

第一章 前言

大地工程地質資料庫之建立乃是內政部營建署建築研究所籌備小組為提昇國內營建品質而推動之系列基礎研究工作，已完成之前期工作如下：

- (1) 台北都會地區大地工程地質資料搜集及處理之可行性研究，民國七十六年六月
- (2) 大地工程地質資料庫之建立（第二階段），民國七十七年六月。本階段報告分兩冊如下：

第一冊：大地工程地質資料庫系統暨台北市區建檔之研究

第二冊：大地工程地質資料庫系統使用手冊

本期工作屬第三階段工作，以專家系統在土層剖面圖之運用研究為主，進行大地工程地質資料庫系統（GEDBS）之測試工作，並提出營建資料中心之籌設構想。

「大地工程地質資料庫系統」一詞之由來在於本系統處理之對象主要為鑽探工作獲得之土樣與岩心之描述，以及各該樣品之試驗結果之建檔工作，由於該等資料乃為大地工程師與地質師之共同結晶，宜由雙方共享成果，況且 GEDBS 在下期工作中將擴充其三度空間之繪圖功能，足以表達各項地質資料於一圖，故取名為「大地工程地質資料庫系統」。惟，資料庫系統成立以來有人反映地質方面尚有純地質資料部份不宜納入工程地質資料之範疇，因此由本階段開始，本系統之名稱將改為「大地工程資料庫系統」。(Geotechnical Engineering Data Base System, GEDBS)，以從善如流。

第二章 土層分類專家系統

土層分類專家系統為大地工程資料庫系統的一特用子系統。其功能主要為：1. 使用知識庫內之專家知識來處理同一孔之地質分層，及孔與孔之間層次之連結與分割，2. 解釋內部分層之根據知識，3. 提供知識庫內專家知識之修正與累積之功能。

根據英國Gerard 1984[1]的看法，探勘之資料解釋科學，至今仍是一門內部爭議頗多而規則多變之學術領域，其解釋模式之設計屬結合計算機程式和試驗成一整體之高度實驗性之過程，因此以傳統程式設計的技術方式不適合發展出令人滿意的資料解釋系統；而唯有目前之專家系統才可能提供令人滿意的技術、工具、和解釋之能力。

2.1、整體架構：

為配合大地工程地質資料庫的使用，本系統將分為六個主要組成，知識擷取模組，知識庫、推論機、理由解釋介面、資料擷取轉換模組和圖形顯示介面。各模組之關係之主要結構如圖2.1。

專家和知識工程師

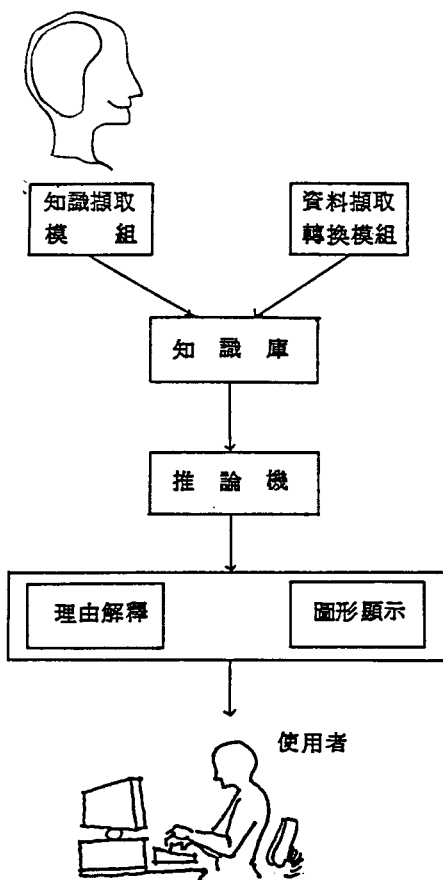


圖2.1 各模組關係圖

2.2、知識擷取模組：

系統目前擬以編輯方式，將專家在特定領域的知識，依適當的知識表達方式，存入知識結構中。知識工程師和專家之對談及重複使用專家系統中，逐漸累積新知識存入電腦知識庫，或修正電腦知識庫之舊知識。在目前階段中，需要專家和知識工程師協助維護知識的正確性，以避免發生知識重複與矛盾現象。

以著名的油井地層分析專家系統Dipmeter Advisor System而言Reid和Robert 1984[2]將其所擷取的知識規則依不同的功能而區分成不同的產出規則(Production rules)群，在該系統裡有90條產出規則而使用了約30個述詞(Predicates)和函數。

本系統也將以產出規則之相關述詞加以分類，並注意相關述詞之執行相關性，以考慮各種規則執行中之優先性。

2.3、知識庫

知識庫儲存本研究範圍內的專業知識、問題相關之事實及推論規則。通常專業知識可以分為深層知識與淺層知識，深層知識大多以模式(model)的形式保存，淺層知識為專家個人之經驗法則而常以規則(rule)或其他形式存放，而問題相關之事實常以述詞邏輯(Predicate Logic)或其他方式存放。

以Dipmeter Advisor System之一樣本規則為例如下：

IF there exists a delta-dominated, continental-shelf
marine zone. and

there exists a sand zone intersecting the marine
zone. and

there exists a blue pattern within the intersection
THEN

assert a distributary fan zone

top ← top of blue pattern

bottom ← bottom of blue pattern

flow ← azimuth of blue pattern

在其問題相關之事實裡，Dipmeter Advisor System 採用和述詞或規則等價之框架模式(frame)的嵌板(panel)形態，如每一區域(zone)皆有下列形式

(<panel> <slot1> <value1>...<slotn> <valuen>)

本研究為了配合地層匹配之目的，將考慮另一種更具彈性並含匹配資料之框架模式。

2.4、推論機

推論機可能根據已存於知識庫之知識，不斷地延展產生出推論知識，以達成解決問題之目的；也可能選擇可能的目標後開始找尋合適的規則，進行推理的延伸。延伸意指將各選定之規則中之條件視為子目標，而繼續尋找適於此目標的準則，一直到無合適的準則時，再提出問句以詢問使用者，然後繼續推論。

一般而言，人工智慧程式語言如Prolog已擁有內建之推論機，並採取深度搜尋(first-depth search)之策略，從事知識搜尋之工作，其內建之推論採用後鏈結之推論方式，但也可給予產出規則，使其進行向前鏈結式之推論工作。

以Dipmeter Advisor System 為例而言，Reid認為在其系統之一典型推論鏈，一般而言，大概需四到五步之推論長度。本系統和該系統有些本質上的相似性，估計推論鏈長度也會類似。

2.5、理由解釋介面

專家系統內推論機之推論過程，對於使用者或是知識專家而言，有如一黑箱，而無法確知其進行方式，更無法在其推論過程進行中，進行知識規則運作之檢查。所以系統必須提供理由解釋介面，當需要時，提供解釋其達成結論之推理路線，和顯示推論所依據之規則，以依人類專家研判規則之合理性。

Dipmeter Advisor System 的研究歷時四年方完成，但該研究小組對該系統於完成初步之產品時，仍未提供此介面。因此本介面之建造將視本研究內部之需要和發展情況而定。

2.6、資料擷取轉換模組

工程地質資料庫之主要資料貯存於dBASE III *之資料庫，本研究將建造一個資料擷取轉換模組，來作dBASE III *之資料之擷取工作，並將其轉換成專家系統能使用能推論之型態。

2.7、圖形顯示介面

本系統之圖形顯示介面將分成二種狀況。第一種狀況是將同孔之分層結果和孔與孔之間土層連線資料傳輸給Auto CAD來顯示圖形。另一種狀況是由本專家系統直接做顯像處理。前一種狀況是配合本系統的全盤設計供給使用者使用；後一種狀況是專家系統在試用狀況，檢驗各條專家知識和推論規則時使用。

根據Reid 1984[3]之說法在Dipmetetr Advisor System中，使用者介面佔其全系統指令數的百分之四十二。換句話說，使用者介面雖非系統之核心，卻佔著不可忽視的地位。

第三章 土壤分層專家系統推理機之設計

本系統之主要功能是使用知識庫內之專家知識來處理同一孔之土壤分層與研判孔與孔之間之連結分割問題。為了達成目的，同一孔在分層時，必須同時考慮到鄰近孔之地質型態與匹配狀況。

根據已有之鑽孔資料，一個鑽孔往往有數十個採樣資料，對一鑽孔內土壤分類也概略有十至三十種種類不等，參見（表一）。

3.1 推理機設計策略之研究

土層剖面判斷之推理機構，主要在考慮一鑽孔土層與其環境中相鄰土層鑽孔之匹配問題。雖然根據鑽孔取得之土層資料是一有序資料列（Sequential data），其匹配之狀況是一種非多項式困難問題（N - P hard problem），故不適合以一般數學窮盡法求取其最佳匹配狀況。

