

第六章 3S(GIS、GPS、DSS)技術在精準農業上之應用

劉滄琴 陳琦玲 林毓雯 劉禎祺
行政院農業委員會農業試驗所農業化學係

摘要	66
壹、前言	66
貳、地理資訊系統之發展現況	67
參、全球定位系統之發展現況	67
肆、決策支援系統之可能應用	68
伍、GIS、GPS 和 DSS 之結合應用	69
陸、結語	71
柒、參考文獻	71
英文摘要(ABSTRACT)	77

第六章 3S(GIS、GPS、DSS)技術在精準農業上之應用

劉滄琴 陳琦玲 林毓雯 劉禎祺

行政院農業委員會農業試驗所農業化學系

摘 要

精準農業乃是針對農田及植栽的變異性給予最適當的耕作決策與處理，以減少資財之耗費，增加收益並減輕環境的衝擊。傳統之農耕方式將整個田區之作物、土壤等特性視為均一，故無論是灌溉水量、肥料或是農藥之施用量，均是針對整個田區施用。精準農業則針對田區間各種作物、土壤、環境因子具空間變異之特性，利用先進的電腦、通信與自動化科技，配合適當時間、空間尺度之田間調查作業及地理資訊系統、空間變異分析模式，以精確地且全面性地掌握田區作物、土壤與環境特性，進而經由作物模式、決策分析模式，以決定最佳之耕作策略及產量預測，並利用地理資訊系統建立各種空間分布圖層。

關鍵詞：地理資訊系統、全球衛星定位系統、決策支援系統、作物生長模式。

壹、前 言

精準農業乃是針對農田及植栽的變異性給予最適當的耕作決策與處理，以減少資財之耗費，增加收益並減輕環境的衝擊。傳統之農耕方式將整個田區之作物、土壤等特性視為均一，故無論是灌溉水量、肥料或是農藥之施用量，均是針對整個田區施用。精準農業則針對田區間各種作物、土壤、環境因子具空間變異之特性，利用先進的電腦、通信與自動化科技，配合適當時間、空間尺度之田間調查作業及地理資訊系統、空間變異分析模式，以精確地且全面性地掌握田區作物、土壤與環境特性，進而經由作物模式、決策分析模

式，以決定最佳之耕作策略及產量預測，並利用地理資訊系統建立各種空間分布圖層。最後並利用衛星定位與農業自動化科技執行既定之耕作策略。例如自動記錄分析各別小田區的作物產量與耕作處理間的相關性，以做為農場經營決策的參考。

欲達到精準農業針對田間之變異性給予最適當的耕作決策之目的，必須有一套完備且準確的作物模式，方能針對田區之變異進行作物生長之模擬，並提供正確的管理策略。如能利用水稻生長模式 CERES-Rice，進行參數校正，使適用於本省生產環境，進而發展決策分析模式，則可整合即時定位系統及遙測小組所傳輸之田間資料，提供最佳施肥策略。精準農業之精神在於能針對田間各種環境變異，提

供準確的耕作策略，因此在決策系統發展之初，必須能夠精確了解田間肥力之動態變化與作物生長之關係。

貳、地理資訊系統之發展現況

地理資訊系統 (Geographic Information System, 簡稱為 GIS) 是一個電腦化、大量化之空間資料管理系統，用來進行資料儲存、擷取、操作、分析及展示使用者所定義之各種需求資料。地理資訊系統發展已有一段歷史，距第一個地理資訊系統的雛形系統有四十年之久，目前已廣範的應用在各行各業。

一般而言，地理資訊系統的資料可分成圖形資料 (Graphic data) 及屬性資料 (Attribute data) 兩種，圖形資料通常是點、線、面等三大類資料，而屬性資料則是指文數字資料 (Character data)。圖形資料與屬性資料則透過地理編碼 (Geocode) 作動態連結，因此圖形資料與數字資料是一體的，可同時作修改更新或選取。通常地理資訊系統都已具備下列的功能：1. 可以處理用多種手段及方法獲取之不同類型的數據，並利用一定的程序儲存於不同的數據層中；2. 可以快速調出不同層次的資料，進行作圖或修改；3. 具有處理空間資料的功能，如投影、疊圖分析、圖形分離、空間測量等；4. 數據輸入不受比例尺的限制；5. 具有良好的人機交互介面 (周，1996)。進一步更要具有擴充發展的空間，例如可以整合向量與網格資料，可以進行立體空間資料的展示分析，並可整合影像資料進行處理。亦即它可以處理向量 (vector) 資料與方格 (raster) 資料、進行向量資料的疊合、資料庫分析、影像處理及方格分類、容易數化能力、即時的拓撲邏輯分析等功能；在影像處理功能上應具正射糾正、建立數位地形模型、立體繪製等功能。

