

地理資訊系統中地理資料庫輸入技術之研討

A Study on Data Capture Techniques in GIS Applications

國立台灣大學農業工程研究所副教授

蘇 明 道
Ming-Daw SU

摘 要

水資源系統之規劃、設計及管理往往牽涉大量具有空間及時間分佈特性之資料，傳統上是以前圖來處理這類資料，但是地圖之管理與保存不易，各種比例的地圖在運用上也會產生相當多的困擾。近年來由於電腦軟硬體之快速發展，地理資訊系統不論在軟硬體價格及功能上均已接近可被應用者接受的程度，我國亦在內政部主導之下開始發展國土資訊系統，在國內政府及學術單位通力合作之下，希望在不久的將來即可有可供使用的地理資訊系統，可以應用在土木水利工程的規劃設計之上。但是地理資訊系統之建立過程中，一項相當繁雜的工作即在於基本地理資料庫之輸入，地理資料庫分為數字性及圖形兩類，文數字性之資料輸入問題不大，但地圖部份的數化輸入則往往需要耗費大量的人力及財力，目前雖然有數種可供選擇的數化方式，但各有其優缺點及適用的範圍，如果選擇不當，常會產生事倍功半的結果。本文就目前較常見的三種地圖數化方式加以介紹並比較其優缺點，以供作日後各種應用狀況選用數化方法之參考。文中並對目前PC作業環境所能使用之軟硬體資源做研討，以現成之繪圖軟體及簡單之硬體設備（滑鼠及掃描器），對地圖之數化過程作一介紹，供作相關應用之參考。

關鍵詞：地理資訊系統，數化，地圖。

ABSTRACT

There is a lot of spatially and temporally distributed information involved in planning, design and management of water resources systems or regional development. Maps are traditionally used to handle these kind of information. The paper maps are not easy in storage and management. Maps with different scales will cause difficulties in mapping process. The Geographic Information Systems (GIS) become more and more popular now because the power of software are stronger, and the price of hardware is relatively lower. In the implementation of a GIS application, the most costly aspect is the digitizing of maps. It needs more careful evaluations in the choice of data capture method in the map digitizing process. This paper evaluates three data capture methods widely used in GIS implementations: tabletop digitizing, line following, and heads-up digitizing. A brief discussions and also the advantages

and disadvantages of each method for different types of source data and applications is also presented. A small example is also included to show how to use commercial software in PC environment for a quick digitizing of map.

Keywords : GIS , Digitizing , Map .

一、前 言

在過去數年間，由於硬體價格下降加上軟體技術的成熟，地理資訊系統以驚人的速度快速成長成為規劃及分析的重要工具，不管是公家機關或是民間的顧問公司，地理資訊系統已日漸成爲一項必備的技術。一般土木水利工程上之規劃設計過程中常常牽涉許多具有空間 (Spatial) 分佈或時間 (Temporal) 分佈特性之資料，如交通、人口、社會經濟、人文、氣象、土壤、土地利用、地形及水資源等等，這些資料在數量上均相當龐大，再加上其空間之分佈相關性，無法以一般之資料庫系統來得到所需之決策支援資訊，傳統上是以地圖來搭配使用，但因人本身處理空間資訊之能力有限，因此往往所得之結果有時無法達到預先設定的標準，或不能找到真正最佳之結果。地理資訊系統 (Geographic Information System 簡稱做 GIS) 之導入便是解決此一困境極佳的工具，地理資訊系統是一用來輸入 (Input)、儲存 (Storage)、擷取 (Retrieval)、展示 (Display)、編修 (Edit) 及分析 (Analysis) 地理分佈資料之軟體工具，其主要之功能在於結合各種相關之具有空間分佈及時間分佈特性的地理資料，經過處理分析後，提供有關區域規劃、選址、自然環境維護、資源分配管理等應用所需之資訊，供作評估及決策之參考。

