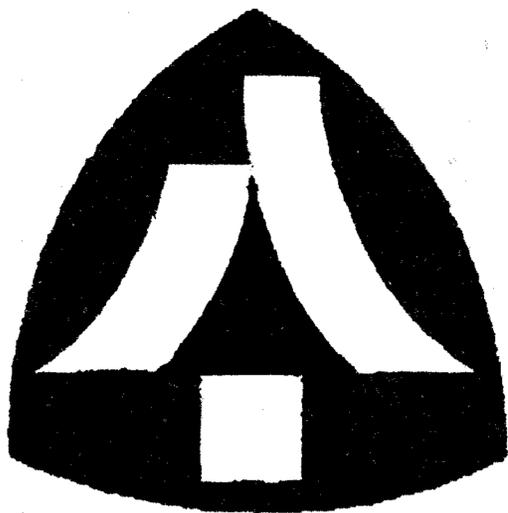


臺灣省政府農林廳林務局保育研究系列—87-11 號

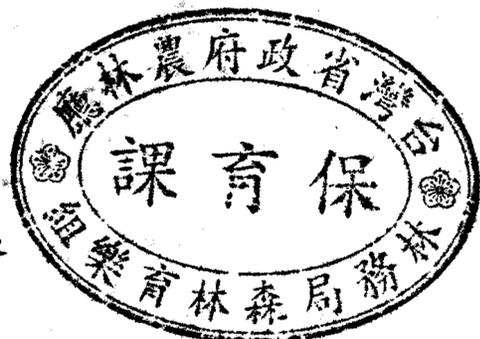
三義火炎山自然保留區地形變遷 模式變化研究



補助機關：行政院農業委員會

委託機關：林務局新竹林區管理處

執行單位：國立台灣大學森林航空攝影測量學研究室



中華民國八十八年元月

三義火炎山自然保留區地形變遷 模式變化研究

陳永寬 詹進發 葉堃生

補助機關：行政院農業委員會

委託機關：林務局新竹林區管理處

執行單位：國立台灣大學森林航空攝影測量學研究室

中華民國八十八年元月

目 次

壹、	前言	-----	1
貳、	計劃目的	-----	1
參、	研究材料	-----	2
肆、	研究方法與步驟	-----	2
伍、	結果分析	-----	8
陸、	結果討論	-----	20
柒、	結論	-----	22
捌、	參考文獻	-----	24

三義火炎山自然保留區地形變遷模式變化研究

陳永寬* 詹進發** 葉堃生***

壹、前言

火炎山自然保留區位於台灣中西部，大安溪下游北側，屬於國有林班地大安事業區第三林班。火炎山之主峰海拔高約 600 公尺，整個地形由許多尖銳小山峰組成，起因於地質特殊，地表沖蝕作用明顯，使得該地區山勢陡峻，加上礫石岩層脆弱，土質粗鬆，歷經豪雨沖蝕及強勁季節風吹襲切割，故而形成數條深而窄的山谷。南向較明顯的共有五個由北朝南的支系。谷內堆滿卵石，平時無水，形成乾涸卵石河床。

該地區之植物社會主要為原生馬尾松直群，但因生育地地表沖蝕頻繁而遭破壞，故多分布於嶺線與峭壁之上。目前於峭壁上可發現多量馬尾松天然下種苗，使該地區的特殊地形、地貌及生態系景觀彌足珍貴。

動物資源受該地區特殊地形以及具區域代表性闊葉林相影響，種類相當豐富，其中以蝴蝶資源與鳥類資源為最具價值之自然科學教育素材。（行政院農委會苗栗三義火炎山自然保留區執行報告）

惟目前在保留區與中苗六線道路間，有一狹長河床地，其中參雜有部分私有地。近年來在其東側設立了兩家頗具規模的砂石廠，西側靠近苑裡鎮之水門與保留區毗鄰處則有一間廟宇，兩者均以蠶食方式占用河床地，對火炎山之景觀影響頗鉅。（80 年執行報告第 007 號）

本計劃蒐集該區歷年航空照片，藉助數位航測技術生產數值地形模型，並以所生產之數值地形模型資料，量化推估歷年地形變遷，建立相關模式，評估目前仍在進行中的地表沖蝕作用對全區地形變遷的影響，以作為未來經營決策之參考。

貳、計劃目的

1. 以歷年航空相片量測製作數值地形模型，估算歷年實際土石流量及地形變遷情形。
2. 預測往後數年土石流及其他地形變化，供經營管理參考之用。

* 臺大森林學系教授

** 博士後研究，美國科羅拉多州立大學博士

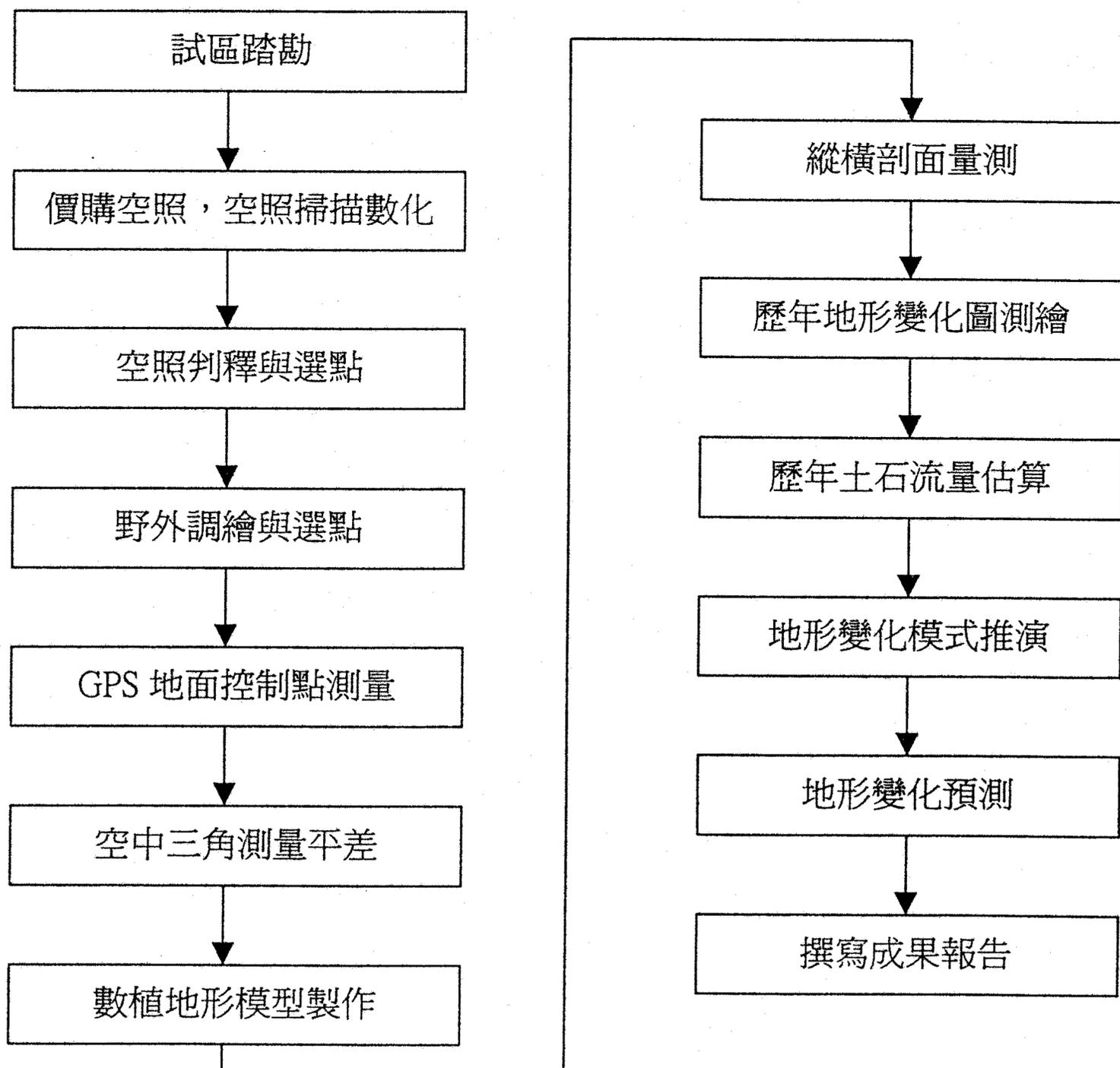
*** 臺大森林學研究所研究生

參、研究材料

向農林航空測量所價購 66、72、74、75、78、81、82、84、87 九期航空相片，其中 72、75、78、81、84 等五個年度之航空相片，初步使用結果，發現相片前後重疊比率過低，視差過大難以精確量測，無法符合本研究用途之精度需求，故捨棄之。本研究僅選用 66 年 11 月 11 日、74 年 7 月 30 日、82 年 8 月 3 日、87 年 3 月 9 日拍攝之四期航空相片，此等相片當初乃為製作像片基本圖而拍攝，其航高約 2800 公尺，相片比例尺約 1/18000，前後重疊比率約 80%，品質較佳，經委託農林航空測量所以每一像元十五微米 ($15\mu\text{m}/\text{pixel}$) 之解析度，即相當於每一英吋 1680 個像元點，掃描數化成數位影像檔供用。

肆、研究方法與步驟

探討地形變遷須使用到各個不同年度的地貌歷史資料，此等資料唯有航空相片得以忠實記錄之。本研究即使用數位航空測量技術，先獲取試區各年度三度空間資料後，再進行各項空間資料分析。其研究流程如圖一。



圖一、研究流程圖

一、GPS 地面控制點測量

以禁山(CP063)，座標(218501.0144m，2701473.5616m，166.2650m)，與楞子湖(CP086)，座標(226182.0639，2697368.0842，549.0700)，兩已知三角點為基站，利用 Leica 9400 GPS 測量經選定之七地面控制點，以 1967 地球原子按 TM 二度分帶進行差分處理，求得各點直角座標如下：

@#aa01(223404.4585m，2694951.6936m，214.2491m)

@#aa02(223369.0481，2694702.8347，183.0273)

@#aa03(223080.2482，2694718.2189，190.6934)

@#aa04(221897.1443，2694691.4356，165.6687)

@#aa05(221023.4073，2695056.0355，151.9367)

@#aa06(221110.7019，2695749.3254，194.5502)

@#aa08(223803.3136，2695424.9191，249.8437)

二、空中三角測量平差

1.內方位量測

內方位量測 (Interior Orientation, IO) 為像片定位之第一個步驟，本研究利用 ImageStation Digital Orientation (ISDO) 模組之 IO 功能，於各年度影像上精確量測像片框標點(fiducial)，據以解算像元點座標與像片座標之轉換數學式。每張像片所需量測之框標點數最少四點，量測點數如能多達八點，量測結果愈精確。實施相對方位量測之前，須先就構成立體模型之像片對完成內方位量測，否則無法進行。(Intergraph, 1995b)

2.相對方位量測

相對方位量測 (Relative Orientation, RO) 係用以解算各像主點之空間位置 (position, 即其 X, Y, Z) 以及各像片攝影姿態 (attitude, 即 ω , φ , κ)，進而決定二相鄰像片彼此間之幾何關係。本研究利用 ISDO 模組之 RO 功能，於各影像上精確量測連繫點 (tie or pass points) 與視差點 (parallax points)，連繫點與視差點均為將各影像連結成立體模型 (stereo models) 而選，連繫點盡可能分布於標準位置，視差點乃影像上易於判釋之特徵點，為使相對方位解算成果良好，連繫點與視差點至少須量測六個。量測完成之後，ISDO 模組即可由同一像點在左、右影像上之座標求得一組數學轉換式，以完成相對方位解算。

控制點與檢核點亦可當作視差點量測之，在絕對方位量測時則恢復為控制點。實施絕對方位量測之前，須先完成內方位量測與相對方位量測 (何維信, 1995; Intergraph, 1995b; Liang and Heipke, 1996)。

3.絕對方位量測

絕對方位量測 (Absolute Orientation, AO) 乃像片定位的最後一個步驟，其解算結果可以決定立體模型座標與地面座標間之關係。本研究利用 ISDO 模組之 AO 功能，於完成相對方位後之影像立體模型上，配戴偏光立體鏡觀測立體

影像，以符標（floating mark）同時對準兩張影像上之共軛點，精確測定控制點（control points）與檢核點（check points）之模型座標。

控制點為已確知其地面座標且用於 AO 解算諸點，至少須有三點，且呈均勻分布；檢核點則為已確知其地面座標而未用於 AO 解算諸點，檢核點僅供檢核 AO 解算精度之用。（Intergraph, 1995b）

絕對方位進行時，亦可以 2-D 方式逐一量測左、右影像上的共軛點，視各人作業習慣而定。

三、數值地形模型製作

試區數值地形模型，均使用經高精度掃描之航空相片影像，於 IngerterMap 6887 影像工作站上生產，搭配 PC 處理軟體 MTA 模組，可加快生產速度。其作業流程如圖二。

生產出之數值地形模型資料以 TIN 與 GRID 兩種格式儲存，其中，GRID 之資料密度為 5m x 5m，供後續利用 MTA 模組計算各種圖資之用。如地形等高線圖、地形剖面圖、透視渲染圖、土方、以及其他地形相關之計算等。

