅動的方式啟動適合的補償措施。並整合模擬工具（如 EnergyPlus 和 OpenStudio）對系統全年能耗進行建模與優化，能準確預測溫控、照明及灌溉設備的用電負荷，為能源系統設計提供數據支持[5]。

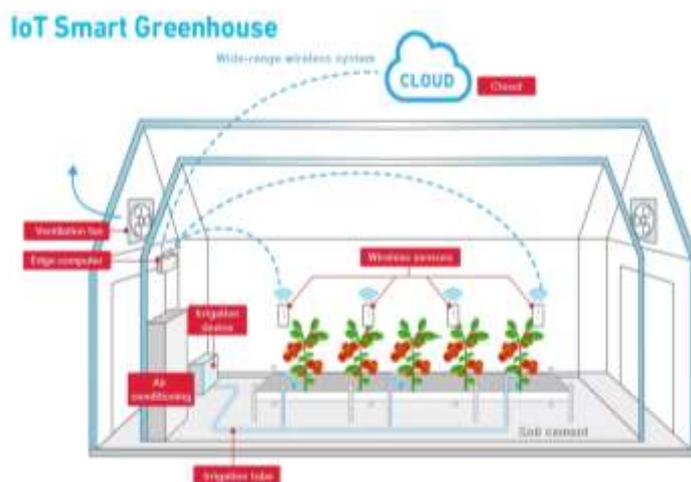


圖 1 AI/IoT 智慧農業溫室[6]

(四)研究方法及探討

本研究的目的是設計並實現一個針對特定植栽進行智慧化管理和電能消耗分析的系統。該系統結合了感測技術、人機介面以及無線傳輸，能夠進行植栽環境參數的監測、自動控制以及對節能效果的分析，從而提升管理效率和能源利用率。系統主要架構如圖 2 所示。

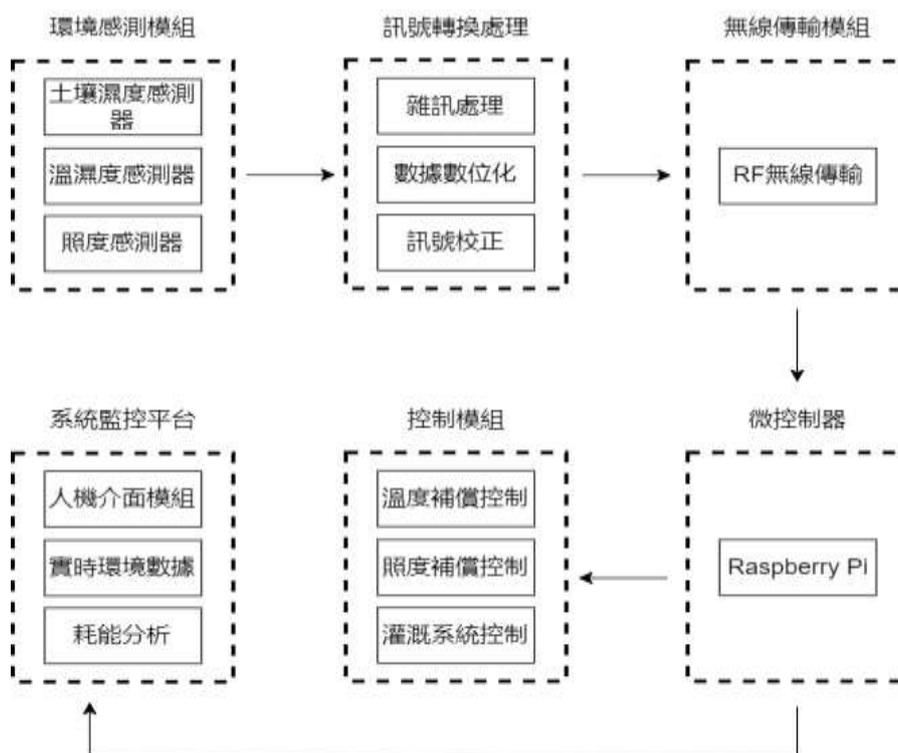


圖 2 訊號流程圖

本計畫之研究將其步驟分項敘述如下:

1. 文獻資料的收集整理與理解:

本研究旨在分析台灣常見的高經濟價值植栽，並從中選取特定植栽作為研究對象。研究過程中，我們收集並分析了相關文獻，以確定各植栽最適合的環境條件，如溫度、濕度及光照等，並探討其節能效益。避免在未來的研究中重蹈覆轍。

