

黄土高原沟壑区典型小流域高精度 DEM 制作及其应用研究

王鸿斌¹, 刘斌¹, 田杏芳², 贾泽祥²

(1. 黄河水利委员会 西峰水土保持站, 甘肃 西峰 745000; 2. 黄河水利委员会 黄河上中游管理局, 陕西 西安 710043)

摘要: 高精度数字高程模型(DEM)是水土流失规律研究与流域地形空间分析中重要的空间数据。以黄土高原沟壑区的南小河流域为例,以 1:10000 地形图为数据源,探讨了在 Arcgis 和 ArcView 地理信息平台下,生成高精度 DEM 及提取流域土壤侵蚀指标的步骤和方法。结果表明,提取的地形信息能准确地反映该区域地形起伏变化与破碎状况,满足当前“数字流域”建设的需要。

关键词: 高精度 DEM; 南小河流域; 黄土高原沟壑区

文献标识码: B

文章编号: 1000—288X(2004)03—0034—03

中图分类号: P208; S157

High Accuracy DEM Products and Its Application in Gully Region of Loess Plateau

WANG Hong-bin¹, LIU Bin¹, TIAN Xing-fang², JIA Ze-xiang²

(1. Xifeng Soil and Water Conservation Scientific Experiment Station of Yellow River Water Conservancy Commission, Xifeng 745000, Gansu Province, China; 2. Bureau of the Upper and Middle Reaches of Yellow River, Xi'an 710021, Shaanxi Province, China)

Abstract: High accuracy DEMs is an important data in study of soil erosion and terrain feature space analysis. Taking Nanxiaohegou watershed in Gansu Province, which is in the gully region of Loess Plateau as an example, and 1:10000 relief map as an data source, the method of high accuracy DEMs and extract soil erosion index of watershed are discussed. The result shows that the terrain feature information is better and truly based on high accuracy DEMs, it is contented in the build of digital watershed at present.

Keywords: high accuracy DEMs; Nanxiaohegou watershed; the gully region of Loess Plateau

1 研究区概况

南小河流域是泾河支流蒲河左岸的一条支沟,属典型黄土高原沟壑区。流域面积 39.6 km²,在甘肃庆阳市西峰区及后官寨境内,海拔 1050~1423 m,主沟平均比降 2.8%,沟底至塬面相对高差 150~200 m。年均降水 556.5 mm,年均气温 9.3℃,侵蚀模数 4350 t/(km²·a)。全流域由塬面、山坡、沟谷 3 部分组成。塬面集流道长,汇水面积大,主要为水力侵蚀;山坡地形破碎,坡度一般在 10°~20°,主要为细沟侵蚀;沟谷包括现代沟谷的谷坡和残存的缓坡地以及沟床,谷坡的上、下部,一般是 40°~60°的陡坡和大于 60°的悬崖、立壁,谷坡中部多为 20°~30°的坡耕地,沟谷侵蚀较为复杂,水力侵蚀和重力侵蚀都很剧烈。流域地质构造较为单一,全部为黄土覆盖,主要包括黄土状重亚黏土、红色黄土、黄土。

2 研究方法

2.1 高精度 DEM

数字高程模型 DEM(Digital Elevation Model)是 1956—1960 年期间,由美国麻省理工学院 Chaires. L. Miller 首次提出,它表示区域 D 上的三维向量有限序列,用函数的形式描述为^[1]:

$$V_i = (X_i, Y_i, Z_i) \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

式中: X_i, Y_i——平面坐标值; Z_i——(X_i, Y_i) 所对应的高程。

本研究中提出的高精度 DEM 是相对于分辨率为 5, 10, 25 m 等中粗分辨率 DEM 而言的。应项目后期研究需要,为了能更好地与高分辨率 Quikbird 卫星数据叠合,定量反映南小河流域水土流失治理的梯田、林草、坝地等工程,生物措施以及研究该区域水土流失规律,将该研究区域 DEM 分辨率定为 1 m。

