

國立中興大學教材

森林地理資訊系統學

編著：馮豐隆
黃志成

國立中興大學教務處
中華民國八十三年六月出

版

地理資訊系統在森林資源調查與分析
上之應用 馮豐隆 編著

(CATALOG)

森 林 地 理 資 訊 系 統 學
目 錄

第一章 前言.....	1-1
第二章 GIS之定義、背景、歷史.....	2-1
(一)地理資訊系統建立.....	2-1
(二)地理資料的發展與回顧.....	2-5
第三章 地理資訊系統之組成.....	3-1
(一) 硬體結構(Hardware structure).....	3-4
(二) 軟體模組(Software module)d	
有關Genamap GIS的種類.....	3-5
(三)地理資訊系統.硬軟體工具功能比較表.....	3-10
(四) 資料庫(Data base).....	3-12
(五) 模式庫(model base).....	3-12
(六) 人員(Personnel).....	3-13
(七) 組織(Organization).....	3-13
第四章 資料形態與特性(DATA STRUCTURE).....	4-1
(一)資料形態與特性(DATA STRUCTURE).....	4-1
(二)地理資料之特性.....	4-1
(三) 地理資料包括空間資料及屬性資料.....	4-2
第五章 資料來源、輸入、建檔(數化).....	5-1
(一)資料來源.....	5-1
(二)資料建檔.....	5-4
(三)鍵盤輸入和座標幾何的考量.....	5-5
(四)人為數化.....	5-6
(五)掃描(Scanner).....	5-6
(六)已存在的數位資料.....	5-7
(七)目前臺灣地區規模較大的數化地理資料.....	5-11
(八)已存在的數位資料.....	5-11
(九)圖形繪製.....	5-12
第六章 資料處理、轉換.....	6-1
GPS 座 標 轉 換.....	6-2
一、為什麼要做基準轉換 (Datum Transformation)	6-2
二、基準轉換的方法	6-3

三、目前台灣地區基準轉換的現況.....	6-4
四、MSPM提供基準轉換的方式.....	6-4

第七章 資料品質與資料庫管理.....	7-1
(一)資料品質(DATA QUALITY IN GIS).....	7-1
(二)資料品質的組成.....	7-2
(三)誤差的來源.....	7-5
(四)關於正確度的註解.....	7-7
(五)結論.....	7-8
(六)資料庫管理(DATABASE MANAGEMENT IN GIS).....	7-8
(七)三種分類資料模組.....	7-10
(八)地理資料的性質.....	7-11
(九)空間資料模式.....	7-12
(十)GIS資料庫：同時管理空間和屬性資料.....	7-12
(十一)結論.....	7-12
DATA MANAGEMENT 資料管理.....	7-14
一· Introduction 介紹 (ensing)	7-14
二· The Data Base Approach 資料庫入門	7-14
三· Three Classic Data Models 三個較優的資料模式	7-15
四· The Nature of Geographic Data 地理資料的種類.....	7-16
五· Spatial Data Models 空間資料模式.....	7-16
六· Data Bases For GIS：Managing Spatial And Attribute Data ...	7-17
七· Conclusion 討論.....	7-17
GIS ANALYSIS FUNCTION GIS分析功能.....	7-18
一· 介紹.....	7-18
二· 分析組織的地理資料.....	7-18
三· GIS分析功能的分類.....	7-19
四· 空間資料的分析與維護.....	7-19
五· 非空間屬性資料的分析和維護.....	7-20
六· 空間和屬性資料的整合分析.....	7-20
七· 連接功能.....	7-22
八· 輸出格式.....	7-23
九· 製圖模型：GIS 分析程序.....	7-24
第八章 資料處理、分析(DATA MANIPULATION AND ANALYSIS).....	8-1
一、GIS分析功能簡介.....	8-1
二、地理資料分析上的組織架構.....	8-1
三、GIS 分析功能的分類.....	8-2
四、空間資料之維護及分析.....	8-3
五、非空間性屬性資料的維護和分析.....	8-4
六、空間和屬性資料的整合的分析.....	8-4

七、輸出格式.....	8-5
八、地理資料分析系統 --分析模式庫建立與應用.....	8-6
九、坡度、坡向分析.....	8-8

第九章 空間、與時間模式(SPATIAL AND TEMPAL MODEL).....	9-1
(一)模式.....	9-1
(二)空間模式(SPATIAL MODEL).....	9-8
(三)時間模式(TEMPAL MODEL).....	9-9
(四)空間與時間模式(SPATIAL AND TEMPAL MODEL).....	9-19
(五)Forest Growth Modelling.....	9-23
(六)生長模式一覽表.....	9-32
引用文獻.....	9-33
第十章 展示(DISPLAY).....	10-1
(一) 輸出格式.....	10-1
(二) 輸出介面與方式.....	10-1
第十一章 地理資訊系統應用與經營資訊系統之關係架構.....	11-1
GIS應用實例.....	11-1
1.農業和土地利用.....	11-2
2.林業和野生動物經營.....	11-3
6.全球尺度應用.....	11-5
第十二章 地理資訊系統在林業經營上之應用.....	12-1
一、林地分類.....	12-1
二、林業經營資訊系統之架構.....	12-3
(一)一般GIS 之架構.....	12-3
(二)林業經營理念.....	12-4
(三)林業經營資訊系統之架構.....	12-4
三、GIS 在林業上之應用.....	12-6
(一)國內方面.....	12-8
(二)國外方面.....	12-8
美國國有林GIS之建立.....	12-10
GIS之應用.....	12-11
G I S 在林木資源上的應用.....	12-14
一、前言.....	12-14
二、地理資訊系統在自然資源經營管理之運用.....	12-14
三、林木生長與競爭.....	12-15
四、試驗地概述及未來研究方向.....	12-16
五、結論.....	12-19
六、引用文獻.....	12-19

第十三章 地理資訊系統在林業經營上應用之實例.....13-1

以惠蓀林場為例，試擬地理資訊系統之建立

- (一)研究區之瞭解.....13-1
- (二)軟硬體設備之擴充.....13-1
- (三)資料需求分析.....13-1
- (四)資料獲取.....13-2
- (五)資料輸入.....13-3
- (六)資料庫之建立.....13-3
- (七)資料之處理.....13-3
- (八)應用例舉.....13-3
- △結語.....13-4

第十四章 地理資訊系統與相關技術(GIS AND RELATED TECHNOLOGIES)...14-1

美國地區航測、遙測、地理資訊系統與專家系統之整合應用.....14-1

- (一)ERMA 架構.....14-2
- (二)INFORMS 架構.....14-3
- (三)ICOMS.....14-4
- (四)TEPA架構.....14-5
- Expert System.....14-7
 - (一)景觀生態學下的野生動物經營.....14-8
 - (二)集水區沖蝕預測的研究.....14-9

第十五章 整合技術下之支援決策系統.....15-1

- 地理資訊系統中各有關部分所佔比率.....15-1
- 資料庫設計與發展部門中所佔比率.....15-1
- GIS 資料來源.....15-1
- 經營決策內科技應用上的考量.....15-2
- National Park System.....15-2

第十六章 參考文獻(REFERENCE).....16-1

圖 表 目 錄

圖2-1	簡單GIS示意圖.....	2-2
圖3-1	完整的GIS 組成.....	3-3
圖3-2	GIS之整體性系統.....	3-3
圖6-1	WGS84與地區性座標系統之關係圖.....	6-2
圖7-1	資料庫管理上檔案處理的途徑.....	7-9
圖7-2	DBMS在資料庫和應用程式之間扮演的角色.....	7-9
圖7-3	記錄(records),欄位(Fields)和關鍵字.....	7-10
圖7-4	分類系統資料模式.....	7-10
圖7-5	網路資料模式.....	7-11
圖8-1	3 X 3 移動視窗網格.....	8-8
圖9-1	研究方法示意圖 (Gould and Fergurson 1980).....	9-1
圖9-2	模式建立(model building)之層次.....	9-1
圖9-3	所有觀測值是來自於常態分布的中心點，每個常態分布的變異數皆為 σ^2 ，連接中心點即構成模式.....	9-2
圖9-3.1	以直線配合觀測資料圖.....	9-2
圖9-4	MODEL CLASSIFICATIONS.....	9-4
圖9-5	胸高直徑總生長量(——)與生長速率(**)間的關係圖.....	9-14
圖9-6	Richards 一般化生長曲線隨 m 值的變化.....	9-16
圖9-7	Richards 式生長速率對總生長量曲線隨 m 值的變化.....	9-16
圖9-8	時間的瞬間與期間表示.....	9-20
圖9-9	地理資訊系統中時間的真實解.....	9-21
圖9-10	一個空間實體的基本空間變數之演化.....	9-21
圖9-11	空間關係的演化和基本空間變數（由不連續到連續狀況）.....	9-22
圖9-12	由單一個體的生與死，導致空間分布的演替.....	9-22
圖9-13	由單一個體的生與死，導致(a)蓄積大小（收穫、總生長量） (b)族群形狀的演替.....	9-22
圖9-14	由單一個體基本空間變數的改變導致空間分布型態與演替.....	9-23
圖9-15	由單一個體基本空間變數的改變導致族群演替的空間 有關因子的變化.....	9-23
圖12-1	森林資源經營保育決策支援系統圖.....	12-1
圖12-2	一般GIS 之架構.....	12-3
圖12-3	林業經營資訊系統之架構（仿 焦,陳 1987）.....	12-5
圖12-4	新化林場林木資源資訊系統及永久樣區查詢系統建立流程圖.....	12-17

表3-1	以功能取向區分之GIS組成.....	3-2
表3-2	以構成系統結構區分之GIS組成.....	3-2
表3-3	各型工作站比較表.....	3-10
表3-4	GENAMAP/CELL與ARC/INFO,GEOSTATION 功能比較 表.....	3-11
表3-5	Calcomp Scanner 70436 與 70836 比較表.....	3-12
表9-1	25組變異Y、X的觀測值.....	9-2
表9-2	生長模式一覽表.....	9-32
表12-1	GIS 在林業上之應用.....	12-7
表12-2	新化林場第一林班大葉桃花心木標準地性態值.....	12-16
表12-3	新化林場林木資源資訊系統及永久樣區查詢系統之應用圖層.....	12-18
表13-1	林業經營上有關資料及基本資料.....	13-1

森林經營資料需透過建檔、處理、分析系統以提供經營保育計劃、問題解決所需之資訊。此建檔、處理、分析系統即以下四個系統：

- (一)地理資訊系統建立(地理性、物理性)
- (二)生長、演替模擬模式系統(生物性、生態性)
- (三)經濟評估系統(經濟性)
- (四)環境影響的評估(經濟性、生態性、物理性)

一、前言

森林多目標經營為本省林業經營既定方針，而欲達其最大之效益，端賴於萬備周全的資訊來源，亦即建立支援經營決策系統，以為林業經營之後盾；惟傳統之林業資料處理為一般數學及統計方式的靜態數字，無法提供動態及多樣化的資訊與空間位置圖形，而資訊來源亦常因蒐集、存取或整合及分析上的重重困難，導致作業上耗時費事，故林業經營上龐大計量性與地理空間資料，每因無法即時有效處理而困擾林業經營者。

自六十年代起，拜電腦科技之賜，一種結合遙測、電腦繪圖、資料庫管理技術及地理空間資料分析的科技產品—地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)遂應運而生，它能整合不同來源、形式、格式與比例尺之圖形資料，再經由套疊、擷取等方法，反覆處理並分析各種資源經營上的問題，除可深入處理點、線及多邊形的資料，復能將分析後之資料予以還原展示，其較之傳統製圖系統或資料管理方式，真是不可同日而語，GIS具有(1)資料儲存與查詢(2)資料重疊(3)模擬分析能力(4)成果展示等特性(Jeffrey & John, 1990)，邇來更因政府大力推動國土資訊系統而日趨廣泛，方興未艾，在林業經營上之應用亦漸受重視。

回顧過去20年，可以逐漸察覺資源上的不足，加以人為影響更為普遍，使對於因果之認知與預測更為複雜，若能透過地理資訊系統以有效的資源評估及規劃方法，將可直接有效地改善資源經營方式以最終在於改良生活品質。

不確定的情形下用GIS做決策地理資料分析的基礎。決策須具對複雜的世界進行模擬的知識，若資訊不完全則無法進行，須選擇有關的資訊去建立一種"概念式模式"以供決策依循，模式就像車子的使用者手冊。GIS的使用可說像規劃一個假期，須要利用資訊做決策執行。一個好的資訊系統是提供我們所需的相關資料，以致我們能對於真實世界做出正確決策。而正確且好的決策，則是達到目標並正確預測結果，以選擇正確方案不可或缺。

野外調查、遙感探測技術、方法與行動提供給人們自然資源經營管理、問題解決所需要的資料，而地理資訊系統，則以電腦整合已有資料，包括屬性、空間圖形的調查資料庫，並提供屬性、空間圖型資料整合模擬、分析過程，最後再以圖表甚至動畫展示，由資料收集、資料處理分析與資訊的展示，亦即為決策支援系統的核心(如下圖1所示)。以地理參考資訊形態支援經營管理決策與問題解決，此資訊往往從局部地區到全球的空間尺度。影響層面由地區、國家以至於全球人民之福祉。

目前林務局第三次森林資源調查的目的之一即在建立全省森林地理資訊系統，預料完成後將為未來林業經營之利器；本文乃探討地理資訊系統在林業上應用之梗概，俾為未來從事地理資訊系統與資料庫建立之憑參。

二、GIS之定義、背景、歷史(Background、History)

What is GIS ?

The History of GIS

Principles and Technologies of GIS

(一)地理資訊系統建立

1.GIS之定義

GIS是什麼？事實上人類很早即已具備這種觀念了，追溯人類在文字發明以前，就有簡單的地圖繪製及使用，利用此種地圖可記錄並瞭解人類生活空間中有用的資訊，諸如農墾地之界線、狩獵之方位或戰爭之攻防佈陣等，皆能記錄其位置與相對之屬性資料，因而遂有地圖的發明，直接影響了人類文明之演進至深且鉅。

現今所謂GIS，其實即為人類早期對地圖運用之延伸，譬如人們在地圖上對特別地區之標示，以不同色筆或圖案來代表同類型之地物，或將兩張不同主題圖重疊並計算重疊區域之大小等，均可說是人工式地理資訊系統的圖形處理，而今只不過將以往人工處理的方式改以電腦代勞，使資料之處理變得更快速、更精確而已，故GIS之觀念可說萌芽甚早，而至電腦科技發達後更為落實，且空間與屬性資料的處理功能亦變得更加強大了！

GIS技術之急速發展需求日殷，主要因人口的迅增及都市化現象造成一連串社會、經濟與環境等問題，而由於生活空間之複雜多變，致使同一空間蘊涵著各種不同性質之主題資料，設若針對某一目的而欲分析空間中之特定現象時，勢必集合不同種類之主題資料，而在擷取、分析過程中，往往造成經營者一項繁重的負荷，故隨電腦及其相關技術之發展，已由早期傳統式地圖的取得轉變為快速而能整合地圖及完成空間分析以供決策之參考，此一突破傳統之高效率數位化空間處理系統，綜合各家說法予以簡單的定義即是：地理資訊系統為具有擷取、儲存、處理、分析與展示空間資料及其屬性資料能力的電腦系統。

簡單的說，GIS 能提供方便的工具，讓使用者能依靠地理資料來認識並經營、管理真實世界，而地理資料庫中包括了空間資料與屬性資料，每一筆空間資料均有屬性資料與之對應，且不同類型的空間和屬性資料可藉由地理索引連結之，此可由圖1，更進一步認識GIS究為何物。

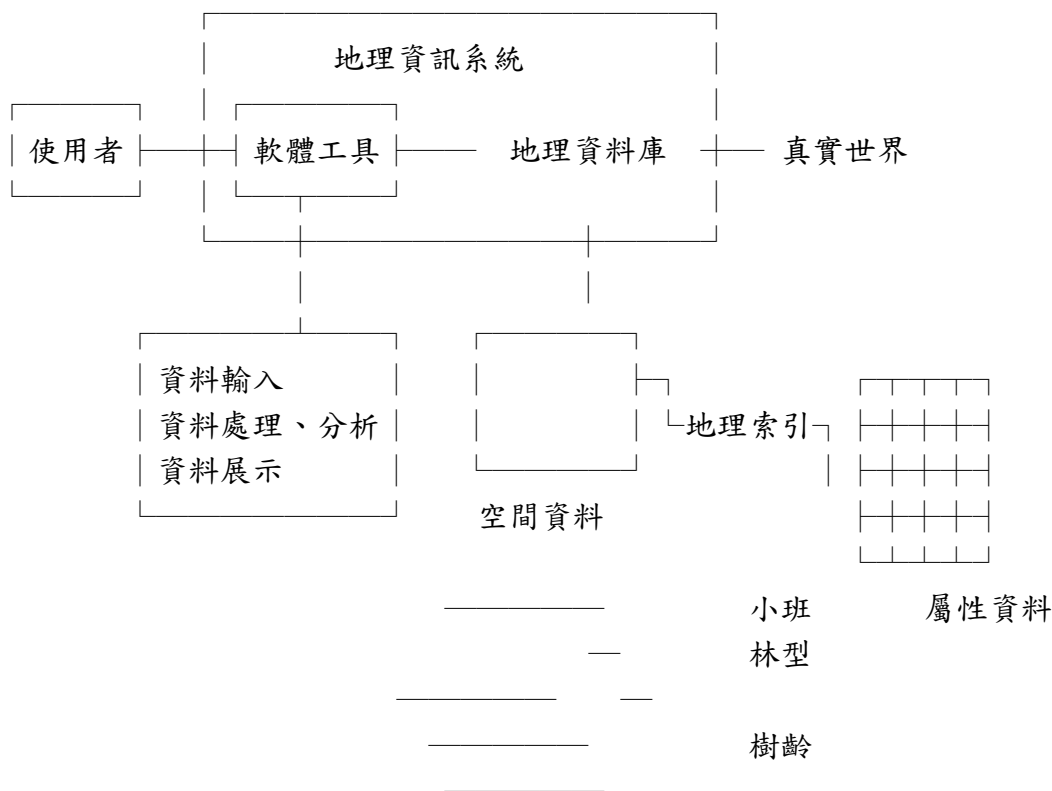


圖2-1 簡單GIS示意圖(仿林務局 1991)

2.地理資訊系統基本概念

GIS廣義解釋：是指任何人為或電腦資料庫，考慮用來做儲存和處理地理參考資料者，GIS是一種電腦資料庫系統，它提供下列四組掌握地理資料的能力1.輸入；2.資料管理；3.處理分析；4.輸出。

地理資訊系統是一套利用電腦科技來輔助地理資料輸入(input)、儲存(storage)、尋取(retrieval)、處理(Process)、編輯(editing)、分析(analysis)及展示(display)的資訊系統。地理資訊系統為一套工具，但從完整的組織與架構來看，地理資訊系統應是運用電腦硬體設備與軟體程式，並以完整形態結合相關機構與專業人員，所建立的地理資料處理系統，並可視為決策支援資訊系統的一環。它能將散布在各機構的地理資料，透過標準座標系統，整合成一完整、能充份記錄該區域各種自然、人文特性的地理資料庫。再透過各種應用模式工具，使用者可快速查詢、更新、分析、並進而模擬各種假想狀況或方案，透過資料分析得到一個合理的答案或是計劃，並提供歸劃者或決策者使用。地理資訊系統本身有四個主要組成：輸入、管理、分析應用及展示。令外加上使用人、組織、維護管理人員成為一完整的地理資訊系統環境。

GIS概觀

- a. GIS是指對一個與地理位置有關的目標物及現象進行蒐集、儲存和分析而言。例如救火站(fire station)及土壤沖蝕非常嚴重的位置，關鍵性的考量必須使用之資訊。

GIS的基本觀念是 { What it is : 某對象之屬性
Where it is : 此對象之位置

b.地理位置有關資料的處理和分析

當資料量很大以人為方式處理較無效率，此將突顯出GIS之強大功能，GIS輸出資料可以用表或圖，或是名字(name)和位址(addresses)來表示。大量資料無法以人為作業處理，人為作業處理可能會太花費成本、太花費時間或是人為方法根本不可能，此時必須以GIS為具。

c.應用上各式各樣的例子

- (1)發現一致性因子：例如：某地區之土壤形態和植群之間。
- (2)更新地理資訊：例如森林覆蓋圖、土地利用圖、以顯現農業土地對住宅發展之變化。
- (3)諮詢服務：如：市政服務。

d. GIS須有一個背景：無法單獨存在，存在的組織提供一個GIS存在的理由(urandate)，而GIS來滿足這個理由。

背景來自一個使用者(或一個客戶)可能是一個人或一個團體，公家機關之成員或私人機構等，這些單位對資訊的需求提供了背景。

GIS的資訊→必須在性質、品質，呈現出合理格式並且產生在合適的時間之下。

e.GIS產生二種基本形態之資訊：圖和表(例如：土地利用型圖、林木性態值大小及數量分布表(不同樹種下)。

f.資訊在組織之間流通可以利用GIS快速產生資訊，獲得高製圖標準保持資料正確性。

例如：市政單位的污水處理透過GIS產生結果，GIS線上資料庫其他部門可進行查詢。

GIS在資訊流通上，組織間須明確定義，而大部分重要資訊流動是透過資訊網路與其他單位共享資訊。

GIS

林政單位→林地放領——→產生結果，其他部內可查詢應用。

3.地理資訊系痛之原則與技術

地理資訊系統中各有關部分所佔比率

- 一、資料庫設計與發展 : 63%
(Data Base Resign & Development)
- 二、技術的獲得 : 15%
(Technology Acquisition)
- 三、訓練 : 5%
(Training)
- 四、系統維護 : 15%
(Maintenance)
- 五、單元的資訊分析 : 2%
(Unit Information Analysis)

而資料庫設計與發展部門中

- 一、資料收集 : 60%
(Data Collection-Digitizing Survey Data, Scanning)
- 二、圖籍準備 : 20%
(Map Preparation)
- 三、編輯與錯誤檢查 : 10%
(Edit and Error Check)
- 四、表格資料的輸入 : 10%
(Table Data Entry)

經營決策內科技應用上的考量

- 一、科技(Technology)
 - 1.圖示(Graph)
 - 2.多媒體(Multi-media)
 - 3.多目標分析工具(Multiple Analysis Tools)
 - 4.資料庫經營管理系統(Database Management System)
 - 5.相容性發展工具(Compatible Develop Tools)
- 二、應用(Application)
 - 1.使用者的自信(User self-sufficiency)
 - 2.同等(共同)獲取(Coordinated Access)
 - 3.整合資料庫(Integrated Database)
 - 4.發展的方法(Development Methodology)
 - 5.應用違約(Application Inflation)
- 三、組織(Organization)
 - 1.承用(Adaptability)
 - 2.熟練(Proficiency)
 - 3.資源(Resources)
 - 4.資訊技術規劃(Information Technology Planning)
 - 5.經營約定(Management Commitment)
- 四、環境(Environment)
 - 1.科學的狀況(State of Science)
 - 2.經濟(Economic)
 - 3.法令調整(Laws Regulations)
 - 4.觀念與解說(Perceptions-Explanation)
- 五、整合組織(Integration Hierarchy)
 - 1.資訊精練(Information Proficiency)
 - 2.開發調查(Development Survey)
 - 3.科技基礎(Technology Base)
 - 4.權威(Authority)
 - 5.組織支援(Organize Support)

(二)地理資料的發展與回顧

1.歷史發展

(1)發展背景

- a.古文明時期地圖即已用來描述地球表面之資訊、領航員、土地調查者和軍用地圖都顯出地理特徵空間分佈的重要性。

土地調查和土地製作隨羅馬帝國而衰微。到了18世紀歐洲國家感覺地圖的重要，因此地圖被用來做土地利用規劃和報告的重心。

- b.國家機構被委託來製作地圖，一般的地圖製作顯現土地和國家邊界以及行政單位的地理性質。
- c.自然資源的研究和發展上：主題圖利用來描述如地質、地形、土壤和植群的空間分析。

直至20世紀科學的腳步加快，大量地理資料的使用，加以地圖的展現上要求更快和更精確。

隨著調查技術學上的發展(例如：航照片、衛星接收站、遙感探測)，地理資料爆發式的產生，使資料的產生遠快於資料的分析。

- d.地理資料以點、線、面來展示在紙或軟片上，用符號、文字、色彩來說明解釋，圖檔和它本身的屬性建構成地理資料庫。
- e.自然資源主題圖的利用是用來當成大面積資源調查的工具，用來記錄和分類調查目標，圖形分析包括有兩種是(1)"定性"的圖形分析：那是指直接的從地圖上來作更正及分析。(2)"定量"的圖性分析：用一個比例來測量距離(點格子)或是求積儀用來測面積。
- f.上述方式在小面積地區容易達到、但用到大面積上則無效。基於電腦的地理資訊系統(GIS computer-base)的發展，有效提供大量的地理資料的分析。
- g.小量資料擷取容易，大量資料則昂貴困難1960-1970間，多組地理資料的整合應用是一重要方向。例如ETA，利用土壤、土地利用及其植群進行植群管理。即使局部區域之決策也往往需要考量各種複雜之地理因子。在規劃上需要正確及快速地提供多種地理資料庫的分析。
- h.資料整合是一個相當重要的重點，有一本書Design With Nature可供參考地圖的整合，用疊圖，透明複製在一個光點上，以視覺分析相同發生的因子經過重描之後用不同的陰影來表示不同的程度，即可應用在某些特殊規劃的應用上。但是上述過程相當耗時的，當因子數或每一因子等級數增加時，實際上就有限制。
- i.北美1960年中有第一個基於電腦的GIS產生，加拿大地理資訊系統(Canadian Geographic Information Systems，GIS)由加拿大聯邦政府和紐約州州政府在的土地利用和自然資源調查(Land Use and Natural Resource Inventory of New York State，LNR)計劃上支援提供GIS的研究發展，幾乎同時二者都受政府資助，都用航空照片和現有圖籍來繪圖，建立資源圖籍來發展GIS。資訊層包括有、農、林、野生動物、土壤、地質學等，圖上的地理資訊轉成數位形態，再以電腦分析。

雖然GIS在1960年間發展，但以電腦為基的GIS在1970初電腦技術發達如：隨機存取

磁碟(random access disks)之發展，才使GIS成為可操作的系統。一些文獻提到1960年成立的Harvard Graphic Laboratory為最活躍的研究群，發展一些圖層分析程式，早期如GRID、SYMAP、IMGRID，一些以較快速度及較大彈性來執行如人為疊合的相同流程。在這20快速的年間電腦發展也帶動了GIS的演進到目前"全圖徵GIS(full-featured GIS)"的上市。

地理資訊發展受到以下因素的組合所影響：

- A、電腦硬體技術之進步(單價下降、速度加快)
- B、數值化空間分析發展成熟
- C、電腦製圖技術成熟且單價下降
- D、資料庫管理技術的成熟
- E、地理空間資料的充實與數值化工具的發展

2.成長過程

- (1)1960'S 以網格式(Raster)分析資料為主，如哈佛大學的GRID，馬里蘭大學之MANS等。而加拿大的GIS、美國DIME皆為可處理向量式(vector)資料，尤其DIME已具空間位相(Topology)之觀念。
- (2)1970'S多以方格法為主，且缺乏資料管理系統。應用方向分為自然資源經理與土地公共設施管理，其精密度要求較高，漸漸多用向量式系統。
- (3)1980'S位相(Topology)觀念與資料管理系統結合，加上電腦圖形工作站的問世使得各種空間與屬性資料能在同一系統中運作。空間分析軟體組合成組的整合式工具箱的軟體產生，而個別目標的資料庫也漸漸形成多目標的資料庫，地理資訊系統更加商品化、多目標化。

3.未來發展

除多目標化、商品化趨勢外，在GIS基本工具及應用方面有許多發展。

(1)基本工具方面

- A、輸入—測量數值化，智慧型數值化工具發展，遙測資訊提供更多更正確快速之資訊。
- B、管理—更適於快速運算的空間資料結構研究，智慧型資訊諮詢，半自動資訊偵錯。
- C、分析應用—空間分析功能之增強，模式庫的建立。
- D、輸出—更多彩、多型式，更有效之資料展示，並配合自動地圖設計。

(2)應用方面

- A、地理資料庫—更完備、即時。
- B、空間分析—運用更廣，更多之作業模式產生。
- C、認識增加—更多使用者能負擔得起GIS取得方便性及效率。

地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)

- 一、地理資訊系統基本概念
- 二、地理資訊系統之建立與應用
- 三、地理資訊系統之組成(Components of GIS)

- (一)硬體結構(Hardware structure)
- (二)軟體模組(Software module)：有關Genamap GIS的種類
- (三)地理資訊系統：硬軟體工具功能比較表
- (四)資料庫(Data base)
- (五)模式庫(model base)
- (六)人員(Personnel)
- (七)組織(Organization)

- 四、地理資訊系統之應用
- 五、中興大學“林業地理資訊系統”課程目錄

一、地理資訊系統基本概念

地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)是一套利用電腦科技來輔助地理資料輸入(input)、儲存(storage)、尋取(retrieval)、分析(analysis)及展示(display)的資訊系統。它也是運用電腦硬體設備與軟體程式，結合相關機構與專業人員，所建立的地理資料處理系統，並可視為決策支援資訊系統的一環。它能將散布在各機構的地理資料，透過標準座標系統，整合成一完整、能充份記錄該區域各種自然、人文特性的地理資料庫。再透過各種應用模式工具，使用者可快速查詢、更新、分析、並進而模擬各種假想狀況或方案，透過資料分析得到一個合理的答案或是計劃，並提供歸劃者或決策者使用。地理資訊系統本身有四個主要組成：輸入、管理、分析應用及展示。另外加上使用人、組織、維護管理人員，成為一完整的地理資訊系統環境。

二、地理資訊系統之建立與應用

(1)地理資料庫

資料庫系統是地理資訊系統最重要的一環，它直接影響了資料儲存的速率，也直接影響了爾後資料處理分析的效能。地理資料庫系統是一個地理資料(訊)的記錄系統。

a.空間資料(Spatial data)—地理資料之數化圖層

地理資料的數化工作，即是將已存在的地理圖形資料與屬性資料，轉換為電腦可以接受的形式。目前常用的圖形數化工具有數化儀(Digitizer)、掃描器(Scanner)、電視攝影機(Video Camera)等，而屬性數化工具則多為鍵盤，但目前亦可使用掃描器，經圖形辨識後產生屬性資料。此外尚有遙感探測器，可直接將地面現況，以數化的方式記錄下來，此種資料可不經其它工具處理，而輸入電腦。圖形資料格式可分網格(raster)與向量(vector)兩種。

目前臺灣地區規模較大的數化地理資料有下列數項：

- (a)遙測資料：美國LANDSAT TM、MSS、法國SOPT、航空MSS。

- (b)土地利用資料：農委會全省農業土地利用
- (c)地籍資料：糧食局農業地籍資料，內政部地籍資料
- (d)戶籍資料：內政部戶籍資料
- (e)地形資料：農航所高程資料
- (f)地質資料：能礦所環境地籍資料
- (g)電信資料：電信局電信資料庫
- (h)其他土地資料：農委會全省主題資料庫

b.屬性資料(Descriptive data)－建檔與資料庫整合

資料庫管理系統(database management system, DBMS)一組程式(program)使使用者易於由資料庫獲取所需的資料。此系統

- ①可以整合(integrated)不同檔案的資料成為有關聯，
- ②資料庫內的資料在不需改變資料的基本構造下，可由不同使用者或使用不同程式獲取資料的改變，並不會影響資料的可獲得性→謂之Data-independence。

(2)地理資料分析系統－分析模式庫建立與應用

地理資料分析功能是地理資訊系統中最重要的一項

- A、空間資料處理(Spatial Manipulation)
- B、空間資料分析(Spatial Analysis)
- C、數值地形分析(Digital Terrain Analysis)
- D、網路分析(Network Analysis)

(3)資訊輸出

(4)資訊展示

三、地理資訊系統之組成

GIS快速之發展，已因被廣泛應用而逐漸形成一較為完備之體系，一般而言，它是由硬體、軟體、資料庫、模式庫、組織及人員所構成，實際上，一個完備的GIS究應涵括那些組成，則是眾"說"紛紜，諸多學者由於其時代背景及鑽研角度之不同而有不同之見解，大別以功能取向與構成系統結構，而區分如表1、表2，由此可約略比較各學者對GIS組成的不同看法。

表3-1 以功能取向區分之GIS組成

主張學者	GIS組成
Tobler (1959)	1.資料輸入 2.資料處理 3.資料輸出
Tomlinson et al. (1976)	1.管理次系統 2.資料獲取次系統 3.輸入及儲存次系統 4.重建及分析次系統 5.資訊輸出次系統 6.資訊使用分析次系統

Marble D.F. (1984)	1.資料輸入次系統 2.儲存及重建次系統 3.資料處理及分析次系統 4.資料輸出次系統
Jack (1986)	1.資料輸入 2.資料分析 3.資料處理 4.資料基本查詢 5.資料顯示及報表產生
Keith (1986)	1.管理次系統 2.輸入次系統 3.儲存次系統 4.重建次系統 5.分析次系統 6.輸出次系統
陳 (1986)	1.資料輸入次系統 2.儲存及重建次系統 3.資料處理及分析次系統 4.資料輸出次系統

表3-2. 以構成系統結構區分之GIS組成

主張學者	GIS組成
Burrough (1986)	1.電腦硬體 2.應用軟體模組集合 3.適當組織結構
Client (1986)	1.硬體 2.軟體 3.資料 4.人員
孫 (1986)	1.地理資料庫 2.電腦及週邊設備 3.GIS軟體程式 4.使用操作及維護人員

GIS廣義解釋：任何人為或電腦資料庫考慮用來做儲存和處理地理參考資料者，GIS是電腦資料庫系統提供下列四組掌握地理資料的能力：

- 1.輸出
- 2.資料管理
- 3.處理分析
- 4.輸出

綜觀上列有關GIS之組成，雖各家有異，卻萬聖不離其宗，故由其發展之軌跡可得一完整的GIS組成，扼述如圖3-1，而各組成間必須密切配合方能發揮提供經營決策之最大功效，故GIS乃一整體合作之系統，缺一不可；而GIS在綜合後之整體性系統則如圖3-2所示。

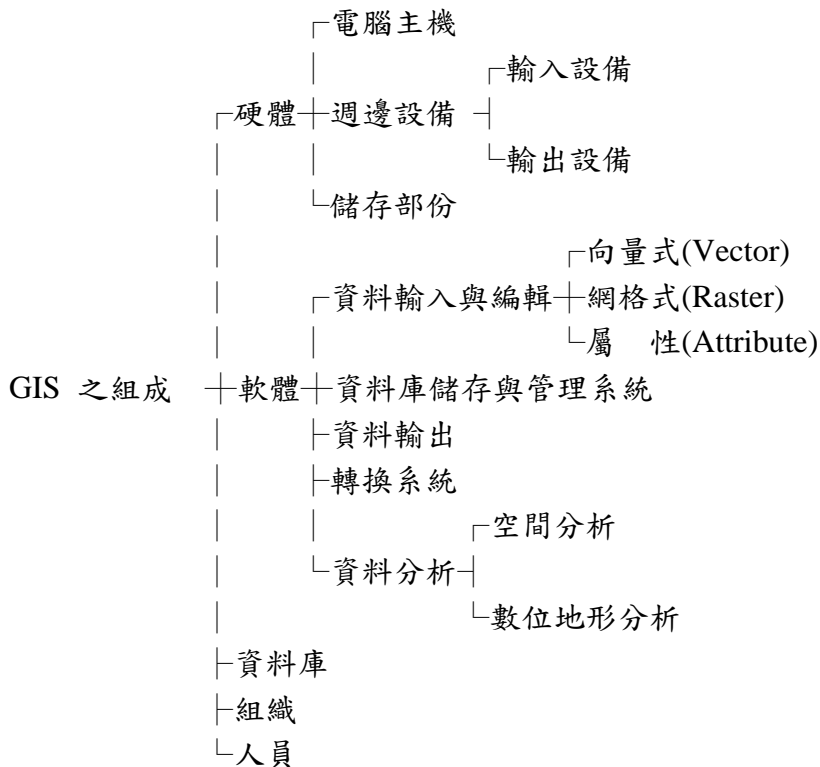


圖3-1 完整的GIS組成

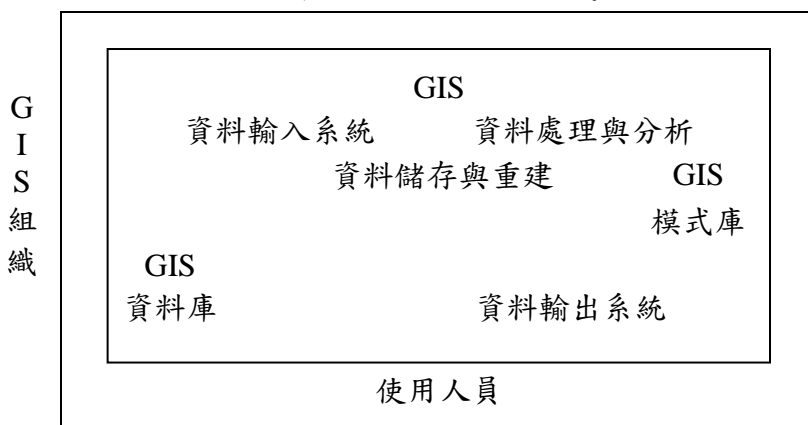


圖3-2 GIS之整體性系統

地理資訊系統之組成

GIS為具有獲取、處理、分析、存取空間資料及其屬性資料能力的一套完整系統。一個完整的GIS組成之組成分可分為：

(一)硬體結構(Hardware structure)

硬體設備為組成GIS第一要件。因GIS基本植根於電腦硬體，缺乏硬體設備則一無所賴。GIS所處理之資料除傳統的文數字資料外，尚有圖形、影像等不同型態資料，因此所需儀器設備亦較複雜，說明如下：

A.電腦主機(Jack 1986)

為整個硬體系統之核心，負責執行及控制各項工作。須容量大，處理速度快，且能

分時作業為佳。

B.週邊設備

(A)輸入部門(Input)

為將圖籍或文件資料轉成為電腦所能處理之數值形式。一般有：

- (1)鍵盤(Keyboard)：提供文數字或控制訊號輸入。
- (2)搖桿(Joystick)、滑鼠(Mouse)：提供選擇訊號之輸入。
- (3)數化儀(Digitizer)：提供圖籍資料的數化輸入。
- (4)掃描儀(Scanner)：提供一般圖籍、文件、影像資料之輸入。

(B)取存部門(Storage)

為記憶儲存龐大資料庫或程式，以供電腦主機使用，一般常見有：

- (1)磁帶機：資料循序存取，作業不便，常用於備份儲存資料之用。
- (2)磁碟機：資料隨機存取，作業方便。一般均與主機連線操作，作為輔助記憶體。
- (3)光碟機：資料隨機存取，作業快速，且容量大、體積小、保存期限長。

(C)顯示部門(Display)

電腦主機透過顯示部門和使用者溝通，以便於控制程序之執行或成果之展示。一般常見有：

- (1)文、數字終端機：提供文、數字的顯示。
- (2)繪圖終端機：提供圖形的顯示。
- (3)影像顯示機：提供高解像力之影像顯示功能。

(D)輸出部門(Output)