地理資料庫是地理資訊系統運作之基礎，直接影響系統之效率及功能，地理資料包括圖形資料 (地圖) 及屬性資料 (文數字資料庫) 兩類，圖面資料記錄地理特徵之座標及其與其他元件之空間位相關係；而屬性資料則記錄各地理元件之特性。例如以多邊形代表一個坵塊並記錄其和周圍環境之位相關係，而在資料庫內則記錄其相關之屬性資料，如土壤、作物、所有人及引水系統等。屬性資料庫可以用一般傳統之資料庫管理系統 (DBMS) 來處理，這方面因已經有許多年之使用基礎，技術上已

趨普遍穩定問題較少，但在建立地理資訊系統的過程中，一項相當繁雜的工作即在於基本圖的數化輸入，此一部份往往需要耗費大量的人力及財力，目前雖然有數種可供選擇的數化方式，但各有其優缺點及適用的範圍，如果選擇不當，常會產生事倍功半的結果。

地圖數化方法之選擇將關係一個地理資訊系統建制之成本，嚴重時甚至會影響系統發展之成敗，因此必須小心評估選擇。數化方法之選擇需視原始基本圖之品質、系統應用之特性及對精度之要求、所掌握之軟體及硬體資源等等而定。本文就目前較常見的三種地圖數化方式加以介紹，並比較其優缺點，以供作日後各種應用狀況選用數化方法之參考。文中並對目前 PC 作業環境所能使用之軟硬體資源做研討，以現成之繪圖軟體及簡單之硬體配備 (滑鼠及掃描器)，對地圖之數化過程作一介紹，供作相關應用之參考。

二、數位化圖形之格式

地圖爲處理空間分佈資料之最佳工具，但傳統上使用之紙面地圖有下列之缺點：

1. 保存困難，易受潮變形，或因虫蛀或紙質老化而缺損。
2. 由於數量多，儲存、管理及調閱均有困難。
3. 比例尺不一，易產生接圖或套疊應用之困擾。
4. 由於人工重繪困難因此不易經常更新，常產生圖面與實際之不一致之情形。

由於有上述之缺點並爲配合使用地理資訊系統，因此有必要將紙面之圖形資料數化爲電腦可以儲存及處理之格式，地圖是經由數化之程序輸入電腦之內儲存，依儲存的方式不同可以分爲網格式 (Raster) 及向量式 (Vector) 兩大類型，這兩種儲存方式各有其優劣點及適用範圍。

網格式資料結構

網格式資料結構是以二維矩陣之方式來記錄資

料，其矩陣之大小代表其解析度之高低，每一點均賦予一個屬性（如亮度或彩度），整個矩陣即構成一幅影像（Image），這類資料通常經由遙測或掃描的方式取得，這類影像資料如果解析度太低則產生誤差，而如解析度太高則會產生儲存容量過大之困擾。

向量式資料結構

向量式圖形是以空間的點及座標的方式儲存資料，這類資料必須經由數化方式建立，經由座標及其空間相對關係之儲存方式，可以有效解決解析度及儲存量之間兩難之窘境，本研究採用的ARC/INFO系統即使用向量式資料結構來處理圖面資料。

至於到底是哪一種圖形資料格式較合適並無定論，應視使用之標的而定，例如圖面資料多呈連續性變化之情形（如森林、土壤等自然資源，或地形標高等）較適合用網格式資料格式，但若有較確定之邊緣或位置之資料（如道路、水路或行政區域等）則較適合應用向量式資料來處理。但往往一個系統內會兼具上述兩類資料，因此有必要使兩種格式並存於系統中，但到目前為止尚無一GIS軟體能很有效的同時處理這兩種格式，雖有些軟體宣稱其可同時處理向量及網格式資料，但均是以其中一種為主，而提供某種程度之資料格式轉換工具，讓使用者能將次要之格式轉換成主要格式來處理而已。因此目前使用者若需同時大量的處理向量式及網格式資料，可能必須同時使用兩種以上之軟體，但也因此會帶來兩種系統間資料相容性及交換性之困擾，必須在等GIS軟體有進一步之發展方能打破這一瓶頸。

由於大多數之GIS均使用向量式結構來處理空間資料，圖形的數化就變成相當重要的課題，一般傳統上是採用由數化板直接數化的方式，但是這種方式所耗費之時間及人力相當多，因此產生許多其他之替代方法，常見的方式是將地圖以掃描機掃描成網格式之影像檔後，再進一步處理轉換成向量格式，本研究將對各種方式進行研討，並嘗試找出較經濟可行之方法。

