

# 黄土丘陵沟壑区 1:1 万及 1:5 万比例尺 DEM 地形信息容量对比

汤国安<sup>1,2</sup>, 陈楠<sup>2</sup>, 刘咏梅<sup>2</sup>, 张友顺<sup>2</sup>, 陈正江<sup>2</sup>

(1. 中科院水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069)

**摘要:** 黄土丘陵沟壑区地形变化异常复杂, 1:5 万地形图对原始 1:1 万地形图等高线形态综合、取舍程度很大, 这些都在不同程度上影响了地形分析结果的准确性。以高精度的 1:1 万比例尺 DEM 为校准值, 运用 1:1 万及 1:5 万比例尺 DEM 叠合比较分析的方法, 研究 1:5 万 DEM 的地形信息容量及提取不同地形要素的精度。试验结果表明, 在黄土丘陵区, 与 1:1 万 DEM 相比, 1:5 万 DEM 在所提取的地面坡度、地面曲率、沟壑量等地形定量指标方面均都存在着较大的误差。

**关键词:** 数字地形模型; 比例尺; 对比; 误差

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2001)02-0034-03

中图分类号: P283.8

## A Comparison on Digital Terrain Models of Different Scales in Loess Hill and Gully Area

TANG Guo-an<sup>1,2</sup>, CHEN Nan<sup>2</sup>, LIU Yong-mei<sup>2</sup>, ZHANG You-shun<sup>2</sup>, CHEN Zheng-jiang<sup>2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100 Shaanxi Province, PRC; 2. Department of Urban and Resource Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, PRC)

**Abstract:** Taking Jiuyuan valley in the loess hill and gully area as a test site, the accuracy of terrain variables derived from 1:50 000 scaled DEMs by means of a careful comparison with high accuracy DEMs of 1:10 000 scaled is probed into. The experiment shows a big error between the terrain variables (i. e. slope gradient, surface curvature, channel networks etc.) derived from the both information sources. At present, 1:50 000 scaled DEM has been set up in the whole country, which will be applied as an important base for soil erosion investigation as well as soil and water conservation project planning in the loess plateau region.

**Keywords:** DEM; map scale; comparison; error

数字高程模型 (DEM), 是遥感与 GIS 中赖以进行三维空间数据处理与地形分析的核心数据。国家测绘部门最近完成了基于 1:5 万比例尺地形图的数字高程模型, 由于地形图已经经过了相当程度的制图综合与取舍, 特别在黄土丘陵沟壑区, 地面支离破碎, 地形变化异常复杂, 1:5 万地形图对原始 1:1 万地形图等高线形态综合、取舍程度更大, 这些都会在不同程度上影响了地形分析结果的准确性。当前, 水土流失监测与水土保持规划工作的开展都急需高精度的地形数据。测定 1:5 万 DEM 在提取地形特征要素上的精度特征。对于帮助使用者了解 DEM 的质量特征与适用性, 进而进一步研究控制与消除误差都具有重要的意义。本文以高精度的 1:1 万 DEM 为基准, 通过对 1:5 万和 1:1 万 DEM 提取定量地形要素的叠合比较与统计分析, 探讨 1:5 万 DEM 在提取地

面坡度、地面曲率以及沟壑密度等地形因子方面的精度。该研究结果同时反映出 2 种不同比例尺地形图的地形信息容量, 对于帮助使用者了解 1:5 万比例尺地形图及 DEM 的适用性都具有一定的意义。

### 1 试验基础与方法

#### 1.1 试验样区与信息源

试验样区位于绥德县韭园沟流域, 试验样区面积 100 km<sup>2</sup> (10 km × 10 km), 平均海拔高度 980 m, 属于典型的黄土丘陵沟壑地貌类型区。采用国家测绘部门编制的 1:1 万及 1:5 万地形图作为建立 DEM 的基本信息源。

