

專 論

農地重劃農水路工程規劃設計作業改善之研究

Study on Improvement of Planning and Design Operation for Farmroad and Canal Engineering of Farm Land Consolidation

國立臺灣大學農業工程學研究所教授

甘 俊 二

Chun-E Kan

國立臺灣大學農業工程學研究所碩士

賴 永 設

Yung-Sheh Lai

摘 要

研究為配合省府地政處土地重劃規劃總隊進行重劃工程作業電腦化之開發，而以雲林縣褒忠鄉同安頂重劃區為改善作業之模擬研究區域，依據現行農地重劃工程農水路規劃設計準則，並蒐集重劃區之地形圖、農地坵塊圖、像片基本圖、灌溉排水系統圖、土壤生成形態性質分佈圖，以及水文、道路、區劃和相關工程計畫等資料，結合上述之屬性與空間資料，利用 ArcCAD 地理資訊系統，建立重劃區規劃設計地理資料庫，以迅速有效提供重劃人員擷取、利用所需之屬性、空間資料，並作有效的管理與其他運用。此外透過操作界面之設計與輔助工程規劃設計作業及資料查詢、展示等系統功能的製作，重劃工程設計人員在較熟悉之中、英文並存的 CAD 功能表作業環境下，除可增進於設計、修繪農地重劃農水路工程規劃圖之效率外，藉由優異的成果展示與查詢系統，亦可協助重劃作業之順利推行，提昇重劃作業之成效。

關鍵詞：農地重劃，農水路工程，ArcCAD 地理資訊系統。

ABSTRACT

In view of the importance of planning and design of farmroad and canal system in farmland consolidation, Tung-an-ting Land Consolidation Area in Paochung Township of Yunlin County is taken for simulation and study on the improvement of farmland consolidation. Based on the planning and design standard for farmroad and canal system in farm land consolidation, some of basic data need to be collected as follows: topographic map, farm plot location map, irrigation and drainage system, soil maps, road network and hydrological data, improvement works related to land consolidation, and other related irrigation and drainage projects.

Using ArcCAD geographical information system, the aforementioned attributive and

spatial distributed data of the said land consolidation area are to be associated in a geographic database. Thus, the personnel in charge of land consolidation can immediately retrieve and utilize the said data for efficient management as well as for other use. In addition, through the operation interface, computer-aided design, and finding and display of data, the design engineers may use together Chinese and English version CAD to enhance the efficiency of design and drawing preparation. Furthermore, by means of finding system and display of excellent results, computerization may facilitate smooth implementation of land consolidation and increase effectiveness of work.

Keywords : Farm Land Consolidation, Farmroad and Canal Engineering, ArcCAD
Geographic Information System.

一、前言

農地重劃工程之作業相當繁重，其主要之工作項目包括(一)土地交換分合、重新辦理土地分配，(二)農水路規劃設計施工，(三)相關工程之配合改善，(四)地籍測量與管理等。其中的重劃區農水路工程規劃設計、施工作業之良窳，將對整個重劃工程之品質與重劃效益有決定性之影響。近年來，擴大辦理農地重劃工作已被列為重要施政，目前本省農地重劃工程之規劃設計工作，是由省府地政處土地重劃規劃總隊來執行，且現階段重劃工作執行上，在重劃區地形均較以往為複雜，同時普遍又面臨工程技術人員缺乏，人力異動頻繁，對於一般工程設計，需要投注大量人力之工作，諸如資料彙整，公式數據之檢算，成果圖表之繪製等，益顯費時、費力，影響工作進度的情形下，現行之規劃設計作業方式，已難負荷重劃工程之重任。是以就農地重劃農水路工程規劃設計作業，因應配合資訊管理，運用電腦輔助自動化作業處理，改善現行作業方式，誠屬必要。

本研究主要根據現行農地重劃工程農水路規劃設計之準則，同時參酌以往良好之經驗、方法與農民之認知，以確立規劃設計作業電腦化改善之方法，並以雲林縣褒忠鄉同安頂重劃區為研究區域，蒐集該重劃區之地形圖、像片基本圖、農地坵塊圖、灌溉排水水路圖，以及水文、地質、土壤、道路、區劃和相關工程計畫等，經由 ArcCAD 地理資訊系統設計軟體中 ARC/INFO 的 GIS 功能，將上述集取的重劃區屬性與圖層資料處

理成適當的數值資料格式，建立重劃區規劃設計地理資料庫，再將重劃區資料利用精確的 CAD 電腦輔助設計繪圖功能，進行農地重劃農水路工程圖的規劃修繪。在 ArcCAD 系統中由於 ARC/INFO 與 CAD 兩系統的順利整合，使得不論是 AutoCAD 的繪圖檔或是 PC ARC/INFO 的地理圖層資料，都能在 ArcCAD 的視窗環境下，十分方便的做存取、增修的工作，特別是在 AutoCAD R12 中文版的系統環境下，除了具有中文顯示與輸出的重要功能外，再配合上功能表選單的製作與 ADS 及 AutoLISP 程式語言的撰寫，將使得重劃技術人員在對話框式的使用界面上能更方便、簡捷的從事規劃設計作業。如此的規劃設計系統將能開發一可正確處理、分析重劃區地理資料，且方便規劃設計與修繪工程圖的電腦作業模式。其對於農地重劃農水路之規劃工作，將能提供一精確且有效率之作業方式，以及良好的成果展示與查詢系統。此外對於重劃區之各項地理資料，亦能作完善之管理與應用，同時可配合重劃工程相關之工程統計分析，如區劃用地面積，農水路配置數目、長度等。相信以如此的資料處理過程，將可提供技術人員更便捷地規劃設計；以展示與查詢功能，可作較佳的成果展現與明確的內容解說，以期促使重劃工作之順利進行。整合前述之研究方法，可由圖 1 之規劃設計模擬作業流程圖加以說明。

二、規劃設計作業現況

有關規劃設計作業之現況，以目前省府地政

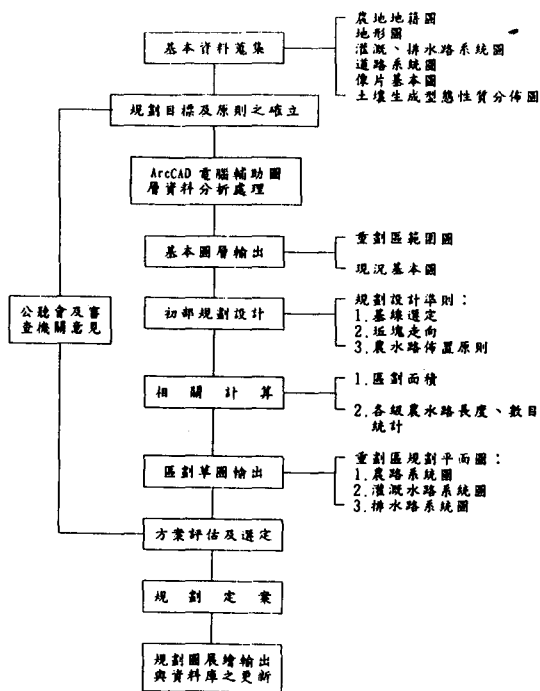


圖 1. 模擬農地重劃農水路工程規劃設計作業電腦化流程圖

處土地重劃工程規劃總隊代辦農地重劃工程規劃、設計之業務，其作業流程自規劃分隊之工務所進駐重劃區至工務所完成任務撤退，可由圖 2 之流程圖表之。

三、規劃設計作業改善模式之建立

(一)改善作業方式之研擬

農地重劃農水路工程規劃設計作業改善之研擬，是針對規劃設計業務執行方法的改善，主要在強調使其作業過程能較以往更具效率，作業品質更加提升。而要符合此項改善要求，則非得藉電腦輔助自動化作業之助不可。目前輔助工程規劃設計的電腦應用軟體，其發展已相當成熟，尤其近年在地理資訊系統的快速發展下，使得水利工程與農業工程的領域上，亦獲致許多良好的應用研究成果。本研究之課題乃在於利用 ArcCAD 地理資訊系統設計軟體之優異功能，發展農地重劃農水路工程規劃設計各項辦理業務之電腦輔助作業模式，促使農地重劃農水路工程規劃設計作業

