

数值地形模型应用于集水区 规划与整治之研究

林昭远¹ 林文赐² 张力仁¹

(¹ 中兴大学水土保持学系, 台湾台中; ² 逢甲大学地理资讯系统研究中心)

摘要 集水区之地文及水文资讯为水土保持规划设计所不可或缺, 本研究系以数值地形模型, 利用排水流向之观念, 萃取集水区之棱线与水系。撰写程式萃取集水区之面积、周长、河川数量、集水区长度、集水区宽度、形状系数、水系密度、平均高程、平均坡度、集水区密集度、漫地流时间、渠道流时间、集流时间、降雨强度、洪峰流量等属性资料供水土保持规划设计之参考。本系统亦提供动态查询规划区域内任何位置之集水区范围及其属性资料; 并可利用道路与河系之交点计算道路沿线各溪流与道路交叉点之位置坐标、河川级序、交点坡度、主流长度、主流平均坡度、河序1之数量、河川弯曲度、交点之集水面积、交点之集水周长等资讯, 供土石流整治及危险溪流划定之参考。

关键词 集水区 数值地形模型 地理资讯系统

Application of Digital Terrain Model for Watershed Planning and Management

Chao-Yuan Lin¹ Wen-Si Lin² Lit Chang¹

(¹ Department of Soil and Water Conservation, Chung-Hsing University Taichung Taiwan)

(² GIS Research Center, Feng Chia University Taichung Taiwan)

Abstract Topographic and hydrologic features of a watershed are the essential information for conservation planning in the watershed. The purpose of this study was to develop a system for extracting the information of interest watershed. Area, perimeter, rivers, length, mean width, form factor, river density, average elevation, average slope, compactness, time of overland flow, time of channel flow, time of concentration, rainfall intensity and peak flow of analyzed watershed can be derived immediately from the system. A dynamic watershed query module was also developed in the system to show the boundary and attributes of any watershed located in the interest area. The module of debris can calculate the information of coordination, stream order, slope, stream length, average stream slope, numbers of stream order 1, stream tortuosity, watershed area and watershed perimeter of the outlets located at the intersection of road and

stream. The debris module provides useful information for gully control to mitigate the disaster of debris flow.

Key words watershed digital terrain model geographic information systems

1 前言

近年来有关方面积极推动国土资讯系统之建立,其中地理资讯系统(Geographic Information Systems, GIS)各项资料库之建立乃基石所在。由于数值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)的应用日益广泛,因此以数值地形模型为材料,配合各种空间分析模式,应用地理资讯系统加以分析、储存为地理资料库,已成为集水区经营规划之基础。“立法院”已于 1994 年 5 月 12 日第二届第三会期第 21 次院会三读通过“水土保持法”,使水土资源保育事业迈入新的里程碑。“水土保持法”是水土资源保育最基本的母法,其中第九条规定须完成全省集水区之划定,以建立将来各业务主管单位在相关权责范围与责任归属问题之划分上能有所依据。水土保持是资源保育的一环,并不仅仅是土壤冲蚀的控制,也不是指某一种单独的处理而言。水土保持也绝非消极的保持水土而已,更要进一步积极地实施土地利用以及经营作业上所需要的适当保育措施,直到获得永续生产及防灾之鹄的。水土保持各项措施多以集水区为分析单元,集水区内地文及水文资料为水土保持规划设计所不可或缺。本研究以集水区之数值地形模型,撰写程式动态萃取集水区之各项属性资料,供水土保持规划设计之参考及地理资讯系统资料库建置之用。