四、縱橫剖面量測

指定路徑，利用 MTA 模組由 GRID 計算地形起伏，繪製縱橫剖面圖。

五、歷年地形變化圖測繪

1. 地形等高線

指定等高距為 10 公尺，經內插程序，由 TIN 產生歷年地形等高線。

1. 透視渲染圖

依據不同之陽光投射角與強度，由 TIN 模擬歷年地景，繪製透視渲染圖。

2. 地形剖面圖

指定路徑，利用 MTA 模組由 GRID 計算產生地形剖面圖。

六、歷年土石流量估算

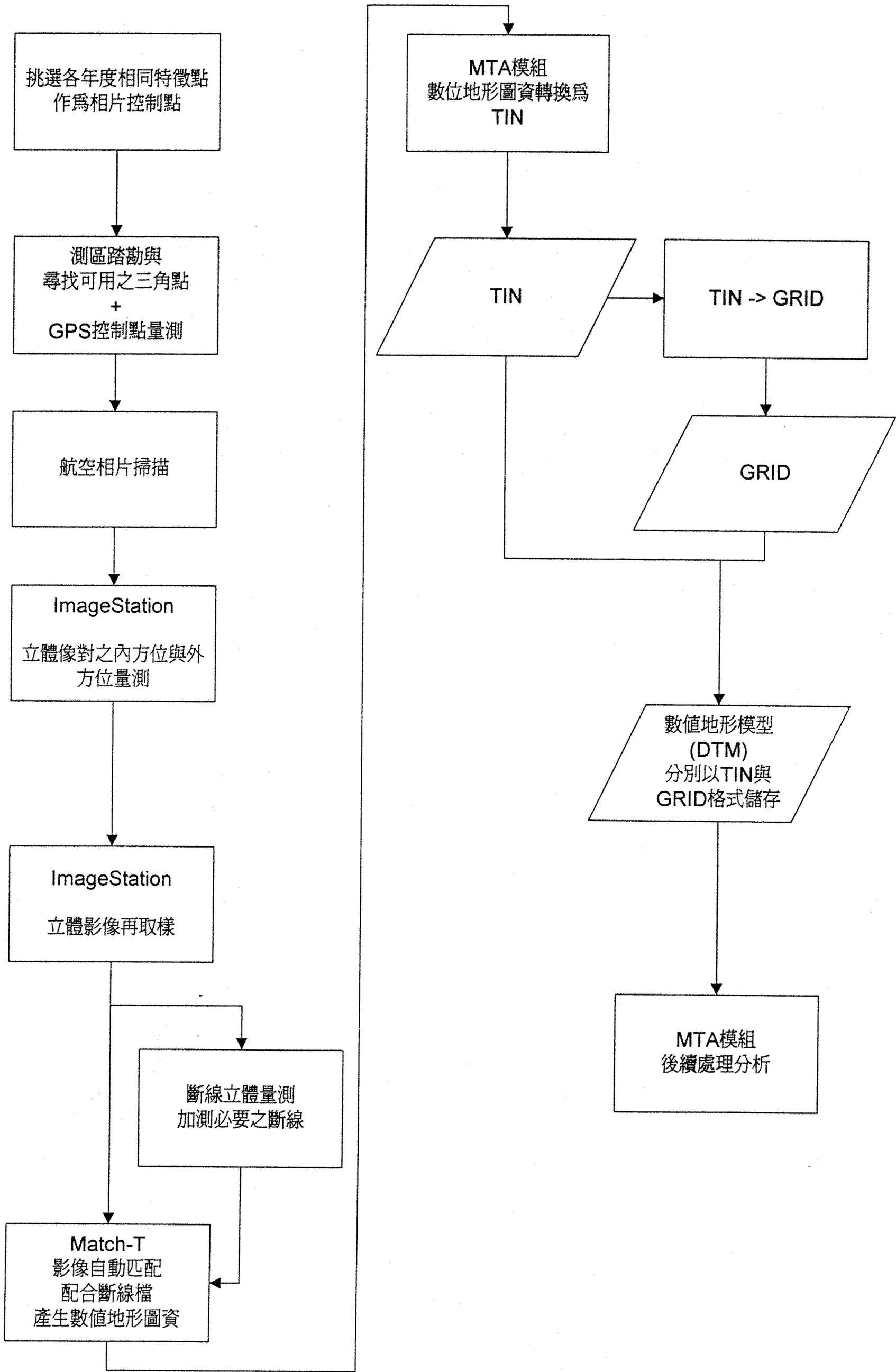
利用 MTA 模組，計算 DTM 表面至某特定高程平面之總土方量，或計算兩時期 DTM 相較時之挖方與填方。本研究即利用第二種方式，計算不同年度間之地形變化。

七、地形變化模式推演

由歷年地形變化圖推演之。

八、地形變化預測

由歷年地形變化圖推演之。



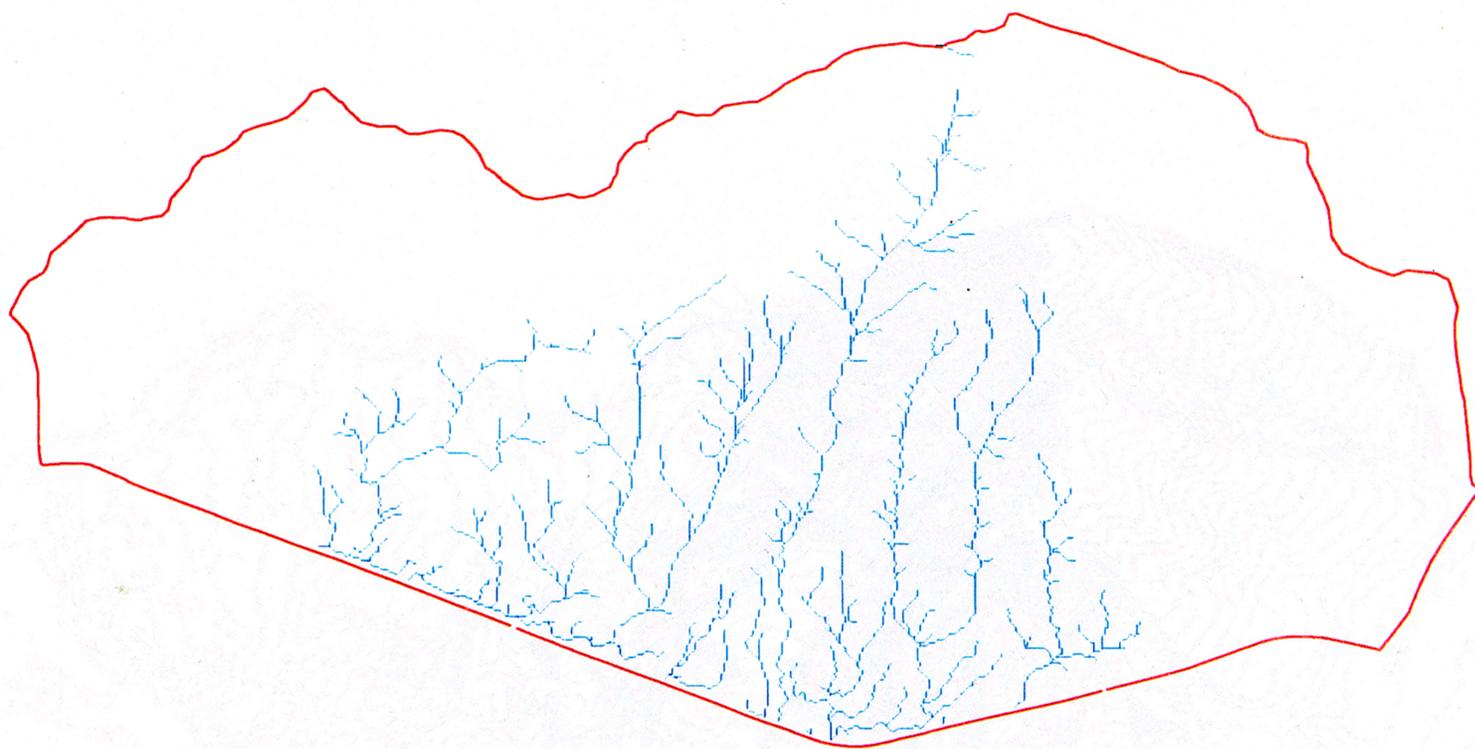
圖二、生產 DTM 作業流程圖

九、地形變遷之探討

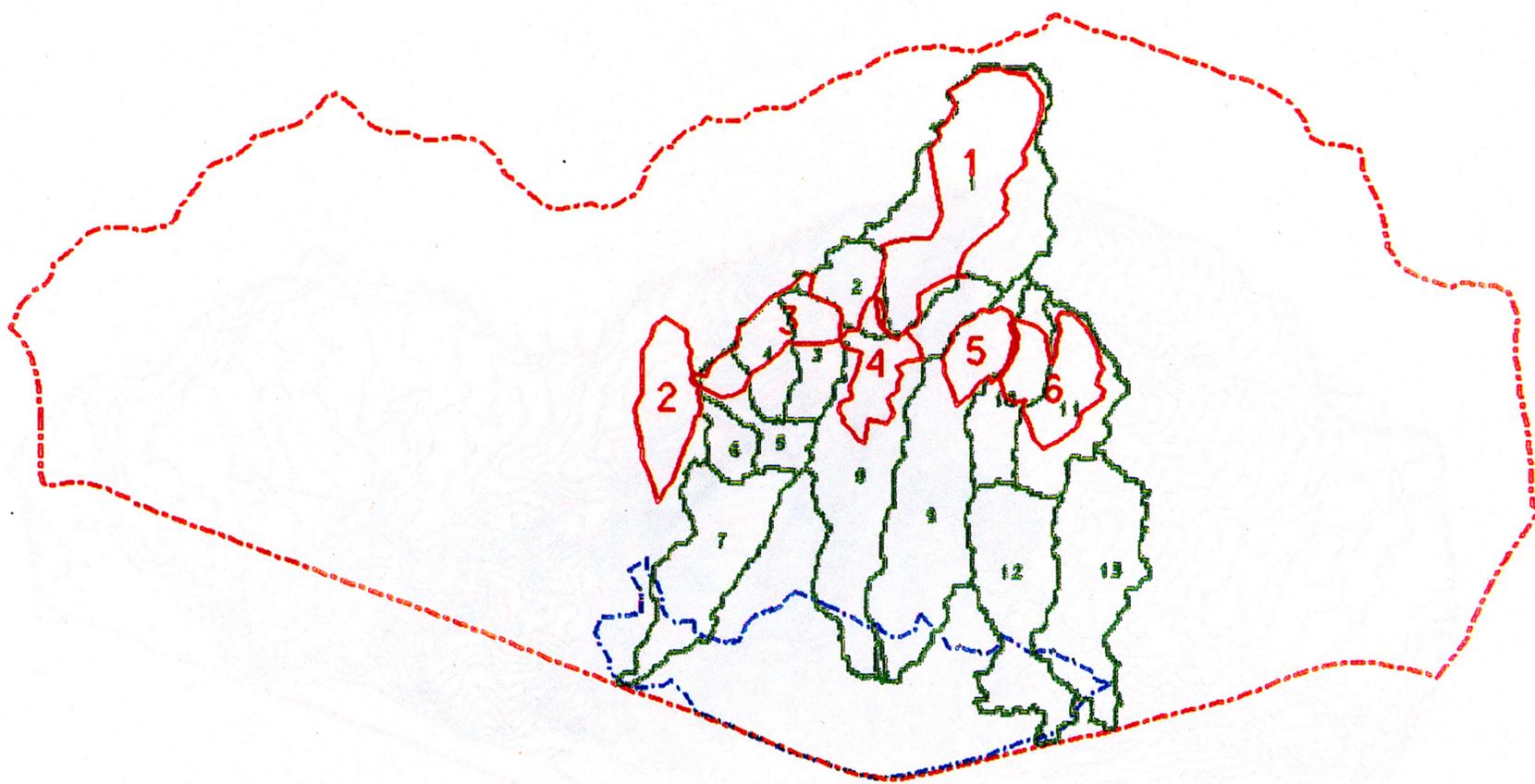
確定研究範圍後，應用 ARC/INFO 所提供之水系與集水區萃取功能，設定門檻值為 20 點，以自行研發之自動萃取程式，交由電腦分別由四個年度之 DTM 自動製作數位谷系圖與數位集水區界圖，並選定特定集水區邊界，作為計算各年度土方變化量之範圍。經計算所得之集水區界線，亦可以作為觀察向源侵蝕地景指標之一。

由於陽性樹種生長繁殖快速，部分地區各年度間之地形雖無明顯變化，然因植被干擾，致所測得之 DTM 卻不盡相同。因此，為排除其干擾，本研究使用第四級谷系萃取堆積線以上之集水區，僅挑選地被較少的代表性區塊(沖蝕溝)來計算土方變化量，其餘地區之各期土方量則固定之，應屬可靠。