現在的地理資訊系統多已能結合資

料庫，使地圖資訊與文字資訊透過鏈結可以交互查詢，或更進一步發展出地理資訊資料庫，將整個圖形資訊納入資料庫架構中，形成一個三維的資料庫，由此資料庫亦可經由資料拮取界面取得指定地點之相關數據。另一方面，由於地理資訊系統強大的圖形展示及空間分析功能，故可以作為開發專家系統展示界面的平台，方便立即顯示專家系統分析資料的成果。

參、全球定位系統之發展現況

一、全球定位系統

全球定位系統 (Global Positioning System, 簡稱為 GPS)，即是利用位於地球同步軌道上的同步衛星，以其相對位置的關係，來測量出精確的位置。GPS 在進行大範圍、大面積的地面測量時，往往受限於地球本身的弧度與測量儀器的精密程度，甚至於當時的天候狀況或測量人員本身的許多因素，而導致測量的結果產生或多或少的誤差，故透過 GPS 與地理資訊系統 (Geography Information System, GIS) 的結合應用，更可以使我們快速、精確而完整地定出遙測影像或其他發生問題農地的位置，並迅速配合農業機械的使用，處理農田肥力之差異性，以發揮其即時、有效及正確的優越性。GPS 動態定位技術已日趨成熟，應用亦極為廣泛，有學者 (林與李，1999) 即採用 Leica 及 Ashtech 等兩種 GPS 即時動態定位系統，依照傳統導線測量、地物及地形測量、高差測量極路線測量等方式，分別進行數據獲得、圖形繪製及現地放樣等工作，以檢驗 GPS 動態測量之適用性及不同 GPS 動態定位系統間之差異性，進而建立對 GPS 動態定位技術之信心及開發 GPS 動態測量之作業規範。而基於成本考量，且有些 GPS 之應用必須是在運動狀態下，如自然資源調查、土地利用管理、地面載具導航、航空攝影測量及

海洋探測等，皆需要高精度之 GPS 動態測量(Leick, 1996)。近年來 GPS 研究之重點在於增加求解的精度並減少觀測時間為主。而對於結合 GPS 與 GLONASS 的研究, Cook(1997)及 Gouzhva(1995)以長時間對 GLONASS 衛星進行觀測顯示, GLONASS 衛星壽命較短暫, 而某些衛星也偶有訊號不良或資料脫落的情形發生。如針對與 GPS 相近之 GLONASS(Global Navigation Satellite System)系統資料進行處理, 使得 GPS 與 GLONASS 資料能納入同一相位二次差模式中聯合平差, 而在 GPS 6 顆、GLONASS 4 顆衛星以上之情況下, 使得求解成功率最佳可達 90%以上(陳等, 1999)。

二、國家級衛星控制網

內政部自八十二年度開始辦理「應用全球定位系統實施台統一閩地區基本控制點測量計畫」, 於台閩地區設立八個衛星追蹤站、一等衛星控制點一〇五點及二等衛星控制點六二一點(追蹤站及一等點資料如附錄), 並可供各公私機關或個人申請八個衛星追蹤站之全天候二十四小時連續觀測資料。另自八十四年起, 台灣省地政處進行三等點之補建、新建, 至八十八年已補建新建 1596 點, 仍繼續辦理中(曾、儲, 1999)。

肆、決策支援系統之可能應用

決策支援系統(Decision Support System, 簡稱爲 DSS)即利用資料庫及決策模式協助判斷的方式, 可以應用於各領域, 可以綜合複雜的資料及訊息, 得到量化的結果。其中之決策模式即可以視爲專家系統, 此系統或爲簡單之方程式, 或爲複雜之方程式組, 或如近年來廣爲利用之類神經網路。一般而言, 資料項目爲可量化之數值, 且資料項間之關係確定者適合使用方程式或方程式組構成之數學模式,

