

國立嘉義大學 理工學院 生物機電工程學系

專題生論文

Department of Biomechatronic Engineering

National Chiayi University

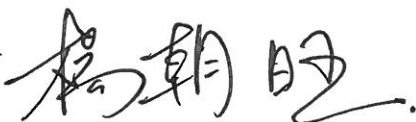
Special Topic Thesis

遠端溫室控制網路數位化之實踐

Networking is implied in greenhouse control

專題生：林正浩

指導教授：楊朝旺 博士



中華民國 一百一十 年 六 月

June 2021

摘要

隨著網路發展成熟，加上行動裝置的普及，許多行業早已進入科技導向的階段了。而農業亦由以往的 3.0 時代漸漸邁向 4.0 的時代了，傳統務農可以說是一項吃力的苦活，儘管 3.0 階段的自動化以減緩許多苦力了；加上近幾年開始天氣的不穩定，造成許多農民財產上的虧損，導致現今許多年輕人不願從事於農業。因此，本研究旨在探討溫室環境的變化，並將感測到數據收集到雲端整合成可視化圖表，將其呈現在網頁或者行動裝置中，亦加入了異常提醒來警惕使用者溫室環境異常，並進行及時遠端監控，這樣即可達到高效益的智慧農業 4.0 方式。

關鍵字：Raspberry pi、溫室 IOT、可視化數據網

致 謝

感謝國立嘉義大學生物機電工程學系楊朝旺 教授給予我這機會進行此項專題計畫，感謝教授透過讓學生實際操作的方式去習得知識。一學年下來，學生本人不只學到關於專題內容的相關知識，也懂得將課堂資訊應用於計畫中，更加體會到業界或者使用者的所需。在操作及報告時，我常常犯下許多錯誤，但在楊教授耐心指教下，我慢慢糾正了計畫中的錯誤。整項計畫下來，我受益良多。

感謝國立嘉義大學生物機電工程學系提供機電館館內的小溫室以利我們來進行此項計畫，也感謝貴系給予許多資源，才得以使計畫順利下去。

目錄

中文摘要	1
致謝	2
目錄	3
表目錄	5
圖目錄	6
第一章 緒論	8
1－1 研究動機	8
1－2 研究目的	8
第二章 文獻探討	9
第三章 研究方法	13
3－1 研究環境	13
3－2 研究材料	14
3－3 研究步驟	16
3－4 電路設計與程式編	18
第四章 研究結果與討論	22
4－1 感測器元件	22
4－2 雲端數據與通報	24
4－3 網頁顯示與 GUI 顯示	27

第五章	結論與建議	29
參考文獻		30

表目錄

表 3-2.1	元件列表·····	14
表 3-4.1	DHT22 部分程式碼·····	20
表 3-4.2	JXBS-3001-TH 部分程式碼·····	20
表 3-4.3	GY-302 部分程式碼·····	21
表 3-4.4	MCP3008 部分程式碼·····	21
表 4-1.1	感測器穩定度及耐用度比較·····	22

圖目錄

圖 3-1.1	研究用小溫室(外部)·····	13
圖 3-1.2	研究用小溫室(內部)·····	13
圖 3-2.1	Raspberry pi 3B+·····	15
圖 3-2.2	青江菜·····	16
圖 3-3.1	研究流程圖·····	17
圖 3-4.1	DHT22 與 Raspberry pi 的電路圖 ·····	19
圖 3-4.2	GY-302 與 Raspberry pi 的電路圖 ·····	19
圖 3-4.3	MCP3008 與 Raspberry pi 電路圖 ·····	20
圖 4-1.1	DHT22 雜訊 ·····	23
圖 4-1.2	JXBS-3001-TH 數據圖表 ·····	23
圖 4-1.3	電阻式土壤濕度感測器表面金屬解離·····	23
圖 4-1.4	電容式土壤濕度感測器·····	23
圖 4-1.5	最後整合電路·····	24
圖 4-2.1	雲端數據儲存(1)·····	25
圖 4-2.2	雲端數據儲存(2)·····	25
圖 4-2.3	通報異常值-PC 畫面 ·····	25
圖 4-2.4	通報異常值-手機畫面·····	26
圖 4-2.5	定時通報溫室狀態-PC 畫面 ·····	26

圖 4-2.6	定時通報溫室狀態-手機畫面·····	26
圖 4-3.1	GUI 顯示介面·····	27
圖 4-3.2	在平板上面使用·····	27
圖 4-3.3	網頁顯示 QR-Code·····	28
圖 4-3.4	網頁顯示介面·····	28

第一章 緒論

1-1 研究動機

近年來，全球氣候異常，加上台灣農業用地急劇減少及從事農業的人口流失嚴重，導致農業損失慘重。儘管如此，但農業仍為一個國家不可或缺的行業之一。為了抵禦環境對作物的負面影響，從原先的開放式田地，改為溫室，如此一來將可以大幅度提升作物的生產率；為了吸引更多人從事農業，許多國家給予許多的補助，以台灣為例，政府每年斥資約 100 億新台幣補助農業，仍無任何起色，主要原因是「務農」往往被現在的青年認為是一項「吃力不討好」的行業，除了辛苦外，還必須考量到市場的趨勢。本研究的意義就在於如何使務農更加地輕鬆。

1-2 研究目的

本研究藉由樹莓派(Raspberry pi)與多種感測器來量測溫室中的環境參數(溫度、濕度、亮度…)，並將眾多數據過濾出真正有效的數據上傳到雲端建立資料庫方便之後調用，也試著將數據以網頁的方式呈現出來，再者，製作 GUI 介面以便遠端控制溫室進一步減少人力的浪費。

第二章 文獻探討

現代溫室的歷史可以追溯到 13 世紀的義大利。早期的溫室主要是用於存放一些從熱帶地區帶來的植物，由於技術的缺乏，早期溫室往往都會面對保溫的難題，溫室的科技進步史，也是一部對溫室加溫設備進行研究和探索的歷史。古羅馬人在溫室地板下建設管道來傳遞熱氣，法國人曾燃燒糞便來給加溫，英國人則在 17 世紀動用過木炭和熱水。