三、地圖數化方法

3-1 數化板數化（Table-top digitizing）

向量式地圖是地理資訊系統運作之基礎，但向量式地圖之製作卻相當繁複，這一部份工作往往成為地理資訊系統建立之主要障礙，傳統之數化方法是將地圖固定在數化板上，將點及線逐項經由數化板進行數化工作。數化過程是由操作者將地圖中各項資料逐個的描繪，經過數位板把相對的座標輸入電腦之數位資料庫中，其結果為一幅二維（2D）的圖形，相對應的屬性資料則於數化後再行輸入，有時候也有一面數化一面輸入屬性資料的作法（例如等高線的輸入）。這種數化方法之精確度及數化成本的高低和數化板有很大的關係，精度好或版面大的數位板往往價位很高而使數化成本提高，但若採用低價位的數位板則有可能有版面太小或精度不夠之困擾。此外數化過程可能產生之誤差也難以避免，例如線和線交點處往往會形成不閉合或突出之錯誤（如圖一），因此在初步數化完成後必須將草圖印出在透光的描圖桌上和原圖比對，若有錯誤則必須回線上更改，更正後再印出比對，如此反覆進行直至沒有錯誤為止，此一過程相當繁複費時。

這種方法早在1970年代時即已由英國Ordnance Survey提出使用至今，其優點在於可以對任何品質的原始地圖進行數化，另外如果地圖之版面不大或要求之精度不高，則可以選用較低價位之數化板以降低費用，但是這種方式因為有下列許多缺點，所以雖然被廣泛採用，但其效率及精確度低的問題一直不易克服：

1. 耗費太多之時間及人力。
2. 由於人之體力及注意力有限，且人工數化工作相當耗費時間及體力，經過一段時間工作後，往往會因為執行數化的人勞累或注意力分散而產生誤差。有時也由兩個以上的人來數化一張圖，但每個人之操作習慣不同，易生誤差。
3. 有些地圖圖面相當大，必須購買昂貴之數化板，另一種方法是將大張圖分成幾部份來數化，但如此一來又可能會產生接圖之誤差。

3-2 螢幕線上數化（Heads-up digitizing）

第二種數化方法是以掃描機將原圖掃描成影像檔，而後將此影像檔顯示在螢幕上直接在螢幕上進行描繪數化。採用這種方式可以省去數位板的購置費用，而且地圖數化過程中可以同步和原圖比對，

省去前述將草圖輸出後再和原圖進行比對之繁複過程。這種方法的第一步驟是將原始圖掃描成影像檔，由於產生之影像檔也是數位化之資料，因此有時這種掃描的過程有時也稱做數化 (Digitizing)，但在本文中“數化”乃專指產生向量式圖檔之過程。掃描機 (Scanner) 和數化板一樣，亦有精度、版面、價格等的問題，但是因為掃描一張圖的時間很短，因此並不必每一部電腦均配備一部掃描機，甚至可以到別單位借用或外包讓外面的電腦公司來做，因此這種數化方法硬體上的投資不大。此種方式有下列之優點：

1. 省去購買大型數化板之經費投資。
2. 大型地圖之掃描可以委託擁有掃描機之單位或公司進行，由於掃描之時間很短，此種方式較借用數化板數化可行。
3. 在由不同的人分次數化時不會有圖紙固定引起誤差之問題。
4. 可以利用局部放大 (Zoom in) 之功能對較細微部份進行精確之數化。
5. 利用圖形編修軟體之各種編修工具可以較有效率的進行數化工作，減少誤差。
6. 可以利用不同之顏色來表示數化之部份，操作者較不易漏調某些細部，可以減少校對修改之次數及時間。