以一鑽孔含 n 個分類資料，相鄰鑽孔含 m 個分類資料而言，其各種可能的分配稱為 $f(n, m)$ ，則函數 $f(n, m)$ 必須滿足公式：

$$f(n, m) = \sum_{i=1}^{n+1} f(i-1, m-1)$$

之關係。將此公式以Prolog程式來計算，可產生下列演算法：

```
F(K, I, J) : -J = K+1, ! .  
F(I, J, K) : -J1 = J-1, F1(I, J1, K) .  
F1(0, _, 1) : - ! .  
F1(I, J, K) : -I1 = I-1, F(I, J, KK),  
               F1(I1, J, K1), K = KK + K1.
```

表一 同一鑽孔內之土壤分類

A 表

計劃名稱：台北都會區捷運系統初期計畫第一階段

鑽孔編號：R-B-B23

X 座標：301656

鑽孔傾角：90°

提供單位：台北市捷運局

Y 座標：2777995

鑽孔孔徑：cm

鑽探公司：亞新

Z 座標：5.43

鑽孔深度：43.2 m

試驗公司：亞新

水位計：

鑽探日期：12-09-1985

埋設深度：m

鑽孔位置：

地下水深度：3.00

日期：12-09-85,

深度 (m)	土/岩層說明	土壤				自然				液性 限度 %	塑性 指數	總單 位重 t/ m ³	孔 隙 比重 Gs	e
		岩石 分類	取 樣 率 %	ROD N 值	採 樣 編 號	礫 石 %	砂 土 %	粉 土 %	黏 土 %					
0.00	含雜質													
1.30	黑色填土，含有機物			3	S001									
2.70	-----													
2.80	黑色粉土質黏土，含有			3	S002									
4.30	機物	MH		1	S003	0	27	42	31	76.7	69.3	28.8	1.51	2.66
5.50	-----			1	S004									
7.17		CL			T001					35.9	31.6	10.9		2.68
8.10	灰色粉土質黏土，含貝			1	S005									
9.30	殼，含有機物			1	S006									
10.80		CL		1	S007	0	3	61	36	36.2	32.2	9.5	1.88	2.71
12.30				2	S008									
13.80				3	S009									
15.30		CL		2	S010	0	1	49	50	39.0	34.7	12.1	1.82	2.72
16.80				2	S011									
18.30				5	S012									
19.80				7	S013									
21.30		CL		5	S014	0	1	39	60	44.6	42.0	17.2	1.73	2.75
22.80				6	S015									
24.30				7	S016									
25.80		CL		5	S017	0	1	51	48	39.8	42.6	18.3	1.80	2.70
28.30				7	S018									
29.80				7	S019									
31.30	-----			9	S020									
32.80	灰棕色粉土質細砂，含	SM		21	S021	0	76	19	5	25.0	-	NP	1.92	2.75
34.30	有機物			35	S022									
35.80	-----			10	S023									
37.30		OL		12	S024	5	25	34	36	32.9	49.0	24.2	1.86	2.58
38.80	黑色粉土質黏土，含有			10	S025									
40.00	機物													
41.55	-----	AN								1.0			2.76	
42.30	安山岩	AN			S026									
43.20	-----	AN												

將發現各含8個資料之相鄰兩孔，可能的匹配方法有12870種狀況；若是各含10個資料，則有184756種狀況；若是各含12個資料則有 2704156 種狀況。

這種現象說明了分層之途徑唯有採取經驗法則之推理機構來作分層之分析。

3.2 相關匹配理論之研究

Aho與Peterson於1972提出字串匹配差誤之研究；我們若將每一鑽孔之資料依序排列，計算機便可將其視為有意義之字串，而相鄰兩鑽孔之匹配便可視同兩字串之匹配。在其研究下產生了如下之定義：

定義一： V_t 是字串之集合， $X, Y \in V_t^*$ ，則可定義一種變換 $T: V_t^* \rightarrow V_t^*$ ，使得 $Y \in T(x)$ ，三種基本變換可定義如下：

1. 取代錯換

$$w_1aw_2 \xrightarrow{T_s} w_1bw_2; a, b \in V_t^*, a \neq b$$

2. 遺落錯換

$$w_1aw_2 \xrightarrow{T_d} w_1w_2; a \in V_t^*$$

3. 增誤錯換

$$w_1aw_2 \xrightarrow{T_i} w_1aw_2a; a \in V_t^*$$

定義二： $X, Y \in V_t^*$ ， X, Y 之距離 $d^1(X, Y)$ 定義為從 X 變換至 Y 之最小錯換數。

以兩字串 $x=cbabdbbb$ 與 $y=cbbabdbb$ 為例，如下之匹配方式最佳：

c	b	a	b	d	b	b
c	b	b	a	b	b	d

因其在兩者之間為最小差距 (minimal distance) 為三。

在鑽孔資料方面，取代配置不大可能發生，若要引入其匹配方法，必須將其修正方能使用。若取消取代配置，則上例之最佳匹配為：

c	b	a	b	d	b	b
c	b	b	a	b	b	d

Fu 於 1982 強調此種匹配之權重關係，並以圖一來說明圖形關係，並指出使用計算機來搜尋最佳匹配的可行性。

在土質層次之資料方面，其匹配問題之複雜程度超過 Aho, Peterso, Fu, 及 Levenshtein 所考慮者。我們依需要，修改了前人所提之理論，發展一套新的模型，並依此新模型建立一套推理機。此模型與推理機將分述於後。

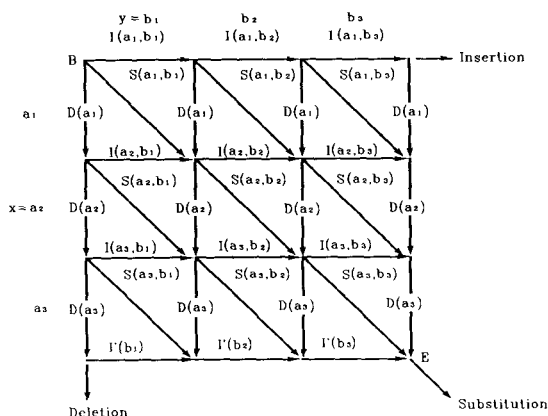


圖3.1 權重字串匹配之圖解

3.3 鑽探基本資料之表達

鑽探基本資料為本專家系統之分析對象，故其必須有適當的表達方式，以利推論機之運作。故在專家系統存有一資料擷取轉換介面，將資料取出並轉換成所需適當之表達方式。其表達方式以形式語言的方式可說明如下：

$$\begin{aligned} \text{土岩區分} = & \text{“ 土岩分類 ”} + \text{“ N 值 ”} + \text{“ 礫百分比 ”} \\ & + \text{“ 砂百分比 ”} + \text{“ 粉百分比 ”} + \text{“ 黏百分比 ”} \\ & + \text{“ 液限 ”} + \text{“ 塑指 ”} + \text{“ 起深 ”} + \text{“ 止深 ”}。 \end{aligned}$$
$$\text{層次區分} = \{ \text{說明} \} + \{ \text{土岩區分} \}。$$
$$\text{鑽 孔} = \text{“ x ”} + \text{“ y ”} + \text{“ z ”} + \{ \text{層次區分} \}。$$

在雛形發展方式的原則下，系統必須在簡單而架構明確下，反覆實驗設計，逐漸擴充的程序下建立系統。故在發展的原形 (prototype) 初期的推理機裡，先只考慮鑽孔，層次區分，土岩區分，土岩分類之簡單關係。

3.4 土岩對等值與層次相似值

在單項的土岩裡，我們需要一些簡單的值來說明土岩間之類似性之值，以方便分層之推理。土岩對等值，須存在知識庫裡如下之形式：

```
/*kb  equivalence for different dirt */
eq(X,X,12):-!.
eq(cl_ml,cl,6):-!.
eq(cl_ml,ml,6):-!.
eq(cl,cl_ml,6):-!.
eq(ml,cl_ml,6):-!.
eq(sp_sm,sp,6):-!.
eq(sp_sm,sm,6):-!.
eq(sp,sp_sm,6):-!.
eq(sm,sp_sm,6):-!.
eq(_,_,0).
/*kb  equivalence for different dirt */
```

為了計算方便，完全相同者取對等值12，一半則取值6， $1/3$ 則取值4， $1/4$ 則取值3，完全相異則取值0。

層次相似值的求得，可有二個途徑，一為存在知識庫內直接告訴推理機，某些特定層次的相似值，另一為，知識庫未含特定之層次，則由另一種相似值推理法則，自行決定其相似值。

這種相似值推理法則，仍根據離散數學之重元集 (multiset) 理論而改寫成的，並考慮層次內含元素之重次 (multiplicity)，交集和差集，以計算相似值。其推理法則部分敘述如下：

```

%meta similar */
similar(Segment1,Segment2,Simi,Unsimi):-
    similarto(Segment1,Segment2,Simi1,Unsimi1),
    similarto(Segment1,Segment2,Simi2,Unsimi2),
    Simi3 = Simi1 + Simi2,
    Total = Unsimi1 + Unsimi2 + Simi3,
    Simi = Simi3 * 12 DIV Total,
    Unsimi = 12 - Simi.

similarto(Segment1,Segment2,Simi,Unsimi):-
    intersectw(Segment1,Segment2,TempSimi),
    countw(Segment1,N1),
    count(Segment2,N2),
    Simi = TempSimi DIV N2,
    Unsimi= N1 - Simi.

intersectw([],_,0).
intersectw([X|L1],L,Weight):-
    memberw(X,L,Weight1),
    intersectw(L1,L,Weight2),
    Weight=Weight1+Weight2.

memberw(_,[],0):-!.
memberw(X,[X|Tail],Weight):-
    memberw(X,Tail,Weight1),
    Weight=Weight1+12.
memberw(X,[Y|Tail],Weight):-
    memberw(X,Tail,Weight1),eq(X,Y,Weight2),
    Weight=Weight1+Weight2.