現代化的溫室已經不再擔心保溫問題，既可以用熱水管道也可以用熱風爐；多年實踐中探索出的溫室建造方式和新的薄膜覆蓋材料也提高了溫室的保溫能力。現代溫室不僅可以加溫，還可以通過簾幕系統對溫室遮陰，或者使用可以循環水的濕簾和風機來給溫室降溫，真正做到冬暖夏涼。現代化溫室面積能夠覆蓋 1 公頃的土地，其內部環境可以做到自動化調控，不受外界環境的影響。

馮所編撰的「溫室的故事」中，帶出許多關於溫室的介紹，列舉溫室相較於露天田的優點：

1. 不受外界環境影響，極端環境下可以種植。
2. 高品質的工作環境，單位生產力高。
3. 無病蟲害就無農藥等於零污染。
4. 可以自動化，管理技術高。

在這幾年政府推動精緻農業下，台灣的溫室種植已經普及化，溫室種

植帶給農民的獲益實在良多，尤其是溫室的設備規劃可以減少天災及氣候帶來的影響，雖然種植出來的果實遠比慣行農業來得好，但仍會有差別，不管是甜度、大小、重量、外觀，不同的種植方法、經驗會得出不同的成果。

溫室的出現造就了農業 3.0，但農業 3.0 依然得依靠部分人力，因為人機介面下有智慧的是人類，像是許多論文提及的使用人機介面控制 PLC，這些都是單方面使用者的採用，也是依據使用者平時的經驗法則去做決定。網路的出現，更是使溫室的自動化更上一層樓，只需透過電腦就可控制離住家好幾里的溫室設備了，但這樣還不足以將成本降至最低。

隨著現代科技的快速發展，農業更加重視植物生理資訊的採集和環境的監控。溫室環境參數的採集和監控則是溫室行業向著智慧化、準確化、高效化的關鍵環節。作為影響農作物生長的重要因素，空氣與土壤的溫濕度、光照度、電導度的採集和控制是必不可少，將這些數據結合農民種植經驗，訓練模型使溫室獲得智慧，這樣就成功進入「農業 4.0」了。當有此項技術時，就可精準控管維持農產品的品質，達到降低成本、提高農民收益及確保農產品的食用安全。

看向國際，荷蘭貴為「世界溫室大國」，其中荷蘭的溫室又引進了多少科技呢？自動化溫室對荷蘭來說已經是基本了。現今引進大數據，種植者會將每週所記錄到的數據放入電子試算表，就可以察看數據圖中何處偏離

理想的情勢，因此建議就如何透過改變溫室氣候、給水方式或植物營養而改正該種偏離。

對台灣小農來說，引進荷蘭的技術時在效益不高，重要的是資金太高，所以必須另尋一條相似於荷蘭溫室技術的道路。因為台灣農地狹小又零散，所以數據量也相對較少，這時就可以小資本的電腦來進行大數據運算，。如此一來就可以用更加便宜的方式建立智慧溫室。

近幾年，5G 與 Wi-Fi 6 盛行，對一般消費者來說，速度確實是 5G 較「有感」的優點。CTIA 表示，現在的 4G LTE 網路提供平均 10-20 Mb/s 的連線速度，同樣下載一部兩小時左右的電影，4G 在理想狀態下得花 6 分鐘時間，5G 僅需 3.6 秒就能完成任務。簡單說，5G 擁有高速（speed）、低延遲（latency）、廣連結（connections）等三項特性，後兩者對產業發展影響較顯著。5G 基地台的缺點就是通訊範圍過短，所以才需要 Wi-Fi 6 的協助。

Wi-Fi 6 便是 WFA(Wi-Fi Alliance)推出的最新無線區域網路標準。當 Wi-Fi 6 在繁重的頻寬使用情境下，可改善速度、增加效能並減少堵塞。其中主要優點為：

1. 低延遲性：Wi-Fi 6 技術最高可提供高出 4 倍的網路容量，以降低流量密集環境的延遲現象。
2. 傳輸更快：Wi-Fi 6 有創新的 1024-QAM 調變技術，突破現有的速度

限制。可容納多出 25%的資訊，大幅提升 1.25 倍的效能、提升後的速度最高可達 9.6 Gbps。

3. 可處理多人、多工需求：Wi-Fi 5 支援設備約不到 30 個，Wi-Fi 6 支援設備可達 200 個。
4. 功耗低、更省電：沒有訊號傳輸時 Wi-Fi 功能處於休眠狀態，只需要少量資料傳輸便能維持軟體、智慧裝置保持連線狀態，讓 Wi-Fi 設備（如物聯網 IoT 設備）的電池壽命增加，更省下 50%左右電量（數據機本身+裝置本身）。
5. 訊號涵蓋範圍更遠：透過 OFDMA 技術改進了 5G 訊號距離較短的缺陷，可搭配 AP 路由器或 MESH 路由器擴展訊號，延伸寬頻涵蓋範圍（水平+垂直），可將每個通道區分為較小的次通道，這些次通道有較小的頻寬，使其最高可提升 80%的訊號範圍。
6. 有了這兩項技術就可達到即時物聯網遠端控制智慧溫室了，這樣就可將農業 4.0 達到最完美的巔峰了，台灣的溫室也可更加進步。

第三章 研究方法

3-1 研究環境

本研究的環境在國立嘉義大學生物機電工程學系之機電館館內的小溫室進行，下圖 3-1.1 及圖 3-1.2 為小溫室外觀。



圖 3-1.1、研究用小溫室(外部)


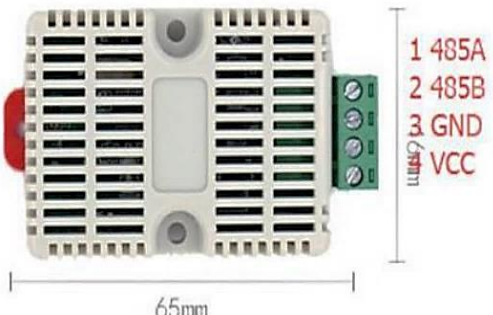
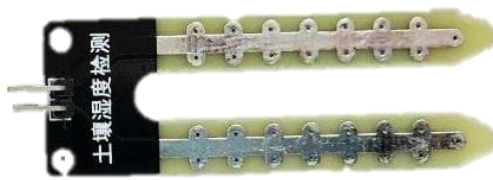


圖 3-1.2、研究用小溫室(內部)