雖然硬體上的設備投資不高，但採用這種數化方法需要有軟體來配合，至少需要有一個可以同時混合處理向量式 (Vector) 及網格式 (Raster) 圖形之繪圖軟體，能同時將網格式之地圖影像和向量式之數化地圖顯示在螢幕上，最好還能提供局部放大 (Zoom in) 及一些數化定位和編修之工具，使數化之過程更容易，而同時避免如圖一之類的錯誤。但用這種方法亦有其缺點，例如操作者由於長時間盯視螢幕容易引起眼睛疲勞。此外雖然利用局部放大之功能可以對細微之變化做較有效之掌握，但因一般螢幕尺寸均不大，無法展示圖形之全貌，對不熟悉之操作者容易產生以管窺豹之感覺造成困擾。

採用這種方法進行數化時操作者仍需要對地圖上之各項資料逐項進行描繪數化，但因為軟體工具之協助，這部份工作負擔將可大幅減輕，同時透過線上比對可以省去校對之時間。這種方法較適用於

線段複雜的原始圖 (例如道路，地籍圖，或供排水網路等)，但對如等高線地形圖等曲線較多的情況則較不適用。

3-3 利用格式轉換軟體 (RV Conversion Program)

這種方法是結合上述第二種方法及格式轉換軟體而成之數化方式，首先將地圖經由掃描機掃描成影像檔，而後利用格式轉換程式將網格式的影像檔轉換成向量格式，即所謂的R-to-V (Raster to Vector Conversion或稱做RV轉換)。此種數化方法有時也稱做Line following method。這種方式首先由英國 LaserScan 公司推出，目前已有 Hitach, Intergraph 及其他許多家廠商提供類似之產品可供選擇，此外大部分的GIS軟體亦提供某種程度的RV轉換能力，但其精度及適用性於使用前宜做謹慎評估。

其工作之方式是由操作者選定某一區域讓RV轉換軟體進行圖徵之描繪數化 (請參考圖二)，RV程式會自動選定原影像之中心線進行數化，當遇到特殊狀況 (如線段中斷或遇到交點) 則會停下來由操作者進行判斷並決定該如何處理，也可以事先設定各種狀況之處理模式 (Default)，由軟體自動執行。不論是螢幕線上數化或是利用RV轉換程式做自動化之數化，基本上均比以人工用數位板數化來得有效率，主要是因為可以將原基本圖製成之影像檔和數化後之向量圖檔同時顯示在螢幕之上做即時之比對，節省偵錯之時間，而軟體提供之各種工具亦使數化時可能的錯誤降至最低。而且由於圖檔均儲存於電腦之內，可以免除圖紙在數位版上定位 (Registration) 的麻煩，亦可以依需要切換不同之地圖進行數化，相當方便。但是這種方式亦有許多限制：

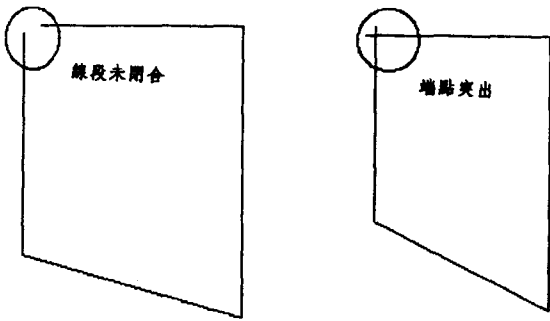
1. 原始地圖之圖面必須相當完整乾淨，否則在經過轉換後會產生許多錯誤，事後勢必要經人工修正。
2. 某些地圖之特性 (如等高線地形圖) 十分適合利用RV程式，但是對於某些地圖局部之線段複雜、線段不清楚或斷線太多等情況，利用RV程式進行數化時，因需要操作者頻繁的判斷狀況並下指令排除數化障礙，並不一定適合。