處理結果或處理程序輸出之裝置，負責最後成品之展示。一般有：

- (1)印表機：提供報表輸出。
- (2)繪圖機：提供圖形輸出之功能，可繪製各式圖籍。
- (3)硬拷貝機(Hard-Copy device)：將螢幕上顯示的文字、圖形、影像直接複製成圖。
- (4)彩色印像系統：接受彩色顯像機的訊號，以製成彩色、黑白照片或幻燈片等之輸出。
- (5)微縮膠卷機(micro-film Unit)：可以將輸出之文字、圖形或影像記錄於微縮膠卷片上，膠片大小是35、75或105厘米，精確度高，放大回正常的影像時尚能維持高度正確性，且其儲存空間極小，保存容易，未來發展潛力極大。

(二)軟體模組(Software module)

硬體設備功能能否發，完全取決於軟體的執行，尤其功能複雜的GIS更是如此。GIS中軟體部分依其執行功能可分為：

1.資料輸入次系統

自現有成圖、航空照片、地測成果、遙感探測資料或其他地面調查結果擷取所需空間資料。依其資料型態不同，應有下列數種輸入功能：

(1)網格式資料輸入(Raster data Input)

將遙測掃描資料、網格式數值地形資料、航空照片或圖籍等經由磁帶或掃描儀(Scanner)輸入。

(2) 向量式資料輸入(Vector data Input)

各式點、線、面圖籍資料，如鐵、公路、行政區界、地形等高線、水系、土地利用圖等，透過數化儀(Digitizer)或鍵盤輸入。

(3) 表列資料輸入(Tabular Data Input)

地表自然特徵、人文特色、文獻、統計表或調查等資料輸入。

(4) 資料轉換輸入

不同系統間資料彼此交流是無可避免的，尤其在系統更新或整合性資料庫的倡建上，資料互通益加迫切。故輸入功能應具有轉換其他系統資料的介面功能。

(5) 資料輸入檢核系統

資料輸入時難免有誤，故應有檢核輸入資料之功能，以過濾不合宜之資料，確保資料的正確性。

2. 資料儲存、管理次系統

由於GIS的資料量相當龐大，且又具有空間相關之特性，因此如何有效組織空間資料，使資料結構形式於進一步處理分析時能有效率存取，乃是GIS資料庫管理功能的重要課題。此外儲存資料的維護、更新、查詢亦是資料庫管理系統應具之功能。

GIS中負責資料庫管理者為資料庫管理系統(Data Base Management System，簡稱DBMS)，其與一般商業性DBMS有所不同，應為注重空間關係的空間性DBMS(Spatial DBMS)，其管理可透過四個層次來完成(Amdrew U.F.1988)。

3. 資料處理

本次系統為GIS之核心系統，供執行各種資料處理分析工作。例如：重訂資料格式、產生或由使用者界定系統執行時所需各項參數。

4. 資料分析次系統

對空間資料之轉算、分析、模擬等，其功能依目標不同而異。

5. 資料輸出展示次系統

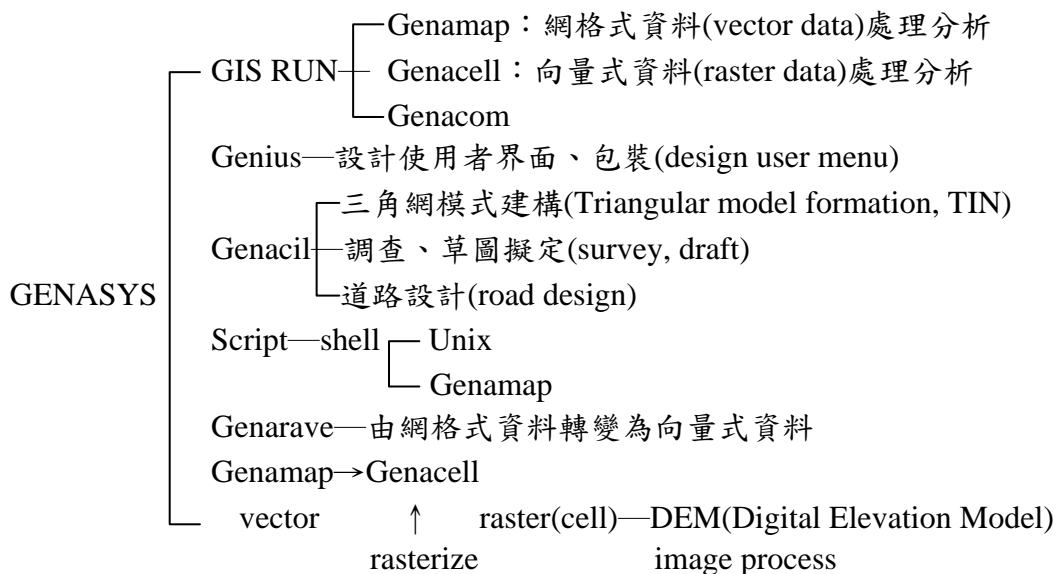
透過各式輸出裝置，以統計圖表、文字報表、圖籍或影像方式，展示全部或部分原始資料或經處理分析後之資訊，以供所需。

6. 作業次系統

為支援或服務其他程式的系統軟體(System Software)。一般有二：一種為處理具有固定格式之複雜資料軟體，例如編譯器、檔案管理等公用程式。另外一種是處理不固定格式之資料軟體，例如作業系統、電傳處理。

完整GIS軟體應包括上述六次系統，方能真正發揮功能，若僅具部分功能，缺乏整體作業能力，則不能視之為真正的GIS。

1. 有關Genamap GIS的模組(module)種類



(grid →type 7 — discrete)
 (raster →type 8 — continuos)

Genacil

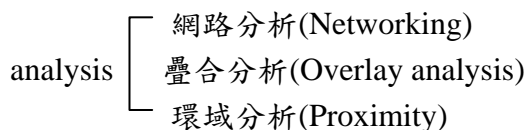
- Survey, drafting
- Road Design
- TIN (Triangular model formation)
- Vol. metries

(1) Genamap的功能

- a. X-Window, SQL Unix
- b. 為基於向量格式的地理資訊(Topological Vector based GIS)可整合各資料庫結構查詢語言 (Structure query languages, SQL) 管理系統 (Database Management System, DBMS)。
- c. 如

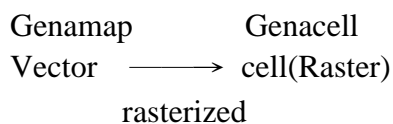


d. 利用連續空間資料庫(continuos spatial data bases)進行分析



註：資料格式(Data reformatting)，如

IGES、DLF、AS2482、OS/UTF、SIF、DLG、DIME、TIGER、DEM



(2) Genacell的功能

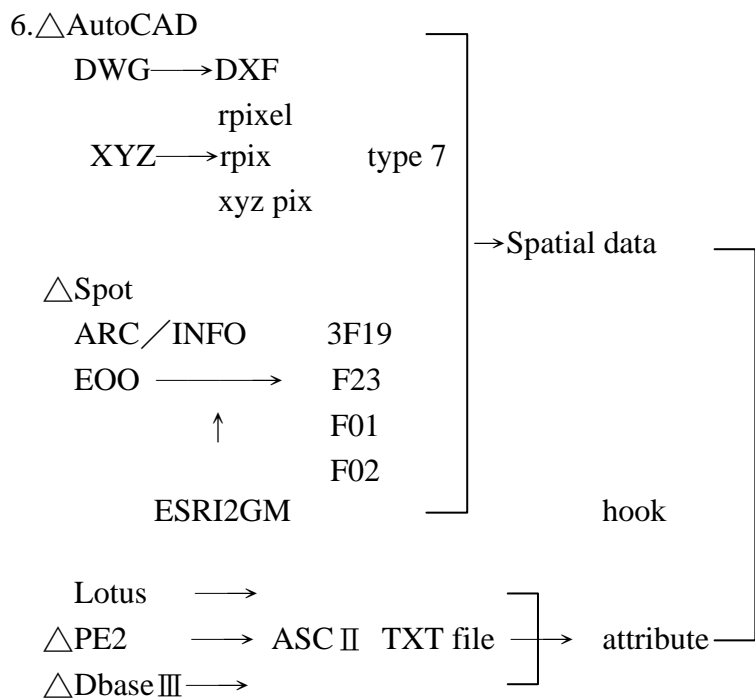
- a. 網格資料的向量化(raster vasterlization)整合
網格(cell, raster)與向量(vector)資料
- b. 網格化數位海拔高模式(Raster digital elevation modeling)
- c. Slope, aspect, view shed perspective plotting and draping
- d. 影像處理介面(Image processing interface)
- e. 整合GRASS的影像介面(Integrated with GRASS image processing)
與ERDAS雙向轉換(bi-directional transfer to ERDAS)
- f. 地形分析(Terrain analysis function)
 - 權重(weighting)
 - 等高線(contouring)
 - 透視分析(view shed analysis)
 - 剖面化(profiling)
 - 產生、製造坡度、坡向(slope and aspect generation)
 - 坡度、坡向分析(slope, aspect analysis)
 - 填、挖方計算(volume calculation)
- g. 集水區分析(Watershed analysis)

(3) Genacomm的功能

- a. 網路(Network Transparency)
- b. 主、從架構(Client Seven Architecture)
- c. 獲取多資料庫(Multiple Database Access)
- d. 程式設計(Programmable)
- e. 可以應用資料管理系統，如available for INGRES, ORACLE, INFORMIX, HP image的資料

2. 資料分析

- a. 網格化圖檔疊合分析(Polygon overlay)
- b. 自然資源經營(Natural resource management)
- c. 選地分析(Site location analysis)
- d. 土地利用規劃(land-use planning)
- e. 土地適合度分析(Site suitability analysis)
- f. 地形分析(Topographic analysis)
 - 坡度圖、坡向圖
- g. 地理模式(空間模式)應用(Geographic modeling (spatial data modeling) application)
- h. 重新分派(census)
- i. 集水區分析
- k. 距離推算、量測與計算(distance estimate (measure) and calculation)



- SQL
- Oracel
- Imformix IGES
- Ingres DLF
- Cybas SIF
- Dbase4 DLG
- CSIRO DIME
- DBMS TIGER
- PD-oracel DEM
- AS2482

(三)地理資訊系統、硬軟體工具功能比較表

表3-3 各型工作站比較表

功能 \ 機型	HP 9000/710	IRIS INDIGO	IBM 320H	IBM 340
MIPS	57.9	30	43.4	56.6
SPECmark	55.5	26	43.4	56.6
MFLOPS	17	4.2	11.7	14.8
RAM	16	16	16	16
H/D	400	432	400	400
BIT-PLANE可擴充到24	8	8	8	8
MONITOR	19"	16"	19"	19"
BIT MAP中文	有	有	有	有
向量中文	有	無	無	無
PRICE	NT\$910,000	NT \$870,000	NT \$790,000	NT \$1,130,000
價格/功能	1			

表3-4 GENAMAP/CELL與ARC/INFO, GEOSTATION功能比較表

功能	WS GENAMAP	WS ARC/INFO	GEOSTATION
操作系統	UNIX相容性極佳	VMS、UNIX、VM彼此互不相容	UNIX
座標精度	高	中	中
軟體一致性	WS與PC相同的Source code	不同WS與PC版本都不相同	無PC版本
發展語言	使用C語言，執行速率極佳	使用舊版FORTRAN語言，執行效率差	C語言
繪圖獨立	採用標準X-WINDOW	不同WS與PC採用繪圖LIB皆不同	X-WINDOW
網路能力	圖檔完全相容且透過GENACOMM作網路管理	FILE需轉換成標準檔才能互通	圖檔可互通
開放性	為開放性架構(OPEN SYSTEM)提供良好網路環境	不同操作系統圖檔彼此不相容，開放性差，網路能力差	為開放性架構
向量及網路處理能力	完整的向量(VECTOR)及網格(RASTER)功能且提供雙向轉換能力R→V、V→轉換R	舊版僅提供向量能力；最新版才具備網格能力	無網格能力
中文能力	有	有	無
提供內部資料庫	有	無	無
教育訓練支援	極佳	佳	尚可
技術服務支援	極佳	尚可	尚可

表3-5 Calcomp Scanner 70436與70836比較表

項目	70436	70836
Avg. List Software Driver	包含於硬體價格內	另購PC Windows或Sun Unix
Max. Resolution	406 dpi	800 dpi
Optical Resolution	277 dpi	417 dpi
CCD Cameras	2 cameras	3 cameras
Plat form	PC/AT (DOS)	PC/AT (Windows) SUN Unix
# of Output Formats	15	25
Grayscale Levels	64	256
Interface	PC/AT card	SCSI-2
Software drive	包含	需另購
Price	NT \$425,000	NT \$565,000

(四)資料庫

資料庫為GIS之材料倉庫，如經妥善安排，具良好結構，則透過DBMS之管理，能有效提供各項處理分析所需資料。依資料特性與管理組織結構，可歸納成：

- 1.自然資源及生態資料：包括地質、土壤、地形、文物、植物、氣候等。
- 2.社會及經濟性資料：如人口分佈、行政區界、遷移人口等。
- 3.土地管理資料：包括地權、地目及地用資料。
- 4.交通網路資料：包括街道、公路、鐵路等。
- 5.公共設施網路資料：包括電信、電力、自來水、瓦斯、雨水下水道、衛生下水道等。
- 6.基本圖資料：包括各類測量控制點，如基準點、平面控制點、水準點、計畫樁以及地形地物等。

(五)模式庫(model base)

為處理分析空間資料之依據。建立模式的目的是企圖複製大自然之情況，將其濃縮至電腦內，以便模擬現實情況，可節省實際作業並預測其結果。因此模式主要在瞭解相關資料層間相互的影響關係及其影響程度，以供分析，並據以幫助決策抉擇。同時，由於模式與模式間可以連接起來，將大大地增加預測能力。結合各種資料來源，形成資料元素(Data Element)，並經分析、判釋，再生有用的資訊，循環使用。

(六)人員

一個完整的GIS，其人員配置應含：經營管理者、系統分析師、資料庫管理員、製圖員、數化操作員、程式師、一般使用者。系統功能的發揮仰賴各方人員的合作無間，模式的建立，更是許多人的心血結晶。

(七)組織

一個GIS的設置非僅是軟、硬的購置而已，更須調整組織內部以接納此系統，支援系統的發展，並且充分利用此系統，一切作業能制度化，使在達成組織經營目標上能有所助益。因此就整體而言，各組成間如何配合實為GIS成功與否之關鍵。從目標的訂定、資訊需求以至問題分析等均應有GIS人員參與，以與組織其他部門協調，決定GIS運作之方向及其步驟。自資料蒐集、過濾、模式的建立、測試、資料庫儲存，經系統分析而得初步經營資訊，再經檢核後方可供決策參考。

(四)地理資料系統之應用

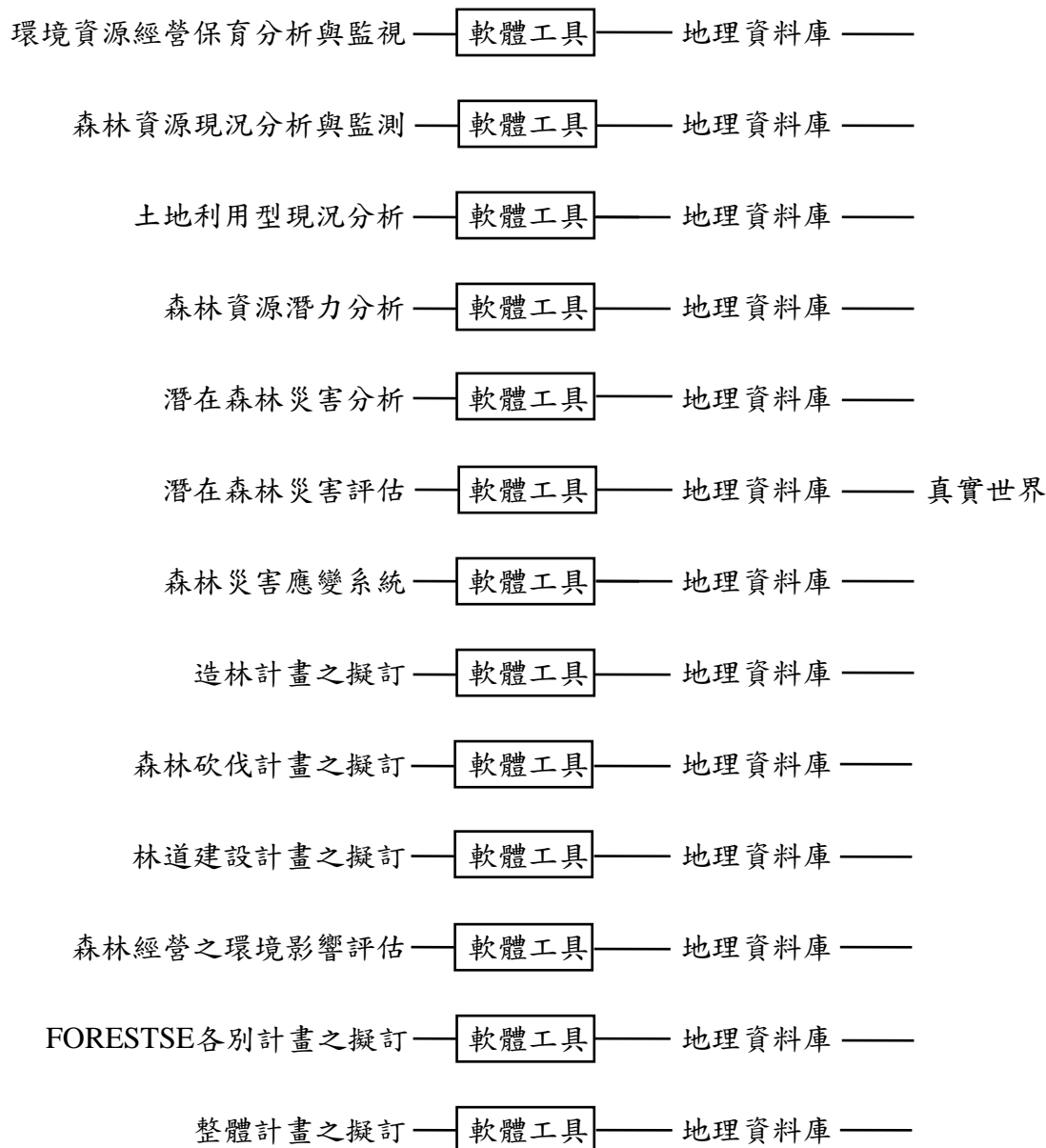


圖1：地理資訊系統(軟體工具與地理資料庫)與各種資源分析、經營計劃之關係圖

註：(1)森林資源現況分析、推估、監測、品估與經營

野生動植物

遊樂資源

資源保育

環境美資源

水土資源：河流流量、洪峰流量之估計、逕流量估計、水庫淤砂量估計、出砂量估計、流域經理

林木資源

(2)潛在森林災害分析如:森林瞭望塔選址、森林火災預防

4.地理資料之展示

目前常用的展示工具有印表機(printer)、繪圖機(plotter)、靜電式繪圖印表機(EPP)及監視器(moniter)。若表現線性向量資料，則以繪圖機及監視器較佳，若是展示網路式資料則以印表機和靜電式繪圖印表機為佳。目前地理資訊系統的發展，正朝向分散式處理和網路結合的趨勢。

(五)中興大學"林業地理資訊系統"課程內容如下：

林業地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)

1.前言(INTRODUCTION)

2.GIS之定義、背景、歷史(BACKGROUND、HISTORY)

(1)地理資訊系統建立

a.GIS之定義

b.地理資訊系統基本概念

GIS概觀

c.GIS之原則與技術(PRINCIPLES AND TECHNOLOGIES OF GIS)

(2)地理資料的發展與回顧

a.歷史發展

b.未來發展

3.地理資訊系統之組成(COMPONENTS OF GIS)

(1)硬體結構(Hardware structure)

(2)軟體模組(Software module)

a.有關GIS的種類

(3)地理資訊系統.硬軟體工具功能比較表

(4)資料庫(Data base)

(5)模式庫(model base)

(6)人員(Personnel)

(7)組織(Organization)

4.資料形態與特性(DATA STRUCTURE)

(1)資料形態與特性

(2)地理資料之特性

(3)地理資料包括空間資料及屬性資料

5.資料來源、輸入、建檔(數化)

(DATA IMPORT, UPDATE AND DIGITIZE)

(1)資料來源

(2)資料建檔

6. 資料處理、轉換(DATA PROCESSING AND CONVERSION)

- (1) 空間資料處理(Spatial Manipulation)
 - a. 向量及方格資料轉換(Vector / cell conversion)
 - b. 座標轉換(Transformation)
 - c. 座標資料過濾(Coordination)
 - d. 近鄰分析(Proximal Analysis)
 - e. 面積/週邊計算(Area/Perimeter Calculation)

7. 資料品質與資料庫管理

- (1) 資料品質
- (2) 資料品質的組成
- (3) 誤差的來源
- (4) 關於正確度的註解
- (5) 結論
- (6) 資料庫管理
- (7) 三種分類資料模組
- (8) 地理資料的特性
- (9) 空間資料模式
- (10) GIS 資料庫同時管理空間和屬性資料
- (11) 結論

*DATA MANAGEMENT 資料管理

- (1) INTRODUCTION
- (2) 資料庫入門
- (3) 三個較優的資料庫模式
- (4) 地理資料的種類
- (5) 空間資料模式
- (6) Bases For GIS : Managing Spatial And Attribute Data Together
GIS 資料庫：管理空間及屬性資料
- (7) 討論

*GIS ANALYSIS FUNCTION GIS 分析功能

- (1) INTRODUCTION 介紹
- (2) Organizing Geographic Data For Analysis
分析組織的地理資料
- (3) A Classification Of GIS Analysis Functions
GIS 分析功能的分類
- (4) Maintenance And Analysis of The Spatial Data
空間資料的分析與維護
- (5) Maintenance And Analysis of Non-Spatial Attribute Data
非空間屬性資料的分析與維護

- (6)Integrated Analysis of Spatial And Attribute Data
空間和屬性資料的整合分析
 - (7)Functions 連接功能
 - (8)Formatting 輸出格式
 - (9)Modelling：A GIS Analysis Procedure
製圖模型：分析程式
- 8.資料處理、分析(DATA MANIPULATION AND ANALYSIS)
- (1)GIS分析功能簡介
 - (2)地理資料分析上的組織架構
 - (3)GIS分析功能的分類
 - (4)空間資料之維護及分析
 - (5)非空間性屬性資料之維護及分析
 - (6)空間和屬性資料之整合的分析
 - (7)地理資料分析系統
- 9.空間與時間模式(SPATIAL AND TEMPAL MODEL)
- (1)空間模式(SPATIAL MODEL)
 - (2)時間模式(TEMPAL MODEL)
 - (3)空間與時間模式(SPATIAL AND TEMPAL MODEL)
- 10.展示(DISPLAY)
- (1)輸出格式
 - (2)輸出介面與方式
- 11.地理資訊系統應用與經營資訊系統之關係架構
- 12.地理資訊系統在林業經營上之應用
- The Application of Geographic Information System on Forest Management
- (1)林業經營資訊系統之架構
 - (2)在林業上之應用
美國國有林之建立
GIS在林木資源上之應用
- 13.地理資訊系統在林業經營上應用之實例
- (1)以惠蓀林場為例，試擬地理資訊系之建立
 - (2)以新化林場為例，試擬地理資訊系之建立
- 14.地理資訊系統與相關技術(GIS AND RELATED TECHNOLOGIES)
- (1)衛星影像資料(SATELLITE IMAGE DATA)
 - a. SPOT SATELLITES

b. LANDSAT SATELLITES

c. ERS SATELLITES

d. MOS SATELLITES

e. FUTURE DEVELOPMENT

(2) 衛星定位系統(GLOBAL POSITION BY SATELLITE, GPS)

a. GPS

b. GPS & GIS

(3) 專家系統(EXPERT SYSTEM)

(4) 網路(NETWORK)

15. 整合技術下之支援決策系統(INTEGRATED DECISION SUPPORT SYSTEM)地理

資訊系統中各有關部份所佔比率

GIS資料來源

經營決策內科技應用上的考量

16. 參考文獻(REFERENCE)

四、資料形態與特性(DATA STRUCTURE)

(一)資料形態與特性(DATA STRUCTURE)

數化格式

- 1.向量式(vector format)：以點、線、面的方式來表示，吾人只要記錄點、線、面在地圖上的座標位置及其屬性資料，再把點、線、面等地理資料彼此之間的空間位置關係有系統的記錄下來，就能利用電腦來處理、分析這些地理資料。
- 2.網格式(raster format)：它是以有規則的網格來代表地理資料，每一網格具有一種單一屬性，且因網格是有次序的排列，地理資料彼此之間的空間位置關係，即可用網格的位置來表示，如遙測影像即是採用網格式來記錄。

3.目前標準的網格式如下：

RLC.LLC. TIFF、CCITT.TYPICAL VECTOR FORMATS DXF.
DWG. DWG is a proprietary Autodesk format.
IGES. Initial Graphics Exchange Specification (IGES)
DGN. DGN : Intergraph format.
HPGL. HPGL : Hewlett-Packard

(二)地理資料之特性

- (1)地理資訊系統所處理的對象是地理資料。地理資料可定義為任何具有空間分佈特性的之資料。
- (2)完整的地理資料必須包括空間資料(Spatial data)及屬性資料(Descriptive data, non-spatial data)
- (3)空間資料描述各種地理現象之位置、形狀及彼此之間的位向關係
- (4)空間資料地圖上可用點、線、面來表示位置及相對關係
- (5)屬性資料則記載點、線、面等地理元素的特性
- (6)地理資料有些是不太容易變動，如地形、土壤、地質等。但大多數地理資料是會隨時間變化的，如地籍、土地利用、地下管線、人口資料、水質狀況等。因此如何維持並更新地理資料庫的內容，是發展建立地理資訊系統時必需慎重考慮的。
- (7)職責劃分清楚雖然有利於管理，卻也易流於本位主義，使資料分享不便或不易整合。目前發展中的地理資訊系統技術預期將可克服資料分享及整合的困擾。

(三)地理資料包括空間資料及屬性資料

前言—

時間的組成與空間的組成

若要整合時間與空間因子，使其有效的應用於地理資訊系統與資料庫管理中，則應對時間與空間的組成做深入的瞭解，此基礎研究將促進地理資訊系統、人工智慧（專家系統）等資源技術的發展，而實際應用森林時，則以如何執行動態的森林地理資料庫（dynamic forestry geographic database）為主。

1.空間資料

表現地理現象的位置、形狀及彼此間的相互關係

地理參考資料(空間資料)：是描述在某一時點及某一個地點的現象

- 1.記錄的現象
- 2.發生的地點
- 3.發生的時間

GIS內的點、線、面特性：

- a.點的特性：用來指地理現象的位置，當地圖特徵用線表示面積太小時，則使用點表示之。例如：城市位置、山頂。
- b.線：由連接之點組成，理論上沒有寬度如：邊界
- c.面：(area or polygon)由直線閉合構成之平面。

2.屬性資料

地理現象的各種特性

空間資料

資料型式	資料型式	資料型式	資料型式
單一座標組	具有始終點的一串座標	具有相同使終點的一串座標	面積加垂直座標
無長度或面積	有面積無長度	有長度和面積	有面積、長度和高程
舉例	舉例	舉例	舉例
交通事故	道路	土地坵塊	坡度圖
行道樹	河流	道路	
高度	公共設施管線	建築物	
區域標註	斷層線	土壤	
線的始終點	地區邊界		

屬性資料

資料型式	資料型式	資料型式	資料型式
字	文字	數字	字
阿拉伯數	圖		數字
			陰影
數字			符號
舉例	舉例	舉例	舉例
許可書	計畫書	交通流量	街名
各種指標			

五、資料來源、輸入、建檔(數化)(DATA IMPORT, UPDATE AND DIGITIZE)

(一)資料來源

GIS資料來源

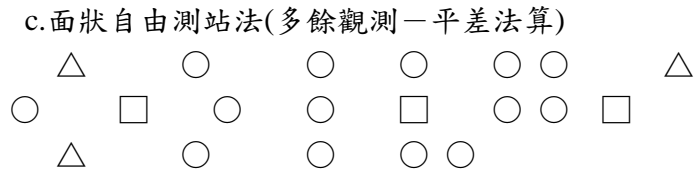
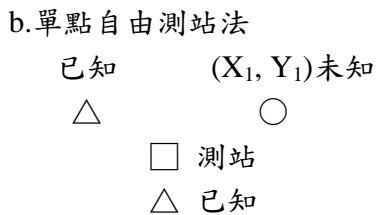
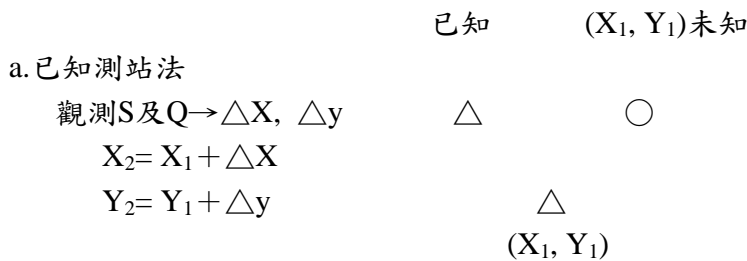
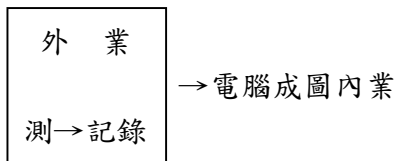
- 1.森林資料庫(Forest Data Base)
- 2.人造衛星資料(Satellite Data Digital Photograph)

自動的方法例如衛星影像(Scanning)衛星影像直接的產生量大而且具完全性。

- 3.航空照相與掃描(Aerial Photo Videograph)
- 4.衛星定位系統(GPS)
5. CFF(Roads Stream, Boundary)
- 6.地面測量

- (1)全測站儀(Total Station)(測角度平面+測距+紀錄器)
- (2)電腦平板(全測站儀+筆記型電腦顯圖，可當場編輯)
- (3) GPS 即時動態定位

(1)全測站儀之基本定方法



- (2)電腦平板
- 外業

測+筆記型電腦→內業成圖

(3) GPS

即時動態定位

DGPS：1.二個接受器

2.即時定位、編修、即時傳遞

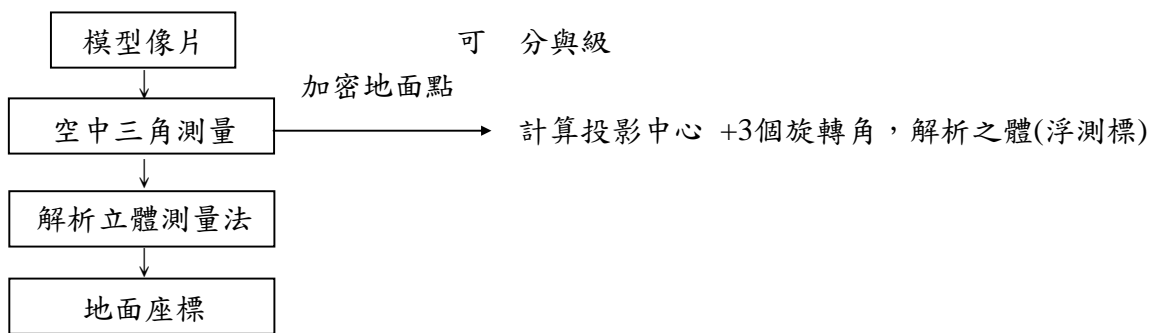
3.相位的解析度

找出整數同波級，即可 cm級(中斷,中斷即可)否則為m級

15度角不能遮閉，空闊地方可用，否則需重新測整數：同波度

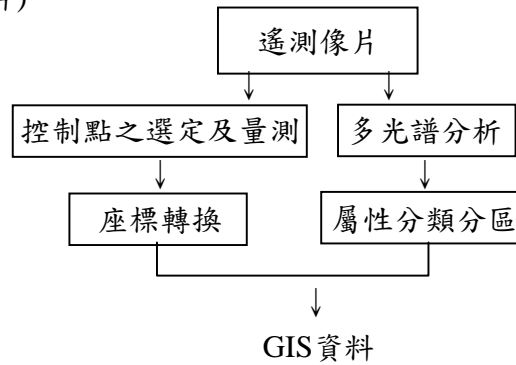
GPS在航測上即可減少地面控制是投影中心GPS的感應器差一不能有offset自動整平，GPS+飛機→定位精度

**航空測量—應用最法的測圖分法(實際測量最適)



- . 適合大範圍測區
- . 適合各種比例圖
- . 效率高
- . 需航測專業人員
- . 判釋需經驗豐富的人員
- . 航測的精度與相片的比例尺有關
- . 航照比例尺為5000分之一，則航照精度為 $5000 \div 5 = 1000$ 為製圖精度
- . GPS+航測→減少外業，控制點佈標

遙感探測(Raster式圖片)



- . 適合網格式資料之收集
- . 適合製做或更新小比例尺圖
- . 適合於大範圍的地物分類
- . TM 像元 \Rightarrow 解析度30m \square 30m
- . SPOT像元 \Rightarrow 解析度10m \square 10m

遙測資料：

衛星資料和航空照片已長久使用在圖形產生上，實際上大部分現有使用在GIS的空間資料都是以RS技術來產生的。ex：照像測量法。

資料包括：

航空照片

Landsat

Airborne

SPOT：數位等高線資料直接產生太貴或Dismiss.