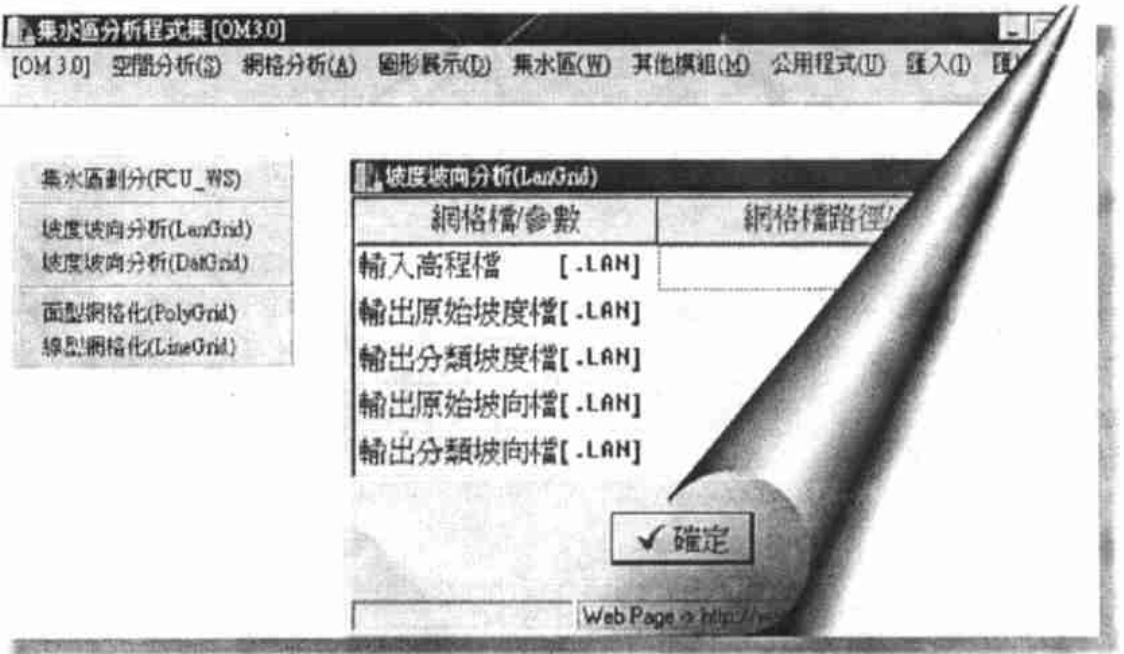


图 1 系统画面图

2 系统架构

本系统(OM)为一简易之集水区分析软体,系利用GIS中之网格(Grid)观念,将DTM资料予

以网格化, 分析其高程、坡度、坡向或将 AutoCAD 数化的向量图档(DXF 档) 予以网格化, 进行边界处理、重新编码、图层套叠之分析, 最后将分析的图层显示于荧幕上。本系统为一套 32 位元的软体, 是采用 C 语言(林修平、林逸文, 1997; 陈周造, 1997) 撰写而成, 早期是在 DOS 下所发展, 目前 Windows 版本已移植完成, 也有少量的 Linux 版本散布, 兹将 OM 发展过程简述如下: OM25 为 DOS 的最终版本, 是在 GNU gcc 编译程式下所发展, 可在 DOS/ WIN95/ WINNT 下执行。OM30

表 1 系统规模之详细功能

空间分析 (S)	集水区划分(FCU-WS)	其他模组 (M)	AGNPS 输入(AGNPS Input) AGNPS 输出(AGNPS Output)
	坡度坡向分析(LanGrid)		原始波段组合(Band2Img)
	坡度坡向分析(DatGrid)		影像增强(ImgEnhance)
	面型网格化(PolyGrid) 线型网格化(LineGrid)		影像边界处理(MaskImg) 影像档转资料档(IMG2DAT)
网格分析 (A)	边界处理(MaskGrid)	公用程式 (U)	万用公式评估(USLE) 万用公式转档(USLE2LAN) 土石流评估(DEBRIS)
	属性编码(Recode)		
	套叠分析(Overlay)		网格资讯(GridInfo) 网格边线(GridLine)
	空白网格(NewGrid) 重新取样(ReSample) 切割网格档(ClipLAN)		
图形展示 (D)	GRD 图档展示(WinGrid) LAN 图档展示(ArcView)	汇入 (I)	旧网格转新网格(GRD2LAN) 资料档转网格档(DAT2LAN) SURFER 转网格档(SRUF2LAN)
集水区 (W)	泥岩地区缓冲带(MudBuf) 高入渗区缓冲带(FilterBuf) 固定宽度缓冲带(FixedBuf) 查询缓冲带(QueryBuf)	汇出 (E)	网格档转 DXF 档(LAN2DXF) 网格档转 POLY(LAN2POLY) 坡向档转 DXF 档(ASP2ARW)
	子集水区特性(WSFea) 子集水区重整(KeWS) 子集水区分割(DivWS)		
	Shreve 河川级序(Strrank) Strahler 河川级序(Strrank1)		