```

```

countw([],0):-!.
    countw([_|L1],C):-
        countw(L1,CC),C=CC+12.

count([],0):-!.
    count([_|L1],C):-
        count(L1,CC),C=CC+1.

simicrit(Simi,Unsimi):-
    Unsimi < Simi*2 .
/*meta similar */

```

3.5 層次細分與鄰孔之比對

從土質資料庫取出之鑽孔資料，其層次區分祇是基於同一孔洞資料之考慮。若進一步與鄰孔之資料比較，某些層次區分可能必須調整與細分，才能使孔層間的匹配有較好之結果，即，土層之剖面會有較合理的層次。

推理機在執行推理時，首先對各個層次考慮是否值得細分看看；若是值得細分看看，則進一步檢驗細分後和鄰孔比對的結果，若有較佳之比對結果，則接受層次細分，不然原層次不變。

判斷層次是否值得細分，將使用知識庫法則如下：

```

/*kb goodcut for cut segment */
goodcut(L1,L2):-
    similarv(L1,L2,SIMI,UNSIMI),/* kb */
    cutcrit(SIMI,UNSIMI),
    ASSERT (segcut(L1,L2)) .
cutcrit(SIMI,UNSIMI):-
    UNSIMI*2 >SIMI.

```

```
similarv(L1,L2,SIMI,UNSIMI):-
    similar(L1,L2,SIMI,UNSIMI).
```

這種判斷是否值得細分，可另行加入其他之判斷法則，以適合特殊的需要。

當一層次的細分和鄰孔發生較好之關係時，將調整該孔之分層關係。這種較好之關係之決定，使用了人工智慧之配對經驗搜尋法則，其推理形如下：

```
/* bestf finds the best-fited splitting of cutingRec(),named Last, ref.to L */
/* recursively using justhole */
```

```
bestf(RefHole,CutedHole):-
    bestfit(RefHole,_,CutedHole,_,_,_).
```

```
bestfit(RefHole,OldHole,CutedHole,NewHole,OldDist,OldSame):-
    cutingRec(OldHole,OldDist,OldSame),
    fithole(RefHole,OldHole,NewHole,Dist,Same),
    Same - OldSame <= Dist - OldDist ,
    CutedHole = OldHole,!.
```

```
bestfit(RefHole,OldHole,CutedHole,NewHole,OldDist,OldSame):-
    cutingRec(OldHole,OldDist,OldSame),
    fithole(RefHole,OldHole,NewHole,_,_),
    bestfit(RefHole,OldHole,CutedHole,NewHole,OldDist,OldSame).
```

```
fithole(RefHole,OldHole,NewHole,OldDist,Same):-
    fitsegs(RefHole,OldHole),
    cutingRec(NewHole,OldDist,Same).
```

```

fitsegs(RefHole,OldHole):-
    appendls(Up,[X|Bottom],OldHole),
    fitseg(RefHole,Up,Bottom,X),
    fail.
fitsegs(_,_).

fitseg(RefHole,Up,Bottom,X):-
    cutseg1(X,2,1),
    fitseg1(RefHole,Up,Bottom).
fitseg(_,_,_):-
    clear_cutedRecs.

fitseg1(RefHole,Up,Bottom):-
    cutedRecs(X1,X2,Simi),
    write(X1,X2,Simi),nl,
    appendls(Up,[X1,X2|Bottom],HoleTemp),
    tryfit(RefHole,HoleTemp),
    fail.
fitseg1(_,_,_).

tryfit(RefHole,HoleTemp):-
    justhole(RefHole,HoleTemp,Dist,Same),
    cuttingRec(_ ,OldDist,OldSame),
    Same - OldSame > Dist - OldDist ,
    clear_cuttingRec,
    assert(cuttingRec(HoleTemp,Dist,Same)),!.

```

```

cutseg([],_,_):-fail,!.
cutseg([_],_,_):-fail,!.
cutseg(Segment,Crit_OF_Simi,Crit_OF_Unsimi):-
    clear_cutedRecs,
    assert(cutedRecs(Segment,[],12)),
    cutseg1(Segment,Crit_OF_Simi,Crit_OF_Unsimi).

cutseg1([],_,_):-fail,!.
cutseg1([_],_,_):-fail,!.
cutseg1(Segment,Crit_OF_Simi,Crit_OF_Unsimi):-
    append1(Segment1,Segment2,Segment),
    count(Segment1,C1), C1>0,
    count(Segment2,C2), C2>0,/*def under meta*/
    goodcut(Segment1,Segment2,Crit_OF_Simi,Crit_OF_
    Unsimi), /*kb*/ fail.
cutseg1(_,_,_).

/* bestf finds the best-fited splitting of cutingRec
   ( ),named Last, ref.to L */

/* modify and rejust a hole by referenced the next
   hole data */
justhole([],Hole2,Dist,0) :-!,
    leng(Hole2,Dist).
justhole(Hole1,[],Dist,0) :-!,
    leng(Hole1,Dist).
justhole([X|Hole1],[Y|Hole2],Dist,Same) :-
    similarh(X,Y,Simi,Unsimi),
    simicrit(Simi,Unsimi),
    justhole(Hole1,Hole2,Dist1,Same1),

```

```

Dist = Dist1 + Unsimi,
Same = Same1 + Simi, !.

```

```

justhole([X|Hole1],[Y|Hole2],Dist,Same) :-
    justhole([X|Hole1],Hole2,Dist1,Same1 ) ,
    justhole(Hole1,[Y|Hole2],Dist2,Same2) ,
    deci2(X,V,Dist1,Dist2,Dist,Same1,Same2,Same).

```

```

leng([],0):-!.
leng([_|L1],Dist) :-
    leng(L1,Dist1),
    Dist = Dist1+12.

```

```

deci2(_,_,Dist1,Dist2,Dist,Same1,Same2,Same):-
    Dist1 - Dist2 > Same1 - Same2,
    Dist = 12 + Dist2,
    Same = Same2,!.
deci2(_,_,Dist1,_,Dist,Same1,_,Same):-
    Dist = 12 +Dist1,
    Same = Same1.

```

* modify and rejust a hole by referenced the next hole data *

3.6 多孔層次的匹配

通常土層剖面分析時，所給予的鑽孔資料不只兩孔，因此鑽孔資料分層時的細分可能發生漣漪效應，即一孔之資料可能不只影響到鄰孔資料之分層，也可能透過影響鄰孔之現象，繼續影響到更遠之孔的分層。因此推理機構應容許循環檢驗來考慮多孔間分層匹配的問題。在本推理機是透過如下的程序來達成多孔層次的匹配問題：

```
/* layer-all-1 scan and modify hole-cut one by one increasedly */
/* layer-all-2 scan and modify hole-cut one by one decreasedly */
layerall1:-
    holed(No,RefHole),
    NextNo=No+1,
    holed(NextNo,CutingHole),
    justhole(RefHole,CutingHole,Dist,Same),
    clear_cuttingRec,
    assert(cutingRec(CutingHole,Dist,Same)),
    bestf(RefHole,CutedHole),
    clear_hole(NextNo),
    assert(holed(NextNo,CutedHole)),
    fail.
layerall1.

layerall2:-
    holed(No,RefHole),
    NextNo=No-1,
    holed(NextNo,CutingHole),
```

```

    Justhole(RefHole,CutingHole,Dist,Same),
    clear_cuttingRec,
    assert(cutingRec(CutingHole,Dist,Same)),
    bestf(RefHole,CutedHole),
    clear_hole(NextNo),

    assert(holed(NextNo,CutedHole)),
    fail.
layerall2.

/* layer-all-1 scane and modify hole-cut one by one increasedly */
/* layer-all-2 scane and modify hole-cut one by one decreasedly */