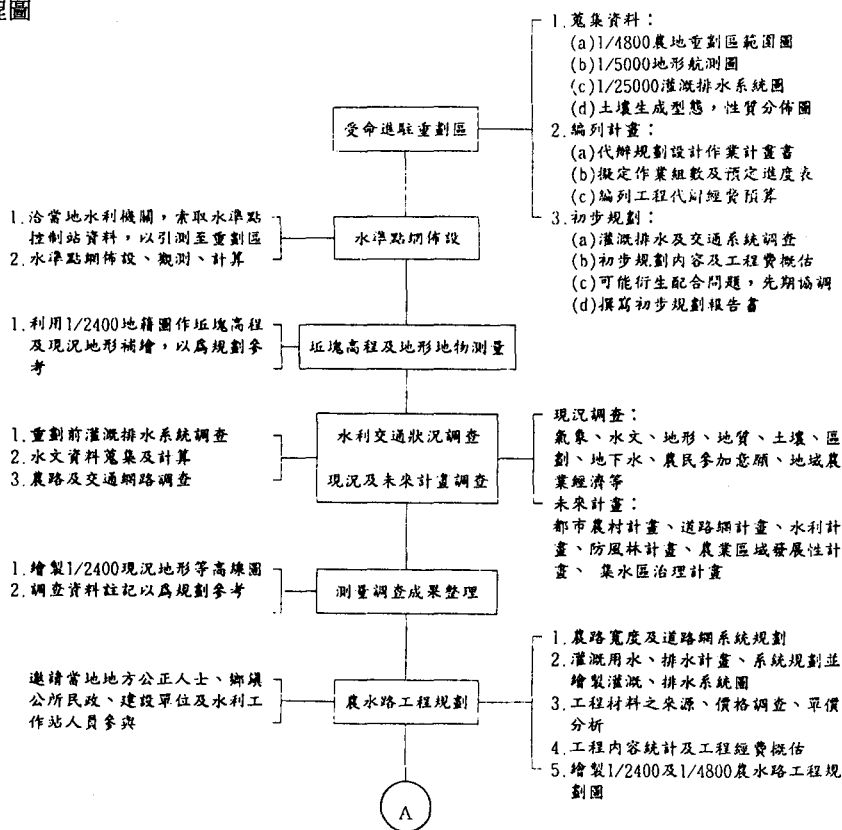


圖 2-1 臺灣省政府地政處土地重劃工程規劃總隊代辦農地重劃工程規劃、設計業務作業流程圖

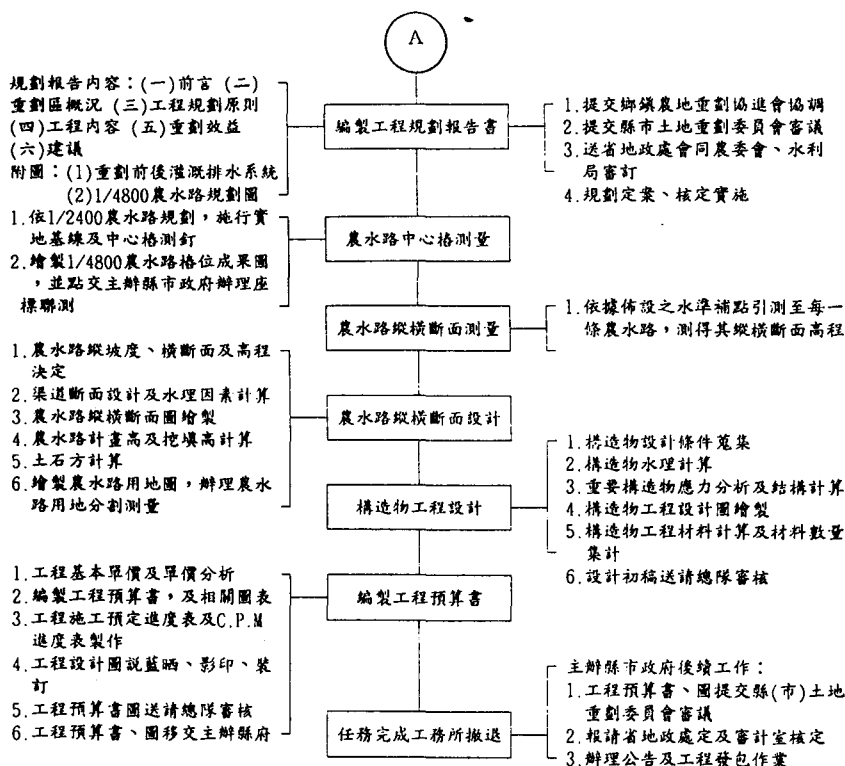


圖 2 (續) 臺灣省政府地政處土地重劃工程規劃總隊代辦農地重劃工程規劃、設計業務作業流程圖

從原始之水文、地文資料收集、整彙、分析、數化、建立重劃區地理資料庫，至工程規劃圖之設計、修繪、檢算與成果之查詢、展示，能建立一套更有效率的操作模式效率化。目前研擬開發的作業項目包括水準點網佈設，坵塊高程及地形地物測繪，資料檢算統計，以及農水路工程平面圖之規劃、展繪等項目。

(二)作業改善模式之原理與架構

本研究是利用 ArcCAD 地理資訊系統設計軟體來進行農地重劃農水路工程規劃設計作業電腦化之開發工作，其模式建立之理論與架構以圖文顯示如下：

1. 資料輸入

在進行農地重劃農水路工程規劃設計電腦化之過程中，有關的基本地理資料大致可分為自然因子和人文因子兩方面。自然因子包括地形、土壤、水文、及氣象，而人文因子則有地籍、土地利用、水路系統、道路系統及水準點。這些資料

要經轉換、數化(digitizing)、和鍵入(key in)等方式，才能輸入電腦中，成為 ArcCAD 可加以分析和繪圖的資料。

2. 建立資料庫

在建立農地重劃地理資訊系統時，必需將龐雜的重劃區地理資料有系統地組織成資料庫。這種系統主要是將資料以點、線及多邊形等不同形式，分層處理及儲存，如地形資料在資料庫中，分成了高度(點)、等高線(線)、等數個基本因子，以使將來作規劃設計處理及分析工作時，能有效地擷取及更新所需要的資料。