#### 1.2 试验方法

(1) 基于 GIS 的叠置比较分析为本试验的基本方法。ARC/INFO, ARC/VIEW 地理信息系统为本

收稿日期: 2001-02-21

资助项目: 国家自然科学基金 (49971065); “测绘遥感信息工程国家重点实验室开放基金 (WKL99-0320); 教育部资助优秀青年教师基金; 陕西省教育厅专项研究基金 (00JK150)

作者简介: 汤国安 (1962-), 男 (汉族), 浙江宁波人, 博士, 副教授。主要从事 GIS 与遥感应用技术研究。E-mail: tguoan@xaonline.com

研究的主要软件平台。

(2) 采用国家测绘局所制定的地形图数字化建立 DEM 的技术规范制作 DEM, 1:5 万、1:1 万 DEM 的水平分辨率分别为 25 m 及 5 m。

(3) 在黄土丘陵沟壑区, 基于 1:1 万比例尺地形图等高线制作的 DEM (5 m 水平分辨率) 地形描述误差的均方差值为  $0.337 \text{ m}^{[11]}$ , 具有很高的地形描述精度, 能较准确地提取上述定量地形因子<sup>[7]</sup>, 因此, 以 1:1 万 DEM 作为准值, 利用叠合比较的分析方法分析 1:5 万 DEM 提取地形因子的精度是本研究的主要分析方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 等高线长度与曲率分析

等高线长度与曲率的变化是衡量对其制图综合取舍程度的重要量化指标。对试验区不同地貌部位等高线长度与曲率的统计结果见表 1。

表 1 3 种不同地形部位等高线长度、曲率比较

地貌部位	等高线长度/km			等高线平均曲率/(°)		
	1:5 万地形图	1:1 万地形图	长度变化/%	1:5 万地形图	1:1 万地形图	曲率变化/%
沟间地	228	353	64.72	23.4	31.8	26.4
沟坡地	473	918	51.57	32.0	67.7	47.3
沟底地	1 687	2 353	71.69	20.8	25.5	18.4

表 2 2 种比例尺地形图分级量算地面坡度结果对比

地形图种类	各坡度级占总面积比例/%										平均坡度	> 25° 坡地面积占总面积比例/%
	0°-5°	5°-10°	10°-15°	15°-20°	20°-25°	25°-30°	30°-35°	35°-40°	40°-45°			
1:1 万 DEM	1.04	2.22	5.58	11.30	16.55	17.66	15.58	12.17	18.09	29.45°	57.83	
1:5 万 DEM	2.99	3.78	4.41	7.57	15.69	23.11	21.80	12.77	8.10	21.16°	34.56	

表 3 2 种不同比例尺 DEM 量算剖面曲率分级统计结果对比

比例尺	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~90	均值	最大值
1:5 万	23.69	20.67	15.79	12.38	10.33	9.07	6.88	1.19	34.28	82.51
1:1 万	9.10	15.52	16.81	17.13	16.47	13.87	8.82	2.29	11.84	39.17

### 2.4 沟壑密度分析

沟壑密度是反映该地区受侵蚀程度的重要定量指标。在黄土丘陵沟壑区, 细沟、浅沟、切沟、冲沟分别发育在不同的坡面部位, 利用地形图或 DEM 提取地面沟壑特征, 对于水土流失监测以及水土保持规划都具有重要的意义。1:5 万地形图等高线制图综合的结果, 使等高线平滑, 地面沟壑信息大量损失。图 1、2 及表 4 为以上 2 种比例尺 DEM 采用栅格汇流方法提取的地面沟壑图(均为可提取的地面最小沟壑)。对比结果显示两者在所提取沟壑量与沟壑密度的结果却存在明显差异。

表 1 显示, 以上 2 种比例尺等高线长度的差异均在 50% 以上, 综合取舍量很大, 其中沟坡地、沟底地等高线长度的变化更大; 沟坡地等高线曲率的差异达到 47.3%, 是 1:5 万地形图上大量切沟、冲沟被舍弃, 使等高线变得平滑的结果。