(二)資料建檔

資料輸入(Data Input)是指資料密碼化的過程，使資料進入電腦能夠讀取以及寫入GIS資料庫的型態。

- 1.資料輸入輸出是指GIS與外面世界溝通的方式，過去輸入資料是轉成數位的形態，近5年來標準數位地理資料庫更能為廣泛的應用接受。
- 2.自動產生數化資料的方法例如衛星影像和掃描圖檔，係直接的產生，大而且完全、不管全球或區域性地區都可。
- 3.沒有一種方法或途徑適合所有狀態的，GIS的目標可以決定輸入、輸出上的格式需要及品質和執行的需要程度。
- 4.購買已數化資料來源(附錄B)。
- 5.資料說明文件(Documentation)須要考量資料品質，包括收集日期、位置精密度、分類系統的正確性、資料完整性以及電碼化的方法等。

資料輸入GIS有二種型態：

- (1)空間資料—圖層地理位置用點線面，例如表示街、湖。貯存圖層方式有網格(raster)、向量(vector)兩種。
- (2)非空間的屬性資料—街名、湖的鹽度、林分的組成、林分結構及林分生長，必須正確被鏈結起來。

1.空間資料存在之貯存結構

(1)網格(raster)

分成像元，像元與解析度有關；網格只表現屬性資料。

2.有五種資料輸入途徑：

- (1)鍵盤：從空間座標資料計算後而建立GIS相容資料檔。
- (2)座標幾何(coordinate geometry, COGO)調查資料普遍的以鍵盤輸入。
- (3)人為數化須地圖、座標數化儀或、數化板或掃描器來數化。
- (4)掃描更為自動的數化方法以Raster進入再轉成Vector，再形成GIS相容檔。
掃描器(Scanner)有二種：
 - a.平面式：detector是以x、y二方向移動
 - b.滾筒式：Sensor→x方向，滾筒轉動是y方向。Scanner輸出形態是數位影像。
- (5)已存在數位檔，固定格式是digital form。

地理資料的數化工作，即是將以存在的空間資料(地理圖形資料)與屬性資料，轉換為電腦可以接受的形式。目前常用的圖形數化工具有數化儀(DIGITIZER)、掃描器(SCANNER)、電視攝影機(VIDEO CAMARA)等，而屬性數化工具則多為鍵盤，但目前亦可使用掃描器，經圖形辨視後產生屬性資料。此外尚有遙感探測器，可直接將地面現況，以數化的方式記錄下來，此種資料可不經其它工具處理，而輸入電腦。

沒有一種方法或途徑是能適合所有狀態的，GIS的目標可以決定輸入、輸出的需要。輸入、輸出在不同方法和設備下，品質和執行時所需要的技巧，將會不同。總觀資料輸入、輸出的原理和方法，決定於(1)GIS環境下；(2)存在地理資料庫的情況。

(三)鍵盤輸入和座標幾何的考量

鍵盤輸入主要在建立屬性或野外調查資料。CoGo則是用來輸入土地記錄資訊，它具較高精度可被輸入一個正確調查測量而獲得。但是昂貴(比人工方式)約6-20倍，地方政府傾向於不使用CoGo。

3.人為數化

數化：圖貼在數位板上而圖徵。通常有一個十字絲(grid)在板上以協助數化，有一些button。

數化的效率取決於數位軟體的品質和操作者的熟練程度。屬性可能在數化中被輸入，但通常是一些ID number被coded若屬性已建檔則可直接輸入。品質的檢核可經由繪圖後與

原圖作視覺上的比較。

4.掃描(Scanner)：提供數化最快的方法，Scanner有二種：

- (1)平面式：detector是以x、y二方向移動
- (2)滾筒式：Sensor沿x方向，滾筒轉動是y方向。

Scanner輸出形態是數位影像。

1.掃描對人為數化：S比M快5-10或更多倍的時間，幾個使用機構：(1)加拿大土地資料系統；(2)美國國家公園服務中心；(3)美國林務署。

(1) Scanner的缺點是re-drafting

re-drafting不增加成本負擔，Scanner的理由包括：

- A.r-d不是電腦系統運作而是人為
- B.快速而較少的editing 和error。省時、省成本。
- C.複雜圖形改變上
- D.time-consuming(時間消費的)地圖大量改變

(2) Scanner是自動化的以致個人訓練較少，但設備的維護和複雜軟體的寫入則較困難。

(3)掃描機通常比數位板更為昂貴。

(4)同時須要複雜的軟體做編修工作

(5)掃描最好用地圖：因為清楚簡單。

(6)資料量少用數位板成本反而合算。

掃描永無法取代人為數化：即使掃描機現在已更為廣泛以及技術上顯著的改善

2.掃描影像的直接利用：

有些圖只是做為其他地理資訊背景，此時此圖可能直接以影像被使用者入這些圖一般如航空照片、衛星影像或其他影像即是以此方法儲存。這些影像圖檔佔了很大空間。megabyte(光碟)是經常用來做為儲存資料的工具之一。

背景：Raster影像轉變為Vector 此時Raster是背景。這種方法可以解決當小量的資料須被粹取，而大面積資料必須被搜尋獲得時。

ex：土地利用的改變—在城市中來開發的土地以Vector線、面方式突顯出來時。

5.已存在的數位資料

(1)美加→以低成本來獲得Data

(2)美國考慮合作和標準化的問題。例如FICCDC—聯邦機構間數位製圖合作委員會的成立，由14個組織組成，加拿大也有類似機構。

(3)這些Data Set 可歸類為四個種類：

- a.基本製圖資料
- b.自然資源資料
- c.數位資料

d. 人口普查資料

a. 基本地形資料：包括地形和planimetric資訊地形一對指那些描述地形起伏，例如高程等高線和位置高度的資料。planimetric—包括路、河流、如教育資料管理和政治疆界、城鎮等有二種格式：即圖和地理機構，現分述如下：

(a) 圖型：(圖形格式資料庫)是為了繪圖而設計，必須以線、點圖徵被數化為Vector形態。

它的特性是易更新、修改，以產生空間目的圖，並且能Import到GIS之中。

(b) 地理結構格式：更適合套入空間分析和地理研究的格式。大部分GIS是被設計來使用地理資訊。

例如：DLG(Digital line graph)格式：美國地理調查數位線圖資料(US Geological Survey Digital Line Graph Data)是一種地理製資料庫有18個圖層、植群...等。植生(vegetation)、水文(hydrology)、變遷(transportation)、地籍(cadastre)、等高線(contour lines)、海拔高(elevation)。

b. 自然資源資料：

舉出美國聯邦政府一些機構使用即為廣泛的實例：

美國土地利用和土地覆蓋和相關資料：

這是美國地質調查發展土地利用和土地覆蓋資料庫收集了從最初1：58000紅外線航空照片和1：250000比例尺地圖製作。資料以人工數化和掃描二種方式來輸入，而分類系統包括都市林、農地、荒廢地、牧地、林地、溼地、凍原等。

分類系統顯出四種資訊：1.政治界線；2.水文單位(集水區界線)；3.土地所有權；4.戶口普查等。資料來自國家製圖資訊中心。

c. 人口普查資料庫

資料庫可以列出某區域：街道、地址、郵遞區號...等。人口普查地區和人口的屬性資料結合等。例如收入、工作情形、年齡分佈、種族文化資料共同產生特別目的圖(主題圖)並粹取資訊。

上述Data set可以分為：

1. 地址的配對(address-Mathing)一般的屬性連接到街道地址，等於把空間資料檔內之地理資訊加入含有地址的屬性檔中。

2. 區域圖形(District-Delineation)：經由一或更多的屬性來描繪出某區域的組成情形。例如：選區的劃分。網路分析：決定最佳的運輸路線。例如公車路線和緊急傳遞路線。

(1) 資料有效性：

以美國街道網路的提供為例，空間資料的形態是" GBF/DIME-Files" 後來這個資料庫是被一個叫TIGER的檔案資料庫所取代。

加拿大：提供的資料庫叫CARTLIBs，另外有個AMF(Area Master File)提供街道網路，

這些都列在“Statistic Canada's”刊物中。

上述的file Data Set又分述如下：

(2) GBF/DIME-Files and TIGER file

GBF/DIME系統是美國政府人口普查機構發展的地理輸入系統，以自動製作和分析人口問題。自1970年GIS廠商已提供軟體讀取G/D檔了。但是G/D檔有缺點，不能顯示街道形狀，曲線都以直線表示。所以又發展了TIGER(Topologically Integrated Geographic Encoding and Reforencing)例如圖4-6是自TIGER產生顯示運輸、水文和人口區域號碼。

(3)加拿大的CARILIB Data：利用來作主題圖製作分析和人口普查資訊。

(4)加拿大AMF檔(是一些數位街道網路檔)超過300市政的街道和超過半數的加拿大人口在此展現。AMF主要是廣泛的應用到路線和區域地形的應用、火災等等急事的路線等。

4.數位高程資料：

它是指土地表面上位置分佈高程測量的資料組，利用來作一個地區地理性(如表面特徵)分析。

有幾個項目被DED 所發展，如：

- a. 數位地形資料(Digital Terrain Data DTD)
- b. DTM (數位地形模型)
- c. DEM (數位高程模型)
- d. DTED (數位地形高程資料)

數位高程資料在工程、規劃和軍事上的應用，DTM的應用在chap7詳細討論：

在此舉了一例：

例如道路建築、水力發電廠、壩堤的建築等。用來分析地區的地形又如能見度間的分析用來規劃道路位置。

四個提取及儲存高程資料的途徑：

- 1.規則網格：(regular grid)
- 2.等高線(contours)
- 3.剖面(profile)
- 4.(TIN)：不規則三角網(Triangulate Irregular Network)

圖4.9所示：數位高程資可以從存在的等高線圖、立體航照、立體衛星資料等的分析得到。

Grid的大小(每個cell多大)有許多方法用來決定point density一個方法是用改變Grid cell間格的大小來調節point Density用較小的cell大小去提取複雜的地形狀態。

另一個方法是不規則三角網。如圖4-9，三個點的座標位置和高程形成的每一不規則平面的頂點被利用來計算，這些地形參數值用來當成該地形的坡度和坡向。一些數學方法已經被用來產生這些不規則網。對於相同的Data Set，每一次可能有不同結果。TIN 是用來做更精確描述。

TIN的優點是它可以用較少的點來抓取標準圖(critical point)，而且它可以把地理密碼化以致於使緊接而來的分析更易進行。

第三個方法

地理表面也可以剖面顯示：是指一些沿著一系列平行線的剖面的高程的點而言。

第四方法是數化等高線：以每一個等高線來表示地形高程。

DTM資料的獲得：北美是來自美國防禦製圖機構用Scanner，1：25萬，另一個是us地質調查(us Geological Survey) NCIC(國家製圖資訊中心)。

數化海拔高資料(Digital elevation data, DEM)

同義詞：Digital Terrain Data (DTD), Digital Terrain Model (DTM), Digital Elevation Model (DEM), Digital Terrain Elevation Data (DTED)

定義：一組表示位置分布在土地表面的海拔高(elevation)量測值，用來分析某一地區的位相(topography)即表面物相。

DEM廣泛用於工程，規劃和軍事上，用來計算工程的挖填方。如道路建設或水壩淹沒區。

萃取與貯存海拔高資料的方法，可以歸納成四個基本方法：

- (1)規劃網格(regular grid)
- (2)等高線(contours)
- (3)剖面(profiles)
- (4)不規格三角網(Triangulated Irregular Network，TIN)，如圖4-9

DEM由已存在的等高線圖產生，由立體照片對的航空測計分析或衛星立體資料自動分析(如Gugan and Dourman 1988，Simard et al 1988)討論由SPOT影像資料自動產生海拔高資料)。

DEM資料最常將海拔高資料以規則網格格式(grid format)提供，每一組資料圖表示網格(grid cell)所在位置的海拔高，網格型式表示上的限制是相同密度的海拔高點廣佈於整個覆蓋區(coverage area)較理想的方式為在較複雜的地型(terrain)其資料點應較密，於較平坦的地區。利用不規則的海拔高點和由三角網表示位相(topography)，可改進規則網限制。其三個點的座標位置與海拔高可計算地形的坡度和坡向。

有許多數式用來產生三角網相同資料點也會得出不同解TIN較grid使用較少的點在抓定義不連續的關鍵點和位向化時鄰近分析(adjacency analysis)較易進行。

圖籍有四類

- (1)基本圖(base cartographic data)
- (2)自然資源圖(natural resource data)
- (3)數位海拔資料(digital elevation data)
- (4)由感應器獲得的資料(Census-related data)

位相(topography)：定義為某區域內角每一位置的海拔高，GIS中土地表面的位相可由DEM表之，此海拔高點一般以網格(raster)型之網格(grid)表之或以向量系統(Vector-based system)的三角網(TIN)表之，一個多邊行的地理屬性可為海拔高、坡度、坡向。某性態值若在一個區域內為連續變化，則可以表面(Surface)表之。

位相函數(Topographic functions)為用於計算描述地區或該地區附近的特殊地理位置(如海拔高)大部分的位相函數是由鄰近去描述特徵顯出地區的地形特徵，最常用來表示地形的參數為坡度(slope)與坡向(aspect)。

坡度：海拔高的改變率 (The rate of change of elevation)

坡向：表面所對的方向(The direction that a Surfaces)

數位地形(Digital Terrain Model，簡稱DTM)

乃是用以表示地形特徵在空間分布之一群序列數字(Doyle 1978)；[A Digital Terrain Model (DTM) is an ordered array of numbers that represents the spatial distribution of terrain characteristics.]

其發展源起應追溯至 1955 年美國麻省理工學院(MIT)由Prof.Charles L.Miller為麻州政府之公共工程部(Massachusetts Department of Public Works)及公有道路局 (U.S. Bureau of Public Roads)研究利用由航空測量取得之地形資料經過數位計算以供道路設計發其濫觴。(Doyle 1978)。

廣義的DTM應包括斷面線、不規則三角網、等高線、規則網格點等，(Demel, L.E., R.J. Fornaro and McAllister, D.F. 1982)，而狹義的DTM一般只表示高程資料，又稱為Digital elevation Model，簡稱DEM (Collin and Moon, 1981)。

(七)目前臺灣地區規模較大的數化地理資料有下列數項：

- A、遙測資料：美國LANDSAT TM, MSS, 法國SPOT, 航空MSS。
- B、土地利用資料：農委會全省農業土地利用
- C、地籍資料：糧食局農業地籍資料，內政部地籍資料

- D、戶籍資料：內政部戶籍資料
- E、地形資料：農航所高程資料
- F、地質資料：能礦所環境地籍資料
- G、電信資料：電信局電信資料庫
- H、其他土地資料：農委會全省主題資料庫

(八)已存在的數位資料

1.基本地形資料

二種基本格式分述如下：

A. 圖形格式資料庫：

- a.特性是易更新、修改以產生空間目的圖。
- b.能Import入GIS。

B.地理結構格式：更適合套入空間分析和地理研究的格式。大部分GISes是被設計來使用地理資訊。

例如：DLG格式—美國地理調查數位線圖資料是一種地理製資料庫有18個圖層、植群.....等。

2.自然資源資料

3.人口普查資料

4.數位高程資料

它是指土地表面上位置分佈高程測量的資料組，利用來作一個地區地理性分析。

有幾個項目被DED 所發展：如

- a.數位地形資料
- b.數位地形模式
- c.數位高程模式
- d.數位地形高程資料

四個提取及儲存高程資料的途徑：

- a.規劃網格：(regular grid)
- b.等高線(contours)
- c.剖面(profile)
- d.不規則三角網(Triangulate Irregular Network)

資料庫設計與發展部門中

- 一、資料收集 : 60%
(Data Collection—
Digitizing Survey Data, LT+ scanning)
- 二、圖籍準備 : 20%
(Map Preparation)

- 三、編輯與錯誤檢查 : 10%
(Edit and Error Check)
- 四、表格資料的輸入 : 10%
(Table Data Entry)

資料庫最初建立的成本通常是硬、軟體的5-10倍。

(九)圖形繪製

本報告中圖形繪製共計四個村落，分別為多納村、高士佛村、精英村及月眉村。

繪圖過程除使用套裝軟體-AutoCAD為基本程式外亦配合設計"FIGDATA.LSP"程式一套加以輔助,其操作步驟如下：

A. 等高線圖繪製：

1.CD\ACAD10(按ENTER，並稍待...)

2.執行ACAD

3.選擇項目1 (begin a new drawing) 並給予任意檔名

4.進入ACAD後在command：下鍵入"tablet"

回應：OPTION(ON/OFF/CAL/CFG)："CAL"

DIGITIZER FIRST KNOW POINT：用MOUSE指向第一點(左下方)

ENTER COORDINATES FOR FIRST POINT：輸入座標X.Y軸

(此時作業畫面即為設定之座標範圍)

5.command："zoom"

回應：ALL/CENTER/DYNAMIC/EXTENTS/LEFT/PREVIOUS/WINDOW/<SCALE>

：選"W"再一次鍵入,x,y座標

6.command：鍵入((load"figdata.lsp")....

command：再鍵一次figdata.... (此時進入FIGDATA.LSP程式)

FILE NAME OF EDIT DATA：輸入欲繪圖形之檔名....

IT IS A NEW FILE [Y/N]? 第一次用"Y"(新圖),第二次以後用"N"...

回應：PRESS 'UNDO'OR 'REDO'OR 'END'OR

SPECIAL NAME FOR NEXT LINE：給予任意名稱

回應：ELVATION OF THIS LINE = 輸入欲畫等高線高度

DIGITIZE POINT：(點圖...)

.

.

.

點繪完畢,鍵入"N"(若欲放棄該線段則選"U")

如上述將各等高線完成,輸入"END"... (此時檔名為*.\$*)

7.command：下save產生.dwg檔。

B. 水系、邊界、標高、道路之標繪：

1. 進入ACAD,並選項目2(EDIT AN EXISTING DRAWING)

呼叫等高線圖形檔...

2. 以繪製等高線之同樣方法用"TABLET"及"ZOOM"分別定出座標....

3. command : 下"layer"....

回應：?/MAKE/SET/NEW/ON/OFF/COLOR/LTYRE/FREEZE/THAW :

選擇NEW---->NEW LAYER NAME(S) : 輸入新層名稱

再選SET---->NEW CURRENT LAYER : 輸入新層名稱

再選COLOR-->COLOR : 給予新層顏色號碼,本圖設定如下 :

邊界--1--紅 , 水系--5--藍 , 標高--2--黃

道路--4--青 , 備用--3--綠 , 備用--6--靛

(所有設定可以"? "查閱)

4. command : 輸入"color"....

回應：NEW ENTITY COLOR <7(WHITE)> : 輸入代表顏色之號碼...

5. command : 以"pline"點繪出線段

6. 邊界及水系等如上所述。

7. 標高之標繪須以"style"先行設定

command : style

回應：TEXT STYLE NAME(OR?) : 給予任意名稱或直接ENTER

回應： EXISTING STYLE

FONT FILE<TXT> :

回應： HEIGHT<1.0000> : 輸入字形高度(可任意加大)

回應： WIDTH<2.00> : 輸入字形寬度(可任意加大)

回應： OBLIQUING ANGLE<0> :

回應： BACKWARDS?<N> :

回應： UPSIDE-DOWN?<N> :

回應： VERTICAL?<N>....

回應： AA is now the current text style

8. command : text

start point or align /center/fit/middle/right/style :

選擇 C.F.或R 並給予參考點。

TEXT : 鍵入數字即可....。

C. 林相繪製 :

1. 在等高線圖上以"LAYER"項目中之"NEW"設定新層。

2. 以"DRAW"子功能中的"HATCH",選擇代表各林相之圖例。(標示區域須為封閉線段)

3. 各區域標繪後,再以"CHANGE"指令 :

回應：SELECT OBJECTS : 用MOUSE標定。並給予標定之顏色....

回應：PROPERTIES/<CHANG POINT>：P.....

回應：CHANG WHAT PROPERTY (COLOR/ELEV/LAYER/LTYPE/THICKNESS)
?選"C"

回應：NEW COLOR <7(WHITE)>：輸入該區顏色代號.....(ENTER二次)

4.重複,並SAVE。

D.輔助指令：

1.ZOOM：圖形放大縮小...。

2.ERASE：消除某圖素.....。

3.REDRAW：重畫.....。

4.CIRCLE：畫圓.....。

GENAMAP DIGIT

<先設 input 選 5>

Genamap 數化板數化手續

1.NEWM ←

(1)輸入檔名_____ ← (檔名最好大寫, 例如： SAN)

(2)輸入底圖名稱_____ ← 或按 enter 不須底圖.

(3)選 type 4. ←

(4)Please enter description(說明這幅新圖)

輸入 _____ ← (例如： 圖號9419-11-085)

(5)輸入 scale： _____ ← (例如： 5000或10000)

(6)Do you wish to change the projection parameters [Y]?

輸入 N (不改變經緯度狀態) ←

(7)Do you wish to chang map coverage [Y]? ←

輸入經緯度最小和最大值： ← (例如： 120 22 30 23 03 00)

(8)選32bit ←

(9)檢查所有數值是否正確, 若是則 ←

2.REGI ←

(1)Please enter name of map to REGISTER [QUIT]? 輸入SAN ←

(2)Please enter name of source information decument [QUIT]?

輸入SAN.CP ←

(3)Map registration options

1

.

.

.

8
項

Enter [1] 先選 2 (輸入控制點). ←

#0 projection is GEOGRAPHIC

Is this correct [Y]? 輸入 N ←

(4)選 9 ← ; 選 14 ←

輸入 0.9999 ←

121 ←

0 ←

250000 ←

0 ←

確認 Y ←

(5)選[2](regular grid pattern) ←

(6)Enter distance in X direction [QUIT] : 輸入 500 ← (或1000)

Enter distance in Y direction [QUIT] : 輸入 500 ← (或1000)

確認 [Y] ←

(7)選[2](Keyboard) ←

(8)給Control point1 的座標

┌ X coordinate : _____

└ Y coordinate : _____

輸入3個控制點及1個CHECKPOINT座標(CP)。(CP須在圖中心點)

(9)回到Gegister的主選單, 並再選[4] ← (measure control point)

用MOUSE在圖上以逆時針方向點至少7個, (前三個點應包含曾給予的三點)

(用MOUSE的"0"鍵去點, 並用"7"鍵跳出)

(10)確認 ← ←

(11)CHECKPOINT → 用MOUSE點CP點, 直到出現

Congratulations — registration is complet!

←

並跳出register[1] ←

3.EDMA ←

Please enter map name(s)[QUIT]

? _____ ←

(此時可先檢查 是否已Wact W1 底圖是否要Wind入W1 是否遺忘 input 5!)

4.DIGI ← , 回應Select function from digitiser button....

此時開始數化, 起點、終點用"4"鍵, 中間線段用"1"即 "4111111.....1114" 。

六、資料處理、轉換(DATA PROCESSING AND CONVERSION)

A、空間資料處理(Spatial Manipulation)

- a. 向量及方格資料轉換(Vector / cell conversion)
- b. 座標轉換(Transformation)
- c. 座標資料過濾(Coordination)
- d. 近鄰分析(Proximal Analysis)
- e. 面積/週邊計算(Area/Perimeter Calculation)

GPS 座標轉換

一、為什麼要做基準轉換 (Datum Transformation)

由於GPS衛星測量是採用GS84 (World Geotic System) 的座標系統，WGS84是一全球性的地心座標系統，它是源自於北美座標基準NAD83 (North American Datum)，地球橢圓體採用GRS80 (Geodetic Reference System of 1980)，參數如下：

長半徑：6378137m

短半徑：6356752.314m

扁率：1/298.2572

而一般大地測量、製圖所使用的座標系常因地區性的方便，而自行選擇某一橢球體並選定特定的大地基準，以做為參考座標系。例如台灣地區目前是採用GRS67橢球體，參數如下：

長半徑：6378160m

短半徑：6356774.719m

扁率：1/298.25

二度分帶的方格座標：

平面位置以南投埔里之虎子山等三角點為起算點，

其經度為120度 58'25."975E

其緯度為 23度 58'32."340N

對頭拒山方位角為323度 57'28."135

高程基準則以基隆港驗潮站所定之平均海水面為依據。

兩者座標關係可以下圖來表示：

圖6-1 WGS84與地區性座標系統之關係圖

這兩種座標系統不但原點不同，三軸也互不平行，而且也有一尺度因子存在，兩者的關係可用一簡單之關係式來取代。

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + S^* R^* \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$

上式中 $\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix}$ 表GS84系統的座標， $\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$ 表地區性座標， $\begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix}$ 表平移量，S表尺度因子，R表旋轉矩陣。

因此由GPS所測得的座標須經過基準轉換的程序，才能應用於現有的地理資料庫中。

二、基準轉換的方法

基準轉換的方法很多，常用的有下列幾種：

(一)BURSA-WOLF模式

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} + R^*(1+S) \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

式中 $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ ：平移參數

R：旋轉參數矩陣

S：比例因子

(二)Molodensky-Badekas模式

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_1 = \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} xm \\ ym \\ zm \end{pmatrix}_2 + R^*(1+S) \begin{pmatrix} X - xm \\ Y - ym \\ Z - zm \end{pmatrix}_2$$

式中 $(Xm, Ym, Zm)_2$ ：系統2之重心座標，其餘與(一)同

(三)二階多項式模式

$$X^1 = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2$$

$$Y^1 = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2$$

式中 $x=(x-x_0)/S_x$, $y=(Y-Y_0)/S_y$

X, Y表系統1之座標, X^1, Y^1 表系統2之座標

(X, Y)表系統1之原點, S_x, S_y 表正規化因子

(四)二階正形多項式模式

$$X^1 = a_0 + a_1x - b_1y + a_2(x^2 - y^2) + b_2(2xy)$$

$$Y^1 = b_0 + b_1x - a_1y + b_2(x^2 - y^2) + a_2(2xy)$$

參數與(三)同

三、目前台灣地區基準轉換的現況

在前節中已解釋過GPS衛星測所得之WGS-84座標可經由基準轉換成為台灣地區目前採用的GRS-67座標。根據成功大學測量系的研究，利用均勻分佈於台灣地區的九個一等三角點，應用基準轉換所得之(N, E)座標之經度約為(0.32m, 0.29m)利用此組轉換參數實際應用於高雄，宜蘭兩地與原有座標比較發現(N, E)座標有平均(-0.43m, -0.85m)，(0.08m, 0.94m)的平移量，因此可知利用這組轉換所造成的座標誤差約可控制在1m以內。造成精度不高可能的原因是台灣地區之角點精度不高且不一致所導致的。

這種精度對於工程設計、市政管理等大比例的應用而言當然是不夠的，要提昇其精度方法有很多，其中之一是先求出該地區的基準轉換參數，以提昇轉換的精度，另一個方法是如果該地區有二個以上的已知點，可取此二點之偏差量平均值做為該區之系統偏差量，如此則應達到公分級的精度。

至於高程方面，由於GPS所得到的幾何高，與一般所用的高程一正高之間相差一個大地起伏值，而台灣地區在缺乏大地起伏值之情形下，應用GPS所得到的

高程精度。

四、MSPM提供基準轉換的方式

MSPM是MGE系統中處理座標轉換的應用模組，它提供了44種地圖投影的方式，25種大地基準，24種橢球體及10種地球磁場模式，10種高程基準及2種大地起伏模式供選擇，使用者可採表格式的操作去設定主座標（例如2度分帶）輔助座標（例如UTM）系統，在圖形環境下，使用者可隨時知道任一點的經緯度及NE座標、磁偏角、子午線收斂角及尺度比，並計算大地線的距離、正反方位角及可自動繪出兩點間的大地線及等方位線(Rhumb line)。

至於MSPM座標轉換的功能可以分為三大類：

- (一)地圖投影轉換：提供前述44種地圖投影、圖檔、不同投影之間的圖檔轉換。例如由UTM座標系統的投檔轉換到2度分帶座標系統。
- (二)最小二乘法座標轉換：提供局部地區不同平面座標系統間，以最小二乘法（Least Square Fit）方式做座標轉換，至於轉換的模式可以選擇Helmert 4參數正形轉換，Affine 6參數仿射轉換，Projective 8參數投影轉換參數、殘差、變方—協變方矩陣等參數，再決定選擇何種轉換式來進行轉換。例如由地籍座標系統轉換到2度分帶座標系統。
- (三)大地基準轉換：提供不同大地基準之間的座標轉換，目前在MSPM中所提供的模式有下列幾種：
 - 1、2階多項式模式
 - 2、2階正形多項式模式
 - 3、Bursa-wolf模式
 - 4、Molodensky模式
 - 5、加拿大國家轉換模式：提供NAD27與NAD83相互轉換
 - 6、NADCON（NGS2.0版）：提供NAD27與NAD83相互轉換
 - 7、複合多項式模式：提供丹麥、紐西蘭、瑞典等國家的轉換
 - 8、多重迴歸模式：提供各種基準與WGS84之間的轉換

例如，由GPS所測得的資料轉換到2度分帶座標，或是由UTM座標轉換到2度分帶0座標都需要做基準轉換。

七、資料品質與資料庫管理(DATA QUALITY & DATABASE MANAGEMENT IN GIS)

TYPES OF DBMS STRUCTURE

- Inverted list systems
- Hierarchical systems
- Network systems
- Relational systems

(一)資料品質(Data Quality in GIS)

1、簡介

舉例說明品質的重要性，品質測試的重要性，人類例行習慣會對資料的品質做一種評斷。

- ┌1.若助手輸入電腦資料，印出後牙醫本人無
舉例而言：牙醫手下有多位助手 | 法判斷是那位助手的資料。
- └2.若助手們是手寫的，則可以判斷是那個助
手所寫的。

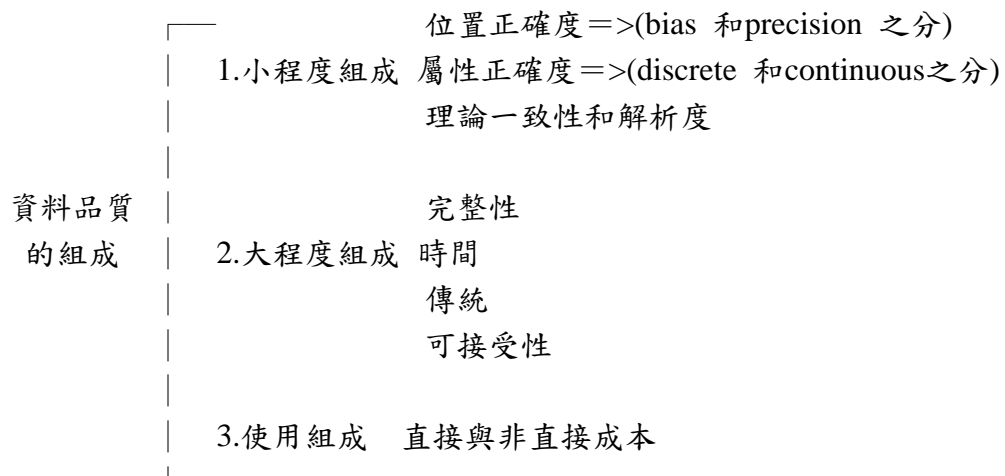
如此一來，資料的品質就經由輸入資料的助手來判斷，亦即資料品質是以手寫的方式來密碼化。

又如航測人員從經驗之中學習航照圖的判斷，小路的位置比路的位置較不精確。要判斷資料品質可以直接從應用資料的適切性上。當進行空間分析，以手工來疊合地圖，使用者可以很快速的學習到以輕微的移動，使邊界成為相同的一條線來使其重疊。→map overlay可能不是很精確的登錄，但用手工可以做改變以致局部的面積能夠被足夠緊密的登錄。

這些資料品質評估的型態和對不精確損害上的分配可以GIS來自動達到。對於資料品質隱含的假設必須做一個明確說明以致能夠正確被位址化(addressed)。電腦程式設計必須能處理一條線段端點1mm 短的距離而加以連接。位置誤差而結合的錯誤是計算使GIS資料上，資料品質誤差原因中的一種。

評估資料品質的成本隨不同嚴格的等級而變化。

2、資料品質的組成：可以分為9個組成成分3種種類(macro-level, micro-level usage level component)



(二)資料品質的組成

1.小程度組成

(1)位置正確度：有二個位置正確度的組成：

a.bias(偏差)

b.精密度

(2)屬性的正確性：

(3)理論一致性：二張圖不同的人數化會有不同的邊界。

(4)解析度：資料庫的解析度是指最小可辨示單位或最小顯示的單位。

2.大程度組成：用資料庫當成一個體系。如下三個組成

(1)完整性：有幾個概念可以配合資料的品質上：

a.圖層的完整性

b.下面段落中Completeness of lassification 的幾個特性

c.Verification 的完整性

(2)時間

(3)傳統

3.使用組成：

(1)Accessibility：是指資料獲取及利用的容易程度。

(2)直接和間接成本

1.小程度組成

(1)位置正確度：

是指資料庫或地圖上某一目標物在地圖上的位置與真實地面位置之間期望的差距。它通常被經由選擇一些特殊的樣本點以規定的方法以及用另一個獨立的，而且具有更正確資訊來源的位置座標作比較來加以檢驗。

有二個位置正確度的組成：

(1)bias(偏差)

(2)精密度：可以用標準偏差→此值低代表位置誤差分佈較空根均方機差。

(2)屬性的正確性：

屬性可能是連續(溫度、平均值)或不連續(如土地利用級、植群型態、行政區域等)變數。連續變的正確性如同位置正確度。

a.不連續變數正確度的推估是分類性正確度推估的範圍。它是複雜而且引人爭議的。Classification這種正確度的困難是因為它會受到某些因子的影響，如分類的數量、形狀和單一面積大小。

b.例如沿著河流的溼地，它是長窄形的積，它們在規劃的目的上是重要的，但是這些面積常比總地圖面積中的1%來的少，此時它可能不會有足夠的機率被選中做為試驗點，此時對溼地此分類項目而言它將不能提供足夠的正確性資訊。

(3)理論一致性(Logical consistency)：二張地圖若由不同的人數化會有不同的邊界。

a.一個不尋常的問題是水庫的面積，因為水庫的水位會變動。不同的GIS資料圖層可能可以顯示這樣的邊界(在不同位置)經由地製地圖的日期。雖

然可以描繪出正確性，但是並不符合Logical consistency 要解決此一問題是對每一個水庫定出一個標準輪廓。

b.Sliver：二個邊界重疊產生之細長的特殊面積。有一些GIS軟體可以調節位置型態，分配這些不確立的邊。（這種不確定邊叫 fuzzy boundary）

(4)解析度：

資料庫的解析度是指最小可辨示單位或最小顯示的單位。影像的例子如航空照片、衛星影像，上解析度指能供辨視的最小目標。也叫空間解析度。（照像機是line/mm），航空照像系統解析力典型是80 line/mm。對於數位掃描系統，例如衛星感應器空間解析度被定義為：圖素的大小或是組成影像像元(pixel)的大小。像元是指利用來說明地球表面某一面積的一個簡單的數位影像值(chap 3)

a.對主題圖而言：如土壤圖、土地利用型圖和其他種類的資料而言。解析度是指最小目標物(被展現)的大小也，叫做最小製圖單位。決定包括多麼小的目標物是在地圖製作編輯的過程中決定的。小製圖單位決定的因子包括地圖的使用目的，易辨視與否，資料來源正確性和草圖費用等因子來考量。

b.地圖解析度的選擇基本上經由資訊的展現和資訊的儲存必須加以位址化。

c.GIS 資訊的展現和資料儲存是分開的，所以GIS不會受到比例尺限制，即使大面積的覆蓋也可以把最小製圖單位設的非常小。GIS 不須要特定的比例尺。

2.大程度組成：把資料庫當成一個單位來探討。

可分為三個組成

(1)完整性：有幾個概念可以配合資料的品質上——

a.Coverage (圖層) 的完整性：對於研究區資料獲得的比例高低，有些資料庫不能提供完善的資料圖層或是屬性資料不能有效提供。理論上一個資料庫應能提共100% 的圖藉。資料庫其實會更新，分類性的完整性和Verification的完整性是重要的資料品質因子，它們能決定對於應用上資料庫的適合性。但它們較難評估。

b.Completeness of classification 的幾個特性：

(a)選擇分類系統才能展現資料，是在選擇分類系統推估上的考量。

(b)可以經由一種標準的分類系統或是它本身運用在一些特殊應用上時顯示的價值來評估。表7-1 是一個實例：顯示出幾個不完整的型態。

Lives tock (牲畜類不完整) 例如它沒有包括馬。另一個Truck crop(用車運的)則沒有遺漏。

另一個完整性問題是種類的定義重疊。例如圖五之森林：林型很難定：因為通常有一連續的等級如純落葉性到數個針闊混淆林到針葉林等。20%-25%間是很難判定(中比例尺的航照上)的。

c.Verification 的完整性：對於使用的資料做野外測量或其他獨立來源資訊的計量。這些完整性的評估經常被忽略。但它們卻是資料品質的觀念及以資料是否適合使用的標準。

(2)時間：時間是許多型態的地理資訊在使用上的決定因子，土地的覆蓋隨著時間快速變化，有一些資料是顯著的依賴時間週期，例如每年生產多種作物，作物形態隨季節而變。所以製圖時間產生的資訊即有差異。所以時間與資料品質的關係極如密切，航空照片亦同。

(3)傳統(Lineage)

資料庫的傳統是它的歷史。產生資料的來源和步驟過程等。資料來源可能包括處理記錄，野外記錄，航照或其他地圖。傳統的文件，例如一張 topographic map 傳統報告應包括：航照的日期，航空照像測量方法利用到等高線和文化圖徵的利用，檢核點利用，產生地圖的方法等。這個傳統可以提供在做某些特殊應用上如何選擇適合資料庫的一些重要考量。

3.Usage (使用)組成：

資料品質的"使用上"組成因子是指組織的特殊資源而言，例如：資料成本的影響，基於組織的財政來源，可能因經費而放棄較適用的資料庫而使用較廉價的資料庫。

另一個使用因子是可取得性(可獲得性)受到某些限制，或組織的人力和電腦資源等等。

(1)Accessibility：是指資料獲取及利用的容易程度。

可能會因個人具有"私有的"觀念而無法取得或像政府的資料以國家安全、保護公民權益等理由而使其不易取得。

(2)直接和間接成本

間接成本包括用來產生資料的時和物質，例如從別處買來的資料不是Digital格式或造成與GIS不相容時必須額外處理時在時間及物質上的花費。直接成本指資料庫從另一個組織直接購買，此情形下成本易於得知。但資料若是本身組織所生產的則很難求得真實成本，因為包括了服務和技術的提供。

(三)誤差的來源

1.誤差與所有地理資訊都關聯在一起 2.誤差產生在每一個產生和使用地理資訊的過程和步驟中。從資料蒐集到結果說明都含有誤差存在。主要誤差的型態：一些最普遍的誤差列在下表

Stage	誤差來源	內容
(1)資料蒐集階段	a.野外資料蒐集的誤差	測量上的錯誤導致不正確
	b.被用來當作資料來源的地圖本身的誤差	結果
	c.遙測資料分析時的誤差	RS作更新時不正確
(2)資料輸入	a.不正確的數化起因於操	輸入方法錯誤例如：數位板

	作人員或設備的誤差。 b.存在地理特徵中原有的 誤差(例如森林的邊界無 法以明確的界限來表示	在mm的正確度，但是變異經 常超過mm的程度數位板中心 有較高的精度。
(3)資料的儲存	a.缺乏用充足的數字來表 示精密度 b.缺乏空間精密度。	1.資料儲存通常有某種程 度的精密性，一般用向量資 料庫GIS是32bit的real number 2.UTM用7個重要數字，用倍 精度儲存。 3.如用raster 可能更多增 加10倍(從10m—>1mm)檔案 可能增加100倍
(4)資料處理	a.不適當的分級或間距。 b.邊界的誤差 c.多邊形疊合時細縫產生	1.疊合層越多誤差越多 2.一些主題圖如土壤、植群 製圖被以確的邊界來製圖。 例如松林裡面可能有其他較 少種，但地圖都例出松林， 這是固有的誤差。
(5)資料輸出：	a.比例不正確。 b.輸出方法不正確。 c.方法不穩定的誤差	1.地圖劃出的時候和地圖的 縮小和放大。尤其是小比例 尺，地圖上1mm可能是地面 數公尺。
(6)結果利用：	a.資訊沒有被充分的理解 b.資訊被不正確的利用。	會導致決策的偏差

(四)關於正確度的註解

1.正確度這個名詞被廣泛的使用而且普遍性的未被了解。

正確度(Accuracy)是指一種可能性，一種預測正確的可能性(或差距)。例如一張地圖，位置正確度是指從地圖上決定的點的位置與其與真實位置的可能性(差距、Likelihood)此真實位置經由更為正確的資訊，例如野外調查。加以獲得。

2.沒有地圖能100%的正確

正確度的分級通常以一個範圍或一個值來表示。距離為150公尺0.5m或是以具有90%的分類正確度來表示。這些描述並不完全；因為沒有包含"機率"。

3.一個實例：

在說明正確度推估時"機率"的重要性可以圖5.1做一個實例來說明：地圖和真實位置之間的絕對距離，分別代替在x,y方向評估誤差並且分別產生正或負的誤差。

圖一的A部分顯示出四個點的真實位置及其在圖上的位置。真實位置與地圖位置之間微小的差異即是這些點的"位置誤差"。附表列出每一個點的位置誤差。

- (1)平均誤差為1.46此為四個點測量的誤差。但是若其他的點也從地圖上被加以選擇，則這些點的位置誤差為？第一個推論值即是這個1.46的平均值。但是我們真正希望了解的卻是單一點的誤差而非平均值。
- (2)我們看出上述四個點的位置誤差範圍從1到2.00，這是只有4個點的範圍，如果有更多的點也許會感覺更為值得信賴，在誤差的推估上，因為誤差變異在這些點之中可能是相當小。
- (3)誤差值變異的測量很有效的方法是"標準偏差"。標型偏差值隨每一個點誤差值之變小而減小。它也隨樣本大小之增加而減少。標準差的特性，加上當有更多資料點的情形下，可以增加誤差測量上信賴的程度。
- (4)標準差也可預測期望頻度，在某一給予的誤差程度下期望發生的頻度。
- (5)常態分佈：顯示在圖5-1B圖，它被証實是好的誤差測量法，也容易使用，它須要測樣本平均及樣本標準偏差。此時此x和S是指位置誤差的值，例如地圖上二點和此二點真實位置之間的距離，統計課本上常用此分佈來求人類身高，葉子長等的誤差。
- (6)圖5.1B

選擇信賴區間將直接影響獲得地圖正確度的值。所以任何正確度的測量其正確的報告應該包括信賴區間，這樣使用者才能判斷這樣的資料合不合應用。

4.正確度試驗的前提假設

前題假設使用在正確度試驗，正確值可靠性判定上必須考量的應用上

- (1)在上述的例子中，假設誤差是逢機分佈在地圖上。
誤差有時集中在地圖的某一區域，這樣的假設其實已經違反，但實際上，微小的違反在此模式其實並不會對結果有巨大的影響，但有些模式則相當敏感。
- (2)另一個假設是樣點必須能代表地圖上所有的點。
但實際上"方便"的測點經常被加以選擇來減少試驗的成本。在此情形下可能不是那麼有代表性。
- (3)第三個假設是所選擇的模式是適合來用做被推估的那種誤差型態的。
例子中以常態分佈來預測正確度，是假設誤差是真正的可以經由常態分佈來預測。(經驗顯示還是合理的假設)
- (4)分類性誤差：不適合用常態分佈。

(五)結論：本章主要說明正確度與成本間的問題。

正確度分析可能是昂貴的過程，雖然它是有價值的，它的成本必須與資訊正確度的效益相比對。較不確實的試驗通常較不昂貴

- 1.正確度的評估通常包括了，來自受測資料庫的值和來自於較高正確度的獨立來源的值的比較。例如野外的”確認”。但是從統計觀點上去達到足夠數量的野外測點，可能又更為昂貴。
- 2.取而代之的可能是一些較不昂貴的方法的利用,例如利用航空照片判釋來代替野外測量。這些航空照片資料可以經由再判釋同樣航空照片來加以檢核其正確性。
- 3.林緣通常是模糊的過渡地帶，所以在地圖上要求用一公尺位置的精密度是不適當的，因為野外邊界可能不是那麼精密的被定位。
- 4.在相同的地圖或在相同資料庫上對不同的圖徵要求不同程度的正確度，將會比要求所有圖徵顯現相同的正確度還要來的符合成本效應。
- 5.評估成本資料的委託和預算以及使用者付費都會影響到評估方法之選擇。對每個GIS資料庫備一個嚴格的正確度評估可能是不被支持的，但是一種相同形態的正確度考核和方法的描述總是必須被加以提供。