3. 分析及整合處理

因研究模式所需，資料分析和處理之方式便不盡相同，一般之處理方式有建立位相關係(topology)、各種重疊分析(overlay analysis)、分析之聯集(union)、交集(intersect)、環框建立(buffer-creation)模式化(modeling)、以及檢算統計與資料查詢等。在本研究中所處理的問題，是以重劃區

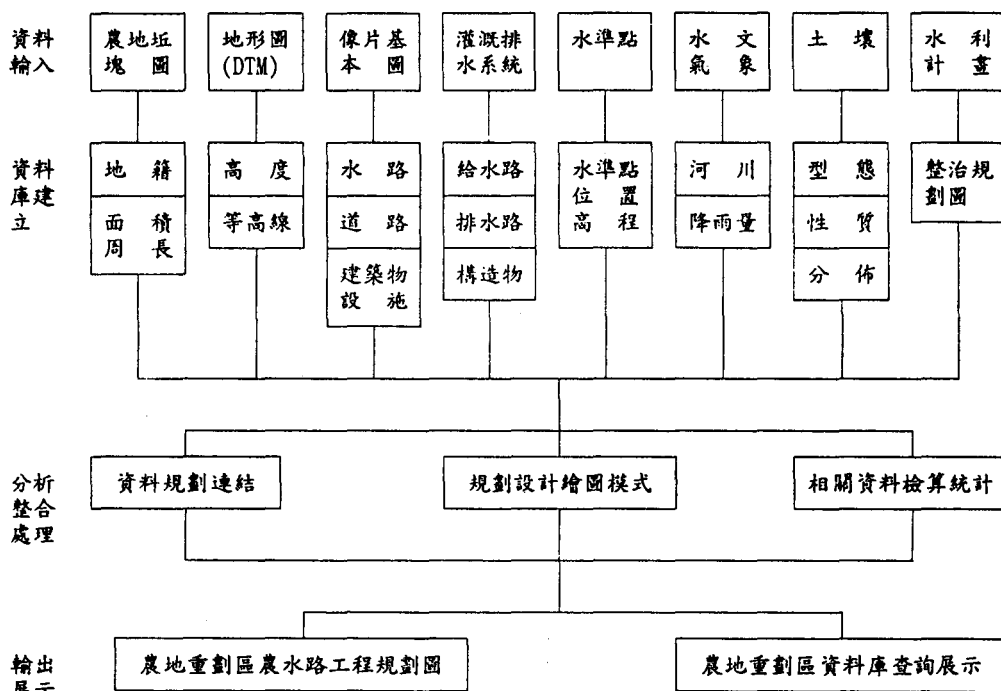


圖 3. 農地重劃農水路工程規劃設計電腦化理論模式架構圖

之基本地理資料，經上述不同之處理方式，以圈定精確之重劃區範圍圖，再配合規劃設計繪圖模式、計算模式，來進行重劃區農水路工程規劃設計作業，及資料檢算統計作業。依循這種分析方法，可以處理各種不同研究需求。

4. 輸出及展示

由地理資訊系統所建立的重劃區地理資料，其有效輸出及展示的方式很多，如以印表機輸出報告，以及彩色繪圖終端機顯示，更可用繪圖機詳細地畫出比例尺等都相當精確的分析結果圖。利用此模式可正確且快速的展現規劃設計之結果，也可進行面積、長度等各種相關資料之計算，再加上查詢系統功能之運用，將可提供農地重劃執行單位更方便且有效率地利用此資訊進行規劃設計作業，亦能協助決策者作較佳的方案評估與選定，進而有效發揮重劃效益。

(三) 系統之組成

農地重劃農水路工程規劃設計作業改善模式之建立，是藉由 ArcCAD 地理資訊系統來進行設計，而 ArcCAD 系統的組成與系統資料之建構，即

為模式構成骨架與規劃設計運作之基礎。

1. 資料之建構

本研究所需之重劃區地理資料繁多，故資料之建構與整合工作全需經由 ArcCAD、ARC/INFO 地理資訊系統等軟硬體資訊設備、重劃區地理資料庫 (Database)，以及設計操作人員所組成的資料庫規劃設計系統，進行有效的數化、擷取、儲存、修繪，分析，更新及展示所有地理資料。其中地理資料的空間分析，主要是利用 AutoCAD 與 ArcCAD 之編輯、繪圖指令結合系統、Buffer 環框建立系統及 OVERLAY 套疊分析等系統功能來作業。而在資料的連結查詢上，則可利用記錄主題 (record themes) 與 dBASE 之資料庫管理作不同型態資料之連結、整合及各種空間或屬性之查詢。此外，ArcCAD 更提供目錄 (menu) 功能表選單，以及 AutoLISP、ADS 程式語言，透過指令、程式之編寫與執行，可產生更生動也更自動化之資料運作系統。

農地重劃農水路工程規劃設計、所需蒐集之資料項目、內容繁多，其中表 1 所示為農地重劃農

水路工程規劃設計之基本地理資料，是建立重劃區地理資料庫之主要資料，而依其各種不同的存在型態，需分別以不同之方式建立之。目前除了農航所之農地坵塊圖和中央大學太空及遙測研究中心之數值地形模型(DTM)為已數化之完整資料檔外，其他各項空間圖形資料與屬性資料皆需以

表 1. 農地重劃基本地理資料項說明表

資料名稱	資料型態	屬性內容	資料來源	比例尺
農地坵塊圖	面向量模式	坵塊面積、周長、段號、耕作種類。	糧食局	1/5000
地形圖	印刷圖	地形等高線、道路、水系。	內政部資訊中心	1/25000
像片基本圖	像片圖	道路、水系、建物、聚落池等地貌。	農林航測所	1/5000
數值地形資料(DTM)	點網格模式	地形之座標、位置、高程。	中央大學太空及遙測中心	1/5000
灌溉排水系統圖	水系圖	灌溉系統之幹支分線、給水路別，及排水系統水路別。	雲林水利會	1/4800
水準點	點	水準點位置、高程。	地政處規劃總隊	1/4800
相關改善工程	規劃圖	新莊大排水改善工程	地政處規劃總隊	1/4800
配合水利計畫	規劃圖	新虎尾溪整治工程	臺灣省水利局	1/25000

人工數化或鍵入方式來建檔。有關重劃區地理資料建檔作業之流程，如圖 4 所示：

2. 規劃設計之準則

目前全省農地重劃農水路工程規劃設計準則所採用的統一標準，是依據臺灣省地政處所編製之農地重劃農水路設計規範。此規範為規劃總隊執行規劃設計作業所遵循之大原則，實際應用於重劃區現場，則可因地制宜，作最合適之修正設計。