2. 植栽分析與選用:

植栽選擇及其生長環境分析是至關重要的。我們選擇了火鶴花與白鶴芋作為研究對象，因為這兩種植栽不僅具備高經濟價值，且其生長環境已獲得文獻的支持，具備可靠的數據作為依據。

火鶴花: 在溫度為 20 °C~25 °C時，淨光合速率較高，照度 15k Lux~25k Lux，理想的相對濕度在 80 %~85 %之間，相對濕度的控制並不容易，通常多以空中噴霧或噴灌的方式維持相對濕度。生長早期:以藍光為主的紅藍混合光 (如 3:2 或 1:1)，促進葉片和根系生長。開花階段:以紅光為主的紅藍混合光 (如 4:1 或 3:1)，提升花朵的品質和顏色。

白鶴芋:在溫度為 21 °C~22 °C時，開花比率最高，在照度約 20 k Lux，理想的相對濕度在 80%，相對濕度的控制並不容易，通常多以空中噴霧或噴灌的方式維持相對濕度。紅橙光波長 600 nm ~700 nm，藍紫光波長 400 nm ~500nm。白鶴芋在 43% 藍光:57% 紅光的環境下光合作用速率最高。

土壤濕度:未找到相關文獻，但我們選用的兩種植栽都是淺根植物，而一般淺根植物土壤溼度設定為 25%~30%(RH)，因此本研究採用 25%~30%(RH)，可能因實際情況有所變動。

表 1 特定植栽最佳生長條

生長條件 \ 花種	火鶴花	白鶴芋
適宜溫度 (°C)	20°C~25°C	21°C~22°C
適宜照度 (kLux)	15 kLux~25 kLux	20 kLux
理想相對濕度 (%)	80%~85%	80%
光波長	生長期:紅藍比 2:3 或 1:1 開花期:紅藍比 4:1 或 3:1	藍光:43% 紅光:57%

3. 元件分析與選用:

機器人學中，元件選用至關重要，適當的元件能確保機器達成預定功能並在各種環境條件下穩定運行，同時還能降低系統的運營成本和能耗，延長使用壽命。選擇具高可靠性、低功耗、高性價比且具有良好環境適應性的元件，並確保各元件之間的兼容性和未來升級的可能性，是設計高效、耐用且具有長期運行能力機器的關鍵。

a. Raspberry Pi 4 Model B 2GB:

配備強大的四核心處理器，能夠處理複雜的數據運算和控制任務。其多樣的輸入/輸出介面，包括 GPIO、USB、HDMI 和 I2C，提供了高度的靈活性，適用於感測器的整合，尤其是在機器人應用中，像是環境監測與自動控制系統。透過 GPIO，可輕鬆連接各類感測器，如土壤濕度、光強度、溫濕度等，適合應用於智慧農業或機器人系統中。內建的 Wi-Fi 和藍牙功能支持無線通信及雲端數據上

傳，滿足物聯網（IoT）應用需求，尤其對遠程控制與數據分析至關重要。

b. DHT-11 數位溫溼度感測器:

具備穩定可靠的性能，能夠在複雜環境中長時間運行，且具有低功耗特性，適合長期監控系統的應用。其測量範圍為 20%~90% RH（相對濕度）和 0°C~50°C（溫度），涵蓋了機器人應用中常見的環境條件。數位輸出簡化了與微控制器的連接過程，減少了外部電路需求，提升了系統設計的效率與穩定性。

c. YL-69S 土壤溼度感測器:

此感測器主要由兩根金屬探針組成，插入土壤中測量其電導率，這會隨著土壤濕度的變化而改變。當土壤濕潤時，電導率較高，乾燥時則較低。感測器將這些變化轉換為模擬或數位信號，並提供給微控制器進行進一步處理，適用於機器人系統中的農業環境監測。

d. BH175 光強度光照感測模組 GY-302 光照度傳感器:

一款高精度的環境光強度檢測器，專為光照度測量設計，能夠適應各種光照條件（自然光和人造光）。它的光譜特性與人眼視覺靈敏度相符，使得測量結果更貼近實際光環境。測量範圍廣泛，可精確檢測 1 Lux~65535 Lux 的光照強度，適用於機器人或自動化系統中的光環境監測。此模組的數位 I2C 輸出介面使其能輕鬆集成至各種微控制器或開發板中，簡化了系統設計。一款高精度的環境光強度檢測器，專為光照度測量設計，能夠適應各種光照條件（自然光和人造光）。它的光譜特性與人眼視覺靈敏度相符，使得測量結果更貼近實際光環境。測量範圍廣泛，可精確檢測 1 Lux~65535 Lux 的光照強度，適用於機器人或自動化系統中的光環境監測。此模組的數位 I2C 輸出介面使其能輕鬆集成至各種微控制器或開發板中，簡化了系統設計。

e. JIUNPEY 2 呎 12.5W 紅藍混光植物燈:

紅光波長通常在 620-660nm 之間，能有效促進植物的開花與果實發育，對於光合作用有顯著效果。藍光波長通常在 450-470nm 之間，有助於植物的莖葉生長與整體形態建設。3:2 比例紅光和藍光的比例符合植物生長所需的光譜平衡，特別適合用於促進開花與結果的植

物。LED 具有高效能與低功耗的優勢，使用壽命長，適合長期使用。此燈具光通量為 600LM，假設植栽面積為 $400\pi\text{cm}^2$ 根據照度=光通量÷面積 (m^2)，可得照度約為 4.774klux。

f. DC12V 無刷馬達靜音直流水泵:

此無刷直流水泵運行效率高且噪音低，非常適合應用於需要安靜運作的機器人環境。無刷設計降低了維護成本並延長了使用壽命，並且能有效降低能量損耗，提高系統的運行效率。其結構緊湊、安裝方便，適合應用於水冷系統、農業灌溉等機器人系統。

g. MCP39F511 單相功率監控 IC:

這款 IC 可實時測量交流或直流電源的功率、電壓及電流，提供高精度和穩定性，非常適合用於監控機器人系統中的能耗。內建 EEPROM 記憶體，允許用戶存儲校準參數並便於快速調整。其雙線通信介面適用於各種微控制器，能夠遠程監控功率數據，是高效能系統開發中的重要元件。

h. HMS-127060-40 DC12V 6A 電熱晶片模組:

是一種基於佩爾帖效應的半導體元件，能夠實現高效的冷卻、加熱以及精確的溫度控制。當直流電流通過晶片時，熱量會從模組的一側轉移到另一側，形成顯著的溫差。電流越大，晶片兩側的溫差越大，並且可以通過改變電流方向自由切換冷熱兩側。最大工作電流為 6A，能達到高達 70°C 的最大溫差（在無散熱負載條件下）。由於其無需冷媒的環保設計和高效能，還被用於能量收集系統精準環境調節的關鍵組件，能控制小範圍內的溫度條件，如冷冷卻設備或保持特殊作物的理想生長環境。

4. 實驗腔體整合與組裝:

a. 腔體材料選擇

機器人學中，溫室系統可以視為一個自動化的環境調控系統，旨在為植物提供最佳生長條件。建構材料的選擇對於該系統的效能和耐久性至關重要。壓克力作為一種優良的耐候材料，其特性使其能在極端的環境條件下保持穩定，無論是高溫、低溫還是紫外線照射。與其他建材相比，壓克力在長期運作中不容易出現老化或結構損壞，這對於提供持續穩定的保護至關重要。此外，壓克力具備優異的光透過性，能有效將光線引導至溫室內部，促進植物的光合作用。其均勻的光線分布能力，還有助於解決溫室內部角落的光照不

均問題，從而提升植物的生長效率，類似於一個高效的光學系統在機器人環境中的應用。

b. 空間規劃與功能分區

溫室空間的規劃可視為一個多功能區域，其中右側區域專門設計為植物培育區，目的是支持特定植栽的生長。為了促進良好的排水與水分保持，這個區域的地面應採用透水結構，如由礫石與砂層組成的基層，從而防止積水並避免根系腐爛的問題。

為了確保這些功能區域的分隔，中間區域設有隔板，將植物培育區與左側的電子設備區分開。這些隔板應該由耐用且具有良好隔離性的材料製成，可以有效防止濕氣與塵土的進入，同時保持透光性，以便監控植物生長狀況。此外，隔板設計還需考慮易拆卸與維護的需求，並在底部安裝密封條，防止土壤或水分滲透至左側區域。