为发展中的版本, 是在 BCB3.0 编译程式下所发展, 目前已完成大部分功能, 可在 WIN95/ WIN-NT 下执行。OM20 为 Linux 的版本, 由于在 Linux 上程式执行的效能较高, 某些需大量分析的程式才移植到 Linux 上。系统画面包括: (1) 程式主选单(menu): 为功能模组之分类; (2) 程式次选单(sub-menu): 为功能模组下之程式集; (3) 单一程式: 执行次选单之程式选项(图 1)。

表 1 为主、次选单之详细功能, 目前 OM 提供之功能如下: (1) 坡度、坡向空间分析, 向量资料网格化; (2) 边界处理、属性编码、套叠分析、图形展示; (3) 集水区自动划分、集水区特性分析; (4) 高入渗区及泥岩区之缓冲带配置、土石流评估; (5) AGNPS 资料分析、万用公式(USLE) 评估; (6) 卫星影像波段组合、增强、边界处理; (7) 公用程式及不同资料格式转档等之分析。

OM30 对图档之展示有两种: (1) WinGrid 为系统内建之图形展示程式, 可展示由 OM30 所分析的各类图档, 除展示图档之外, 并能对图档之属性资料进行统计及显示属性之资讯。(2) 由 ArcView 软体(周天颖、周学政, 1997) 展示, 由于 ArcView 为一功能强大的 GIS 查询展示软体, 本程式集可直接连结 ArcView 软体, 利用其查询展示的功能, 展示 OM 所分析的各类图档。

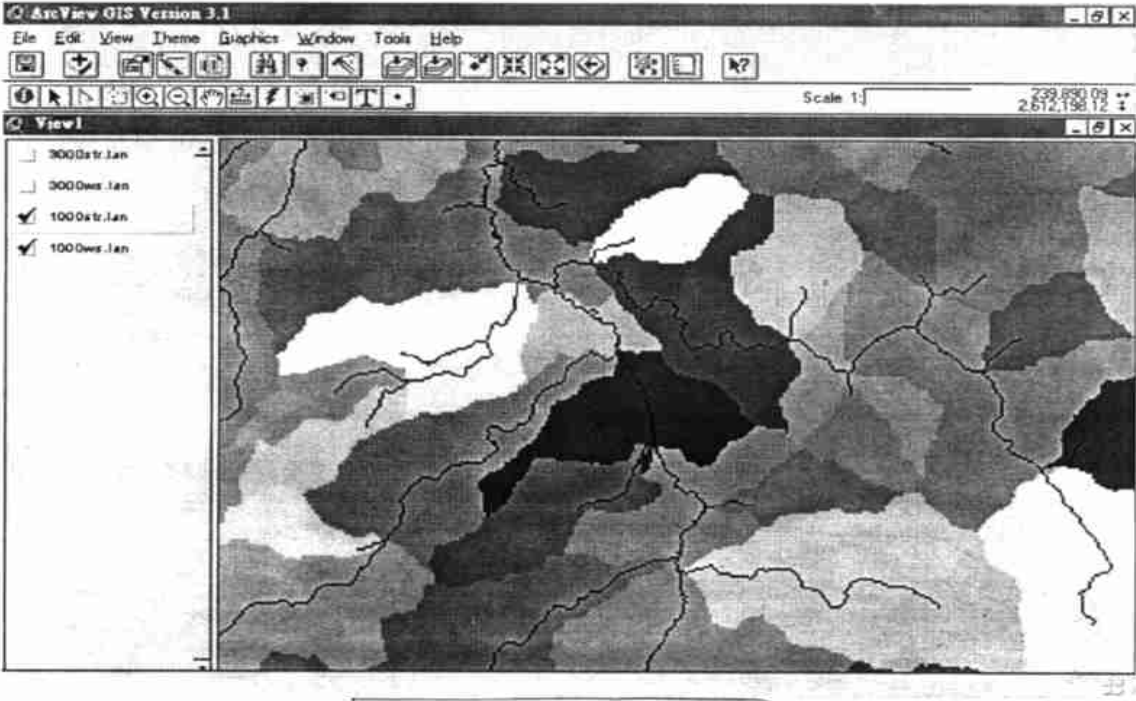


图 2 集水区及水系分布图(集水区自动划分门槛值为 1000)