2.2 DEM 的制作

DEM 的数据来源通常有以下几种:影像、地形图、地面本身、其它数据源。本次研究采用 1:1 万地形图为数据源,共 4 幅,工作流程见图 1。

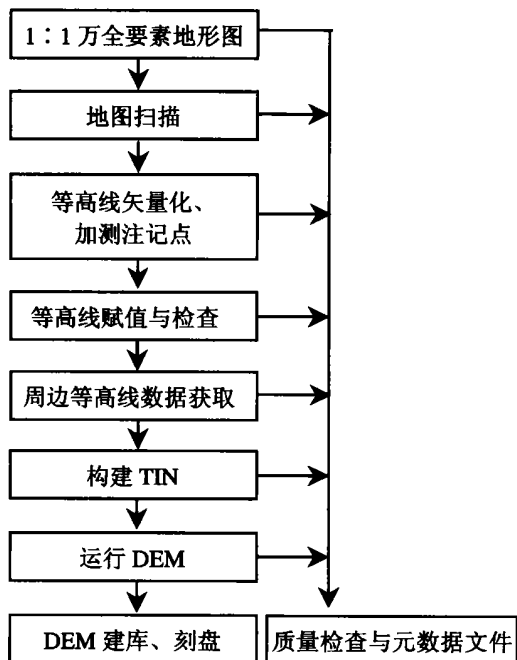


图 1 工作流程

2.2.1 地形图扫描矢量化 考虑黄土高原沟壑区地形起伏变化大,等高线密集等特点,为能更好地进行人机交互矢量化,经试验,将 4 幅 1:1 万地形图扫描率定为 300 dpi,存储为黑白二值 tif 格式。

2.2.2 矢量地形数据内容及分层 以 GB/T 15660—1995 地形图要素分类与代码标准为依据,从 1:1 万地形图上采集等高线和等高点(Terlk 层)、软件生成的地性点(Feapt 层)、水库的水涯线、双线河(Hydnt 层)等,以及其它与 DEM 生成、应用、分析有关的某些辅助信息共 14 个图层。

2.2.3 TIN 的生成及 DEM 内插 TIN 模块采用不规则三角网描述地形起伏,是国际上比较通用的方法,从 TIN 转换成规则格网形式的 DEM 一般采用线性内插。在本项目研究中,DEM 内插以 Arcgis 8 地理信息系统为平台^[2],使用 Terlk 层和 Feapt 层的 point elve 属性、Terlk 层的 line elve 属性、Hydnt 层的 poly elve 属性,由 createtin 和 tinlattice 命令完成 TIN 的生成及 DEM 内插。生成的 TIN 与等高线叠合检查,检查三角形构网是否有明显的不合理之处,增补高程点,重新构网。地形数据成果统一采用高斯—可吕格投影,1954 年北京坐标系。图 2 为矢量化的等高线层,图 3 为所加的测注记点。



图 2 等高线图层

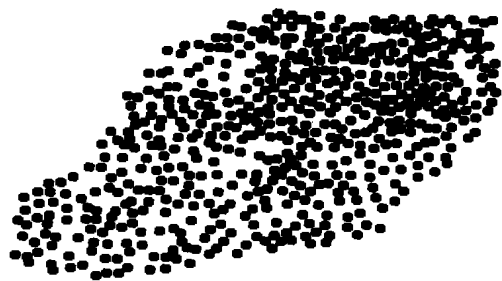


图 3 增加的测注记点图层

3 高精度 DEM 的应用

数字高程模型 DEM 在流域地形分析及水系构建等方面形成了比较成熟的算法,通常有 3 种格式:栅格型、不规则三角网(TIN) 和等高线,其中栅格型 DEM 是比较普遍的格式,计算处理方法简单有效,且和遥感数据在结构上容易匹配。目前在 DEM 基础上有多种比较成熟的提取流域特征数字信息的方法,由 DEM 提取流域的数字特征,包括确定单元格网的流向、汇流路径、河网间的拓朴结构、流域及子流域的边界划分、地形指标提取等过程。水文分析和地形指标提取在 Arcview 及 Arcgis 下完成。

3.1 水文分析

水文分析主要包括填充洼地(Fill sinks)、水流方向计算(Flow direction)、流水累积量(Flow accumulation)、水网(Stream network)、水流长度计算(Flow length)、流域分析(Watershed) 5 个部分。

流域分析采用 Flow direction 和 Flow accumulation 数据来产生:在 Arcview 视图中添加 Flow direction 和 Flow accumulation 主题,从 < Hydro > 菜单中选择 < Watershed > 命令,输入要计算流域的面积 100 万(经实验而来),生成南小河流域 Watershed 数据层,即流域界图层,将其转化为 coverage,由属性表求得南小河流域面积为 39.60 km²。该图层可用于计算沟壑密度、裁切 DEM 等。

3.2 地形指标提取

3.2.1 坡度 激活 DEM 所在主题层, 选择 < surface> 菜单下的 < derive slope> 即可。由 Arcview 自动产生的 grid 格式坡度图在 Arcgis 8 下, 用 reclass 命令^[2], 以水利部颁发的中华人民共和国行业标准 SL190—96 《土壤侵蚀分类分级标准》为坡度分级依据, 将该流域坡度分为 0~5°; 5~8°; 8~15°; 15~25°; 25~35°; 35~90 共 6 级(图 4)。Grid 格式的坡度图亦可在 Arcgis 下用编程方式进行分级。

```
slp = slope(podu, 1, degree)
do cell
if (slp < 5) out = 101
else if (slp >= 5 and slp < 8) out = 102
else if (slp >= 8 and slp < 15) out = 103
else if (slp >= 15 and slp < 25) out = 104
```