3-2 研究材料

本研究材料主要為分為主機與感測元件兩部分，主機的部分使用 Raspberry pi 3B+(如圖 3-2.1 所示)，而感測元件如表 3-2.1 所示。再來，種植的作物主要為「青江菜」(如圖 3-2.2 所示)。

表 3-2.1、元件列表

元件	型號	功用
溫溼度感測器	DHT22 	量測環境溫濕度
溫溼度感測器	JXBS-3001-TH 	量測環境溫濕度
土壤濕度感測器	電阻式 	量測土壤濕度


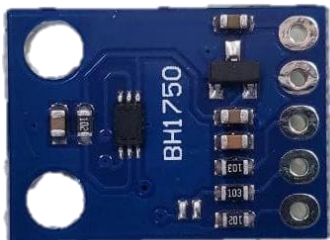

土壤濕度感測器	<p>電容式</p>  <p>Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2</p>	量測土壤濕度
環境亮度感測器	<p>GY-302</p>  <p>BH1750</p>	量測環境亮度
MCP3008	 <p>MCP3008-1/P 2032UDP</p>	量測土壤濕度感測器的數值



圖 3-2.1、Raspberry pi 3B+



圖 3-2.2、青江菜

3-3 研究步驟

研究流程圖如圖 3-3.1 所示。本研究先測試上表 3-2.1 每一種感測元件的穩定性，選擇穩定性較佳且耐用之感測器作為往後的主要元件。當選用適當之感測器後，編撰程式並使系統每隔 10 分鐘紀錄一筆環境數據，透過程式過濾出有效的數據，並將其存放在主機(Raspberry pi)儲存槽中，同時系統會確認網路的穩定性，以避免資料的丟失，再將數據推送至指定的雲端平台以便日後網頁的顯示。接者，製作遠端 GUI 控制的介面，透過遠端的方式了解溫室內部的環境狀態。最後，加入數據分析的方式，當溫室數據有異常值或者非作物合適的生長環境時，將提醒使用者溫室的異狀。

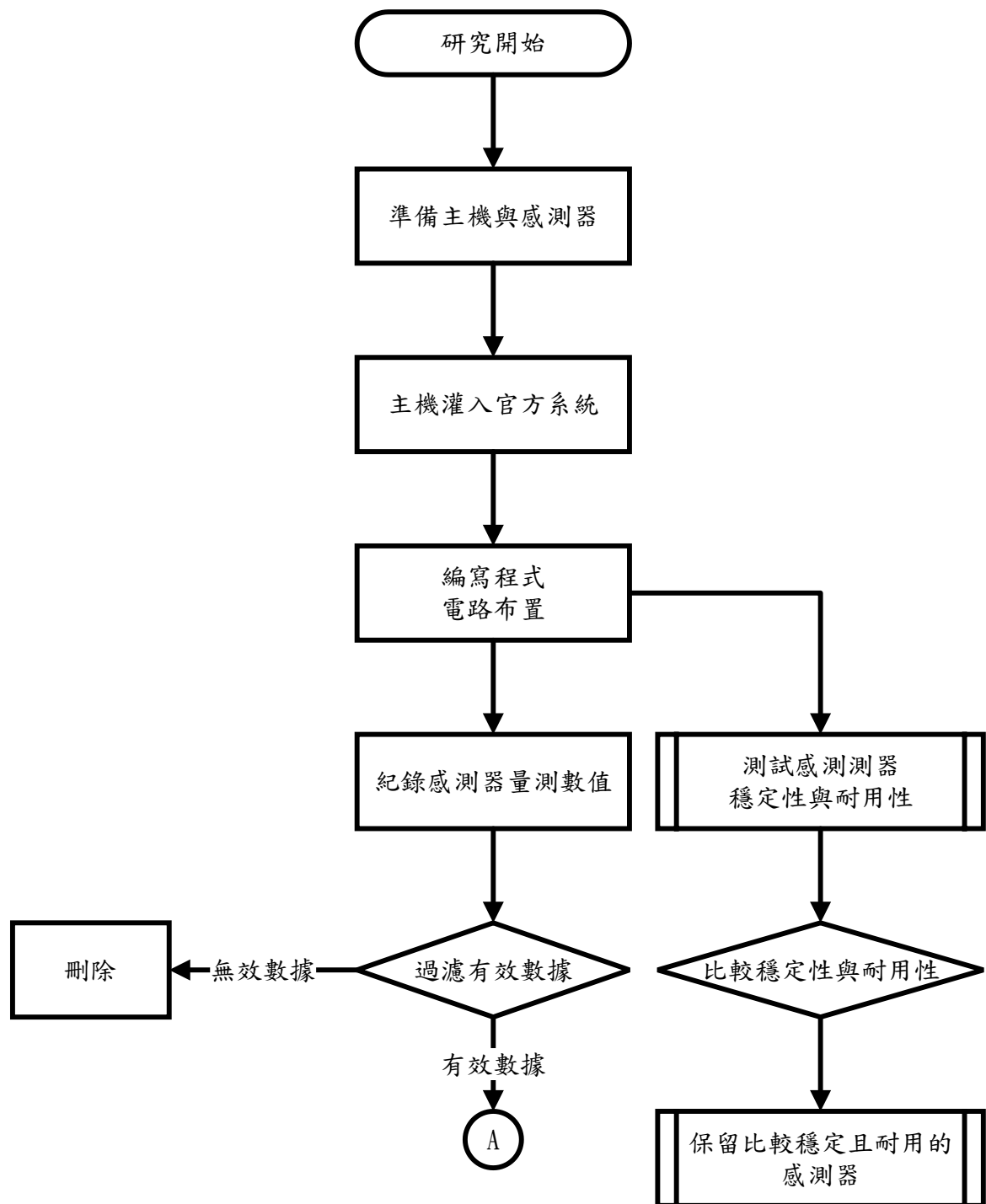


圖 3-3.1、研究流程圖(a)