資料項間之關係尙未研究清楚, 或含有無法量化之項目者可利用類神經網路技術歸納已收集之資料中, 可能之原因和結果間的關係, 但無法完全釐清其間變化之機制。

一、類神經網路

神經網路是模擬人腦的機制, 以神經元爲最小運算單元而組成之神經系統。每個神經元之貢獻值爲由全部連結至此神經元之鏈結權重的總和, 並且呈非線性的排列。類神經網路常存在有許多神經元, 其連結方式決定此網路之結構。目前最常被應用的結構應屬(multi-layer perceptron, MP)及前饋式類神經網路(feed forward network), 此等網路含有多層架構, 每層亦含有多個神經元, 相鄰兩層間之神經元全數彼此依序相互連結。典型的 MP 最外的兩層稱爲輸入層與輸出層, 兩層間存在著一個或多個隱藏層, 資訊則依序由輸入層傳至隱藏層最後由輸出層輸出結果。許多研究指出經由隱藏層內充足的神經元自體運算學習之後的類神經網路非常適合解決決策邊界值或求解任何連續函數等問題(De Viller *et al.*, 1992)。類神經網路常有兩個執行階段(phases)稱之爲學習(learning)及回復(recall), 現在前饋式類神經網路最常採用的學習法爲倒傳(back propagation, BP)學習法, 傳遞網路模式屬於類神經網路中的監督性模式, 基本上由輸入層(Inpput Layer)、隱藏層(Hidden Layer)與輸出層(Output Layer)組成。輸入層包含若干輸入單元, 係用來推估輸出結果的輸入參數, 輸入單元的數量與選擇視應用課題而有所不同。隱藏層爲連結輸入與輸出的運算層, 隱藏層的數量可以不只一層, 層數增加可能有助於提升模擬的準確性, 但相對付出較大的電腦運算成本, 大多數的應用案例係使用一層隱藏層; 隱藏層亦由若干神經單元組成, 單元的數量並沒有制式的規定, 最常見的方式爲輸入單元及輸出單元總數的一半。輸出層係使用

者期望推估的輸出項目，亦由若干輸出單元組成。在監督性模式的架構下，由使用者提供包含輸入及輸出的學習範例資料，以便對倒傳遞類神經網路加以訓練 (training)，藉由訓練樣本及逐步遞減期望值與觀測值之差距的方式來調整網路內各神經元所有鏈結之權重(weights)，達到網路自體學習的機制。我們可利用訓練樣本在前後兩次回復階段之差值來評估網路的概括能力，如果網路經過良好的學習，將可靠地推估全區資料。BP 學習法之類神經網路已成功運用於影像分類(Hepner, *et al.*, 1990; Civco, 1993)。近年漸有利用類神經網路在集水區單場暴雨之水文模擬(詹及孫, 1999)、土地評估及區位選址(黃及施, 1999)等方面。

二、作物模式

水稻之研究已有數十年之歷史，就影響其生長之可能因子已有許多研究成果可供利用，包括氣象、品種、土壤等主要因子，均有量化之經驗式或經驗政之理論模式產生，故應可使用數學模式進行研究。作物生長模式一般可分為經驗模式及機制模式。經驗模式是以一種數學函數曲線來符合實驗數據，並藉此函數曲線來解釋所觀察的資料。此法已經廣泛地被應用於作物產量的預測(Nelson and Dale, 1978; Pitter, 1977)，針對水稻生長，國內亦有一部分相關的研究發表(朱, 1976; 郭等, 1980)。機制模式則是假設在複雜的系統所觀察的現象，均可以一些基本的生物物理假說或法則來描述，在依據這些假說或法則建立適當的數學方程式，並加以整合成一動態性機制模式。近年來國外發展的作物模式，機制模式已漸漸取代經驗模式，包括 EPIC、SORGF、TUBERS、SOYGRO、SWATR、CROPR、CERES 等模式(林及莊, 1987)，其中又以美國 IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer) 計畫之研究

群，所發展出來的多項作物模式最廣為應用，其中有關於水稻生長之模式為 CERES-Rice。國內外已有多項研究引用此模式進行(鄔等, 1998; 梁等, 1992; Singh and Ritchie, 1993)，惟國內之研究重點僅在水稻品種之參數校正，以及應用本地氣象資料進行模擬，對於田間肥力則設定在最佳狀態，並未進一步驗證有關土壤肥力的參數。