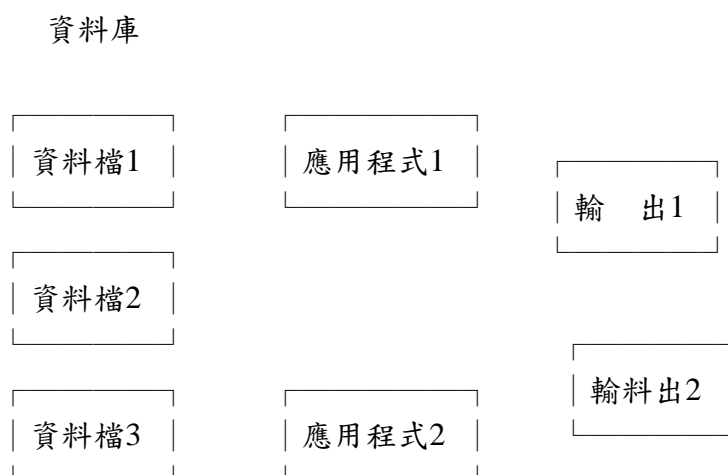
(六)資料庫管理(DATABASE MANAGEMENT IN GIS)

1.資料管理

資料庫(data base)的概念在1960年晚期至1970年間發展。以及資料庫管理系統(Data base Management System)提出。

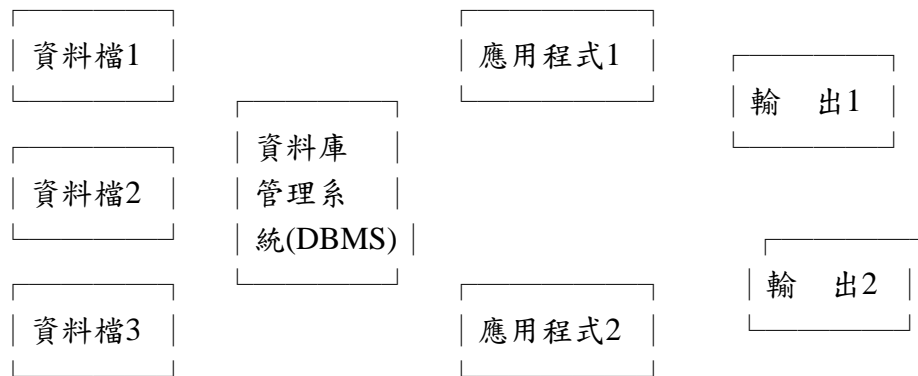
2.資料庫的研究

資料庫的定義：對於一些輸入的資料提供儲存和擷取的功能。(Sten Aronoff 1990)所謂資料庫是指對於某事物及與其相關之其他事物上資訊的蒐集。圖7-1指出資料庫管理上檔案處理的途徑：



資料庫管理系統(Data base Management System DBMS)是指在資料庫中由用來處理和維護資料的程式組所組成的系統。

DBMS在資料庫和應用程式之間扮演的角色如圖7-2所示



3. 資料庫的優點

- (1)集中控制
- (2)資料分享的效益
- (3)資料獨立
- (4)新資料庫應用的易於執行。
- (5)使用者直接存取。
- (6)長資料的控制
- (7)使用者觀看(Views)

4. 資料庫途徑的缺點

- (1)成：本軟體昂貴。
- (2)更為複雜化
- (3)集中風險

儘管如此使用DBMS 仍是一種趨勢。

(七)三種分類資料模組

一個資料庫的組織概念叫做資料模組(Data Model)

有三種分類的資料模式被使用來組織電子資料庫。分別是：

- 1.分類體系 (hierarchical)
- 2.網路(network)
- 3.相關(relational)

1. 記錄(records),欄位(Fields)和關鍵字

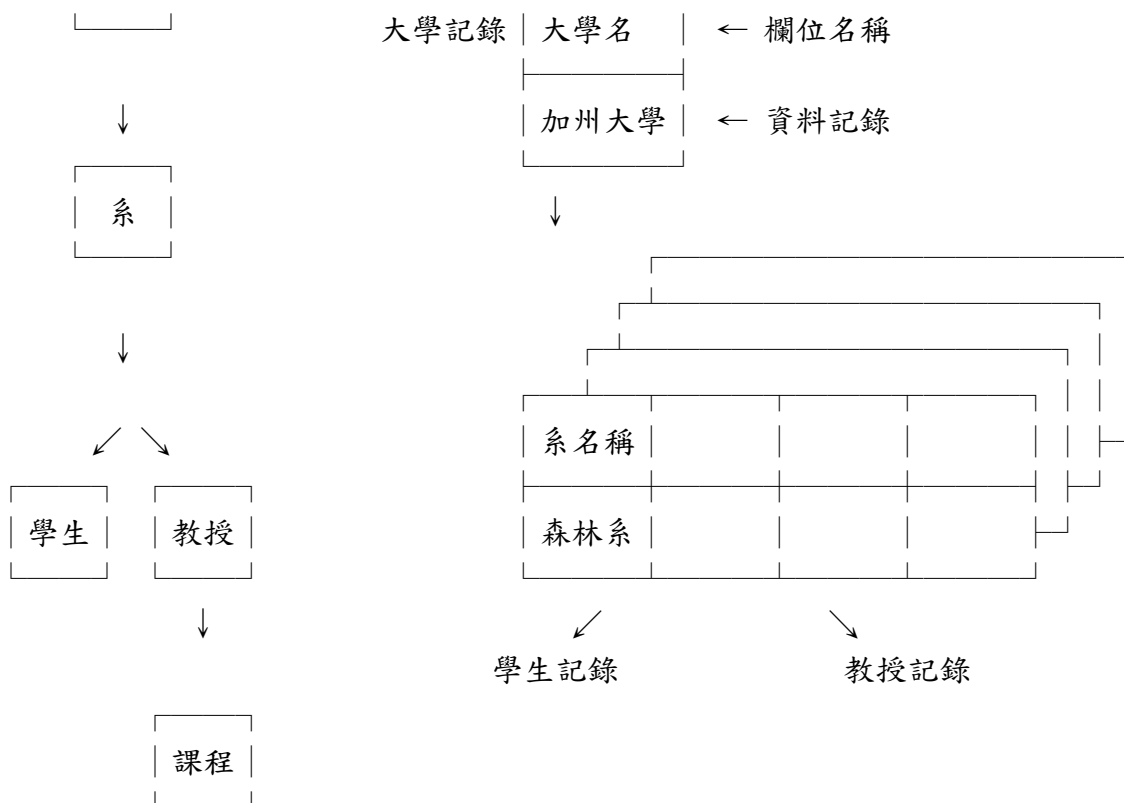
一個資料檔的結構能夠經由"Record,fields 和Key"來描述。

2.在一個電腦資料庫,資料儲存系統之中,相關資料項目的一個小群被加以儲存在一起時叫記錄(record),如圖7-3所示,一個record 由fields 組成。一個 record 可以經由"key"而從資料檔中被粹取出來。

3.分類系統資料模式(Hierarchical Data Model)

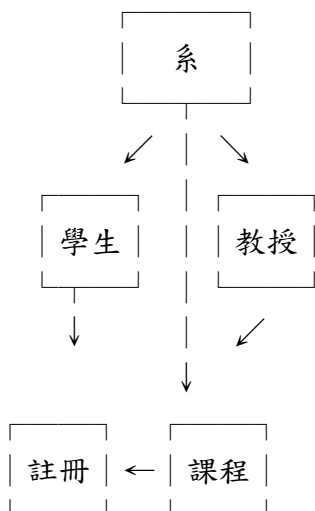
此種模式是以樹狀結構來加以組織資料。例如圖7-4





此種模式的最頂端叫做"根",每個組成要素之上層叫母層(parent),下層叫子層(children)。

4.網路資料模式：此種模式的每一個本質能夠同時具有多個parent及多個children 所以它的組織中沒"root"。如圖7-5



5.相關資料模式

此種模式能經由所謂的join 作業獲得所需的資料，如圖6.7和6.8屬性表可以經由"相關"的關係而連結。此種模式比前述二種模式較佳，其優點簡述如下：

- (1)具有彈性
- (2)數學理論
- (3)易了解為極佳之資料庫媒介。
- (4)相同的資料庫能普遍的被展示以較少的多餘物。

主要缺點如下：

- (1)執行上更為困難
 - (2)較慢的動作(速度)
- 6.種分類資料模組的查詢語言
SQL (Standard Query Language)—IBM發展之標準查詢語言。

(八)地理資料的性質

地理特徵的資訊由四個主要的因素組成：

- 1.地理位置
- 2.屬性
- 3.空間關係
- 4.時間

也可以說是

- 1.Where it is ? (在何處)
- 2.What it is ? (何事、何物)
- 3.What is its relationship to other spatial features
(與其有關的其它空間特徵是何事物?)
- 4.When did the condition or feature exist (何時?)

(九)空間資料模式：

有二種基本的途徑用來展現地理資訊的空間組成：

- 1.網格資料模式
- 2.向量資模式：又分
 - (1)細管(spaghetti)資料模式
 - (2)地誌(拓撲)模式：地誌學(或拓撲學)，是以數學方法來定義空間關係。此種模式的特殊形式也叫做Arc-Node 資料模式。
 - (3)不規則三角網(TIM)：利用互相連接的小三角平面來表示地形的向量式地理模組。

(十)GIS資料庫：同時管理空間和屬性資料

- 1.組織地理資訊於一個DBMS(資料庫管理系統)之中
 - (1)資料以獨立的方式儲存。
 - (2)相互關連的資料檔自動的更新被加以提供。
 - (3)空間和屬性資訊之間的相互關係被加以明確的定義。
 - (4)DBMS的集中控制提供更好的資料庫完整性的控制一致性的檢核，確保及預防資訊的誤用及退化。
- 2.GIS應用上 DBMS普遍化目的的限制
 - (1)記錄長度的變化並非一般目的的資料庫系統上設計的固定長度記錄方式。

- (2)地理資料的矯正包括空間概念，並非一般性質資料庫查詢語言所能供應。
- (3)GIS需要複雜的製圖能力非一般性質DBMS所能提供。
- (4)地理資訊是複雜的;一個簡單的地理圖徵可能須要許多檔案和記錄來加以展現。
- (5)GIS高度連接關係的資料記錄需要一種更為複雜安全的系統。

3.GIS在執行上的實際研究使用：

- (1)經由不同應用單位發展一套專屬的系統以提供個別資料管理之用。
- (2)利用商業上有效的DBMS來發展一套混合的系統(hybrid system)來儲存非空間性的屬性資料。
- (3)利用一套已經存在的DBMS來做為GIS的核心。
- (4)開始起步並且發展一套空間資料庫，使其具有能力的在一種整合的情形下掌握空間和非空間資料。

(十一)結論：

DBMS提供大量的功能，密切的影響GIS的作業。DBMS欲掌握空間資料需對DBMS的混合及修飾(hybrid and modified)來加以發展。改善在單一環境下矯正及展現空間及非空間資料的方法。連續查詢的發展，以及整合性(網格和向量式資料庫)資料庫的發展都是系統發展上的強烈需求。研究人員應發展新的方法以提供這些功能。

1.地理資料庫建立

資料庫系統是地理資訊系統最重要的一環，它直接影響了資料儲存的速率，也直接影響了爾後資料處理分析的效能。地理資料庫系統是一個地理資料(訊)的記錄系統。

A.空間資料(Spatial data)--地理資料之數化

地理資料的數化工作，即是將以存在得地理圖形資料與屬性資料，轉換為電腦可以接受的形式。目前常用的圖形數化工具有數化儀(DIGITIZER)、掃描器(SCANNER)、電視攝影機(VIDEO CAMARA)等，而屬性數化工具則多為鍵盤，但目前亦可使用掃描器，經圖形辨視後產生屬性資料。此外尚有遙感探測器，可直接將地面現況，以數化的方式記錄下來，此種資料可不經其它工具處理，而輸入電腦。目前臺灣地區規模較大的數化地理資料有下列數項：

- (A)遙測資料：美國LANDSAT TM, MSS, 法國SPOT, 航空MSS。
- (B)土地利用資料：農委會全省農業土地利用
- (C)地籍資料：糧食局農業地籍資料，內政部地籍資料
- (D)戶籍資料：內政部戶籍資料
- (E)地形資料：農航所高程資料
- (F)地質資料：能礦所環境地籍資料
- (G)電信資料：電信局電信資料庫
- (H)其他土地資料：農委會全省主題資料庫

B.屬性資料(Descriptive data)--建檔與資料庫整合

2.地理資料庫管理系統建立

3.地理資料分析系統 --分析模式庫建立與應用

地理資料分析功能是地理資訊系統中最重要的一項

- A.空間資料處理(Spatial Manipulation)
- B.空間資料分析(Spatial Analysis)
- C.數值地形分析(Digital Terrain Analysis)
- D.網路分析(Network Analysis)

4.地理資料庫系統之應用

5.地理資料之展示

目前常用的展示工具有印表機(printer)、繪圖機(plotter)、靜電式繪圖印表機(EPP)及監視器(moniter)。若表現線性向量資料,則以繪圖機及監視器較佳,若是展示網路式資料則以印表機和靜電式繪圖印表機為佳。目前地理資訊系統的發展,正朝向分散式處理和網路結合的趨勢。

八、資料處理、分析(DATA MANIPULATION AND ANALYSIS)

一、GIS分析功能簡介

1. GIS 的功能是利用GIS系統資料庫中的空間和非空間資料，來解決真實世界的問題。
2. 當有些資訊本身是困難的或是根本不可能直接測量而獲得時，GIS可以方便的加以模擬。例如道路的距離及森林100年後的高度。
3. 提出合適的問題，GIS 有能力提供一種選擇"最佳"方案的機會，但是什麼是最佳方案? GIS 只能回答部分的問題，另一部分GIS 不能回答的是人類價值的判斷，人類想要的，目的和組織或社會的價值。
4. GIS 解決問題的型態可分為三種——
 - (1)現有資料的展現：例如城市街道。
 - (2)現有資料的排列。
 - (3)在不同時間及空間的預測。
5. 問題的型態：
 - (1)資料是什麼?
 - (2)資料的排列情形是如何?
 - (3)資料能做什麼?此問題暗示著模式的預測功能將被加以利用。
6. GIS 解決問題時能提供之功能包括：
 - (1)儲存和粹取功能
 - (2)強制查詢功能
 - (3)模擬功能這個章節主要是說明使用GIS 來處理和分析地理資訊時的數個不同功能。

二、地理資料分析上的組織架構：GIS 以資料層來處理，展現不同的主題資訊。

1. 資料層：指一組在邏輯上具有關聯性的地理特徵和屬性所組成的資料。
2. 覆蓋地區的局部化：指當GIS 必須掌握大量空間資料時，這個區域範圍可能將再畫分成更少的單位稱為tiles(瓦片)。tiles 的大小是取決於軟體的架構。利用局部化以協助GIS 的執行並且滿足不同使用者及目的。

三、GIS 分析功能的分類：

GIS 分析功能可以區分為主要的四大類如圖：

1. 空間資料的
維護及分析
 - ┌格式轉換(Format Transformation)
 - ├幾何轉換
 - ├地圖幾何投影間的轉換
 - ├合併(conflation)
 - ├邊界接合(Edge matching)
 - ├圖素編輯(Editing of Graphic elements)
 - └線條座標稀釋化(Line Coordinate Thinning)
2. 屬性資料的
維護和分析
 - ┌屬性編輯功能



- 4.輸出格式化 ┬─ 地圖註解
- ┬─ 文字標記
- ┬─ 構造(紋理)排列和線段形態
- ┬─ 圖形符號

四、空間資料之維護及分析：

這個作業是指對空間資料作轉換，編輯及評估正確性。

- (一)格式轉換：將檔案轉入GIS 所能接受的結構和格式。
- (二)幾何轉換：將地面座標配合到現有的資料層。如此具有絕對座標的圖層之間才能進行套疊。這樣的座標化叫做註冊(registeration)，可分為二類
 - 1.相對位置的註冊：這是指第一個資料層(叫Slave-奴役層)被登錄到第二個資料層上(叫Master—主人層)這種登錄作業常用的方法為rubber sheeting(橡皮伸張法)
 - 2.絕對位置的註冊：來自其他途徑的資料層已經存在著絕對座標，此時須將其轉換為相同座標。
- (三)幾何投影間的轉換：為了使地球每個參考位置都是唯一的所以發展了經緯度座標系統，由於地球是球形的所以要將它當成一種2度的平面地度是很不方便的，所以，一張地圖的“投影”是指用一種數學轉換來將球形表面展現在平面的地圖上。每個地點會有不同的扭曲(distortion)現

象。

(四)合併：是指將具有相同位置的地形特徵的不同資料層達到一致性。來自不同來源的地圖在疊合時產生誤差(sliver)，必須經過合併使各資料層具一致性。

(五)邊的接合

(六)編輯功能：用來增加刪除和改變圖徵的地理位置。

(七)線斷座標對的稀釋化：用來減少座標資料儲存到GIS 的量。經由減少座標點的量來減少檔案容量。

五、非空間性屬性資料的維護和分析：

這些功能群是用來編輯、檢核和分析非空間的屬性資料。通常Vector-base 的屬性檔都是獨立的，但raster-base 則埋置在空間資料檔之中。

(一)屬性編輯功能：把對屬性資料進行粹取檢查和修改。

(二)屬性查詣功能：依照作業者的條件粹取屬性資料。又將2個屬性表中各自需要的幾個欄位合併成一個新屬性表叫"relation-join" 作業。

六、空間和屬性資料的整合的分析：

GIS 強而有力的功能是將空間及屬性資料一起加以分析。

(一)粹取、分類和測量功能：

1.粹取作業：包含選擇、查詢及不需要修改或建立新圖層的情形下輸出資料

2.分類和一般化(Generalization)：

分類是指一組已確認的圖徵被歸屬至相同的群而言。一般化是指較為粗放的分類又叫Map.dissolve。

3.測量功能：空間的測量，以及相同等級下一群cell的大小。此外當面積大小有了修改時，新屬性須加以計算。

(二)疊圖作業：包括計算疊合邏輯疊合

計算疊合包括：經由另一張資料層相對位置對應到資料層中每一個值做加、減、乘、除的運算。

邏輯疊合指發現同時具有某些設定條件的特殊位置。

(三)局部作業(Neighbourhood)

1.搜尋(search)：在某個搜尋半徑下；尋找特定目標物，這是局部作業中 最為普遍的功能之一。

搜尋功能分為二種型態：

(1)數字資料的作業：例如總和、平均、最大、最小、歧異度量測等。

(2)主題資料的作業：如優勢(主要種類)、最大、最小歧異度量測等。

2.多邊形中的點和多邊形中的線：在面積圖徵中加入點和線圖徵。

3.地形與功能(Topographic Function)：一個面積隨著它地表的特徵而起伏，例如：土堆、溪流。地面地形在GIS 上是經由數位高程資料來展現。另一種形態是用TIN 來展現。GIS 利用一組高程樣點資料產生三角平面網做不規則的分佈來加以描述。這個功能主要是利用計算的值；來描

述某一特殊位置的地形或是此一位置的鄰近地形。

4.Thiessen(或Voronoi)polygons.

5.內插(Interpolation)

內插是指某一局部地區利用已知值預測未知值的過程。

6.等高線建立：將某地區具有相同高程值之位置點，加以連接。

(四)連接功能(connectivity Functions)包括：

1.連續測量

2.近似值(proximity)：二個圖徵之間距離的測量有四個參數須考慮：

(1)目標的位置

(2)測量單位

(3)計算方程式

(4)分析的面積

典型的應用是緩衝帶的建立(buffer zone generation)

3.網路功能：網路是指一組線圖徵連接間的排列或架構型態。

GIS 通常包括三種網路功能

(1)網路裝載預測：河流中水和其沉積物的預測。

(2)路線最適化

(3)資源最適分配

4.擴展功能(spread functions)是網路和接近(proximity)功能的結合。

5.尋找或流向功能：利用某一種決定規則以人為方法一步步自起點位置直接朝外部執行搜尋。

6.地景瞭望功能(Intervisibility)：地景瞭望的功能，利用數位高程資料定義地表地形。單一圖徵的高度，或不同土地覆蓋級的高度之展現。

7.亮度(照明)功能：依地形的變化使圖形有明暗對比之展現。

8.透視圖：展現3D功能。

七、輸出格式：

輸出是最後分析結果的展示，許多系統提供了廣泛的彈性，例如座標網格，文字字型線寬和顏色、符號定義，一般輸出功能格式型態如下：

(一)地圖註解：

抬頭、解說、比例尺、及指北記號等是最普遍的型態。

(二)文字標記：

1.名字易讀清晰，緊跟則它描述的圖徵。

2.名字與目標之間易於認知。

3.標記不要重疊圖形資料的離心或隱藏應縮至最小。

4.名字標記的格式和位置可以幫助顯示出相互關係之重要性,局部範圍和關聯以及地圖中圖徵群體的區別。

(三)紋理(構造)排列和線段形態

線寬和頻色的選擇是決定於輸出方法。

(四)圖形符號：用來展現地圖的目標，通常GIS以一個符號庫來儲存各類符號

八、地理資料分析系統 --分析模式庫建立與應用

地理資料分析功能是地理資訊系統中最重要的一項

- A、空間資料處理(Spatial Manipulation)
- B、空間資料分析(Spatial Analysis)
- C、數值地形分析(Digital Terrain Analysins)
- D、網路分析(Network Analysis)

(一) 空間資料分析方法(NATURE AND ANALYSIS METHODS OF SPATIAL DATA)

1. IDENTIFICATION OF GEOGRAPHIC PATTERN
2. SEARCH FOR THE RELATIONSHIP BETWEEN VARIOUS FEATURES
3. EDGE DETECTION
4. DATA SIMPLIFICATION
5. FUZZY PATTERN ANALYSIS
6. SPATIAL VIDEO ANALYSIS

A、空間資料處理(Spatial Manipulation)

- a. 向量及方格資料轉換(Vector / cell conversion)
- b. 座標轉換(Transformation)
- c. 座標資料過濾(Coordination)
- d. 近鄰分析(Proximal Analysis)
- e. 面積/週邊計算(Area/Perimeter Calculation)

B、空間資料分析(Spatial Analysis)

- a. 多邊形相疊(Polygon overlay)
- b. 多邊形取消(Polygon dissolve)
- c. 點在多邊形內(point in polygon)
- d. 環框/通廊之形成(Buffering/Corridoring)
- e. 視窗(windowing)

C、數值地形分析(Digital Terrain Analysins)

- a. 等值線繪製(Contouring)
- b. 坡度/坡向計算(Slope/Aspect)
- c. 集水區分析(Watershed Analysis)
- d. 體積計算(Volume Calculation)
- e. 剖面圖製作(Cross Section)
- f. 三度空間立體圖製作(3-D Viewing)

D、網路分析(Network Analysis)

- a. 最佳路線選擇(Optimal path Selection).....Route
- b. 流量模擬(Flow Simulation).....Allocate
- c. 時間/距離分區(Time/Distance Districion.....District

(二) 空間資料統計(STATISTICS FOR SPATIAL DATA)

1. 地理統計資料(GEOSTATISTICS DATA)
2. 方格資料(LATTICE DATA)
3. 點型(POINT PATTERN)

資料處理

- 邏輯分析
- 數學分析
- 幾何分析
- 網路分析
- 地形分析

九.坡度、坡向分析

利用 3 X 3 移動視窗網格(如圖8-1)，進行各網格之坡度、坡向分析，其原理如下所述：

在 3 X 3 網格中，中間網格的座標為 X，Y 其高程值為 e。而 a,b,c,d,f,g,h,i則為 3 X 3 網格中圍繞其周圍之高程。

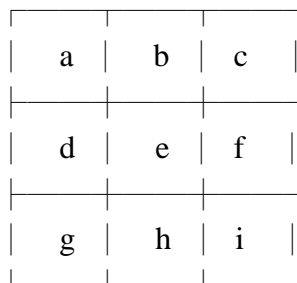


圖8-1：3 X 3 移動視窗網格

首先計算在 X 及 Y 方向平均高程的變化，其計算方法為：

$$\begin{aligned} \Delta X1 &= c-a & \Delta Y1 &= a-g \\ \Delta X2 &= f-d & \Delta Y2 &= b-h \\ \Delta X3 &= i-g & \Delta Y3 &= c-i \\ \Delta X &= (\Delta X1 + \Delta X2 + \Delta X3) / 3 & \Delta Y &= (\Delta Y1 + \Delta Y2 + \Delta Y3) / 3 \end{aligned}$$

(1)坡度分析

在網格 X,Y 中高程的平均變化為 Δe ，其計算方法為：

$$\Delta e = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$$

坡度為通過某特定距離之地形高低起伏變化，故距離因素也併入加以考慮，設 S 為網格的大小距離，則坡度百分率的表示方法為：

$$\text{如果 } \Delta e \leq 2S \text{ 則坡度百分率為 } = \frac{\Delta e}{2S} \times 100$$

$$\Delta e > 2S \quad \text{則坡度百分率為} = 100 + \left(1 - \frac{2\Delta e}{S}\right) \times 100$$

$$\text{則坡度可由等級表示} = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta e}{2S}\right) \times 180 / \pi$$

(2)坡向分析

上述3 X 3 移動視窗網格中，假如 $\Delta X=0$ 且 $\Delta Y=0$ 則為無坡向，即視為平坦地。其它坡向 θ 則可由下式表示

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)$$

坡向 θ 可分為八方位：

$$-\frac{\pi}{8} < \theta < \frac{\pi}{8} \quad \text{坡向對應方位為東(E),} \quad \frac{\pi}{8} \leq \theta < \frac{3\pi}{8} \quad \text{坡向對應方位為東北(NE),}$$

$$\frac{3\pi}{8} \leq \theta < \frac{5\pi}{8} \quad \text{坡向對應方位為北(N),} \quad \frac{5\pi}{8} \leq \theta < \frac{7\pi}{8} \quad \text{坡向對應方位為西北(NW),}$$

$$\frac{7\pi}{8} \leq \theta \leq \pi \quad \text{或} \quad -\pi < \theta \leq -\frac{7\pi}{8} \quad \text{向對應方位為西(W),}$$

$$-\frac{7\pi}{8} < \theta \leq -\frac{5\pi}{8} \quad \text{坡向對應方位為西南(SW),}$$

$$-\frac{5\pi}{8} < \theta \leq -\frac{3\pi}{8} \quad \text{坡向對應方位為南(S),} \quad -\frac{3\pi}{8} < \theta \leq -\pi \quad \text{坡向對應方位為東南(SE).}$$

九、空間、與時間模式(SPATIAL AND TEMPAL MODEL)

- (一)模式
- (二)空間模式(SPATIAL MODEL)
- (三)時間模式(TEMPAL MODEL)
- (四)空間與時間模式(SPATIAL AND TEMPAL MODEL)

(一)模式

1.研究方法與模式

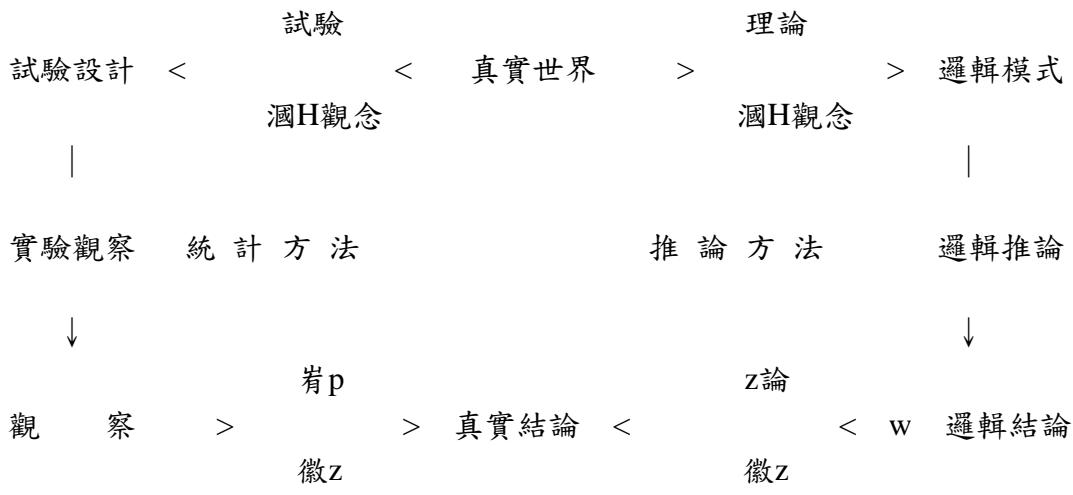


圖9-1：研究方法示意圖 (Gould and Ferguson 1980)

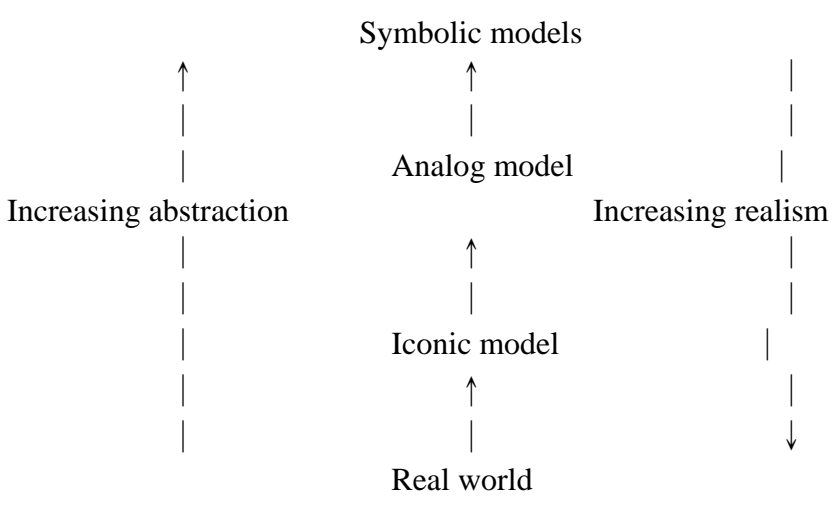


圖9-2：模式建立(model building)之層次

2.模式 $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i$, $i=1, 2, \dots, n$, 之前題假設為

ε_i 為隨機變數，其平均值為 0 變異數為 σ^2 (未知)
 則 $E(\varepsilon_i) = 0, V(\varepsilon_i) = \sigma^2$
 ε_i 與 ε_j 沒相關， $i \neq j$
 則 $\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ 而 $E(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i, V(Y_i) = \sigma^2$
 當 $i \neq j$ 時，則 Y_i 與 Y_j 不相關
 ε_i 為常態分布之隨機變數其平均值為 0 變異數為 σ^2
 $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$
 加 則 $\varepsilon_i, \varepsilon_j$ 不僅是不相關且需獨立
 此狀況如圖 9-3 所示

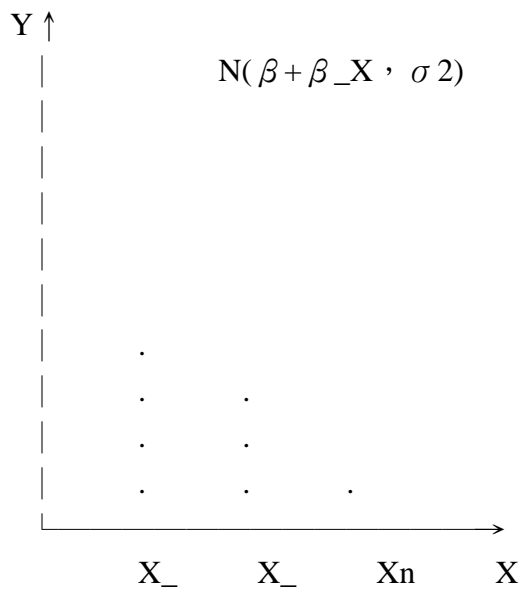


圖 9-3 所有觀測值是來自於常態分布的中心點，每個常態分布的變異數皆為 σ^2 ，連接中心點即構成模式

*舉例說明——

表 9-1 25 組變異 Y、X 的觀測值

[測值號(Observation Number)	變數(Variable)	
	Y	X
1	10.98	35.3
2	11.13	29.7
3	12.51	30.8
4	8.40	58.8
5	9.27	61.4
6	8.73	71.3
7	6.36	74.4
8	8.50	76.7

9	7.82	70.7
10	9.14	57.5
11	8.24	46.4
12	12.19	28.9
13	11.88	28.1
14	9.57	39.1
15	10.94	46.8
16	9.58	48.5
17	10.09	59.3
18	8.11	70.0
19	6.83	70.0
20	8.88	74.5
21	7.68	72.1
22	8.47	58.1
23	8.86	44.6
24	10.36	33.4
25	11.08	28.6

3. 模式類別

(一) 類別：

1. 迴歸分析(regression analysis)

建立經營目標物與其他外生變數(exogenous variables)間的關係。

2. 時間序列分析(time series analysis)

各種性態值於時間歷程裡變化之程度(level)、趨勢(trend)、季節(season-ability)、誤差(noise)。

模式(model)：為一種數學函數，或函數系統，用來描述林木、林分實際生長率與林木、林分、地位因子的關係。

推算(estimation)：推衍林木、林分實際生長率為林木、林分、地位因子的函數之模式係數的統計過程。

證實(verification)：以資料來測驗模式，以消除規劃邏輯、數式的缺點、計算誤差。

調度(calibration)：調整模式以符合某區域狀況，以至有別於模式所根據的資料。

驗證(validation)：測驗模式的預測能力，盡可能測驗獨立變數。

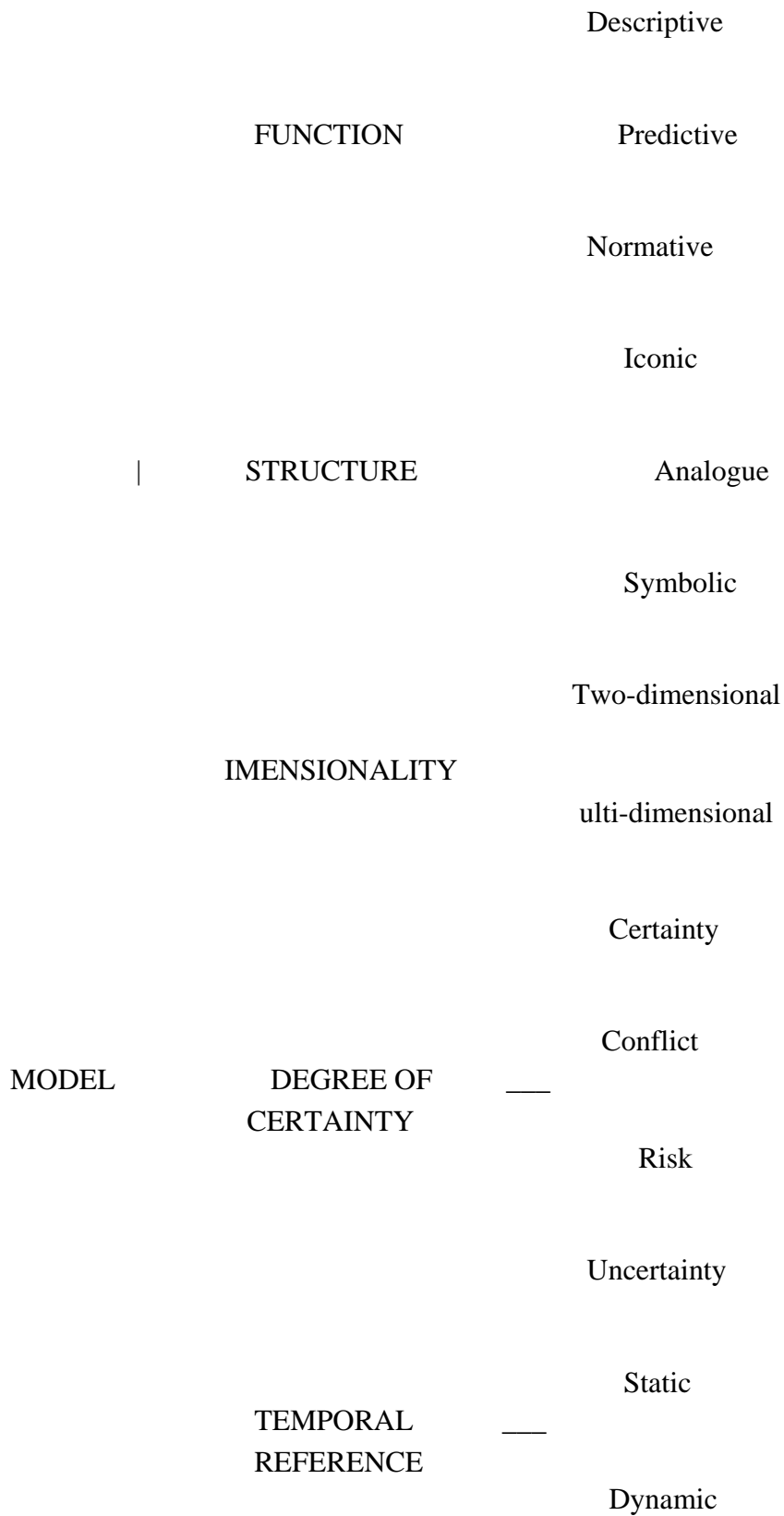
檢視(monitors)：連續檢查系統產出，偵查模式的缺點。

評價(evaluation)：考慮模式如何用、在那裏用、誰來用，模式與其組成分如何做、系統的品質與是否具生物意義。

模擬(simulation)：使用生長模式去推算在不同生長條件或砍伐作業下，各時間歷程裏林分的發展。

好的模式建造者應依照育林的知識、生物生長的原則來選擇模式、建立數式。以往研究生長時長受生長變數間相關性高的問題所困擾。這種相關性係由於生命有機體中各維度(dimensions)間生長關係函數 (allometric relation)而非真

實的因果關係。



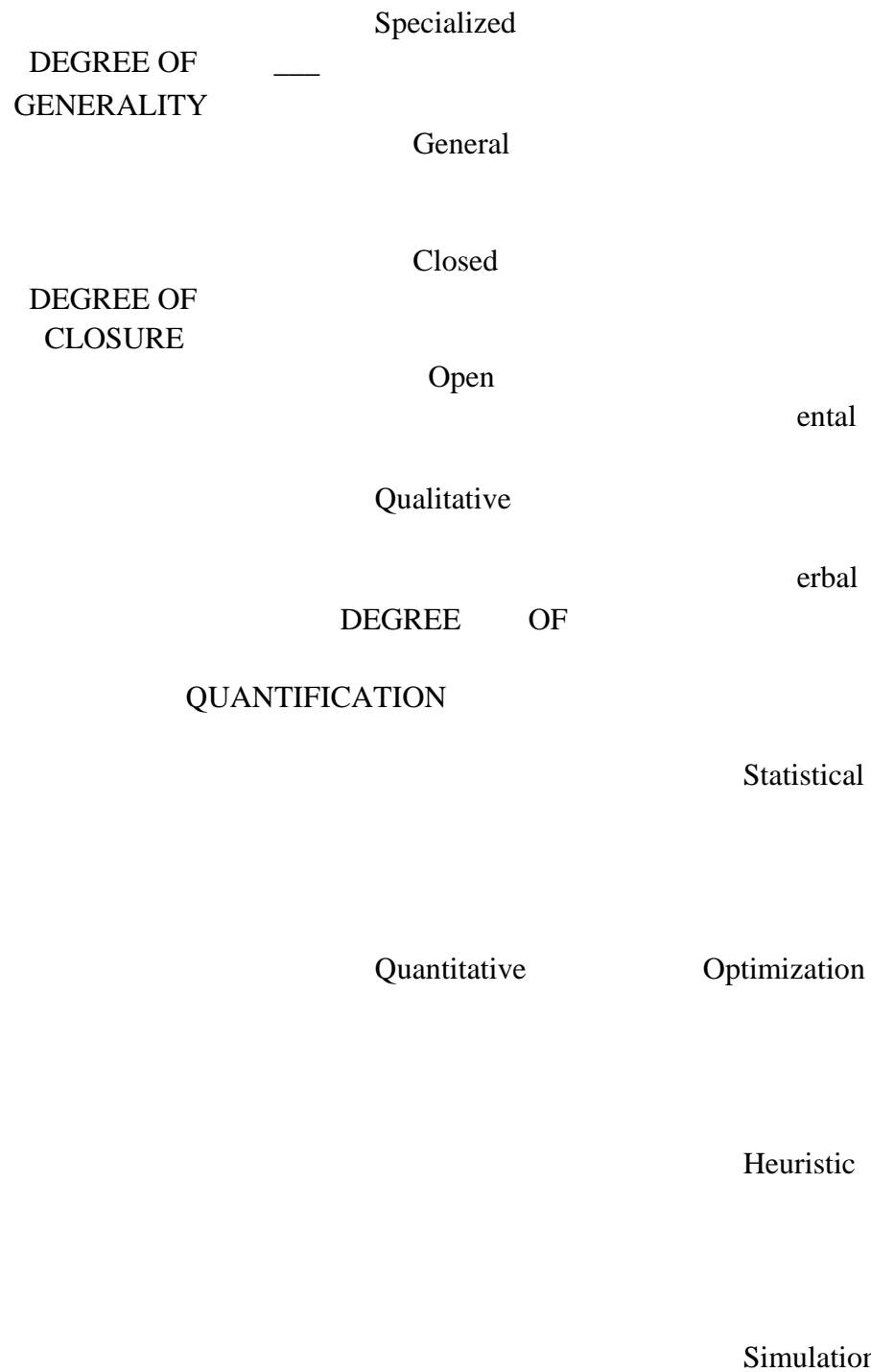


圖 9-4 : MODEL CLASSIFICATIONS

4. 評估模式

在比較模式或使用模式時，必先予以評估。評估是一複雜的工作，有許多項目如準確性(accuracy)、精密度(precision)、時間(time dependence)、成本，具生物意義，具彈性、簡單等因子。若評估只選擇模式使用者，所面臨的問題，為其評估原則的話，則可減少評估原則(維度)。評估原則(evaluation criterion)即定義為某依變數與森林條件組合的可接受值。

模式評估對建造模式者和模式使用者都很重要，因模式有很多，如何決定所要使用的模式，是否在此次使用中可被接受，並選擇及比較由模式建造者所提供的評估資訊為評估原則；使用者可以以某範圍資料之觀測值與模式的預測值加以比較，以便得知模式的好壞，但使用者可能沒有資料、時間、金錢或專門知識去產生評估的資訊，所以模式建造者應負責提供易於瞭解且有用的量化資訊。

一般依使用者所使用模式之目的而決定的模式評估的重要原則有：

(一)正確度

正確度(accuracy)為推算值的成功度，即模式推算值與真值間的差距；而平均誤差(mean error)為典型的統計值，表示推測值與觀測值間的平均差異(mean difference)；如 Smith and Raile (1979)討論全州森林資源調查時，由於要瞭解所有森林狀況，所以正確度很重要。

(二)精密度

精密度(precision)為樣本值對平均數的集中度，即圍繞平均值的分散情形。標準偏差(standard deviation of the error)為精密度的重要統計值；Jakes and Smith(1980) 所研究不同砍伐方式的效用時，即很重視此原則。

(三)時間

一般推測的時間長，則該值可信賴度減少，所以時間在做預測未來值時為相當重要的因素。如 Botkin et al (1972)研究森林生態系的植物競爭與演替時係對長期的預測，所以模式的良窳受制於時間。

另外資訊量(amount of information)，通常由平均變異(variance of mean, σ^2)的倒數決定， σ^2 愈大，資訊量愈少。

$$I = 1/\sigma^2 = n/\sigma^2$$

而當重複(replicate)增加，則族群平均值的估價之精密度R會較高，並減少信賴區間的範圍，增加統計測驗的能力，並增加實驗推論的範圍。

Precision : as used here (and generally accepted in forest mensuration) means the degree of agreement in a series of measurements.