(1) 規劃設計之原則（請參考文獻 1）

- A. 農路系統規劃原則
- B. 給水路系統規劃原則
- C. 排水系統規劃原則

(2) 規劃設計步驟

A. 區型計畫

區型計畫是以 1/2400 比例尺的重劃區現況圖作為佈設基本圖，計畫骨幹為重劃區之幹線，故在選定基線及劃定重劃區範圍之後，應先決定重劃區內之給水路與排水路位置，再佈置農路及小給、排水路。原有幹支分線灌溉水路、或大排在不影響區型計畫原則下，儘量依照原位置整飭或截彎取直。地形起伏之重劃區，灌溉幹線應設置於地形之高處，大排水路則佈置於區域之低處；平坦之重劃區則幹線給、排水路可沿農路並行設置之。其規劃設計步驟概如下列所示：

a. 選定基線（一般選擇不易變更位址之分界線為重劃基線，如公路、鐵路、水路、行政界線等）。

- b. 繪定幹線農路。
- c. 繪定水源路線。
- d. 佈置主給水路、主排水路。
- e. 佈置主要農路。
- f. 佈置小給水路、小排水路。
- g. 其他補給水路、放水路。
- h. 繪定田間農路、補設農路。

B. 系統之銜接

- a. 重劃區域內外道路系統之銜接。
- b. 灌溉排水路系統與區內相關工程配合銜接。

(四) ArcCAD 分析處理系統

ArcCAD 是結合地理資訊系統(GIS)軟體 ARC/

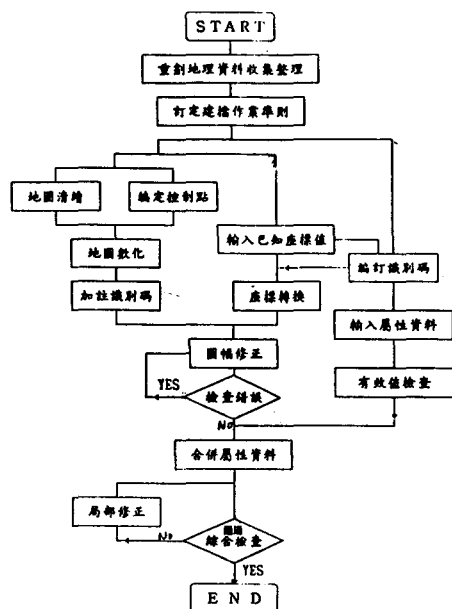


圖 4. 建档作業流程表

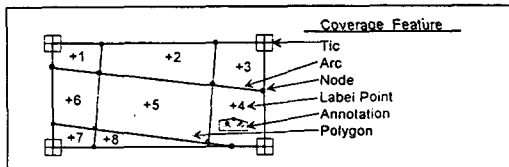
INFO 與電腦輔助繪圖設計軟體 AutoCAD 的智慧性軟體，具有 GIS 的地理資料空間處理、分析、查詢、展示、統計等多項特殊功能，以及 AutoCAD 各項優異的繪圖、設計、模擬展示能力。

本研究是利用 ArcCAD 之系統功能，嘗試建立農地重劃中，有關農水路工程規劃及設計作業之改善模式。由於 ArcCAD 善於分析處理、展示各種地理資料，故可將重劃區中的各種地理現象，如地籍、水系、道路、建築物、水井及土質等相關資料，有系統地建立"重劃區地理資料庫"。並將農地重劃農水路工程規劃設計時所需之各項地理資訊建立成數值圖檔，以配合電腦化操作，增進重劃作業之成效。

茲將應用於農地重劃作業中之 ArcCAD 系統組成與資料模式加以說明：

1. ArcCAD 系統資料模式

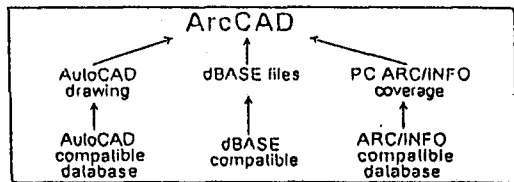
ArcCAD 系統中所建立的各種空間地理資料，均是由圖形元素 (Coverage Feature)，點 (node)、線 (line)、多邊形 (polygon) 及輔助圖形元素，控制點 (Tic)、標示點 (Label Point) 及圖面註記 (Annotation) 所組成，其相互間之關係如下所示。



2. ArcCAD 組成與功能

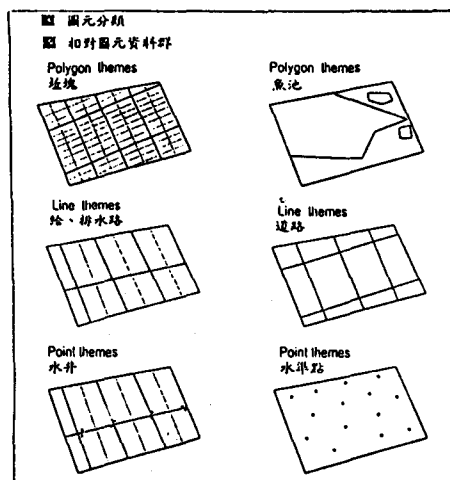
ArcCAD 是一個整合 CAD 與 GIS 技術的電腦軟體，能提供使用者完整的地理資料庫及 CAD 與 GIS 操作功能。其整合 ARC/INFO 與 AUTOCAD 主要目的是延伸 AUTOCAD 之資料系統、繪圖系統模式於 GIS 資料庫及操作分析功能，並以 AUTOCAD 的選單界面模式作為整合後 ArcCAD 的使用功能選單界面，讓對已經熟悉 AUTOCAD 選單界面之使用者更容易學習 ArcCAD 系統。ArcCAD 系統之基本軟體需求包括 AUTOCAD Release12 及 ArcCAD Release11.3 等基本配備。

(1) ArcCAD 系統之資料來源



(2) ArcCAD 主題 (theme) 之組成

ArcCAD 透過各種主題的定義，建立 CAD 的圖形檔與 GIS 圖集間連結與執行的界面，其主題組成的考慮因素為圖元種類與圖元屬性，其中每一個主題只能代表一個圖元種類，通常點、線、多邊形會分別存在不同的主題中。而一個主題中圖元屬性亦以圖元所代表的意義不同而分別存放。



(3) ArcCAD 主題 (theme) 說明

A. ArcCAD 系統下要表現的主題是一具有屬性代表的圖形體。

B. 圖元資料存放在 GIS 圖集中。

C. 主題可從 CAD 的資料檔產生 GIS 圖集，並對圖形執行查詢及分析功能。

ArcCAD drawing :

- 是一個存放圖形元體及性質的檔案。
- 主題存放在 ArcCAD drawing 的圖層中。
- 使用 ArcCAD 的編輯器來建立更正圖形。

GIS data set :

- GIS data set 是一個存放圖元體的目錄。

b. 運用 GIS data set 中的座標、空間關係、屬性資料來執行 PC ARC/INFO 的 GIS 功能。

ArcCAD 工作區資料結構圖將系統組成資料之組織架構清楚的表示，而根據此工作區目錄，使用者即可在 ArcCAD 系統本身之操作環境，亦或在自行開發之使用者界面環境下，依自己之工作需求，順利且便捷地運用所有空間與屬性資料，以進行各項作業。如本研究之農地重劃農水路工程規劃設計作業，其所需重劃區之地理資料，即依不同性質，如農地丘塊、渠道、河流、道路、土壤性質分類、等高線、水準點、水井、建築物、魚池等，而分別建立成 Polygon、Arc、Point 等型態之圖層資料，並使每一種圖層之空間與屬性資料，皆具有相同座標系統之位相關係。此種系統資料結構，除可方便針對單一圖層做分析處理外，亦可同時結合數個圖層作疊合、交集、聯集、差集等空間分析工作，以達到各項規劃設計作業之要求。