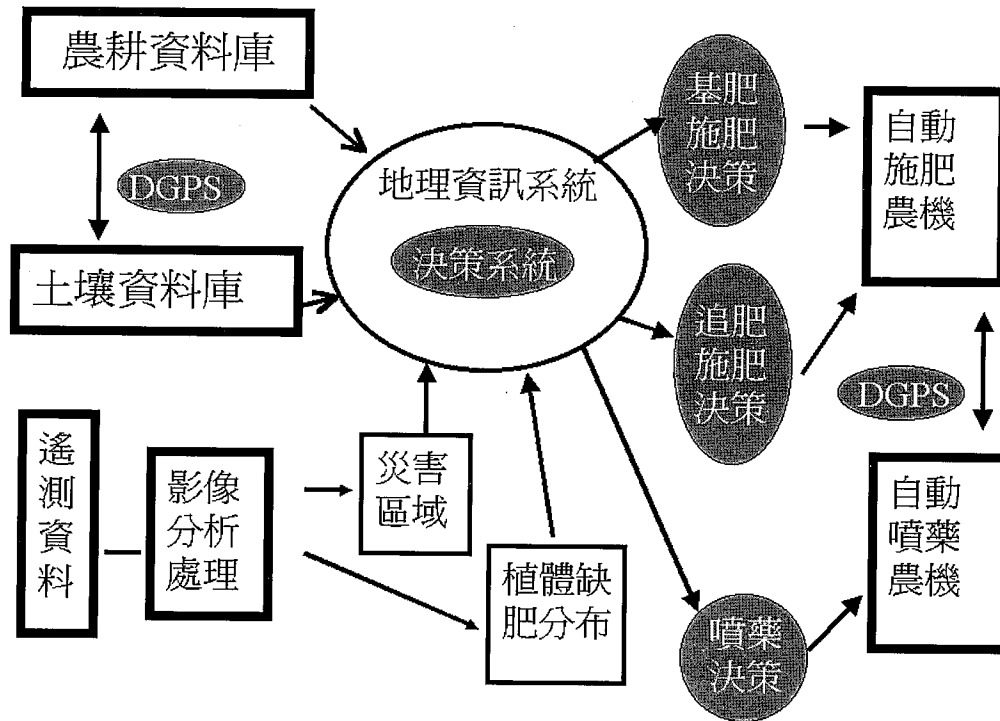
有關農田氮素循環之研究，主要包括有氮肥施用後被作物吸收、與有機物結合、生物固定、脫氮損失、淋洗及逕流(Hill, 1991; 嚴, 1995)。其中有關氮素流失量則受氣候、氮肥型態與施用量、土壤特性、作物種類和品種、土地管理、灌溉及植被影響(Cameron and Haynes, 1986; Hill, 1991)。此外，應用土壤-作物系統中氮素之動態模式，來評估氮肥效率、氮素脫氮及淋洗損失等，是一種有效的評估方式。國外已有許多研究單位應用機制模式，來模擬氮素在環境中之循環與轉化，如 CERES(Jones and Kiniry, 1986)、NCSWAP (Clay *et al.*, 1985)、NCSOIL(Molina *et al.*, 1983; Hadas *et al.*, 1987)與 PAPRAN (Seligman and van Keulen, 1981)等模式，以探討農地氮素在環境中之轉化情形，應用於氮肥需求量之估算、栽培制度與耕作制度之評估等，亦可進一步應用於氮肥施用量對環境影響之評估。

伍、GIS、GPS 和 DSS 之結合應用

精準農業追求的理想是(1)最佳化之作物產量、田區表現與生產力；(2)量測各種種子、品種、化學物質及土壤之變化表現；(3)追蹤、繪製與分析田區每一平方公尺之表現，農人得以瞭解田區之每一部位之產量表現好或是壞；(4)改善農田之管理決策(Reid, 1999)。因此發展精準農業所需要之核心科技為(1)在定位之田間操作時定之位系統；(2)產量感應器或監測器以便

量測精準操作之效果；(3)用來展示及分析精準農業所需之資料繪圖系統；(4) 土壤取樣與分析以提供影響作物生長之土壤性質資料；(5)透過遙測技術來另外取得作物

生長環境特性；(6)地理資訊系統以提供精準農業所需之決策支援系統；(7)變率施用科技以便變率施用投入資材等。



所以精準農業整體之架構是透過 GIS、GPS 和 DSS 之聯結，配合完整之土壤資料庫、變率施用機械、各種感應器及遙測等周邊技術的發展應用，才能執行精準農業。在精準農業之運作上，地理資訊系統可以用於管理及分析各種有關於作物生產及農藝因子之空間資料；地理資訊系統不但用來整合各不同類型資訊，同時也是各種決策支援工具之界面，所以地理資訊系統是精準農業之核心。例如：地理資訊系統可以展示分析所得之圖形資訊，使我們更瞭解田區之作物產量與土壤肥力、病虫害、雜草及其它種種之因子等之交互作用影響，同時也讓我們由這些空間資訊進行決策分析，決定在田區的那些地方做一些特定的對策管理，達到經濟、環保、

高產之目標。

一個理想的精準農業專用之地理資訊軟體除了具備有一般地理資訊系統軟體的創新、維護、分析與展示空間資料等基本功能外，它應該還具整合傳統之向量圖形資料與影像處理之工具；同時它亦應具有透過全球定位系統(GPS)對移動載體軌跡追蹤與即時記錄(產量或感應之訊號)、與輸出信號(施肥或噴藥)；這些功能或可分開為若干子系統分工運作或結合為一完整之系統。

在精準農業操作的決策支援系統應具備有田區下列之基本空間資料，包括：地形、土壤類型、土壤氮、磷、鉀及其它養分之濃度、土壤水分及土壤 pH 等。其它作物之輪作、耕犁、施肥及施藥、產量

等資料也應存入資料庫。這些資料可以用來計算田區各地所應投入恰當的肥料、農藥與除草劑。

在台灣目前精準農業之資訊系統應用所待解決之問題為：(1)地理資訊系統之軟體價位高，一般農戶無法接受，極待開發一公開且適用於精準農業的地理資訊軟體；(2)目前各種空間資料庫之定義(如不同磷素之萃取方法)與格式不一，需要建立標準之資料定義與交換格式；(3)空間資料庫之精密度不足，需加強建立適合精準農業經營的各項資料庫或開發即時感測儀器(短期間不易達成)收集田間資料；(4)缺乏整合性之田間管理知識庫，需建立一簡單有效的田間管理知識庫，進行田間管理決策。

