

# 利用 DEM 提取陕北黄土高原沟谷网络的汇流阈值研究

李俊<sup>1</sup>, 汤国安<sup>2</sup>, 张婷<sup>2</sup>, 肖晨超<sup>2</sup>

(1. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069;

2. 南京师范大学 虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏 南京 210097)

**摘要:** 以陕北黄土高原多地貌类型样区为实验样区, 采用 5 m 分辨率的 DEM 为基本信息源, 构建不同汇流阈值与所提取沟壑密度量化关系。实验结果显示, 汇流阈值  $X$  与沟壑密度  $Y$  呈定量统计模型。根据所获得的陕北黄土高原不同地区模型系数值, 可有效地构建汇流阈值与沟壑密度之间的定量关系。这对于两者之间的相互求解, 特别是科学、合理地确定汇流阈值, 提供了理论依据。

**关键词:** DEM; 黄土高原; 沟谷网络; 汇流阈值

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-288X(2007)02-0075-04

**中图分类号:** P231.5

## Conflux Threshold of Extracting Stream Networks from DEMs in North Shaanxi Province of Loess Plateau

LI Jun<sup>1</sup>, TANG Guo-an<sup>2</sup>, ZHANG Ting<sup>2</sup>, XIAO Cheng-chao<sup>2</sup>

(1. Department of Urban and Resource Sciences, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China; 2. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment of Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210097, China)

**Abstract:** By taking 5 m grid cell DEMs as an experiment basis, the relation between flow accumulation threshold and gully density in the Loess Plateau area, Northern Shaanxi, China, is investigated quantitatively and statistically. Experimental results show that a statistical model could be constructed as a formula. In the formula, the coefficient is found to have a strong relation with terrain complexity and types and play a significant role in the model. In the fixed terrain area, a reasonable flow accumulation threshold could be derived based on the model, which is of critical significance not only in the theory, but also in application.

**Keywords:** Loess Plateau; DEM; threshold; gully density

近几年来,分布式流域特征提取的研究成为研究热点问题<sup>[1]</sup>。其中,基于 DEM 的沟谷网络提取由于受 DEM 精度、地形复杂度、沟谷网络的结构特征及模拟方法的制约<sup>[2]</sup>,存在很大的不确定性。如何确定沟谷起始点位置,是沟谷网络提取中的关键问题。

在常规的 GIS 水文分析方法中,集水面积阈值(简称“阈值”)是计算与显示水道起始点出现的决定因素。Martz 和 Garbrecht 认为<sup>[3]</sup>,上述阈值具有一定的地貌局限性,错误地使用其它地貌类型适用的阈值,将会得到大量的伪水道。Tribe 指出解决这一问题的方法是考虑地貌参数的空间变化<sup>[4]</sup>,不同类型的区域设置不同的阈值,或者考虑反映地貌空间差异性的其它参数。Martinez-Casanovas 和 Gandolfi 在平均坡度是否与集水面积阈值有关的问题上有不同的见解<sup>[5-6]</sup>。Gyasi-Agyei 从稳定性阈值概念出发<sup>[7]</sup>,得出由数字高程数据提取水道时正确估计临界集水

面积的方法。Tarboton 提出提取最高沟壑密度的网络计算准则<sup>[8]</sup>,并与 Puecker 和 Douglas 所推算的沟壑密度结果较好地吻合<sup>[9]</sup>。孙友波等对于阈值与平均坡度<sup>[1]</sup>、沟谷网络总长度进行了研究。熊立华等给出了阈值和沟谷网络总长<sup>[10]</sup>、平均坡降的曲线关系,并以此为依据得出理论阈值的获取方法。然而,上述研究对于不同地貌类型区域阈值的设定,都还没有得到满意的结果。

黄土高原具有独特的地貌空间分异特征,集中体现在其内部地貌形态的有序组合。本文以陕北黄土高原不同地貌类型的 37 个样区为实验样区,研究汇流阈值随黄土地貌复杂度变化而变化的规律,并研究汇流阈值与沟谷网络总长度的量化关系,研究结果对于完善黄土高原沟谷网络自动提取的理论与方法,对于深化人们对黄土高原沟谷网络空间分异的认识,具有重要的意义。

收稿日期:2006-12-16

资助项目:国家自然科学基金(40671148, 40571120); 高等学校博士学科点专项科研基金(20050319006)