Accuracy : on the other hand , is the closeness of a measurement to the true value. Of course , the ultimate objective is to obtain accurate measurements.

Bias : refers to systematic errors that may result from faulty measurement procedures , instrumental errors , flaws in the sampling procedure , errors in the computations , mistakes in recording , and so forth.

5.統計原則 (Statistical criteria)

某一母數不同估價的量化比較 (quantitative comparison) ，有許多取樣統計值可用

(一)取樣偏倚 (sample bias) 定義為

$$B(\bar{y}) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}$$

式中 \bar{y} = 母數真值 (要估計的母數)

y_i = 母數估值

i = 模擬i的估值 (i=1, 2,, n)

取樣誤差是用來評估(推測)：基於平均值的估值與真值i間之距離。

若 $B(\bar{y})$ 為負則低估 (under estimation)

$B(\bar{y})$ 為正則高估 (over estimation)

(二)取樣變異 (Sample variance)

$$\text{Var}(\bar{y}) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}$$

取樣變異是用來計算估值與其平均值間的距離與precision間意義。

(三)平均平方差 (mean square error MSE)

為同時表現取樣偏倚和取樣變異的即是MSE.其定義為下：

$$\text{M.S.E.}(\bar{y}) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \text{Var}(\bar{y}) + [B(\bar{y})]^2$$

均方 (MSE) 為量測估值的 accuracy。為母數的估值與真值間的差異。

6.統計測驗

a. 因利用同樣一年資料來配合不同的曲線式且其依變數時相同，所以皆以MSE來處理配合測驗。

b. 一組曲線是否可由一條代表之

(一)直線式

利用共變異分析(analysis of conariance)求出各因子間的回歸分析，可供決定每組需分別使用不同回歸函數式或只用一函數式即可代表其他各組。

共變異分析有二個前提假設：

(1)每一處理組成一族群，各處理即有一條回歸線，且所有回歸線互相平行。

$$y_{ij} = \mu + (x_{ij} - \bar{x}_i) b_i$$

(2)回歸係數不等於零，即 $b_i \neq 0$ 。

而在處理可否用一條回歸式替代二條回歸線，可先檢視此兩線是否平行，即斜率是否相同，若是，再看其截距間是否無差異。若皆無差異，即表可用一線代之。依Snedecor & Cochran(1981)其步驟可歸納如下：

a.以 $y_{ij} = b_i + b_{ix} x_{ij} + \mu_j$ 代表直線式， $i = 1, 2$ 二條線

b.分別求出 b_i ， b_{ix} 和其 $SSR(b_i, b_{ix})$ ， $MSE(b_i, b_{ix})$

$$\text{而模式： } y = (b_{i0} + b_{ix} X) + \mu_j$$

c.使 b_{ix} 為共同值，求出 b_i ， b_{i0} 和其 $SSR(b)$ ， $MSE(b)$

$$\text{模式則成： } y = (b_{i0} + b_{ix} X) + \mu_j$$

d.使 b_i ， b_{i0} 皆為共同值，求出 b ， b_{i0} 和其 SSR ， MSE

e.比較其斜率(b_{ix})

$$F = (SSR_{b_{ix}} - SSR_{b_i}, b_{i0}) / MSE_{b_i, b_{ix}}$$

若 $F > F_{\alpha, df_1, df_2}$ 則表此兩模式無顯著差異，可視為平行二線。

若 $F < F_{\alpha, df_1, df_2}$ 則表此兩模式具顯著差異，要分為二線處理。

f.若此二線可視為平行二線(斜率相似)則再考慮其截距。

$$F = (SSR - SSR_{b_{i0}}) / MSE_{b_i}$$

若 $F > F_{\alpha, df_1, df_2}$ 則表此兩模式的截距無顯著差異，可視為同一條線。

若 $F < F_{\alpha, df_1, df_2}$ 則表此兩模式的截距具顯著差異，要分為二線處理。

(二)曲線式

Berry et al (1988)提出平行曲線分析(parallel curve analysis)來解

決二條Richards 曲線，是原可用同一條Richards曲線表示之方法。此分析如 Snedecor & Cochran(1981) 係基於評估一系列的曲線配合過程中，殘差平方和改變的顯著性。首先其將Richards 曲線的母數分成二類(1)決定形狀的parallelism(k, m 值)。(2)另一決定其大小尺度的 displacement (如 A, B 值)，然後列出4個處理階段)

$$M = A[1 - B \exp(-kt)]^{1-m}$$

(i)配合資料分別求出母數 (k_i, m_i, A_i, B_i)和其殘差平方和。

(ii)以非線性母數(k, m)的共同值或平均值和不同的直線性母數 (A_i, B_i)

配合資料求出母數 (k, m, A_i, B_i)，和其殘差平方和。

(iii)以非線性母數(k, m)和線性母數(A, B)的共同值或平均值配合資料，求出母數(k, m, A, B)，和其殘差平方和。

(iv)利用殘差平方和執行變異分析。

平行曲線分析係以處理整個過程來比較曲線斜率(slopes parallelism)或形態(patterns displacement)的差異顯著性，而並非只是某點或

某部分而已。

(二)空間模式(SPATIAL MODEL)

1.向量式空間分析功能

GENAMAP 在空間分析上提供許多功能，例如區域的自動生產(ZONE GENERATION)、一定距離內的搜索、封閉區域的疊合(POLYGON OVERLAY)、集水區的分析、向量轉換至影像和斜率的分析等，在這方面，GENAMAP提供了一致性和精確的分析及繪製地圖能力。

- (1)定距離搜索分析
- (2)點、線、面的疊合分析
- (3)鄰近特定區域分析
- (4)網路分析，例如網路追蹤、最短路徑等分析

2.GENACELL的功能

在GENACELL中，使用者可以指定格點的大小、形狀及顏色，格點的形狀可以是正方形或長方形。所有GENAMAP的顯示功能都能在GENACELL上作用，由於它們採用共同的大地座標系統，所以您可以將向量式和影像式的資料重疊顯示在同一個螢幕上。

GENACELL也具有某些分析的功能，使用者可以對一張圖或數張圖作進一步的分析。這些分析的功能大致上可以分成四組：

- (1)重新分類(reclassify)：意指重新設定格點值
- (2)疊合(overlay)分析：意指對兩張以上地圖同時作AND或OR.XOR的分析
- (3)距離(distance)分析：測量及計算距離
- (4)近鄰(neighborhood)分析：基於對近鄰值的計算而得到一些新值

(三)時間模式(TEMPAL MODEL)

——林分生長、收穫之族群動態模式為例說明

用數學模式來配合生長曲線與林分結構是當前族群動態、生長收穫研究中，最常用的方法。數學模式即"利用數學模式來表示兩個或兩個以上變數間的邏輯關係就稱為模式，而這個模式是以數學式表示擬說，並以觀測值來測試這些事實是否支持擬說，同時決定其模式的母數"(Erelciel and Fox, 1959)。

生長、收穫的預測，一直受森林學家相當的重視情形，近年來尤盛，究其原因乃林產物需求增加，自然生態保育日熾，可供生產林木的林地漸趨減少所致，所以更顯得森林資源集約經營的必要性，而集約經營務必依靠對未來事物準確的預測，而生長、收穫則是林木集約經營最基本的資訊。以可信賴的收穫預測資料，經營者才可配合現代進步的經營科技如決策理論、最適理論和模擬去完成決策手續，使健康的森林提供人類更好的功能。

Munro (1974)建議將生長模式分成林分級模式，與距離有關的林木級模式，以及與距離無關之林木級模式三種。其後 Burkhart(1981)將直徑級模式由其中提出另列，且將林木級二模式歸併為單株模式，而將全林模式，直

徑分佈模式，單株模式並列為生長收穫三大類，至於各大類內之細目，在 Davis, Johnson (1987) 森林經營學中有更詳細列出。然不管是屬於那類，皆是藉助數學模式的建立，有利用——

(1) 直線迴歸者如 Mackinney et al., (1937), Schumacher (1939), Clutter (1963), Burkhart and Sprinz (1984)。 (2) 非線性迴歸者如 Moser and Hall (1969), Pienaar and Turnbull (1973), 石川善朗等 (1980), 箕輪光博 (1982, 1983, 1983); 另有利用 (3) 機率密度函數來描述直徑分佈，再配合材積式、樹高曲線式，完成生長收穫模式系統，如 Clutter and Bennett (1965), Bailey and Dell (1973), 馮、楊 (1988), 楊、馮 (1989a, 1989b), 馮、楊 (1990)。

1. 全林分模式

(1) 實驗模式

最早研究林木收穫模式主要根據法正林經營觀念，以單位面積上的材積和林齡、地位等兩個因子，利用數式法及圖解法來編製收穫表，由於只為編製收穫表這個目的，所以實驗迴歸式 (empirical regression equation) 常被證明是一個相當適當的方法。

生長曲線的一般性質若用實驗模式表示時，雖然能和某一段生長趨勢配合得很好，且可內插推測，但是無法很適當地表示一組完整的生長過程。多項式是無法表示漸近線 (asymptotes) 的現象，而這種漸近線卻是生長曲線常具有的性質。Schumacher (1939) 將林分密度、林齡、地位三變數與每英畝的收穫量利用多項迴歸建立模式；提出 $dV/V = Kd(1/A)$ 生長模式 (式中 dV/V ：材積生長率， A ：林齡， K ：隨地區及林分密度而變化之母數)，模式考慮成熟林分具有一穩定的最大林分斷面積或蓄積，亦即該收穫曲線不但具漸近線且有反曲點。因為可以適當地表示完整的生長過程，即每一段時期之連年生長量並非一致，而是先快後慢，此種模式可說已具有邏輯基礎。Nelson 及 Bennett (1965) 提出收穫模式時已由原先的“法正密度”觀念，演進至“林分密度為一動態因子”而引用於模式中，與林齡、地位並列為影響林木生長的三個因子。

Clutter (1963) 檢討以往的生長、收穫模式，發現以往有關的研究有兩個缺點：(1) 生長與收穫模式缺乏邏輯關連。(2) 林分密度大都以相對值表示之。於是建議以絕對值的斷面積 (B) 代替密度百分比。並把以往被分別探討的生長、收穫模式加以深入研究，認為生長與收穫模式是相容的 (compatible)，收穫為一段期間生長的累積，也就是說收穫模式可由生長模式積分而得。此時生長、收穫模式可說具備生物和數學的邏輯意義。近代生長收穫研究的趨勢，如 Moser 及 Hall (1969) 主張模式能夠用於特殊情況而且應用性廣及兼具彈性。

以上這些模式對生長資料來說只是曲線配合 (curve fitting) 而已，因為這些函數的基本型態為直線，拋物線等幾何型態或算式，無法解釋生長現象。若要模式具有解釋生長現象則須靠功能性數學模式。而實驗函數 (empirical function) 和功能性數學模式 (functional mathematical model) 最

大的不同在後者直接衍生自變數間關係的邏輯命題。由於這樣的模式是由生物性的邏輯關係推導而來，且由資料可推算出其母數統計值，因此可以適當的解釋生長現象。

(2)功能性數學模式

功能性數學模式(機制性數學模式)是直接導源於變數間關係的邏輯命題，是由生物性的邏輯關係導源出來，且可以很有邏輯的解說生長現象。這些生物性的邏輯命題，如：(1) 報酬遞減律 (law of diminishing returns) 係收穫有一限量，也就是說收穫的增加量會慢慢趨向 0。(2)生長因素影響律 (law of effects of growth factors)係指增加一單位的生長因素與最大收穫量和當前量差值成比例。

大部分的功能式數學模式，係描述某時間、某一性態值與生長速率或相對生長率的關係。如生長速率為一定常數，則其總生長模式為直線式；相對生長率為一定常數，則其總生長模式為指數式(exponential growth model)；若相對生長率為相對生長量的函數，則其總生長模式為Logistic生長模式；若生長速率為生長速率的函數，則其總生長模式為 Monomolecular生長模式。生長速率若是為同化作用 (anabolism)與異化作用(catabolism)差的函數，則總生長模式為Bertalanffy生長模式 (Savageau, 1979)。現在僅就 Bertalanffy, Logistic, Richards, Schnute, 等四個重要生長模式的內涵與演進加以說明如下。

a. Bertalanffy生長模式

任何一個簡單的有機體，若從生化，生理，細胞學或形態學觀察，生長是一個相當複雜的現象，但Bertalanffy(1957)認為可以使用一個簡單數式對新陳代謝與生長的關連做量化分析。在此之前，1920年Putter曾經提出動物的生長為組成(synthesis)和破壞(destruction)之交互作用，亦即同化作用和異化作用的交互作用。當組成作用大於破壞作用時才有生長，當兩種作用相等時，有機體即達到穩定狀態。

Bertalanffy 根據這種觀點提出表示生長速率的公式如下

$$dW/dt = M - kWN \quad \dots\dots\dots(9-1)$$

即生物體或器官重量的改變為組成與破壞分解作用的差異。(9-1)式中， k 分別為同化作用和異化作用母數。 m ， n 則表示與重量的冪次方成比例，而有機體，依循此生長關係法則，代謝過程的作用率，可以以有機體重量(body mass)的冪次函數表示。此一現象 Adolph曾經證明，生理作用的改變率皆可以使用相對生長關係函數(allometric function) 或冪次函數 (power function)表出。所以不管其內部作用如何的複雜，其外部表現皆是依循這樣簡單的一般化的規則進行。Putter氏所提出的同化作用率(rate of anabolism, M)，異化作用率(rate of catabolism, kWN)，用數學觀點來看，若將 n 設為 1，其積分式才容易導出積分結果如下所示：

$$W = \frac{1}{K} [\frac{1}{K} - W(1-M)] e^{-(1-M)KT} / (1-M) \dots\dots\dots(9-2)$$

式中的K=(1-m)k

W=生物體或器官起初的重量

e=自然對數

上式可以說是開啟了生理學的新紀元，使生長步上比較生理學(comparative physiology of growth)的途徑。

其後Bertalanffy 依照新陳代謝型(metabolic type)，來預測生長，更將新陳代謝型分成三類：(1)遵循表面積法則(surface rule)的新陳代謝：此種生物代謝作用率(metabolic rate)與其表面積或重量的 2/3 次方成正比。例如：魚類和無脊椎動物(蚌，蝦等)，若以 $H_s = V_s/B_s$ 說明則其 $m = 2/3$ ，(2)遵循重量或器官的新陳代謝：代謝作用率與生物體的重量(不是表面積)成正比，如：所有昆蟲的幼蟲及異翅目昆蟲，若以(9-1)式說明，則其 $m = 1$ 。(3)代謝作用率介於重量值，表面積之間：如：蝸牛，若以(9-1)式來說明，則為 $(2/3) < m < 1$ 。此外，Bertalanffy (1957)也認為生長曲線可分成二個循環，而其轉換期則發生在性成熟時(sexual maturation) 或稱青春期(開花型(puberty))，這兩個循環皆分別成為生物的一般生長型。

生長模式必須能夠表現出各種生長行為的機制，這些生長行為，如生長有所限制(或稱生長漸近值)及有機體的起始點(或稱曲線與X軸的相交點)。這類模式所能適用的生長逕路種類當然是愈多愈好。

b.Logistic模式

Logistic 函數係基於 "各種種類的生長，其內在增殖率 (rm)皆一定" 的假設。但Shinozaki and Kira(1956)指出內在增殖率，實際是隨林齡而改變 $rm = f(t)$ ，而不是常數；他們建議修改 Logistic函數為一般化 Logistic 函數。

Kleiber (1961)亦指出人口之內在增殖率亦非定值。Foerster et al. (1960) 亦發現內在增殖率 rm 值並非固定值，而是呈穩定增加。Cooper (1961) 指出內在增殖率rm是隨林齡增加而減少，再加上Logistic理論所提：相對生長率減少的原因是 "單位面積內生物量的增加" 而提出(9-5)式，亦即分成與時間有關的 $r_1(t)$ 和與時間無關(r)二部份。如(9-4)式所示增加一新個體至族群，將使其相對生長率下降 c量；這種定量的增加在動物族群很明顯，但在植物族群生物個體數對生長率影響較不重要，反而植物的大小如直徑、斷面積、重量、材積等大小對生長率的影響來得重要。所以Cooper (1961)提出(9-6)式。

$$(1/N) \times (dN/dt) = rm \dots\dots\dots(9-3)$$

$$(1/N) \times (dN/dt) = rm - cN \dots\dots\dots(9-4)$$

$$rm = r + r_1(t) \dots\dots\dots(9-5)$$

將(9-5)代入(9-4)式並以斷面積(S)代替動物的個體數(N)。

$$rm = r + r_1(t) - cS \dots\dots\dots(9-6)$$

式中：S 為每一英畝的總直徑

Logistic函數有兩項缺點(Berry et al., 1988)：

- (a)不論生命的那個時期，相對生長率皆相同
- (b)生長量在時間軸的分佈是對稱的，即 Logistic 曲線是以反曲點為中心的對稱曲線。

c.Richards生長模式

我們若由表示林木各種性態值與林齡間的關係的曲線，如圖9-5，可以發現是呈拉長的S形；Grosenbaugh(1965)檢視這種拉長的S曲線，發現可由 Gauss, Gompertz, Bertalanffy 或Logistic函數表出，但是沒有一種函數可以富有彈性地將觀測值多變性的各種生長情況完全描述。

圖9-5 胸高直徑總生長量(——)與生長速率(**)間的關係圖

Logistic及Gompertz模式的共同缺點是其曲線的反曲點的位置是固定的，Logistic 為 $A/2$ ，Gompertz 為 A/e ，(A表示極限值，e 表示自然對數)；而 Mitscherlich 模式無反曲點。但 Richards 氏研究 Mitscherlich 模式，Logistic 模式和 Gompertz 模式等三個著名的生長模式時，發現這三個模式其實只代表相同類型的一種曲線而已，型狀的不同只不過是其中一個母數的數值不同所導致。實際的生長曲線，往往無法由以上三式滿意地表出，所以他就考慮使用由生物現象所發展出來專門研究動物生長的 Bertalanffy 生長模式，若能將其理論上的限制揚棄時，一定可以廣泛用在植物生長方面，並且可以充分表出不同型態的拉長型生長曲線。而 Bertalanffy 研究動物的新陳代謝與器官生長的關係時提出 $P=CQA$ ，式中 P，Q 分別代表某器官大小，a 為相對生長關係常數(allometric constant)，經其廣泛研究後把 a 定為 $2/3$ 。後 Richards 建議生長關係常數並非為一定值，而係隨生長資料變動的母數，而提出一個一般化模式：

$$dW/dt = M - kW \quad \dots\dots\dots(9-1)$$

- 式中的 m：植物內在增殖率
- W：植物的體積或重量
- ：同化作用率
- k：異化作用率

Richards式中代表反曲點的母數 m，則為一連續的值，其所涵蓋值的範圍為 $m > 0$ 與 $0 \leq m < 1$ ，而此母數正可為生長函數的形狀指標。當 $m=0$ 時此模式則成為 Mitscherlich (Monomolecular)式；當 $m=2$ 時則成為Logistic (autocatalytic)式；當 $m \rightarrow 1$ 時則成為Gompertz式。

(9-1)有其理論上限制：m 不大於 1 (m<1) 時，Logistic 生長模式和 Gompertz 生長模式則無法存在。另外，若 m>1，且 $\frac{1}{k}$ 和 k 為負，則很難解釋 Ak 所代表的同化作用率及異化作用率。換言之，如僅使用生長資料配合此式做為實驗式應用而不考慮代謝方面的意義時，則將發現 Bertalanffy 模式於 m>1 時，頗富實用性。由實用觀點來看 m 決定生長曲線的型狀，兼具數學上及生物上的意義。將連年生長速率式(9-1)式積分之後，求得其式為：

$$W = \frac{1}{K} [\frac{1}{K} - W(1-M)] e^{-(1-M)KT(1/1-M)} \dots\dots(9-7)$$

$$W = A(1 - Be^{-KT/1-M}) \dots\dots(9-8)$$

式中： $A(1-M) = \frac{1}{K} \dots\dots(9-9)$

$$B = \frac{1}{K - W(1-M)} \dots\dots(9-10)$$

$$K = (1-m)k \dots\dots(9-11)$$

當 m<1 時， $W^{1-M} = A(1-M)(1 - e^{-KT}) \dots\dots(9-12)$

m>1 時， $W^{1-M} = A(1-M)(1 + e^{-KT}) \dots\dots(9-13)$

式中： $b = + B A M^{-1}$

m=0，則(9-8)式變為 Mitschlich 式如下：

$$W = A(1 - e^{-KT}) \dots\dots(9-14)$$

m=2，則(9-8)式變為 Logistic 式

$$W = A(1 + e^{-KT})^{-1} \dots\dots(9-15)$$

m→1，則(9-8)式變為 Gompertz 生長模式

$$e^{-\frac{kt}{m}}$$

$$W = A e^{-B e^{-\frac{kt}{m}}} \dots\dots(9-16)$$

2>m>1，則曲線形狀介於 Gompertz 生長曲線和 Logistic 曲線之間；若 m>2，則曲線形狀為反曲點位於 w=A/2 的拉長型 S 曲線；若 1>m>0，則曲線介於 Monomolecular 生長曲線和 Gompertz 生長曲線之間。

若將 A 設定為 1，則(9-8)式隨 m 值而變化，如圖9-6 所示。其生長速率(連年生長量)對總生長量(累積生長量)的關係如圖9-6 所示。

因 Richards (1959) 在檢討各個模式後，將 Bertalanffy (1938) 式一般化，現在已經成為最能適合數學邏輯及具生物意義的模式。使多變性生長曲

線，得以有效的描述。Chapman - Richards生長模式於

圖 9-6： Richards 一般化生長曲線隨 m 值的變化

圖 9-7： Richards 式生長速率對總生長量曲線隨 m 值的變化

1973年由Piennar和Turbull兩氏引進做林木生長的研究後，由於其包函著名的三個生長函式—Monomolecular模式，Logistic 模式和Gompertz模式而聲名大噪。

新建模式在林木生長的應用則由Cooper(1961)所建議；而 Moser及Hall (1969)以北方闊葉針樹的斷面積連年生長和斷面積資料來配合Bertalanffy，因而得到很好的配合結果。Beck (1971) 亦利用Richards一般式來配置白松的樹高生長效果也很好，Pienaar 及Turnbull (1973) 更以Richards模式來描述 170年生雲杉的樹幹解析資料，結果發現無論斷面積、樹高或材積生長都相當令人滿意，其後Rawat及Franz (1973) 亦利用Bertalanffy 式來配置樹高、胸高直徑、斷面積和林分株數變化，在日本方面大隅真一在1976~83連續討論Bertalanffy 式於日本扁柏、柳杉、紅松、黑松，各林木屬性生長的適用性，本國則有楊榮啟 (1985) 對於這一生長模式加以應用討論。

d.Schnute式

Schnute (1981)研究魚類時，假定大小性態值Y 的相對生長率 $Z(Z=(1/Y) \times (dY/dt))$ 對 Z 的相對生長率呈線性關係如下：

$$(1/Z) \times (dZ/dt) = -(a+bZ) \dots\dots\dots(9-17)$$

式中的 a，b 為母數：

因為 $(dY/dt) (1/Y) = Z \dots\dots\dots(9-18)$

整理(9-17)式並做適當的代換，如下式：

$$d^2Y/dt^2 = (dY/dt)[-a+(1-b)Z] \dots\dots\dots(9-19)$$

解(9-19)式的微分方程，如下式：

$$Y = Y_B + (Y_B - Y_{B_1}) \left[\frac{(1 - e^{-A(T-T_1)})}{(1 - e^{-A(T_2-T_1)})} \right]^{1/B} \dots\dots\dots(9-20)$$

式中： t_1, t_2 ：兩個不同林齡。

Y_1, Y_2 ：在 t_1, t_2 時的大小性態值。

且 $Y_2 > Y_1 > 0, t_2 > t_1 > 0$ 。

這個生長模式的曲線形狀，隨 a, b 值不同而變化。Bertalanffy 式、Gompertz 式、Richards 式、直線式等皆是其特例。Bredenkamp 及 Gregorie (1988) 將 Richards 生長模式應用於不同林分密度的玫瑰桉直徑生長時，發現當林木有再生現象時 Richards 無法適用。但是若使用 Schnute 式時，則能充分表現出重新再往上生長的現象。

e. 經濟生產函數

Jackson (1980), Nautiyal and Couto (1982) 曾將生長收穫函數看做是經濟生產函數，Chang (1984) 從生物曲線觀點，檢討以上兩項研究所用函數的缺失，指出連年生長並非先升後降，收穫曲線不通過原點收穫並非生長的累積生長等等現象，因而提出符合生物性和數學邏輯的生產模式；先將生產量定為時間和密度的函數

$\ln Q(t, m) = \ln A + \alpha/t + \beta/tm$ ，再導入地位因子

$\ln Q(t, m, SI) = \ln A + \alpha/t + \beta/tm + r/tSI + S/SI$ (t : 林齡, m : 栽植密度, A : 某地位下的最大材積或其他載荷量, SI : 地位指數) 並且將該二式皆予微分求出生長函數 $CAI = \alpha \theta(t, m)/\alpha t$ ，是從經濟學生產函數為出發點建立的生長模式。

(3) 一般化模式

毫無疑問的，模式的母數與個體或族群的增加量或生長量，是有非常密切的關係。所以量化增長過程的模式是可以由數學一般化方法導出。於是尋找一個一般化模式使其能描述多變性的曲線型態一直是生物學家追求的。以往如 Richards (1959); Grosenbaugh (1965); Turner and Pruitt (1978); Savageau (1980); Schnute (1981) 皆是一樣在追求一涵蓋許多其他生長模式。使其模式更具有彈性、廣泛性。

(4) 生長模式的母數與密度的關係

a. Pienaar and Turnbull (1973) 等皆曾利用 Bertalanffy 的一般化生長模式

，研究未實施間伐同齡林之斷面積的生長，結果顯示在某一林分密度限度以上的林分，林木生長將趨於一定值（此值由地位所能提供的生產潛力來決定）從 m 值幾乎相等來說明其生長曲線形狀相類似，固定 A, m, t 值而分析某一特定地位之各種不同密度的林分生長。再由此建立 k 值與最初栽植密度的關係，以便由最初栽植密度和自然枯死率 (natural mortality) 決定每公頃未來的收穫量。此外，也用一般化的生長速率曲線圖來說明栽植密度對生長曲線型態值的變化，且栽植密度愈大，愈早達到反曲點，其最高生長速率也愈早達到。

b. Yang 及 Lin (1981) 以樹冠競爭指數 (CCF) 為林分密度放入 Bertalanffy 一般化生長模式中以導出密度依變的生長模式 (density dependent growth model)。

c. 白石則彥 (1985) 對林木生長所做的研究可以分成五個部分：

(a) 設立以胸高直徑連年生長量 (r) 為基礎的生長模式)

$\ln r = \ln m - kt$ (r : DBH 連年生長, m , k : 母數, t : 時間)

由生長模式導出總生長量模式：

$$1/x \, dx = m \exp(-kt) dt \quad x : t=0 \text{ 時之胸高直徑}$$
$$\ln x(-\ln x) = (m/k) \cdot \exp(-kt) \quad x : t \rightarrow \infty \text{ 時之胸高直徑}$$
$$x(t) = x \cdot \exp\left[\frac{-m}{k} \exp(-kt)\right]$$

此式正和 Gompertz 型式同

- (b) 將上式生長模式中除時間(t)外，再加入密度(ρ)因子，並由此導出整個研究所用模式的重心。 $rt = 1/x \, dx/dt = m \exp(-kt) + \rho(k - \ln \rho - \ln x)$ 且都將其所導出的模式與Gomperz式銜接上去，並以日本柳杉、扁柏的實測資料驗證模式的適合性，獲得相當好的結果。
- (c) 以Weibull 三個母數的機率密度函數來描述林分構造狀態，再以其歪度的變化得出林分構造隨時間變化的情形。
- (d) 利用具密度之生長模式決定間伐率、間伐強度和次數，並由直徑級決定各級間伐率和幹材積。
- (e) 由生長模式、林分生長預測來編製收穫表；由直徑分佈係數的變動或直徑生長量即可決定其收穫情形，且由各單株材積的累積成為林分材積。

(四) 空間與時間模式 (SPATIAL AND TEMPAL MODEL)

時間的組成與空間的組成

已往臺灣林學家研究資源調查、生長收穫之研究報告
結合資源調查與生長收穫模式以為預測未來狀況。

1. 時間的組成與空間的組成

若要整合時間與空間因子，使其有效的應用於地理資訊系統與資料庫管理中，則應對時間與空間的組成做深入的瞭解，此基礎研究將促進地理資訊系統、人工智慧（專家系統）等資源技術的發展，而實際應用森林時，則以如何執行動態的森林地理資料庫（dynamic forestry geographic database）為主。

(1) 時間：

a. 理想家（idealist approach）：

認為時間可分兩種，一種如空間一樣，是承認其存在（existence），直接建入有關屬性資料，另一為演化（evolution），此則涉及到屬性值的改變。

b. 實証家（realist approach）：

認為時間為一流程，為單一方向，無法將其做物理性的改變，如圖一為一向右的水平軸，瞬間為一點，期間為一線。

(瞬間)instant (期間)duration



t
參考時間(Reference time)

T

圖 9-8 時間的瞬間與期間表示

當一個或多個屬性改變時，對實體 (entity) 或關係 (relationship) 的改變。屬性的型態可分為描述屬性，地理屬性與圖屬性，分別說明其內容如下：

- 1、描述屬性 (descriptive attributes)：描述整體或關係的非空間性質如：樹齡、樹種、土壤型。
- 2、地理屬性 (geometric attributes)：XY座標、弧的半徑有確切位置，和地理實體的形狀，一般可用出現數化地圖的空間實體 (如：林型圖、道路圖) 表示。
- 3、圖屬性：顏色、符號、線型特徵以正確的符號表示空間實體和其性質。
瞬間改變：(instantaneous)：當演化、變化少於或等於量測尺度時謂之。

漸近改變：(gradual)：演化變化大於量測尺度時，就稱漸近改變。
此涉及到所用量測時間尺度 (如：分、時、天、月、年)，而此尺度依實體、屬性、型態和關係的型態而有不同。

改變啟始與終了

生長= 演變的啟始、結束 (beginnings & ends for evolution)

蓄積 (收穫) = 存在的生與死 (births & deaths for existences)

真實時間 (valid time)：事件在真實世界發生的時間

執行時間 (transaction time)：事件建入資料庫的時間。

全面回跌資料 (rollback database)：一序列靜態事件的記載。

歷史資料 (historical database)：記錄過去某事件發生之單一歷史狀態

圖9-9. 地理資訊系統中時間的真實解

圖9-10. 一個空間實體的基本空間變數之演化

圖9-11. 空間關係的演化和基本空間變數 (由不連續到連續狀況)

圖9-12. 由單一個體的生與死，導致空間分布的演替

圖9-13. 由單一個體的生與死，導致(a)蓄積大小 (收穫、總生長量) (b)族群形狀的演替

圖9-14. 由單一個體基本空間變數的改變導致空間分布型態與演替

圖9-15. 由單一個體基本空間變數的改變導致族群演替的空間有關因子的變化

(五)Forest Growth Modelling

[Abstract]

Forest growth model is a mathematical function or system of function that is used to relate actual growth rate to stand variables. In general, it is derived from the principles of biometry and the rate forest conditions. The parameters of a forest growth model are estimated by using the least squares method. The experimental equation of a forest growth model is used to analyze the growth behavior of a stand and to predict the future stand growth. Growth models are applied in many fields. Forest growth modelling has always been one of the main stones in the foundation of forestry. In this paper, we discuss the status of growth modelling in biometry and review the models development in forest succession and forest genetics. The purpose of this paper is to enable the foresters to be familiar with the knowledge of forest growth modelling and the application of it. Finally, we hope that the art of forest growth model building in Taiwan will be improved.

MODEL, MODEL, MODELS

Models are abstract representations of the real world that are useful for purposes of thinking, forecasting, and decision making. A model is a device that brings the real world to the laboratory or to the office. (Buongiorno & Gilless 1987)

Model, represents an idealized or simplified version of the real phenomenon, much as we use the circle as a model of the more complex geometry of stem cross sections. (Pienaar, Turnbull 1973)

CLASSIFICATION OF MODEL

1. Iconic: physical replica of an object
2. Analog: map, aerial, photograph diagram
3. Symbolic: represent reality by words, no., other notation.--mathematical models. This is the most important model because they are readily manipulated to deduce new concepts. Mathematical models: Reality is captured by symbolic variables and by formal algebraic relationships between them. (Buongiorno & Gilless 1987)

The design of renewable resource management policies involves three

essential ingredients : (Walters 1986)

- a : mathematical modeling to pinpoint uncertainties and generate alternative hypotheses.
- b : statistical analysis to determine how uncertainties are likely to propagate over time in relation to policy choices.
- c : formal optimization combined with game playing to seek better probing choices.

(1)Deterministic model : the model is entirely predictable and contains no element of uncertainty. (Starfield & Bleloch 1987)

(2)Stochastic model : the model contains an element of uncertainty--- if we repeat a calculation we are likely to get a somewhat different answer everytime. (Starfield & Bleloch 1987)

The basic goal was to produce a dynamic model of forest growth , a model in which changes in the state of the forest is a function of the present state and random components. This approach has two advantages over the curve-fitting approach to forest growth :

- a.the simulator can be regarded as a repository for an integrated knowledge of the ecosystem ;
- b.additional hypotheses can be formulated and tested using Monte Carlo samples of simulator runs and comparing the results with observed data. (Bockin , Janak , & Wallis)

(1)Analytical model : the model with the intention of using mathematical theorems and operations. (Starfield & Bleloch 1987)

(2)Simulation model :

- a. the model may be designed as an algorithm or set of computational rules (as in a flow chart) without any attempt at formal analysis. (Starfield & Bleloch 1987)
- b. the models are the only tool presently available for translating a collection of how the whole ecosystem functions.They depict ecosystem function by changes over time or space (or both) in measurable quantities , thereby allowing some test of the set of process hypotheses at the ecosystem level.

Simulation models consist of a collection of hypotheses , in equation form , for how the major elements of the model(state variables) change over time.These hypotheses are usually categorized into several processes controlling the rates of change of the state variables.

(a)Mechanistic model :

- a-a mathematical descriptions of the mechanisms that control the various model processes. (Swartzman & Kaluzny 1987)
- a-b usually arises as a result of making assumptions about the type of growth , writing down differential

or difference equations that represent these assumptions , and then solving these equations to obtain a growth model.(Draper & Smith 1981)

(b)Empirical models :

- b-a where a relationship between the process and controlling variables is established without considering the underlying mechanisms. (Swartzman & Kaluzny 1987)
- b-b is a model chosen to empirically approximate an unknown mechanistic model. Typically , the empirical model is a polynomial of some suitable order.(Draper & Smith 1981)
- b-c empirical modelalso uses these variables , but indirectly because it assumes that the average of these conditions will prevail in the future. (Bruce & Wensel 1987)

(c)Process models :

Process models simulate the biological processes that convert carbon dioxide , nutrients , and moisture into biomass through photosynthesis. Process models may use direct measurement of growing season precipitation , hours of sunlight , and other details.(Bruce & Wensel 1987)

FUNCTION

We build models because they help us(Starfield & Bleloch 1987)

- (1)define our problems
- (2)organize our thoughts
- (3)understand our data
- (4)communicate and test that understanding
- (5)make predictions

Models have the advantage of being formal descriptions of inferences about successional mechanisms , which can be analyzed to produce predictions about long-term ecosystem dynamics.