陸、結語

未來之農業越來越系統化且越來越像一門生意，就像精準農業一樣依賴資料蒐集與分析來決定對策與施行方向。受到

影響的除了農民之外，還包括了農業相關的企業、農機生產工業、學術研究人員，甚至一般大眾。由於農田的管理愈來愈系統導向，因此可預料由精準農耕所產生的資料將成為包括研究在內的許多新的方向的基礎。這些產出的資料將被期望可應用於政策的制定、法律規章的調整，以及環境保護的功能。精準農耕發展的栽培技術將可在生長期中改變或增強作物的生長狀態，而作物模式將可提供作物生長潛力及各時期生長狀態的藍圖，決策支援模式則向農場經營者提供包括設施、環境條件、作物生長及市場預測等管理資訊。現在在地理資訊及衛星定位系統的發展上，已有許多商品化的軟硬體可供選擇，但是否應放棄現有之產品，以避免在精準農業推展的過程中受到地理資訊軟體之限制，是目前就應該思考的問題。而在作物模式方面，有經過相當多學者研究驗證的作物模式可供引用，在精準農耕之研究中亦可提供豐富的資料進行本土化的工作。

柒、引用文獻

1. 朱良基。1976。台灣西部地區水稻最適產量預測方程式釐定之研究。中國統計學報。第十四卷第二期：5224-5229。
2. 周宜強，1996。國內 GIS 軟體應用與發展現況。中華地理資訊通訊，1(4)：11-17。
3. 林正鏘、莊作權。1987。農地作物適栽評估模式之研究。農委會。76 農建-8.1-林-7.8 計畫報告書。
4. 林思源、李振壽。1999。GPS 動態測量及分析，11-18 頁。第十八屆測量學術及應用研討會論文集(一)。1999 年 9 月 9-10 日。宜蘭縣。
5. 詹仕堅、孫志鴻。1998。類神經網路在集水區單場暴雨水文模擬之應用。1998 中華地理資訊學會研討會論文集。
6. 黃凱易、施勝誠。1998。類神經網路應用於地理資訊系統空間決策分析一以假擬輕製造廠廠址選擇為例。1998 中華地理資訊學會研討會論文集。
7. 曾清涼、儲慶美。1999。GPS 衛星測量原理與應用。成功大學衛星資訊研究中心。台南。
8. 陳明華、曾清涼、余致義。1999。GPS 結合 GLONASS 衛星單一時刻單頻觀測量之即時動態定位研究，75-85 頁。第十八屆測量學術及應用研討會論文集(一)。1999 年 9 月 9-10 日。宜蘭縣。
9. 陳吉村、郭鴻裕、劉滄琴、朱戩良。

- 1996。『臺灣地區農田土壤肥力管理及改良資訊系統』簡介。土壤肥料通訊。第五十六期: 5-9。
10. 陳建安。1996。動態 GPS 法用於地面微小變動量之監測。國立成功大學航空太空工程研究所碩士論文。
 11. 郭文鏞、曾文柄、楊之遠、鄭淑賢。1980。台灣地區氣象因子雨水到產量預測模式之初步研究。中央氣象局氣象學報。第二十六卷第一、二期: 71-76。
 12. 梁連勝、陳琦玲、漆匡時。氣象變化對水稻產量影響之模擬研究。農委會計畫 81 農建-2.1-林-28-2(6)期末報告。
 13. 鄔宏潘、楊明宗、林俊隆。農牧業溫室氣體減量策略規劃及衝擊評估(二)。環保署專題研究計畫 EPA-87-FA44-03-44 期末報告。
 14. 嚴式清。1995。長期施用豬糞尿有機肥對地下水污染之影響及合理施用量之評估。有機質肥料合理施用技術研討會專刊。84 年 5 月 11-12 日, 台灣, 台中。pp.191-199。
 15. Adamas, M. L. and S.E. Cook. 1997. Methods of on-farm experimentation using precision agriculture technology. ASAE Paper No. 973020.
 16. Baird, Henry S, 1985, (Model-based image matching using location), Cambridge, Mass.: MIT Press
 17. Cameron, K. C. and R. J. Haynes. 1986. Retention and movement of nitrogen in soils. pp.166-241. In: R. J. Haynes et al. (ed.) Mineral nitrogen in the plant-soil system. Academic Pressing.
 18. Civco, D.L., 1993. Artificial Neural Network for Land Cover and Mapping, International Journal of Geographical Information System, 7(2): 173-186.
 19. Clay, D. E., C. E. Clapp, J. A.E. Molina and D. R. Linden. 1985. Nitrogen-tillage-residue management I. Simulating soil and plant behavior by the model NCSWAP. Plant Soil. 84: 67-77.
 20. Cook, G. L. 1997. GLONASS Performance, 1995-1997, and GPS-GLONASS Interoperability Issues, Navigation: Journal of the Institute of Navigation, Vol. 44(3): 291-298.
 21. Davies, R. (Roy), 1990, (Machine vision: theory, algorithms, practicalities), London: Academic
 22. De Villers, J., and E. Barnard, 1992. Backpropagation Neural Nets with One and Two Hidden Layers, IEEE Transactions on Neural Networks, 4(1): 136-141.
 23. Eral, D. C. R., P. N. White, B. S. Blackmore, and R. J. Godwin. 1996. Precision farming. The Management of Variability Landwards Vol. 51(4): 18-23.
 24. Gouzhva, Y. G., A. G. Gevorkyan, P. P. Bogdanov, V. V. Ovchinnikov, and I. G. Pushkina. 1995. Getting in sync: GLONASS Clock Synchronization. GPS World: 48-56.
 25. Hadas, A., J. A. E. Molina, S. Feigenbaum and C. E. Clapp. 1987. Simulation of nitrogen-15 immobilization by the model NCSOIL. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 102-106.
 27. Hepner, G. F., T. Logan, N. Ritter, and N. Bryant, 1990. Artificial Neural Network Classification Using a Minimal Training Set: Comparison to Conventional Supervised Classification, Photogrammetric Engineering & Remote sensing, 56(4): 469-473.