图 3 集水区及水系分布图(集水区自动划分门槛值为 3000)

3 集水区特性分析

3.1 集水区自动划分之盲点

多数学者或市售软体多以 Jenson and Domingue(1988) 所提出演算法做为集水区之自动划定方法。使用者可输入 DTM 资料及门槛值, 经集水区划分后可得无洼地的坡向、集水区及水系等分布图。惟集水区自动划分过程中, 集水区及水系之大小与数量受门槛值所影响(图 2 及图 3), 使用者需依据其研究或规划目标, 以试误法(try and error) 筛选适当的门槛值进行集水区划分。集水区自动划分过程中, 集水区之大小因门槛值而异, 在应用上使用者仅能以主观之认定, 输入门槛值, 加以划定分析。若集水区划定之门槛值过大, 所划定之集水区分布图, 无助于野溪等小溪流集水区整治之参考。若集水区划定之门槛值过小, 所划定之集水区显得过于零乱, 无法清晰显示大面积集水区之分布情形。除此之外, 集水区自动划分之演算, 并无法处理河系中支流与支流间河段集水区的划分归属, 为了清楚显示各河川支流集水分区之边界, 其处理方式系将该河段另外划成一集水分区(图 3), 由于该河段集水分区之周边尚有其他集水分区之水流汇入, 此种处理方式已违反集水区之定义。事实上集水区之大小不应该事先以门槛值来划分, 在实用上宜以集水区之出流口来加以划分, 如此方可针对要整治或处理之区位, 动态查询该区位(出流口) 之集水区范围供规划参考。

3.2 集水区动态查询

集水区自动划分模组中, 集水区之大小因门槛值而异, 在应用上使用者仅能以主观之认定, 输入门槛值加以划定分析, 分析结果各河段普遍存有违反集水区定义之集水分区。本研究所开发之集水区动态查询模组系针对上述缺失, 利用地形分析模组中之坡向资讯, 模拟地表之排水方向。使用者仅需输入欲分析地区之坡向档, 以滑鼠于荧幕上點選任一网点(图 4), 电脑即可自动

表 2 集水区之地形及水文分析项目

集水区特性	符号	单位	计算式或说明
面积	A	hm ²	$A = a \cdot n$ (a —— 网格面积; n —— 集水区网格数)
周长	P	km	集水区边界长
河川数量	N	—	集水区之内之溪流数量; 主流加上支流
集水区长度	L	km	集水区最远端至出流口之投影长度
集水区宽度	W	kw	$W = \frac{A}{L}$
形状系数	F	—	$F = \frac{W}{L} = \frac{A}{L^2}$
水系密度	D_s	—	$D_s = \frac{N}{A}$
平均高程	E	m	$E = \frac{H}{n}$ (H —— 网格平均高程)
平均坡度	S	%	$S = \frac{s}{n}$ (s —— 网格坡度)
密集度	C	—	$C = 2 \left(\frac{A}{\pi} \cdot \frac{\pi}{P} \right) = \frac{3.54}{P} \cdot \frac{A}{P}$
漫地流时间	t_o	min	由集水区边界流至河道所需时间(t_o 之估算采用坡面长度(l) 除以漫地流速度估算, 漫地流流通一般在 0.3 ~ 0.6 m/s, 由使用者依据集水区之现况输入计算)
渠道流时间	t_s	min	由河道上游至出水口所需时间, 依 Rziha 公式计算而得: $t_s = (l_s/v)/60$; $v = 20(h/l_s)^{0.6}$; h —— 河道上游与出水口之高差(m); l_s —— 河道长度(m)
集流时间	t_c	min	$t_c = t_o + t_s$
降雨强度	I_{tc}^T	mm/h	T 频率年之降雨强度(本系统内定分析 T_{25} 及 T_{50})
洪峰流量	Q_T	mm/h	采用合理化公式计算: $Q_T = \frac{1}{360} C I_{tc}^T A$; (C —— 径流系数)

表 3 集水区地形资讯

编号	面积/ hm ²	周长/ km	河川 数目	集水区 长/km	集水区 宽/km	形状 系数	河川 密度	平均高 程/m	平均坡 坡/%	集水区 密集度
1	184.8	7.92	2	3.00	0.62	0.21	1.08	1216.71	62.3	0.61
2	357.6	12.48	3	4.59	0.78	0.17	0.84	1072.08	55.02	0.54
3	61.3	5.20	1	2.02	0.30	0.15	1.63	950.74	64.60	0.53