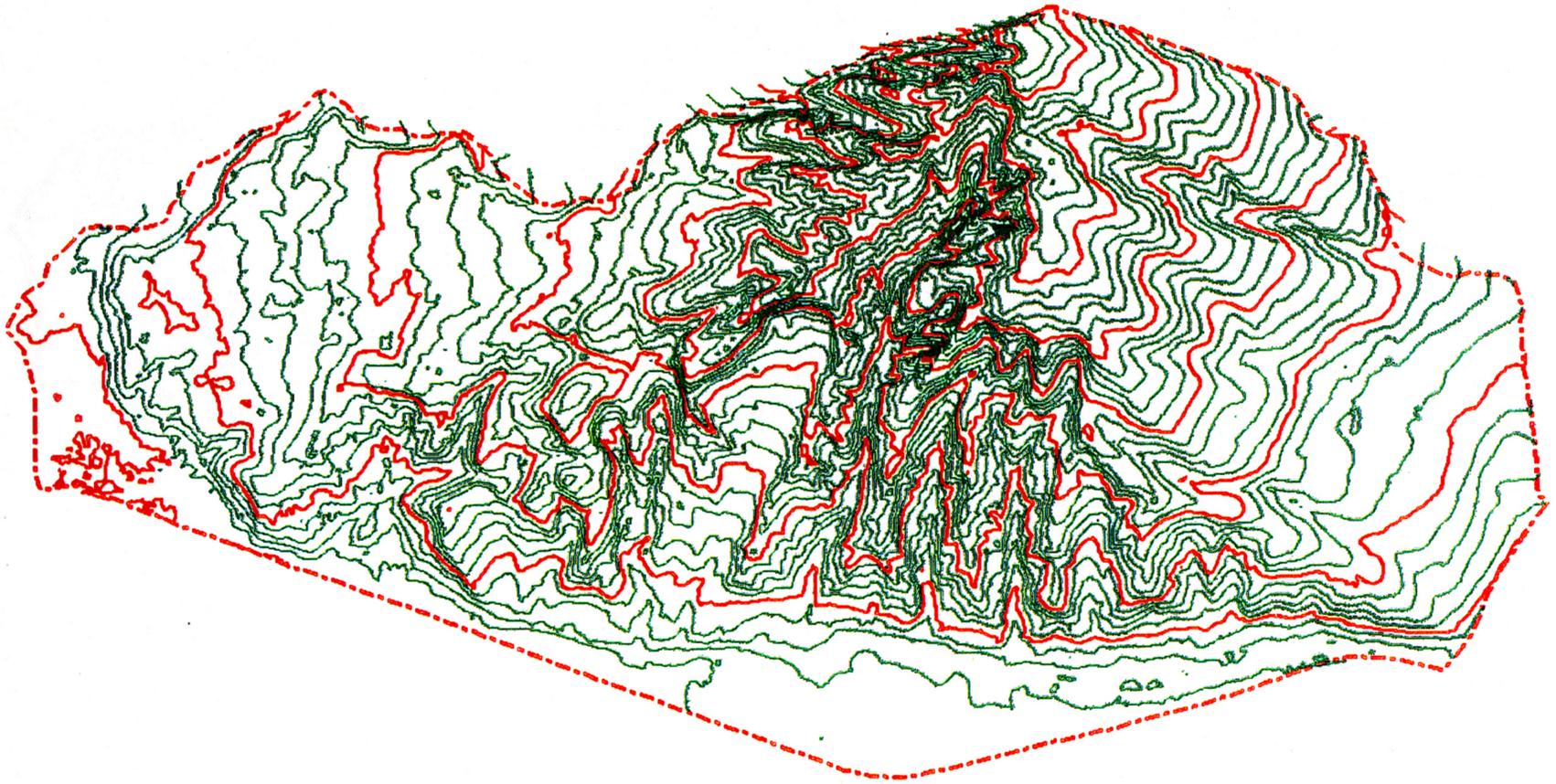
堆積線以下至中苗六線道路間之土石堆積區，由於對道路影響較為直接，故特別區劃出來計算。此區域之土方變化量，受沖蝕堆積、地表逕流、砂石開採、河岸沖蝕等影響，其土方總堆積量勢必少於上游總沖蝕量。但以中苗六線縣道於 75 至 78 年間完成，仍不失為研究全區 66 至 87 年間土方變化量之理想區界。



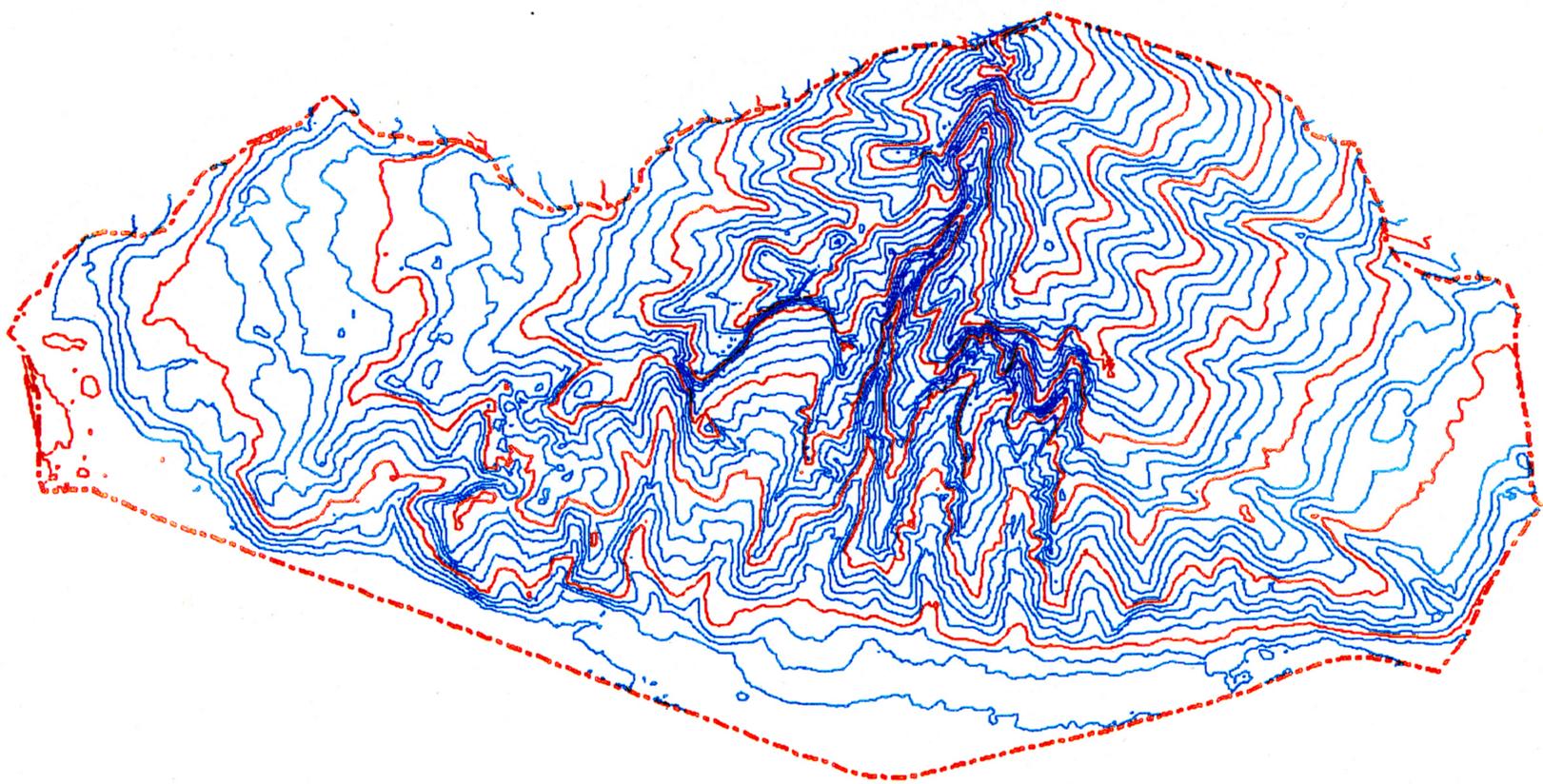
圖三(a)、電腦自動萃取之火炎山自然保留區谷系平面圖(87 年期)



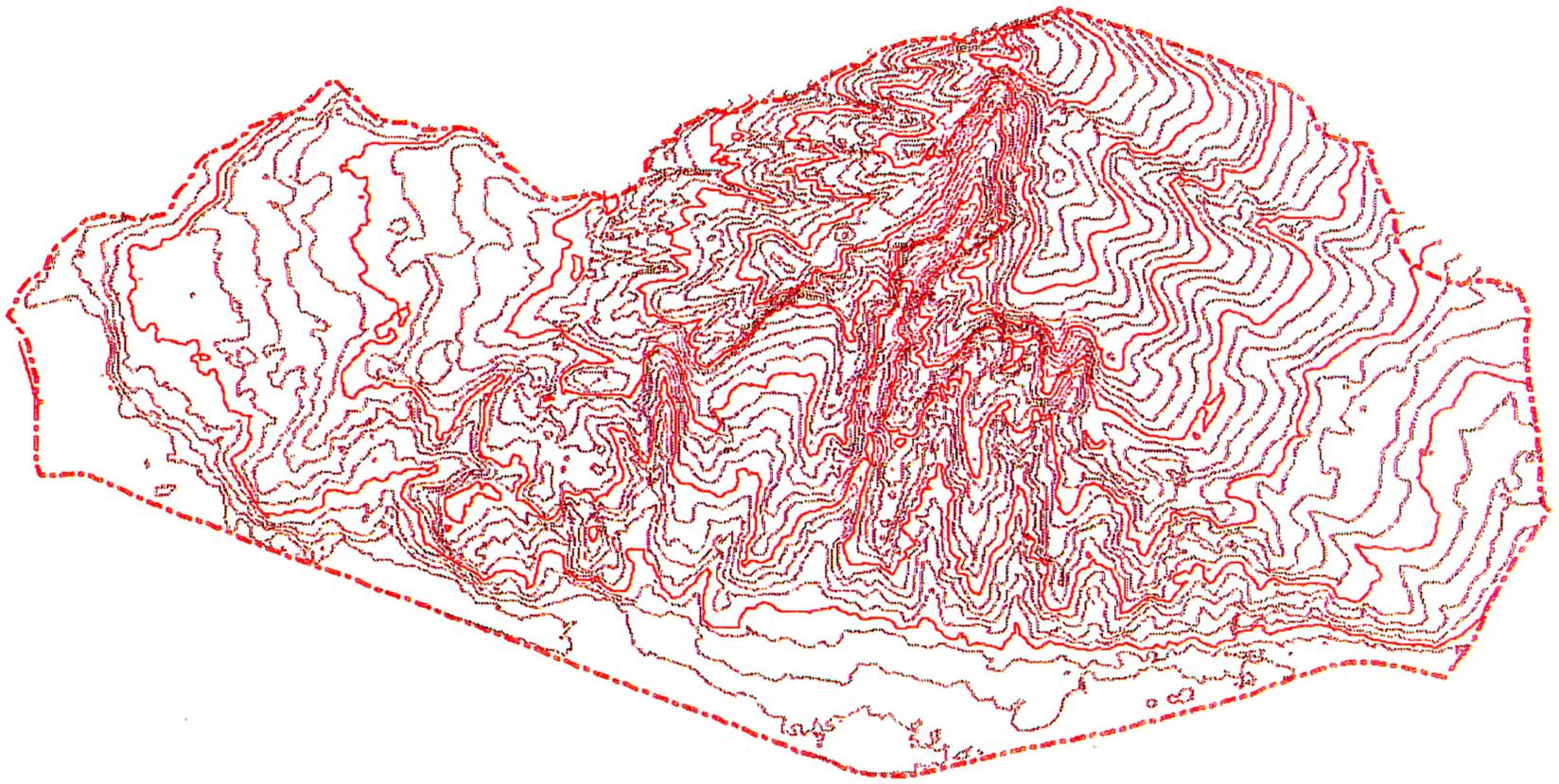
圖三 (b)、火炎山自然保留區 87 年期集水區區劃平面圖(87 年期)



