

基于不同比例尺的 DEM 地形信息比较

陈楠, 汤国安, 刘咏梅, 张春燕

(西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069)

摘要:运用比较分析与数理统计的方法,以 1:1 万 DEM 为基准,探讨在黄土丘陵沟壑区以 1:5 万地形图为基础所建立的数字高程模型描述地表形态的精度特征。实验样区为陕北绥德县韭园沟流域,基本技术平台为 ARC/VIEW 地理信息系统软件。研究表明,在该地区内,利用 1:5 万 DEM 所提取的地面坡度、剖面曲率、平面曲率 3 种地形因子都不同程度地存在着误差。其研究成果对于 DEM 应用精度的估算与误差的纠正有一定的指导意义。

关键词:数字高程模型;地形因子;比例尺

中图分类号:G206.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-274X(2003)02-0237-04

数字高程模型(DEM)是地理信息系统地理数据库中最为重要的空间信息资料 and 进行地形分析的核心数据系统,在测绘、资源与环境、灾害防治、国防等与地形分析有关的科研及国民经济各领域发挥着巨大的作用。DEM 也是进行黄土高原水土保持规划与治理,特别是实施“山川秀美”工程的重要技术支柱。然而,由于工作量巨大,利用 1:1 万地形图建立高精度地形数据库的工作在近期内无法完成。但是,国家对黄土高原地区退耕还林、还草的事情非常重视,迫切需要能满足要求的地形数据库,1:5 万地形图建立的地形数据库便成为此项工程的主要信息源。目前,以地形图作为基本信息源建立 DEM 仍然是最常用的方法之一,而地形图本身综合取舍的结果会影响到 DEM 的精度,进而将会使 DEM 的应用精度受到不同程度的影响。

本研究是国家自然科学基金项目“数字高程模型不确定性及其对应用影响研究”的研究内容之一。以 1:1 万 DEM 中的数据为真实值,在众多地形因子内选取地面坡度、剖面曲率、平面曲率 3 因子作为研究对象,分析 1:5 万 DEM 中各因子的信息损失量。

早在 1921 年,就开始对地形图制图进行综合的研究,并且取得了显著的成果。例如:1921 年,艾克尔特(M. Eckert)首次叙述了制图综合的概念;在 20

世纪 40 年代,萨里谢夫就总结了前苏联在第二次世界大战期间地图生产的经验和制图科学研究成果,出版了《制图原理》和《地图编制》等著作。随着现代制图技术的变革,这方面研究更加深入和广泛。但是,由于制图综合对 DEM 造成的影响及不同比例尺 DEM 的信息损失量,目前还没有人研究过不同比例尺地形图。

1 实验方法

本研究以陕北绥德县韭园沟流域为实验样区。该区位于东经 110°15'00"~110°22'30",北纬 37°32'30"~37°37'30",平均海拔高度 980.06 m,总面积 100 km²。实验区内沟壑纵横、地貌破碎、侵蚀强烈,是典型的梁峁状黄土丘陵沟壑区。实验区内沟壑密度为 7.38 km/km²,地面粗糙度为 1.18;地形图、遥感图像以及各种文字资料都比较齐全,是国家自然科学基金研究课题的重点试验区之一。

本研究基于 1:5 万和 1:1 万地形图建立的分辨率为 5 m 的 DEM 作为研究对象,基于 1:1 万地形图建立的 DEM 所派生的等高线谷脊部位水平位移为 1.038 7 m,平滑部位水平位移为 0.280 7 m,全区等高线水平位移平均值为 0.341 3 m,高于国家标准,完全能够真实地表达实际地形地面特征。

收稿日期:2002-01-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(49971065);测绘遥感信息工程国家重点实验室开放研究基金(WKL990320)

作者简介:陈楠(1975-),男,福建厦门人,西北大学硕士生,从事地图与地理信息系统研究。

比较分析法为本研究的基本研究方法。研究中以 1:1 万比例尺 5 m 分辨率 DEM 为真值,与 1:5 万 5 m 分辨率的 DEM 所提取的地形信息进行对比。

2 结果与分析

2.1 提取地面坡度精度分析

坡度是与地表形态密不可分的一个地形因子,坡度的变化会引起一系列的相关变化。如在分析地表表面积时用了地面坡度;分析沟壑数量时,进行汇水量分析的功能模块也将地面坡度作为重要影响因素加以考虑。因此,研究不同比例尺 DEM 中地面坡度的变化可以反映 DEM 的可信度。