28. Hill, M. J. 1991. Origins of nitrate in water. pp. 59-76. In: H. Michael (ed.) Nitrates and nitrites in food and water. Ellis Horwood Ltd.
29. Jones, C.A. and J. R. Kiniry (ed.) 1986. CERES-Maize: a simulation model of maize growth and development. Texas A & M University Press College Station, Texas USA.
30. Leick, A. 1996. GPS satellite surveying. pp. 380-388.
31. Macbratney, A. B. and M. J. Pringle. 1997. Spatial variability in soil-implications for precision agriculture. Keynote paper In First European conference on precision agriculture. BIOS Scientific Publishers, Ltd. London, UK.
32. Max J. Egenhofer, 1990, (Cognitive and linguistic aspects of geographic space :preprints of three papers), Santa Barbara, Calif. : National Center for Geographic Information & Analysis
33. Molina, J. A. E., C. E. Clapp, M. J. Shaffer, Chichester and W. E. Larson. 1983. NCSOIL, a model of nitrogen and carbon transformations in soil: Description, calibration and behavior. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 85-91.
34. Nelson, W. L. and R. F. Dale. 1978. A methodology for testing the accuracy of yield predictions from weather-yield regression models for corn. Agron. J. 70: 734-748.
35. Oliver, M. A., Z. Frogbrook, R. Webster, and C. J. Dawson. 1997. A rational strategy for determining the number of cores for bulked sampling of soil. Soil factor section. In First European conference on precision agriculture. BIOS Scientific Publishers, Ltd. London, UK.
36. Pitter, R. L. 1977. The effect of weather and technology on wheat yields in Oregon. Agric. Meteorol. 18: 115-131.
37. Robert Finkelstein, 1994, (Unmanned vehicle systems: military and civil robots for the 21st century & beyond), Arlington, VA: Pasha Publications
38. Seligman, N. C. and H. van Keulen. 1981. PAPRAN: A simulation model of annual pasture production limited by rainfall and nitrogen. pp.192-221. In: M. J. Frissel and J. A. van Veen.(ed.) Simulation of Nitrogen Behavior of Soil-Plant Systems. (PUDOC: Wageningen, Netherlands.)
39. Singh, U. and J. T. Ritchie. 1993. Simulating the impact of climate change on crop growth and nutrient dynamics using the CERES-Rice model. J. Agric. Meteorol. 48: 819-822.
40. Simmelsgaard, S. E. and J. Djurhuus. 1997. The possibilities of precision fertilization with N, P, and K based on plant and soil parameters. Soil factor section. In First European conference on precision agriculture. BIOS Scientific Publishers, Ltd. London, UK.