### 2.2 地面坡度分析

2 种不同比例尺 DEM 提取地面坡度的统计结果见表 2。

表 2 显示 1:5 万地形图所测量地面平均坡度明显比实际坡度平缓。两种比例尺 DEM 分级量算地面坡度结果对比也显示两者存在明显的差异。因此, 目前虽然已经完成了基于 1:5 万地形图 DEM 的生产, 但在黄土丘陵沟壑区, 直接应用该信息源提取地面坡度的可信度太低。采用不同空间尺度的坡度转换图谱<sup>[11]</sup>, 实现对所提取地面坡度统计值的纠正, 是十分必要的。

### 2.3 地面剖面曲率分析

地面剖面曲率是地面坡度的变化率, 是反映地形起伏变化特征的重要指标之一。在黄土丘陵沟壑区, 剖面曲率是确定坡形以及提取诸如沟沿线、沟底线等地形转折线的重要定量地形指标。1:5 万地形图对等高线综合取舍的结果, 在很大程度上平滑了地面的转折菱角, 降低了所提取地面剖面曲率。表 3 为对 2 种比例尺地形图量测地面剖面曲率的统计结果对比。

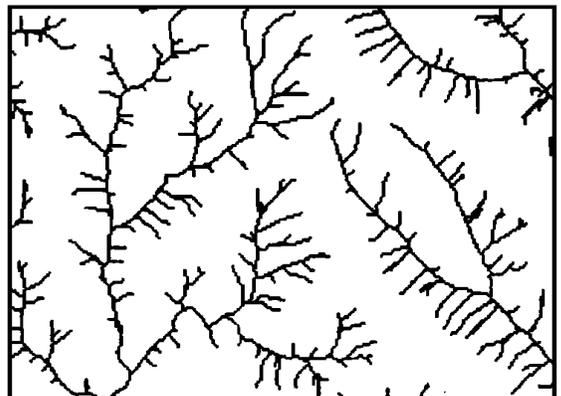


图 1 1:1 万比例尺地形图提取沟壑结果

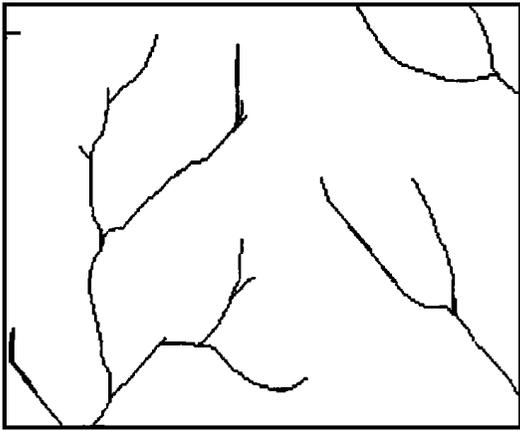


图 2 1:5 万比例尺地形图提取沟壑结果

表 4 2 种比例尺地形图提取地面沟壑密度结果  $\text{km}/\text{km}^2$

沟壑密度	大于冲沟的沟壑	小于切沟的沟壑
1:1 万地形图	6.8	9.1
1:5 万地形图	6.4	0.3

从 1:5 万比例尺 DEM 上仅能提取较大的冲沟及主沟道, 而 1:1 万比例尺 DEM 能有效提取在地面发育的切沟、浅沟及部分细沟, 更有利于进行小流域坡面水土流失特征的监测研究以及各项水土保持措施的布设规划。