```

3.7 層次的劃分與合併

經過多孔層次的匹配，可得到各孔在較佳匹配下的分層，再經過層次的劃分可得到細分形態的層次剖面。其處理方法如下：

```
/* match layers between two holes */
justlayer([],Hole2,HolePair,Dist,0) :-!,
    leng1(Hole2,HolePair,Dist).
justlayer(Hole1,[],HolePair,Dist,0) :-!,
    leng2(Hole1,HolePair,Dist).
justlayer([X|Hole1],[Y|Hole2],[layer_pair(X,Y)|HolePair],Dist, Same) :-
    similarh(X,Y,Simi,Unsimi),
    Simicrit(Simi,Unsimi),
    justlayer(Hole1,Hole2,HolePair,Dist1,Same1),
    Dist=Dist1+ Unsimi,
    Same=Same1+Simi, !.
justlayer([X|Hole1],[Y|Hole2],HolePair,Dist,Same) :-
    justlayer([X|Hole1],Hole2,Hole4,Dist1,Same1),
    justlayer(Hole1,[Y|Hole2],Hole5,Dist2,Same2),
    deci(X,Y,Hole4,Hole5,HolePair,Dist1,Dist2,Dist,Same1,Same2,Same)

leng1([],[],0):-!.
leng1([X|Hole1],[layer_pair([],X)|HolePair],Dist) :-
    leng1(Hole1,HolePair,Dist1),
    Dist=Dist1+12.
```

```

leng2([],[],0):-!.
leng2([X|Hole1],[layer_pair(X,[])|HolePair],Dist) :-
    leng2(Hole1,HolePair,Dist1),
    Dist=Dist1+12.

deci(X,_,_,Hole5,Hole3,Dist1,Dist2,Dist,Same1,Same2,Same):
    Dist1 + Same2 > Dist2 + Same1,
    Hole3 = [layer_pair(X,[])|Hole5],
    Dist= 12 +Dist2,
    Same= Same2,!.
deci(_,Y,Hole4,_,Hole3,Dist1,_,Dist,Same1,_,Same):-
    Hole3 = [layer_pair([],Y)|Hole4],
    Dist= 12 +Dist1,
    Same= Same1.

/* match layer_pairs between two holes */

```

當細分形態完成後，推理機構還須透過一些方法，成為經驗法則，來將應該合併之上下鄰層合併，以使層次剖面更為合理。

第四章 土層剖面分析專家系統設計

此專家系統之設計係完全採用Turbo Prolog程式語言撰寫，其架構如圖4.1 所示：

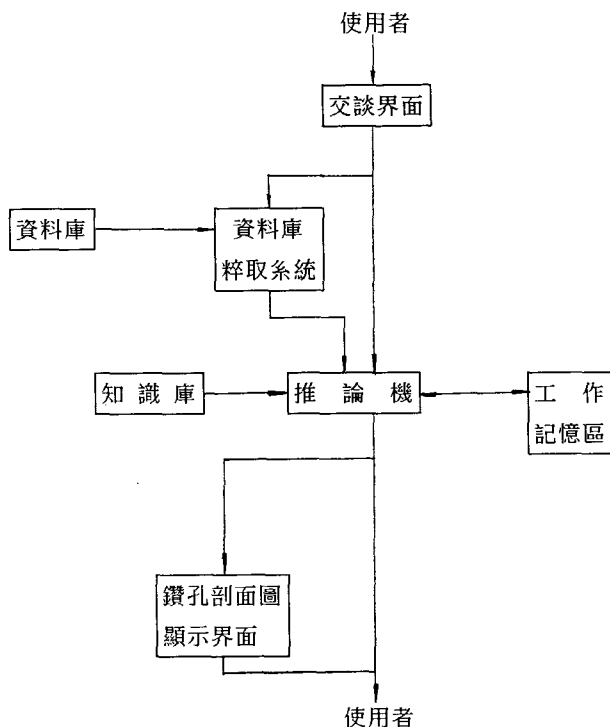


圖4.1 土層剖面分析專家系統之架構

茲將此架構之各元件功能及其運作方式敘述如後：

4.1 交談界面 (Dialogue Interface)

本系統包含四部份功能：1.由選定的鑽孔推斷其間土壤之分層情形；2.判斷兩層次異同之程度；3.判斷某土層是否須再細分；4.判斷某鑽孔相對於某參考鑽孔是否可再細分。因此交談界面之建構即採用螢幕選取 (menu driven)的方式，以方便使用者之使用。其螢幕設計格式則如圖4.2所示：

***** EXPERT SYSTEM of GEDBS *****

1. Divide the Layers of the Holes.
2. Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory.
3. Test Cut Segment Using Multiset Theory.
4. Test two Holes Using Multiset Theory.

RETURN : SELECT A FUNCTION

圖 4.2

茲將此四項功能之操作分述如下：

(1)、土層分析子系統：

當使用者將反白游標移到" Divide The Layers of The Holes"按Return鍵或者按數字鍵"1"，則表示選擇第一項功能，此時螢幕則顯示另一選擇畫面如4.3 圖：

***** Divide the Layers of the Holes *****

1. SELECT A HOLES FILE
2. INPUT THE COORDINATES DIRECTLY

RETURN : SELECT A FUNCTION

圖 4.3

本系統為方便使用者之操作，特提供了兩種選取鑽孔的方式。第一種是利用已在MAP程序選好的結果(其附加檔名為 HID 者)，以作為分層的依據；另一種是當使用者已知鑽孔之座標時，則可由本系統直接輸入鑽孔座標值。

因此當使用者在圖4.3之畫面，選擇第一項功能時，即代表其將選取其在 MAP程序曾建立好的鑽孔座標檔，此時畫面即呈現如下情形，以詢問使用者欲輸入之座標檔名。

File name (. HID) :

Please Input A Holes Group File

圖 4.4

此時使用者可直接鍵入其欲選擇之檔案名稱，唯不須再鍵入附加檔名(即 "HID")。若使用者不確定其欲選擇之檔案名稱為何時，可在冒號後直接按Return鍵，系統即立刻找尋磁碟內所有的鑽孔座標檔，而產生圖4.5之畫面。

File name (. HID) :

EAST1.HID	EAST2.HID	NORTH3.HID
NORTH4.HID	TEMP.HID	TEST.HID
WEST.HID		

Return : Accept name Cursor keys : select name

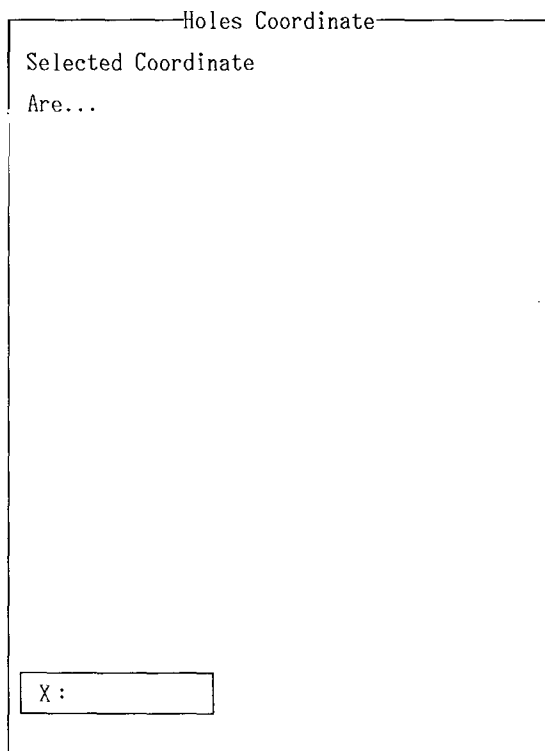
S-F10 : Resize window Esc : Abort

圖 4.5

使用者即可利用反白游標選取其所需要的鑽孔座標檔。

檔案選取完畢後、系統即將鑽孔座標檔內之所有座標傳給資料庫 粹取單元，而後再推算出地層分層之結果。

假若使用者欲直接輸入其所欲分析鑽孔之座標則其可在圖 4.3 之畫面選取第二項功能，系統即馬上呈現圖4.6 之畫面。



Holes Coordinate

Selected Coordinate

Are...

X :

Plesae Enter the X Coordinate. Blank : Select over

圖 4.6

使用者即可依序填入 X、Y 座標，系統會檢測此座標值是否已存在於資料庫中，若此座標尚未存於資料庫中，則系統將不接受此座標，而在螢幕底部顯示警告訊息。若使用者已將所有欲分析之鑽孔座標輸入完畢，則連續按兩個 Return 鍵，使 X、Y 座標值均為空白，如下圖所示：

Holes Corrdinate

Selected Coordinate
Are...