作者简介:李俊(1984—),男(汉族),安徽和县人,硕士研究生,主要从事地理信息系统方面研究。Email:leejun19841113@126.com。

## 1 实验基础

### 1.1 实验样区

本研究选取陕北黄土高原地区 37 个地貌类型区域作为实验样区。典型样区地形参数如表 1 所示,实验样区空间分布如图 1 所示。

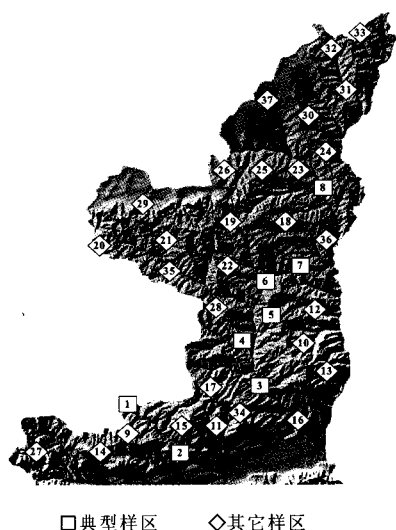


图 1 陕北黄土高原地貌实验区分布示意图

### 1.2 实验数据

采用国家基础地理数据库 1:10 000 比例尺 DEM 数据及基本信息源,其栅格分辨率为 5 m,由同比例尺 1:10 000 地形图数字化建立。

### 1.3 实验方法

实验采用 D8 算法及所设定的阈值提取沟谷网络(栅格),分析汇流阈值与沟壑密度的量化关系,获得相应的分析模型(如图 2 所示),并对量化关系的系数、系数之间及系数与地貌的关系进行分析研究。

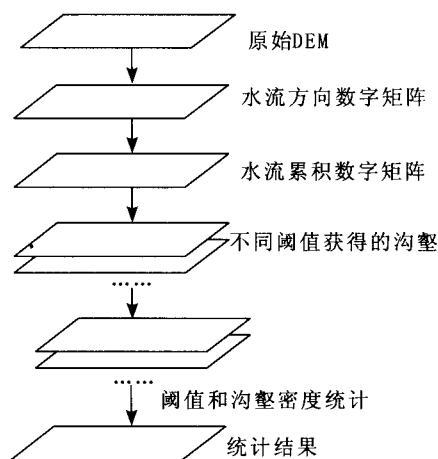


图 2 实验技术流程图

表 1 典型样区主要地形参数

样区编号	所处地貌类型	平均海拔/m	地面平均坡度/(°)	地面粗糙度	沟壑密度
1	黄土塬	1 097.19	13.31	1.087 2	4.266
2	黄土台塬	1 044.76	12.40	1.075 4	2.956
3	黄土残塬	986.10	19.35	1.127 4	5.200
4	黄土梁状丘陵沟壑	1 123.84	24.44	1.166 6	10.362
5	黄土梁状丘陵沟壑	1 299.52	26.74	1.153 6	6.783
6	黄土梁状丘陵沟壑	1 127.69	27.39	1.168 3	11.408
7	黄土梁状丘陵沟壑	1 088.92	31.23	1.221 0	7.783
8	黄土梁状丘陵沟壑	995.72	29.24	1.188 3	10.320

## 2 实验结果分析

汇流阈值的大小决定着所提取沟谷的致密程度与沟谷的级别特征。根据汇流阈值在沟谷网络上体现的特征,对 8 个典型样区进行沟谷网络提取,以多个阈值提取沟谷网络,统计不同阈值下的沟壑密度。根据散点图的趋势,对其以乘幂函数格式进行拟合,并得到 8 个典型样区的拟合方程,如图 3 和表 2。

可将沟壑密度和阈值的关系表达为:

$$Y = a \times X^{-b} \quad (1)$$

结果显示系数  $a, b$  间存在以下关系(图 4)。

$$a = 4615.60b^2 - 3970.50b + 949.34 \quad (2)$$

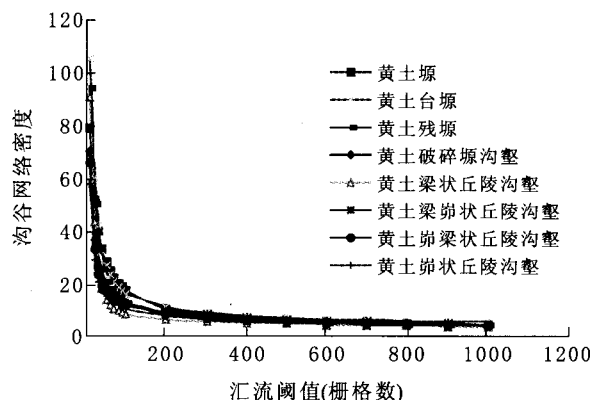


图 3 沟谷网络密度和阈值关系曲线图

表2 不同地貌类型汇流阈值—沟壑密度关系模型

样区编号	地貌类型	拟合方程	拟合相关系数
1	黄土塬	$Y = 340.84X^{-0.6429}$	$R^2 = 0.9969$
2	黄土台塬	$Y = 325.69X^{-0.6203}$	$R^2 = 0.9797$
3	黄土残塬	$Y = 278.66X^{-0.6401}$	$R^2 = 0.9730$
4	黄土梁峁状丘陵沟壑	$Y = 175.62X^{-0.5635}$	$R^2 = 0.9802$
5	黄土梁状丘陵沟壑	$Y = 179.38X^{-0.5985}$	$R^2 = 0.9787$
6	黄土梁峁状丘陵沟壑	$Y = 180.42X^{-0.5746}$	$R^2 = 0.9807$
7	黄土峁梁状丘陵沟壑	$Y = 154.02X^{-0.5407}$	$R^2 = 0.9746$
8	黄土峁状丘陵沟壑	$Y = 119.21X^{-0.5036}$	$R^2 = 0.9656$

注: X 为栅格阈值(个数); Y 为沟壑密度(km/km<sup>2</sup>)。

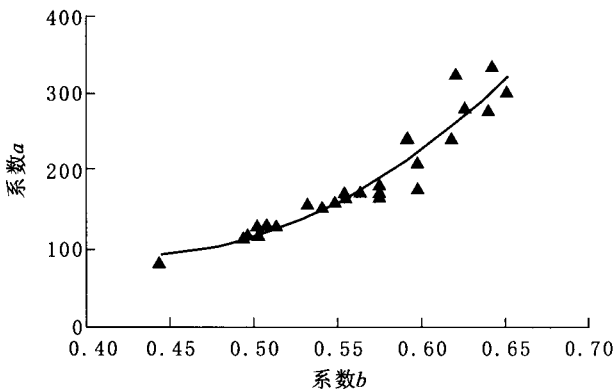


图4 系数 a 与系数 b 之间的关系

综合公式(1),(2)得到:

$$Y = (4615.6b^2 - 3970.5b + 949.34) \times X^{-b} \quad (3)$$

式中: X—— 汇流阈值; Y—— 所提取的沟壑密度; b—— 系数。

由上式可见,汇流阈值与所提取的沟壑密度呈负相关,而系数 b 的大小决定着两者具体的定量关系。实验结果显示,系数 b 具有较为明显的地域空间分异特征,图 5 为由黄土高原多实验区实验所获得的系数 b 分布图(验证精度在 95% 以上)。

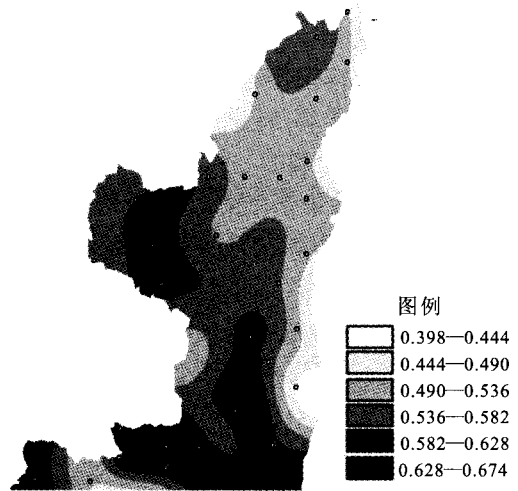


图5 陕北黄土高原 b 值空间分布图

根据公式(3),利用理论阈值和对应地貌的系数 b 值可直接得出该地区的沟壑密度;相反的,在一定程度上,利用陕北黄土高原的沟壑密度空间分异图和图 6<sup>[11]</sup>,也可以直接得出所需沟谷网络的理论阈值,这样也为理论阈值的确定提供了新的方法。图 6 为陕北某地区获得的理论阈值提取的沟谷网络。