然而，由於重劃作業之相關資料內容繁雜，且執行 ArcCAD 系統功能所需之操作指令眾多，故要順利的操作 ArcCAD 系統，且迅速正確的完成規劃設計作業，實非一般技術人員在短期間所能勝任。因此設計符合重劃作業需求之便捷的操作模式，以較具親和性的系統功能選單環境，提昇規劃設計作業之執行效率，是本研究主要目的。而有關系統各項功能之製作，於後探討。

(ii) 模式之建立與運作

1. 系統功能製作

本研究建立之農水路工程規劃系統，主要之功能製作包括資料建立系統，及規劃、繪圖系統。其分別由 ArcCAD 系統之功能指令，透過功能表選單之設計製作而成。目的為讓使用者在極具親和力的功能選單與對話框操作介面環境下，依規劃作業內容與程序，選擇適當之系統功能，輔助進行農地重劃農水路工程之各項規劃工作。

此系統功能表可分為，按鍵功能表、螢幕功能表及下拉式功能表三類，其主功能包含圖層、查詢、繪圖、編輯、工具、位相、分析、展示和輔助等九項，每項主功能皆包括若干項副功能，系統實際之分析處理工作，即由使用者選擇副功能指令來執行。使用者於操作系統時可依習慣任

意選擇使用按鍵、螢幕或下拉式功能表，茲將功能表之內容列示如表 2。

2. 系統整合運作

整個農地重劃農水路規劃設計系統之操作界面是由數個選單功能表所構成，其中 ArcCAD 系統本身即具有 ArcCAD menu，Acad menu 兩個主系統功能表，分別控制著系統的 GIS 功能及 CAD 功能，且於兩主功能表項內之副功能表項中，另有 ArcAcad2 menu 與 ArcCAD12 menu 作為 GIS 與 CAD 系統功能之切換功能表。至於本研究之 FarmLand menu 其主要設計構想，是基於簡化原本兩系統繁多之功能指令，省去兩系統間相互切換之麻煩，以及符合重劃技術人員之操作習慣的雙重考量下，加以分類、整合而成。

(1) 資料庫建立

本研究蒐集之資料除了農地丘塊與 DTM 資料外，其餘圖層資料皆需經由數化方式建立，數化系統可由 AutoCAD 之數位板功能配合 ArcCAD 指令組成，亦可直接使用 Arc/INFO 系統之數化子系統 (Arc Digitizing System, ADS) 進行數化，建檔之方法則是利用位相與圖層之系統功能。運作過程如下：資料數化輸入→建立位相→檢核除錯→建立正確之空間資料與屬性資料檔→定義主題型態→儲存基本圖檔。

(2) 農水路工程之佈置設計、修繪

農水路系統之佈置，需以重劃區之現況圖、丘圖與等高線圖等基本圖作為設計參考，而由技術人員依據重劃規劃準則與設計經驗，以及所有重劃區資訊之詳細考量下，進行規劃作業。採用之系統功能包括圖層、展示、繪製、位相功能等。運作之過程如下：

開啓重劃區基本圖層→展示主題內容→農水路系統依序佈置、修繪→重建位相關係→檢核除錯→定義農水路主題型態→重新儲存規劃圖檔。

3. 規劃結果之展示、查詢、統計

(1) 展示

上述農水路工程之規劃佈置是按規劃步驟依序規劃，並建入不同層 (Layer) 中，所以規劃結果即可依重劃技術人員之作業需求，以圖層凍結與解凍之指令功能，選擇單層、多層、全圖或局部選擇性展示規劃圖。所採用之系統功能包括圖

表 2. 系統功能表

圖 層	查 詢	繪 圖	位 相	屬 性	分 層	展 示	輔 助	工 具
Open ...	Xselect	Draw ->	Build	Additem	Buffer	Annotxt	CADhelp1	Copycov
New ...	-----	-----	Clean	Dropitem	Clip	Arc ->	Archelp1	Listcov
Save ...	Reselect	Ent Prop	-----	Indexitem	Dissolve	Point ->	-----	Renamcov
Save As	Nselect	Layer Set	Createlab	Joinitem	Eliminate	Poly ->	Cancel	Browse
-----	Aselect	Dwg Aids	IDedit	Pullitem	Erasecov	Label ->	Undo	Browse mode
Theme ->	Clearsel	-----	Mnode	Moditem	Extract	Tics	Redo	DBdir
-----	-----	Entity Modes	Renode	-----	Identity	-----	-----	Describe
Plot ...	Identify	Point Style	-----	Addrec	Intersect	Pan	Object snap->	Export
-----	Items	-----	Clrerror	Delrec	Union	Zoom	-----	Import
DXF IN	ListDB	Dim Style	Laberror	Modrec	Update	-----	Inquiry ->	-----
DXF OUT	-----	Units Control	Noderror	Moveitem	-----	Symbols >	-----	End
-----	-----	-----	Resize	-----	Near	-----	Calculator	Quit
Exit Fland	-----	Edit ->	ModOne	Relate	Nodepoint	-----	-----	-----
			Append	AddXY	Class			AutoCAD ..
			Mapjoin	-----	Frequency			ArcCAD ...
			Split	DATAFILES >	Statistics			

			Feature ->					

層與展示功能表。

(2)查詢

查詢規劃內容時，使用者可針對開啓之圖層，利用查詢功能表之查詢指令，以定義之主題為範圍，先選擇欲查詢之任一圖元，即可查看其所含之屬性內容。

(3)統計

以分析功能表之統計功能，進行規劃內容之統計，是以圖層中所定義之農水路主題為統計對象，以其中各屬性項目為統計單元。使用者可選擇全部資料統計，或指定資料項目加以統計，系統並將統計結果以 dBase 資料檔輸出，以供進一步計算分析。

四、模擬規劃作業

藉由農水路系統規劃設計模式之建立，實際之規劃作業模擬，在此選擇了雲林縣褒忠鄉同安頂重劃區來驗證電腦輔助規劃作業之改善成效。

(一)建立重劃區資料庫

重劃區資料庫建立，除事前之資料蒐集、評估，並根據規劃總隊之使用需求，決定資料模式與結構外，主要過程為進行資料之輸入、處理，以及空間和屬性資料庫之規劃與連結。本研究以

ArcCAD 為執行系統，故資料模式皆採向量 Vector 格式，資料結構亦以 ArcCAD 系統資料結構為主體。

1.基本資料之輸入與處理

建立重劃區地理資料庫之目的，即在將進行農水路工程規劃需要之多項基本資料，依其個別存在之資料型態，藉由 ArcCAD 系統之數化與轉換處理功能，一一建立製作成具相同資料結構的數值圖檔，組成重劃區圖層資料庫，以供規劃設計作業有效擷取利用。

茲針對構成農水路工程規劃設計所需之基本地理資料之輸入與轉換處理過程分別加以說明：

—農地坵塊圖—

糧食局航測耕地資訊系統中農地坵塊基本資料檔，是以 Unix 版本的 Arc/INFO 系統所建立，因此必須先經 Import 轉換為 PC 版之 Coverage 型態，再加以利用。整個系統資料是為向量式資料型態，每個農地坵塊是以 Polygon 形式儲存五分之一像片基本圖上所有坵塊邊界位置之面狀圖形資料及屬性資料，包括坵塊之面積、邊界線周長、地號、角度、重劃非重劃區、山坡地、坡度段號及耕作種類等。

