農業機械化與自動化簡介

⊙文／陳加忠・賴建洲
⊙農機系

一、前言

在即將步入廿一世紀的前十年，自動化已成爲各種產業必須具備的條件，農業(廣義的)亦不能脫離此潮流。相關性的研究計畫也在研究機構陸續展開，然而農業自動化有其與其他產業不同的特性，如同農業機械化的特性不相同於一般的產業機械。Dr. Wittwer論及農業自動化的特性乃是：「以最進步的科技處理最古老的產業」。在此即指出農業自動化要求的技術，比工業界自動化的應用更嚴格，然而支持此自動化技術的產業卻是屬於一種初級之產業。

由於自動化的議題來得太快，許多農業研究者往往無法釐清其意義，更對農業機械化和自動化兩者無法加以區分。而一些農機研究人員更誤以爲簡易省工農具的開發即是代表自動化。因此本文之目的在於探討農業自動化之意義，範圍和農機研究人員面臨之問題，以爲有心在此領域致力研究者參考。

二、農業機械化、自動化和無人化

許多研究者往往將農業機械化、自動化和無人化混爲一談，或是認爲三者有相同之意義，但若深入研討自動化之意義，農業機械化和農業無人化並不相當於農業自動化。農業自動化之具體比喻即是有感應(sense)，有智慧(intelligence 或logic ideal)以進行判斷，若不具備感應設備或無智慧性的記憶和活動即不能凸顯其自動化的意義，由下一節自動化之內容範圍更能釐清此概念。

農機化之基本意義在於以機械取代人力。在根本意義上是以機械設備爲動力源和作業裝置，來代替人力或畜力進行農務，因此又與傳統的農具有所不同。農業機械化的成功除了有可用的農機具之外，更需要有合適的農作環境和社會經濟等條件，以推動此機械化工作。

無人化是人類各種產業的發展極限，農業自動化的範圍中有許多作業是趨向無人操作，如無人噴霧車、機械人型曳引機……等。但有許多自動化的發展趨向並不是完全取代人力，而是用以輔助人力使工作效率更高，工作成果更精良，例如水稻聯合收穫機割高自動控制，脫穀深度自動控制……等。

另一種農業機械化和自動化的區別在於應用之範圍。自動化工作包括了機械上的自動化，但並不只局限於農業機械的自動化，有許多農業上的應用技術(非農業機械)亦需要自動化作業，農業設施中溫室和畜舍的環境控制即是此例，在溫室環境控制自動化中並不涉及農業機械的操作，但是其應用各種設備如風扇、遮蔭網、噴霧裝置……等以自動調整

設施內各項因子(溫度、濕度・・・等)。

三、農業自動化內容與範圍

農業自動化的範圍大致上可區分如下：

(一)傳統農機之改進

此方面的自動化是針對現有可用農機的使用情況，對需要以人力進行判斷再進行操作的工作分別地加以自動化作業，或是對人力作業容易疲累或危險的作業以自動化的機構加以改良，前者可以曳引機牽引力控制，耕深控制，水平控制。插秧機之插植深度控制，聯合收穫機之方向控制、進料量控制、脫穀深度控制等技術爲代表，後者如自動行走進行噴藥作業技術之噴霧車，此種自動化之發展往往先有適用的農機開發，再繼以自動化機構之改良。

(二)新型技術的開發

此範圍內的技術開發是指機械和自動化兩者同時配合，若無自動化技術的開發，則機械或設備即無法發揮功效。水果採收用機械人即是一例。只有在自動化技術中，影像辨識系統和觸覺作用感測器發展成功時，此種水果採收機械才能發揮功用，又如應用非破壞性技術之水果分級選別機具，也是配合光電技術之開發才能成功。