也有人先將原始地圖描圖後在進行掃描，而後

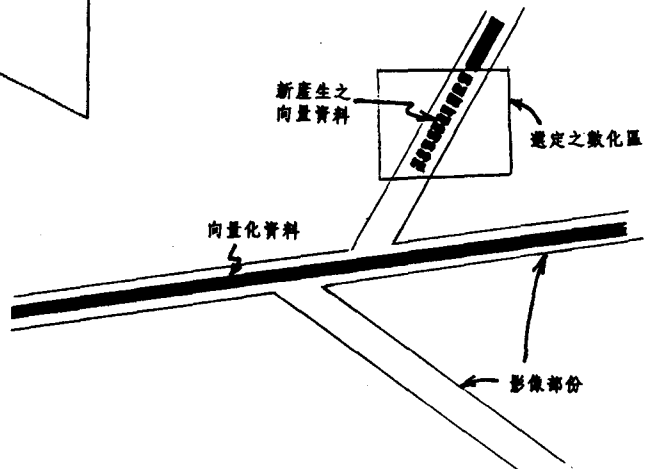
表一 各種數化方法效率之比較

	人工數化板數化	螢幕線上數化	RV自動格式轉換
等高線地形圖 (Contour separate)			
計曲線 (Index)	84	43	23
等高線 (Intermediate)	374	156	118
USGS基本圖 (USGS composite)			
計曲線 (Index)	27	11	8
等高線 (Intermediate)	109	81	27
道路	2	2	1
河川	7	7	5
OS基本圖 (OS composite)			
道路	9	7	5
河川	12	9	7
區域邊界	108	66	42

*所有資料的單位均為分鐘 (資料來源：Helen Webb)



圖一 數化過程常見的誤差



圖二 RV轉換過程示意

使用RV轉換程式來產生向量式地圖，地圖因經過一次清圖轉繪，因此一般之格式轉換程式均可得到相當不錯之結果，但事前人工轉繪所費之時間及人力並不比直接數化節省多少。

四、各種數化方法效率之比較

曾有研究者就前述三種數化方法進行數化效率研討，該文獻中採用三種不同比例尺且特性不同之地圖作文數化對象：1：24000 USGS等高線地形圖，1：9600 USGS基本圖，及1：10000 OS基本圖，每張地圖均選出一個具有適度複雜性之研討區域，表一為其試驗評估之結果摘要，作為選擇數化方法之參考。

一般而言以數化板人工數化所需的時間約為採用另外兩種方法的三倍以上，尤其在數化細密的等高線圖時，由地圖直接數化會相當困難且易產生錯誤。螢幕線上數化因為可以對局部圖形做放大因此數化效率較直接使用數化板為佳，且因為可以隨時和原圖比對，可以省去許多偵錯的時間和精力，但對於曲線較多之地圖，使用滑鼠就不如數化板方便流暢。借助RV轉換程式在曲線較多或圖形複雜的細部相當有效，有時只需使用數化板數化的四分之一或使用螢幕線上數化的一半時間，但在圖面清爽且直線居多之情況就較顯不出其優點，且原圖品質是採用這種方法的瓶頸。

五、在PC環境中數化方法之研討

雖然本文介紹的三種地圖數化方式均有其優劣點及適用之狀況，但若是使用PC環境作為系統建制之基礎，則大部分均採用人工數位板數化之方式，因為在PC環境並不易找到合適之RV轉換程式，所以即使數位板數化有許多先天的缺點，目前仍是大多數PC環境下GIS使用者的選擇，因此本研究提出一個替代的方法，結合使用在PC環境下可以找到之軟體支援，及掃描和螢幕線上修圖之方式，進行類似上述第二種螢幕線上數化方式，經過實際試用評估發現成效相當不錯，簡單介紹其步驟如下以供日後數化工作之參考：

1. 首先將地圖以掃描機掃描成影像檔。
2. 將影像檔以MS/WINDOWS之下的商業繪圖軟體

DESIGNER來處理，在DESIGNER中有一項TRACE之功能，可以自動將影像檔轉成向量式資料，但這些向量式資料均呈多邊形(POLYGON)之形式並不能立即轉入GIS系統中使用。

3. 將轉好之向量式資料存成AUTOCAD的資料交換格式DXF檔(DESIGNER軟體提供此一存檔格式)。
4. 進入ARC/INFO並以DXFARC指令將DXF檔轉成ARC/INFO之圖檔。
5. 進入ARC/EDIT以第四步驟中建立之圖層為背景(Back Coverage)直接在螢幕上進行數化。
6. 數化過程可以不同之顏色做前景(Front Coverage)之顯示，以方便將數化之結果和原圖做比對，亦可將數化結果存檔並以EDITPLOP印出和原圖校對，如有錯誤仍以ARC/EDIT修改。
7. 最後以BUILD指令建立屬性資料庫即完成。