表 4 集水区水文资讯

编号	I_{tc}^T	I_{tc}^0	漫地流 时间 t_o / min	渠道流 时间 t_s / min	集流时 间 t_c / min	Q_{25} / cms	Q_{50} / cms
1	205.08	233.52	8.56	3.99	12.55	89.48	101.89
2	195.43	222.52	10.83	7.08	17.91	165.01	187.88
3	216.74	246.79	4.21	2.67	6.88	31.36	35.71

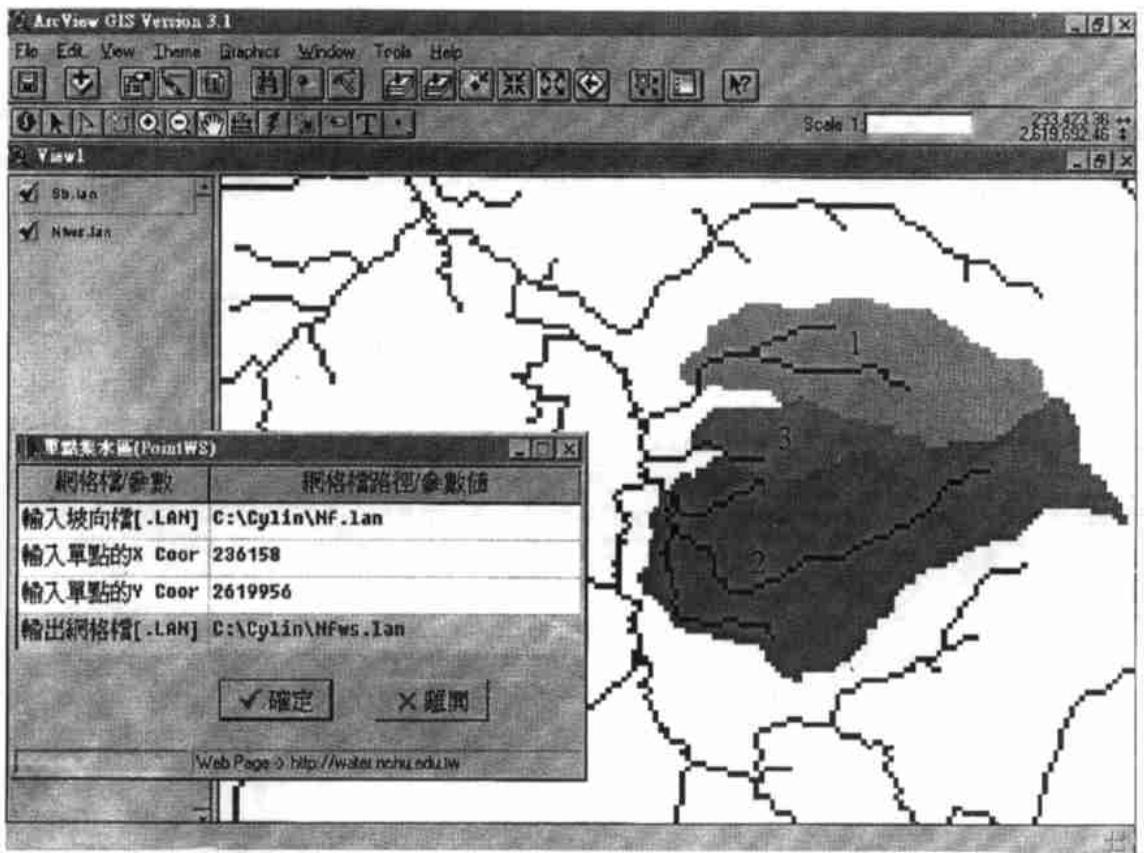


图 4 集水区动态查询视窗

追迹流经该网点之所有排水区位, 动态展示集水区范围及特性资讯(表 3 及表 4)。本系统所萃取的集水区地形与水文特性, 计有集水区面积 (A)、周长(P)、水系数目(N)、集水区长度(L)、集水区宽度(W)、形状系数(F)、水系密度(D_s)、平均高程(H)、平均坡度(S)、集水区密集度(C)、漫地流时间(t_o)、渠道流时间(t_s)、集流时间(t_c)、降雨强度(I_{tc}^T)、及洪峰流量(Q_T)等。使用者输入集水区档、坡度档、坡向档、高程档、河川档、年雨量及漫地流流速, 经分析后可得各集水区之地形及水文特性资讯, 集水区特性分析之计算式如表 2 所示。