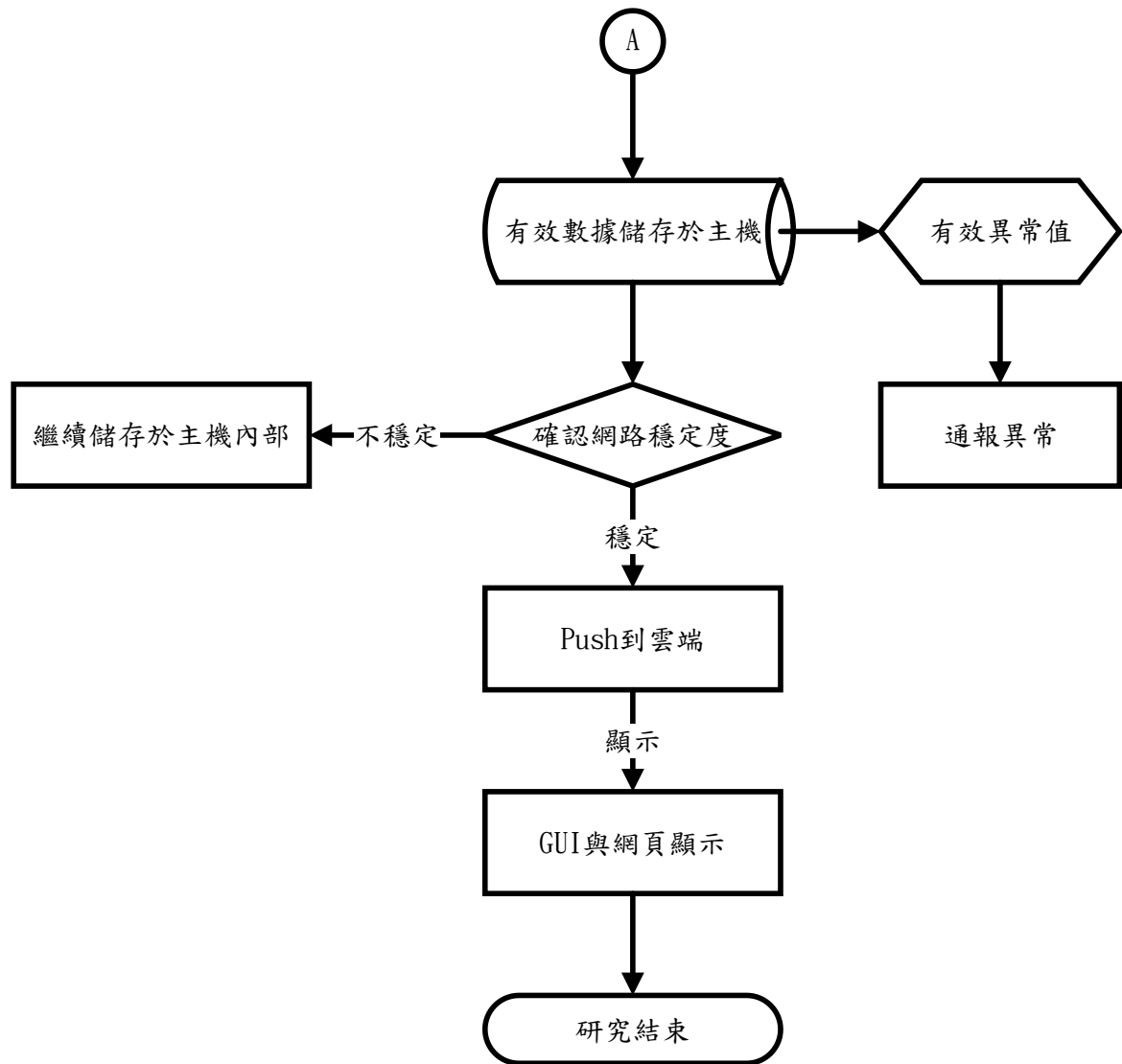


圖 3-3.1、研究流程圖(b)

3-4 電路設計與程式編譯

一開始，根據元件的 Datasheet，先規劃出每一顆感測元件的電路圖，接著進行一個月的穩定性及耐用性測試。圖 3-4.1 為 DHT22 的電路圖，接著使用 Adafruit_DHT 模組包進行訊號讀取(如表 3-4.1 所示)。JXBS-3001-TH 溫室度感測器採用 modbus 的通訊協定，使用電壓為 24V，透過 USB 轉 RS485 將其與 Raspberry pi 進行連接，參考 Datasheet 進行訊號讀取(如

表 3-4.2 所示)。圖 3-4.2 為 GY-302 的電路，透過 I2C 通訊的方式讀去 GY-302 的 2 進制的訊號(如表 3-4.3 所示)，再經由進位轉換的方式得出亮度的物理量。圖 3-4.3 為 MCP3008 的電路圖，使用 SPI 匯流排的通信操作，來讀取 channel 的類比訊號，根據 MCP3008 的 Datasheet，可以得知在 3.3V 電源供應下 MCP3008 的 CLK 為 1.35 MHz，由這一項資訊去進行程式的編譯(如表 3-4.4 所示)。