Some of the more recent models are capable of simulating successional patterns and have been used in developing new insights into the nature of long-term forest dynamics and ecological succession. (Shugart & West 1980)

Important future applications of succession models , particularly gap models , would involve evaluating large-scale and long-term changes in the ambient levels of pollutants and assessing the effects of climate change. If human activities alter environmental conditions on global scale , models will become increasingly important as a tools for prediction. (Shugart & West 1980)

ELEMENTS OF MODEL DEVELOPEMENT

The elements of model development (Buongiorno & Gilles 1987)

1. Problem definition :

2. Model building :

3. Model implementation :

Almost any model develops from a logical set of assumptions as an underlying basis and more theoretical studies of succession & growth may use logical procedures as a primary means of anticipating the applicability of model result. (Shugart & West 1980)

Standard definitions of modelling. (Bruce & Wensel 1987)

A model is a mathematical function , or system of functions , used to relate actual growth rates to measured tree , stand , and site variables.

Estimation is the statistical process of deriving coefficients for models to define the growth rates are a function of measured tree , site , and stand variables.

Verification is testing a model with the data on which it was based to eliminate lapses in programming logic , flaws in algorithms , and bias in computation.

Calibration is adjusting a model to local conditions that may differ from those on which the model based.

Monitoring is the continuing check of output of the system to detect short comings of the model.

Evaluation is considering how , where and by whom the model should be used , how the model and its components operate , and the quality of the system design and its biological realism.

Simulation is using a growth model to estimate development of a stand through time under alternative conditions or cutting practices.

Over the years many mathematical models have been proposed to describe biological growth processes. Some of these have been developed by forester ; others originated by workers in other fields , have been applied to forest trees. There are still no agreement on the one best expression for the description of growth phenomena.

Any acceptable growth equation must of course fit the data which it purports to describe. Mere closeness of fit to field observations is no guarantee of its validity , however. Unless the parameters of a proposed growth equation can be shown to have some biological meaning , its application is little more than an exercise in mathematical curve fitting. The coefficients of a purely empirical equation have no definite physiological basis , and there is no way of knowing how they might change with variations in stand conditions.

----- , These equations give a satisfactory fit to data derived from several even-aged stands of ----pine in Taiwan , and appear to offer promise as a means of analyzing some aspects of growth in forest stands.

The Chapman-Richards model is a deterministic model in which an effect, or response, is assumed to be absolutely determined by the formulated cause. Biologically more realistic stochastic or probabilistic models consider the probable occurrence of events and incorporate the probabilistic element explicitly within the structure of the model.

In general forecasting forest development for periods up to 50 years, the growth functions must combine with many other functions as a whole system. A growth model may combine with diameter growth functions, height curve functions, bark functions, volume function, thinning response function, natural thinning functions, total based on per tree species. (Jonsson, 1978)

TYPES OF FOREST SIMULATIONS (Shugart and West 1980)

1. Tree models

take the individual tree as the basic unit of a forest simulator.

The degree of complexity ranges from simple tabulation of the probabilities of an individual tree of one kind being replaced by an individual of another kind, to extremely detailed models that include tree-dimensional geometry of different species at different sizes.

2. Gap models

dynamically simulate particular attributes of each individual tree on a prescribed spatial unit of relatively small size-- usually either a gap in the forest canopy or a sample quadrat. (A special case of tree models) as a category developed exclusively for use in studying ecological succession. Gap models simulate succession by calculating the competitive inter relations among trees in a restricted spatial unit--either a gap created by the death and removal of a canopy tree or a sample quadrat.

Other gap models simulate year-to-year changes in the diameter of each tree. They do not account for the exact location of each tree but use tree diameters to determine tree height and then to simulate leaf area profiles to devise competition relationships due to shading.

3. Forest models (Stand models)

consider the forest as the focal point of the simulation model.

Forestry yield tables constitute a highly data-dependent subset of forest models.

In general, the model type used is based on the problem under consideration, the data available, and the desire to develop a flexible model.

PARAMETER PREDICTION MODELS (PPM)

Attention is focused upon the development of parameter prediction models (PPM) with empirical illustration for even-aged and uneven-aged application.

PPMs is one which forecasts a future number of trees and the

associated values of the parameters of a probability density function (pdf) describing characterizing a diameter distribution the diameter distribution of those trees. (Hyink D.M. , J.W.Moser , Jr.1983)

PARAMETER RECOVERY MODELS (PRM)

A parameter recovery model (PRM) is also proposed and numerically illustrated PRMs are those in which the stand-average attributes are directed and then used to obtain estimates of the underlying diameter distribution. (Hyink D.M. , J.W.Moser , Jr.1983)

Parameter recovery techniques (see for example the articles by Bailey(1980) , Cao et al.(1982) , Frazier(1981) , Hyink(1980) , Matney and Sullivan (1982) available today enable us to recover the diameter distribution from the whole stand model , and the individual tree from the diameter dis. model , the importance of having certain desirable properties in the whole stand model becomes quite apparent. (Chang 1984)
Hope

No doubt our pursuit of flexible growth functions will continue. It is hoped that the simplicity and versatility of the functions presented in this study will lead to some meaningful results.(Chang 1984)

Conference

1. Forest Growth Modelling and Prediction Conference--Aug. 23-27 , 1987
----Minneapolis , Minnesota
The purpose was to provide a forum for the exchange of ideas , modeling techniques , and analysis results.
The papers covered all types of tree and forest growth modeling methodology including theory , parameter estimation , and evaluation of models ; incorporation of silvicultural treatment , weather and other environmental perturbations ; regeneration ; design of growth studies ; and application of growth models in research and management.
2. Forest Growth : Process Modeling of Responses to Environmental Stress--Apr. 19-22 , 1988 ----Gulf Shores , Alabama , USA
3. Growth and Yield in Tropical Mixed Moist Forests--Jun. 20-24 , 1988
----Kuala Lumpur , Malaysia
4. New Approach to Heavy Thinning Regimes
--Apr. 11-16 , 1989---Ryde James , FRI , New Zealand or Tim Rollinson , Forestry Commission , GB
5. Data Base for Forest Growth Models
--Apr. 1989 ----Oxford , England
Review forest growth data bases in the public domain ; classification of data bases of relevance to modellers ; data base structures ; data capture and input procedures ; data exchange using computer

networks ; and legal and copyright constraints.

6. Data Capture , Collection , and Processing

--pring 1989 ----Gembloux , Belgium

To evaluate the utility , efficiency , and performances of data capture systems ; identify the kinds of variables recorded in inventories and their relationships with forest planning , forest policy , and growth studies ; analyze the possibilities of condification and organization ; consider the state of art or improved data collection methods for growth and yield studies ; and examine the possibilities of exchanges and standardization of data.

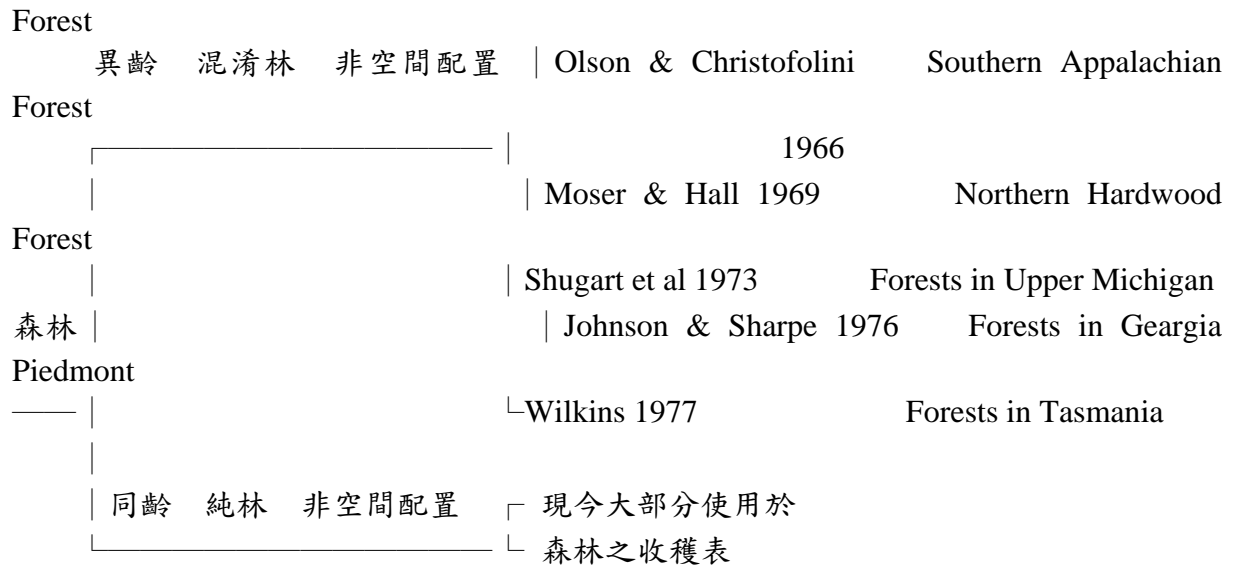
7. Growth Models , Expert Systems , and Forest Management Desisionmaking

--Sep. 1989 ----Wein , Austria

(六)生長模式一覽表

種類	年齡結構	雜異度	空間	文 獻	演替模式	樹種或林型
menxiesu	純 林	空間配置		┌ Newnham 1964		Pseudotsuga
				Lee 1967		Pinus contorta
				Mitchell 1969		Picea glayca
				Lin 1970		Tsuga heterophylla
				Bella 1971		Populus tramuloides
				Hatch 1971		Pinus resinosa
				Hegyi 1974		Pinus banksiana
				└ Lin 1974		Pseudotsuga menxiesu
						Tsugo heterophylla
				同齡	非空間配置	
Curtis 1967		Psedotsuga menxirsu				
Dress 1970						
Goulding 1972		Psedotsuga menxirsu				
Sullivan & Clutter1972		Pinus faeda				
Burkhart & Strub 1974		Pinus faeda				
Clutter 1974		Pinus rodiata				
└ Elfving 1974		Pinus sylvestris				
混淆林	非空間配置		┌ Soloman 1974		Northern Hardwood	

forest		┌──────────────────┐	└	
林木				
──				
spp.				
		┌空間配置	Arney 1974	Pseudotsuga menziesii
			└ Mitchell 1975	Pseudotsuga menziesii
		純林		
			┌ Bosch 1971	Sequoia sempervirens
異齡		┌非空間配置	Namkoong & Roberts	Sequoia sempervirens
			└ Suzuki & Umemura 1974	Chamaecyparis spp.
			┌ Leak 1970	Northern Hardwood
Forest				
		┌非空間配置	Farcier 1975	Northern Hardwood
Forest				
		混淆林	Horn 1976	Northern Hardwood
Forest				
			┌ Noble & Statyer 1980	Tasmanian Wet
Sclerophyll				
		┌空間配置	┌ Ek & Monserud 1970	Northern Hardwood
Forest				
			└	
		┌非空間配置	┌ Waggoner & Stephens	Northern Hardwood
Forest				
空間 異齡 混淆林			└ 1970	
──				
			┌ Botkin et al 1972	Northern Hardwood Forest
		┌垂直空間	Shugart & West 1977	Southern Appalachian
Forest				
			Mielke et al 1978	Upland Pine-Oak Forest
			Tharp 1978	Mississippi Floodplain
Forest				
			Shugart & Noble 1980	Montane Eucalyptus
Forest				
			└ Shugart et al 1980	Tropical Rainforest
			┌ Hool 1966	Northern Hardwood



REFERENCE

- Adlard , P.G.1974. Development of an empirical competition model for individual trees within a stand. Pages 22-37 in J. Fries , ed. Growth Models for Tree and Stand Simulation. Res. Notes 30 , Department of Forest Yield Research , Royal College of Forestry , Stockholm.
- Arney , J.D.1974. An individual tree model for stand simulation in Douglas-fir. Pages 38-46 in J. Fries , ed. Growth Models for Tree and Stand Simulation. Res. Notes 30 , Department of Forest Yield Research , Royal College of Forestry , Stockholm.
- Bella , I.E.1971. Simulation of Growth , Yield and Management of Aspen. Unpublished Ph.D. Thesis , University of British Columbia , Vancouver.
- Bosch , C.A.1971. Redwoods : a population model. Science 162 : 345-349.
- Burkhardt , H.E. , and M.R. Strub. 1974. A model for simulation of planted loblolly pine stands. In Growth models for tree and stand simulation (J.Fries , ed) p128-135 Royal Coll.For. Stockholm Sweden.
- Botkin D.B. , J.F. Janak & J.R. Wallis 1972 Some Ecological Consequence of a Computer Model of Forest Growth J.Ecol.60 p849-872
- Bruce D. & L.C. Wensel 1987 Modelling Forest Growth : Approaches , Definitions , and Problems. Proceedings of the IUFRO Conference on Forest Growth Modelling and Prediction Aug. 23-27 , 1987 , Minneapolis , Minnesota.p1-p8.
- Buongiorno J. & J.K. Gilless 1987 Forest Management and Economics Macmillan Pub.Co. p1-p5.
- Clutter , J.L.1963. Compatible growth and yield models for Loblolly

- pine. *For. Sci.* 9 : 354-371.
- Clutter , 1974. A growth and yield model for *Pinus radiata* in New Zealand . Pages 136-160 in J. Fries , ed. *Growth Models for Tree and Stand Simulation. Res. Notes 30* , Department of Forest Yield Research , Royal College of Forestry , Stockholm.
- Curtis , R.O. 1967. A method of estimation of gross yield of Douglas-fir. *For. Sci. Monogr.* 13 : 1-24.
- Dress , P.E. 1970. A System for the Stochastic Simulation of Even-Aged Forest Stands of Pure Species Composition. Unpublished Ph.D. Thesis , Purdue University , West Lafayette , IN.
- Draper N.R. & H. Smith 1981 *Applied Regression Analysis* John Wiley & Sons Inc. p505.
- Elfving , B. 1974. A model for the description of the structure in unthinned stands of Scots pine. Pages 161-179 in J. Fries , ed. *Growth Models for Tree and Stand Simulation. Res. Notes 30* , Department of Forest Yield Research , Royal College of Forestry , Stockholm.
- Forcier , L.K. 1975. Reproductive strategies and the co-occurrence of climax tree species. *Science* 189 : 808-809.
- Goulding , C.J. 1972. Simulation Techniques for a Stochastic Model or the Growth of Douglas Fir. Unpublished Ph.D. Thesis , University , of British Columbia. Vancouver.
- Hatch , C.R. 1971. Simulation of an Evenaged Red Pine Stand in Northern Minnesota. Unpublished Ph.D. Thesis , University of Minnesota. St. Paul.
- Hegy. F. 1974. A simulation model for managing jack-pine stands. Pages 74-87 in J. Fries. ed. *Growth Models for Tree and Stand Simulation. Res. Notes 30* , Department of Forest Yield Research , Royal College of Forestry , Stockholm.
- Holling. C.S. 1966 The strategy of buliding models of complex biological systems. Pages 195-214 in K.E.F. Watt. ed. *Systems Analysis in Ecology*. Academic Press. New York.
- Horn. H.S. 1976. Succession. Pages 187-204 in R.M. May. ed. *Theoretical Ecologys Principles and Applications*. Blackwell Scientific Publishers. Oxford.
- Johnson. W.C. and D.M. Sharpe. 1976. An analysis of forest dynamics in the northern Georgia Piedmont. *For. Sci.* 22 : 307-322.
- Leak. W.B 1970. Successional chang in northern hardwoods predicted by birth and death simulation. *Ecology* 51 : 794-801.
- Lee. Y. 1967. Stand models for lodgepole pine and limits to their application. *For. Chren.* 43 : 387-388.
- Lin. J. Y. 1970. Growing Space Index and Stand Simulation of Young Western Hemlock in Oregon. Unpublished Ph.D. Thesis. Duke

University. Durham. NC.

- Lin. J.Y. 1974. Stand growth simulation models for Douglas-fir and western hemlock in the Northwestern United States. Pages 102-118 in J. Fries. ed. Growth Models for Tree and Stand Simulation. Res. Notes 30, Department of Forest Yield Research. Royal College of Forestry. Stockholm.
- Miekle. D.L.H.H. Shugart. and D.C. West. 1978. A Stand Model for Upland Forests of Southern Arkansas. ORNL/TM-6225. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge. TN.
- Mitchell. K.J. 1969. Simulation of growth of even-aged stands of white spruce. Yale Univ. Sch. For. Bull. 75 : 1-48.
- Mitchell. K.J. 1975. Dynamics and simulated yield of Douglas-fir. For. Sci. Monogr. 17 : 1-39.
- Moser, J.W., Jr. and O.F.Hall. 1969. Deriving growth and yield function for uneven-aged forest stands. For. Sci. 15 : 183-188.
- Namkoong. G. and J.H. Roberts 1974. Extinction probabilities and the changing age structure of redwood forests. Am. Nat. 108 : 355-368.
- Newnham. R.M. 1964. The Development of a Stand Model for Douglas-fir. Unpublished Ph.D. Thesis. University of British Columbia. Vancouver.
- Noble. I.R. and R.O. Slatyer. 1980. The effect of disturbance on plant succession. Proc. Ecol. Soc. Aust. 10. in press.
- Olson. J.S. and G. Christofolini. 1966. Model simulation of Oak Ridge vegetation succession. Pages 106-107 in ORNL/TM-4007. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge. TN.
- Shugart, H.H. T.R. Crow and J.M. Hett. 1973. Forest succession models : a rationale and methodology for modeling forest succession over large regions. For. Sci. 19 : 203-212.
- Shugart, H.H. and D.C. West 1977. Development of an Appalachian deciduous forest succession model and its application to assessment of the impact of the chestnut blight. J. Environ. Manage 5 : 161-179.
- Shugart, H.H. A. T. Mortlock. M. S. Hopkins. and I.P. Burgess. 1980a. A Computer Simulation Model of Ecological Succession in Australian Subtropical Rainforest. ORNL/TM-7029. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge. TN.
- Shugart, H.H. and I.R. Noble. 1980. A computer model of succession and fire response of the high altitude Eucalyptus forests of the Brindabella Range. Australian Capital Territory. Austr J. Ecol., in press.
- Shugart Jr. H.H. and D.C. West 1980 Forest Succession Models BioScience 30(5) : 308-314.
- Starfield A.M. & A.L. Bleloch 1987 Building Models for Conservation

- and Wildlife Management. Macmillan Pub.Co. p1-p11.
- Swartzman G.L. & S.P Kaluzny 1987 Ecological Simulation Primer. Macmillan Pub.Co. p1-p11.
- Solomon. D.S 1974. Simulation of the development of natural and silvi-culturally treated stands of even-aged Northern Hardwoods. Pages 327-352 in J. Fries. ed. Growth Models for Trees and Stand Simulation. Res. Notes 30 , Department of Forest Yield Research. Royal College of Forestry. Stockholm.
- Sullivan. A.D. and J.L. Clutter. 1972. A simultaneous growth and yield model for loblolly pine. Eor. Sci. 18 : 76-86.
- Suzuki. T. and T. Umemura. 1974. Forest transition as a stochastic process II. Pages 358-379 in J. Fries. ed. Growth Models for Trees and Stand Simulation. Res. Notes 30 , Department of Forest Yield Research. Royal College of Forestry. Stockholm.
- Tharp. M.L. 1978. Modeling Major Perturbations on a Forest Ecosystem. Unpublished M.S. Thesis. University of Tennessee. Knoxville.
- Waggoner. P.E. and G.R. Stephens. 1970. Transition probabilities for a forest. Nature 225 : 1160-1161.
- Wilkins. C.W. 1977. A Stochastic Analysis of the Effect of Fire on Remote Vegetation. Unpublished Ph.D. Thesis. University of Adelaide. South Australia.
- Walter C. 1986 Adaptive Management of Renewable Resources. Macmillan Pub.Co. preface.

十、展示(DISPLAY)

資料輸出

(一) 輸出格式：

輸出是最後分析結果的展示，許多系統提供了廣泛的彈性，例如座標網格，文字字型線寬和顏色符號定義，一般輸出功能格式型態如下：

1.地圖註解：

抬頭、解說、比例尺、及指北記號等是最普遍的型態。

2.文字標記：

(1)名字清晰跟著它描述的圖徵。

(2)名字與目標之間易於認知。

(3)標記不要重疊圖形資料的離心或隱藏應縮至最小。

(4)名字標記的格式和位置直接幫助顯示相關重要性,局部範圍和關聯以及地圖中圖徵群體的區別。

3.紋理(構造)排列和線段形態

線寬和頻色的選擇是決定於輸出方法。

4.圖形符號：用來展現地圖的目標，通常GIS以一個符號庫來儲存各類符號。

(二) 輸出介面與方式：

1.介面 (INTERFACE)

目前常用的展示工具有印表機(printer)、繪圖機(plotter)、靜電式繪圖印表機(EPP)及監視器(moniter)。若表現線性向量資料，則以繪圖機及監視器較佳，若是展示網路式資料則以印表機和靜電式繪圖印表機為佳。

2.方式

目前地理資訊系統的發展，正朝向分散式處理和網路結合的趨勢。

3.資料輸出:有三種方式

(1) 硬拷(hardcopy):指將資訊列在紙、軟片等類似物質上。

(2) 軟拷(softcopy):顯示在電腦銀幕上可能是文字、圖，在單色或彩色銀幕上。

(3) 電子式(electronic):是以電腦相容檔(computer-compatible file)來輸出(以檔案)。

(1)硬拷(HARDCOPY)的方法:

V量式(Vector)

可以廣泛分為二種形式‘

繡總 (raster)

1.pen 繪圖機:劃 Vector獨立的x,y方向來劃，有軟體來驅動馬達控制筆的位置。作者認為好的製圖工作最小step大約0.025mm

2.liner 印表機:劃Raster

3.點矩陣式印表機

4.靜電式繪圖機:高品質、高解析度，有色或黑白。

5.噴墨式繪圖機(Ink jet plotter)

6.熱感式繪圖機 (Thermal plotter)

7.光學軟片記錄(optical film writers)

8.Screen copy 的方式用上機器來直接輸出, 如:film recorder

(2)軟拷(SOFTCOPY)的方法:

影像的呈現是以光束傳送到電子槍(electrongun)如果是Monochrome Screeh
只有單一的electrongun而且只顯示一種顏色, 彩色CRT有紅、綠、藍、光三
種電子槍其他的顏色被這三種光的強度所改變

Spot size : 指monitor 解析度能產生Screen pixels 的大小(一般高解析度
monitor的spot size為0.3mm)

- a.空間資料在電腦系統中心儲存是用大量的pixels來產生, 以raster形態來
儲存。
- b.有色影像的儲存是以三個分開的raster資料組(分別是紅、藍、綠)

十一、地理資訊系統應用與經營資訊系統之關係架構

從最簡單的送貨員路線規劃到複雜的工廠選址、商店選址。在學術的研究上與空間資料有密切相關的科學，如：地理、地質、考古、土木、森林、水利、區域計劃、都市計劃、地政、景觀建築等，皆可藉GIS提高研究效率。以下列舉一些國外應用地理資訊系統的方向：

- A、自然資源分析經營：野生動植物、海洋生物、森林
- B、環境經營保育：環境資源分析經營、環境監視
- C、水資源：流域經營、河流流量、洪峰估計、逕流量估計、水庫淤砂量、出砂量
- D、社會安全系統：森林瞭望塔選址、森林火災預防、自然保護區設置
- E、資源計劃：國土計劃、區域計劃、都市計劃、事業區經營計劃
- F、土地使用：土地利用規劃、土地資源管理、海岸地區規劃、地價評估
- G、交通運輸網路規劃：遊樂區設置、步道系統、林道系統

GIS應用實例：

1. 農業和土地利用

- (1) 農業比其他自然資訊都更須要調查和監測，監測如年生長、預測市場供需。
- (2) 土地利用上
- (3) 放牧上的應用
- (4) 整合性的GIS
- (5) 地方性農業相關規劃
- (6) 提供複雜決策決定。
- (7) 英國GIS軟硬體價格例子

2. 林業和野生動物經營

3. 考古學

4. 地質學

5. 市政應用

6. 全球尺度應用

- (1) 大氣圈(CO)上升之生態影響
- (2) CORINE系統—歐洲社會的GIS
- (3) 聯合國環境規劃上的應用
 - A. ESRI：環境系統研究學會
 - B. 沙漠化危機

1. 農業和土地利用

(1) 農業比其他自然資訊都更須要調查和監測，監測項目如生長狀況、年生長量、預測市場供需等。

j地衛星氣象衛星資料

此外

等國家級的統計報告也可與GIS結合

a球資源衛星(ex：Landset，Spot)

- (2) 土地利用上：氣候資料的提供來自衛星資料並配合野外測量產生的資訊
- (3) 放牧上的應用
- (4) 加拿大的GIS→第一個國家級GIS，從1960年起在農業、野生動物、林業、遊樂。
現已發展一個整合性的GIS
加拿大和土地資料系統(CLDS)

例如：歐洲：CORINE

FAO的利用

(5)(地方性)：農業相關規劃

例如：俄克拉荷馬州保育機構和州立大學遙測應用中心將GIS利用在土壤使用規劃上整合性分析土壤形態預測沖蝕而加以控制。

(6)GIS在地方階層上對土地利用最大影響是作監測，資訊分析是評估、修正和再評估(在合理的成本之下)地圖提供規劃和經營，例如沖蝕控制，地下水污染控制和土地利用改變都直接指向於GIS的應用。

(7)提供複雜決策決定：決策是否不切實際或根不可行。

(8)另一例是Kansas大學太空技術中心在水資源管理上GIS提供經營決策，對地下水、地表水、品質、灌溉和都市水等方面提供經營決策。

(9)英國GIS軟硬體價格例子

2. 林業和野生動物經營

(1)林業包含廣泛—林木、放牧、遊樂、野生動物、水資源、棲息地、礦業、瀕臨滅亡動物保護、考古地...等。評估多目標利用可行性，做不同之規劃須要GIS，例如：印地安人與國有林的關係，數位地形(DEM)與植群關連，

利用Landsat等衛星資料進行林木區劃，林木伐採歷史，土地利用型、土地所有權、管理地、灌溉網路等，GIS都已應用在許多地方。

(2)在北美森林資源調查GIS是主要經營工具在林木生產上，利用現存森林資源發展伐採計劃和企劃未來林木供應或其它作業規劃。森林資源調查經由遙測技術提供資料收集。

註：林分是基本林業單位指有均一的樹種組成，林木大小和密度的林地。

┌樹種組成、立地品位、年齡、林分結構狀況

| (胸高直徑、樹高等林分性態值的分布)

*林業資料庫的例子包括：┌其他：土壤圖、林業組織區劃和林道網、排水系統
| 等。

└歷史資料：伐採、遊樂，道路建築及林業災害。

(3).1980-1990年間三個國家森林選擇用GIS評估立地(GIS Evaluation Sites)

如：

a. 位於維吉尼亞的喬治華盛頓(George Washington)國家林業

b. 阿拉斯加的Tongass國家林業

c. 奧立崗的Siuslaw國家林業

(4)經費：由美國林務署(US Forest Service)打算在全美各林業機構建立GIS，預定總花費15億美元，從1991年開始在600個地區建立GIS軟硬體，其中購置工具的費用佔全經費的15%、75%為建資料庫(Database)、5%為資料庫設計工作量(Workload)分析，5%訓練。其中28個已經完成，有半數在1990末可完成。目前以每月2個林管處(ranger districts)進行標準化地理資料庫，3年完成每個林區的森林資料庫，區域面積由15萬~25萬英畝，105個林區中的28個已完成。

(5)在加拿大，每一個省屬林務局(forest agency)，建立GIS以經營其森林資料庫或自動產生其森林有關圖籍，森林及土地部在發展GIS與遙測在森林上的應用，一直是個領先的地位。森林在英屬哥倫比亞省是相當重要的工業，英屬哥倫比亞5千萬公頃的森林覆蓋，有8億m³可支商業用材，提供40%的加拿大用材。森林及土地部(Ministry of Forests and Lands)須負責進行森林資源調查。

更新資料採用1:20,000之航照片和地面取樣調查的方法；林型圖由人為判釋草稿，林業統計由圖籍分別維護、更新；分為在GIS執行計劃，約有一半林型圖已數化並裝入GIS，7000幅圖預計1991年完成，每個數化圖層包括19個含地理參考資訊的圖層森林覆蓋資料：林道、排水、土地所有權、行管理資料層和一般周界等數位高程資料：海拔高、坡度、坡向所有描述林分的資訊被連接到地圖資料(以GIS)成為非常有彈性的資訊系統。

(6)10年為為一個循環進行資料更新→以大地衛星來進行。

(7)熱帶和亞熱帶國家森林貧乏而且不能評估，砍伐森林成為非常嚴重的問題，土壤退化、沖蝕、洪水、水質問題。包括：

- a.環境因子
- b.土壤型態
- c.經濟因子

利用GIS 和 RS 技術能提供成本影響方案建立基本資源規劃資訊。

(8)有一個實例是夏威夷大學將GIS用來分析臘葉標本報告。如種名、收集地點，日期等已輸入GIS。

自研究範圍中選出標本之後可測知其經緯度座標；島嶼之間可進行比較。

(9)野生動物經營的重要組成如人為活動之影響和天然環境下豐富度和品質，要開設林道的正確路線，或選擇正確野生動物地區之評估，GIS能用來分析食物或覆蓋的因子；掠奪者的保護問題對造巢及築窩的適當立地。GIS已用來分析棲息地的動物種有：灰熊、麋鹿、鹿、馴鹿、和不同種的馬類。有些衛星發報器可以與野生動物的誘捕結合使用。

(10)GIS另一例子是用來分析以野生動物之棲地資料評估油管對野生動物潛在的衝擊等對象是馴鹿在阿拉斯加的野生動物避難所。

post-calving area：以前小鹿相關研究可以使動物學家在尋找動物(經過大距離下)比以前更精確和有效的達成。這些技術不僅可以研究野生動物也可供計劃決策之參考。

在全球尺度上的應用

1.提出問題(全球性的)

(1)南極O₃層破洞，CO₂濃度增高，溫度上升現象。

(2)北歐和北美酸雨現象等利用R.S且必須依賴地理資訊來解決問題→此時須利用GIS功能。

2.大氣圈〔CO₂〕上升之生態影響

有一個加拿大的實驗把〔CO₂〕提高一倍，結果發現〔CO₂〕增加速率預期在2050年(甚至更早)在2030年將達到2倍。

聯合國環境計畫(United Nations Environment Program，UNEP)規劃在GIS上的應用

1.成立目的：

UNEP的建立在於對全球環境評估和經營：包括世界氣候、海洋、再生資料和污染等項目。

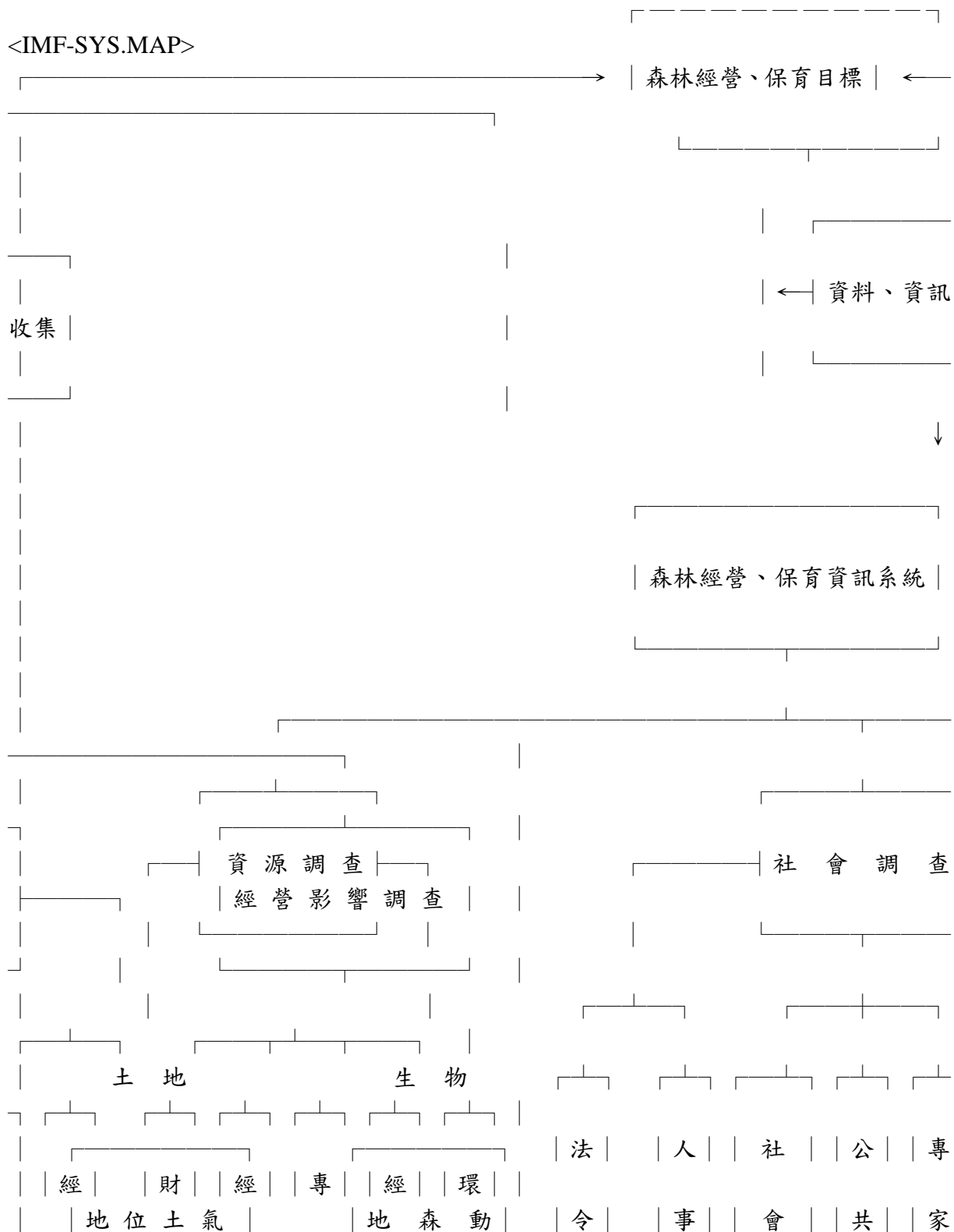
2.環境系統研究學會(Environmental Systems Research Institute, ESRI)：-1983年被UNEP委託進行GIS資料庫系統對全球性沙漠地區。蔓延作圖及分析。

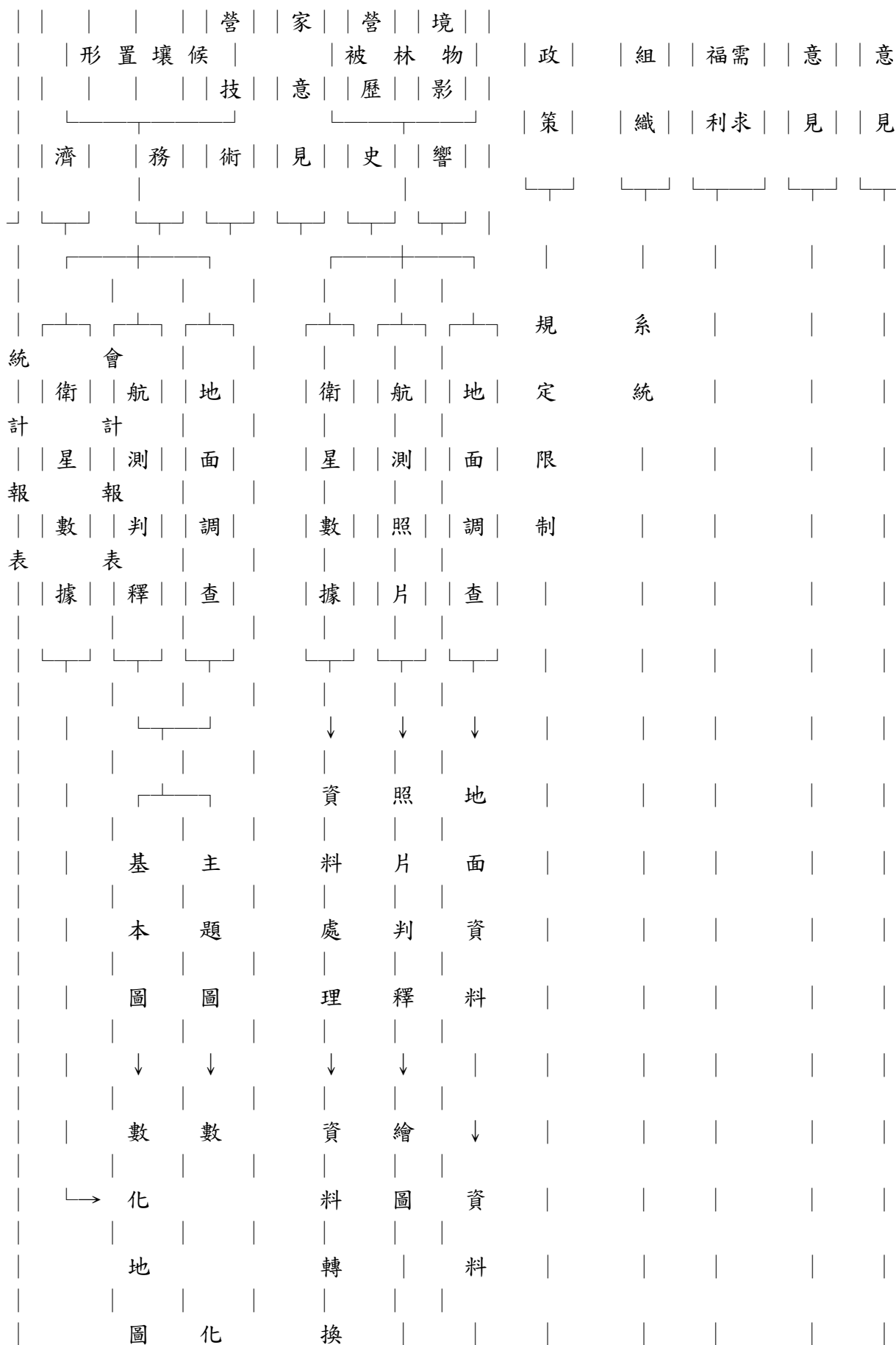
3.沙漠化危機：從土壤狀態，土地對沙漠化壓力之弱點和動物、人口壓力來探討。這些資料包含已存在之地圖或氣候變化，土壤、植群資料等。