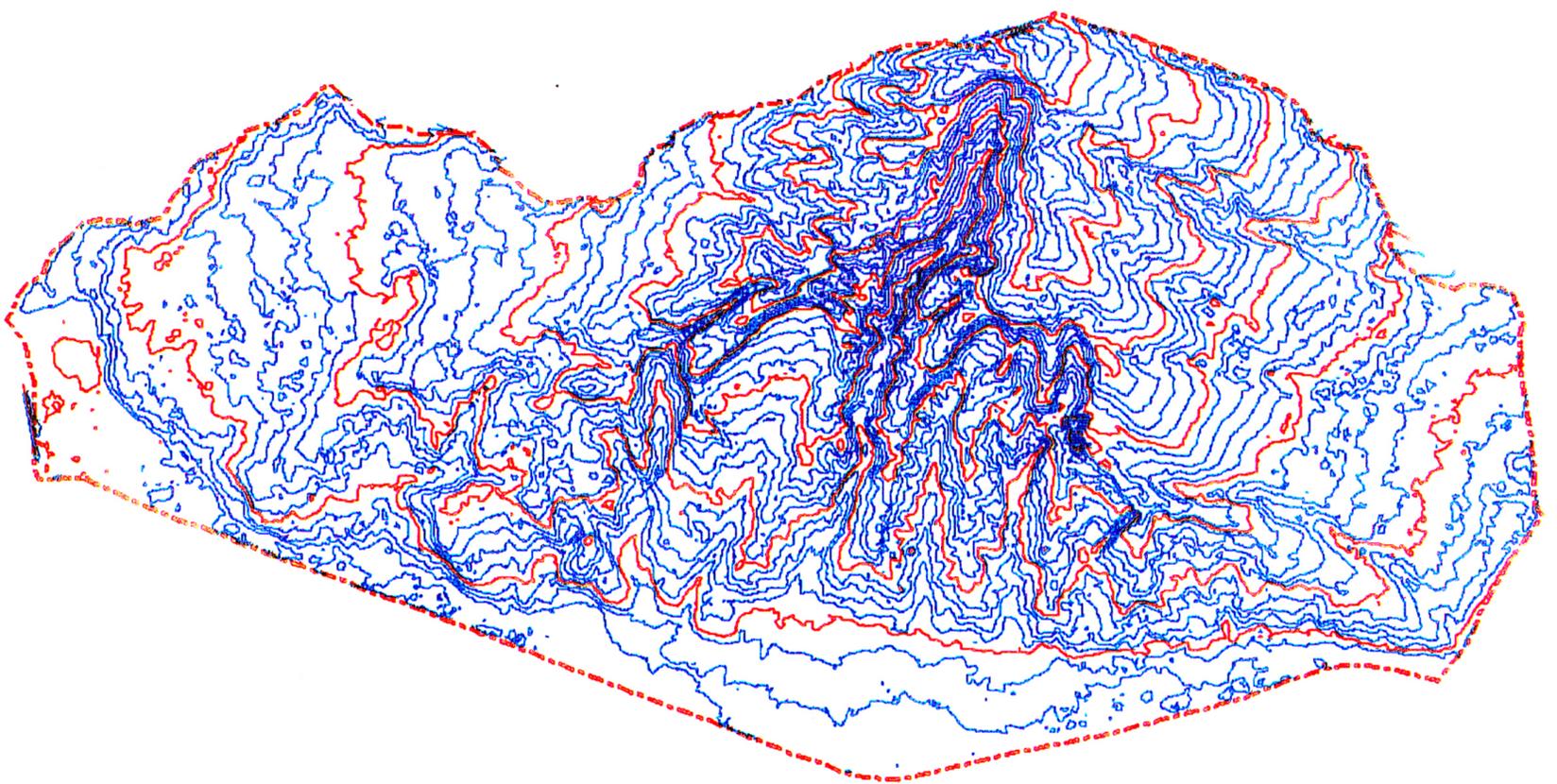
圖四 (a)、火炎山自然保留區 66 年地形等高線圖



圖四 (b)、火炎山自然保留區 74 年地形等高線圖



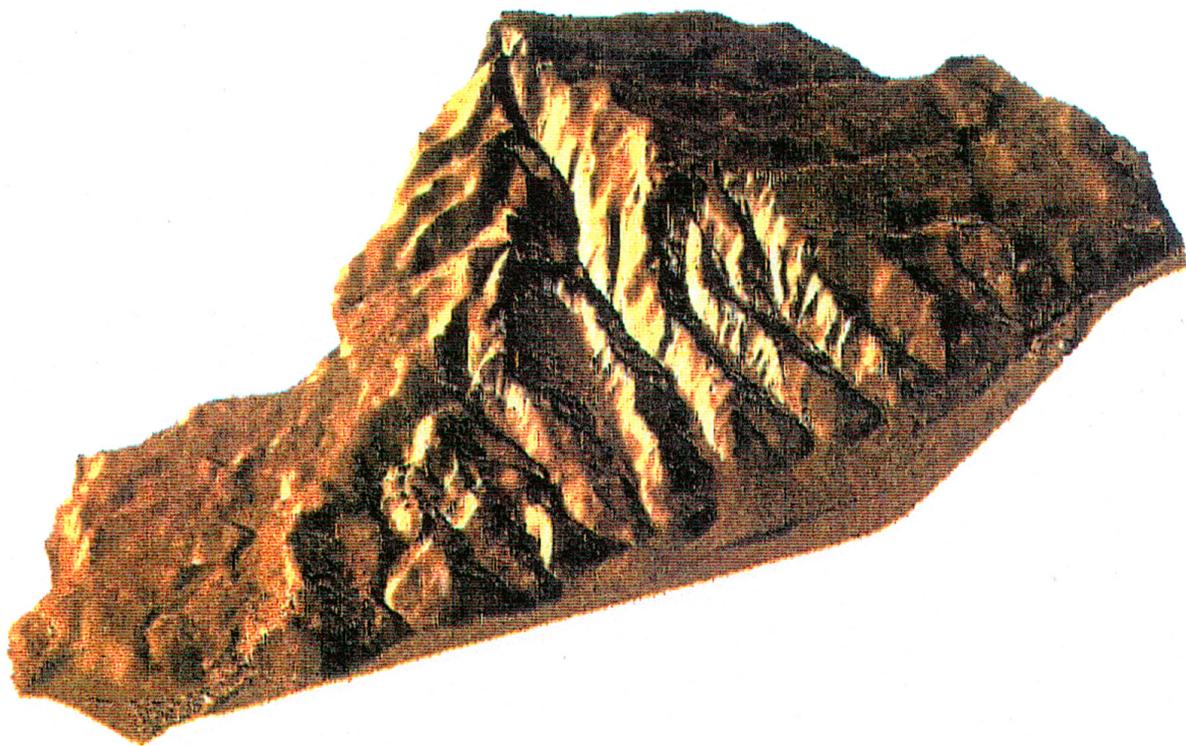
圖四 (c)、火炎山自然保留區 82 年地形等高線圖



圖四 (d)、火炎山自然保留區 87 年地形等高線圖



圖五 (a)、火炎山自然保留區 66 年期地景透視暈渲圖



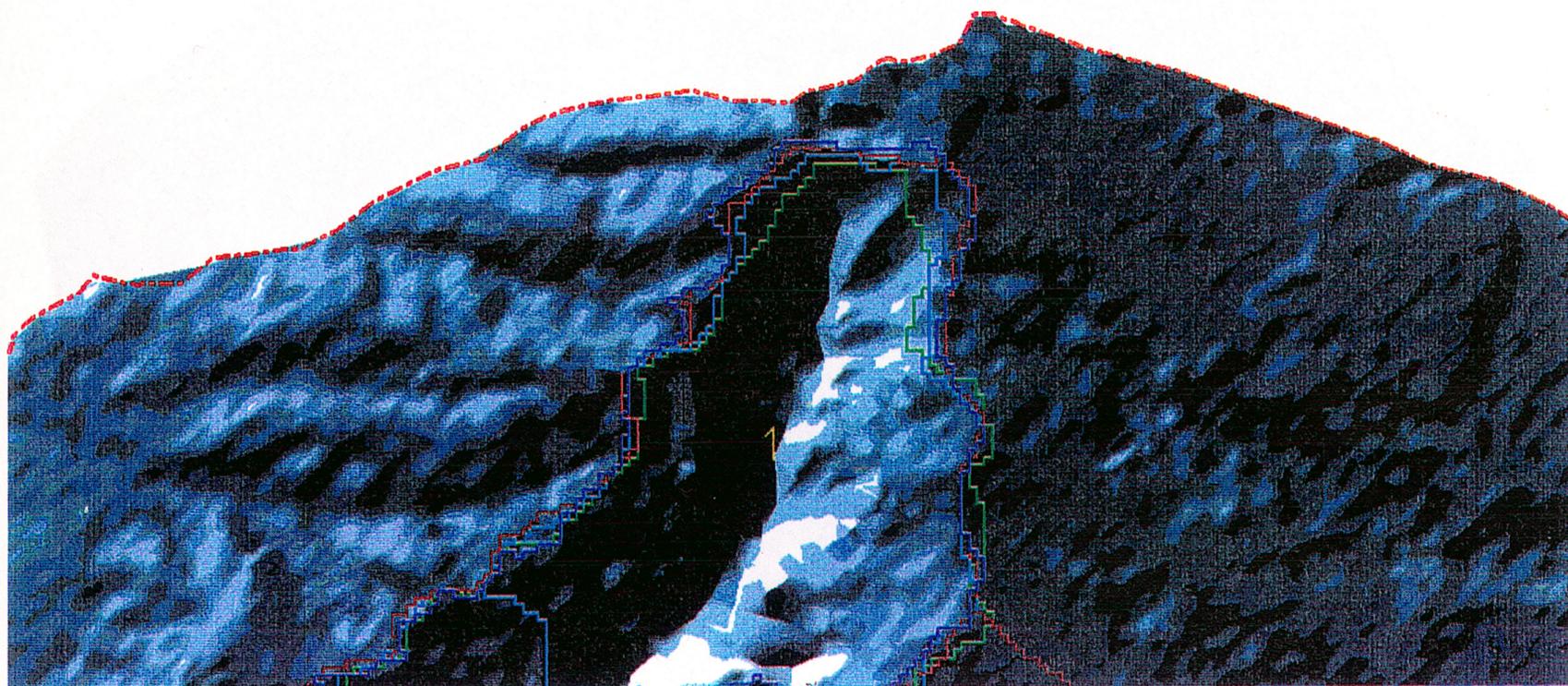
圖五 (b)、火炎山自然保留區 74 年期地景透視暈渲圖



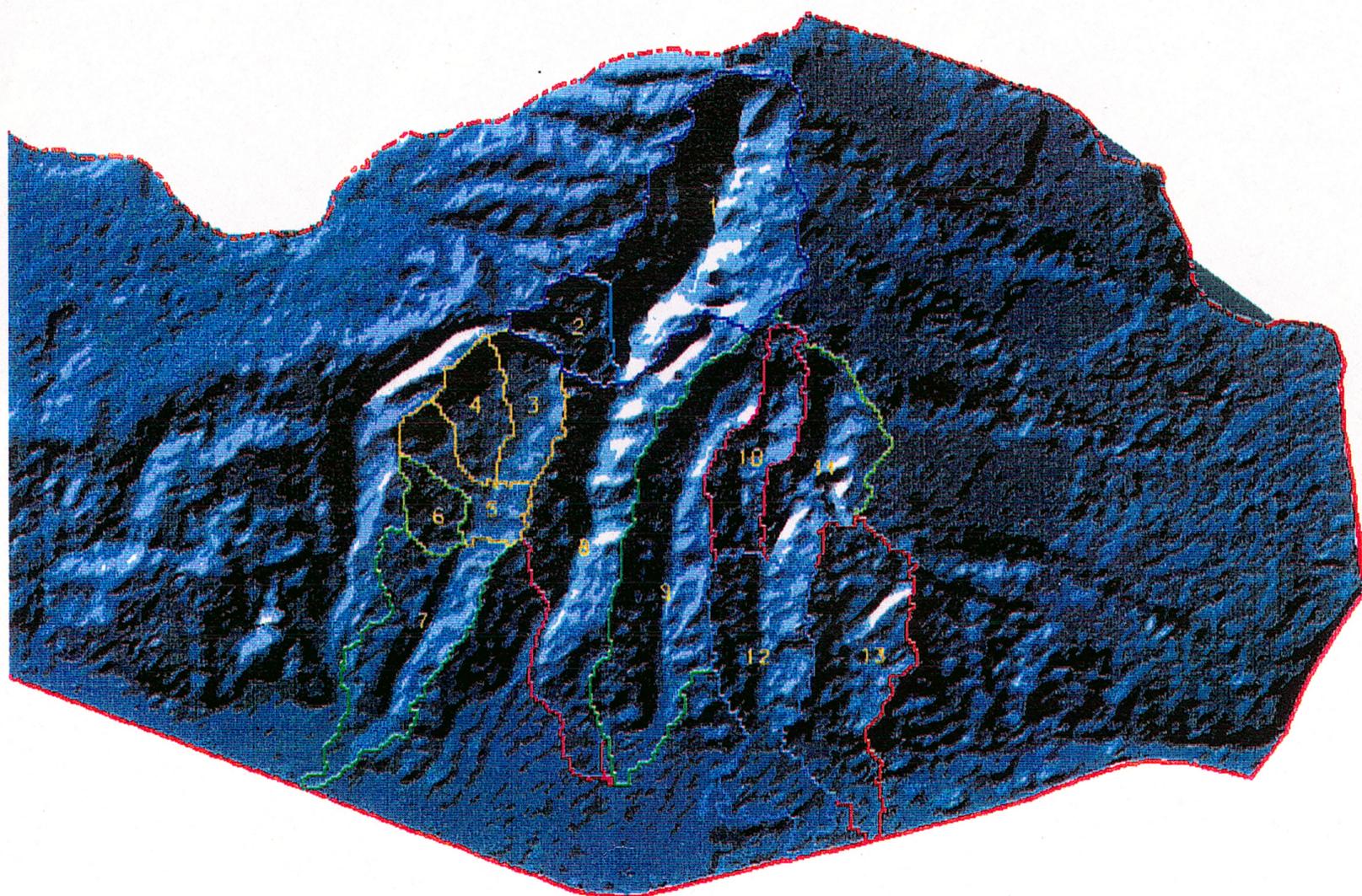