由於農地坵塊圖為已數化之 Arc/INFO 圖檔，故本研究所需之坵塊地籍圖層資料，可利用空間分析功能直接連結合併 (Append) 有才寮、龍巖農場、孫厝寮三張圖幅，再擷取 (Reselect) 重劃區範圍內之空間與屬性資料，即可於 ArcCAD 資料庫系統中建立一農地坵塊圖檔。

—像片基本圖—

農航所製作之臺灣地區 1/5000 比例像片基本圖，係採用橫麥卡托投影 (Transverse Mercator Projection)，TM2 度分帶座標系統為圖層空間座標系統。故在本研究中所有圖形的數化、組合及套疊等空間分析功能之操作，皆以此座標系統為參考座標。

農地重劃區內之道路、河流、水路、建築物、魚池等地貌，一般都能在像片基本圖中清晰呈現，故有關重劃區現況地形資料，即可自像片基本圖中依圖徵分層作數化處理，並建立空間位相關係，再分別儲存為圖層資料檔。農水路工程規劃設計需對照重劃區現況地形圖檔，故按所需之資料型態分類建檔，如重劃前之灌溉排水系統，依規劃設計所需以線段 Arc 之主題型態，建立水路系統空間資料，並以記錄資料 Record data 主題型態，將雲林水利會提供之同安頂重劃區灌溉排水系統圖中，水路系統名稱、斷面寬度等屬性資料加以定義，再與空間資料連結，即完成灌溉排水系統圖之建檔作業。

—數值地形資料 (DTM) —

本研究所蒐集之數值地形資料 (Digital Terrain Model)，是比例尺五千分之一，解析度 $40m \times 40m$ 之數位格式資料，其由法國 SPOT 衛星攝得地形影像，傳送至中央大學太空及遙測研究中心後，再以一種地表剖面上的等向距取樣點矩陣來表示圖幅上地形之高程。

由於 DTM 資料係由衛星影像而來，其資料型態為 Raster 格式，故要先利用影像處理系統軟體 (MIPS)，將原來之高程資料製成等高線圖後，以 DXF 圖形交換檔之格式輸出，再利用 ArcCAD 系統之 DXFIN 指令功能將其轉入 ArcCAD 系統中，建立位相關係後形成 GIS 圖形檔，即為所需之等高線圖檔。

目前重劃工程之坵塊高程測量作業，有效率

與人工測量誤差之問題，因此本研究另以資料取得、處理容易之數值地形資料，迅速製作重劃區等高線圖檔，同時作為規劃時之參考。但因目前 DTM 資料之解析度尚不夠精細，故在坡度較陡，地形變化較大之重劃區，其參考價值會降低。

—水準點—

重劃區水準點之佈設與檢測作業，係由規劃總隊之測量人員以水準儀實際於重劃區測量而得，每平方公里約分佈四點，檢測之結果標示於 1/4800 基本圖上，以作為坵塊高程引測之依據。

在本研究中，水準點係以數位板數化之方式輸入，而以點主題來定義其資料型態，附加水準點高程屬性資料。

—配合水利計畫—

同安頂重劃區北臨新虎尾溪，須同時配合水利局之新虎尾溪整治工程，考慮重劃區內水系、道路之配置。其整治計畫資料，是由數化二萬五千分之一整治規劃圖之方式輸入，並以多邊形主題定義其資料型態。

2. 資料之規劃與連結

重劃區資料庫中所建立之地理資料，其空間與屬性資料需經適當之規劃與連結，方能供使用者作有效之利用與存取。農水路工程規劃設計作業之執行，需以詳盡之重劃區資料作為規劃參考基準，內容應包括重劃區現況圖、農地坵塊圖、土壤生成型態性質分佈圖等。圖 5 即為同安頂重劃區重劃前之實況圖。

重劃區資料庫之資料規劃重點，在於將各種地理資料依農水路工程規劃設計所需型態加以定義，以使各項資料圖層分別具有 Polygon、Arc、Point 等資料性質，並隨時可依作業所需附加若干屬性資料，以充分支援重劃技術人員之操作需求。至於資料之連結則主要在提供使用者一個更方便作不同資料處理的操作環境，在此主要仍以 ArcCAD 系統工作區為架構，而以重劃區包含之基本圖層資料為主體。另外，由於系統之資料相容性佳，且輸入、輸出、轉換界面亦方便，故除了所有圖層資料能同時予以分析處理，供規劃與修繪外，相關 ArcCAD 圖檔與 dBase 資料檔亦能隨時載入，加以連結利用，充實重劃區資料庫。概將資料之連結架構以圖 6 表之。