左側區域則是專門為電子設備與電路板設計的，必須保持乾燥且無塵，以保障設備的穩定運行。為此，所有電路板應該安裝在具有防水與防塵功能的密封箱內，並設置通風孔來促進空氣循環，避免設備過熱。支撐結構可選用不銹鋼或塑料材質，確保設備安裝穩固，並便於進行維護操作。

5. 訊號轉換處理與信號調整設計

在本系統中，DHT-11 和 BH1750 皆為數位輸出感測器，因此無需經過類比轉數位（ADC）處理。設計時的重點在於確保信號讀取的穩定性與精確度。透過程式設計調整讀取頻率與範圍，並運用適當的濾波算法（如移動平均濾波），以減少環境干擾與數據噪音，從而提升數據準確性。對於水泵和致冷晶片模組的控制，則採用脈衝寬度調變（PWM）信號進行調控。設計 PWM 信號時需確保適當的頻率和佔空比，精確控制設備的功率輸出。此外，根據實際需求，PWM 設置可動態調整，以達成靈活的系統控制功能。

6. 類比轉數位訊號之電路設計

本系統主要以數位輸出感測器為核心，例如 DHT-11 和 BH1750，因此無需專門設計 ADC 電路。然而，對於可能涉及的其他類比輸出設備（如功率計或未來擴展的傳感器模組），可能需要設計相應的類比轉數

位電路。此類電路設計需考慮解析度和取樣頻率，以保證數據的完整性與精度，並能有效集成到系統中以支持進一步數據處理。

a. 傳輸介面

DHT-11 使用單總線通訊接口，簡化了硬體連接過程，並能通過少量 GPIO 腳位與 Raspberry Pi 進行可靠的數據傳輸。BH1750 則採用 I2C 通訊協議，Raspberry Pi 的多功能 GPIO 腳位可輕鬆支持該協議，並通過程式設置進行數據讀取與處理。

b. 對於水泵和致冷晶片模組，PWM 信號將直接從 Raspberry Pi 的 GPIO 腳位發送，用於精確控制設備的運行狀態和輸出功率。該設計不僅簡化了硬體連接，還提升了系統的可靠性與可操作性。此外，通過適當的通訊協議和信號調整，可確保多設備之間的協同運作與數據同步。

7. 人機介面設計:

定義系統的主要功能

在機器人學領域中，人機介面（HMI）設計扮演著定義系統主要功能的關鍵角色，旨在滿足用戶需求並提供直觀、高效的操作體驗。系統的核心功能包括:

- a. 數據監控:系統提供即時數據監控功能,使用戶能夠隨時掌握設備運作狀態和環境參數的變化,並能快速識別異常情況。
- b. 能耗監控:系統能分析設備的能耗情況,並提供數據參考,協助優化能源使用。耗能監控:系統可以分析設備的耗能情況,提供數據參考。數據視覺化:

數據視覺化是人機介面的核心組成部分,旨在提升用戶對數據的理解及操作體驗。具體設計內容包括:

- a. 圖表展示:利用各種圖表(如折線圖、柱狀圖、曲線圖)直觀顯示數據變化趨勢,使用戶能夠快速掌握數據的波動情況。
- b. 儀表盤展示:設計動態儀表盤,將設備數據如溫度、濕度、壓力等參數以直觀的數字或指針方式呈現,讓用戶能迅速了解系統運行狀態。

- c. 數據趨勢分析:提供便捷的趨勢分析功能，可預測未來的運行趨勢，從而幫助優化控制策略。化控制策略。

設置頁面與操作控制

操作界面的設計應以用戶體驗為中心，具備簡單、直觀且易用的操作方式，使用戶能輕鬆完成各項設置操作。具體設計內容包括:

- a 參數調整:設計清晰直觀的界面，允許輕鬆調整各種運行參數，如灌溉時間、溫控範圍、設定的壓力值等，滿足不同場景下的個性化需求。
- b 界面佈局設計:優化用戶界面的佈局，將功能區域進行合理劃分，能夠快速定位所需功能並進行操作。
- c 操作引導:提供操作指引或引導功能，降低使用門檻並提高操作效率。。

8. 系統模組化:

本系統運用模組化設計，將不同功能單元進行整合，形成一個完整且智能化的環境監控與調控系統。具體而言，系統集成了環境感測器、無線傳輸系統及人機介面，並配合溫濕度和光照強度的控制機制，實現對環境變化的即時監控與智能調節。