圖五 (c)、火炎山自然保留區 82 年期地景透視暈渲圖



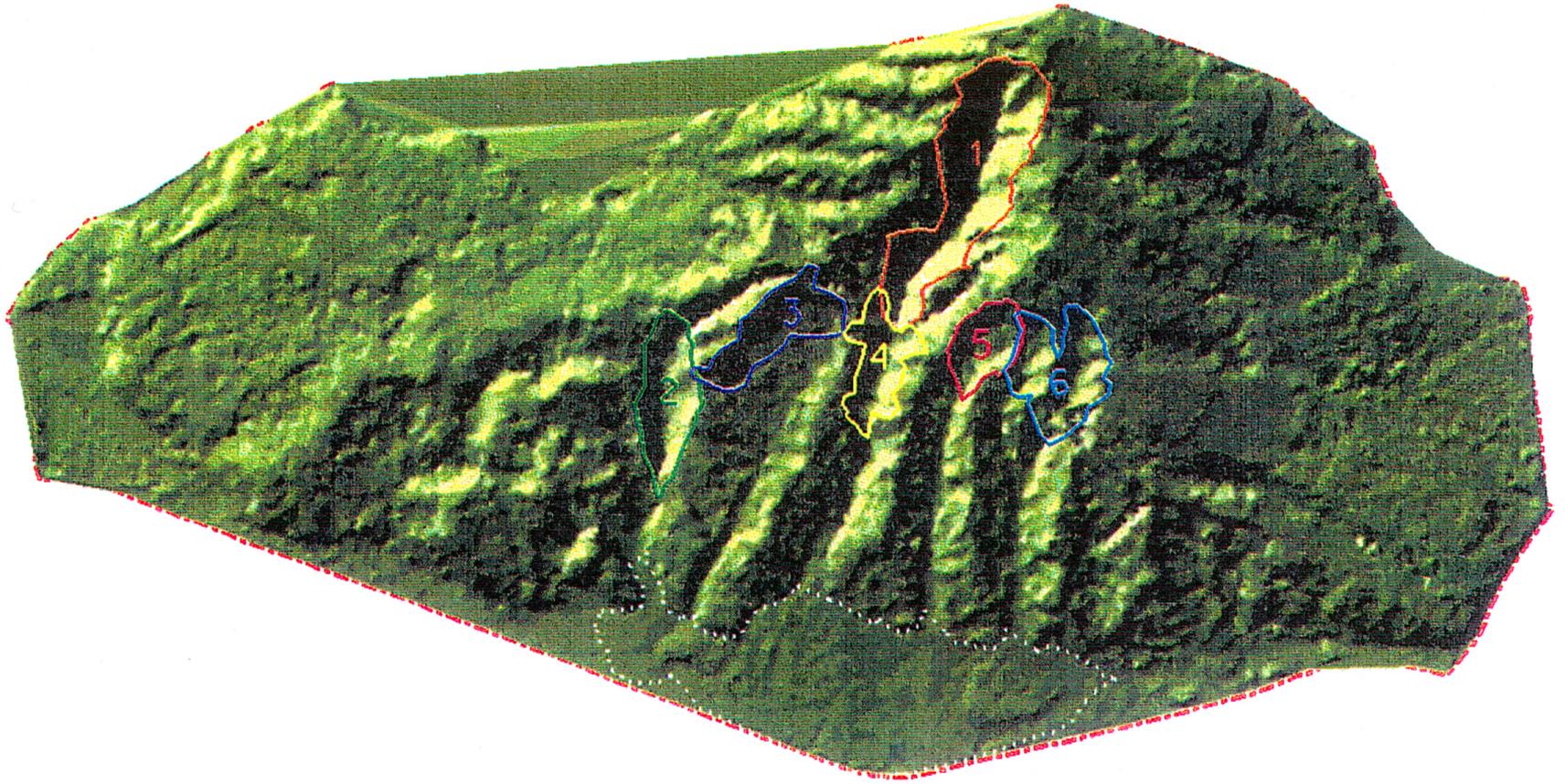
圖五 (d)、火炎山自然保留區 87 年期地景透視暈渲圖



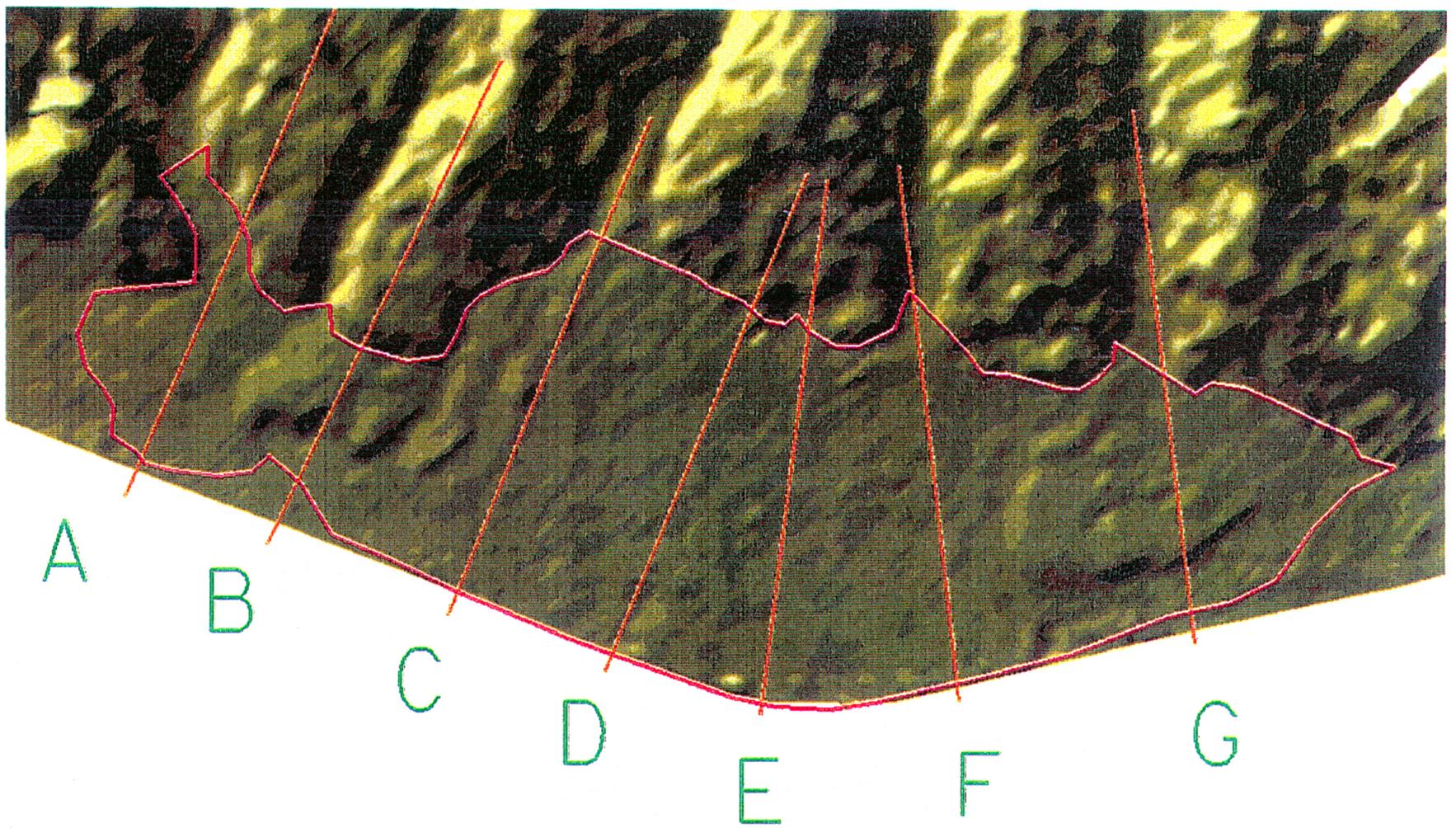
圖六、火炎山自然保留區上方崩塌區上緣各年期推移圖



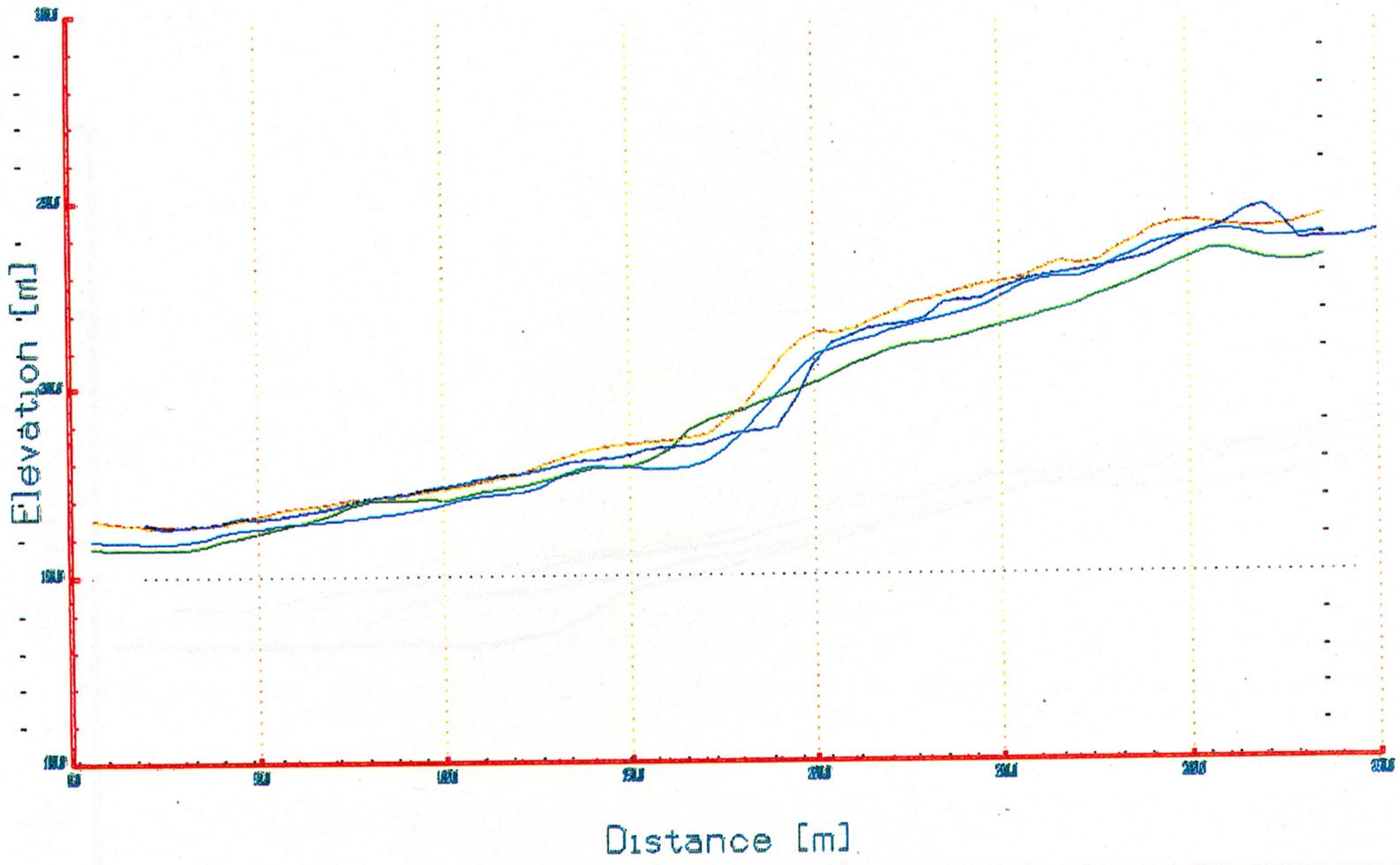
圖七 (a)、火炎山自然保留區 87 年期集水區透視暈渲套疊圖(電腦萃取 13 區)



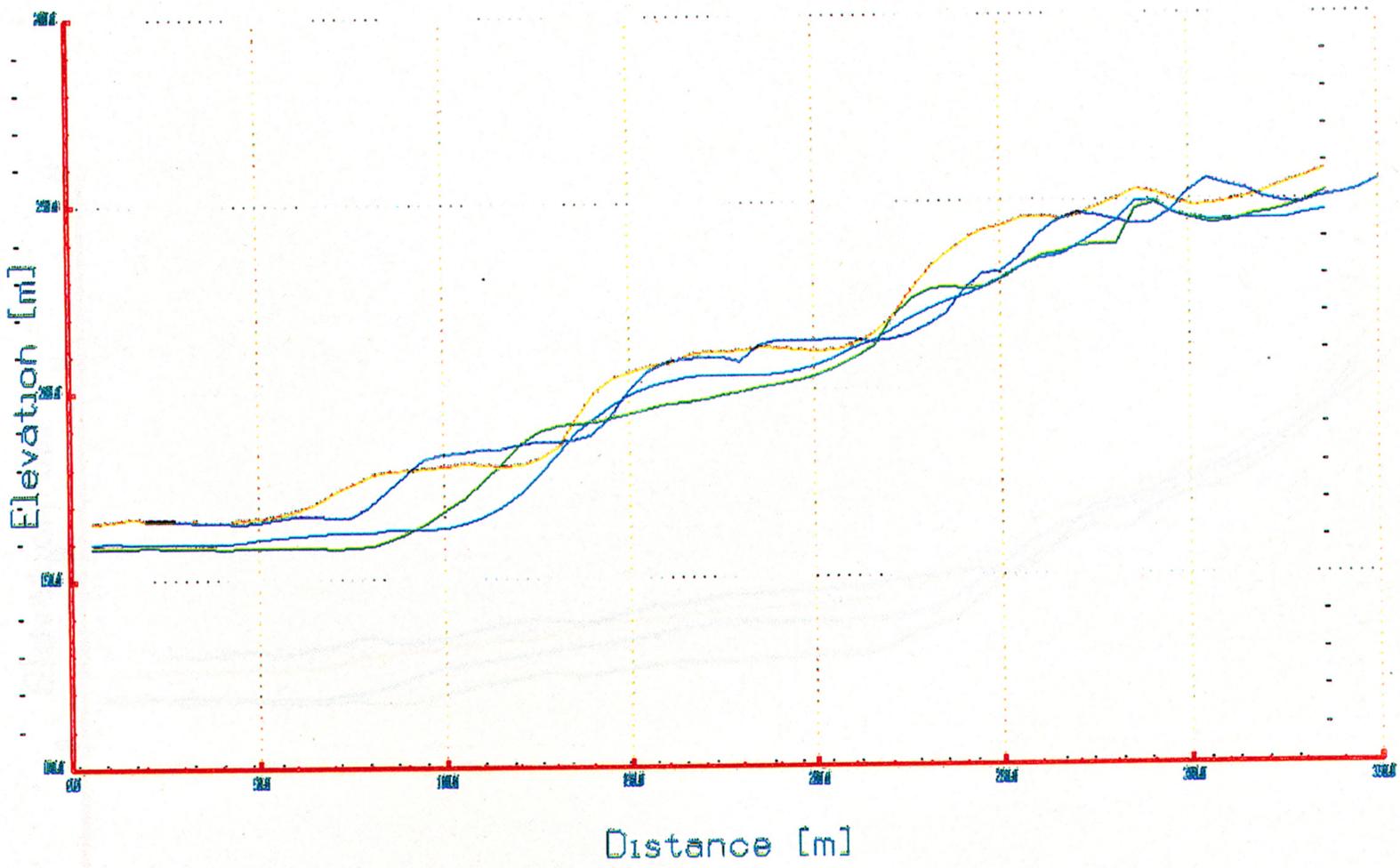
圖七 (b)、火炎山自然保留區 87 年期集水區透視暈渲套疊圖(人工萃取 6 區)



