



中華民國108年12月

王人正、江昭皚
著

智慧農業技術介紹 與應用實例

作者簡介



王人正

國立臺灣大學生物機電工程學系博士後研究員



江昭皚

國立臺灣大學生物機電工程學系特聘教授

04 | 壹、前言

06 | 貳、智慧農業技術簡介

09 | 參、多樣性環境感測物聯網平臺之介紹

14 | 肆、農業領域應用實例

20 | 伍、結語



壹

前言

隨著全球人口急速上升、全球化競爭、極端氣候與人口老化等因素，農作物的收成與利潤也備受影響，臺灣農業又以小農為主體，因此在全球的競爭下，也面臨永續發展的挑戰，如何透過臺灣的科技實力來提升農業產值與競爭力，將能夠為臺灣農業開創新的里程碑。近年來，因全球人口結構改變、貿易自由化，以及氣候變遷加劇影響區域農業生產，造成糧食供應不穩定及價格波動劇烈等現象，以及國人日漸關注之糧食安全、食品安全、綠色環保、資源效率提升等議題，政府研擬透過跨領域科技創新整合技術來建構強本革新的新農業，試圖解決農業的內外環境困境，以求達到農業資源永續利用、建構農業安全體系以及提升農業行銷能力。

臺灣現有傳統農耕模式大都是世代傳承，年輕人返鄉承接家中農業，並向擁有豐富務農經驗的長輩學習傳承栽種模式，包含何時灌溉、施肥與蟲害防治，日以繼夜、兢兢業業、風雨無阻地進行農耕。但這樣會造成缺乏量化資訊，對於農耕結果不甚客觀，且會花費大量時間並不具實質效益，且需要花費密集勞力，生病也要去巡視栽種場域環境。但也因此受限於現有栽種模式，使得創新與科技技術無法輕易導入。

隨著臺灣經濟快速成長，農業與工業產生競用生產資源的情形，使國產農產品的生產成本逐漸提高。另外，在經貿自由化的潮流下，國內農業所面臨的挑戰更趨艱鉅，現今農業面臨下列三個重大問題：

1. 小農經營調適問題

農產品市場開放自由競爭，小農經營缺乏經濟規模，技術效率也無從發揮，國產品無法與國外高效率生產的農產品競爭，因此我國低收入小農面臨生存問題。

2. 商品化農產品價格偏低問題

在國外農產品競爭下，導致國產農產品價格低迷，我國商業化農產品價格與國內高資源成本相較，將呈現偏低之現象，農業生產缺乏價格誘因，影響未來農業的發展。

3. 如何掌握農業決策精準方向

貿易自由化後，國內農業政策必須考慮內向與外向因素，國際市場的動態變化影響國內市場與產銷穩定，在動態經濟社會衝擊下，農業政策必須隨時掌握正確資訊，以為因應調整。因此，如何掌握農業政策的正確方向，是推動農業發展的重要課題。

早期，臺灣主要致力於農業機械化，有機農業等。到目前為止，臺灣政府和農民仍在努力推廣農業實踐技術。因為臺灣農地狹小且人力有限，因此需要有更準確的農畜產業育成場所監控系統與自動化設備，以求能夠達到精準控制生產成本及提高生產效益。

我國農業雖面臨耕地面積狹小、農業人口老化、農業勞動力短缺及氣候變遷等挑戰，但我國農業研發能量充沛，農業研究成果世界聞名，在農業生產技術上以精緻化、多樣化、特色化為主，多數農業經營者皆具有本身獨特的生產技術與優質農產品。國內的資通訊零組件技術純熟且已具有世界級水準，在製造業之應用或外銷國外已有豐碩實績，如：物聯網、智能機具、大數據分析和智慧感測系統技術等。如何透過農業生產技術與資通訊技術之整合應用，實現高質化精準生產，將是農業發展轉型契機。

經過多年的努力，精準農業的概念逐漸成熟。若能以較為低廉的生產成本將農畜產品育成場域環境監控、生物成長過程與控制記錄，皆予以生產履歷管理系統數位化，並結合人工智慧 / 機器學習技術進行監控決策的分析與建議，進而分析農畜產品產銷區塊鏈型態，對於改善目前臺灣農業現況應有極重要的貢獻。





貳

智慧農業技術簡介

臺灣國內農業的演變從傳統農業耕作的方式，勞力密集以及經驗密集的模式以確保基本產出；民國 60 年起，政府積極推動農業機械化，轉變為技術密集以及機械密集的模式以追求最大產量；民國 80 年起，政府積極擴展自動化技術發展，轉變為知識密集以及自動化密集的模式，轉而講求精準與重視品質；近年，政府全力推動智慧科技發展農業，提倡智慧化與數位化，轉向為智慧生產以及數位服務。

傳統農業主要以耕作思維來思考產銷關係，結果受到中間商層層剝削；而現今科技世代來臨，農耕與產銷應能透過農業科技與資通訊技術，發揮創意做更有效的連結與利用，以吸引消費者。政府相關機構即由農業技術層面及產銷層面著手，使農民與消費者可以透過現代的科技技術，產生互動與連結，產生更便捷的行銷通路。

「智慧農業」是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 (ICTs)、物聯網 (IoT)、大數據 (Big Data) 分析等前瞻技術導入，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。因此，「智慧農業」需要整合多項研究領域及前瞻技術，例如：「全自動化的動植物育成動態監測網系統」即包括植物生長性狀、動物行為、昆蟲研究、氣候監測、無線感測器網路、無線通訊、自動化設施、雲端運算、地理圖資與網際網路等。

智慧農業兩大推動主軸：

一、智慧生產：

- 導入人機協同作業機械。
- 推動協同合作的智慧化集團栽培模式。
- 建構 GIS 等空間資訊大數據分析決策模組。

二、數位服務：

- 整合數位化 / 巨量分析 / 物聯網 / 雲端科技等技術，推動具有預警、預防等附加價值高的溯源履歷系統，建立全方位人性化數位服務網。



而所採取的三大策略如下：

策略 1: 生產面增值－關鍵技術開發應用

透過智農聯盟提出需求以開發關鍵技術，並藉由智農聯盟將相關技術導入應用，加速產業擴散，藉由契作者與農企業之間建立新夥伴關係，由生產專區聯盟、產品小聯盟發展至產業大聯盟。

◆具體行動策略：

- (1) 強化農業用智慧感測元件與系統整合
- (2) 推動跨域合作，促成集團栽培產業聯盟

策略 2: 管理面增值－資訊數位化管理

整合資通訊技術打造多元化數位農業便捷服務與價值鏈整合應用模式，發展農業巨量資料增值技術，支援產銷決策應用。

◆具體行動措施：

- (1) 發展農業巨量資料增值技術，支援產銷決策應用。
- (2) 建構農業產銷物聯網，客製化配銷營運商業模式。
- (3) 建置智慧農業巨量資料平臺，提供數位服務。
- (4) 增值農業環境巨量資料，強化風險控管能力。