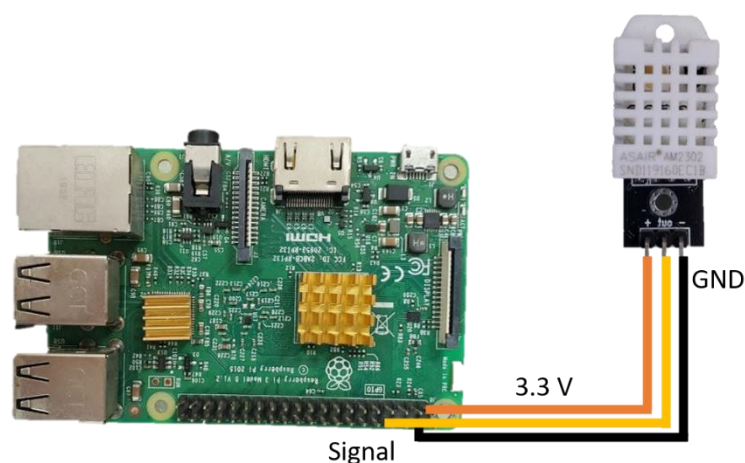


圖 3-4.1、DHT22 與 Raspberry pi 的電路圖

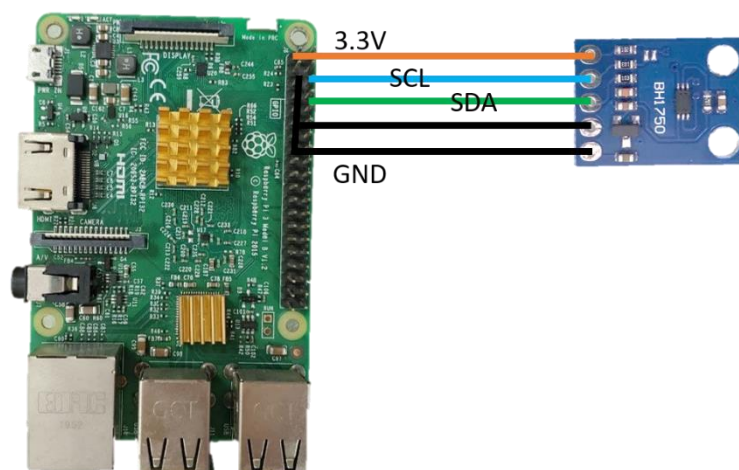


圖 3-4.2、GY-302 與 Raspberry pi 的電路圖

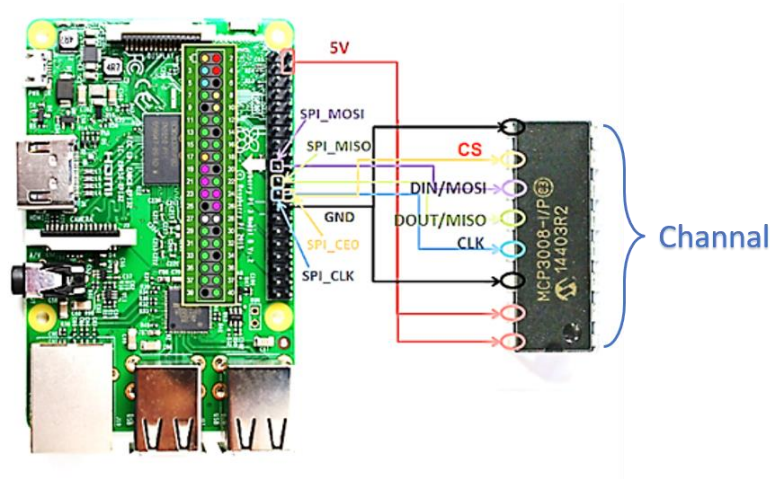


圖 3-4. 3、MCP3008 與 Raspberry pi 電路圖

表 3-4. 1、DHT22 部分程式碼

```
import Adafruit_DHT
sensor = Adafruit_DHT.DHT22 #使用 ADH22
pin = 4 #GPIO 4 腳位讀取
humidity, temperature = Adafruit_DHT.read_retry(sensor, pin)
print('Temp={0:0.1f}* Humidity={1:0.1f}%'.format(temperature, humidity))
```

表 3-4. 2、JXBS-3001-TH 部分程式碼

```
import serial
### CRC16 calculation function
def crc16(data):
    regCRC = 0xFFFF
    data = list(data)
    for i in range(0, int(len(data) / 2)):
        buff = int(data[2 * i], 16) << 4
        buff |= int(data[2 * i + 1], 16)
        regCRC = regCRC ^ buff
    for j in range(0, 8):
        if regCRC & 0x01:
            regCRC = (regCRC >> 1) ^ 0xA001
        else:
            regCRC = regCRC >> 1
```

```

    crc_int = ((regCRC & 0xFF00) >> 8) | ((regCRC & 0x0FF) << 8)
    crc_str = bytes([int(crc_int / 256)]) + bytes([crc_int % 256])
    return crc_str
### Setup serial port
COM_PORT = '/dev/ttyUSB0'
BAUD_RATE = 9600
for sensor_id in range(1,7):
    id_hex = bytes([sensor_id])
    read_tempC = id_hex + b'\x03\x00\x01\x00\x01'
    read_tempC += crc16(read_tempC.hex())
    ser.write(read_tempC)
    ret = ser.readline()

```

表 3-4. 3、GY-302 部分程式碼

```

import smbus
import RPi.GPIO as GPIO
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
# Define some constants from the datasheet
DEVICE = 0x23 # Default device I2C address
ONE_TIME_HIGH_RES = 0x20
num = 0
bus = smbus.SMBus(1) # Rev 2 Pi uses 1
def readLight(addr = DEVICE):
    data = bus.read_i2c_block_data(addr, ONE_TIME_HIGH_RES)
    return convertToNumber(data)

```

表 3-4. 4、MCP3008 部分程式碼

```

def analogInput(channel):
    spi.max_speed_hz = 1350000 #clk max is 1.35 MHz, when VDD = 3.3V
    adc = spi.xfer2([1,(8+channel)<<4,0])
    data = ((adc[1]&3) << 8) + adc[2]
    return data

```

第四章 研究結果與討論

4-1 感測器元件

每一顆感測器都經過 1 個月的測試，由下表 4-1.1 可以看出本研究選用感測器的好壞之分，其中 DHT22 溫溼度感測器在數據上有著程式編譯無法修正的雜訊(如下圖 4-1.1)，反觀 JXBS-3001-TH 不論是穩定度還是耐用度都相對於 DHT22 來的好(如圖 4-1.2 所示)，所以將 DHT22 淘汰。

電阻式土壤濕度感測器因為長時間處與高濕度環境中，進而導致表面金屬解離(如下圖 4-1.3)，大約兩個禮拜就要更換一次，反觀電容式的數值跟電阻是一樣穩定(如圖 4-1.4 所示)，但卻比其還要耐用，所以將電阻式的淘汰；而被保留下的感測器將整合成一塊電路板(如圖 4-1.5 所示)用來量測溫室環境數值。

表 4-1.1、感測器穩定度及耐用度比較

感測器	型號	穩定度	耐用度	篩選結果
溫溼度感測器	DHT22	劣	佳	淘汰
溫溼度感測器	JXBS-3001-TH	佳	佳	保留
土壤濕度感測器	電阻式	佳	劣	淘汰
土壤濕度感測器	電容式	佳	佳	保留
環境亮度感測器	GY-302	佳	佳	保留