如果原圖品質太差，在掃描成影像檔之後可以利用PC/Paintbrush之類的軟體進行修圖，將污點或不要之部份消除，再利用DESIGNER來TRACE效果會更好。如果使用者不熟悉ARC/EDIT之操作，亦可在產生DXF檔後讀入AUTOCAD進行編修，效果一樣很好。前述DESIGNER是Micrografx公司出版供在MS/WINDOW下使用之繪圖軟體，它可以混和處理向量式及網格式之圖檔，也可以將各不同格式分存在一個圖檔不同之圖層(Layer)中，提供各種繪圖及圖形處理工具(如前述TRACE功能)，及各種輸入之格式等等，對PC環境中GIS之應用是相當有效之輔助工具。

六、討論與建議

在對目前各種可行之地圖數化方法進行研討評估後，發現各種方法各有優劣，也各有其適用之情況及條件，使用者應就其原始底圖之品質及特性、所掌握之軟硬體資源、預算、精度要求、人員技術素質等等進行謹慎評估，以選定最合適之方法，以免浪費不必要之時間及經費，甚至導致整個計畫的延遲或失敗。

以一般情況整體而言，在還沒有其他更新的突破性技術及方法可供採用之前，目前最好的選擇應該是以掃描產生之基本圖影像檔，搭配可以同時處理向量及網格式兩種資料形式之繪圖或RV格式轉換

轉體，如此可以比單純用人工方式由數化板數化節省三分之二以上的時間。如果原圖上之線段品質不佳、斷線太多或線段太複雜則採用人工在螢幕上直接數化應可得到最好的效果，但若原圖上的曲線（如等高線）太多，則採用RV轉換軟體會較有效率，但一般地圖可能混合上述兩種特性，因此搭配本文中第二和第三種方法是目前做地圖數化最好最有效率的方式。

七、謝 誌

本研討期間承Intergraph Corpertaion臺灣分公司震嘉公司技術工程師馬建華先生提供寶貴資料，臺灣大學農業工程學研究所鄭克聲教授提供意見謹致謝忱。

八、參考文獻

- 1.李煌隆，地理資訊系統在灌溉管理上之應用，碩士論文，台灣大學農業工程研究所，臺北（1992）。
- 2.林建元，及廖文祥，地理資訊系統ARC/INFO入門，松崗電腦圖書資料股份有限公司，406頁（1991）。
- 3.林峰田，ARC/INFO屬性資料圖形表示法，第二屆ARC/INFO USER MEETING GIS應用技術研討會（1992）。
- 4.魏旺平，Designer 3.X，基峰資訊股份有限公司

- （1992）。
- 5.蘇明道，地理資訊系統在水利會灌區管理應用之研究，行政院農業委員會研究報告，82科技-5.7-林11（6），臺北（1993）。
 - 6.Baker,C.P., M.D.Bradley, S.M.Kaczor Bobiak, Wellhead Protection Area
 - 7.ERSI, Understanding GIS, Envirinental Systems Research Inst. Inc.(1990).
 - 8.Leipnik, M.R., K.K.Kemp, and H.A.Loaiciga, Implementation of GIS for WaterResources Planning and Management, ASCE J. of Water Resources Planning and Management, (119)2:184-205(1993).
 - 9.Ross, M.A., P.D.Tara, Integrated Hydrologic Modeling With Geographic InformationSystems, ASCE J. of Water Resources Planning and Management, (119) 2:129-140 (1993).
 - 10.Star, Jeffrey, and John Estes, Geographic Information Systems, PrenticeHall, Englewood Cliffs, New Jersey 303pp.(1990).
 - 11.Webb, Helen, The Digitizing Table - Is There a Variable Alternative? Internal research document, Intergraph Corporation(1993).

收稿日期：民國82年9月23日

接受日期：民國82年10月8日

專營土木、水利、建築等工程

全峰興業有限公司

溢峰土木包工業

負責人：王文雄

地 址：台東市正氣北路172號

電 話：(089)328738