策略 3:銷售面加值－產消(消費者)溝通新模式

以人性化互動科技開創生產者與消費者溝通新模式，藉由產 / 消雙向互動平臺，提高消費者對農產品安全之信賴感。

◆具體行動措施：

- (1) 推動安全履歷智動化，提供消費者透明之農產品資訊
- (2) 農產品人性化感知技術開發與推播介面建構

近年來，許多農業發展多以物聯網技術為核心，為臺灣農業的轉型帶入一股新的活力。然而，物聯網可為農業做些什麼？

1. 開發農用數據無線監測平臺：

運用 IoT 技術於農業上可提供高解析度的量化數據，並可進行遠端監測與控制。

2. 資料礦掘與雲端服務：

從上述監測平臺所得到的大量歷史數據中，可進一步進行資料礦掘與雲端服務，可使農民善加規劃耕作管理，並提供良好的作物耕種模式以及確定作物的最佳生長條件。

3. 作物產量或病蟲害管理規劃：

經由長期資料累積可找出最佳的耕作數據，可提供農民作物產量預測以及病蟲害警示，進而預防病蟲害對於農產品的影響，增加生產效益。

現在，我國農業相關產學研單位正處於預測農業時代；未來，我們將進入處方農業時代，農民可和產官學研單位的研究團隊相互合作，利用物聯網技術和大數據來實現提高農業生產率的共同目標。針對農畜產品育成場所進行長期間監測農畜產品相關的巨量數據，並根據環境監測數據與生長影像之大數據分析，可回饋最佳生長條件及參數，以優化植物培育與畜產飼養。並加以人工智慧 / 機器學習技術開發新農業農畜產育成型態評估與決策平臺，進而完成新農業產品智慧決策支援系統與新農業智能最佳管理系統。從栽種場域環境監測、設備控制到病蟲害爆發預警系統，不僅提升臺灣農作物的品質與產量，也為大幅提升臺灣農民種植農作物的效率與降低面臨氣候變遷的壓力，亦可使得臺灣水果、蘭花與高附加價值之農作物外銷量大幅提升。



多樣性環境感測 物聯網平臺之介紹

由於農業田間場域環境的差異以及監測對象與需求的多樣性，因此利用機電整合技術將前瞻的物聯網（IoT）技術與資通訊 / 無線感測器網路（ICT/WSN）技術之結合，以模組化設計為核心技術發展模式，可進一步開發適用於田間遠距無線監測系統的「多樣性環境感測物聯網平臺」。此平臺由「感知層」、「資料匯集層」、「網路層」與「資料分析層」等不同面向之技術所整合而成，適用於各類監測應用，如圖 1 所示。



圖 1 多樣性環境感測物聯網平臺



一、感知層

多樣性環境感測物聯網平臺前端的感知層係由無線感測器網路（WSN）所組成，可依照監測項目之需求而組合不同的感測器模組並搭載無線通訊晶片，可大量地感測田間原始資料。感知層負責感測數據，大致可分為物理參數、化學參數、或生物參數三大感測類型，如表一所示。感測器可將外界之類比訊號轉換為可感知之電氣量或電參量（如：電壓、電流、阻抗、頻率等），經訊號處理後傳送至邏輯電路或中央處理單元進行處理。舉例來說，實體物件可利用 RFID 進行識別與定位，或利用感測器量測物理、化學或生理參數。利用物聯網技術建立的智慧農業應用，物理量的溫度或照度，則是相當重要的參數。

表一 感測器分類表

| 分類 | 量測類別 | 參數類別 | 應用案例 |
|------|------|-----------|------|
| 物理參數 | 機械式 | 壓力、速度、加速度 | 智慧城市 |
| | 熱學 | 溫度 | 智慧農業 |
| | 光學 | 照度、紅外線 | 智慧農業 |
| | 磁學 | 電磁場 | 智慧電網 |
| | 電學 | 電壓、電流、電阻 | 智慧電網 |
| | 聲音學 | 噪音、超音波 | 智慧城市 |
| 化學參數 | 電化學 | 溶氧量、酸鹼度 | 智慧農業 |
| 生物參數 | 生理學 | 血壓、心跳 | 智慧家庭 |

感測器採用模組化設計，透過整合市面上既有之數位式與類比式各樣感測器與微控制器，可針對環境場域各種參數進行監測。並且採用無線通訊模組進行資料傳輸，其可大幅排除佈線之必要性，並且可彈性佈置前端感測節點之溫室擺放位置，降低建置監測系統難度。圖 2 為多樣性環境感測物聯網平臺之感測節點電路圖，圖 3 為實際感測節點與感測器圖。感測節點採用 ATmega328p 作為核心微處理器，其用途為處理與整合各式感測器的訊號處理與周遭環境資料處理；採用 ZigBee 作為無線通訊模組，其用途為將感測資料以封包形式轉傳至閘道器，再由閘道器統一作資料上傳的動作；採用 AMS1117 作為轉換電壓處理器，以供相關元件電源供應如 ZigBee 等等；採用 BSS138N 作為電平準位轉換模組，其用途可使高電位與低電位互相協調以達準位平衡。

透過於環境場域建置數個前端感測節點，前端感測節點負責收集作物環境參數，例如：環境溫度、環境濕度、日照度、土壤溫度、土壤濕度、土壤電導度、土壤酸鹼度，可有效收集環境場域之環境參數變化情況。而這些監測數據將透過無線通訊模組（ZigBee）由前端感測節點傳至資料匯集層，再傳至雲端管理平臺，進行長期監測數據儲存，以利後續數據分析之用。