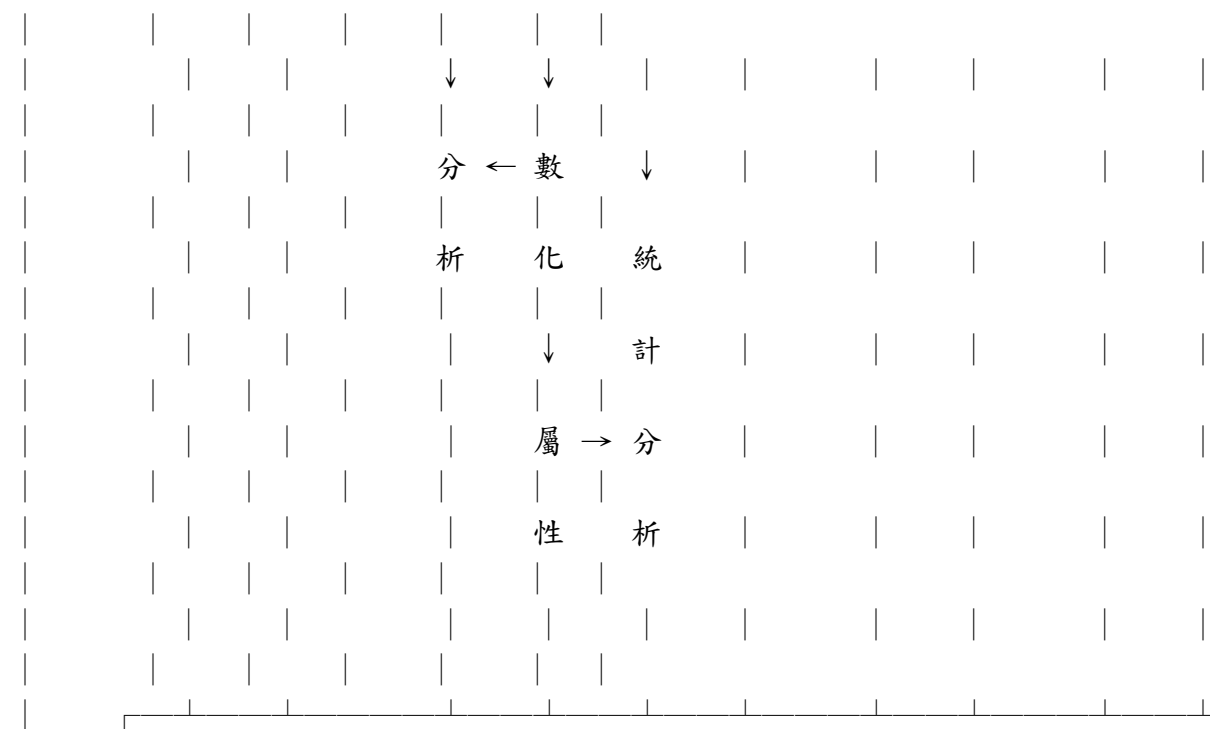
十二、地理資訊系統在林業經營上之應用

The Application of Geographic Information System on Forest Management

1. 林地分類
2. 林業經營資訊系統之架構

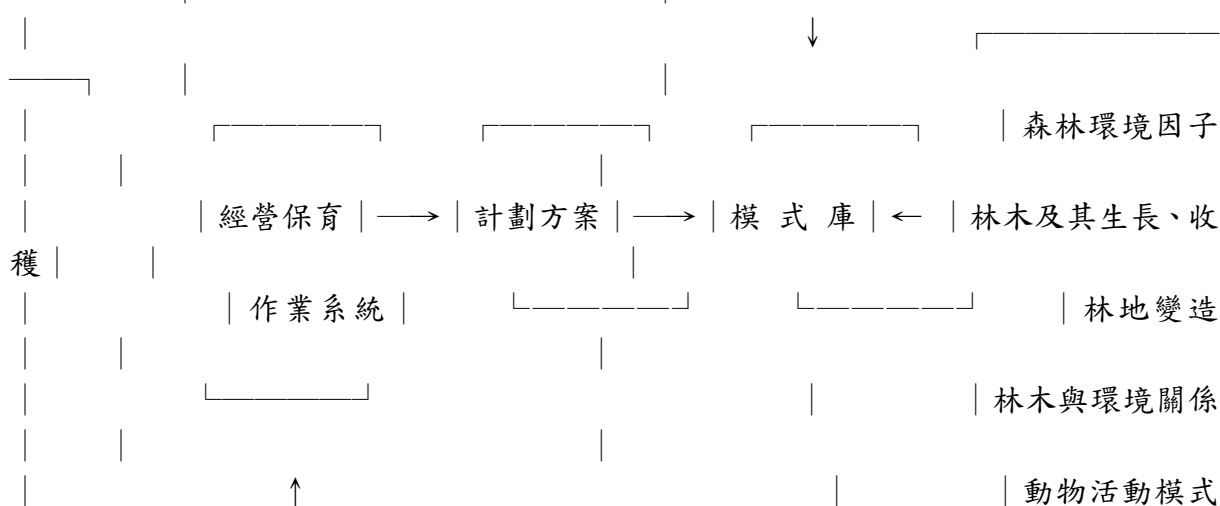


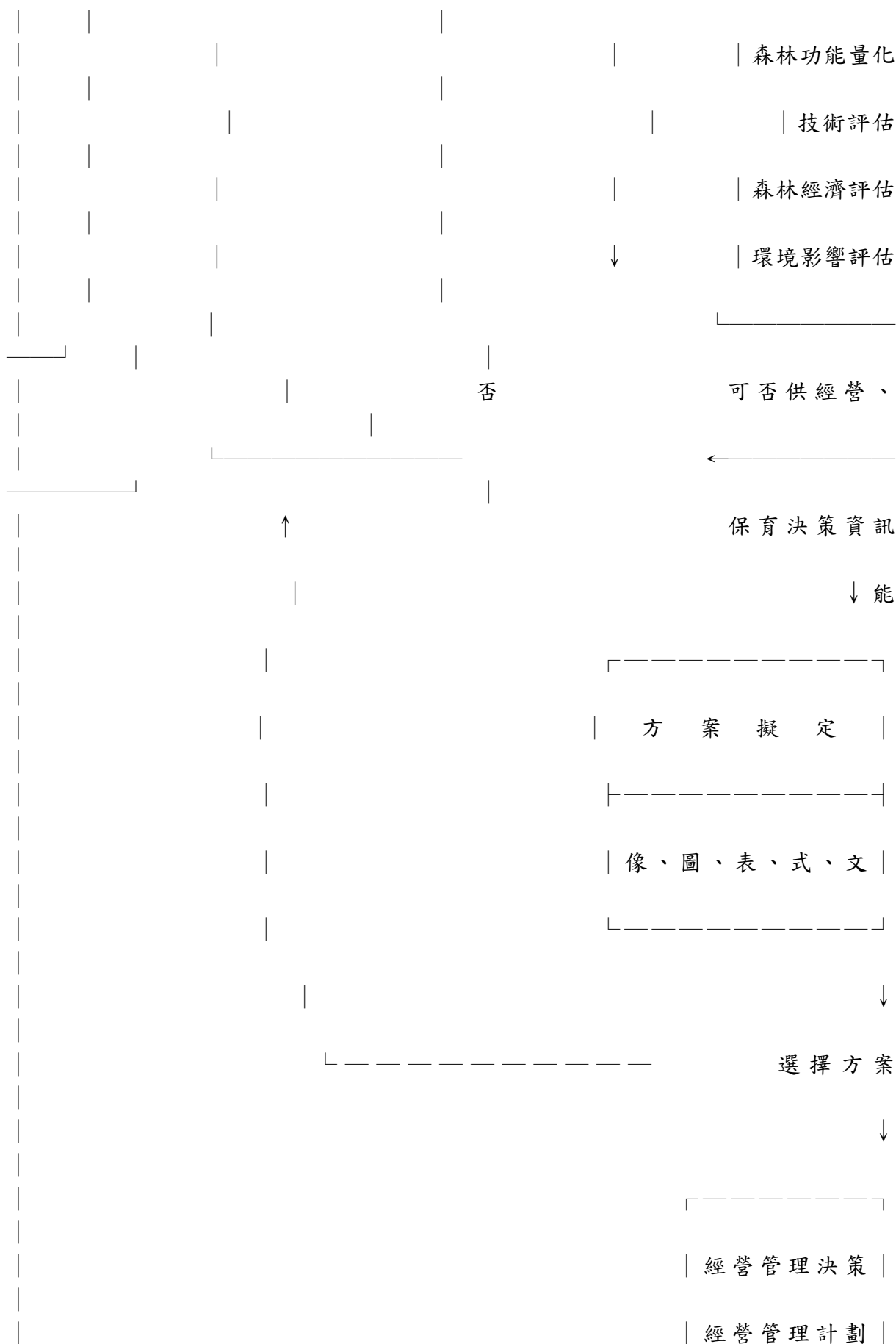




歷料	資	等線	坡	坡	河	林	區	土	氣	動棲	植生	林	土用	需	意	
社	會	經	濟	資	料	史	料			息	育	型	地	型	求	見
→	高	圖	圖	圖	圖	圖	圖	圖	圖	物地	物地	圖	利	圖	圖	表
資	庫	庫	←													

文 | | | | | 像、 圖 / 屬性、 式、 表、





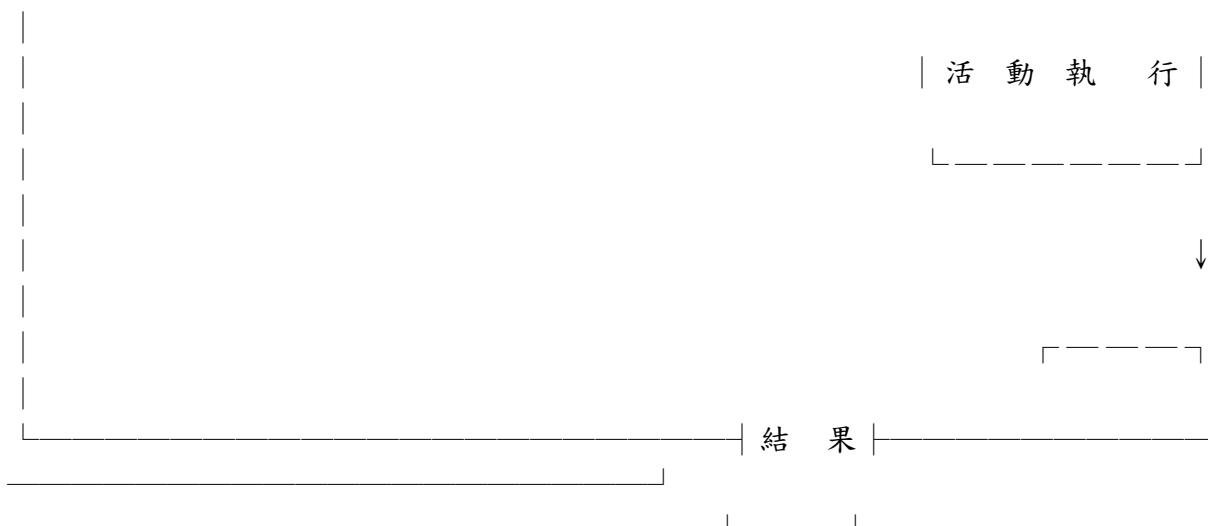
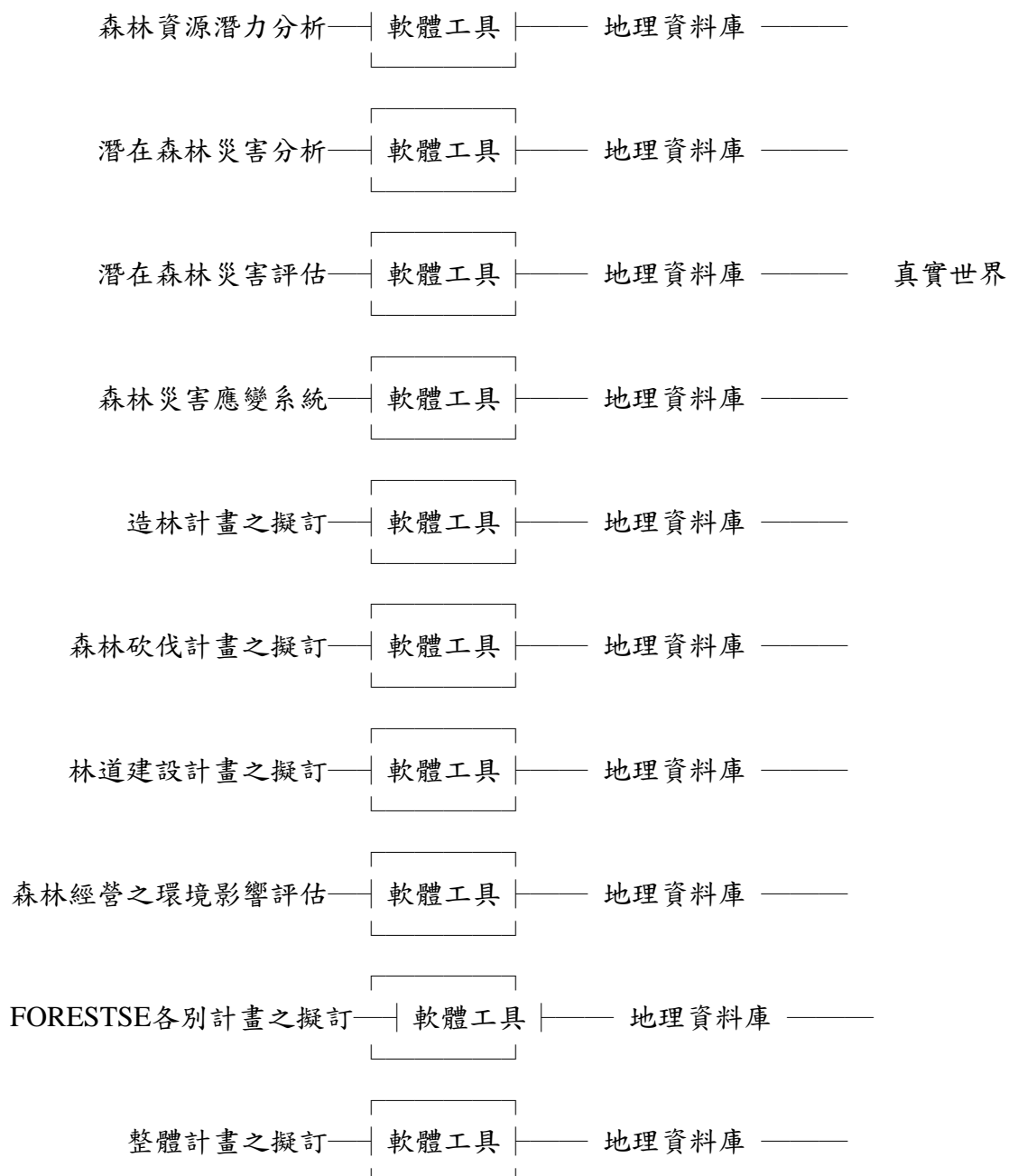


圖12-1. 森林資源經營保育決策支援系統圖

造林短、中、長期計畫之擬訂	軟體工具	地理資料庫	
森林砍伐計畫之擬訂	軟體工具	地理資料庫	
森林砍伐之環境影響評估	軟體工具	地理資料庫	
集水區潛在災害評估	軟體工具	地理資料庫	
治山防洪整體計畫之擬訂	軟體工具	地理資料庫	真實世界
潛在森林災害分析	軟體工具	地理資料庫	
森林火災應變系統	軟體工具	地理資料庫	
森林資源現況分析與監測	軟體工具	地理資料庫	
森林遊憩潛力分析	軟體工具	地理資料庫	
現有生態保護區現況分析	軟體工具	地理資料庫	
環境資源經營保育分析與監視	軟體工具	地理資料庫	
森林資源現況分析與監測	軟體工具	地理資料庫	
土地利用型現況分析	軟體工具	地理資料庫	



註： 森林資源現況分析、推估、監測、評估與經營

野生動植物

遊樂資源

資源保育

環境美資源

水土資源：河流流量、洪峰流量之估計、逕流量估計、水庫淤砂量估計、
出砂量估計、流域經理

林木資源

潛在森林災害分析如：森林瞭望塔選址、森林火災預防

二、林業經營資訊系統之架構

於探討林業經營資訊系統架構之前，有必要對一般GIS之架構及林業經營理念進行瞭解，俾求試擬之林業經營資訊系統更具可行。

(一)一般GIS 之架構

一般GIS 包括地理資訊資料庫與作業軟體， 其概略架構可由圖四見其端倪

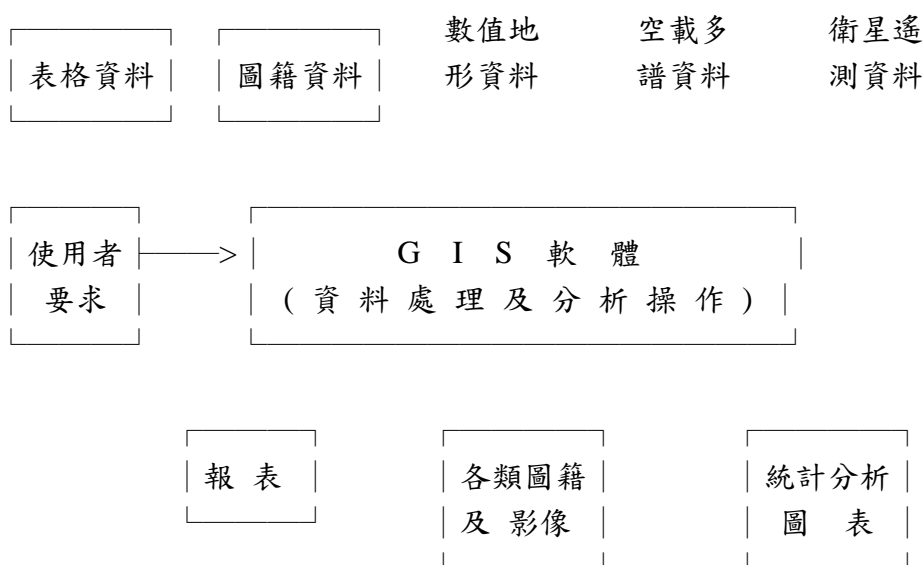


圖12-2 一般GIS 之架構

(二)林業經營理念

本省林業經營方向，自民國64年"臺灣林業經營改革方案"公布後，即由以往之木材生產政策轉變為多目標之經營，往後應以多項資源經營(Multiresource management)之觀念，將森林視為一個完整的生態系，其內動、植物、土壤、水、地形、氣候等各因子，呈現相互牽制且彼此影響的一個體系，它每一種資源皆有其價值，且任何資源間有著牢不可分的關係，比如能量的流轉及營養與水的循環，因此，它是資源間的同步利用，是考慮森林生態系的狀態，並維持森林生態系仍舊是森林生態系的一種經營法則；而欲達此經營理念，利用地理資訊系統資料庫中各層不同資料經由疊合、擷取之技術而成有用資訊。

(三)林業經營資訊系統之架構

林業經營既為多目標之經營，其對象自非侷限於林木或林地，而係涵括所有森林資源；林業經營資訊包括林地資訊、林木資訊與其他森林資源資訊(如遊樂資源之經營、野生動植物之管理等)；以本校實驗林為例，其各種有關經營管理或試驗資訊，截至目前尚以傳統式之地圖、統計圖表與文件檔案儲存，若以人工自這些龐大的類比(Analog)資料庫中尋求並綜理成所需資訊，必然渺無頭緒大費周章，故建立實驗林的地理資訊系統，將資料建檔為便於擷取應用之資料庫，再配合理想的模式庫，實為未來經營管理的基礎。

建立林業經營資訊系統，其資訊來源不外乎影像資訊、圖籍資訊、統計圖表資訊與文書資訊(焦，陳 1987)，影像資訊可來自衛星掃描資料、空載多光譜資料或航空照片，而圖籍資訊則可利用航照判釋、地面調查或數化現有成圖(如林型圖、地形圖、造林位置圖等)，經適當處理轉算分析而獲取；至於統計圖表資訊大多來自資源調查或各種台帳資料；文書資訊則多為森林經營管理計畫文件；因此，林業經營資訊系統之架構可預擬如圖五所示；它將林業經營理念融入了GIS之架構中，期能成為一實用性系統，乃探討之目的。

林業經營資訊系統

森林資源調查

林地資源調查

林木資源調查

其他資源調查

衛星或多 譜掃描資 料	航空測量	地面測量	航照判讀 與測計	遊 樂 資 源	野 生 動 植 物	其 他 資 源 分 佈
資料處理 轉算及分 析	數值地形 資料	類比資料	地面樣區 調 查			
	處理及轉 算	數 化	統計分析			資料處理 及數化
			林木資源 資 訊			
影像資訊	產生坡度 坡向等圖 籍	各 類 主題圖	統計 文書 圖表 資訊			遊樂資源、野 生動植物及其 他資源分佈資 訊
			統計圖表資訊			
	數值圖籍資訊					

資料更新

林業經營資訊資料庫

經營計畫導向及
資料庫經營系統 使用者之需求

報表 各類圖籍及影像 統計分析圖表

林業經營決策之資訊

圖12-3 林業經營資訊系統之架構 (仿 焦，陳 1987)

由林業經營資訊系統架構中，林地資源調查所得林地資訊經由數化處理後形成各類數值主題圖，如造林或伐木位置圖、樣區位置圖、林道位置圖與遊樂區設計圖等；而地形資料經處理及轉算後形成各類數值圖籍，如等高線圖、坡度分級圖、以及坡向圖等；而林木資料亦經處理成各類統計圖表及文書資訊，綜攬此等資訊即形成一林業經營資訊資料庫，而此資料庫之資料是可共享的，能因應不同的經營計畫導向或使用需求，可透過不同經營軟體而選擇或擷取有關資訊加以處理，提供決策所需。

三、GIS在林業上之應用

GIS發展至今，由於其功能強大，能整合向量式繪圖系統及關聯式資料庫系統，有效儲存及查詢大量地理圖形、影像與文字數字之資料，且具有空間分析及動態實體模擬的能力，故透過GIS可獲得高品質的圖形、影像及屬性等整合資訊，殊有利於決策之分析(朱 1989)；它應用之廣，舉凡土地之管理、農業之規劃與經營、水資源與環境保護、氣象分析、都市計劃及交通運輸，甚至海洋科學與地質之探討，林林總總無所不包，而在林業上之應用亦趨廣泛，就目前已知的應用範圍，犖犖大者如表12-1 所示。

表12-1 GIS在林業上之應用

森林經營	1.林地分類 2.森林資源調查與規劃 3.森林資源現況分析及監測 4.森林各主要目標之有效經營 5.經營計畫之擬訂
森林生態	1.林型、群叢之分布 2.植群與環境間的關係 3.生長、演替之探討分析
育 林	1.造林短、中、長期計劃 2.樹種之鑑別與選擇
伐 木	1.林道設計開闢 2.伐木計劃
森林保護	1.森林火災調查與防治 2.潛在森林災害分析與森林火災應變系統 3.森林病蟲害調查與防治
野生動物 經 營	1.野生動物棲息地調查分析 2.野生動物族群調查分析 3.野生動物經營管理
森林遊樂	1.森林景觀區之調查與維護

	2.森林遊憩潛力分析
	3.森林遊樂區經營管理
資源保育	1.現有生態保護區現況分析
	2.保護區、保留區之規劃與編入
	3.森林自然保護區生態環境監視與管理
保安林 經營	1.保安林地籍管理
	2.保安林編入、解除
	3.保安林之經營管理
集水區 經營	1.集水區潛在災害分析
	2.崩塌地調查與水源涵養區監視
	3.治山防洪整體計畫
林木經營	1.經濟林地分布、造林中心區分布與林木生育地分析
	2.經濟林地蓄積、生長調查與分析
	3.林木時間排程與空間分派

(一)國內方面

目前國內將GIS應用於林業經營者並不多(鄭，周 1990)，有焦等(1988)以臺大實驗林溪頭營林區之個案研究，從事森林資料庫之建立；陳(1986) 探討森林經營地理資訊系統之架構；鄭，周(1990)以林試所六龜試驗林研究地理資訊系統在森林經營規劃之應用，以林地區分、伐採與育林計畫及林相改良之四種選定來探討GIS 應用之可行性；陳等(1992)完成霧頭山自然保護區地理資訊系統與SPOT衛星影像分類之研究，所完成之GIS除提供自然保護區之經營管理，亦與遙測資料結合而提高植群分類效果，以達資料更新；又葉等(1991)於台灣穗花杉自然保留區內，應用GIS 進行族群變化之研究，將研究結果做為保護區珍稀物種資訊系統建立的參考，並提供保護區環境監測及經營管理決策之應用模式；另外，林務局目前正利用第三次森林資源調查進行全省森林地理資訊系統之建立，並擬利用GIS 之地理位置、地文資料探討各種樹種林型之組成、林分結構、材積分布等。

(二)國外方面

1.以美國林務署GIS之發展為例

美國林務署與GIS之淵源始於1985年之前，當時各林區即已自行開發GIS，因各行其是，致各林區之GIS系統重覆發展且不相容，直至1991年才開始建立全國性的林業地理資訊系統，並採分散式，使整個林務單位由上至下均能共享此一系統，而其預期應用情形如下：(林務局，1991)

- Ranger District——土地交換及地籍管理、林道之管理、林道之開闢
- Supervisor office——林業計畫之擬訂與協調、森林火災之處理

Regional office——森林火災重建計畫
Research ——野生動植物棲息地研究
State and private forestry—病蟲害之防治
Washington office——提供國會適當之資訊

2.以加拿大哥倫比亞省林業部GIS之發展為例

加拿大哥倫比亞省林業部在1977年即已開始數化林班圖，1985年引進微電腦GIS系統到Regional office；1989年微電腦GIS系統已推廣至一半以上的District office；目前已儲存大量數化林班圖，且應用GIS以Timber Supply Area為單位編訂林區經營計畫，並更新林區地籍資料與地勢分析，已能快速提供決策所需之資料；由是觀之，加拿大GIS在林業上之應用乃屬先驅。

3.以國外學者之研究為例

Brinker & Jackson(1991)曾於路易士安那西北部，利用GIS來探討區域性木材紙漿取得之問題，證實應用GIS之模擬及重新選定貯木場，確能減少木材取得成本；此為GIS應用於木材與市場間關係的實例。

Zack & Minnich(1991)則利用GIS 建立地形與氣象之資料庫，並運用許多複雜的數學模式予以分析，產生風之動向判斷模式，針對林火行為做適當的管理；目前世界上利用GIS在林火行為研究上最具成效者當推美國與加拿大，在一序列研究中已完成了林火行為模式(Fire behavior model)及林火預測模式，提供林業人員在森林火災發生前能確實預知並掌握林火變化，殊利於救火行動之展開；本省目前對森林火之瞭解仍止於一些野外的經驗累積，未來實應利用GIS技術研擬一套預測與救火的實用系統，將是未來林業經營的重點之一。

美國國有林GIS之建立

由於國有林主要的業務在提供人民所需的財貨與勞務，並保護長期的生態價值。為確保此項任務，許多立法活動被提出，如：國家環境保護法(National Environmental Protection, Act, NEPA)；國有林經營法(National Forest Management Act, NFMA)；而此活動的規定皆需有許多詳細的資料與分析後的資訊。再由地區擬定經營計畫，並在完成環境評估(Environment Assessments)後，由林管處執行展開實際的行動。

在林管處的計畫和地域性的經營計畫裡，只有少部分的資料轉呈至全國性層次的報告。全國性報告一般不需要詳細的空間展示(Spatial displays)，但空間位置的資訊對地方性計畫的執行與森林計畫是相當重要的。

為符合地方性的森林計畫和執行上的需要，則需由可獲得的資料加以分析，並以圖表展示。目前USDA的資訊、資料分散，且大部以不同格式的屬性檔、不同比例尺的圖檔存放，且沒有地理位置關係(not cross-referenced by geographic location)。新圖皆由不同的基本圖，用手繪製產生，往往有不完整或不一致的地方，但卻不易察覺。目前USDA森林署以彩色地圖展示地理資訊，但此系統乃無法反應變化多端的事件要求。

為增加資料與分析的精密度，且在有限的人為下減少分析所需的時間；則自動化和電子儀器設備，在時效與品質上的要求是必走的途徑。適當的技巧目前是存在，但在

品質與時效的要求下，不一致的電腦硬軟體將造成相當的困擾。FS認為提供長期一致的自然資源資訊是必要的。

首先的努力結果在1970年代，使用資料庫經營系統(Database Management System)-INFORM，WS供為電腦中心資源資料貯存結構之用。這軟體分為二：(一)為RIDS-PLY

1.本書系對GIS加以原則說明，而不是描述操作某GIS系統的技術手冊。

2.吾人是以經營觀點來讀GIS，即利用GIS提供經營決策所需資訊

如：(1)道路的開設計劃

(2)林木伐採

(3)自然資源的保育位置

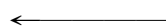
等活動皆可用GIS來做較好的評估和經營。

accuracy



3.GIS

Remote sensig



effective

4.GIS現今相當重要，因為其可探討

(1)熱帶雨林流失之問題

(2)地球溫室效應(global climate)

(3)地球上自然資源之開發利用

(4)酸雨

(5)快速都市化

5.GIS功能

(1)幫忙組織資料

(2)瞭解其空間關係

(3)提供分析和組成資訊

6.希望利用GIS提供做環境經營的決策所需資訊

GIS之應用

1.尋找各因子同時發生者，如土壤與植生，高犯罪率與低收入區域

2.更新地理資訊，如分層取樣、樣區設置之林型圖、土地利用型變更圖農業用地變更住宅區等。

3.經營活動之擬定(決策)

人員

設備的組合 執行、維持GIS的運轉

儀器

4.農業與土地利用規劃

統計報表提供(1)農戶

(2)監視生長條件

(3)每年生產量

(4)預測國家/國際農業市場的供需

資料來源

- (1)過去生產訊息
 - (2)野外調查資料
 - (3)航空照片資料
 - (4)氣象衛星資料
 - (5)地球資源衛星資料- Landsat , Spot
- (植生)

	DTM
植生	Vegetation(由Landsat)
林木區劃(林班)	Timber compartment
林木收穫歷史	Timber harvest history
由 土地利用型	Land types
土地所有權屬	Land owership
行政區劃	Administrative districts
灌溉系統	Precipitation Drainage network
資源調查圖	Forest inventory map



L木收穫計劃	Timber harvest planing(schedule)
x臨危險之野生動物棲息地保護	Critical wildlife habitant protects
W劃景觀道路	Planning the route location for scenic roak ways

- 分析(1)比較目前與過去生產條件
 (2)以模式去模擬生長(使用氣象資料)

農業

- uitalulity - 法令
- apability - 生態生長
- easibility - 經濟

土地利用經營

issue

政策決策

political
 economic preservation issue
 institutional complex decision making
 ↑
 decision making analysis

目前土地利用型 分布
 土地利用活動
 Activities 農業之潛能(capability)
 Land price
 urban demand for land

Structured the planning
 American Society for photogrametry & R.S
 Aerial photgraphs 1/10 , 000 - 1/20000 + field data

樹種組成	Specis composition
林齡分布	Age
樹高分布	H
林分結構	Structure
生育條件	Condition
土壤圖	Soils mapig
	Legal sudivisions
林道網	Road network
灌溉系統	Drainage system
歷史資訊	histoial information



orest cover data
 oad
 GIS rainage
 and ownershop data
 erval level of adminstration
 egulatory boundaries
 DEM(elevation , slope , aspect)



龜藻珍泊p劃 Harvest planning
 驢s計劃 Regreation
 峻d、監視
 藿珣琥P度評估 Assess environmtal sensity
 C樂計劃
 徑孺胖g營計劃

- harvesting/regeneration/road building/forest damage

G I S 在林木資源上的應用

一、前言：

人類科學的研究已經逐漸的取決於是否有能力蒐集和分析地理資訊。地理資訊系統 (Geographic information systems, GIS) 是近年來發展迅速之電腦工具，以電腦資料庫系統作地理資訊之儲存、處理、分析及展示；針對真實世界中某一目標物及現象，藉由其與地理位置上有關之特徵加以鏈結及描述。

林業的經營可概分為林地與林木二大層面，考慮到森林所能提供之功能則須從森林多目標經營的觀點出發；傳統以林木經營為主體或森林多目標經營都必須掌握森林地理資訊，尤其台灣地區山高坡陡，地形變化錯綜複雜，各種地理因子與林業經營息息相關，所以欲對台灣森林作一合理之經營則地理資訊系統的發展實為刻不容緩之工作。

中興大學實驗林長久以來在教學、示範、研究的發展前提下，致力於林場經營規劃，林場地理資訊系統的進行有多項研究正陸續進行中，包括惠蓀林場林地變遷、木荷保護區最適生育地研究及新化林場經營資訊系統...等多項研究計劃。以往應用GIS 技術進行之研究均以林分大面積地理環境的分析而較少對單株林木生物、生理特性加以探討。本研究利用GIS 資料處理分析及展示功能，配合新化林場大葉桃花心木生長模式，以空間分佈上林木競爭現象，探討該樹種在生長上的變化情形。並擬透過林場地理資訊建立永久樣區查詢系統獲取穩定的資料以協助經營資訊的掌握。

二、地理資訊系統在自然資源經營管理之運用

GIS 乃設計供作處理空間地理資料強而有力的資訊管理系統，可以提供自然資源經營管理、資料儲存及分析上優良的工具；對地理資料與自然科學領域中各種知識的結合，解決自然界複雜的問題。

GIS主要的構成母因素包括：(stan 1989)

- (一) 資料輸入系統
- (二) 資料經營系統
- (三) 處理和分析系統
- (四) 輸出系統

GIS在資料的型態上分為—

- 1.空間資料型態：又可分為：
 - (1)向量式 (VECTOR)
 - (2)網格式 (RASTER)
- 2.非空間之屬性資料

國內近年來GIS 發展已由早期之推展階段轉變為應用階段，各方面的應用也日趨廣泛，例如崩塌地調查的應用、廢土棄置場分析、水資源資訊系統、水庫集水區水質管理...等；在林業方面亦有多位學者投入研究，如：坡地管理系統、林地分類之應用(鄭,周 1990)及樹種組成、林分結構上的應用(馮 1992)...等。

三、林木生長與競爭

林木競爭所隱含的意義是指：二株（或多株）林木在資源的供給上；能夠達到最適生長供應程度的潛在能力(MICHAEL，DAVID 1991)。而競爭指數則是用來描述林木競爭之程度，競爭指數可區分為三類：

- (一) 影響帶重疊 (influence zone overlap)
- (二) 生長空間 (growing space)
- (三) 大小比例 (size ratio)

影響帶概念的基本假設是指林木生長資源可以用林木開放生長時與樹冠半徑相等的圓形來描述，而競爭則假設為二株林木樹冠重疊的部分。常用的競爭指數式為1971年Bella所提出之模式：

$$C I O_i = \frac{n}{J=1} \left\{ \left(\frac{Z O_{ij}}{Z A_i} \right) \left[\left(\frac{D_i}{D_j} \right)^{EX} \right] \right\}$$

式中

- C I O_i : 目標木 i 的競爭指數
- n : 競爭木的數目
- Z O_{ij} : 目標木 i 與競爭木 j 之間影響帶重疊面積
- Z A_i : 目標木 i 影響帶面積
- D_j : 競爭木 j 的胸高直徑
- D_i : 目標木 i 的胸高直徑
- E X : 加權指數

經由單株生長模式考慮競爭指數，配合GIS分析展示功能，即能對單株林木空間動態變化做一適當的描述，並且提供做林木資源經營管理上一項重要資訊。

四、試驗地概述及未來研究方向

(一) 試驗地概述

試驗地為位在中興大學新化實驗林場第一林班於民國六十七年栽植之1.1公頃大葉桃花心木林地。分別於民74、77、79及81年歷經四次之每木調查，並繪製有林木位置圖，調查項目則包括樹種、胸高直徑、樹高等資料。調查之平均資料如表二：

表12-2 新化林場第一林班大葉桃花心木標準地性態值

項目 \ 年齡	7年生	10年生	12年生	14年生
每公頃株數	815	811	775	636
平均胸徑(cm)	8.66	14.79	17.08	17.94
平均樹高 (m)	8.61	11.48	12.30	12.78

近年來新化林場之大葉桃花心木生長迅速，造林面積亦自民國六十八年之2.24公頃(林等1979)至目前的150 公頃，造林面積幾達全林場之二分之一，已成為新化林場之主要造林樹種。基於林場水源涵養保安林之性質，欲予以適當經營，則大葉桃花心木之林分結構、蓄積及生長實均有研究之必要。

(二) 未來研究方向

未來之研究乃針對林木生長上競爭關係，以GIS為工具加以分析展現，並考慮以永久樣區查詢系統，協助永久樣區之設立，以獲取穩定之林木經營管理資訊；初步擬定之研究流程如圖12-4所示：

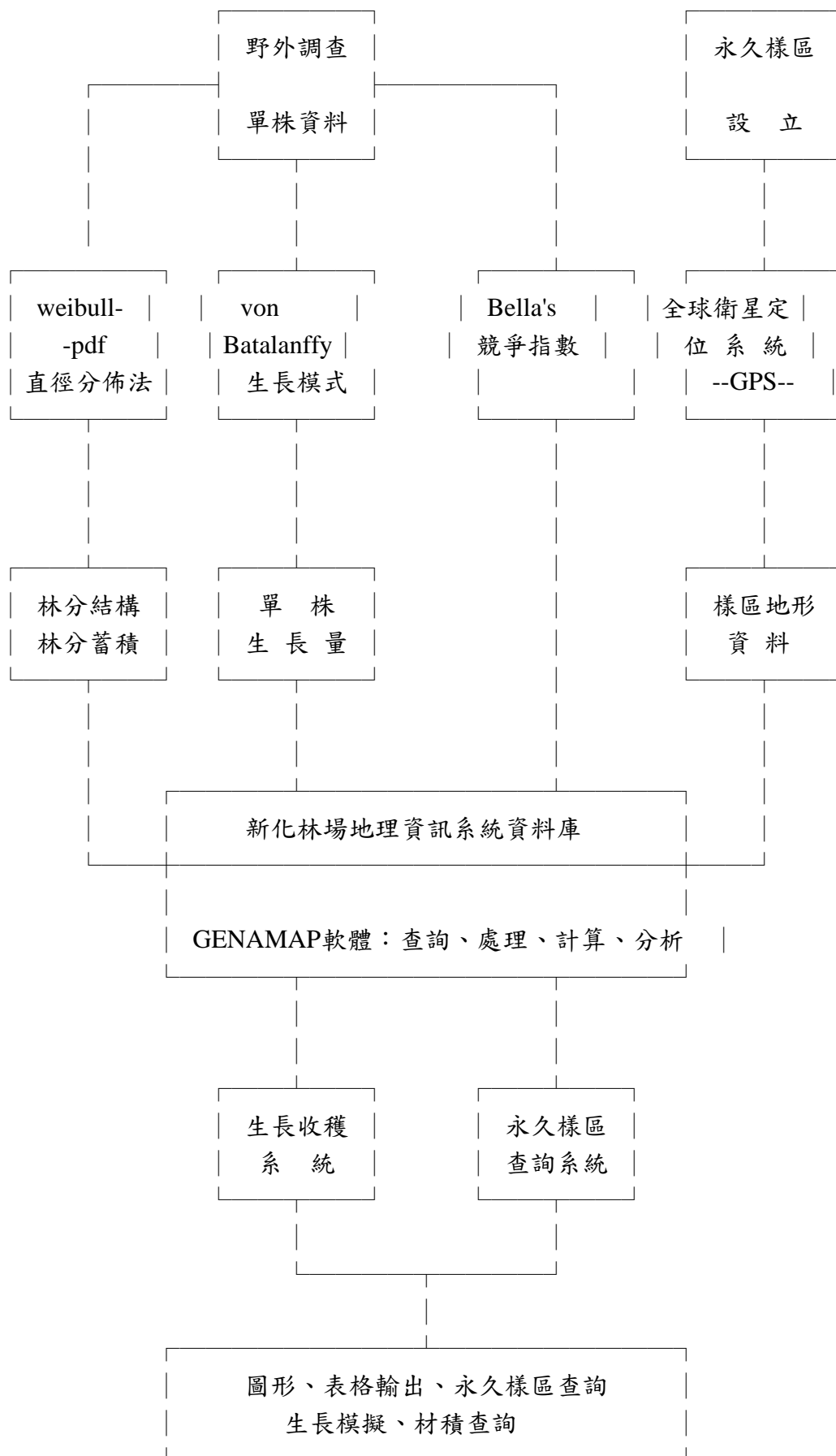


圖12-4 新化林場林木資源資訊系統及永久樣區查詢系統建立流程圖

來自野外調查之資料可經由結合林木競爭指數後之生長模式，求得單株之理論生長量，將生長資料轉入新化林場地理資訊系統資料庫，以GIS軟體GENAMAP分析展現功能，描繪不同生長等級之林木特性及模擬單株林木生長趨勢。此外，亦可經由林場永久樣區之設立，配合全球衛星定位系統及野外調查之地形資料，以GENAMAP 軟體選擇、查詢功能，透過林場各種主題圖層，設計建立新化林場永久樣區查詢系統，所獲得資訊再以圖、表輸出，提供林場經營管理之參考。

新化林場林木資源資訊系統和永久樣區查詢系統所需之圖層如表12-3所示：

表12-3 新化林場林木資源資訊系統及永久樣區查詢系統之應用圖層

圖 籍	屬 性	森 林 經 營 上 之 應 用
1. 林班圖 2. 水系圖 3. 林道圖	地籍資料，林班編號， 林地面積，河流、林道長度	描述林場基本狀態
4. 林型圖	林地分類系統及代號， 造林台帳資料：樹種、造林 面積、造林年月	描述林場林型分配狀態 永久樣區查詢系統
5. 坡度圖 6. 坡向圖 7. 等高線圖 8. 立體圖 9. 水份梯度圖 10. 全天空光域	坡度分級範圍 坡向分級範圍 等高線間隔	描述林場地形狀態 永久樣區查詢系統
11. 土壤型圖	土壤分類系統及代號	描述林場土壤狀態
12. 永久樣區 分佈圖	樣區面積、樹種、株數、座 標、生長資料(dbh、H、..)	永久樣區查詢系統

13. 標準地位置圖	三角點、圖根點位置，樹種	大葉桃花心木生長、競爭、
14. 林木位置圖	、年齡、編號、dbh、H、CI	等空間因子模擬及預測
15. 林木生長量	、生長量、生長模式	
	分級圖	競爭指數式
16. 林木立體圖		
17. 材積分級圖		
18. 樹冠投影圖		

五、結論

森林多目標經營為台灣林業經營既定之方向，但是欲落實森林多目標經營，則必須仰賴充分的經營資訊，以林木為經營主體之森林，更須重視林木地理環境之特性，並且利用地理資訊系統在擷取、疊合、模擬分析之功能，將來自不同來源之格式形態加以標準化，使各種資訊能有效整合，提供經營管理最佳之資訊。本研究提出以GIS技術配合空間資訊，期望建立單株林木有關之生長資訊系統，而以圖形描述單株林木之生長及競爭現象，以提供林場林木經營上有關之資訊。

六、引用文獻

馮豐隆 1992 台灣地區森林之樹種組成、林分結構與生長在空間與時間上的異同
國立中興大學森林系研究報告 第214號 pp48.