表 1 南小河流域各级坡度面积统计

坡度分级	合计	0~5°	5~8°	8~15°	15~25°	25~35°	35~90°
坡度代码	—	101	102	103	104	105	106
面积/km ²	39.60	22.47	0.72	1.17	3.02	4.78	7.45
百分比/%	100.00	56.73	1.82	2.96	7.62	12.07	18.80

3.2.2 地面粗糙度 地面粗糙度是指在一个特定的区域内, 地球表面积与其投影面积之比, 它是反映地表形态的一个宏观指标。提取方法为: 在 Arcview 中由 DEM 层提取坡度 slope 层, 在 < Analysis> 菜单下使用 < Calculator> 命令, 输入公式:

$((([Slope] * 3.14159 / 180) \cdot \cos) \cdot Pow(-1))^{[3]}$
即可得南小河流域地面粗糙度数据层(图 5)。

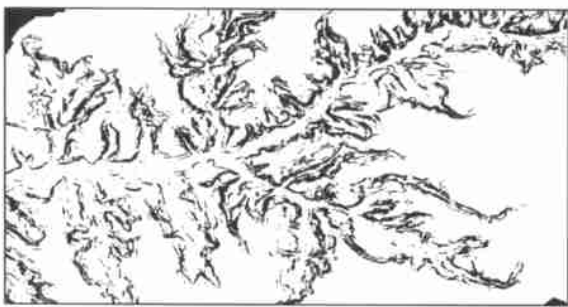


图 5 南小河流域地面粗糙度

3.2.3 沟壑密度 沟壑密度是指地表单位面积内沟壑的总长度。提取方法为^[3]: 在 Arcview 中, 选择 Flow Accumulation 主题, 选择 < Hydro> 菜单中的 < Stream Network as Line Shape> 命令, 输入水流累积量的最小值 1000(经试验而来), 再选择水流方向 Flow Direction 主题, 提取沟壑层, 根据沟壑层的属性表获得南小河流域的水流总长度为 231.74 km。计算沟壑密度: 沟壑密度 = 水流总长度 / 区域面

```
else if (slp >= 25 and slp < 35) out = 105
else out = 106
end
```

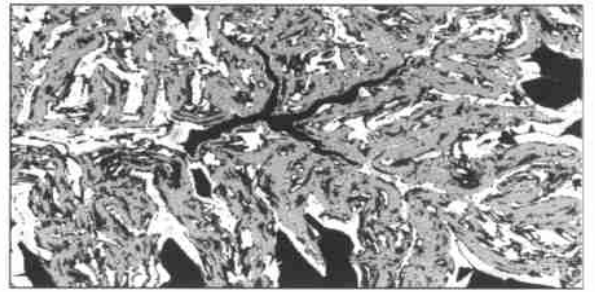


图 4 南小河流域坡度分级图(部分)

程序中: podu 为将要分级的坡度栅格数据, out = slope 为输出的坡度分级结果数据。101, 102...106 为坡度分级代码(表 1)。

积, 求得南小河流域沟壑密度 = $231.74 / 39.60 = 5.85 \text{ km/km}^2$ 。

此外, 利用 DEM 还可进行坡长、坡向、剖面曲率、平面曲率、地形起伏度等地形因子提取。而坡度、地面粗糙度、沟壑密度是评价区域土壤侵蚀强度的重要因子, 也是利用 GIS 研究黄土高原沟壑区水土流失规律不可缺少的组成部分。

4 结 论

高精度 DEM(1 m) 是水土流失监测与地形分析中重要的空间数据, 在黄土高原沟壑地区, 用它提取的地形信息更加准确, 能细致地反映该区域地形起伏变化与破碎状况, 与高分辨率卫星数据叠合, 能更好地反映水土流失治理的各项措施, 满足当前“数字流域”建设的需要, 应用前景良好。

[参 考 文 献]

- [1] 李志林, 朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉: 测绘科技大学出版社, 2000.
- [2] 樊红, 詹小国. Arc/info 应用与开发技术[M]. 武汉大学出版社, 2002.
- [3] 汤国安, 陈正江, 赵牡丹, 等. Arcview 地理信息系统空间分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [4] 党安荣, 贾海峰, 等. ArcGis 8 Desktop 地理信息系统应用指南[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.