(三)智慧型的設備和控制系統

自動化在此方面的主要目的，並不只在於實際勞力的減少而是使作業技術上有更多的改善，或是更爲精確。在智慧型的設備方面可以以畜產作業加以說明，隨著電子儀器之進步，畜牧工作方面可以以新型設備檢查牛羊的發育，飼料的管理和配方，檢查牛隻是否懷孕，檢查及診斷疾病……等，在控制系統方面、溫室、畜舍、農產品冷藏庫……等環境控制即是應用的實例。此種系統的特性在於其個別設備的作用往往影響了多種因子。例如以遮蔭設備減少日照量可以達到降溫效果，但是將產生日照不足之困擾。加熱器之使用可提高溫度，但是將減少了空氣的濕度，因此此型控制系統與田間農機各作業項目之獨立工作並不相同，以智慧型軟體進行判斷再從事自動化控制作業是此型自動化的特色。

(四)知識工程之應用

知識工程之應用包括以定量爲主的系統工程和以定性爲主的專家系統，兩者的相同點在於以電腦軟體程式爲主體對知識加以應用。

系統工程在農業上的應用是將生產過程做爲一個系統，在理論上研究此系統與環境(外在因素)的各項關係和系統中各部份(元素)之間之相互關係，將此關係規律性建立數學模式，透過電腦之運算以合理地安排此系統內各元素，以最小的自然資源消耗和最合理的資本投入以得到最佳之收益。

專家系統是將各行各業的專家知識加以結合並建立資料庫，透過電腦軟體程式以進行分析、分類、設計、預測、檢查、管理等工作。

透過系統工程和專家系統之結合，配合現代個人電腦的強大功能和低廉成本，農業自動化之智慧運用可達到廣泛且實用之功能。例如溫室生產系統之全面自動化：結合環境控制模式，作物生產模式，氣象模式，病蟲害管理模式，成本經營模式……等，可提供作物生產時最佳之管理，又如核心

農場代耕之經營，乾燥系統之設計……等都是此知識工程應用的對象。

四、自動化的基礎：感應器的開發應用

在自動化的各項應用範圍中，其主要結構可以區分爲感應器(sensor)，中央處理智慧系統和各型控制設備三大部份，以曳引機水平控制爲例，水平感應器即是感應裝置，經過智慧系統分析，比較、判斷後，在需要調整作業時即發出訊號以液壓裝置控制水平。又以溫室環境控制爲例，環境內的溫度、濕度、二氧化碳濃度…等影響因子經各型感應器量測之後，以數值化訊號經由智慧系統判讀，比較，再由智慧系統指揮各種控設備如天窗，遮蔭，加熱器....等以調整環境達到設定量。

由上述自動化作業的描述可知，感應器是自動化的根本基礎，沒有良好的感應訊號，即沒有適切的自動控制動作，美國農業工程學會將「農業感應器的開發應用」列爲四大優先研究主題之一。該農工學會特別强調由於缺乏成本與性能兼顧的感應器提供正確的資料，因此限制了電子技術和專家系統在農業生產上的應用。

在作物生產自動化方面，所需要量測的對象包括了植物的水應力，土壤的含水率、顏色、溫度、硬度、葉面積指數…等；在設施生產方面需要量測溫濕度、日照量、二氧化碳濃度、養液pH值……等。在畜產方面如動物的血壓脈博跳動、呼吸率、表面散熱量……等。訊號往往需要轉換器(transducer) 加以處理而以數值化表示。農業感應器在性能方面受到了使用環境的影響，農業環境的塵土、泥濘、連續的振動、高溫、高濕或强酸鹼性……等都影響了感應器的準確性和耐久性，另一種嚴重限制在於成本，許多應用於太空探測等高科技之感應器在農業上之應用往往產生了使用成本昂貴的問題。

國內農業在感應器的使用，校正方面一向較少重視，往往以現有的感應器直接使用，而疏忽了感應器本身性能的限制。在朝向自動化目標之時，適合農用的感應器應該即時加以開發、評估和比較，針對感應器的四大特性：準確性(Accuracy)、精密性(Precision)、遲滯性(Hysteresis)和耐久性(Long-tern stability) 進行測試研究。經由感應器的研究基礎才能擁有眞正自動化的成果。