“水土保持法”第九条规定须完成全省集水区之划定, 以建立将来各业务主管单位在相关权

表 5 新中横公路沿线道路与溪流交点之地文资讯

编号	X 座标	Y 座标	河川级序	交叉点坡度	主流长度/m	主流平均坡度	河序1数量	河川弯曲度	交叉点集水面积/km ²	交叉点集水周长/km
1	235960	2630800	4.00	3.00	53694.93	13.76	116.00	4.47	117.1744	60.8000
2	235480	2630120	1.00	53.00	513.14	39.33	1.00	2.11	0.2624	3.4400
3	235400	2629800	1.00	33.00	2957.63	36.16	1.00	2.21	0.8304	6.3200
4	235480	2629400	2.00	32.00	2583.90	30.73	2.00	2.28	1.3376	6.7200
5	235320	2628840	1.00	51.00	1644.50	41.69	1.00	2.15	0.5280	5.8400
6	235080	2627880	1.00	41.00	2165.68	45.08	1.00	2.12	0.8080	5.7600
7	235040	2627600	1.00	26.00	2138.22	47.87	1.00	2.28	0.4528	5.2000
8	234800	2626960	1.00	26.00	772.54	25.88	1.00	2.16	0.3808	4.1600
9	234520	2626640	2.00	22.00	4516.45	22.52	3.00	2.45	2.7168	9.6000
10	234400	2625680	2.00	17.00	6478.10	23.25	3.00	2.57	3.6416	12.8000
11	234360	2625040	1.00	29.00	466.27	34.80	1.00	2.16	0.2688	3.2000
12	234480	2623720	3.00	3.00	25040.99	21.23	32.00	2.84	30.6000	36.5600
13	234200	2623040	1.00	10.00	353.14	1.25	1.00	2.45	0.5328	4.3200
14	234320	2622080	1.00	17.00	353.14	44.00	1.00	2.14	0.4352	3.5200
15	234680	2621280	1.00	27.00	306.27	24.67	1.00	2.12	0.2592	3.2000
16	235040	2620800	1.00	36.00	193.14	27.00	1.00	2.16	0.2544	3.0400
17	235200	2620640	3.00	32.00	9231.71	30.47	5.00	2.62	4.1328	13.2000
18	235800	2619760	2.00	40.00	3477.63	33.92	2.00	2.31	2.0176	8.7200
19	235880	2619440	1.00	70.00	1718.82	26.47	1.00	2.26	0.6304	5.5200
20	236160	2619040	1.00	53.00	1158.82	43.42	1.00	2.16	0.4048	4.4800