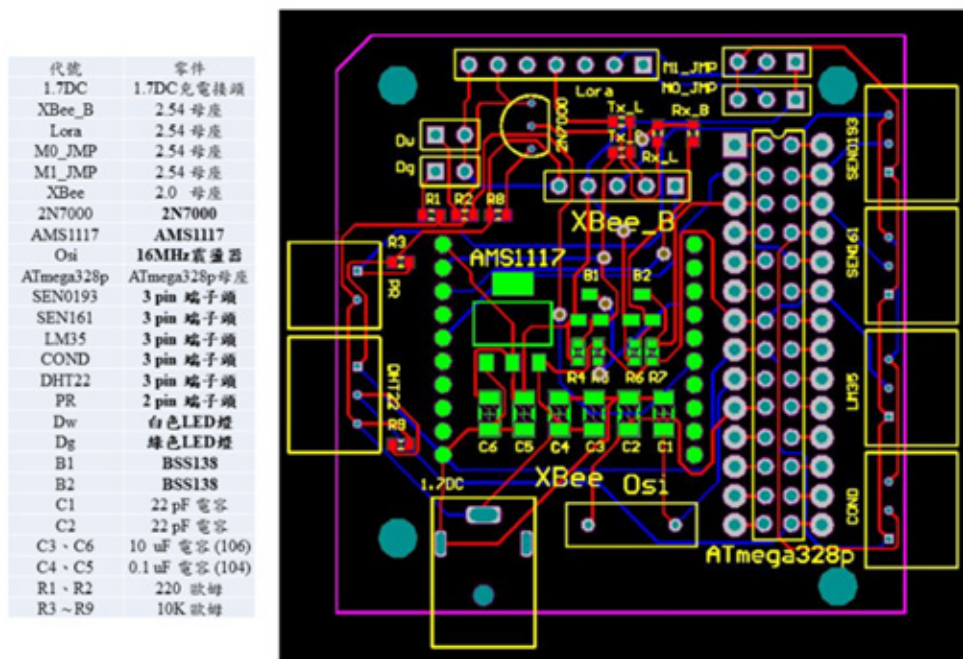


圖 2 多樣性環境感測物聯網平臺之感測節點電路圖

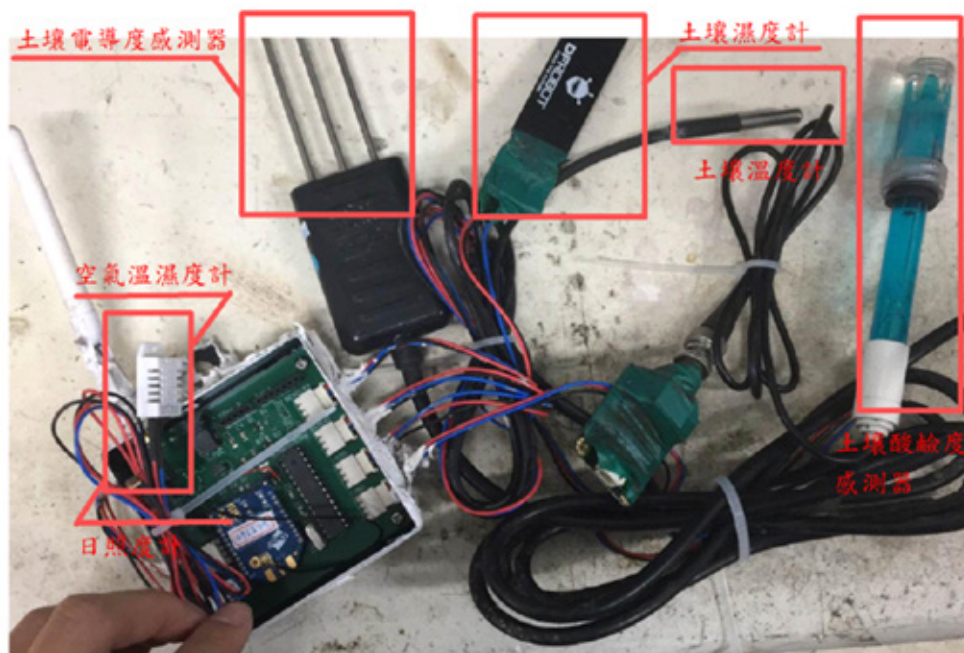


圖 3 實際感測節點與感測器圖



二、資料匯集層

資料匯集層則負責如何安排各感測器有秩序且快速地回傳資料，具有避免封包碰撞、有效分配路由與延長網路壽命等傳輸機制。可適應於各種場域環境限制之不同類型的資料匯集技術與硬體系統，其中資料匯集層可分為工業用電腦、單晶片系統、以及嵌入式系統三大類資料匯集閘道器系統。資料匯集閘道器主要由工業用電腦、基站節點、GSM 模組以及其他週邊設備組成。

工業用電腦所使用硬體設備比一般市售桌上型電腦更為耐候，較適合長期放置於野外。基站節點負責 RF 傳送與接收，可透過 TOSBase、JAVA、TinyOS Library 來管理、收集感測器節點的資料負責。GSM 模組則是將所收集的資料透過手機模組經由 GSM 系統傳送到遠端主控平臺。

此外，監測系統亦可採用樹梅派 (Raspberry Pi) 來作為閘道器之核心處理器，系統採用 Linux 系統，並以 Python 作為主要程式開發語言。透過 Zigbee 進行第一層的無線傳輸，在收集到感測節點之後，再透過 3G/4G 或是 Wi-Fi 進行第二層傳輸，將匯集之境參數上傳至雲端資料庫，進行後續分析與處理。

三、網路層

此多樣性環境感測物聯網平臺的網路層擔任將前端感測區域之感測資料回傳至資料分析層之間的媒介，舉例來說，由感知層將所量測到的數據可利用 ZigBee、藍芽或 Wi-Fi 通訊協定進行數據傳輸，抑或將應用層指令傳輸至感知層。實體物件可利用各種無線通訊協定進行資訊交換，其中 Wi-Fi、Bluetooth、ZigBee、與 LoRa 是 IoT 系統中常用的無線通信協定。表二為常用無線通信協定規格，此平臺可依不同傳輸距離開發並整合市面上常見之通訊協定 (GSM、4G、Wi-Fi 與藍牙等)。

表二 常用無線通信協定規格

| 通訊協定 | 操作頻寬 | 傳輸速度 | 通訊距離 |
|-----------|-----------------|-----------------|-------------|
| Wi-Fi | 2.4 GHz, 5 GHz | 866.7 Mbit/s | 100 – 300 m |
| Bluetooth | 2.4 – 2.485 GHz | 2 Mbit/s | 10 – 100 m |
| ZigBee | 2.4 GHz | 250 kbit/s | 10 – 100 m |
| 3G | 0.85 – 2.1 GHz | 2-14.4 Mbit/s | 2 – 5 km |
| 4G | 2 – 8 GHz | 100-1000 Mbit/s | 1 – 3 km |
| LoRa | 433 MHz | 50 kbit/s | 15 km |

四、資料分析層

因應資訊儲存與數據分析需求，多樣性環境感測物聯網平臺的後端為資料分析層，可針對監測系統與控制系統建置雲端資料儲存暨管理平臺。監測與控制系統端的所有資訊可透過網路回傳至雲端資料庫，使用者透過網頁介面即可在各地電腦進行資料監看或管理。資料分析層將以MySQL作為雲端資料庫，藉由資料庫表單規劃與設計，使環境場域內的數據收集中心得以隨時回傳資訊並寫入雲端資料庫中進行資料儲放。另外，關於控制設備的狀態，亦設有獨立的雲端資料庫進行管控，方便使用者線上查詢設備狀況。