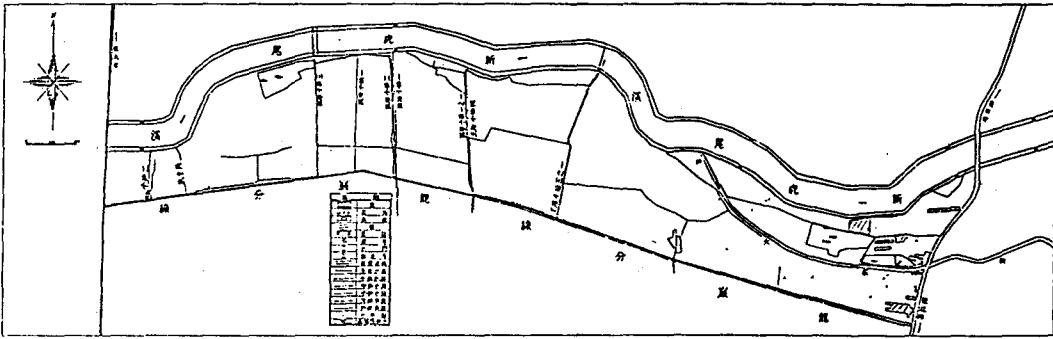


圖 5. 重劃前現況圖

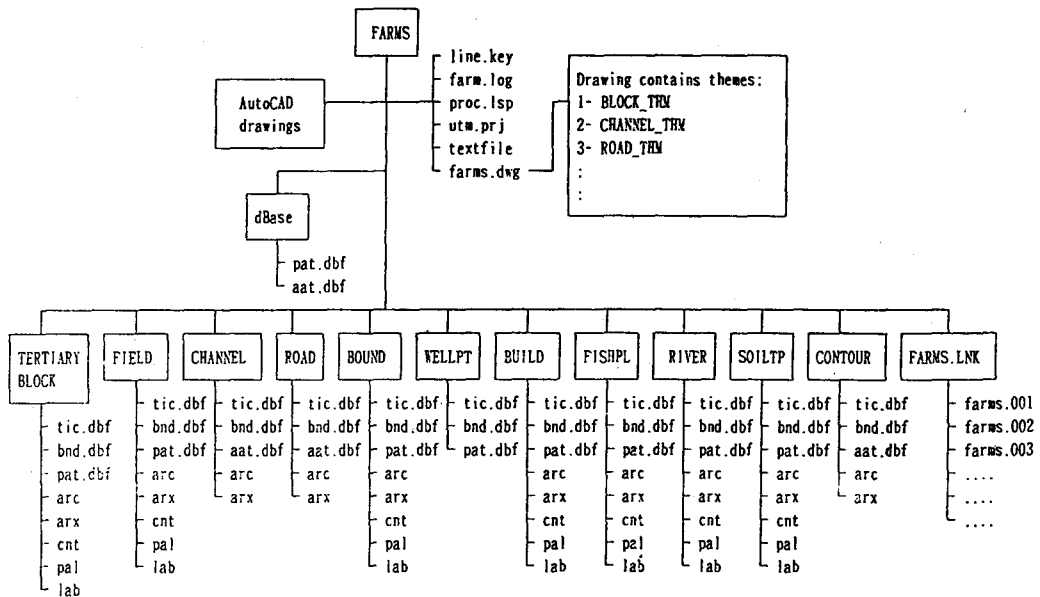


圖 6. 系統資料規劃連結架構圖

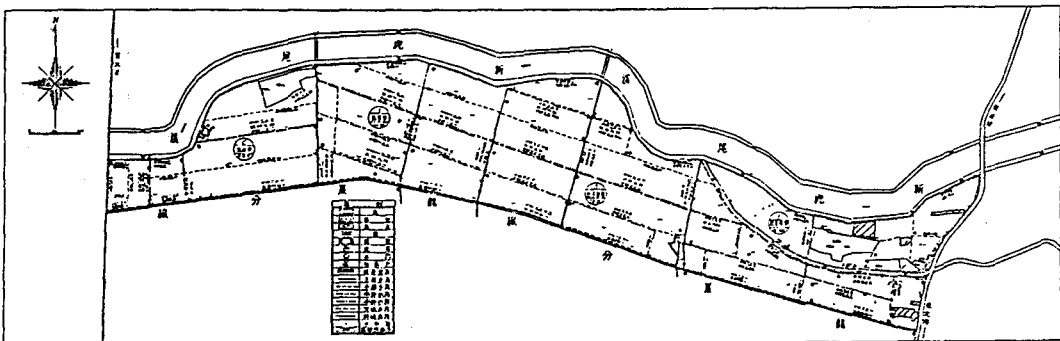


圖 7. 同安頂重劃區農水路規劃圖

(二) 農水路工程規劃作業模擬

農水路工程規劃之要點為確實掌握重劃區狀況資訊，在基本規劃準則之大前提下，使實際規

劃作業能因地制宜，滿足農民之真正需求，達到重劃之最大效益。

農水路工程規劃成果應包含農路計畫、灌溉

計畫、排水計畫等各項系統規劃圖，經按規劃圖，經按規劃設計之步驟，依序完成農水路工程規劃作業模擬，其規劃成果展繪如圖7所示。

(三)改善效益

1.預期改善效益

重劃區之資料蒐集，除原來作業所需之基本地理資料外，在本研究中亦同時採用了糧食局之農地坵塊圖檔與中央大學製作之DTM資料檔，作為規劃設計參考，並將所有資料經適當之規劃與連結建立成重劃區資料庫，如此則所有資料可依不同之作業需求，以不同之型態或比例隨時輸出，以供利用。而此舉除可實際增加作業效率外，透過資料庫建立，亦可使得原本管理、保存不便之重劃區資料，獲得簡單有效的管理與儲存，並可供其他相關作業或研究所使用，提昇資料之利用價值。

本研究之系統設計重點，主要在藉電腦輔助作業，提昇規劃設計與繪、修製圖之效率與方便性，除欲使各重劃辦理單位在既有人員編制下，能有較充裕之時間作更精細周詳的規劃外，更希望能達到規劃之即時修正，以利做最佳方案之選擇，間接增加農地重劃之效益。

2.改善效益分析

當我們以輔助規劃系統，由重劃技術人員實際進行農水路系統規劃設計作業時，在既有之人力作業下，究竟可因此產生多下改善效益，是我們所關心的。針對此一問題，本文以T.P.Wright提出之學習曲線理論來評估當重劃人員使用電腦輔助規劃作業時，隨著操作系統之次數增加，產生之工時節省效益。

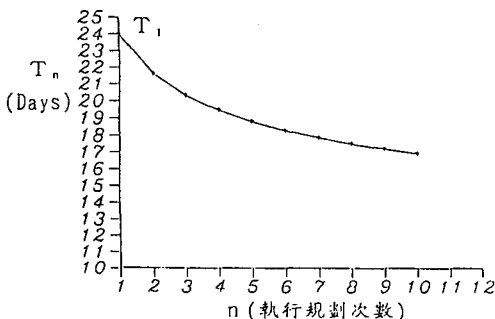


圖 8. 學習率 90 % 之工時節省效益

T.P.Wright之學習曲線概念，是說明當工作人員以輔助作業系統不斷進行某項工作時，此項工作通常會逐步獲得改善，且執行的次數愈多，則累積之經驗將使完成工作所需時間愈少。將此概念以學習曲線來加以表示，其關係式如下：

$$T_n = T_1 \times n^b$$

式中 T_n = 第 n 次執行規劃作業所需時間

T_1 = 第 1 次執行規劃作業所需時間

學習係數 $b = \ln(\text{學習}\%) / \ln 2$

學習% (學習率) = 使用輔助規劃系統作業，每次規劃執行時間，以一固定比率下降，此固定比率稱之。

依據地政處修正實施之 82 年度臺灣省各縣市辦理農地重劃工作程序及進度表所示，重劃區規劃之工作進度為 184 日，其中農水路系統規劃為 45 日，繪製農水路系統規劃為 16 日，地籍藍曬圖套繪農水路系統為 10 日。但經調查，目前重劃單位之執行進度，一般皆控制在兩個月內完成，亦即實際農水路系統規劃工作約耗時 24 日。所以學習曲線之 T_1 值，在此令為 24 日，而其學習率估計在只有 90 % 之情況下，其工時節省效益如圖 8 所示。

五、討 論

1. 目前本省農地重劃先期規劃之農水路工程規劃設計，常受制於辦理單位人力不足與重劃時限之倉促，未能詳查重劃區各項資訊，而使規劃設計結果往往不夠完善，以致施工時常需再變更規劃設計案，形成影響工時且浪費公帑之弊端。因此，完善之規劃實有賴各項現況資訊之即時掌握，故於執行先期規劃時，除需確實進行重劃區之現況調查外，亦應加強對農民之意見溝通與異議協調，以及配合水利會之灌溉管理方式，以正確掌握重劃區之各項地理資訊，改善重劃工程品質。

2. 本研究設計之系統功能表，並未全以中文介面顯示，此乃據使用者需求之調查，重劃單位執行規劃設計作業之技術人員皆較為熟悉 AutoCAD 之英文操作指令，是以系統功能表在此採用中文主功能表及英文副功能表並存之作業環境，讓重劃技術人員未來能迅速熟悉操作