X : 301455	Y : 2778308
X : 301876	Y : 2777492
X : 301489	Y : 2778254

X :

Y :

Please Enter the Y Coordinate. Blank : Select over

圖 4.7

則系統便會將使用者輸入的所有欲分析之鑽孔座標送至資料庫粹取系統處理之，而得出一土層分層結果而存於一附加名為 "GPH"之本文檔(Text File)。

(2)、土層相似性測試系統

為了幫助土層分層研究者能夠即時獲得土層分層之相關資料，本專家系統擬提出三個功能以作為其相關資料參考之用。

本單元係分析兩土層之相似性，其表現方式是提出兩個數值：相似值(Similarity)，相異值(Unsimilarity)，相似值與相異值之總和為12，相似值愈大則代表兩土層之相似性愈大。

當使用者在主畫面(圖4.2)選取第二項功能時，則螢幕呈現圖4.8 畫面：

~~~~~ Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory ~~~~~

1. EXECUTE
2. DEMO

IF YOU ARE NOT FAMILIAR WITH THIS FUNCTION,  
THEN YOU COULD CHOOSE THE 'DEMO' FUNCTION,  
ELSE YOU COULD CHOOSE THE 'EXECUTE' FUNCTION.

RETURN : SELECT A FUNCTION

圖 4.8

其中 "EXECUTE" 功能即讓使用者執行其欲分析之土層，而為了讓初次之使用者，了解輸入之格式，特提供了 DEMO 之功能，此功能即產生一範例教學(tutorial)之格式讓使用者得以遵循。

茲將 "EXECUTE" 之範例顯示如下：

\*\*\*\*\* Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The First Segment :

Please Write Down the Content of the First Segment

圖 4.9

首先使用者須輸入第一個土層之各個土岩內容，土岩之間以空格相隔，按 Return 鍵後則畫面呈現如下狀況：

\*\*\*\*\* Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The First Segment :

cl cl ml

The Second Segment :

Please Write Down the Content of the Second Segment

圖 4.10

此時由螢幕之底線可看出系統正要求使用者輸入第二個土層之資料，使用者即可開始輸入第二個土層之內容，如下例（圖4.11）所示。

~~~~~ Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory ~~~~~

The First Segment :

cl cl ml

The Second Segment

cl ml

Please Write Down the Content of the Second Segment

圖 4.11

使用者填入兩土層資料後，系統即根據兩土層之組成經由推論機推算呈現圖4.12結果：

~~~~~ Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory ~~~~~

The First Segment :

["cl", "cl", "ml"]

The Second Segment :

["cl", "ml"]

The Similarity of These Two Segments : 12

The Unsimilarity of These Two Segments : 0

Press Space Bar Back to Menu

圖 4.12

由此例可看出此二土層極為相似。

若使用者選擇 "DEMD" 之功能，則系統會展示每一步驟給使用者學習，同時並將每步驟須注意之事項顯示出來，使者只須逐步按空白鍵以啟動下步驟之顯現，以下即將 "DEMD" 之各步驟展示出來。

\*\*\*\*\* Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

1. EXECUTE

2. DEMO

IF YOU ARE NOT FAMILIAR WITH THIS FUNCTION,  
THEN YOU COULD CHOOSE THE 'DEMO' FUNCTION,  
ELSE YOU COULD CHOOSE THE 'EXECUTE' FUNCTION.

RETURN : SELECT A FUNCTION

圖 4.13

\*\*\*\*\* Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The First Segment :

System first queries the content of the first segment.  
User could write down the content of the segment right now  
Press space bar to show the format of the content.

圖 4.14

\*\*\*\* Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory \*\*\*\*

The First Segment :

cl cl ml cl

It must have a space between every two classes to seperate.  
Press space bar to continue.

图 4.15

\*\*\*\* Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory \*\*\*\*

The First Segment :

cl cl ml cl

The Second Segment :

System then queries the content of the second segment.  
User could write down the content of the segment right now.  
Press space bar to show the format of the content.

图 4.16

~~~~~ Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory ~~~~~

The First Segment :

cl cl ml cl

The Second Segment :

cl ml cl cl cl

It must have a space between every two classes to separate.
press space bar to continue.

圖 4.17

~~~~~ Test Similarity of Two Segments Using Multiset Theory ~~~~~

The First Segment :

["cl", " cl", " ml", " cl"]

The Second Segment :

["cl", "ml", "cl", " cl", " cl"]

The Similarity of These Two Segments : 12

The Unsimilarity of These Two Segments : 0

Larger value of the similarity means that these two segments  
are more similar. Otherwise these two segments are more  
different. Press space bar back to menu.

圖 4.18

### (3)、土層分割測試子系統：

相同於土層相似性測試子系統，土層分割子系統仍然包含了 "EXCUTE" 與 "DEMO"兩個子功能。如圖4.19 之結果。

\*\*\*\*\* Test Cut Segments Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

1. EXCUTE

2. DEMO

|                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IF YOU ARE NOT FAMILIAR WITH THIS FUNCTION,<br>THEN YOU COULD CHOOSE THE 'DEMO' FUNCTION,<br>ELSE YOU COULD CHOOSE THE 'EXCUTE' FUNCTION. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

RETURN : SELECT A FUNCTION

圖 4.19

本子系統係讓使用者輸入某單一土層資料而後利用專家系統推論其是否須再分割。若可再分割，則將顯示出分割後之結果。

當使用者在圖4.19螢幕選擇執行(EXCUTE)之功能後，系統將詢問使用者土層內之土岩內容，使用者可依圖4.20之格式輸入其所欲測試之土層內容。

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The Target Segment :

Please Write Down the Content of the Segment that Will be Cutted

圖 4.20

而後系統即詢問使用者相似性與相異性之權數，如圖4.21，圖4.22所示：

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The Target Segment :

cl cl ml cl ml

The Value of Similarity :

Please Default the Value of Similarity

圖 4.21

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The Target Segment :

cl cl ml cl ml

The Value of Similarity : 1

The Value of UnSimilarity :

Please Default the Value of Unsimilarity

圖 4.22

當權值輸入完全後，系統即根據此值與知識庫之資料而判斷輸入之土層是否否能再予以分層，茲將上例之結果顯示如圖 4.23：

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The Target Segment :

["cl", " cl", " ml", " cl", " ml"]

The Value of Similarity : 1

The Value of UnSimilarity : 1

The First Cutted Segment :

["cl"]

The Second Cutted Segment :

["cl", "ml", "cl", "ml"]

Press Space Bar Back To Menu

圖 4.23

同樣地，此子系統亦有 "DEMO" 之功能，茲依其顯示之順序展示如圖4.24至圖4.42。

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

1. EXCUTE

2. DEMO

IF YOU ARE NOT FAMILIAR WITH THIS FUNCTION,  
THEN YOU COULD CHOOSE THE 'DEMO' FUNCTION,  
ELSE YOU COULD CHOOSE THE 'EXCUTE' FUNCTION.

RETURN : SELECT A FUNCTION

圖 4.24

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The Target Segment :

System first queries the content of the target segment.  
User could write down the content of the segment right now.  
Press space bar to show the format of the content.

圖 4.25

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The Target Segment :

cl cl ml cl ml

It must have a space between every two classes to separate.  
Press space bar to continue.

圖 4.26

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The Target Segment :

cl cl ml cl ml

The Value of Similarity :

System then queries the value of the similarity. The inference engine depends on this value and knowledge base to divide the layers. Press space bar to show the format of the content.

圖 4.27

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The Target Segment :

cl cl ml cl ml

The Value of Similarity : 1

The format of the value of similarity must be a integer.  
The format of the value of unsimilarity also must be a integer.  
Press space bar to continue.

圖 4.28

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The Target Segment :

cl cl ml cl ml

The Value of Similarity : 1

The Value of Unsimilarity : 2

The format of the value of similarity must be a integer.  
The format of the value of unsimilarity also must be a integer.  
Press space bar to continue.

圖 4.29

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

The Target Segment :

["cl", " cl", " ml", " cl", " ml"]

The Value of Similarity : 1

The Value of UnSimilarity : 2

The First Cutted Segment :

["cl"]

The Second Cutted Segment :

["ml", "cl", "cl", "cl"]

|                               |
|-------------------------------|
| Press space bar back to menu. |
|-------------------------------|

圖 4.30

#### (4)、鑽孔匹配測試子系統

本子系統之主要目的是欲測試某鑽孔在相對於一參考鑽孔之比較之下視其原先之分層是否適當，若尚須分層則推論機將以參考鑽孔為依據，而予以重新細分，並且將結果顯示出來。

當使用者在主功能螢幕選擇第 4 項功能時，系統即進入此鑽孔匹配測試子系統，螢幕即呈現圖 4.31 之形式：

\*\*\*\*\* Test Cut Segment Using Multiset Theory \*\*\*\*\*

1. EXCUTE
2. DEMO

IF YOU ARE NOT FAMILIAR WITH THIS FUNCTION,  
THEN YOU COULD CHOOSE THE 'DEMO' FONCTION,  
ELSE YOU COULD CHOOSE THE 'EXCUTE' FUNCTION.

RETURN : SELECT A FUNCTION

圖 4.31

當使用者選擇"EXECUTE"之功能時，系統首先將詢問使用者  
欲參考之鑽孔內容，螢幕如下所示：

\*\*\*\*\* Test two Holes Using Multiset theory \*\*\*\*\*

The Reference Layer :

Please Write Down the Content of the Reference Layer

圖 4.32

使用者即可隨即鍵入參考鑽孔之內容，其格式顯示如圖4.33：

```
***** Test two Holes Using Multiset theory *****
```

The Reference Layer :