透過長期監測數據累積，應用資料探勘技術找出環境因子與生產管理優化參數，並進一步利用資料探勘結果建構作物最佳生產模型；為有效管理前端感測節點之運作情況，將由數據收集中心持續記錄監測數據回傳情況，若長時間無某一前端感測節點之回傳數值，則將此情況紀錄於雲端資料庫中，並傳出警訊於使用者端，以利快速管理溫室場域內之情況。同樣地，環境場域監控系統管控的控制設備狀態亦將由閘道器數據處理中心直接處理，並回傳資料庫當前設備狀態。

資料分析層亦可分別針對不同類型之感測資料擷取可用之資訊，建立資料分析模型提供資料分析與預測之服務，以及相關應用。例如：

1. 物聯網與大數據分析技術

透過物聯網技術，收集各式感測參數與環境資料，搭配大數據分析，建立目標行為預測模型。

2. 影像辨識及監測系統應用

應用深度學習類神經網路影像辨識技術進行目標物的辨識，透過圖片中的資訊，可以分析出提高現有系統的運作效率。

3. 深度學習類神經網路資料分析

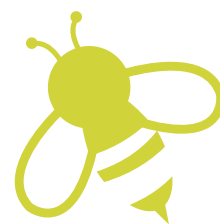
應用深度學習類神經網路技術進行農業害蟲與動物的行為辨識，經過分析可以建立有效率的管理系統與平臺。





肆

農業領域應用實例



目前，「多樣性環境感測物聯網平臺」已經實際完成建構數例並應用到許多農業相關領域，可視為「智慧農業」應用之基礎框架。以下，將針對幾個農業領域應用實例進行說明：

一、智慧型害蟲監測系統

臺灣地處熱帶與亞熱帶區，陽光充足且雨量充沛，非常適合農作物生長。但是，此種環境條件亦相當適合於農業害蟲的孳生。傳統的監測方式無法同時且大量地收集到害蟲族群動態變化的數據，亦無法同時感測相關的田間環境資訊，以利進行害蟲族群變異預測模式的研究，因而失去防治害蟲的先機。由此可知，結合「資通訊技術」的「自動化田間環境參數量測系統」的發展確有其必要性與重要性。

圖 4 為智慧型害蟲監測系統示意圖。以危害果園作物甚烈的東方果實蠅與斜紋夜蛾為監測對象害蟲，結合機電整合、機構設計、GSM 簡訊無線通訊與 GPS 定位技術、以及 WSN 技術，建構適用於農作地環境條件下執行害蟲棲群密度分布與環境參數監測之 WSN 自動監測與預警系統。可有效地改善傳統農業栽植資訊之收集方式，提高農業生產效率，減少人力負擔。

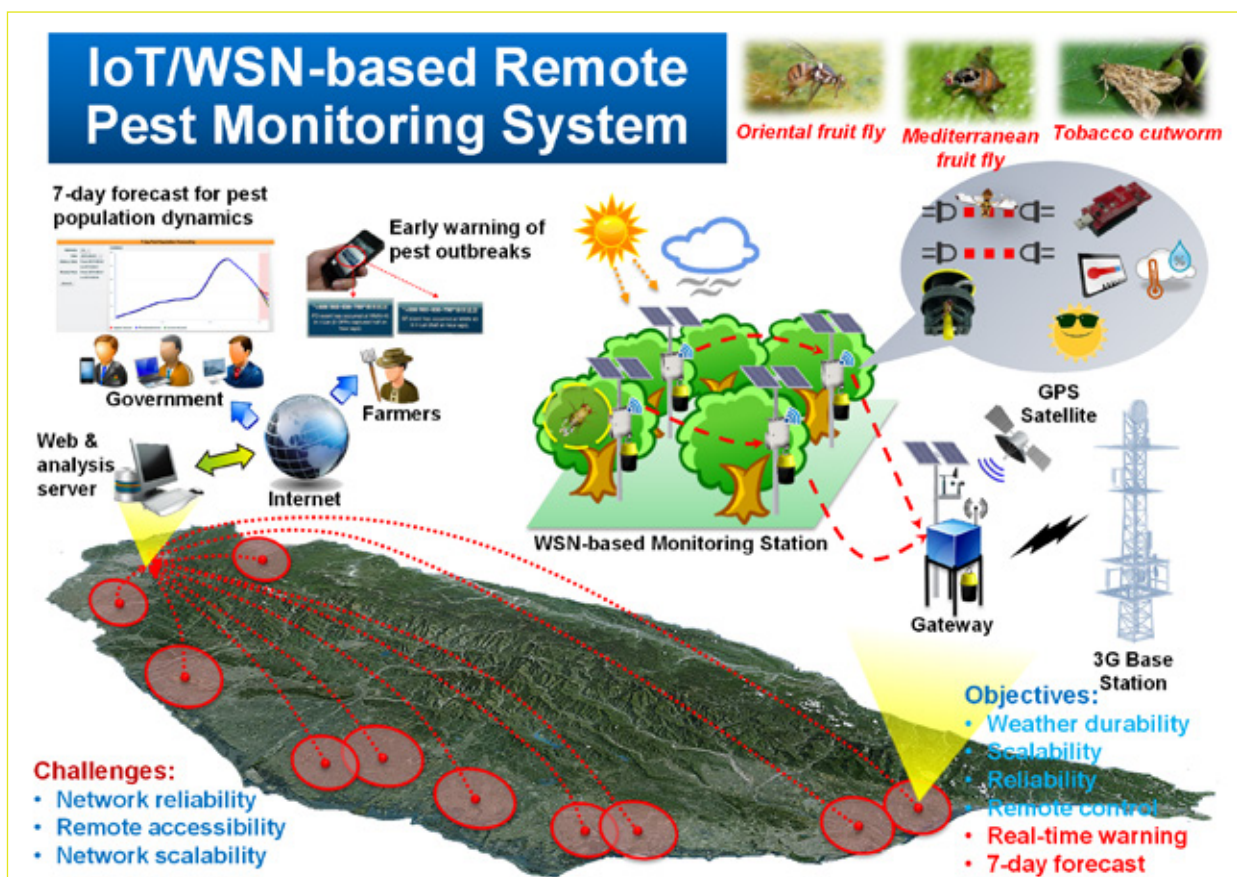


圖 4 智慧型害蟲監測系統示意圖

目前，針對國內農作物的兩大害蟲：東方果實蠅與斜紋夜盜蛾進行監測，已陸續於全臺各農產地建置三十套植物疫情監測網。在長期收集害蟲出沒數量及相對應的環境與氣象資料後，後端監控中心可提供各項量測資料的即時查詢功能。此等監測資訊亦與地理圖資系統進行整合，可呈現害蟲族群密度在空間上的分布狀況，對於害蟲疫情的掌控和分析有極大的助益。同時，結合生物系統鑑別理論與智慧型演算法，發展出所選定蟲害偵測實驗樣本的數量增生與環境參數變異間關聯性的預測模型，進而達到即時判斷害蟲程度是否達到經濟危害界限。並可提供農事單位與農民早期警報服務，讓農民與農事單位更即時地掌控田野的環境狀況，提供相關農作物栽培管理決策參考、降低作物生產成本、增加農地作物產量，提高農地經濟效益。