在感測器部分，使用 DHT-11 溫濕度感測器和 BH1750 光照感測器來實時監控環境的溫度、濕度及光照強度，並將感測到的數據傳送至中央處理單元(如 Raspberry Pi 4)進行處理和分析。無線傳輸系統則通過 Wi-Fi 或藍牙協議將數據上傳至雲端或傳送至人機介面進行監控，保證數據的安全性及可視化。

在控制與監控方面，系統設計了數據監控及設備控制功能，使用者可以透過操作介面實時查看環境數據，並依據植物生長的需求進行環境調節，以達到最佳生長條件。當環境條件偏離最佳範圍時，系統將利用智能算法自動識別異常情況並啟動對應的控制機制。例如，當濕度過低時，系統會啟動灌溉功能；當溫度過高或過低時，啟動致冷或加熱系統進行調節；若光照不足，系統會調整光源設備，確保植物獲得所需的光照條件，實現精準的環境控制。

此模組化設計不僅提升了系統的可擴展性和靈活性，還增強了各模組之間的協同效率。通過獨立設計並有效整合各功能模組，系統可根據需求

快速擴展或升級，以滿足各種環境監控需求，實現智能化且精準的環境調控。

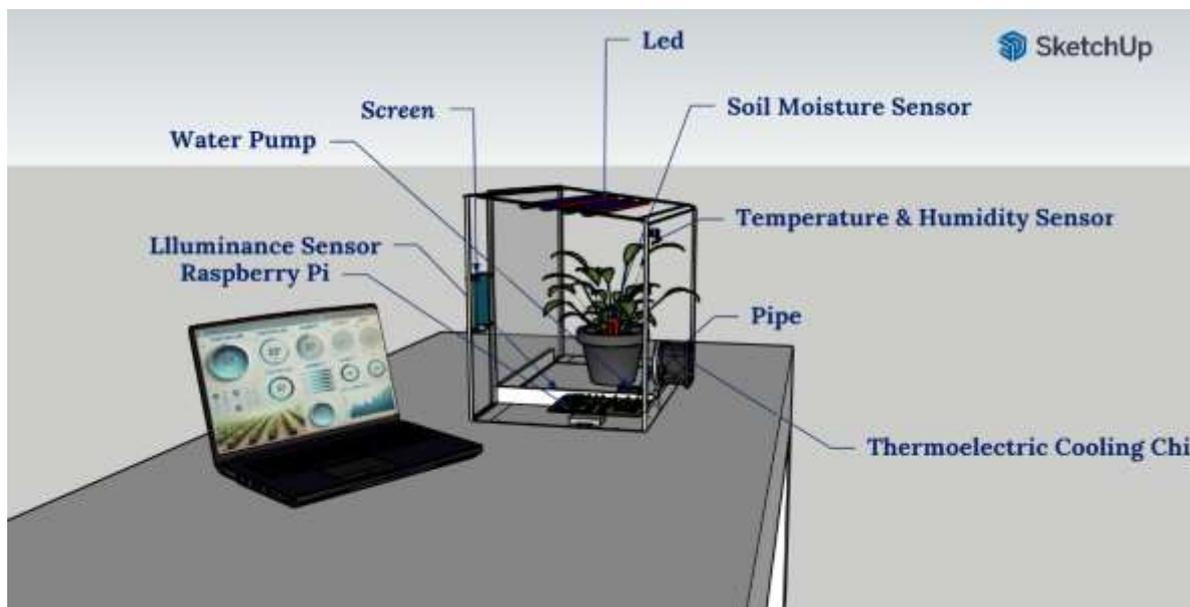


圖 3 架構圖



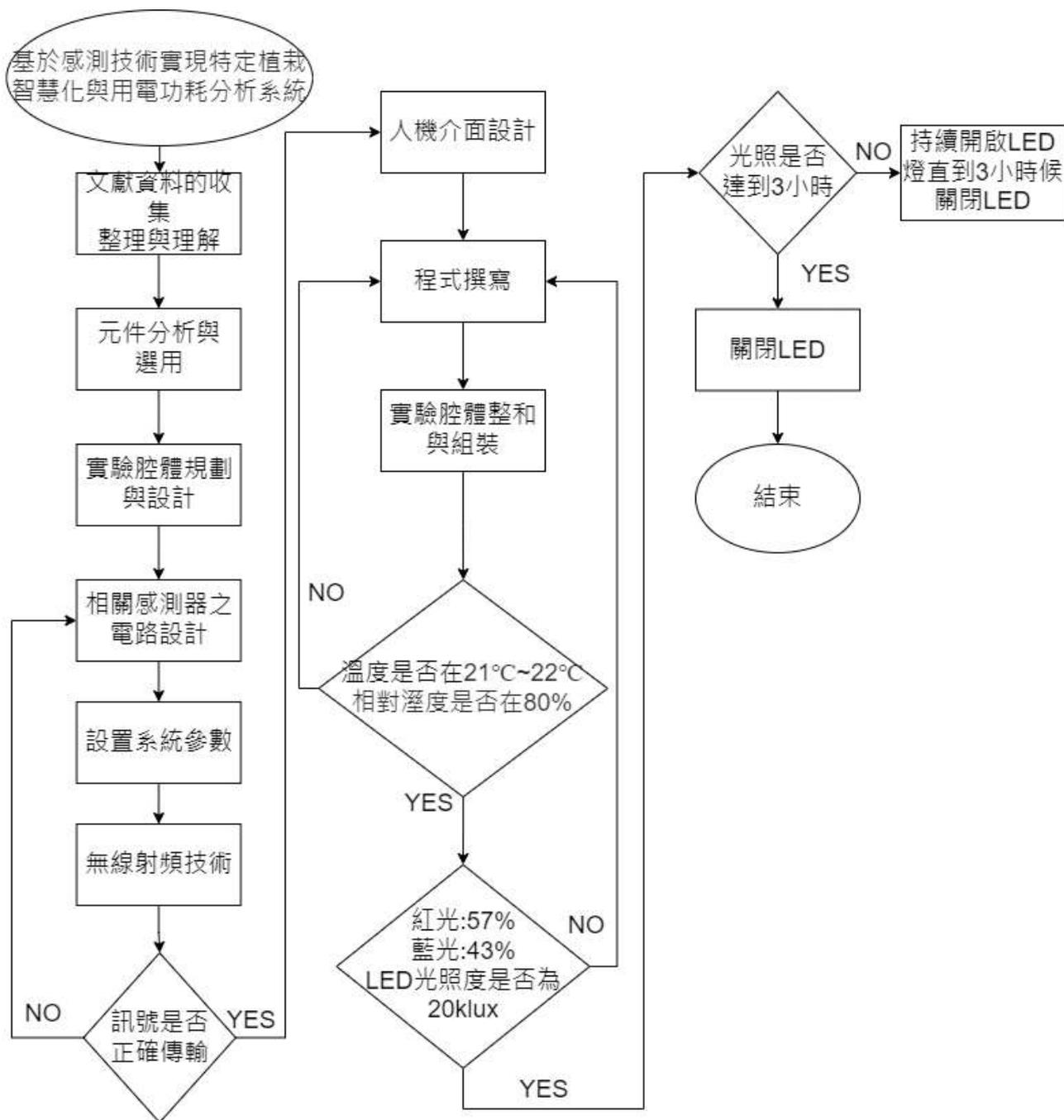