```
[cl] [sm sm] [ml ml cl] [cl cl cl cl] [sm]
```

Please Write Down the Content of the Reference Layer

圖 4.33

其間之每個中括號內容即為鑽孔內之一土層資料。

使用者鍵入Return 後，則系統緊接著會詢問使用者欲分層之土層資料，螢幕如圖 4.34 所示：

\*\*\*\*\* Test two Holes Using Multiset theory \*\*\*\*\*

The Reference Layer :

[cl] [sm sm] [ml ml cl] [cl cl cl cl] [sm]

The Old Layer :

Please Write Down the Content of the Old Layer

圖 4.34

使用者即可模仿參考鑽孔之輸入格式，鍵入欲分層之土層內容，如圖 4.35所示：

\*\*\*\*\* Test two Holes Using Multiset theory \*\*\*\*\*

The Reference Layer :

[cl] [sm sm] [ml ml cl] [cl cl cl cl] [sm]

The Old Layer :

[cl cl] [sm] [cl cl ml cl cl cl ml sm]

Please Write Down the Content of the Old Layer

圖 4.35

待使用者將土層內容輸入完全後，即可鍵入 Return 鍵，而得出圖 4.36重新分層之結果：

\*\*\*\*\* Test two Holes Using Multiset theory \*\*\*\*\*

The Reference Layer :

```
[["cl"], ["sm", "sm"], ["ml", "ml", "cl"],  
  ["cl", "cl", "cl", "cl"], ["sm"]]
```

The Old Layer :

```
[["cl", "cl"], ["sm"], ["cl", "cl-ml",  
  "cl", "cl", "cl-ml", "sm"]]
```

The New Cutting Layer :

```
[["cl", "cl"], ["sm"], ["cl", "cl-ml", "cl", "cl  
  "cl-ml"], ["sm"]]
```

Presss Space Bar Back to Menu

圖 4.36

由本例可知，欲分層之土層其最後一層之 "sm"被重新分割，而視為一獨立土層。

若使用者不熟悉此功能之運作情形，同樣地，可選擇  
"DEMO" 程序學習之，茲示例於圖 4.37 至圖 4.42 。

\*\*\*\*\* Test two Holes Using Multiset theory \*\*\*\*\*

1. EXCUTE

2. DEMO

IF YOU ARE NOT FAMILIAR WITH THIS FUNCTION,  
THEN YOU COULD CHOOSE THE 'DEMO' FONCTION,  
ELSE YOU COULD CHOOSE THE 'EXCUTE' FUNCTION.

RETURN : SELECT A FUNCTION

圖 4.37

\*\*\*\*\* Test two Holes Using Multiset theory \*\*\*\*\*

The Reference Layer :

System first queries the content of the reference layer.  
User could write down the content of the segment right now.  
Press space bar to show the format of the content.

圖 4.38

\*\*\*\*\* Test two Holes Using Multiset theory \*\*\*\*\*

The Reference Layer :

[cl] [sm sm] [ml ml cl] [cl cl cl cl] [sm]

It must have a space between every two classes and every two segments. Press space bar to continue.

圖 4.39

\*\*\*\*\* Test two Holes Using Multiset theory \*\*\*\*\*

The Reference Layer :

[cl] [sm sm] [ml ml cl] [cl cl cl cl] [sm]

The Old Layer :

System then queries the content of the segment will be cutted.  
User could write down the content of the segment right now.  
Press space bar to show the format of the content.

圖 4.40

\*\*\*\*\* Test two Holes Using Multiset theory \*\*\*\*\*

The Reference Layer :

[cl] [sm sm] [ml ml cl] [cl cl cl cl] [sm]

The Old Layer :

[cl cl] [sm] [cl cl ml cl cl cl ml sm]

It must have a space between every two classes and every two segments. Press space bar to continue.

圖 4.41

\*\*\*\* Test two Holes Using Multiset theory \*\*\*\*

The Reference Layer :

```
[["cl"], ["sm", "sm"], ["ml", "ml", "cl"],  
["cl", "cl", "cl", "cl"], ["sm"]]
```

The Old Layer :

```
[["cl", "cl"], ["sm"], ["cl", "cl-ml", "cl", "cl'  
"cl-ml", "sm"]]
```

The New Cutting Layer :

```
[["cl", "cl"], ["sm"], ["cl", "cl-ml", "cl", "cl",  
"cl-ml"], ["sm"]]
```

Press space bar back to continue.

圖 4.42

## 4.2 資料庫料粹取系統(Data Base Extrantion system)

本專家系統主要的資料來源係源自 GEDBS的資料庫，而此資料庫因為是利用DBase III \*建構而成，且本系統只須用到資料庫中的TABLEA.DBF內之 ID, H\_DEPTH, DESCRIPT, CLASSAFICA等資料項目，因此即參照此檔案之格式而利用以下之副程式取用TABLEA.DBF之資料。