二、蜂群行為微型監測系統

蜜蜂，一種具有高經濟價值且可平衡大自然生態的昆蟲，更重要的是許多農作物以及果樹都需要蜜蜂授粉才能結實，可算是地球上與人類關係最密切的昆蟲。因此，蜜蜂對於人類的農作物生產，甚至對於整個地球生態系平衡的影響力，更是占有舉足輕重的地位。然而，近年來在世界各地都陸續發生了大批蜂巢內的工蜂突然消失以及蜂群大量死亡，造成蜜蜂生態崩解，名為「蜂群崩潰症候群」的自然現象。蜂群消失的可能原因包括氣候異常變遷、殺蟲劑、蟲害、病毒感染、電磁波以及蜜蜂養殖場的減少。有鑑於氣候異常變遷以及蜜蜂崩潰症候群的現象，蜂農更需要了解當前環境因子與蜂群行為之間的關係。

過往採用人工計數蜜蜂出入巢行為，需要花長時間待在蜂箱附近蒐集蜜蜂資訊，其計數之精確度會出現不準確情形。因此，適用於蜂場環境條件之智慧型蜜蜂行為監測系統，可針對蜂群行為與環境參數進行監測，進而改善傳統人力使用經驗判斷蜂群族群狀況之方式，以提高生產效率，其架構如圖 5 所示。

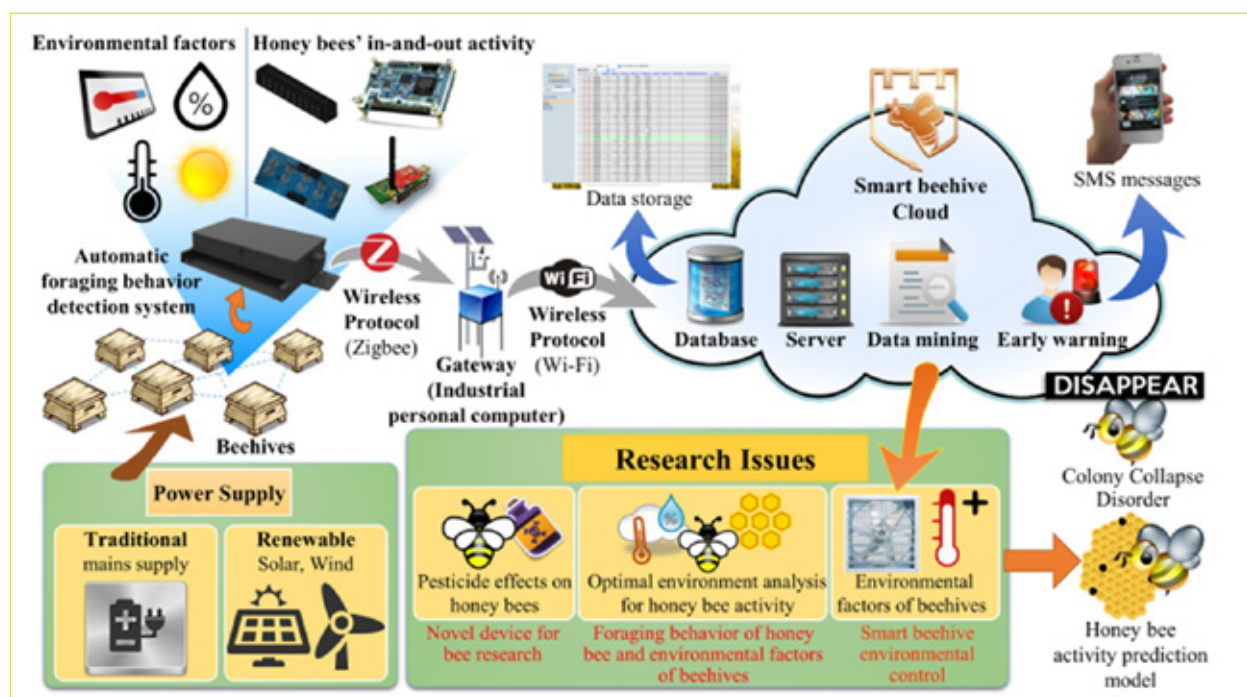


圖 5 智慧型蜜蜂行為監測系統架構圖



此智慧型蜜蜂行為監測系統是直接安裝於蜂箱的出口處，搭載了不同的感測器，如溫、濕度感測器，照度感測器，大氣壓力感測器，透過這些感測器，使系統可以即時監測蜂箱內外部的環境參數。藉由蜂箱上安裝的太陽能發電系統，用以提供監測系統內電子電路元件的電力，使監測系統能夠長時間的在野外進行運作。並透過蜜蜂進出巢計數演算法，可根據不同之情況，精準偵測蜜蜂出入巢情況，不僅可以有效的分辨蜂箱強弱，更可對蜜蜂行為進行各種數據化研究。目前已找出環境因素，如溫溼度和蜜蜂出入巢行為之關聯性。此發現可以提供養蜂人用於改善蜜蜂生長環境以及提升蜂蜜產業之用。

三、智慧型自動化蘭園生長監控系統

全球蘭花市場具備龐大商機的市場，各國皆希望在其中佔據優勢地位。臺灣身處熱帶與亞熱帶之交界，具有種植蘭花的先天氣候條件優勢。現今，國內許多舊有傳統溫室之環境調節模式仍仰賴人工調控與定時抄寫記錄溫室環境參數值，使得感測資訊無法快速且即時地獲取。隨著溫室管理導入自動化技術，但由於設備成本考量以及溫室規模不斷的擴大，龐大的蘭花產量已造成花農人力成本以及時間成本的負擔。若能透過盆苗外觀生長性狀結合溫室的環控資訊，快速地提供花農於栽培蘭花的生長模式資訊，協助判斷未來盆苗的催花成功率以及其開花後的花朵品質，亦是國內花農所需解決的重要議題。