圖八、火炎山自然保留區南方土石堆積剖面分析路徑圖

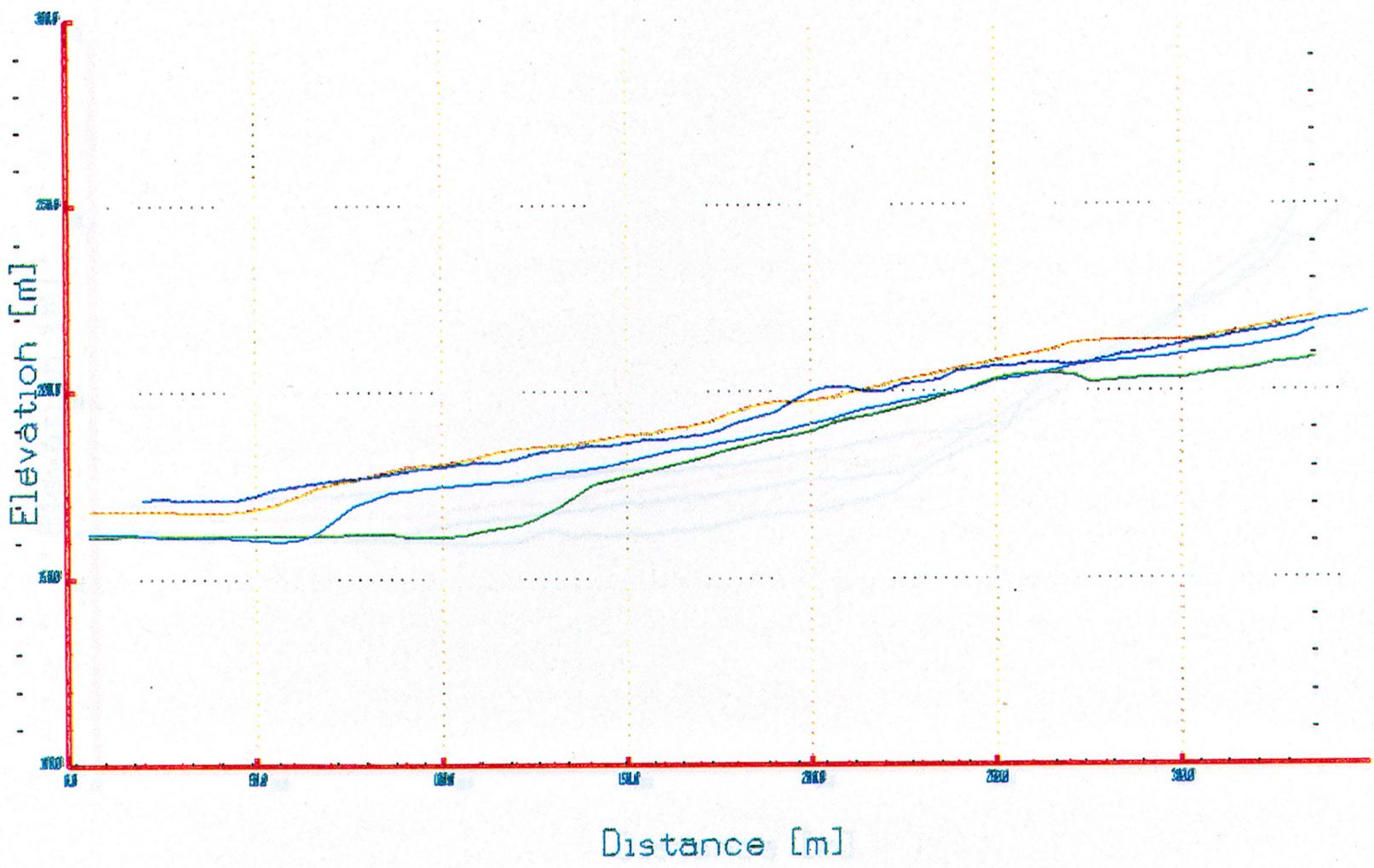


圖八(1)、剖面A

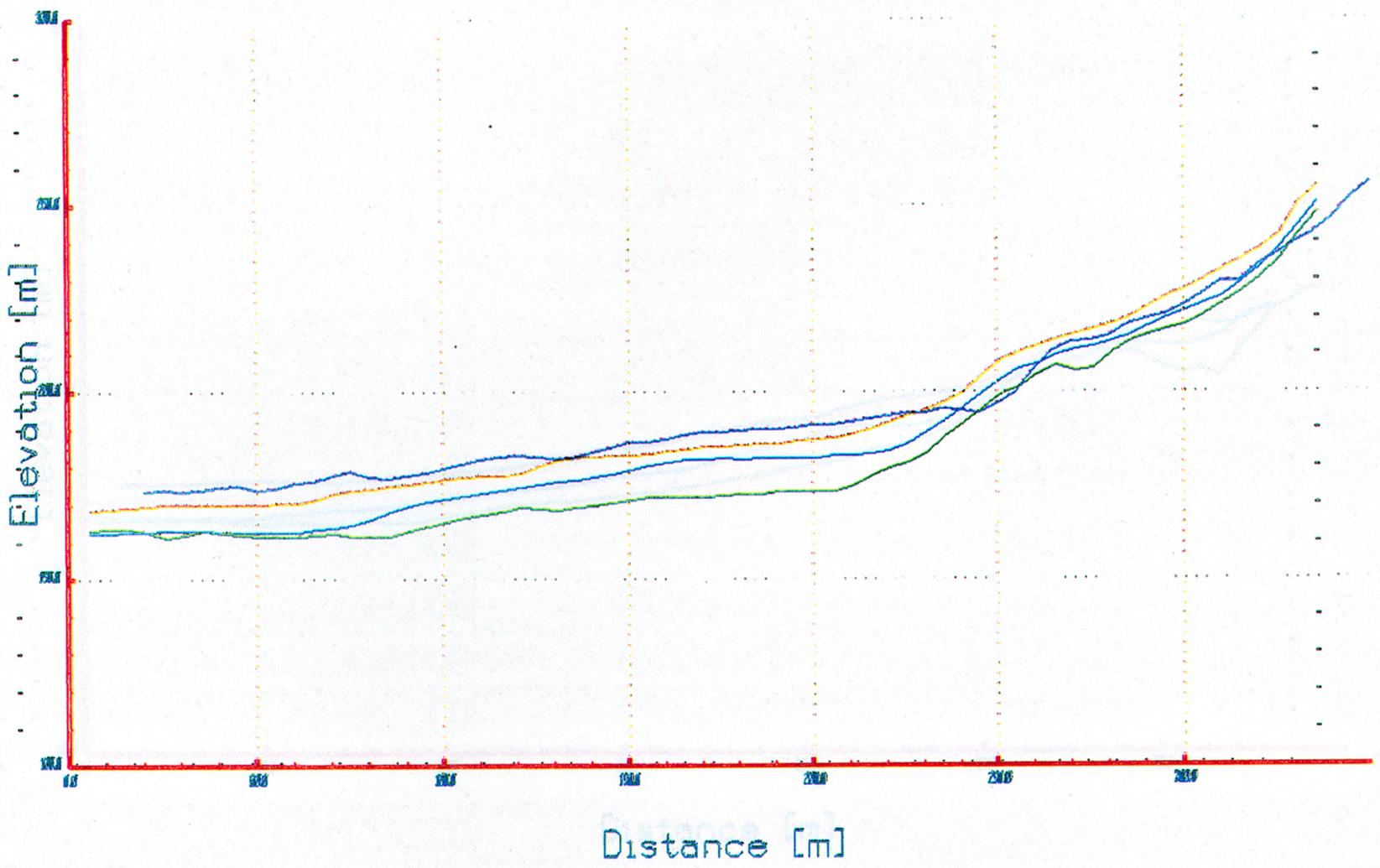


圖八(2)、剖面B

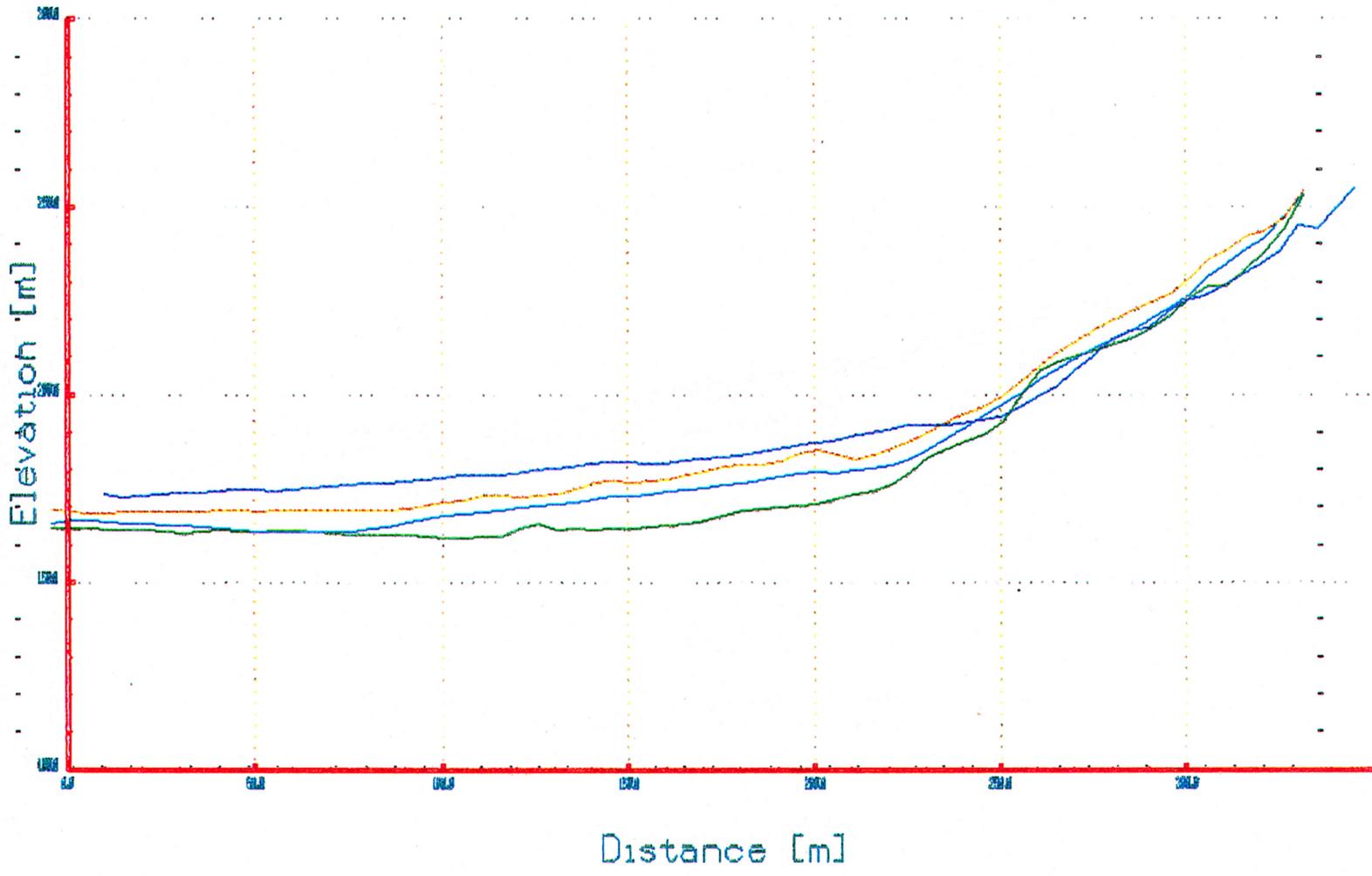
-  Year 66
-  Year 74
-  Year 82
-  Year 87



