



智慧溫室之數位分身 創新應用

呂椿棠¹

一、前言

根據行政院主計總處提出對「智慧農業」的定義為：「以現行產業生產模式為基礎，因應消費市場需求進行產銷規劃，生產管理上輔以省工省力機械設備、輔具及感測元件的研發應用，並結合跨領域之資通訊技術（ICT）、物聯網（IoT）、大數據（Big Data）分析、區塊鏈（Block Chain）等前瞻技術導入，減輕農場作業負擔降低勞動力需求，提供農民更有效率的農場經營管理模式，生產符合消費者需求，安全、安心及可追溯的農產品」。然而，隨著農業科技

的發展，各種相關應用也開始整合人工智慧（Artificial Intelligence, AI），將各種資訊導入促進供應鏈透明度（Transparency），並運用先進分析與預測性推論（Predictive Inference）協助農民進行更好的農業生產決策，提升智慧農業「應用層」的決策品質以增加生產力與獲利。另氣候變遷及從農人口老化與勞力不足，已是臺灣提升農業生產所面臨的重要問題，臺灣位居亞熱帶，因颱風季節與氣候驟變所帶來的強風、強降雨、低溫等氣象災害因素，使農產品受損嚴重而造成供需失調現象，溫室栽培雖然是溫帶地區作物栽培的主力，但卻可作為

註1：行政院農業委員會農業試驗所。

臺灣在因應氣象災害與生產較為高端農產品的生產方式，由於溫室設施相較於露天栽培方式，對於環境監測與控制相對較容易，因此導入物聯網與資通訊技術協助環控的管理與分析，將原來的環境監測與控制設備管理提升到智慧化層級，如此才能引領智慧溫室的發展。

二、環控設備安裝與資料收集

臺灣在溫室的類別上大致可分為3類，首先是插地式弧管溫室，屬於簡易溫室，二為開放型溫室，屬於半封閉式（強固型）採自然通風換氣，三為精密環控溫室，屬於完全密閉型，藉由機械強制變換與控制環境。臺灣目前已有1萬多公頃的溫室，在蔬果栽培的溫室環境大多採用第3種類型溫室，這類型的溫室大多會安裝控制風扇、遮蔭網、灌溉、風機等作動設備。為了收集溫室內環境資料並作為控制的參考，也安裝光度、溫度、濕度、風速、土壤pH與EC值等感測設備，這些感測設備可利用有線或無線裝置傳輸至監控中心處理，透過桌上型電腦、平板電腦或手機以數據圖表呈現給管理者，並根據種植作物的需求設定各種警報訊息。利用物聯網監測系統針對控制風扇、灌溉、遮蔭網、風機等，藉由軟體系統控制與可程式邏輯控制器（Programmable Logic Controller,

PLC），自動管理設備的作動流程。

近幾年行政院農業委員會（簡稱農委會）推動強固型溫室設置與智慧農業計畫的推動，已有很多溫室導入環境監測與PLC自動化控制系統，設施溫室作物種植者已經可以藉由手機進行查詢與控制，此方式已經讓種植者大大減少待在溫室與管理中心的时间，也讓他們的生活比較有品質。然而要提升到智慧化溫室程度，必須進一步將感測、作動設備及操作行為等資料進行分析與建立模式，完成足跡（FOOTPRINT）、特徵（FINGERPRINT）、預測（FORECAST）等3個步驟，也就是由傳感器蒐集並記錄人的操作行為，根據數據找出特徵建立假設分析與預測模型，利用即時感測數據與預測模型，提供適應性決策建議。農委會農業試驗所智慧農業計畫協同資訊工業策進會（簡稱資策會），以智慧生產與數位服務為目標，導入資策會獲得全球百大科技獎（R&D100 Awards）的「智慧農業數位分身」技術，攜手興農集團旗下玉美生技公司、國興資訊公司打造結合農民經驗與人工智慧的新一代智慧溫室，帶動農業數位轉型，展現在未來智慧農業的具體發展方向與技術方法。

玉美生技公司的中和農場以生產牛番茄為主，產品供應大型賣場、超市及餐飲業，每年種植2次，配合不同地區溫室與契作農戶，必須全年供



圖 1. 智慧農業數位分身之溫室教練與溫室醫生首頁。

應這些客戶的需求。該公司為發展智慧農業，將農場的設施溫室進行科技化與自動化的設備升級與管理轉型，希望可以減少人為管理與判斷的疏失而導致產品供應失調。首先於溫室內安裝溫度、濕度、光度、CO₂、土壤濕度、溫度、pH 與 EC 值環境感測裝置，作動設備如天窗、捲揚、遮蔭網、風扇、滴灌安裝控制裝置，設置戶外氣象測站，為讓資料收集與接受控制指令，及未來導入智慧管理模型所需要的微控制器 (Microcontroller Unit, MCU)，國興資訊公司則負責這些設備的資料收集與資料品質監控，同時開發設備監控與作物生產履歷資訊系統，讓環控設備管理與生產紀錄可透過行動裝置即時處理，達到溫室設施資訊化的基本需求。