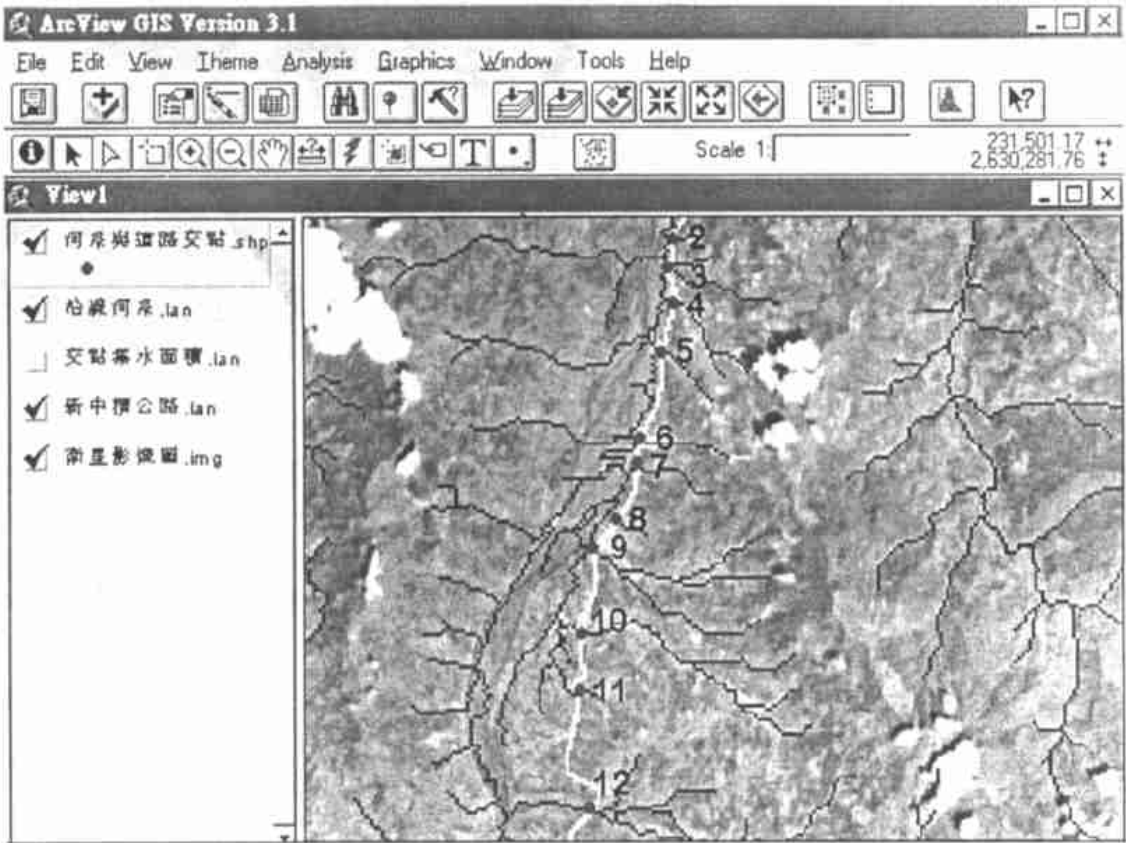


图 5 新中横公路沿线道路与溪流交点之区位图

责范围与责任归属问题之划分上能有所依据。各业务主管单位只要协调定出管辖集水区之出口位置,利用本研究所开发之集水区动态查询模组即可划出管辖集水区范围,能清楚的划分各主管单位相关权责与责任归属。

3.3 土石流评估模组

地理资讯系统可应用于土石流之防灾分析(施邦筑、郑光炎, 1997), OM 30 之土石流评估模组系以道路与河川的交叉点为评估对象, 分析交叉点之位置坐标、河川级序、交叉点坡度、主流长度、主流平均坡度、河序 1 的数量、河川弯曲度等可能影响交叉点发生土石流之因子。若在某一水文事件之下, 利用交叉点发生土石流规模之大小, 以多变量统计分析, 可评估及筛选分析点发生土石流之重要地形因子, 供土石流危险溪流之评估与划定之用。兹以陈有兰溪流域为例, 以陈有兰溪之 SPOT 卫星影像为底图, 将 OM 30 分析所得的集水区、溪流、道路与溪流交叉点坐标等图档, 利用 ArcView 加以查询展示(图 5 及图 6)。使用者输入河川档、道路档、坡度档、坡向档及高程档, 经分析后可萃取水系与道路交差点之位置坐标、河川级序、交叉点坡度、主流长度、主流平均坡度、河序 1 的数量、河川弯曲度等地文资讯(表 5)。若配合集水区动态查询; 萃取各交叉点上游集水区之地文及水文特性资讯, 可筛选影响交叉点发生土石流之重要地形与水文因子, 供土石流危险溪流划定与整治之参考。