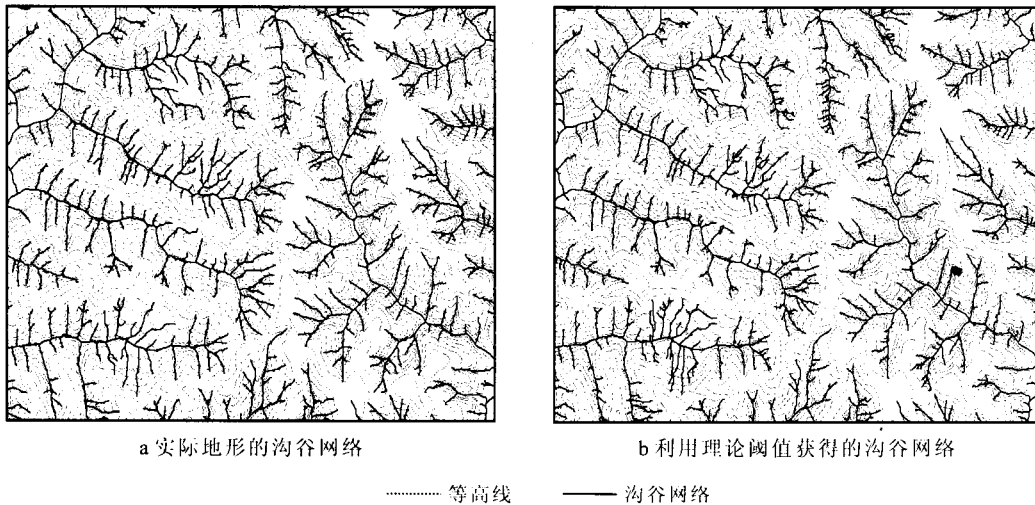


图6 理论阈值提取的沟谷网络和实际的比较

### 3 结论

(1) 沟壑密度是描述黄土高原地面破碎程度与侵蚀强度的最重要地形参数<sup>[12]</sup>, 基于 DEM 提取黄土高原地区沟壑密度, 虽然已经有了较为成熟的技术方法, 但是, 汇流阈值的正确确定, 是保证提取结果高精度的关键所在。

(2) 实验结果显示, 汇流阈值  $X$  与沟壑密度  $Y$  呈  $Y = (4615.6b^2 - 3970.5b + 949.34) \times X^{-b}$  的定量统计模型。其中系数  $b$  呈较明显的空间分异特征, 根据所获得的陕北黄土高原不同地区  $b$  值, 可有效地构建汇流阈值与沟壑密度之间的定量关系。这对于两者之间的相互求解, 特别是科学、合理地确定汇流阈值, 提供了理论依据。

(3) 本研究主要集中在陕北黄土高原地区, 且样区个数还是显少, 在边缘地区控制不足, 典型样区还主要集中在黄土高原南北剖面上, 如果具有整个黄土高原地区, 或黄土高原重点流失区较为完善、系统的数据资料, 可望获得更完善、全面的研究结果。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 孙友波, 宫辉力, 赵文吉, 等. 基于 DEM 的数字沟谷网络生成方法的浅议[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2005, 26(2): 106—111.
- [2] 刘光, 李树德, 张亮. 基于 DEM 的沟谷提取算法综述[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(5): 11—15.
- [3] Martz W, Garbrecht J. Short communication, automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method—Comment [J]. Journal of Hydrology, 1995(167): 393—396.
- [4] Tribe A. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method—Comment [J]. Journal of Hydrology, 1992, (139): 263—293.
- [5] Martinez-Casasnovas J A, Stuiiver H J. Automated delineation of drainage networks and elementary catchments from digital elevation models [J]. ITC Journal, 1998, 34: 198—208.
- [6] Gandolfi C, Bischetti G B. Influence of the drainage network identification method on geomorphological properties and hydrological response [J]. Hydrological Processes, 1997, 11: 353—375.
- [7] Gyasi-Agyei Y, Willgoose G, de Troch F P. Effects of vertical resolution and map scale of digital elevation models on geomorphological parameters used in hydrology [J]. Hydrol Proc, 1995, 9: 3—4.
- [8] Tarboton D G, Bras R L, Rodriguez-Iturbe I. On the extraction of channel networks from digital elevation data [J]. Hydrological Processes, 1991, 5: 81—100.
- [9] Puecker, Douglas. Detection of surface specific points by local parallel processing of discrete terrain elevation data [J]. Computer Graphics and Image Processing, 1975, 4 (3): 375—387.
- [10] 熊立华, 郭生练. 基于 DEM 的数字沟谷网络生成方法的探讨 [J]. 长江科学院院报, 2003, 20(4): 14—17.
- [11] 吴良超, 汤国安, 张友顺, 等. 基于 DEM 的陕北黄土高原沟壑密度提取和空间分异 [J]. 西北大学学报(自然科学网络版), 2005, 3(5): 1—51.
- [12] 陆中臣. 流域地貌系统 [M]. 大连: 大连出版社, 1991. 32—33.