圖 4 研究計畫流程圖

(五)預期結果以及問題&解決

1. 自動調節環境參數:根據感測器實時收集的數據，系統將能夠自動調整植物生長環境中的參數（例如灑水、調節光源強度及溫溼度控制等），確保植物在最佳的生長條件下發展，並且減少人工干預。同時，通過精準調控灑水與照明設備，能夠有效降低水資源及電能的浪費，提升整體資源使用效率。此

外，針對不同生長階段的植物，系統可靈活調整光譜比例（如藍紅光的組合），以促進生長早期的根系發育及開花階段的花品質量提升。

2. 實時監控電能消耗:系統將集成能效監測功能，對所有運行設備（如照明、灑水系統、風扇等）進行實時的電能消耗監控和實時分析。預期結果是能夠詳細了解各設備的能耗數據（功率消耗、累積用電量、能效趨勢報告），並提供數據支持，幫助進行能源管理。
3. 數據可視化與用戶友好性:系統將設計直觀且高效的數據可視化功能，包括環境參數的實時折線圖、累積數據的柱狀圖及能耗數據，幫助用戶快速掌握系統運行情況。此外，警報與通知功能能即時提醒用戶異常狀況，例如溫濕度超出設定範圍時，系統將自動啟動相應的調節設備並通過用戶介面推送告知。這些功能將顯著提升系統的易用性以及操作效率。
4. 科學數據的累積與共享:通過數據存儲及雲端共享，系統將累積多樣化的植物生