開發智慧蘭園監測平臺，可利用自動化系統監測蝴蝶蘭盆苗的生長，架構如圖 6 所示。此平臺包括兩個系統，分別是蝴蝶蘭盆苗生長性狀即時影像擷取系統以及自動化溫室環境監控系統。即時影像系統主要透過機器視覺技術，建構出自動化影像機台，進行蝴蝶蘭盆苗的生長影像擷取，

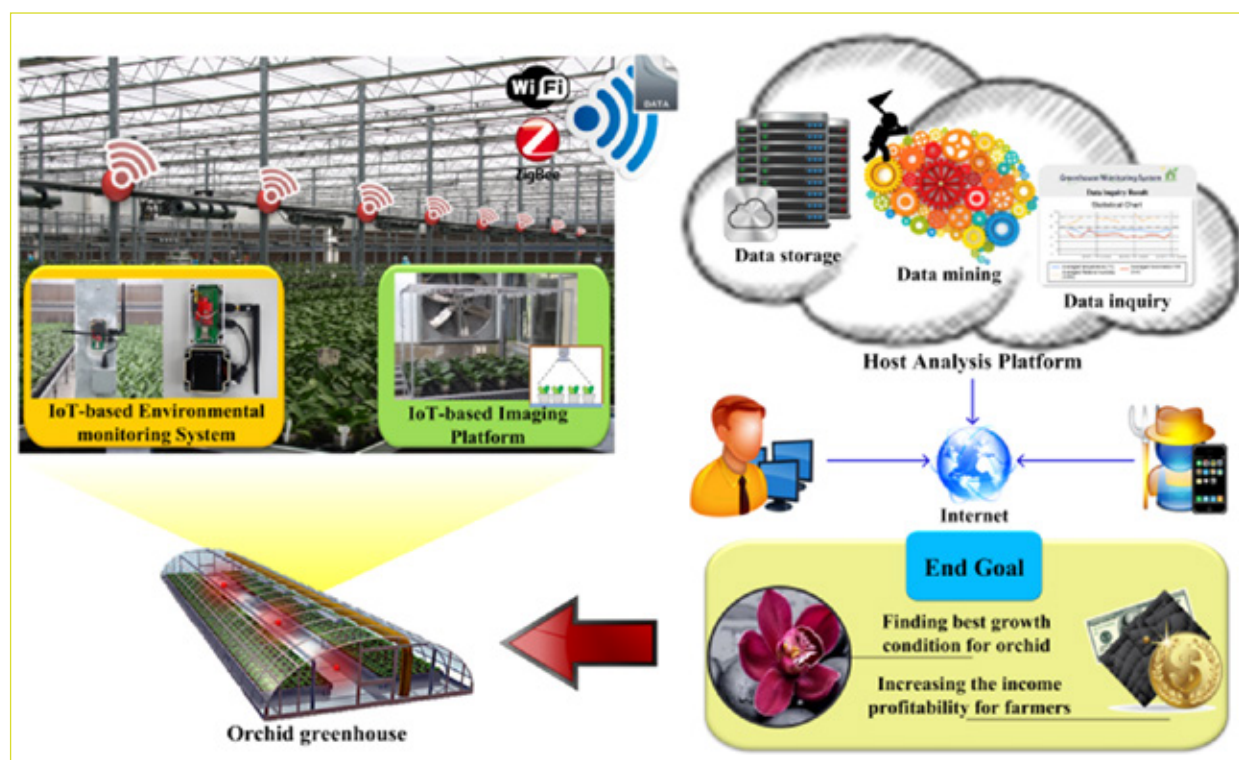


圖 6 智慧型產銷履歷便利登載平臺架構圖

經過影像處理運算後，可針對盆苗之葉面積進行估測。環境監測系統則利用無線感測器網路技術建構出一套自動化環境監測網路，所監測之環境因子包含溫室內溫、濕度、照度以及介質濕度等環境資訊。透過上述兩個系統的整合，可自動化記錄蝴蝶蘭盆苗葉片的生長狀態，有助於減少人工量測盆苗生長狀態所耗費的時間，以及更準確監控溫室內生長環境的變化，並將葉片影像與環境參數數據結合分析，建構出蘭花葉片生長曲線。在各種環境因子之中，此平臺發現相對濕度對蝴蝶蘭生長的影響最為重要，同時，葉面積生長速度將會影響最後開花品質。這些蘭花葉片生長曲線的建模有助於花農改進蝴蝶蘭生產管理模式，並提升國內蝴蝶蘭種苗的品質以及產量，以促進臺灣蝴蝶蘭在國際市場上的競爭優勢。

四、產銷履歷智慧型便利登載系統

食品安全問題愈趨受到消費者重視，政府亦極力推展「三章一Q」，企圖透過認證標章和臺灣農產生產溯源 QR CODE 等政策確實把關食品安全，建置產銷履歷制度，可讓消費者查詢到農民的生產紀錄，並實際確認農民所記錄資料是否符合規範。目前臺灣農民的年紀逐漸增加，老齡化農民較難實際以電腦登錄詳細農產品產銷履歷資訊，進而造成農民們願意參加產銷履歷制度之困難度；再者，現行產銷履歷均是事後輸入，無法即時地將產銷履歷資訊紀錄下來，無法確認資料之正確性。

以物聯網的概念為基礎，導入資通訊技術與穿戴式感測裝置技術至農務操作，研製一套自動化農業產銷溯源管理之智慧型便利登載物聯網系統，該系統能以便捷的方式自動監測或感應當下所使用設施或各種農務操作（如施肥、噴藥等）之相關資訊，此系統的核心架構將可推廣至各項農業作物使用，如圖 7 所示。在農民生產端方面，根據現行業者的生產作業流程模式，利用「無線感測器網路」技術結合條碼讀取器及穿戴式裝置暨 RFID 感應裝置建立智慧型監測系統，並設