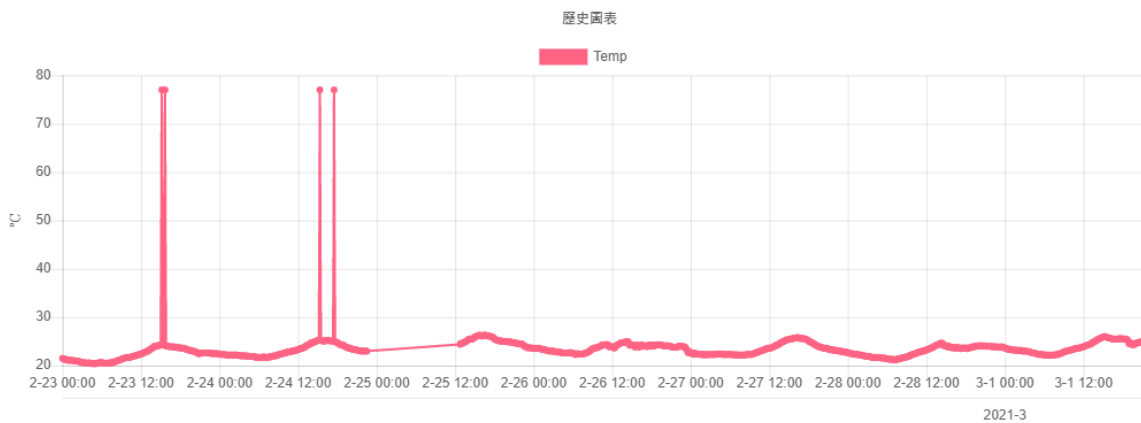


圖 4-1.1、DHT22 雜訊

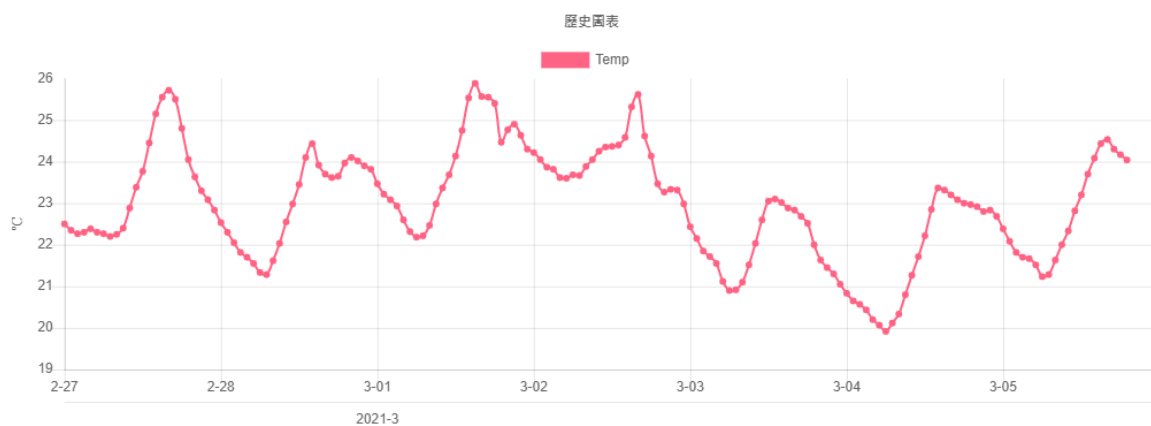


圖 4-1.2、JXBS-3001-TH 數據圖表



圖 4-1.3、電阻式土壤濕度感測器表面金屬解離(使用兩週後)



圖 4-1.4、電容式土壤濕度感測器(仍繼續使用)

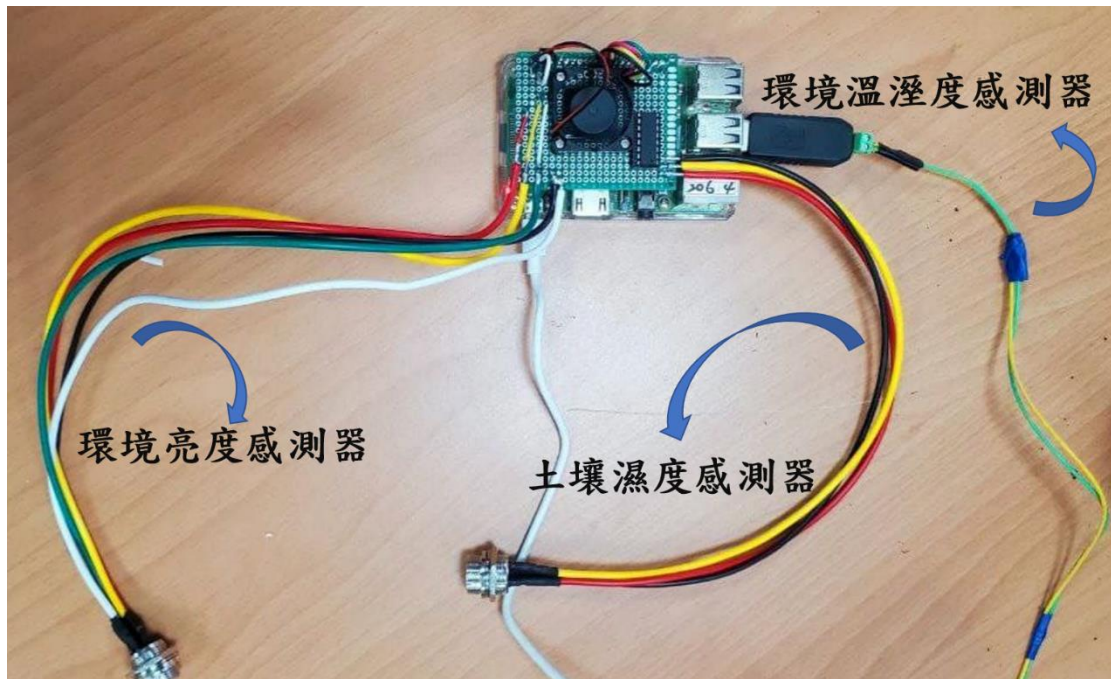


圖 4-1.5、最後整合電路

4-2 雲端數據與通報

後續，透過網路將有效數據給推送至雲端(如下圖 4-2.1 及圖 4-2.2 所示)，當有異常數值(如：溫度過高、濕度過高…)出現時，將以 mail 的方式通報使用者(如下 4-2.3 及圖 4-2.4 所示)；加上為了使用者方便，本研究也設計定時通報溫室狀態的功能(如下圖 4-2.5 及圖 4-2.6 所示)。