長與環境數據，包括生長條件與產量之間的關聯性分析結果。這些數據不僅可用

於指導後續研究，還可作為大規模智慧農業系統開發的數據基礎。

5. 系統應用與推廣價值:研究結果可直接應用於高經濟價值植栽的商業化生產中，

並且具有良好的擴展性，能根據不同作物的需求快速調整系統配置。預計結果是為智慧農業技術在更多場景下的應用提供參考案例，包括溫室管理、自動化灌溉及資源節約型農業系統等。

碰到的問題及預期解決方式:

- a. 感測器數據不精準或環境干擾:感測器在收集溫濕度、光照強度和土壤濕度等數據時，可能受外界環境干擾（如溫差、光源反射、土壤不均勻性），導致數據波動大或不精準。

解決方式:

在感測器電路中設計濾波電路，使用移動平均濾波等減少雜訊干擾。

進行多點感測佈局，獲取更多精確的環境數值平均，避免單點測量誤差。

- b. 無線傳輸過程數據丟失或延遲:無線傳輸可能因距離過遠、障礙干擾或多設備競爭頻寬而導致數據丟失或延遲，影響整理系統的即時性和穩定性。解決方式:

增設數據緩存機制，避免因短暫傳輸中導致數據丟失。

在數據傳輸中加入錯誤檢測與校正機制（CRC 檢測），確保數據完整。

- c. 環境調控設備的能耗過高:如灑水系統、致冷模組或 LED 光源因頻繁啟動或過度運行導致能源浪費，降低系統整體效能。

解決方式:

設計智能調控算法，根據植物生長需求來優化設備的啟動頻率與時長。

使用高效低功耗的硬體設備，降低基礎能耗。

定期對能源使用進行分析，調整資源分配來實現高效運行。

- d. 不同生長階段對環境需求的適配性不足:不同植物或同一種植物在不同生長階段對光譜比例、灌溉量及溫濕度需求存在差異，可能因調控不精準影響生長效率和品質。

解決方式:

建立植物生長階段的環境需求數據庫，並將其融入系統調控模型。

使用數據驅動模型對環境參數進行動態調整，靈活適應植物需求變化。

結合用戶介面設置校正功能，允許用戶根據實際需求來對調控參數進行微調。

(六)參考文獻

- [1] 古展宏，「應用藍芽於溫室作物灌溉控制之研究」，國立屏東科技大學生物機電工程所，碩士論文，2016，<https://hdl.handle.net/11296>
- [2] 盧安聖，「應用物聯網技術與私人雲端伺服器於小型溫室控制」，中華大學電機工程學系，碩士論文，2023，<https://hdl.handle.net/11296/hf8mje>
- [3] 張琮凱、林維庭、廖怡欽，「溫室自動化監控系統」，南華大學資訊工程學系 <https://nhuwebfile.nhu.edu.tw/UploadedFiles/2020/8/ab7d30c4-ee5d-421c-9358-6ca3b792c034.pdf>
- [4] 陳遠鴻，「雙層被覆溫室之空氣層內隔熱設計與效率研究」，國立臺灣大學生物環境系統工程系，2004，
<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id=%22092NTU05404026%22.&searchmode=basic>
- [5] Vasco Figueiroa ， João Paulo N. Torres 「 Simulation of a Small Smart Greenhouse 」， 2022 ， <https://www.mdpi.com/2411-9660/6/6/106>
- [6] The outlook for agricultural management becomes clear by transforming a farmer' s intuition into organized intelligence ，
https://www.yanmar.com/gb/about/technology/vision3/smart_greenhouse/
- [7] 黃怡嘉，「溫度、光強度及水楊酸對火鶴花光合作用與生育品質之影響」，國立台灣大學生物資源暨農學院園藝學系，碩士論文，2008，
<http://tdr.lib.ntu.edu.tw/jspui/handle/123456789/9463>
- [8] 余軍洪，陳琳，葉德銘，「光質與光強度對白鶴芋之光合作用與甲醛移除效率之影響」，台灣園藝，2022，
<https://www.airtilibrary.com/Article/Detail/18198317-N202304180005-00003>