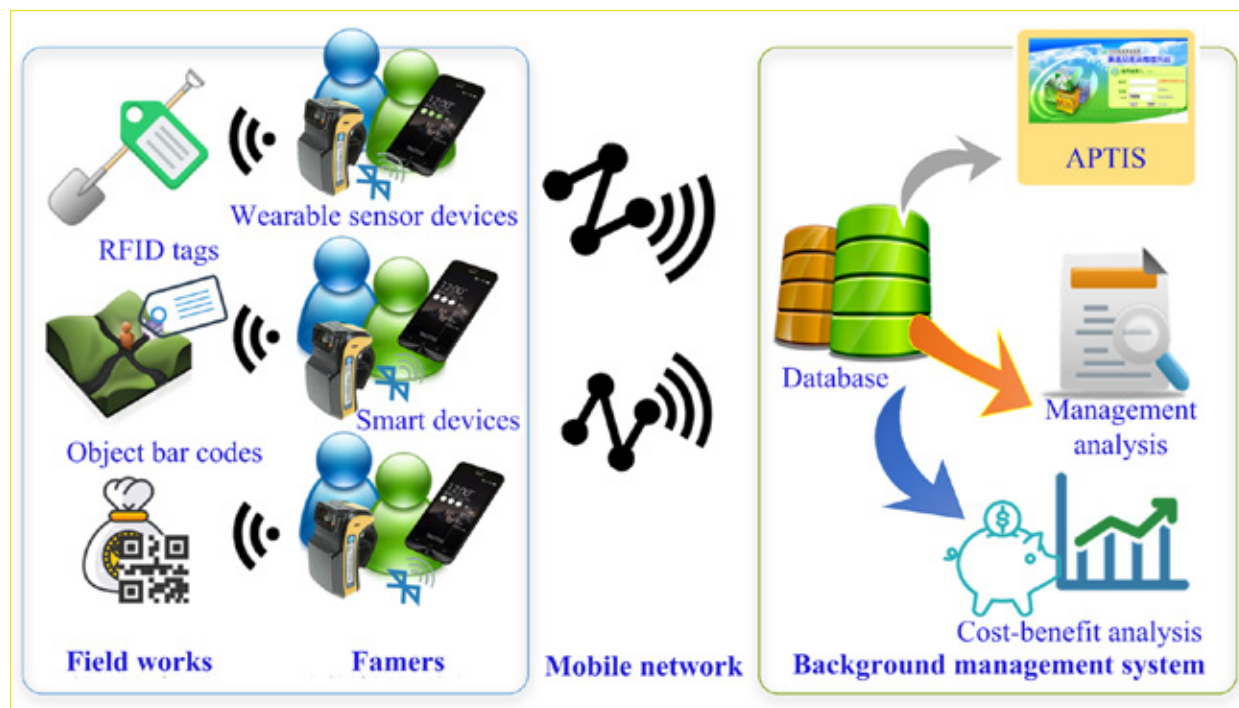


圖 7 智慧型產銷履歷便利登載平臺架構圖



計自動感應作業流程登載系統，可大幅度降低現行產銷履歷登載的難度。後端銷售方面，透過自動化農業生產管理物聯網系統，並可落實產銷管理資訊資料的完整性，同時亦可增加上傳產銷履歷資訊之便利性與可信度。

農耕與產銷能透過農業科技與資通訊技術，發揮創意做更有效的連結與利用，以吸引消費者，即由農業技術層面及產銷層面著手，使農民與消費者可以透過現代的科技技術，產生互動與連結，產生更便捷的行銷通路。

五、洋香瓜自動化栽培管理系統

為了達到高經濟價值的洋香瓜之作物品質提升及穩定生產，需依照洋香瓜生理需求提供最佳栽培環境，同時需要嚴格的監測或監控，並作適時的調整。導入物聯網與資通訊技術，開發出一套適用於洋香瓜溫室生長環境之自動化栽培管理系統，可即時地收集溫室內的栽種環境資訊，並透過大量監測數據的分析與人工管理經驗的整合，該系統會自動判斷是否啟動或關閉相關設備，使洋香瓜栽種環境得以維持在適當的生長區間中，以期達到最佳化洋香瓜生長環境條件。

自動化栽培管理系統主要分為監測系統與控制系統，監測系統負責監測洋香瓜溫室生長環境，控制系統負責調控洋香瓜溫室生長環境；分別由前端感測節點、前端控制節點、相關設備、閘道器、雲端資料庫這三大部分所組成。監測系統由前端感測節點首先偵測環境差異變化，並透過無線通訊模組（ZigBee）將資料傳至閘道器，再由閘道器統一將數據傳至雲端資料庫進行數據存儲與後續分析；控制系統則由閘道器主動從雲端資料庫擷取該溫室之環境原始數據，並進行一系列數據處理與判斷演算法，再透過 ZigBee 向前端控制節點傳達開啟或關閉指令，進而控制相關設備的作動，達到控制溫室生長環境。

針對農民與消費者較喜歡且合乎經濟效益的溫室型洋香瓜（高雄 2 號 - 橘后）為測試品種。圖 8 為實際洋香瓜之對照實驗圖，可以從圖中看出對照組與實驗組，不論是洋香瓜品種為紅利或

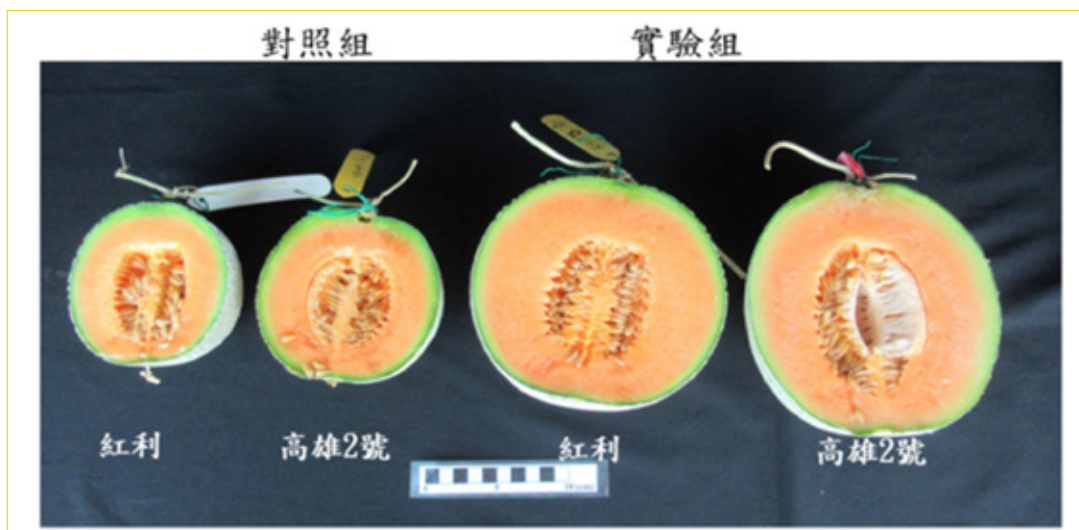


圖 8 洋香瓜果實照片

是高雄 2 號，實驗組的果實明顯較對照組大上許多。結果指出實驗組的洋香瓜在甜度上與對照組相似的情況下，果長平均高出 15.5%、果寬平均高出 11.0%、果重平均高出 39.7%。此結果顯示洋香瓜自動化栽培管理系統，在不影響甜度的狀況下，不僅在栽種過程中增加果實的體積、重量，還大幅降低人力成本與負擔，進而達到管理效率的提升。