介面，充份發揮系統運作之效率。

- 3.重劃區資料庫中，由像片基本圖經數位儀數化而得之現況資料（如魚池、建築物面積等）同樣會有人為誤差產生，故運用查詢或統計所得之屬性資料作有關計算時，宜與實測之值比較修正後，再加以引用。
- 4.研究中採用解析度 $40m \times 40m$ 之 DTM 資料製作等高線圖，其適用於地形較平坦之重劃區，如遇山坡地或地形起伏變化較大之重劃區，則其誤差過大，將不利規劃。此時則仍應以水準點引測坵塊高程，再由人工繪製之等高線圖為主要依據。
- 5.執行重劃工程所需之地理資料龐雜，其收集與數化建檔工作亦需花費相當人力時間與金錢，是以現階段研擬用 ArcCAD 改善規劃作業、提昇效率時，應充分利用各單位已數化建檔之地理資料，例如糧食局之農地坵塊圖檔與中央大學太空及遙測研究中心之數值地形 DTM 資料等，未來更可利用內政部的國土資訊系統網路，由全國各相關單位所建立之地理資料檔，直接擷取利用共享之地理資訊，則重劃作業效率將更為提高。

六、結 論

- 1.本研究乃鑑於農水路工程規劃設計之優劣，對整個重劃區之重劃效益有決定性之影響，而嘗試以 ArcCAD 地理資訊系統進行規劃設計作業之模擬。模擬結果在資料建立系統，規劃、修繪系統與屬性查詢、統計系統的運作下，作業效率應可提昇，間接增進重劃之品質與效益。
2. ArcCAD 系統本身之指令功能界面，是由 Arcad menu 與 Acad R12menu 組成，由於兩系統功能表指令繁複，且需經常切換，造成不便，故為使重劃人員能在較簡便的系統功能表上迅速操作系統本研究乃將執行農水路規劃設計作業所需之功能指令，分類、整合成九項功能表選單，並依重劃技術人員使用習慣，採用中文主功能表及英文副功能表的方式設計。其主系統功能分別為圖層 (Coverage)、查詢 (Query)、繪圖 (Drawin g)、編輯 (Edit)、位相 (Topology)、分析 (Analysis)、展示 (Display)、輔助 (Assist) 及工具

(Tools)。

- 3.有關農水路工程規劃設計作業，係選擇正於進行施工之雲林縣同安頂重劃區為模擬對象，實際蒐集該重劃區之水文與地文資料，並依模擬作業流程進行農水路系統佈置。而實際農水路工程規劃設計作業，應由分隊有經驗之工程師主導執行，所以本研究之模擬作業主要在提供一操作實例供使用者參考。
- 4.農水路工程規劃設計模擬之結果，可利用查詢功能作設計內容之檢核與展示說明。善加利用查詢與展示系統除有助於規劃設計作業之進行外，亦能向農民作更詳盡之解說，促進重劃工作之推行。此外，運用統計功能，計算工程內容，應與實地測量結果作比較修正，以增加計算之準確性。
- 5.目前之研究模式是架構在 ArcCAD R11.3 與 AutoCAD R12 中文系統上，雖然經由目前之選單功能表使用界面，在資料建立、處理，工程規劃模擬，成果輸出與查詢、統計等功能運作過程，皆相當優異實用，但以目前之操作界面，對於不熟悉 Arc/INFO 系統之重劃技術人員，要能順利操作此作業系統，則仍須先受相當程度之訓練。因此為減少操作系統之難度，應以 AutoLisp 及 ADS 系統建立一完全屬於重劃工程規劃設計的電腦輔助作業環境，讓重劃作業更方便，有效率。
- 6.以電腦輔助農水路工程之規劃，其產生之工時節省效益，可以 T.P.Wright 之學習曲線做一簡單評估。亦即隨著重劃技術人操作規劃系統的次數增加，則每次執行農水路工程規劃作業所需時間，將呈一指數曲線下降。
- 7.由於目前電腦輔助規劃系統之發展尚未完善，故農水路工程規劃品質之優劣，仍取決於重劃技術人員之經驗與能力。針對此一問題，後續之發展研究，宜以完成規劃之重劃區，進行系統規劃作業之改善測試，以模擬出一最合理的規劃模式。

七、誌 謝

本研究承蒙行政院農委會給予經費上之贊助。臺大農業工程學研究所蘇明道教授、嘉義農

專劉正川教授、黃景春教授之指導，以及地政處規劃總隊、雲林農田水利會之鼎力相助，在此一併致謝。

八、參考文獻

1. 江渾欽 『ArcCAD 應用於土地地段資料管理系統』 CAD 與自動化科技 1994,1
2. 李煌隆 『地理資訊系統在灌溉管理上之應用』 臺大農工所碩士論文 1992,6
3. 林立義、彭莉斐、傅文賢、許清豪 『應用地理資訊系統於洪水預報之研究—以淡水河流域為例』 第12屆測量學術及應用研討會論文集 1993,9
4. 林建元、廖文祥 『地理資訊系統 ARC/INFO 入門』 松崗圖書 1991,7
5. 林美櫻、吳永進 『電腦輔助繪圖 AutoCAD 系統規劃班講義』 億虹科技公司 1993,10
6. 彭莉斐、傅文賢 『ArcCAD 教育訓練課程手冊』 坤眾大地資訊顧問公司 1993,10
7. 傅和彥 『生產管理』 前程企業管理公司 1991
8. 農業工程研究中心 『灌溉排水及農地重劃技術資料—水田、旱田農地重劃』 1988,10
9. 臺灣省政府地政處 『農地重劃農水路規劃設計規範』 1985
10. 臺灣省政府地政處 『雲林縣 81 年度同安頂(一)農地重劃工程先期規劃報告』 1992,6
11. ArcCAD User Guide ESRI 1992
12. ArcCAD Programmer's Guide ESRI 1992
13. UNDERSTANDING GIS ESRI 1990,12
14. National Center for Geographic Information Analysis University of California Santa Barbara "Technical Issues in GIS" 1989,7
15. 長堀金造 『農地整備學』 西日本法規出版株式會社 1985,4

收稿日期：民國 84 年 1 月 6 日

接受日期：民國 84 年 2 月 6 日

(上接第 45 頁)

目)，而對學生作進一步之輔導；也無法表現出每個試題被學生瞭解的情形（例如全班都得 90 分但錯的都是同一題），而對某部份之教學內容加以強化或修改教材及教授方式。利用矩陣方式表示測試結果並繪製 S-P 曲線可以彌補上述之缺點。此外利用警戒指標可以很快的指出學習異常的學生加以輔導。

參考文獻

- 蘇明道，1994，農業工程教育訓練之成果評估模式研討，八十三年度農業工程研討會論文集
- Sato, T., 1980, The S-P Chart and Caution Index. NEC Educational Information Bulletin 80-1
- Harnisch, D. L., and R. L. Linn, 1983, Item response patterns: application for educational practice. J. of Educational Measurement, 18(3):133-146
- Harnisch, Delwyn L., 1983, Item response patterns: application for educational practice. J. of Educational Measurement, 20(2):191-206
- Levine, M. V., and D. B. Rubin, 1979, Measuring the appropriateness of multiple choice test scores. J. of Educational Science 1972. (41):269-290

收稿日期：民國 83 年 10 月 28 日

修正日期：民國 83 年 11 月 30 日

接受日期：民國 83 年 12 月 10 日