附錄：

內政部衛星追蹤站及衛星控制點一覽表

一、衛星追蹤站一覽表

點位名稱	點位種類	點位編號	所在地	機密等級
陽明山	衛星追蹤站	YMSM	台北市士林區	一般
墾丁	衛星追蹤站	KDNM	屏東縣恆春鎮	一般
鳳林	衛星追蹤站	FLNM	花蓮縣鳳林鎮	一般
北港	衛星追蹤站	PKGM	雲林縣北港鎮	一般
太麻里	衛星追蹤站	TMAM	台東縣太麻里鄉	一般
金門	衛星追蹤站	KMNM	金門縣金沙鎮	一般
馬祖	衛星追蹤站	MZUM	連江縣南竿鄉	一般

二、一等衛星控制點一覽表

點位名稱	點位種類	點位編號	所在地	機密等級
七星山	一等衛星控制點	N001	台北市北投區	一般
小八里分	一等衛星控制點	N002	台北市北投區	一般
大坪山	一等衛星控制點	N003	台北縣深坑鄉	一般
燦光寮山	一等衛星控制點	N004	台北縣雙溪鄉	一般
大古山	一等衛星控制點	N011	桃園縣蘆竹鄉	一般
龜崙山	一等衛星控制點	N012	桃園縣龜山鄉	一般
觀音	一等衛星控制點	N013	桃園縣觀音鄉	一般
下員坑	一等衛星控制點	N020	台北縣石門鄉	一般
牛牯嶺	一等衛星控制點	N021	新竹縣新豐鄉	一般
李棟山	一等衛星控制點	N022	新竹縣尖石鄉	一般
大分林山	一等衛星控制點	N023	新竹縣北埔鄉	一般
牛埔山	一等衛星控制點	N028	新竹市香山區	一般
觀霧	一等衛星控制點	N032	新竹縣五峰鄉	一般
三貂角	一等衛星控制點	N035	台北縣貢寮鄉	一般
米曲瑤山	一等衛星控制點	N039	宜蘭縣礁溪鄉	一般
三星山	一等衛星控制點	N040	宜蘭縣南澳鄉	一般
蘭坎山	一等衛星控制點	N041	宜蘭縣南澳鄉	一般
溪子口山	一等衛星控制點	N043	台北市文山區	一般
蘇澳港	一等衛星控制點	N052	宜蘭縣蘇澳鎮	一般
南山	一等衛星控制點	N053	宜蘭縣南澳鄉	一般
林望眼山	一等衛星控制點	N054	台北縣烏來鄉	一般
槓子寮	一等衛星控制點	N068	基隆市中正區	一般
枕頭山	一等衛星控制點	N085	桃園縣復興鄉	一般
天送埤	一等衛星控制點	N090	宜蘭縣三星鄉	一般
中壢休息站	一等衛星控制點	N091	桃園縣中壢市	一般

鹽草林山	一等衛星控制點	N096	宜蘭縣頭城鎮	一般
蔡厝莊	一等衛星控制點	M002	雲林縣四湖鄉	一般
貓兒干	一等衛星控制點	M003	雲林縣崙背鄉	一般
尖子頂	一等衛星控制點	M007	南投縣鹿谷鄉	一般
環山	一等衛星控制點	M031	台中縣和平鄉	一般
巴蘭	一等衛星控制點	M036	南投縣仁愛鄉	一般
頭拒山	一等衛星控制點	M043	台中縣新社鄉	一般
王田山	一等衛星控制點	M044	台中縣大肚鄉	一般
鐵砧山	一等衛星控制點	M045	台中縣外埔鄉	一般
公司寮庄	一等衛星控制點	M046	苗栗縣後龍鎮	一般
馬那邦山	一等衛星控制點	M047	苗栗縣泰安鄉	一般
托皿山	一等衛星控制點	M048	苗栗縣頭屋鄉	一般
浸水	一等衛星控制點	M049	彰化縣埔鹽鄉	一般
東勢	一等衛星控制點	M075	台中縣東勢鎮	一般
虎子山	一等衛星控制點	M081	南投縣埔里鎮	一般
九分二山	一等衛星控制點	M083	南投縣國姓鄉	一般
樟普寮	一等衛星控制點	M085	南投縣南投市	一般
石門山	一等衛星控制點	M089	南投縣仁愛鄉	一般
達見	一等衛星控制點	M091	台中縣和平鄉	一般
王功	一等衛星控制點	M092	彰化縣芳苑鄉	一般
斗南交流道	一等衛星控制點	M093	雲林縣斗南鎮	一般
佳里	一等衛星控制點	S003	台南縣佳里鎮	一般
魁斗山	一等衛星控制點	S004	台南縣仁德鄉	一般
北嶺山	一等衛星控制點	S005	台南縣玉井鄉	一般
大尖山	一等衛星控制點	S020	雲林縣古坑鄉	一般
松子腳山	一等衛星控制點	S021	嘉義縣民雄鄉	一般
大棟山	一等衛星控制點	S022	台南縣白河鎮	一般
前東港	一等衛星控制點	S023	嘉義縣布袋鎮	一般
多納	一等衛星控制點	S024	高雄縣茂林鄉	一般
梅山村	一等衛星控制點	S025	高雄縣桃源鄉	一般
新高山	一等衛星控制點	S026	南投縣信義鄉	一般
塔塔加	一等衛星控制點	S027	南投縣信義鄉	一般
廓亭山	一等衛星控制點	S028	高雄縣甲仙鄉	一般
紗帽山	一等衛星控制點	S031	澎湖縣馬公市	一般
七美	一等衛星控制點	S032	澎湖縣七美鄉	一般
鳳山	一等衛星控制點	S034	高雄市小港區	一般
東藤枝	一等衛星控制點	S035	高雄縣桃源鄉	一般
虻彈	一等衛星控制點	S036	屏東縣泰武鄉	一般
塹子	一等衛星控制點	S040	屏東縣佳冬鄉	一般
琉球嶼	一等衛星控制點	S041	屏東縣琉球鄉	一般