三、環控管理模型建立與應用

數位分身 (Digital Twin) 技術源自於工業製造領域，目前全世界都致力於農業生產的發展與應用，本研究

在種植牛番茄的設施溫室，收集 2 個種植期作的溫室內環境監測、作動器控制及戶外氣象測站資料，對資料進行大數據分析與建立環控操作的數位分身模型。為讓一般人易於理解數位分身的意義，因此創立「溫室醫生」與「溫室教練」2 個名詞，作為農業數位分身的代表，溫室醫生此意取自中醫的「望、聞、問、切」概念，對環控設備做診斷，發掘設備數據異常現象與操作行為分析，進行設備維護與預警；溫室教練則以人工智慧將管理者（達人）操作行為模式化，提供決策建議協助農場管理者進行效率管理。透過智慧化分析與決策協助溫室環控設備管理，同時傳承载培達人的經驗，對於新農民跨入農業的門檻可降低，也讓管理人員專注於作物生產管理與擴大經營面積，減輕溫室管理壓力與時間，降低農場管理人力負擔與支出。

智慧農業數位分身之溫室教練與溫室醫生的系統功能首頁（圖 1），在溫室教練主功能下分為淑敏達人與

場域監控，淑敏達人乃取用中和農場溫室管理員的名字，因其已具有4年以上牛番茄種植經驗，所生產的質與量已獲得公司的肯定，可稱為溫室牛番茄種植達人。由於此溫室已具備資訊化資料處理能力，根據過去所收集的感測與作動控制資料，利用人工智慧的模型預測工具（LIGBOOST與XGBOOST）分別進行模式預測，比較兩者的預測準確度以LIGBOOST具有81%較高的準確度，因此，後續的溫室環控設備管理建議作為，將採用此模式進行預測，並稱為淑敏達人。此功能提供現有溫室環控狀態資料、建議作為及作動器影響的感測因子（圖2），當此預測模式逐次修正到可完全信任的程度後，未來管理員即可設定成全自動化完全由模式控制環控設備。溫室醫生功能主要在於將過去完整種植期蒐集的資料進行有系統的分析，留下具有建立環控模式的資料，也由這些資料找出設備問題或是操作行為異常現象，此包含（望）數據總覽、（聞）數據分析、（問）習慣分析、（切）回饋評估等4種。如數據分析功能（圖3），針對感測設備資料的數值分布次數與可使用的資料範圍，作動設備分析利用雷達圖呈現操作上偏好開啟哪種設備、不同設備的作動次數、每日滴灌行為的分析等。習慣分析的目的係針對作動設備之操作組合探討（圖4），有哪些操作行為組合的頻度較多且對感測因子的影響程



圖2. 淑敏達人功能畫面。

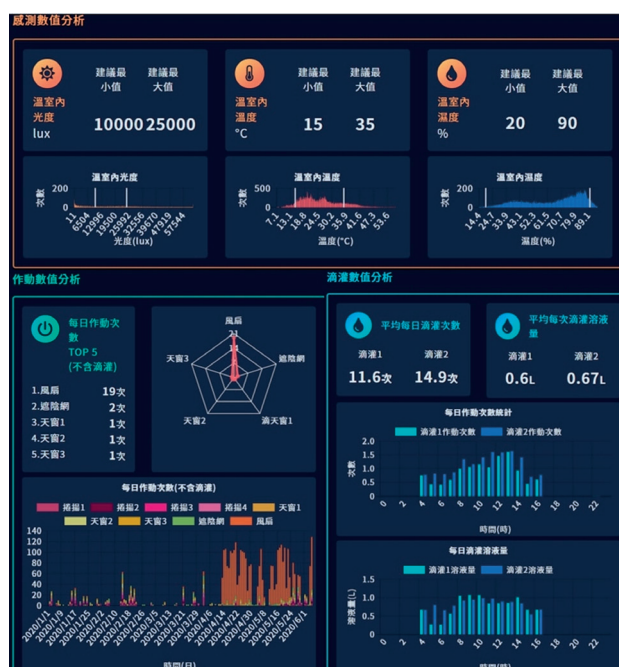


圖3. (聞) 數據分析。



圖4. (問) 習慣分析。



圖 5. (切) 感測數值健康度評估畫面。



圖 6. (切) 作動器操作與教練一致性評估畫面。

度，希望找出達人的操作行為，同時探討作動設備的數量是過多或不足。回饋評估功能分為「感測數值健康度評估」與「作動器操作與教練一致性評估」2項，感測數值健康度評估畫面（圖5），由溫室管理達人定義各項感測裝置數值的上下限值，從不同數值區間的百分比，判斷該感測器的健康度與資料分析的可靠度；作動器操作與教練一致性評估畫面（圖6），瞭解模式建議的操作行為與達人的操作行為是否一致，透過此資料收集與分

析，再進行模式調教以提升預測準確度，讓下一個模式的建議操作更符合達人的判斷。未來管理者可以專心管理牛番茄的栽培工作，同時也能將此分身複製到其他同類型的牛番茄溫室使用，針對不同的溫室及作物客製化管理模式，擴大應用領域與範圍。

四、 結語與未來展望

農業生產技術的數位化轉型已被視為是未來臺灣農業升級的關鍵成長動力，同時帶動的資通訊科技應用服務也是產業競爭力關鍵，在本研究成果結合農業專家、資訊專家及商業生產者3方

面，將農業生產資料透過資訊化管理與應用人工智慧技術，成功將製造業的數位分身應用於溫室作物的生產，並開創智慧農業溫室蔬果生產的數位分身示範基地。把「人」的智慧與經驗傳承下去是重要的工作，面對農業轉型精進的挑戰，運用智慧農業計畫建置的「共通資訊平臺」，結合資訊領域的專家，根據智慧農業各產業需求，逐一將這些知識與訊息標準化與共通化，統合各領域需求並開創新的農業技術，並帶領農業生產邁向新的數位化生產方式。