五、農業自動化的社會經濟條件

農業自動化與工業自動化之比較則更能顯出其自身特點，而此特點又近似於農機與產業機械之特異點，農業自動化之特性除了對象因素特性，(農作物本身差異性極大，農業作物本身爲生命體，容易變質損壞，農業作業環境惡劣)之外，更需考慮其他影響因素。

(一)使用成本之限制

農業使用成本往往不如工業成本具有快速流通性，回收的期限長，風險大。然而自動化的投入往往更需要比機械化更多的成本。若自動化不能到達預期的效果，以大規模生產提高品質或增加產量，所投入之資本得不到正面的收益，則自動化的投入反而帶來負面的效果，在此成本條件的考慮下，自動化的應用受到更多限制。

(二)使用者的智慧和訓練

自動化設備的構造更爲複雜、精巧。使用者需要更多的相關知識以操作維護這些設備，因此更需要專業化的農民接受專業化的訓練，以配合利用此自動化技術。

(三)工業發展的配合

在農業機械的發展中，與其最有相關性的工業領域是機械和電子業。但在自動化的發展中，更需加入電機、電子之技術，尤其感應器的開發更依賴電子技術的進步，因此農業自動化的發展需有更多工業界的產品加以配合。

(四)農機人員的再訓練

對傳統農機研究人員而言，自動化是一項陌生而複雜的領域，許多新的技術需求如電子技術、電機控制、統計於感應器校正檢驗之應用……等已不是傳統上農機的訓練即可勝任，在面臨自動化的挑戰時，農機研究人員必須接受訓練和自我教育，方能符合研究工作之需要。

六、最適科技之概念

科技之研究發展日新月異，但是科技成果在特定社會條件下，自有其應用之限制。自動化技術在農業上的應用亦然，並不是所有自動化的技術都可應用於農業，也並非所有的農業生產都必須立即全面自動化。近年來的科技應用發展中，「最適(Optima)科技」之概念已漸漸受到重視。最適科技之意義，是指一個社會在應用科技時，應就其需要和成本條件，適時適地的利用各階段發展的科學技術，並不是盲目全面的採用或引入最新的科技。另一方面的意義在於新科技的引進，並非即能生根發展。而需注意原先科技的條件能否和現有環境相互配合。例如：在簡易塑膠布溫室能生長良好的瓜果即不需要一定非得在精密全自動控制的玻璃溫室生產。國產雜糧收穫機械因性能低而其收穫成本高於人工作業成本時，若只從事部份機件的作業自動化研究而不能自增加作業能力著手，此種研究即是毫無意義。在科技引進方面，畜牧生產自動化中自動給飼系統、自動廢棄物處理系統、雞蛋收集系統等設備往往可直接引入使用，但是畜舍環境控制即需要本土化的設計；又如引進高緯度國家所用精密溫室及設備時，其固定設備如眞空播種裝置，機械臂種苗移植裝置都可直接利用，但其環境控制系統即無法勝任本省夏日降溫的要求，此問題仍需發展適用本土性的技術加以解決。因此在推行自動化之時，應考慮此最適科技之意義。

七、結　語

農業自動化是無法避免的潮流，其面臨的挑戰比農業機械化更加複雜，也更加困難。農工研究人員在此的任務也更艱鉅。除了要瞭解當下農業和農民的處境，以自身最需要的工作開始著手研究之外，更需要不斷的接受訓練和自我教育以充實自己的能力而勝任此項工作。若本身無此能力而一味標榜自己已具有自動控制的素養，因此多量的投入自動控制研究計畫，或是將簡易的機具冠於複雜的自動化名詞以爲宣傳之用，此已不是從事研究的正確心態，在台灣工業界研究基礎不夠厚實的環境，農業自動化的工作爲得到實效的成果，則必需有更艱苦的付出。但這也是農機研究轉型成長的契機。