鄭祁全、周朝富 1990 地理資訊系統在森林經營規劃之應用 中華林學季刊 23(1):
105-115.

Aronoff Stan 1989 Geographic Information System: A Management perspective.
WDL Publications Ottawa, Canada. pp1-45.

Michael J.H. and D. R. David 1991 Competition Indices for Mixed Species Northern
Hardwoods. For. sci.37(5): 1338-1349.

十三、地理資訊系統在林業經營上應用之實例

- (一)以惠蓀林場為例，試擬地理資訊系之建立
- (二)以新化林場為例，試擬地理資訊系之建立

以惠蓀林場為例，試擬地理資訊系統之建立

本校惠蓀林場依其經營目標—教學、研究、示範經營與生態保育來訂定經營計畫，因需建立一名符其實的實驗林體系，故未來GIS之建立應朝此方向進行，而首需著手的即為資料之蒐集與各種軟硬體之補充，茲將過程條列如下：

(一)研究區之瞭解

惠蓀林場之座落、行政區屬、面積、海拔、土壤、氣溫、雨量及主要樹種林型分布情形、對外交通狀況等均需充分瞭解。

(二)軟硬體設備之擴充

- 1.硬體部份以選擇功能合適並能配合軟體運作之系統。
- 2.軟體之選擇以下列幾點加以考慮：(張等，1987)
 - (1)資料輸入具有彈性
 - (2)資料儲存的有效性
 - (3)地圖資料重疊能力佳
 - (4)應用程式組合之容易度
 - (5)功能的完整性
 - (6)多目標應用上之限制
 - (7)系統的價格及擴充性

(三)資料需求分析

依惠蓀實驗林組織規程蒐集在林業經營上各有關資料及基本資料，如表13-1所示。

表13-1 林業經營上有關資料及基本資料

基本資料	有關資料
位置、地勢、交通、地質、土壤、氣候、林型分佈、水系	林木經營、育林、森林保護、林產、森林遊樂、保安林經營
森林區劃、土地利用、林木蓄積、生長量、勞力、木材	測量及調查資料、其他特殊林地之經營資料
市場與價格、森林遊樂、動植物數量與分布	

(四)資料獲取

將蒐集之資料經數化及建檔後，產生圖籍資料與經營有關的屬性資料有：

- 1.圖籍資料

(1)地形：地形資料來自數值地形模型(Digital terrain model, DTM)或等高線的直接數化。

(2)地質：地質資料為台灣省地調所出版之地質圖。

(3)土壤：由台灣森林土壤圖配合土壤樣區調查資料。

(4)森林區劃：可由實驗林的造林地圖或林班界限圖數化。

(5)土地利用：將購自農航所之黑白全色片直接照片判釋，並配合現場校對，轉繪於比例尺1/10000像片基本圖。

(6)林型：由航空照片配合實驗林現有之林型圖判釋區分。

(7)交通及水系：交通與水系和森林經營有極密切之關係，如林道網分佈與經營集約度，水系和集水區、保安林經營均有密切關係；此可由最新航照判斷轉繪後數化。

(8)氣候：可由測候站得其資料，亦可參照農委會出版之台灣地區農業氣候資源分佈圖(比例尺1/400000)。

(9)其他特殊林地：係指保護區、母樹林等，其有關資料皆由實驗林提供。

(10)惠蓀森林遊樂區：森林遊樂為森林多目標利用之一，且逐漸成為林業經營的重要工作，故對其經營規劃所需資訊應充分蒐集，以供開發建設之用，此部份除由實驗林提供遊樂區規劃圖外，必須再蒐集其他單位出版之地圖備用。

(11)行政區界：蒐集行政院主計處出版的"中華民國台灣地區聚居地、都市化地區及都會區分佈圖"或其他精確地圖，轉繪於像片基本圖上再予數化。

2.屬性資料

(1)台帳資料：包括造林台帳、伐木台帳及其相關事項之資料。

(2)林木調查：有關林木調查資料(調查台帳)由實驗林提供(包括取樣方法、樣區位置、樣區面積等資料)。

(五)資料輸入

蒐集到來源不同的資料，其資料形式、比例尺、座標系統亦不盡相同，因此資料輸入方法有：

1.數化(Digitizing)：圖籍資料利用數化儀輸入。

2.鍵入(Key in)：文、數字資料直接輸入。

3.轉換(Reformatting)：如為DTM資料則需自磁帶中轉換輸入。

(六)資料庫之建立

資料庫中儲存之資料種類、數量均極龐大，主為空間資料(即圖籍資料)與屬性資料，而資料庫乃為GIS之中心。

(七)資料之處理

資料庫主要在於儲存及提供資訊，並運用資料庫管理系統之特性，目前一般GIS軟體如ARC/INFO、GENAMAP/CELL均具此功能，能提供關聯式資料庫的管理、報表製作及印製等，至於其他如編輯、繪圖、套疊分析等強大功能，乃時下GIS軟體所強調，不再贅述。

(八)應用例舉

1.發展建立之惠蓀林場地理資訊系統，可利用資料庫作處理分析的工作，探討永久樣區之增設及學生實習與研究區、林木經營區、遊樂區等林地的區劃，進而建立資源經營決策支援系統與決策系統，解決實驗林經營上的問題，並能在系統內建立模式庫，直

接擷取相關數據，產生所需資料。

- 2.在材積之計算，由設定之永久樣區，將定期調查資料輸入，於資料庫中加以分析而求得林分之材積、生長量及相關性態值，可做為林地生產力及生態環境經營之參考。

△結語

- 1.林業上傳式的地圖與統計圖表及文件檔案儲存，常因成圖緩慢、紙張伸縮而精度無法控制，且資訊量有限或因年代久遠而易湮失；適此電腦科技蓬勃發展，林業經營資訊電腦化是必然趨勢，尤以社會環境實質上的改變，迫使林業經營在非林木資訊(如遊樂、野生動植物保護及水資源經營等)上的需求遠超過林木資訊之取得，故為順應時代趨勢，首重生態性經營，建立完整的林業經營資源資料庫，乃屬刻不容緩，冀求在林業決策規劃應用上，提供決策者做為林業資源管理之依據及完成森林多目標經營之參考。
- 2.建立分享式地理資料庫，達到資料共享，乃未來GIS發展之重點，在林業經營方面，目前林務局第三次森林資源調查旨即建立全省森林地理資訊系統，屆時將不再有各單位自行其是，導致資料重複或格式相悖；各使用者當可依其經營需求而擷取所需資訊，使資料庫更具效率與彈性。
- 3.森林資源涵括林地、林木與其他資源，故一完整之林業經營資訊系統，實應如圖二所示，始為一實用性系統；本校實驗林場可參此建立一完整之GIS，以達實驗林經營目標，而GIS之建立乃千頭萬緒，尚待更進一步之研究。

十四、地理資訊系統與相關技術(GIS AND RELATED TECHNOLOGIES)

(一)衛星影像資料(SATELLITE IMAGE DATA)

1. SPOT SATELLITES
2. LANDSAT SATELLITES
3. ERS SATELLITES
4. MOS SATELLITES
5. FUTURE DEVELOPMENT

(二)衛星定位系統(GLOBAL POSITION BY SATELLITE, GPS)

1. GPS
2. GPS & GIS

(三)專家系統(EXPERT SYSTEM)

(四)網路(NETWORK)

美國地區航測、遙測、地理資訊系統與專家系統之整合應用

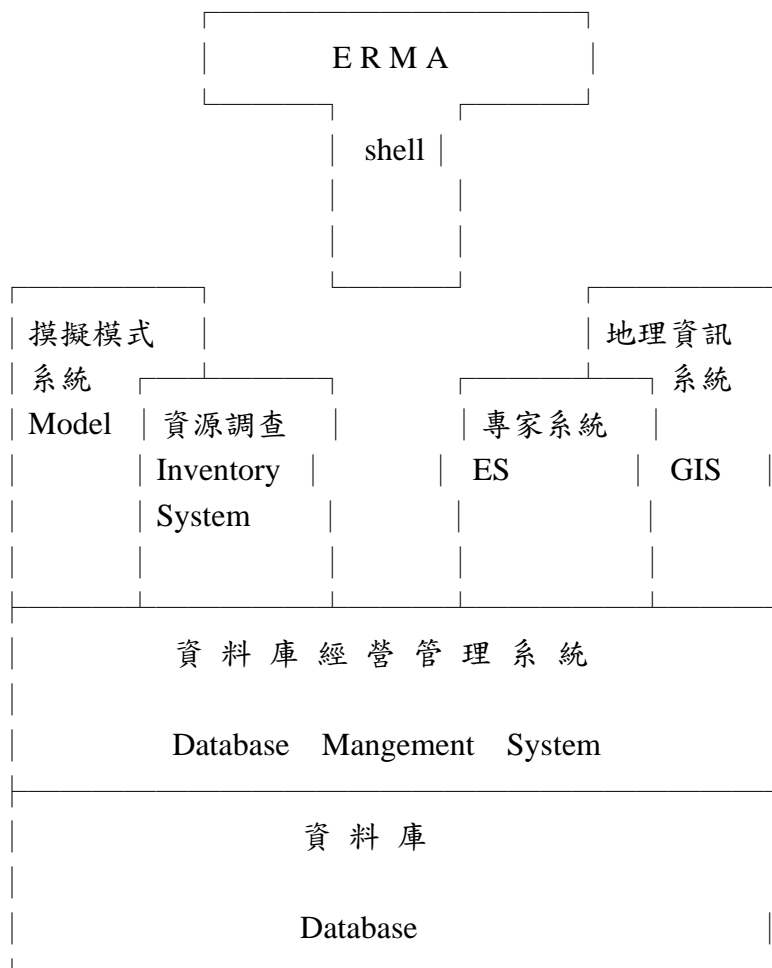
合理的森林資源經營需有豐富的量化與非量化的資料與資訊，來支援經營管理的決策，而這些資訊的提供在高科技—如資料庫及其管理系統模擬模式系統，遙測、航測資源調查系統，專家系統、地理資訊系統與網路—的研究發展後，更具整體性、可靠性。然而要瞭解、熟識這些高科技的使用，則並非那麼容易，所以設計研發—使用者應用程式的介面(Application Programming Interface, API)是非常重要的，讓使用者能在不熟練，不知曉這些高科技環境，其然而不知其所以然情況下，能方便使用，這些資訊林業決策系統，獲得所需資訊以便做最理性且科學的決策。

在美國德州農工大學牧野地生態與經營系的系統技術應用於再生資源研究室(STARR Laboratory for System Technology Applications in Renewable Resources, Department of Rangeland Ecology and Management, Texas A & M University, College Station, Texas, U.S.A)在陸國先博士主持下，開發了如 IRMS (Integrated Resource Management Automation), INFORMS (INtegrated Forest Resource Management System), TEPA (Taiwan Environmental Protection Agency)等使用者應用程式介面來整合這些高科技。

吾人可以以圖來說明這種整合情形

(一)ERMA 架構——在個人電腦PC 上發展之查詢展示系統(1988-1989)

1.架構



2.ERMA的組成設備：

硬體：PC486

軟體：Window1.1-2.1

DBMS：RB4.5,4x —>gupta

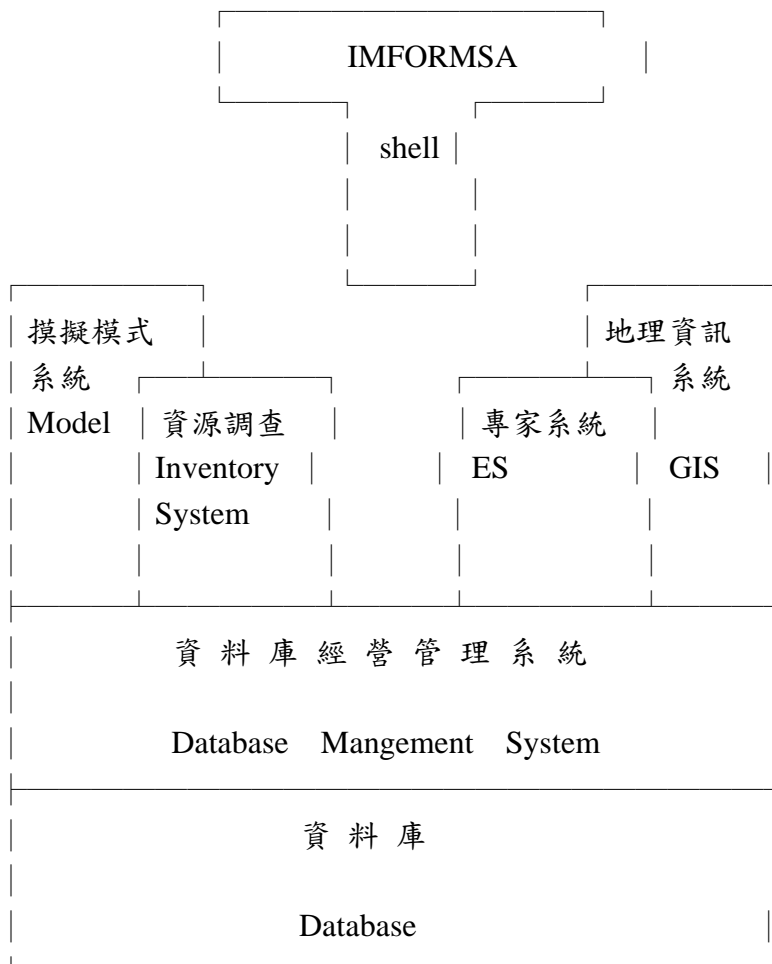
GIS：MOSS —>ARC/INFO

ES：CLIPS

MODEL：X

(二)INFORMS 架構— 在工作站(workstation)上發展的資料分析、處理、查詢、展示系統(1992-1993)

1.架構



2.INFORMS 的組成設備：

硬體：SUN SPARC

軟體：SUN OS 4.1或以上

OPEN Window 3.0

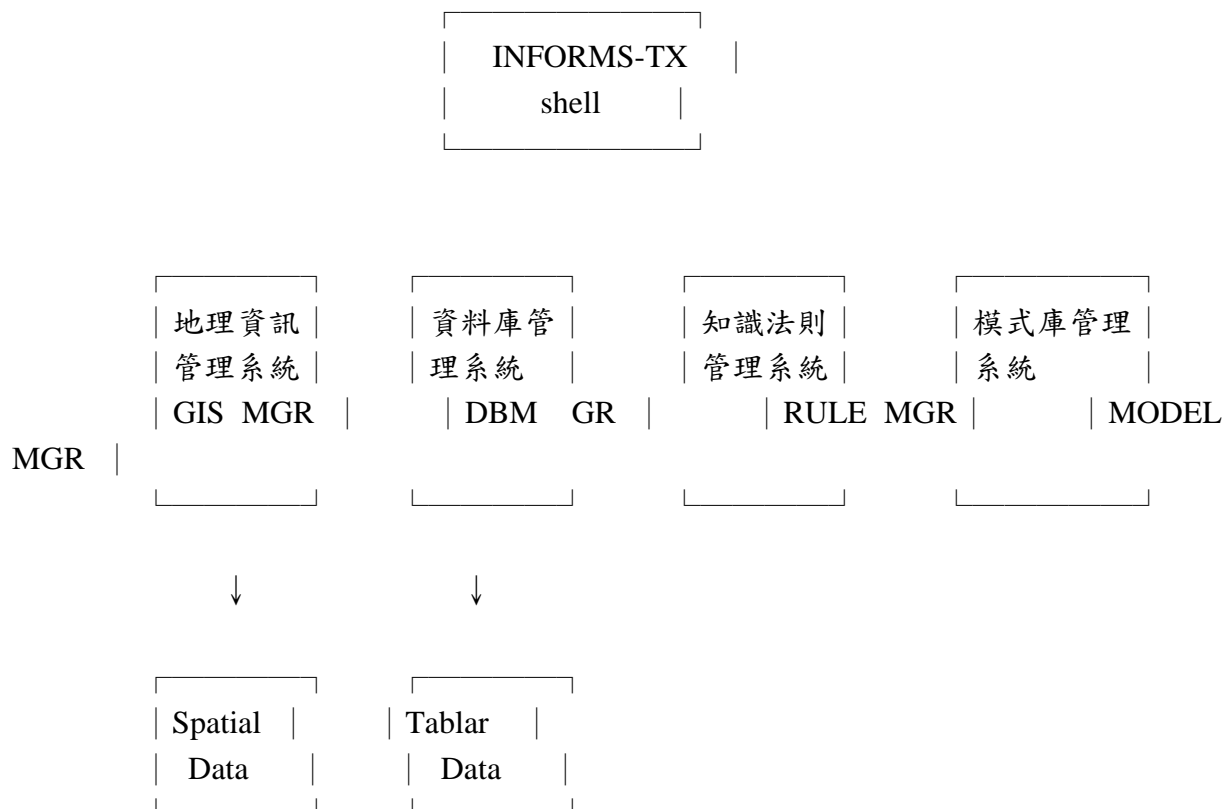
DBMS：ORACLE

GIS：ARC/INFO 6.0或以上

ES：CLIPS 4.3或以上

MODEL：COMPOS

3.INFORMS內容

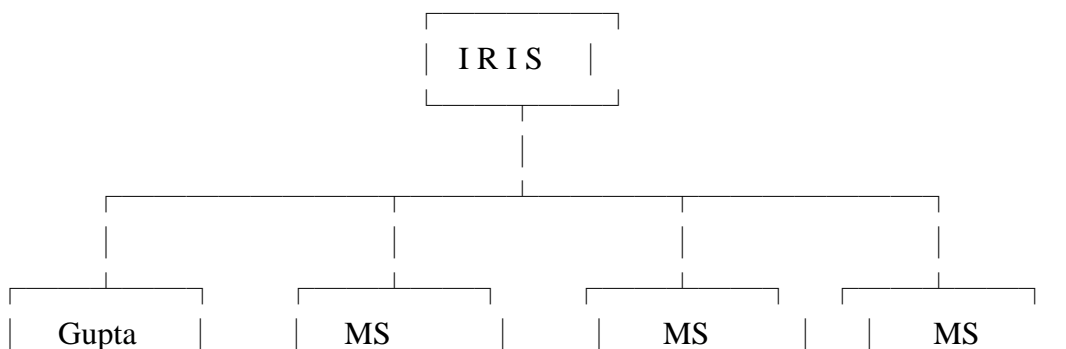


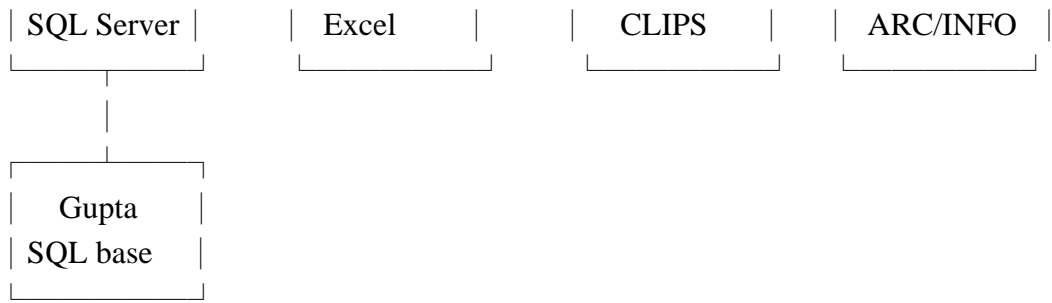
INFORMS-TX為一使用者應用程式介面，內包括地理資訊系統的管理程式；資料庫管理程式；知識庫—專家系統管理程式以及模式庫管理程式；將由處理量化資料的模式系統和處理非量化的專家系統，所得的資訊以空間座標有關形式，放入具空間展示地理資訊系統和屬性表格化展示的资料庫管理系統，可在工作站環境下充分整合各資訊高科技。

(三)ICOMS

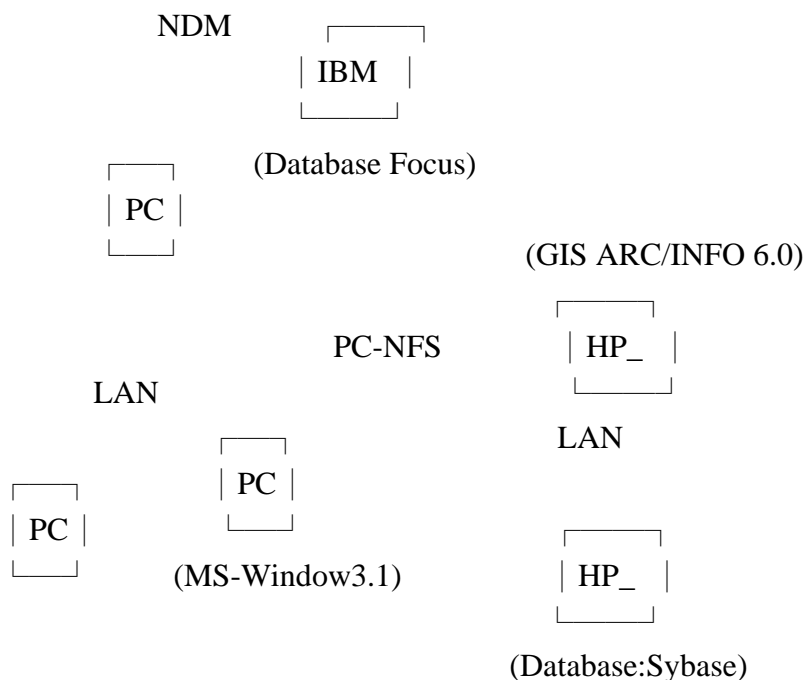
IRIS

系統ERMA加以改遷，在 MS Chinese Window3.0，環境下整合，ARC/INFO 3.4D 及資料庫 Gupta 和 PC-ORACLE 及 CLIPS 4.3之使用者介面





(四)TEPA架構：整合工作站與個人電腦的作業環業，使資料做分數式貯存與處理、分析。



綜合比較以上各階數的配備如下表：

APZ			
內容	INFORMS	IRIS ICOMS	TEPA
時期	1988-1989	1992-1993	
環境	MS-Window 1.1-2.1	MS 中文 Window3.0	MS 中文 WINDOW3.1
GIS	MOSS	ARC/INFO	ARC/INFO 6.1
Dbase	RBase 5,4ed	ORACLE	Focus Sybase

ES		CLIPS	
網路			Chameleoum NFS RPC

註：NFS:Net File System

以上各系統可知

由STARR 知以上各系統可知要發展一個資源經營管理決策支援系統，其軟體配備上應具有以下幾項，才能方便處理

PC : (1) MS Windows

(2) Relational database (如 gupta,Acess)

(3) GIS

(4) Expert System

(5) Spreed Sheet

(6) Modeling

(7) Word Processing

(8) Development Tool (MS Uisual C ,Netmanage RPC,SDK,TCP/IP)

(9) Network Softwau (Chameleon NFS,SUN PC-NFS,MS LAN Managen)

WS : (1) Window System

(2) Relational database (如:Oracle,Sybase,Ingress,Informix etc.)

(3) GIS (如:ARC/INFO,Genamap,Grass,Telasofr..)

(4) Expert System

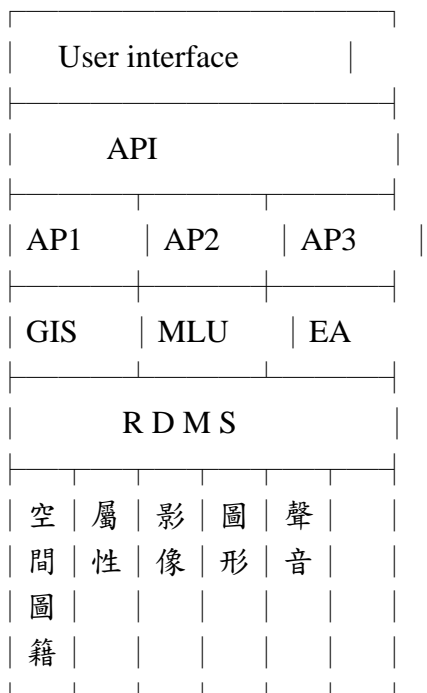
(5) Spreed Sheet

(6) Modeling

(7) Word Processing

(8) Development Toll (如: C Compiler,RPC lib)

(9) Network software (options of OS)



註：DB:Data Base (SyBase,Oracle,Acess,Poxpro,OSz)

PDMS:Rational Data Base Mangement System

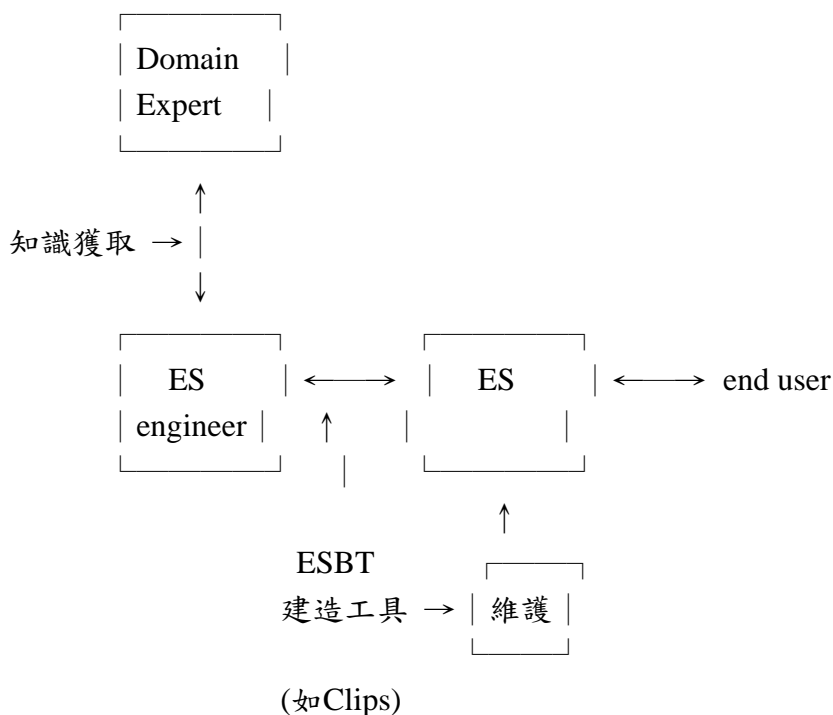
API:Application Prograing Interface

SQL:Structural Quecry Languaze

SQL 的特點

- (1) 可對多種表格、交叉、查詢
- (2) 多功能運算元(operator)如:=, >, <, like and or
- (3) 統一資料擷取語言
- (4) 分散式資料庫
- (5) 可整合層性、空間性資料、影像、聲音及其他資料
- (6) 透過API 提供不同的AP 應用相同的資料庫

Expert System



知識獲取(knowledge acquisition)

Clips：係NASA中MC Carthy 發展，原以prolog，Lisp寫但有困難，後改用 C寫

ES 有兩種架構(1)前進式(Forward)如Clips 即由事實fact 目標。

(2)後退式(Backward)則由目標瞭解事實。

(一)景觀生態學下的野生動物經營系由肯亞留學生 Markns Walsh (Dept Rangeland Eco. & Mgt TAMU College St. 77843 , potomac P1 18150D CS)以馬可夫連鎖(Markvian Chain)計算放牧動物的活動範圍

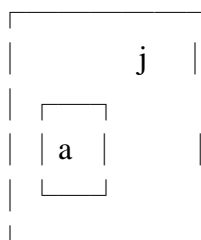
$$MRT(\text{day/season}) = f_i \cdot S$$

MRT : mean Residence time

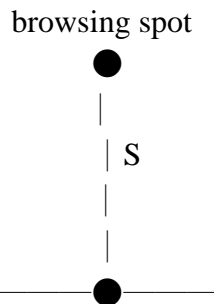
$$MRT_i(\text{day}) = [P_{i \rightarrow i}]^{-1} + [P_{j \rightarrow i}]^{-1}$$

$$EDS_j(\text{day}) = [P_{i \rightarrow j}]^{-1}$$

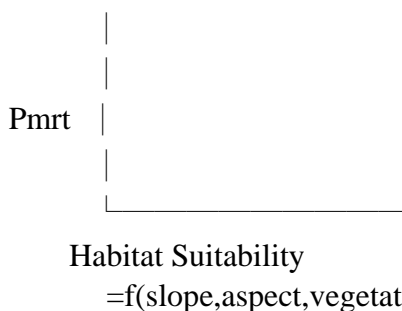
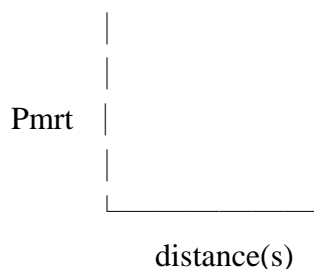
EDS : Expected Duration Stay



a 為樣區
j 為族群



Camp



由 LANDSAT資料以 ERDAS處理分析求出乾、溫季的植生指標(vegetation index) , 將此資料與地面動物移動路徑資料放置於IRISI的地理資訊系統中 , 藉以瞭解畜牧在主觀選擇設營搭帳的地點與之動物在路徑 , 取食地的選擇間的關係 , 以供人們搭帳、放牧的參考。

(二)集水區沖蝕預測的研究係由菲律賓博士班修生 Dionisio T. Battad 所報告，其題目為" Integration of Geographic Information System with Simulation Models for Watershed Erosion Prediction")

本文為整合GIS，土壤沖蝕模式 (soil erosion simulation models)和關連表資料庫(relational database).此土壤沖蝕模式為再訂能土壤流失式(Revised Universal Soil Loss Equation,RUSLE)和修正，萬能土壤流失式(Modified Universal Soil Loss Equation,MUSLE)；本研究可由電腦銀幕顯示出土壤沖蝕率並判別集水區內土壤沖蝕地點,並試圖評估系統所得結果。〔整合ARC/INFO, ORACLE與RUSLE，用SQL(Structural Query Language)來進行〕

十五、整合技術下之支援決策系統(INTEGRATED DECISION SUPPORT SYSTEM)

(一)問題解決(PROGRAM SOLVING)

(二)支援經營決策系統(MANAGEMENT DSS)

地理資訊系統中各有關部分所佔比率

一、資料庫設計與發展 (Data Base Resign & Development)	:63%
二、技術的獲得 (Technology Acquisition)	:15%
三、訓練 (Training)	:5%
四、系統維護 (Maintenance)	:15%
五、單元的資訊分析 (Unit Information Analysis)	:2%

而資料庫設計與發展部門中

一、資料收集 (Data Collection—Digitizing Survey Data, LT+ scanning)	:60%
二、圖籍準備 (Map Preparation)	:20%
三、編輯與錯誤檢查 (Edit and Error Check)	:10%
四、表格資料的輸入 (Table Data Entry)	:10%

GIS 資料來源

- (1)森林資料庫(Forest Data Base)
- (2)人造衛星資料(Satellite Data Digital Photograph)
- (3)航空照相與掃描(Aerial Photo Videograph)
- (4)衛星定位系統(GPS)
- (5) CFF(Roads Stream, Boundary)

經營決策內科技應用上的考量

一、科技(Technology)

- 1.圖示(Graph)
- 2.多媒體(Multi-media)
- 3.多目標分析工具(Multiple Analysis Tools)
- 4.資料庫經營管理系統(Database Management System)
- 5.相容性發展工具(Compatible Develop Tools)

二、應用(Application)

- 1.使用者的自信(User self-sufficiency)
- 2.同等(共同)獲取(Coordinated Access)

3. 接合資料庫(Integrated Database)
4. 發展的方法(Development Methodology)
5. 應用違約(Application Inflation)

三、組織(Organization)

1. 承用(Adaptability)
2. 熟練(Proficiency)
3. 資源(Resources)
4. 資訊技術規劃(Information Technology Planning)
5. 經營約定(Management Commitment)

四、環境(Environment)

1. 科學的狀況(State of Science)
2. 經濟(Economic)
3. 法令調整(Laws Regulations)
4. 觀念與解說(Perceptions-Explanation)

五、整合組織(Integration Hierarchy)

1. 資訊精練(Information Proficiency)
2. 開發調查(Development Survey)
3. 科技基礎(Technology Base)
4. 權威(Authority)
5. 組織支援(Organize Support)

National Park System

Software GRASS

Alta GIS

Auto CAD

Unit Workstation

Dos PC

Coordination of Federal Surveying, Mapping and
Related Spatial Data Activities

十六、參考文獻(REFERENCE)

1. Aronoff S. 1990 Geographic Information System - A Management Perspective.
Published by WDL Publications

GIS及空間、時間分佈—有關資料之摘要：

一、標題：GIS：真實世界的模式建立

作者：Antoine, -J 年代：1989 來源：LAND-AND-WATER(成大)

摘要：這篇文章簡略的敘述 FAO 的地理資訊系統。如土地、降雨、植群、城市位置、道路、航道等資訊貯存。用一些例子來說明GIS的潛在性利用，同樣的一些系統也早已經在利用。包括非洲、肯亞、奈及利亞...等，國家級地圖。

二、標題：開發下的林階穩定性分析理論：Depensation responses和catastrophe

作者：Loehle-C 年代：1989 來源：VEGETATIO(科博館)

摘要：穩定性(或安定性Stability)的分析是被林業當作一種定性的工具，是為了研究森林在收穫和死亡(率)上的一種反應訊息。因為聚集的林分中一些特別的效應必須合併起來考慮，它可以顯示出生長上的反應(減低生長—在生物量上的降低)因為森林通常修正惡劣的環境使其更適合生長。

三、標題：同齡植物族群空間排列的方法

作者：Leps-J; Kindlmann-P 年代：1987 來源：ECOL.MODEL.(東海)

摘要：在同質(Homogeneous)區域中的同齡植物族群空間排列的研究是以模擬方法和分析方式來進行研究。模擬的方法是儘可能的設計出能反應生態學上真實的一面，同時保持純一的合理階段。...模擬的結果是由單一或更多的數理上易處理的模式所提供。

四、標題：生長率和初級生產量—在Euhalus acoroides (L.f) Royle from Lag-it, North Bais Bay, the Philippines.

作者：Estacion-JS 年代：1988 來源：AQUAT BOT Fortes-MD

摘要：菲律賓某樹種葉子的生長率和初級生產量的研究是從1982年8月到1983年8月。利用逢機完全樣區設計顯示出二種比率受到空間和時間因子組成相當重大的影響。平均生長率是0.93 (day super(-1))高點在9-10月和5月，最低點在11-1月。

五、標題：在新建立的美國南方松人工林中鱗翅目Tortricidae虫的空間分佈

作者：Ciarke-SR; 年代：1990 來源：J.ENTOMOLOGICAL.SCI Stephen-FM; Dunn-JE (亞蔬中心)

摘要：美國南方松受蟲之侵襲。調查時利用逢機的36個樹木樣本，來自於連續性方形樣區。探討世代(GENERATIONS)的關係。

六、標題：在雨量非常少的草生地中一種演替上的"gap動態模擬方法"

作者：Coffin-DP；Lauenroth-WK 年代：1990 來源：ECOL.MODEL.(東海)

摘要：作者提供一種gap dynamics的演替概念，它是針對草生地gap產生。gap dynamics 模擬模式的發展是為了調查gap長時間演替的動態變化。以及土地規模大小的動態演替變化等。這個方法在林業的利用上也相類似，但是基本上植物的生活史性狀和地表資源的利用是在短草類社會上；以及小規模分佈和環境因子推測上的混合影響。