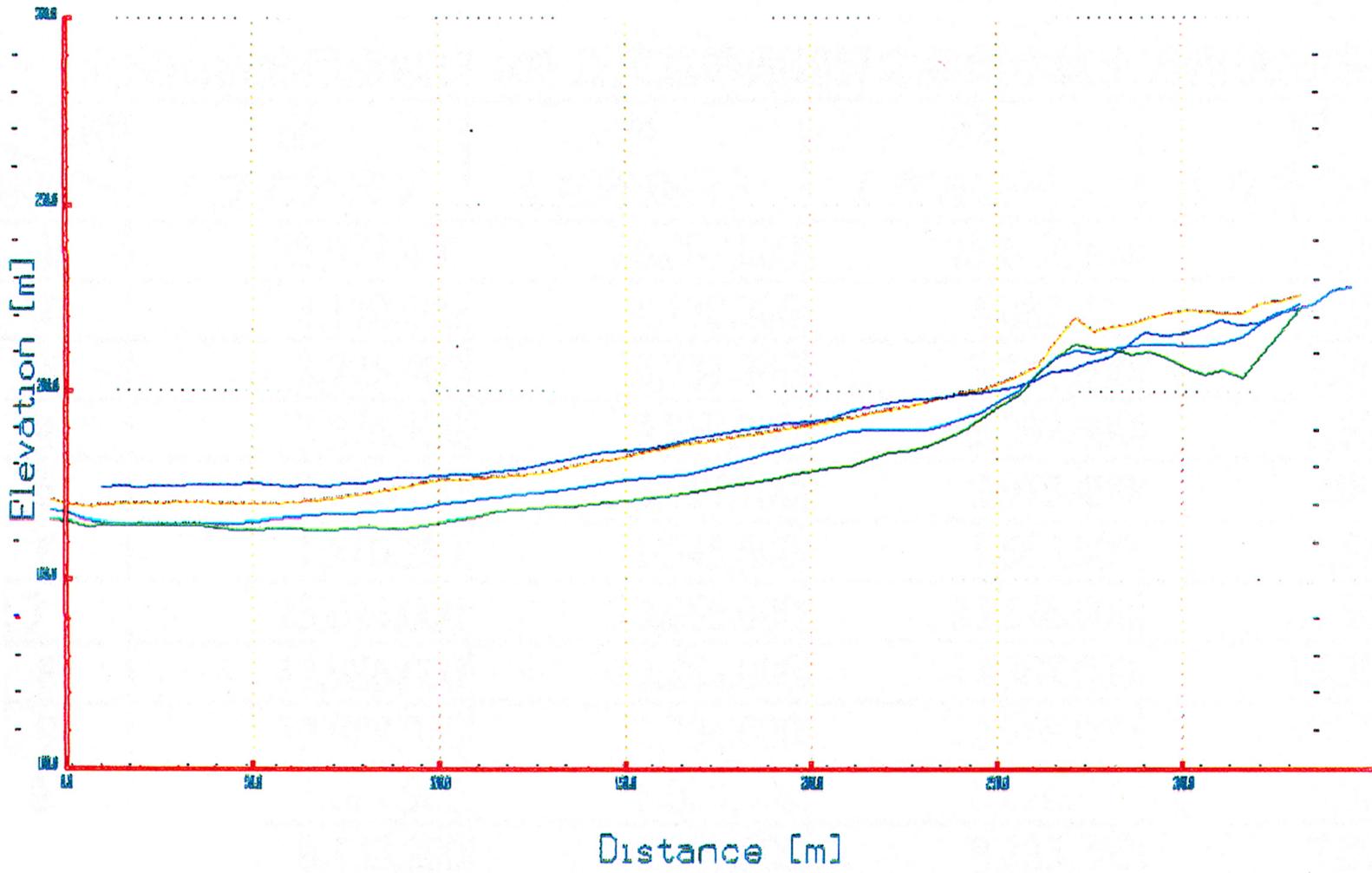
圖八 (3)、剖面 C



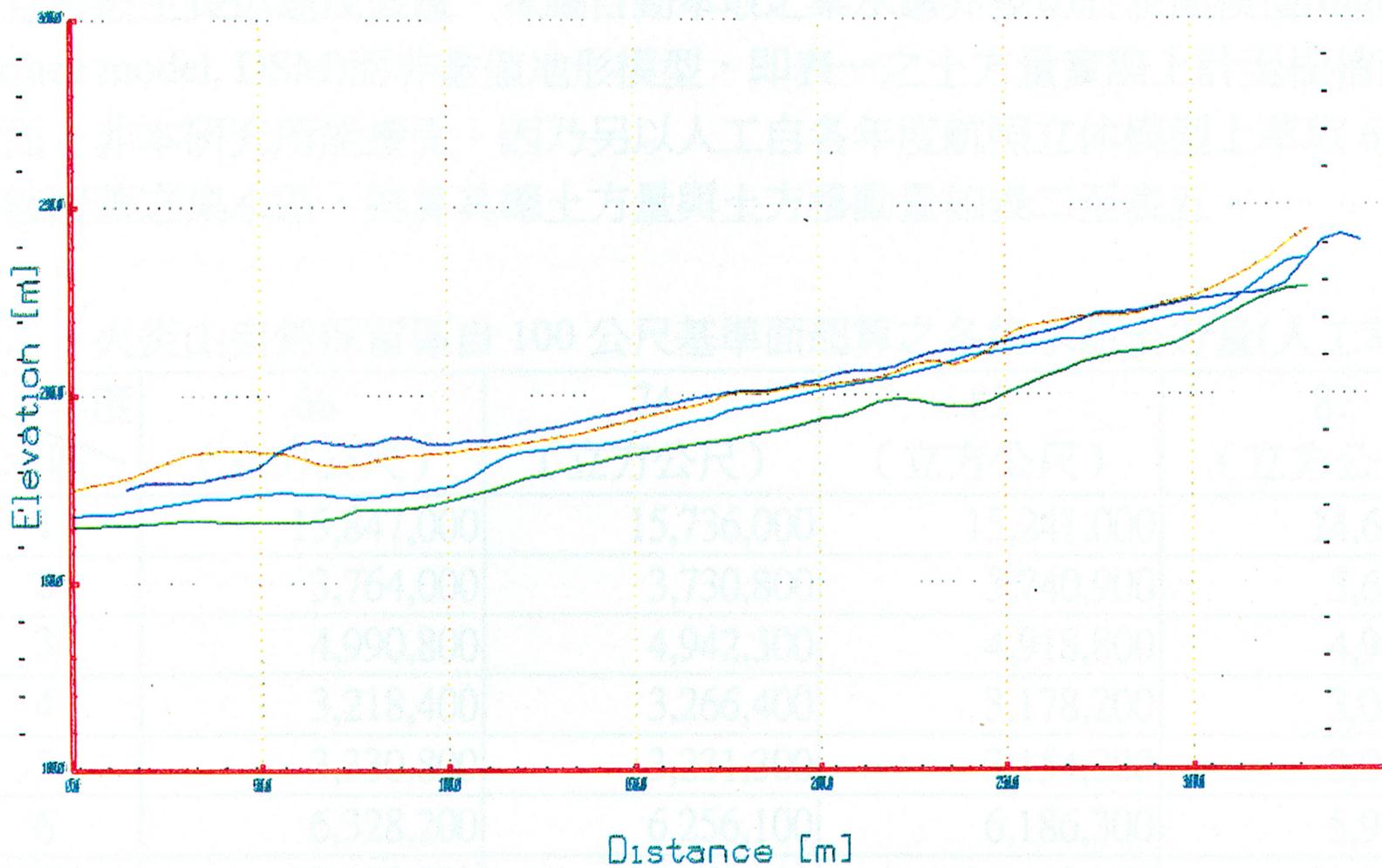
圖八 (4)、剖面 D



圖八 (5)、剖面 E



圖八 (6)、剖面 F



圖八 (7)、剖面G

圖八、火炎山自然保留區下方堆積區上緣至中苗六線間各期高程剖面圖
(沿與道路垂直之幾條選定直線繪製各期土石堆積變化曲線)

表一、火炎山自然保留區自 100 公尺基準面起算之各集水區土方總量(電腦萃取)

年度 集水區	66 (立方公尺)	74 (立方公尺)	82 (立方公尺)	87 (立方公尺)
* 1	25,977,000	26,081,000	25,672,000	24,953,000
* 2	4,110,900	4,170,300	4,082,200	4,017,200
* 3	3,725,400	3,731,200	3,736,600	3,785,100
* 4	3,278,100	3,279,200	3,292,600	3,329,400
* 5	2,895,300	2,915,100	2,933,400	2,967,300
* 6	1,510,300	1,545,600	1,563,300	1,582,400
** 7	23,024,000	23,055,000	23,176,000	23,302,000
* 8	12,986,000	13,254,000	13,387,000	13,307,000
* 9	12,688,000	12,734,000	12,788,000	12,797,000
* 10	5,624,900	5,628,200	5,626,200	5,525,400
* 11	8,133,200	8,139,500	8,135,200	7,892,000
** 12	16,741,000	16,885,000	17,074,000	17,208,000
** 13	7,538,500	7,705,400	7,819,000	7,823,400
總計	128,230,000	129,120,000	129,280,000	128,490,000

各年度間各集水區土方量縱有增減，但全試區總土方量理應隨時間遞減。表一數字顯示自 66 年至 87 年間，電腦自動萃取之 13 個集水區總土方量不減反增，不合常理。經套疊 3D 集水區界於各年度航照立體模型發現，多個集水區內含植被生長迅速茂盛區，電腦自動萃取之集水區界多切於表面模型(digital surface model, DSM)而非數值地形模型，即表一之土方量實際上計至樹梢而非地面，非本研究所能接受。因乃另以人工自各年度航照立體模型上萃取 6 個無植被覆蓋之集水區，推算其總土方量與土方移動量如表二至表五。

表二、火炎山自然保留區自 100 公尺基準面起算之各集水區土方量(人工萃取)

年度 集水區	66 (立方公尺)	74 (立方公尺)	82 (立方公尺)	87 (立方公尺)
1	15,847,000	15,736,000	15,241,000	14,606,000
2	3,764,000	3,730,800	3,740,900	3,637,800
3	4,990,800	4,942,300	4,918,800	4,969,600
4	3,218,400	3,266,400	3,178,200	3,094,300
5	3,330,800	3,231,300	3,154,200	3,068,400
6	6,328,200	6,256,100	6,186,300	5,955,100
總計	37,479,200	37,162,900	36,419,400	35,331,200

表二數字顯示 6 個人工萃取之無植被覆蓋集水區，其土方量均隨時間遞減。66-74 八年間各集水區共減少 316,300 立方公尺，平均每年減少 39,537 立方公尺，即佔 6 個無植被覆蓋集水區總土方量的千分之一； 74-82 八年間各集水區共減少 743,500 立方公尺，平均每年減少 92,937 立方公尺，即佔 6 個無植被覆蓋集水區總土方量的千分之二點五； 82-87 五年間各集水區共減少 1,088,200 立方公尺，平均每年減少 217,640 立方公尺，即佔 6 個無植被覆蓋集水區總土方量的千分之六； 66-87 二十一年間各集水區共減少 2,148,000 立方公尺，平均每年減少 102,286 立方公尺，即佔 6 個無植被覆蓋集水區總土方量的千分之二點七。

由此觀之，六個無植被覆蓋之集水區，其土石崩落流失情況看似日益嚴重，但其土石崩落流失量佔火炎山自然保留區全區總土方量（約 386,000,000 立方公尺）比率尚微。

表三、火炎山自然保留區 66-74 各集水區土方移動量

期間 集水區	自 66 年至 74 年			
	崩落土方量 (cut) m3	堆積土方量 (fill) m3	總移動土方量 (absolute) m3	土方淨流失量 (net) m3
1	278,410	-170,240	448,650	108,170
2	75,508	-43,726	119,234	31,782
3	97,521	-49,681	147,202	47,840
4	31,641	-81,967	113,608	-50,326

5	111,410	-10,610	122,020	100,800
6	110,320	-38,686	149,006	71,634
總計	704,810	-394,910	1,099,720	309,900

表四、火炎山自然保留區 74-82 各集水區土方移動量

集水區	自 74 年 至 82 年			
	崩落土方量 (cut) m3	堆積土方量 (fill) m3	總移動土方量 (absolute) m3	土方淨流失量 (net) m3
1	535,370	-41,495	576,865	493,875
2	57,379	-66,981	124,360	-9,602
3	63,084	-39,689	102,773	23,395
4	110,260	-21,648	131,908	88,612
5	95,188	-17,638	112,826	77,550
6	138,640	-68,266	206,906	70,374
總計	999,921	-255,717	1,255,638	744,204

表五、火炎山自然保留區 82-87 各集水區土方移動量

集水區	自 82 年 至 87 年			
	崩落土方量 (cut) m3	堆積土方量 (fill) m3	總移動土方量 (absolute) m3	土方淨流失量 (net) m3
1	640,730	-5,535	646,260	635,195
2	114,020	-11,840	125,860	102,180
3	16,213	-67,240	83,453	-51,027
4	103,180	-18,896	122,070	84,284
5	94,225	-8,470	102,695	85,755
6	246,460	-13,873	260,333	232,587
總計	1,214,828	-125,854	1340,682	1,088,974

表六、火炎山自然保留區自 100 公尺基準面起算之中苗六線與堆積區上緣間各年度總土方量*

年度	土方量
66	10,574,000
74	10,984,000
82	11,849,000
87	12,389,000

表七、火炎山自然保留區中苗六線與堆積區上緣間各年度土方變化量

期 間	崩落土方量 (cut) m ³	堆積土方量 (fill) m ³	總移動土方量 (absolute) m ³	土方淨流失量 (net) m ³
66-74	112,880	-521,290	634,170	-408,410
74-82	953	-871,860	872,813	-870,907
82-87	19,394	-562,540	581,934	-543,146
66-87	133,227	-1,955,690	2,088,917	-1,822,463

表六、表七顯示火炎山自然保留區下堆積區上緣至中苗六線間，每年均有土方淨堆積，66-87二十一年間共堆積 1,822,463 立方公尺。

即上方六個無植被覆蓋之集水區，過去二十一年間土方流失總量 2,148,000 立方公尺之百分之八十五似堆積於此。

陸、結果討論

一、價購空照、野外調繪及判釋、掃描數化

航空相片的選擇，除了品質外，其重疊度與飛行的航高也應考慮。重疊度較小相同面積所需相片數量較少，且視差較大，適合人工量度，但用以自動匹配數值地形模型，則不合適。本研究所採用數位航測法，自動匹配數值地形模型，自動化生產 DTM 資料，因此，選用重疊度較高品質較好的 66、74、82、87 四個年度航空相片。

使用數位航空測量技術獲取圖資時，須有足夠的相片控制點與地面控制點，亦即須在航空相片上選定容易辨識的適當地物點作為控制點。本研究跨越四個不同年度，各年度相片上均存在的建築物角隅，即為最適當地物點。逐一找出並至野外踏勘確定後，即以 GPS 衛星定位的技術測量解算各點地面座標，供絕對定位之用。

相片掃描數化商請農航所協助，以 15 μ /pixel 高解析度掃描數化之，其精度足符本研究需要。

二、數值地形模型製作

經過空中三角測量平差後的立體影像對，可供立體量測，亦可供 Match-T 模組依影像匹配原理，自動產生數值地形模型。

航空相片屬透視投影，部份沖蝕溝底部遮蔽，部份因陽光所生陰影，均易造成影像匹配失敗。本研究於該等地區均另於立體觀察環境下，以人工加測斷線，並於自動匹配時，指定排除斷線附近一定範圍內之高程匹配點，而於後續以 TIN 處理此等資料時，以人工量測之斷線資料取代之。

三、歷年土石流量估算

火炎山地形、地貌、地質、地況複雜，變化多端，影響因素多種，且作用頻度與地點不定，根據台大地理系林俊全副教授研究指出，該地區具有四種邊坡型態。微觀的土石崩落與堆積模式，在空間上並無一定模式可循，何時發生，發生於何處，必須有適當儀器作長期性現場觀測記錄，才能推演出結果。本研究以巨觀角度，建立試區 DTM，測繪各年度地形特徵線與等高線變化，並估算各年度土方變化量，以描述火炎山地區地形變化模式。