六、智能環控設備決策分析

智能科技導入農業生產為未來發展的主要趨勢之一，在獲得大量環境參數資料以及農作物性狀表現特徵後，透過導入人工智慧（機器學習 / 深度學習）相關智能分析模型，結合農民根據農作物生長情況以及環境條件來調整設備的開啟或關閉，進而建構智能環控設備決策分析，用以提昇生產農作物的品質與產量。透過物聯網技術架構將農作物生長環境條件進行監測，完整記錄農民操作設施設備的情況，並予以數位化，透過智能科技模型分析農作物的環境感測參數與環境控制項目之間的對應關係。智能環控設備決策分析之學習機制與模型架構如圖 9 所示。根據農作物的設備控制決策經驗與相對應環境感測資料進行智能決策分析，進而得到環控設備決策機制。未來可以持續將環境監測資料、性狀表現、與控制設備操作情況輸入智能分析機制，使得智能分析模型可以再次重新訓練與性能優化，提供農民最佳生產栽培模式與更準確的設備決策參考，達到穩定作物生產之產量與品質的雙重目標。

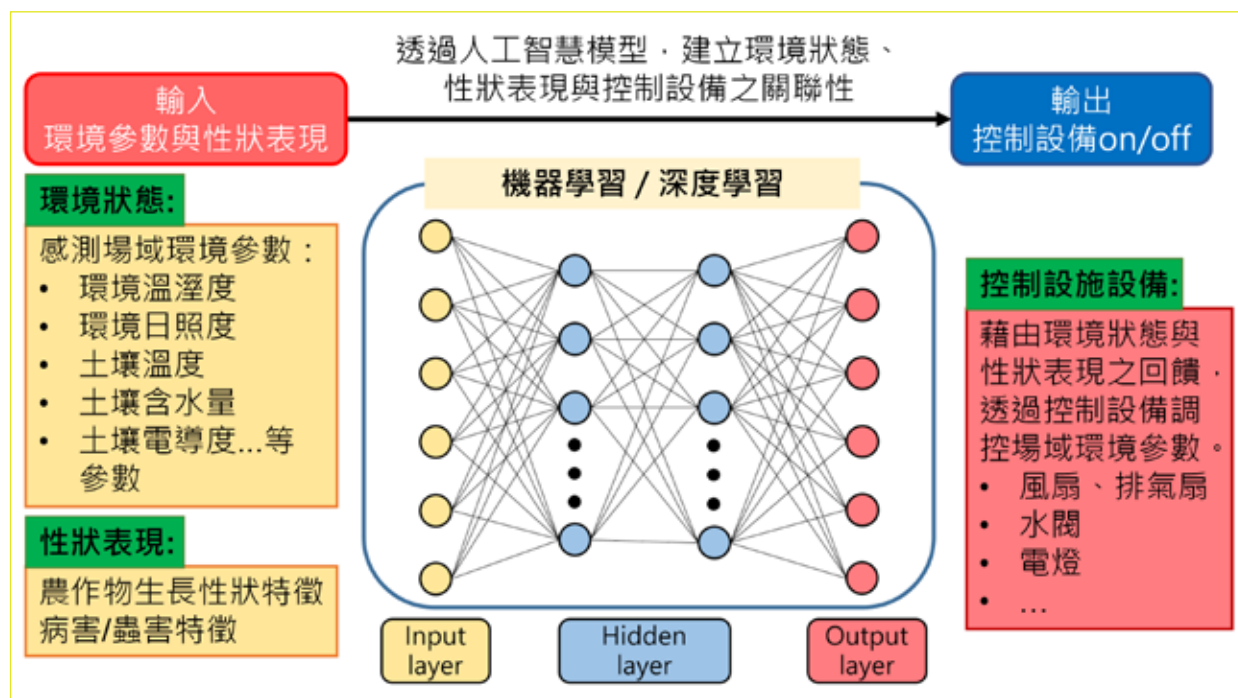


圖 9 智能環控設備決策分析示意圖



伍

結語

強調跨領域整合的智慧農業乃全球農業發展所趨，透過作物生長環境與品質監測系統的建置可有利於農產品生產，降低作物蟲害並提高作物品質。建立完整生產履歷系統，亦可使消費者、農民與農產品皆獲得保障。此外，降低監測系統成本以提高農民接受程度，可針對不同作物與農產品做不同程度與因子的監測，提高 IoT 應用於傳統農業中的普及率。

物聯網技術可做為智慧農業發展的基礎核心技術，並實際應用在農業發展。未來，可將從此智慧農業物聯網監測系統往橫向及縱向的發展：橫向發展：拓展至林、漁、牧領域；縱向發展：垂直整合，發展成智慧神農雲平臺。目前，智慧農業可往四大面向持續推動：

1. 智農聯盟擴大生產規模，穩定供銷能力

導入智慧型曳引機、多功能田間管理機、及 GPS 車載影像監測系統，即時管控採收狀況，縮短田間採收至加工廠時間。

2. 開發智能輔具，減輕勞動重擔

藉由人機輔具的開發，減緩採收期勞動力的負重情形。

3. 降低農業入門門檻

使欲加入農業者快速上手，透過環境感測數據的收集，進行資料分析整合、匯入專家建議與異常分析，降低農業的入門門檻，使初學者也能進行精準生產。

4. 溯源體系建立

開創生產者與消費者溝通新模式，藉由食安溯源分析，提供三章一 Q。顯示生產者分佈，購買相關之食材，建立安全可信賴的食品環境。

透過智慧農業物聯網監測系統，結合農畜產品育成過程的相關監測數據與型態分析資料，並整合學者專家與農畜產業者之意見，加以人工智慧決策系統可進一步監控分析及調整場內設備之參數，以求達到農畜產品育成環境最佳化調控。針對新農業產品最適生產環境進行精準控制，降低人為操作問題所增加之營運成本，後續並針對農畜產品開發生產履歷系統與產銷區塊鏈型態分析。未來，政府相關機關以及產學研單位持續開發並推廣智慧農業，將可讓臺灣在世界農業中獨樹一幟。



智慧農業 技術介紹與應用實例

發行人／盧虎生

主編／彭立沛、王俊豪

執行編輯／鍾依萍、趙家駿

作者／王人正、江昭皚

中華民國108年12月出版

發行單位／國立臺灣大學生物資源暨農學院農業推廣委員會

地址／臺北市大安區羅斯福路四段1號

電話／02-3366-2998 / 02-3366-2999

傳真／02-2362-7788

信箱／ntucaae@ntu.edu.tw

官網／ntucaae.ntu.edu.tw

FB／www.facebook.com/ntucaae