```
rd_Dbase3Rec ([ID, H_DEPTH, DESCRIPT, CLASSIFICA]) :-  
    read_strArr(13, ID),  
    read_strArr(6, H_DEPTH),  
    read_strArr(9, DESCRIPT),  
    read_strArr(5, CLASSIFICA),  
    ignore(48).
```

資料庫粹取系統之工作即輸入所有欲查詢之鑽孔座標，而根據這些座標從資料庫粹取出推論機欲分析用之資料。

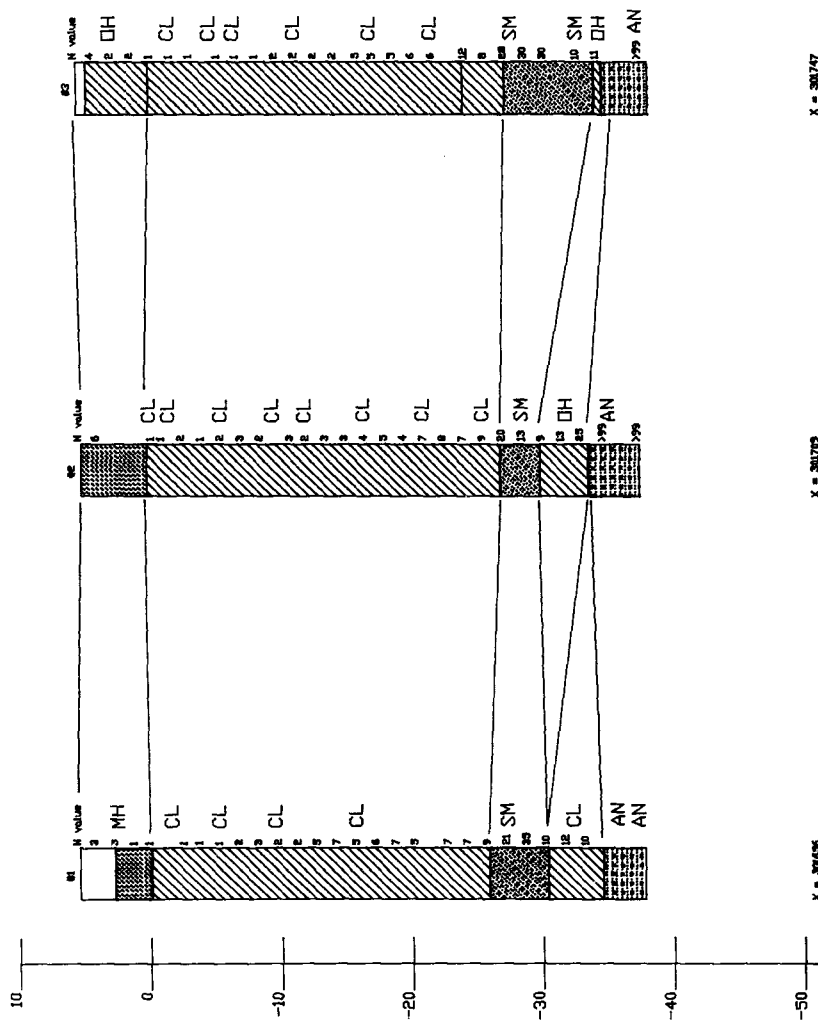
推論機、知識庫與工作記憶區已在前面章節詳細介紹過了，所以不再贅述。

## 4.3 鑽孔剖面圖顯示界面

此界面係利用原來GEDBS內之地層剖面圖顯示程式 (Hole.Lsp) 建構而成，唯原來之 Hole.Lsp無法畫出地層之分界線段，因此便在此巨集程式加上一小段地層分層顯示功能，便能利用專家系統將地層分層後之結果顯示出來。

界面係接受附加名稱為 "GPH" 之本文檔，而顯示出地層剖面之圖形。

茲例示如圖4.43。



X = 366556  
Y = 6777995

X = 361795  
Y = 6777983

X = 361747  
Y = 6777985

圖4.43 地層剖面圖

## 第五章 大地工程(鑽探、試驗)資料庫新版本

### 5.1 GEDBS 軟體更新

由於微電腦科技日新月異，其相關軟體之壽命也隨之縮短。GEDBS原先採用之系統軟體DOS 3.3版和主要應用軟體AutoCAD 2.6i 已經發展至 DOS4.0版和AutoCAD R10i版。為了方便未來軟體之採購以及擴大系統功能本期計劃之主要工作之一乃為測試該二最新版本在GEDBS之適用性。

DOS3.3版只能處理32 MB之硬式磁碟機，而4.0版之DOS 可完全控制 40 MB之硬式磁碟，不必將其分割成二磁碟槽，檔案存放空間因而加大。經測試結果，原有之 GEDBS 不必經過任何修改即可使用。

與 GEDBS 有關之AutoCAD R10i版和 2.6i版之不同處，在於兩者對於數據資料之格式不同，因此，GEDBS 內之部份程式須加以修改。同時，使用任一版之AutoCAD 皆須先將原廠提供之ACAD.PAT 檔(即剖面圖案定義檔)附加部份本系統之程式方能順利繪製地層剖面圖。

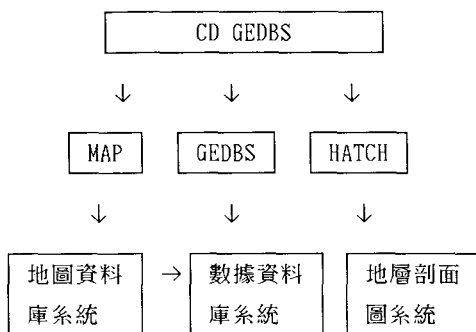
此外，本期工作尚引進一應用軟體－圖騰第二版，使得任意時間螢幕上之圖形、文字或數據資料皆能由 EPSON LX-80，LX-86，LX-800系列或其他相容之印表機列印出來。因此，不必一定要配備繪圖儀才能使用 GEDBS。

## 5.2 GEDBS 新版本使用說明

使用圖騰第二版，DOS4.0版，和AutoCAD R-10i版之 GEDBS 時，操作步驟如下：

1. cd GEDBS，先進入 GEDBS 之子目錄下。
2. 打入 MAP 指令，即進入地圖資料庫系統，給予所欲存入的檔名則可開始選區及選鑽孔，完畢後直接進入數據資料庫系統，則可進行對鑽孔資料之處理。
3. 打入 GEDBS 指令，即直接進入數據資料庫系統，進行鑽孔資料之處理。
4. 打入 HATCH 指令，則進入地層剖面圖系統，給予所欲繪出鑽孔群之資料檔(\*.GPH)，則進行鑽孔剖面圖之繪製，完成後並可由使用者在螢幕上做進一步之操作處理。

因此 GEDBS 操作指令之流程可由下表簡述之：



若欲使用圖騰則需在進行 GEDBS 系統前先進入圖騰。圖騰為一「長駐式」之軟體，一旦叫入使用，則長駐於記憶體內，直至關機為止。

## 第六章 營建資訊中心籌設雛議

為提昇營建工程品質，加速國家建設步伐，和改善營建業體質，「營建資訊中心」之建立乃為首要之務。藉著資訊中心之建立，首先必須要求資料標準化和規格化，經由多數資料之相互檢核與淘汰可以篩選出可靠性較高之資訊，最後，迅速提供資訊之電腦庫可以縮短初期規劃之時間，提高初期規劃之準確度，以及檢核錯誤資料可能帶來之危機。因此，營建業之升級和營建工程品質之提高乃有水到渠成之勢。

營建資訊中心之設立須考慮下列數項要素：

1. 中心名稱
2. 組織型式
3. 人員結構
4. 設備地點
5. 資料蒐集
6. 儲存整理
7. 研究服務

中心名稱之確立實含發展目標之肯定。大地工程（鑽探、試驗）資料庫系統乃為現階段之首要工作，然而與營建工程有關之大地工程尚有基樁、地錨、施工開挖、土工織物、祛水設備……等等項目，當本計劃進入成熟階段時，或中心之人力設備充分時皆當一一擴展開來。除了大地工程以外，建築工程工料分析基準，建築施工檢驗及安全管理，混凝土品質評估，污染公害，消防安全設備，都市地震災害等項目經過研究分析後之成果皆應予以電腦化以為提昇營建品質之利器，本報告暫時以「營建資訊中心」一詞定義之，正式之名稱尚待決策後決定之。

營建資訊中心之組織端視中心之型態而定，意即中心為一獨立單位或附屬於建築研究所內為決定之關鍵。惟固定之工作人員與設備乃為推展人心業務不可或缺的要件。中心之工作人員除必要之行政人員以外，應成立功能不同之諮議委員會針對每一類資訊進行評審和規劃之實質工作，此委員會可促進資料品質之提昇和工作方向之定位。

營建資訊中心之創立目的在於有效整合營建資料，整理分析與儲存資料使成資訊乃為中心之主要工作項目，因此，資料蒐集之方法，資料儲存之技巧，以及資訊提供之方式勢須列為經常性之工作項目，隨時加以檢核，研究和發展。此類工作可以考慮部份委託學術或專業機構以收事半功倍之效。

## 第七章 結論與建議

### 7.1 結論

土壤層次之分類尚為一相當藝術性之大地工程工作，處理此類問題，恰為專家系統之特色。經由可行性研究分析以及雛形發展模式實驗，透過人工智慧的字串辨識理論及其修正理論，再利用邏輯語言Prolog所建造的推理機構，經由反覆的測試。顯示出專家系統在土層剖面之運用，是一種極為可行之方法。

大地工程(鑽探、試驗)資料庫( GEDBS )之新版本使用DOS 4.0版， AutoCAD R-10i 版只須加以簡單之修改，而加用圖騰軟體之後，繪圖功能加強而硬體設備可以不必具備繪圖儀。

### 7.2 建議

經過三個階段之工作發現，資料蒐集與整理成為最耗時費力之事，電腦建檔之人力已因 GEDBS之完成而減少至最低限度。因此，未來工作之優先次為建議如下：

1. 建立法規，以為蒐集資料之依據。
2. 資料來源確立，以為全程規劃之張本。
3. 全程規劃，以確立中心之長程工作內容。
4. 實質建檔，以發揮中心功能。
5. 研究發展，以提昇中心品質。
6. 設備採買，以建立首期工作設備。

經由下一階段之籌備規劃，當可看出較具體之營建資訊中心。

## 參考文獻

### 中文部份

- (一)李咸亨, " 統一土壤分類新表", 營建工程技術, 第十期, 1987, 5月。
- (二)林福來, " 離散數學初步", 國立編譯館, 1983, 6月。

### 英文部份

- (1) Gerard " The Role of Expert Systems in Producing Log Interpretation Software", Expert System, 1984, Vol. 1, No. 1
- (2) Reid和Robert "The Design of the Dipmeter Advisor System " Proceedings ACM '84 Annual Conference, 1984, Oct.
- (3) Reid " On the Development of Commercial Expert System", The AI Magazine, Fall, 1984.
- (4) G. M. Zivy , " The Role of Expert System in Producing Log Interpretation Software", Expert System, Vol. 1, No. 1, 1984.
- (5) A. V. Aho and T. G. Peterson, " A Minimum Distance Error-Correcting Parser for Context-Free Languages ", SIAM, comput. 4, 1972.
- (6) K. S. Fu, " Syntactic Pattern Recognition and Applications", Prentice-Hall, 1982.

- (7) R. G. Smith and R. I. Young, " The Design of Dipmeter Advisor System" Proceedings ACM'84 Annual Conference , 1984.
- (8) R. G. Smith, " On the Development of Commercial Expert System " , The A. I. Magazine, Vol. 5, No. 3, 1984.
- (9) E. Rich, " Artificial Intelligence" , McGraw-Hill , 1983.
- (10) G. Shafer, " A Mathematical Theory of Evidence" , Princeton, 1976.
- (11) S. M. Weiss and C. A. Kulikowski, " A Practical Guide to Designing Expert System" , 松崗書局, 1985.

## 大地工程地質資料庫之建立（第三階段）期中簡報會議記錄

一、時 間：七十八年三月八日（星期三）上午九時三十分

二、地 點：營建署會議室

三、主 席：張副署長世典                      記 錄：毛 榮

四、出席人員：

### （一）專家學者

朱子豪、李建中、林昌佑、林真在、林憲意、孫志鴻、  
黃榮傳、黃南淵、葉超雄、潘國樑、龍天立

（以姓名筆劃為序）

### （二）營建署

張德周、詹啓源、陳益昭、陳伯順、毛 榮、游輝禎  
許永卿、王文安、鄧本駒

### （三）營建中心

李咸亨、林玉斌

五、建研小組張執行秘書德周報告：

「大地工程地質資料庫之建立（第三階段）」計畫說明（略）如附件

六、結論與建議

### （一）共同看法

本計畫對公共工程安全性之提高，以及大型建設之規劃  
都有極大的助益。在實施方式上應用資訊科技提供對業界的  
服務，是一項嶄新的創舉。

## (二)資料搜集建檔方面：

- 1、本計畫先進行鑽探資料之建檔，將來可配合斷層等地質資料，以建立完整的資料庫。
- 2、現有資料數量、決定將來資料建檔規模，應預作調查，並建立資料搜集管道。
- 3、資料品質要過濾，並分出等級。