本研究將土石變化量區分為挖方與填方二類，挖方表崩落，填方表堆積，計算時係以前後二期 DTM 相減。從這個年度到下一個年度間的土方變化量，其填挖方理應相等，實則不然。原因乃由於崩落後的土石隨重力與雨水移動，故每個劃分的小區塊均有土石流進流出。當填方小於挖方，表部分土石流出此一小區塊；填方多於挖方時，表有部分土石自另一區塊流入。如此，最後出水口，也就是中苗六線旁的土石堆積量，應當等於各小區塊淨土方量總和。但由於微細地形變化無法精確量度，且土石沖至中苗六線路面即被清除，又區內砂石場斷續開挖，均影響計算結果。

本研究除了計算各集水區之土方與其變化量之外，同時計算中苗六線道路內緣到堆積上緣的土方及其變化量。

四、歷年地形變化

火炎山自然保留區無植被覆蓋地區雖然局部崩塌不斷，細微地形變化劇烈，但是除第二沖蝕溝（polygon 1）有明顯的向源侵蝕外，整體地形則尚稱完好。詳圖六。

本研究以自行研發之水系與集水區自動萃取程式，交由電腦自數值地形模型資料自動萃取十三個集水區，詳圖七(a)，經查其中七個植被覆蓋良好，各年度間之地形無明顯變化，其土方量視為固定，僅以人工選取六個地被較少的代表性集水區(沖蝕溝) 作為計算各年度土方變化量之範圍。詳圖七(b)

堆積線以下至中苗六線道路間之土石堆積區，由於對道路影響較為直接，故特別區劃出來計算。此區域之土方變化量，受沖蝕堆積、地表逕流、砂石開採、河岸沖蝕等影響，其土方總堆積量較具變化。本研究並特別就中苗六線道路內緣至土石堆積區上緣區域，依照地形特色量度地形剖面如圖八，以觀查各年度間地形上升或下降情形。

五、地形變化預測

第二沖蝕溝向源侵蝕最為明顯，依據量測結果估算，每年平均向源侵蝕最小 1.36 公尺，最大 3.3 公尺。

火炎山自然保留區下堆積區上緣至中苗六線間，每年均有土方淨堆積，66-87 二十一年間共堆積 1,822,463 立方公尺，因影響因子眾多，其地形變化難以預測。

柒、結論

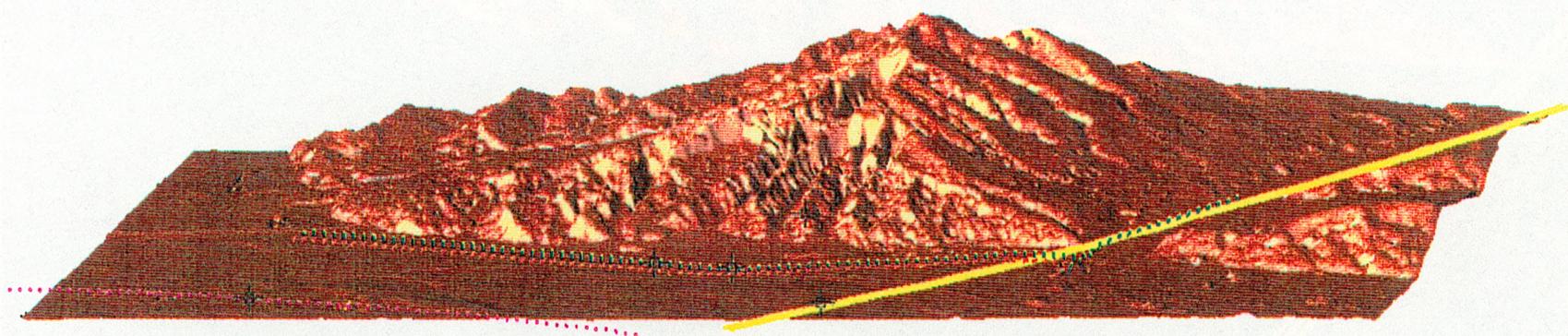
火炎山自然保留區的景觀特色，乃在於其因地質特殊，地表沖蝕作用明顯，所形成的許多尖銳小山峰山勢陡峻，豪雨沖蝕強節風吹襲切割而形成的數條深而窄的山谷，日照生輝有如熊熊火炎，景觀彌足珍貴。

為維護此一特殊景觀，沖蝕切割崩塌不可停止，亦不可過速。停止則馬尾松天然下種苗即易於嶺線峭壁群生，景觀特色不再；過速則有消失之虞。

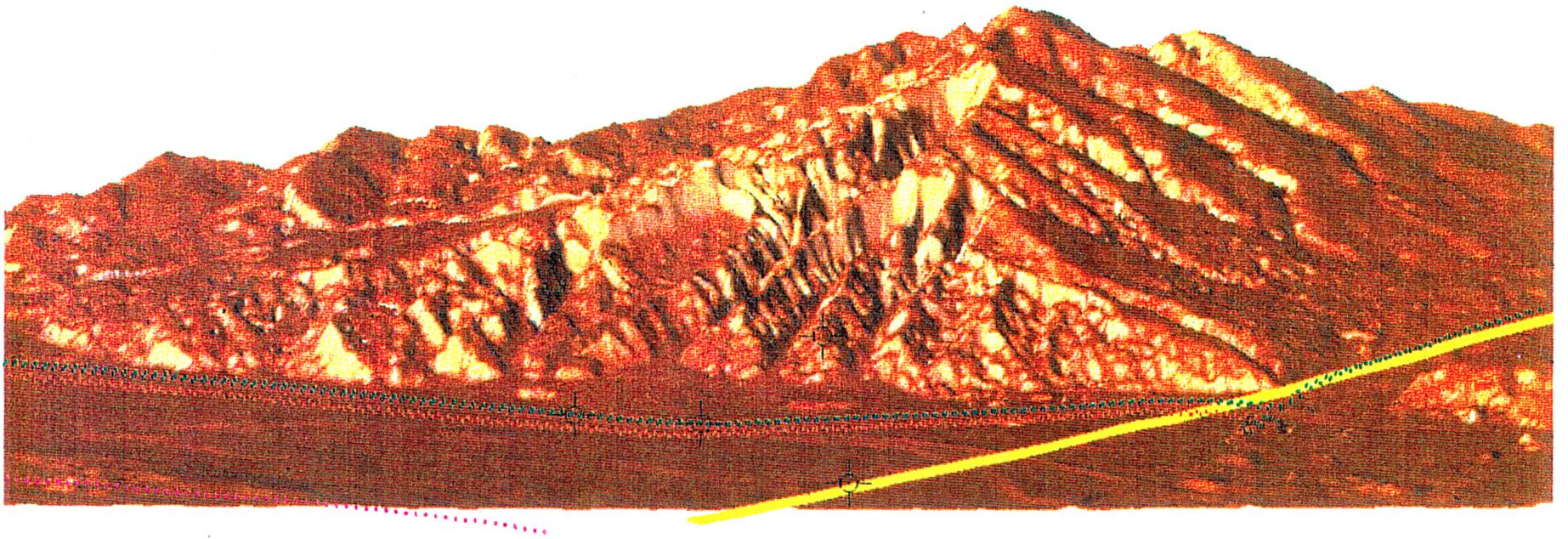
本研究利用數位航測技術生產數值地形模型，並以之推估土石流量與地形變化。自然保留區六個無植被覆蓋之集水區，過去二十一年間土方流失總量約 2,148,000 立方公尺，其中約 1,822,463 立方公尺堆積於保留區下緣與中苗六線間之堆積區，二十一年間淨流失土方量至少約有 325,537 立方公尺，情況看似日益嚴重，但其土石崩落流失量佔自然保留區全區總土方量比率甚微，可預見的將來，此一特殊景觀尚無消失之虞。

第二沖蝕溝向源侵蝕最為明顯，依據量測結果估算，每年平均向源侵蝕最小 1.36 公尺，最大 3.3 公尺。依據歷年地形變遷模式評估，向源侵蝕仍在繼續進行中，目前似無良方促其停止。

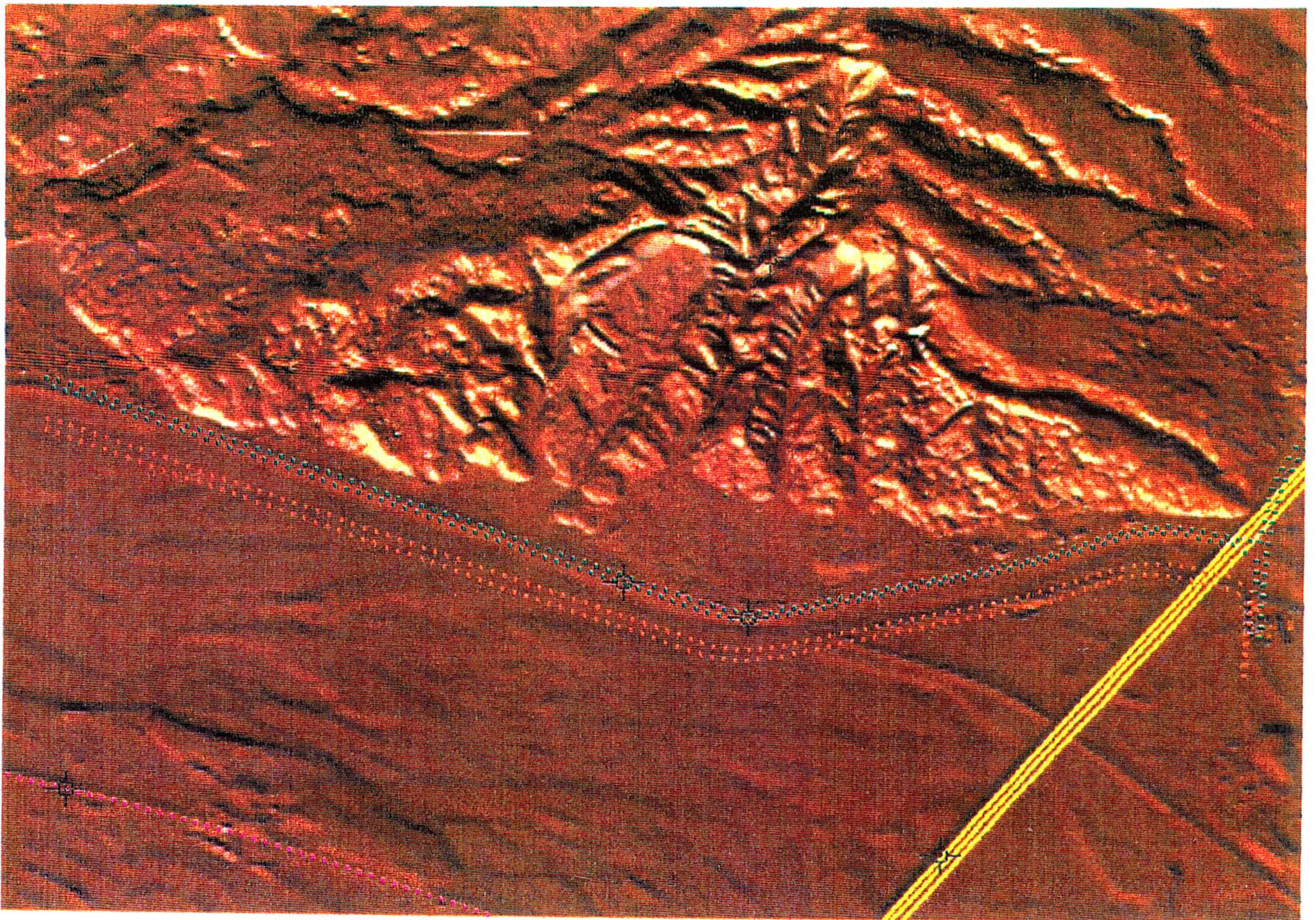
筆者等曾於暴風雨日驅車前往試區，中苗六線道路上方狹長河床地地表逕流頗狀觀，挾帶土石直奔大安溪而下，中苗六線部份路面遭土石覆蓋，影響交通。如能將現有中苗六線道路(如圖九、十、十一綠虛線)僅當做堤防使用，並於其上方狹長河床地適當處加置蛇籠，以減緩崩塌，維持景緻；另略為外移新建高架道路(如圖九、十、十一紅虛線)取代現有中苗六線，以舒暢交通，繁榮地方，應不失為解決之道。至於實務上是否可行，則仍有待工程單位評估，以提供經營決策當局參考。



圖九、外移新建高架道路(紅虛線)取代現有中苗六線透視圖 - 遠景



圖十、外移新建高架道路(紅虛線)取代現有中苗六線透視圖 - 中景



圖十一、外移新建高架道路(紅虛線)取代現有中苗六線平面圖

捌、參考文獻

台灣省林務局竹東林區管理處,1987,“苗栗三義火炎山自然保留區執行報告”
76年執行報告第003號

台灣省林務局竹東林區管理處,1990,“苗栗三義火炎山自然保留區執行報告”
76年執行報告第004號

台灣省林務局竹東林區管理處,1990,“苗栗三義火炎山自然保留區執行報告”
76年執行報告第007號

台灣省林務局竹東林區管理處,1991,“苗栗三義火炎山自然保留區執行報告”
76年執行報告第007號

呂金誠等,1990,“苗栗三義火炎山自然保留區植物調查報告”,台灣省林務局
新竹林管處委託國立中興大學植物系調查

林俊全,1992,“台灣苗栗火炎山地區邊坡沖蝕之研究”,國立台灣大學地理學
系地理學報,第十五期:64-79

陳永寬,詹進發,賴晃宇,1998/9,數位航測法山區林地測圖與森林資源系統位相
圖層建立,台大實驗林研究報告12(3):(1998)

陳永福等,1991,“苗栗三義火炎山自然保留區動物調查報告”,台灣省林務局
新竹林管處委託調查

張立憲,1985,“土石流特性之探討”,中華水土保持學報,16(1):135-141