北機場	一等衛星控制點	S044	高雄縣九如鄉	一般
林內山	一等衛星控制點	S045	高雄市三民區	一般
頂楓港	一等衛星控制點	S058	屏東縣獅子鄉	一般
加納埔	一等衛星控制點	S047	屏東縣三地鄉	一般
北大武山	一等衛星控制點	S048	屏東縣泰武鄉	一般
大山母山	一等衛星控制點	S049	屏東縣恆春鎮	一般
爐芝潭山	一等衛星控制點	S059	台南縣楠西鄉	一般
埔姜林	一等衛星控制點	S064	高雄縣旗山鎮	一般
五虎寮	一等衛星控制點	S070	嘉義縣番路鄉	一般
新營	一等衛星控制點	S091	台南縣新營市	一般
頂港子墘	一等衛星控制點	S092	嘉義縣太保市	一般
玉里山	一等衛星控制點	E006	花蓮縣卓溪鄉	一般
月眉山	一等衛星控制點	E007	花蓮縣壽豐鄉	一般
米侖山	一等衛星控制點	E008	花蓮縣花蓮市	一般
鯉魚山	一等衛星控制點	E011	台東縣台東市	一般
三仙台	一等衛星控制點	E012	台東縣成功鎮	一般
三間屋山	一等衛星控制點	E014	台東縣長濱鄉	一般
大森山	一等衛星控制點	E015	台東縣蘭嶼鄉	一般
都蘭山	一等衛星控制點	E017	台東縣延平鄉	一般
加奈美山	一等衛星控制點	E018	台東縣大武鄉	一般
美奈田主山	一等衛星控制點	E019	台東縣延平鄉	一般
壽卡	一等衛星控制點	E042	台東縣達仁鄉	一般
西川山	一等衛星控制點	E044	台東縣太麻里鄉	一般
舞鶴	一等衛星控制點	E047	花蓮縣瑞穗鄉	一般
明利	一等衛星控制點	E048	花蓮縣萬榮鄉	一般
崇德	一等衛星控制點	E050	花蓮縣秀林鄉	一般
綠島	一等衛星控制點	E063	台東縣綠島鄉	一般
網調口	一等衛星控制點	E072	花蓮縣卓溪鄉	一般
豐濱	一等衛星控制點	E077	花蓮縣豐濱鄉	一般
栗園	一等衛星控制點	E080	台東縣海端鄉	一般
天祥	一等衛星控制點	E091	花蓮縣秀林鄉	一般

Chapter 6 Applications of GIS, GPS, and DSS in Precision Agriculture

Tsang-Sen Liu, Chi-Ling Chen, Yu-Wen Lin, and Jen-Chyi Liu
Department of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute,
Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 413, ROC

ABSTRACT

Agriculture is becoming more of a system and it is also becoming more of a business. As a system, the constituents involved with and affected by precision agriculture are heading towards a direction of more directed interaction driven by the data which can be provided. The constituents of precision agriculture include the farmer, agribusiness, the agricultural equipment industry, university researcher, and the general public. As the process becomes more systems oriented, we can expect the data derived from precision agriculture to form the foundation some new opportunities including research. It is also reasonable to expect that these data will provide information for legal decisions, government regulation, and environmental accountability. Cultural practices will evolve from precision agriculture that provide more opportunities for changing the growth and development of the crop during the growing seasons. Crop models will serve as a "blueprint" for the potential growth and development of the crop at a point in time. Management models will be developed to perform whole-farm management, as a system of equipment, environmental factors, crops grown, and crop markets. To deal with variations prevailing in fields and crops of planted, precise agriculture provides the best approach decision-making of farm management to raise income, reduce cost waste as well as lessen the impact on the environment. In conventional agriculture, features of crop and soil in the field were frequently regarded as homogeneous; hence, irrigation, fertilizers and pesticides were applied very uniformly. While precision agriculture copes with spatial variations of crops, soil, and environment in field by technologies of computer, communication and automation. That is to incorporate the field survey of appropriate timing and space scale, geographic information system, and spatial variation analysis model. Thus, not only the best cultivation strategy and yield prediction but also various map layers of space distribution could be well made through crop model and decision analysis model. Eventually, the strategy can be carried out by satellite position and automatic technologies.

Key words: Geographic Information System, Global Position System, Decision Support System, Cropping Model. +