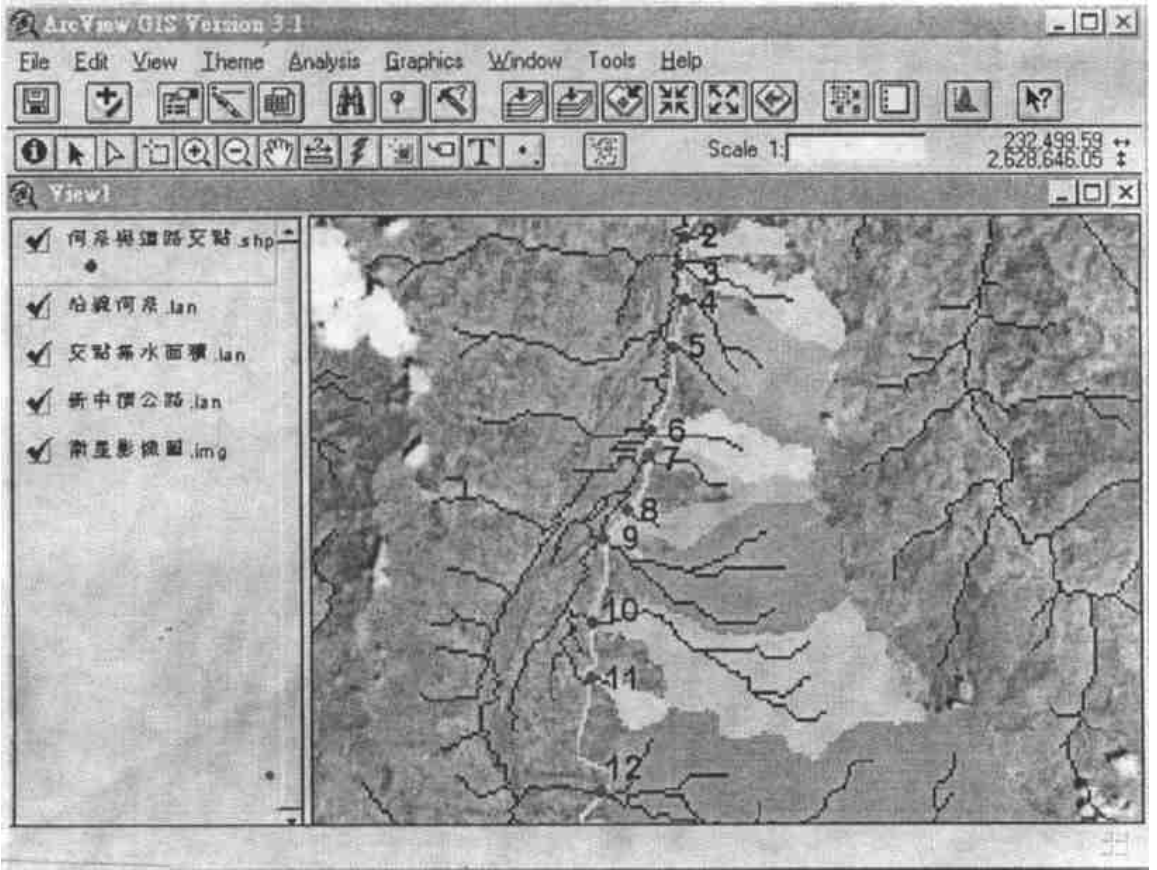


图 6 新中横公路沿线道路与溪流交点之集水区分布图

4 结 语

集水区之地文及水文资讯为水土保持规划设计所不可或缺, 以数值地形模型, 动态萃取集水区之地文及水文资讯为本研究之重点。本研究所发展之集水区动态查询, 已经改正集水区自动划分上所遭遇之盲点, 可提供坡地安全排水之规划设计、野溪治理及河川流域划分之用。各业务主管单位只要协调定出管辖集水区之出口位置, 即可划出管辖集水区范围, 能清楚的划分相关权责与责任归属。OM 30 为一套本土化之简易 GIS 分析软体, 本程式集系以网格式的资料为发展的重点, 以水土保持相关领域为研究方向, 对向量式资料如 ArcView、ARC/INFO 及 MapInfo 的支援, 则是 OM 30 未来发展的目标。

参考文献

- 1 周天颖, 周学政. ArcView 透视 3. X. 松岗电脑图书有限公司, 1997
- 2 林修平, 林逸文. 深入 C# Bullder 设计. 松格资讯有限公司, 1997
- 3 陈周造. Borland C# Bullder by 100 Examples 入门及应用. 博硕文化股份有限公司, 1997
- 4 施邦筑, 郑光炎. 地理资讯系统在土石流防灾上之应用. 台北技术学院学报, 1997, (32): 75 ~ 92
- 5 Jenson, 8, K. and J. O, Domingue. "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Graphic Information System Analysis. "Photogrametric Engineering & Remote Sensing, 1988, 54(11): 593 ~ 1600

作者简介

林昭远: 中兴大学水土保持学系副教授。

林文赐: 逢甲大学地理资讯系统研究中心系统工程师。

张力仁: 中兴大学水土保持学系研究生。