智慧生物感測共通平台 我的領域 儀錶板 資料專區 下載專區 HR 羅大樺P 我的帳號 登出

HOME / NCYU_YCW / NCYU-羅大樺 / 111測試

感測模組

名稱: 111測試 代號: bme111 Token: 2c359367-e38f-44ca-b8d8-53084c4b5d7

警示時間: 1 時間單位: 小時 狀態: 啟用 (不使用Token) 最後接收資料時間: 2021-09-16 17:10:02 (2分鐘前)

修改 返回 新增感測器 複製模組 上傳CSV檔 顯示資料上傳資訊

名稱	資料代號	資料類型	紀錄用途	最後接收值	資料單位	資料更新時間	狀態
Humidity	num1	數字	其他	36.60	%	2021-09-16 17:10:02 (2分鐘前)	啟用
Temp	num2	數字	其他	41.80	°C	2021-09-16 17:10:02 (2分鐘前)	啟用
Lux	num3	數字	其他	4241.67	lux	2021-09-16 17:10:02 (2分鐘前)	啟用
Soil moisture	num4	數字	其他	86.00	%	2021-09-16 17:10:02 (2分鐘前)	啟用

圖 4-2.1、雲端數據儲存(1)

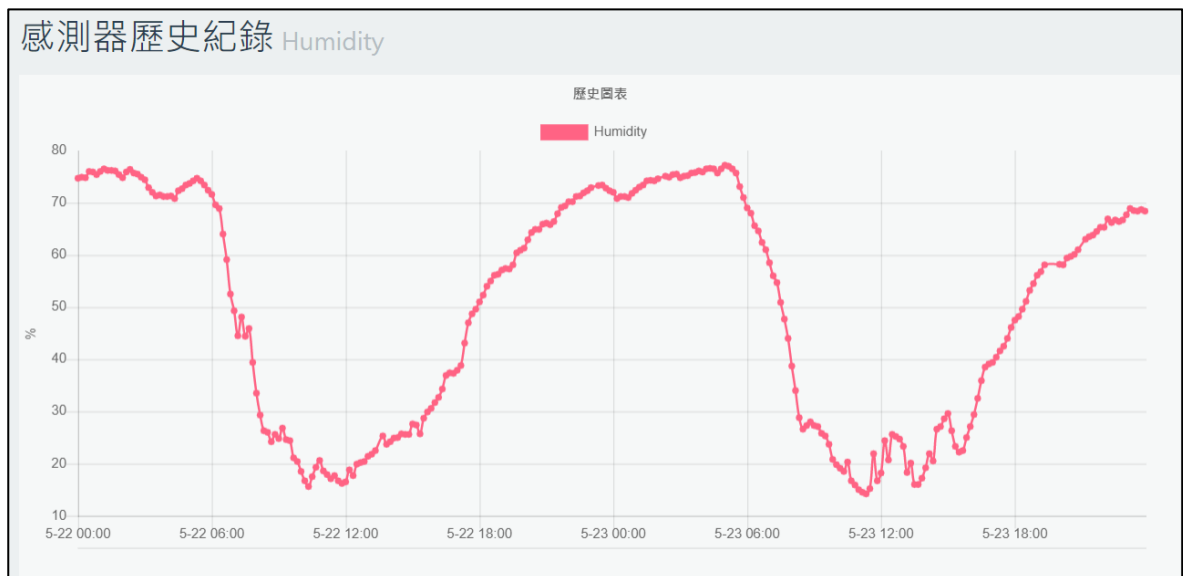


圖 4-2.2、雲端數據儲存(2)



圖 4-2.3、通報異常值-PC 畫面



圖 4-2.4、通報異常值-手機畫面

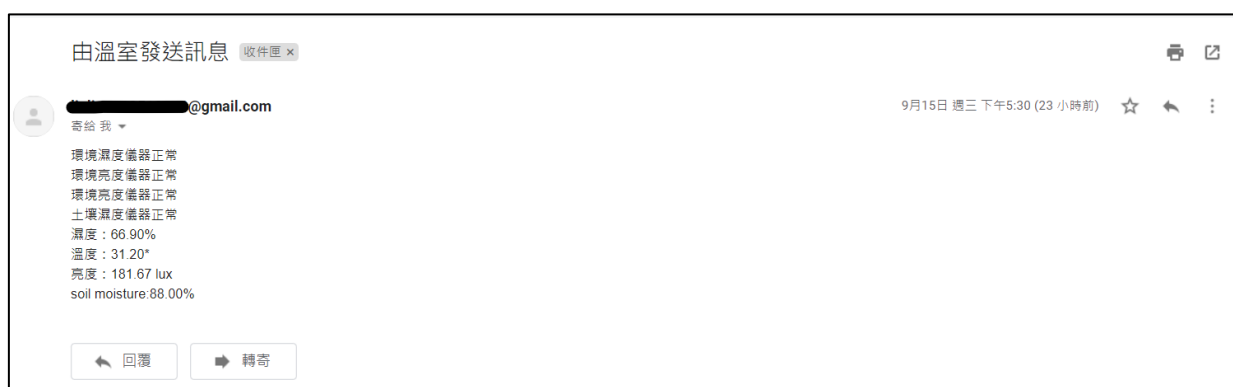


圖 4-2.5、定時通報溫室狀態-PC 畫面



圖 4-2.6、定時通報溫室狀態-手機畫面

4-3 網頁顯示與 GUI 顯示

最後，本研究也完整做出 GUI 顯示介面(如下圖 4-3.1 及圖 4-3.2 所示)與網頁顯示介面(如下圖 4-3.3 及圖 4-3.4 所示)，以供使用者用最方便的方式監管溫室狀態。