- 4、建檔表格須要標準化。
- 5、對新增資料的搜集要有一套系統化的方法。

## (三)硬體、軟體需求方面：

- 1、考慮採用光學掃描系統，增進輸入效率。
- 2、採用個人電腦及 DBASE，將來資料庫的推廣較容易。
- 3、要與國土資訊系統相容，使彼此資料能夠流通。

## (四)專家系統方面：

- 1、專家系統應先就必要性及其效用分析。
- 2、從使用者觀點而言，可靠度是一項重要的先決條件。
- 3、建立知識庫要吸收各專家的經驗，既有土壤調查報告也是知識庫資料來源。
- 4、專家系統設計所用程式語言的選擇的兩項因素：(1)是否能在中文狀態下使用。(2)是否能應用於專家系統所要解決的複雜問題。
- 5、專家判斷標準不一，系統將提供多位專家之推論法則，由使用者選擇採用。

## 七、主席結論：

資料庫之建立是一項前人種樹，造福後人的工作，也是一項長期性的工作，謝謝執行單位賣力的投入本項研究，同時謝謝各位專家、學者提供的寶貴意見。下一年度開始本署將從台北市開始進行初步建檔工作，還請各位繼續支持、指教。

大地工程地質資料庫之建立－第三階段  
期末簡報會議記錄

- 一、時 間：七十八年六月二十四日（星期六）上午十時  
二、地 點：營建署建研小組會議室  
三、主 席：張執行祕書德周 記錄：毛 犛  
四、出席人員：

（一）專家學者

王慶煌、林憲意、孫志鴻

（二）營建署

丁育群、陳伯順、江文卿、洪君泰、毛 犛、游輝禎

（三）營建中心

李咸亨、林玉斌

五、建研小組報告：

- （一）「大地工程地質資料庫之建立－第三階段」計畫說明（略）如附件  
（二）「大地工程地質資料庫之建立－第三階段」執行概況說明（略）如附件。

六、期末簡報：

- （一）李咸亨教授：「大地工程地質資料庫之建立」（略）  
（二）林玉斌教授：「專家系統在土層剖面圖之運用研究」（略）

七、討論與建議：

（一）建立大地工程鑽探試驗資料庫之功能

- 1、資料庫的建立對土壤液化及地震災害的預測有很大的幫助。
- 2、過去對地下水污染、地下層下陷的調查、研究一直感到資料欠缺，如能建立資料庫，可作正確的評估，進而採取行政措施補救或防範。
- 3、公共工程初期規劃的地質調查費時甚多，建立資料庫可供選址、選線的參考，加速建設的進度。

- 4、建築管理的禁建、限建措施，應有充分的資料作為依據，減少施行時的阻力。
- 5、建照審核時對於鑽探報告部分如有資料可供參考，可加強管理功能。
- 6、山坡地的開發需要有地質資料作開發計畫的根據，以防範山坡地災害，同對土地作最有效利用。

## (二)專家系統方面

- 1、專家系統所作推論與人為判斷之地層，應多作幾次測試比較。
- 2、地層分析目前只做兩點之間的分析，將來要做到三度空間的分析。

## (三)計畫配合方面

- 1、本案後續計畫「建立大地工程鑽探、試驗資料庫系統」是歷年來國科會審核土木方面第一項重要科技計畫，後續計畫內容、經費需求、計畫步驟要詳細。
- 2、本研究所作的資料庫與其他地理資訊以分散方式建立將來可以納入經建會所作國土資訊系統，成為完整的架構。
- 3、資訊庫應能與 Arc/Info軟體相容，以與其他地理資訊交換資料。

## 八、主席結論：

建研所籌備小組的基本工作是進行籌備工作，同時行政院指示我們就目前建築方面已發生的問題進行研究。我們做的研究要和學校建築研究所區別，也就是我們的研究要落實，要能反應在法規的制定，修訂以及實際應用。「建立大地工程鑽探、試驗資料庫」計畫資料來源是以申請建築執照之鑽探報告及公共工程之地質調查為主，這方面資料多年來沒有一個單位出面集中整理，在我們為本案舉行的多次座談會，學者、專家一直呼籲有需要儘速搜集資料建檔，以免資料散失。在下期計畫中首先要調查資料來源及研究資料搜集法令配合，為後續工作建立良好的基礎。

謝謝各位專家學者及本署同仁提供寶貴的意見，作為本研究改進之參考。

# 大地工程地質資料庫之建立 — 第三階段 專家系統在土層剖面圖之運用研究

李咸亨\*      林玉斌\*\*

研究助理：張澤南

兼任助理：劉任適 陳維達

陳鴻益 羅勝元

行政助理：賴燕琴 詹淑慧

委託單位：內政部營建署建築研究所籌備小組

主辦單位：國立台灣工業技術學院營建工程技術系

執行單位：財團法人台灣營建研究中心

\* 國立台灣工業技術學院營建工程技術系副教授

\*\* 國立台灣工業技術學院工業管理技術系副教授

中華民國七十八年六月三十日

# 摘 要

關鍵詞：土壤分層、專家系統、推論機

探勘資料之解釋，至今仍是一門內部爭議頗多且規則多變之學術領域，其解釋模式之設計及為結合計算機程式和試驗成一整體之高度實驗性之過程。因此，以傳統程式設計的技術方式不適合發展出令人滿意的資料解釋系統，唯有目前專家系統之技術才可能提供令人滿意之解釋能力。

本研究修改了人工智慧裡 Aho與Peterson之字串辨識理論，以建立一種能滿足土壤分層專用之格式辨識方法，作為「土壤分層專家系統推論機」之基礎。本推論機係利用PROLOG邏輯語言重新外建之推論機，其主要的組成為土／岩對等值與層次相似值之比對，層次細分與鄰孔之比對，多孔層次的比較匹配，及土層劃分之決定。報告所討論之系統，主要功能是使用知識庫內之專家經驗來處理同一孔之土壤分層和研判孔與孔間之連結分割問題。為了達成目的，同一孔在分層時，必須同時考慮到鄰近孔之土質特性與匹配狀況，以決定土壤之分層型態。

本報告同時討論 AutoCAD新版(10i版)於GEDBS之使用，並提出建立全國大地工程資訊中心之構想，以及實施要項。

# Abstraction

Keywords : Stratification, Expert System,  
Inference Engine.

A purpose-built pattern recognition method, modified from the string pattern recognition by Aho and Peterson, is suggested in this articles for stratification pattern recognition. Using this pattern recognition system, an outside building inference engine is developed with PROLOG. The major components of this infereenc engine are comparison of soil/rock and similarity of two layers, refinement of one layer and matching of two holes, matching of multi-holes and determination of layers.

Refinement of GEDBS is also discussed. At end, suggestions for a center to administrate the whole work about Geotechnical engineering databank are presented in the report.

# 目 錄

|                    |       |     |
|--------------------|-------|-----|
| 摘 要                | ..... | I   |
| 目 錄                | ..... | III |
| 第一章 前言             | ..... | 1   |
| 第二章 土壤分層與專家系統之架構   | ..... | 2   |
| 2.1 整體架構           | ..... | 2   |
| 2.2 知識擷取模組         | ..... | 4   |
| 2.3 知識庫            | ..... | 5   |
| 2.4 推論機            | ..... | 6   |
| 2.5 理由解釋介面         | ..... | 6   |
| 2.6 資料擷取轉換模組       | ..... | 7   |
| 2.7 圖形顯示介面         | ..... | 7   |
| 第三章 土壤分層專家系統推論機之設計 | ..... | 8   |
| 3.1 推理機設計策略之研究     | ..... | 8   |
| 3.2 相關匹配理論之研究      | ..... | 10  |
| 3.3 鑽探基本資料之表達      | ..... | 12  |
| 3.4 土／岩對等值與層次相似值   | ..... | 13  |
| 3.5 層次細分與鄰孔之比對     | ..... | 15  |
| 3.6 多孔層次的匹配        | ..... | 20  |
| 3.7 層次的劃分與合併       | ..... | 22  |

|      |                         |    |
|------|-------------------------|----|
| 第四章  | 土壤剖面分析專家系統設計 .....      | 24 |
| 4.1  | 交談界面 .....              | 25 |
|      | (1) 土層分析子系統 .....       | 26 |
|      | (2) 土層相似性測試系統 .....     | 30 |
|      | (3) 土層分割測試子系統 .....     | 37 |
|      | (4) 鑽孔匹配測試子系統 .....     | 39 |
| 4.2  | 資料庫料粹取系統 .....          | 54 |
| 4.3  | 鑽孔剖面圖顯示界面 .....         | 54 |
| 第五章  | 大地工程（鑽探、試驗）資料庫新版本 ..... | 56 |
| 5.1  | GEDBS 軟體更新 .....        | 56 |
| 5.2  | GEDBS 新版本使用說明 .....     | 57 |
| 第六章  | 營建資料中心籌設構想 .....        | 58 |
| 第七章  | 結論與建議 .....             | 60 |
| 7.1  | 結論 .....                | 60 |
| 7.2  | 建議 .....                | 60 |
| 參考文獻 | .....                   | 61 |
| 附錄一  | 期中會議記錄 .....            | 63 |
| 附錄二  | 期末會議記錄 .....            | 65 |