### 3 结 论

在黄土丘陵沟壑区, 根据 1:5 万与 1:1 万 2 种不同比例尺地形图上等高线生成的 DEM 在地形信息容量上存在着明显的差异。与 1:1 万地形图相比, 1:5 万地形图制图综合的结果在总体的效果上使地面的起伏趋于平缓、沟壑减少、地形剖面曲率降低。然而, 本文仅对依国家标准建立的 2 种不同比例尺 DEM 所提取的地形要素结果进行比较分析, 用以反映 1:1 万与 1:5 万比例尺 DEM 在黄土丘陵区的地形信息容量差异, 但值得注意的是, DEM 所提取地形要素的精度在很大程度上受其空间分辨率以及数据组织方式等其它因子的制约。综合考虑以上因素的影响, 可望获得更为全面的分析结果。目前, 在国家仅完成 1:5 万比例尺 DEM 的条件下, 建立重点地区不同空间尺度 DEM 所提取地形定量因子的转换图谱, 对于有效纠正 1:5 万 DEM 提取地形因子统计值的误差, 具有良好效果, 但仍无法纠正具体图斑的测量误差。因此, 对于有较高精度要求的研究或应用项目, 仍需要利用 1:1 万比例尺 DEM。目前在黄土高原地区诸多生态环境建设工程项目, 特别是水土流失监测与水土保持规划工作的开展都急需高精度地形

数据的支持, 而 1:5 万比例尺 DEM 难以满足某些应用的需要, 加紧该地区 1:1 万比例尺 DEM 的建设应当作为一项重要基本建设任务。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] Brown D G, Bara T J. Recognition and reduction of systematic error in elevation and derivative surfaces from 7.5 minute DEMs[ J ]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1994, 60(2): 189—194.
- [ 2 ] Felid simo A M. Parametric statistical method for error detection in digital elevation models[ J ]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1994, 49(4): 29—33.
- [ 3 ] Gao J. Resolution and accuracy of terrain representation by grid DEMs at a micro-scale[ J ]. International Journal of Geographical Information Sciences, 1997, 11(2): 199—212.
- [ 4 ] Wood J D. The geomorphological characterisation of Digital Elevation Models[ M ]. Leicester University Press, 1996.
- [ 5 ] Bolstad P V, Stowe T. An evaluation of DEM accuracy: Elevation, Slope, and Aspect[ J ]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1994, 60(11): 1327—1332.
- [ 6 ] Carter J. The effect of data precision on the calculation of slope and aspect using grid DEMs[ J ]. Cartographic, 1992, 29(1): 22—34.
- [ 7 ] Tang Guoan. A research on the accuracy of digital elevation models[ M ]. Beijing: Science Press, 2000.
- [ 8 ] 汤国安. 数字高程模型在黄土丘陵沟壑区地面坡度图制作中的应用[ M ]. 见: 神府地区资源与环境遥感调查及制图. 北京: 科学出版社, 1994. 341—349.
- [ 9 ] 陈述彭, 等. 地学信息图谱研究及其应用[ J ]. 地理研究, 2000, 19(4): 337—343.
- [ 10 ] 汤国安. DEM 地形描述误差空间结构分析[ J ]. 西北大学学报(自然科学版), 2000, 20(4): 349—352.
- [ 11 ] 汤国安. 不同比例尺 DEM 提取地面坡度的精度研究[ J ]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 53—56.
- [ 12 ] 毛可标, 陈向东. 地形结构线自动生成方法研究[ J ]. 测绘科技动态, 1995(3): 12—18.
- [ 13 ] 蒋忠信. 流域沟壑密度理论极值数学模式商讨[ J ]. 地理研究, 1999, 18(2): 220—223.
- [ 14 ] 阎国年, 钱亚东. 黄土丘陵沟壑区沟谷网络自动制图技术研究[ J ]. 测绘学报, 1998, 27(1): 131—137.
- [ 15 ] 刘春, 丛爱岩. 基于“知识规则”的 GIS 水系要素制图综合推理[ J ]. 测绘通报, 1999(9): 21—24.
- [ 16 ] 余鹏, 刘丽芬. 利用地形图生产 DEM 数据的研究[ J ]. 测绘通报, 1998(10): 16—18.
- [ 17 ] 张金生. 地形图的精度对在图上求取对数据精度的影响[ J ]. 测绘技术, 1994(2): 39—42.