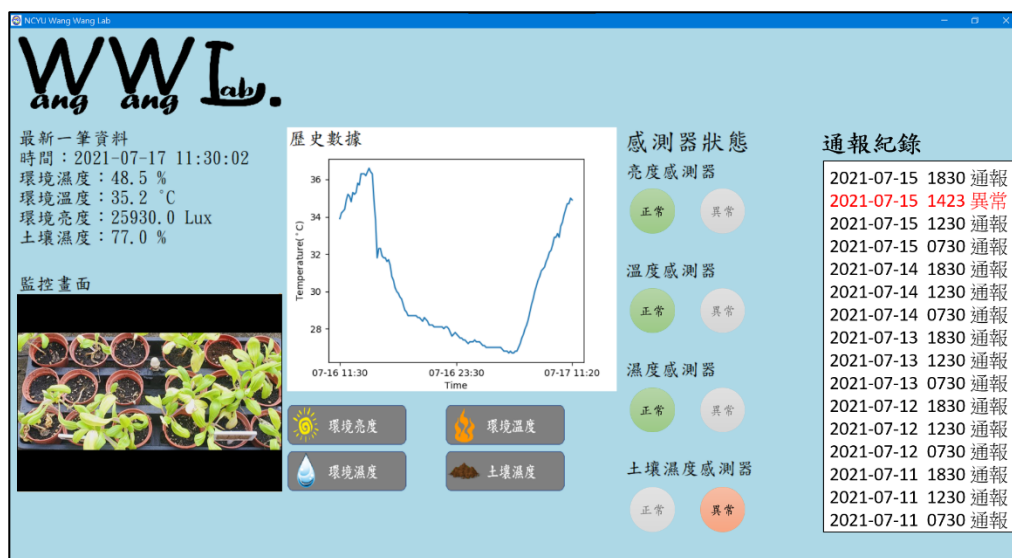


圖 4-3.1、GUI 顯示介面

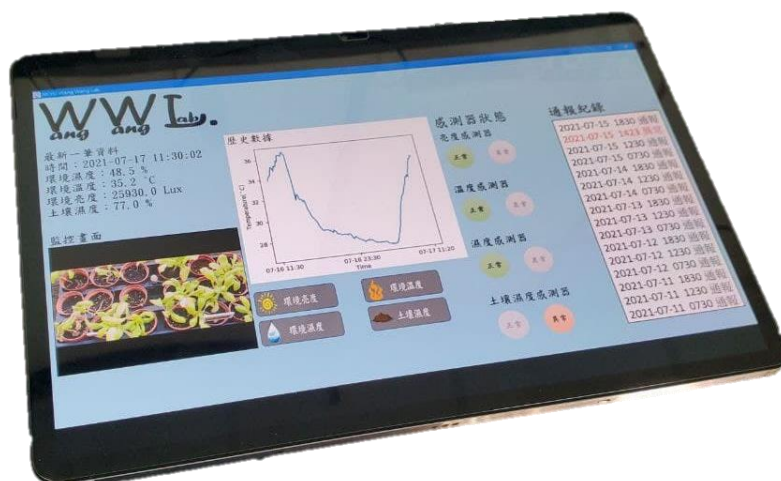


圖 4-3.2、在平板上面使用(會因平板解析度大小有所改變)



圖 4-3.3、網頁顯示 QR-Code

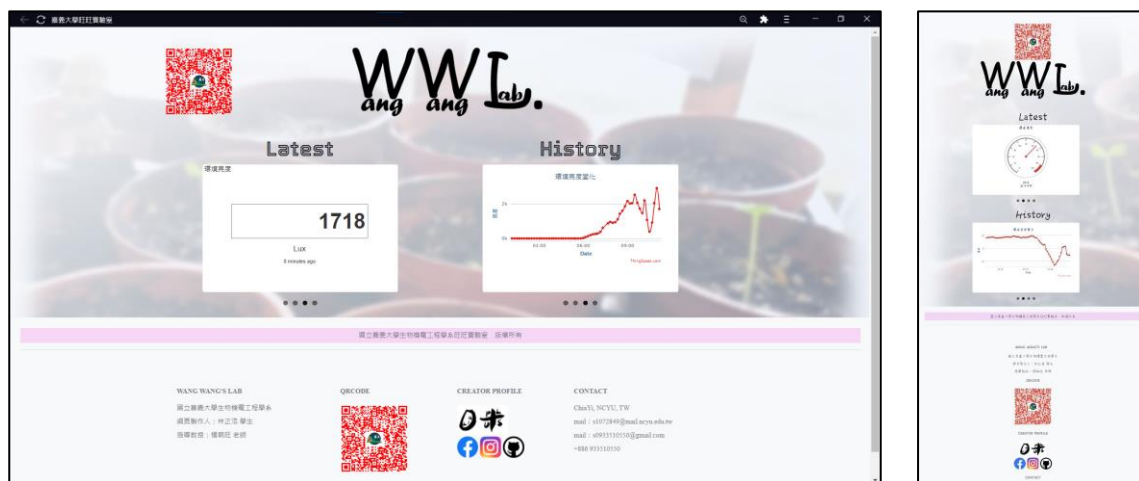


圖 4-3.4、網頁顯示介面(左為 PC 顯示、右為行動裝置顯示)

第五章 結論與建議

本研究目前已完成了溫室環境參數的量測與紀錄，也透過 GUI 和網頁的方式將數據可視化，倘若溫室環境或感測元件異常也會給予及時的通知。

每一作物適合的生長環境都不一樣，而且參考的參數又不只有：溫度、濕度、亮度及土壤濕度這幾項，所以在量測時尚須再加入其它參數作為依據；再來，根據全面的環境數據及作物的種期資料去建立任何作物的最佳生長環境資料庫，透過此資料庫進一步地連結溫室設備，如：排氣扇、遮陽板、灑水器…，採用大數據分析的方式去實現農業 4.0。

參考文獻

- [1] 田雲生，2012，荷蘭研習心得分享－蘭研習心得分享－荷蘭永續節能溫室生產技術與應用，台中區農業改良場一〇一年專題討論專集。
- [2] 李翎竹，智慧農業應用發展現況與潛在人才需求研析，行政院農業委員會農政與農情（337期 66-72頁）。
- [3] 林振漢，2020，智慧溫室種期最佳化管理系統，第十四屆盛群盃 HOLTEK MCU 創意大賽複賽報告。
- [4] 郭庭瑋，2018，PM2.5 與溫室內補光環境之研究，國立中興大學生物產業機電工程學系碩士學位論文。
- [5] 陳世欣，2018，溫室自動調控研究，大同大學電機工程研究所碩士論文。
- [6] 馮丁樹，溫室的故事，台大生物產業機電學系。
- [7] 楊富俊，2010，溫室微氣候無線監控系統研發，元智大學機械工程學系碩士論文。
- [8] 鄒治寧，2014，小規模的溫室監控系統採用模糊推理邏輯的實現，國立臺灣海洋大學機械與機電工程學系碩士論文。
- [9] 蔡致榮，2014，未來可能的氣候智慧型溫室農耕技術，農業生技產業季刊植物種苗生技 NO.37。