2.1.1 平均坡度对比分析 利用 DEM 生成坡度图即可统计出整幅区域的平均坡度(见表 1)。

由表 1 可知,1:5 万 DEM 中的地面平均坡度比 1:1 万 DEM 中减少了 6.38%,1:5 万 DEM 坡

度最大值也低于 1:1 万 DEM。这说明由于原始等高线间距的增大以及弯曲的简化使 1:5 万 DEM 中地面整体坡度降低,总体地形向平坦转化。1:5 万 DEM 中的标准差也小于 1:1 万,这说明 1:5 万 DEM 中坡度的变动范围比在 1:1 万 DEM 中小,反映了 1:5 万 DEM 的概括作用。

表 1 地面坡度统计表

Tab. 1 Statistics of surface slope

坡度统计表	最小值	最大值	平均值	标准差
1:5 万 DEM	0	64.936 592	27.568 340	9.767 964
1:1 万 DEM	0	66.298 241	29.448 339	11.023 428

2.1.2 坡度分级对比分析 分别对 1:1 万和 1:5 万 DEM 提取坡度。坡度分级为:0~3°,3~5°,5~10°,10~15°,15~20°,20~25°,25~30°,30~35°,35~40°,40~45°,45~50°,50~55°,55~90°共 13 级。对各级别数量及相关参数进行统计的结果见表 2 (统计单位为栅格数)。

表 2 坡度分级对比表

Tab. 2 Slope grade comparison

分级标准/度	0~3	3~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~90
1:1 万	554	605	2 884	7 230	14 649	21 459	22 890	20 201	15 776	11 366	7 217	3 535	1 322
1:5 万	2 178	1 410	4 897	5 719	9 814	20 345	29 971	28 266	16 560	7 153	2 507	666	175
损失量	1 624	805	2 013	-1 511	-4 835	-1 114	7 081	8 065	784	-4 213	-4 710	-2 869	-1 147

表 2 显示,在 0~10°及 25~40°损失量为正,说明 1:5 万 DEM 中 0~10°及 25~40°的栅格数增大。10~25°及 40~90°损失量为负,说明 1:5 万 DEM 中 10~25°及 40~90°的栅格数减小。而 30~35°损失量最大,达 8 065,35~40°损失量最小,为 784。可以看出,1:1 万和 1:5 万 DEM 所求出的坡度大多集中在 20~40°之间,且都在 25~30°范围达到最大值。这说明在黄土丘陵沟壑区有一定的地形起伏,但较和缓。为了便于观察规律,做出坡度分级变化折线图(见图 1)。

从图 1 中(横坐标分级序列号 1~13 分别与表 2 中的 13 级分级标准对应,纵坐标值为对应栅格数)可以看出:1:5 万的 DEM 在 40~90 中栅格数减少。这是由于它的地形概括造成的坡度减缓。这些较大的坡度(40~90°)在 1:5 万 DEM 中被减缓必然变为相对较小的坡度,因此,在 25~40°中,1:5 万 DEM 栅格数增大并且大于 1:1 万 DEM 中栅格数。同时也说明 1:5 万 DEM 中对 20~40°起伏概括作用低于对 40~90°起伏的概括作用。同理可

以推断,1:5 万 DEM 中对 10~25°概括作用明显。这种概括能力分段不同的特点使 1:5 万 DEM 更加表现出地形大的轮廓起伏,显示了制图综合的作用结果。

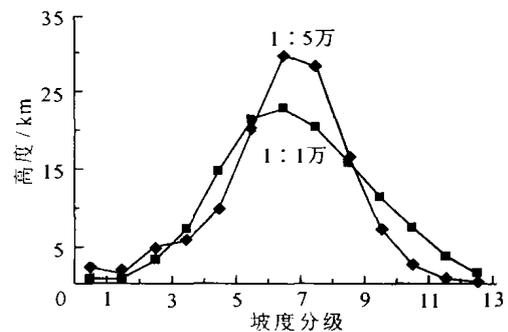


图 1 坡度分级对比图

Fig. 1 Slope grade comparison

2.2 提取剖面曲率及平面曲率的精度分析

2.2.1 剖面曲率对比分析 剖面曲率即求坡度的坡度,1:1 万和 1:5 万 DEM 提取剖面曲率的统计结果见表 3、表 4,表中所列数据为对应的栅格数(以下同)。

表 3 剖面曲率分级对比表

Tab. 3 Coarsens of cross section grade comparison

分级标准/度	0~3	3~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	栅格数
1:5 万	8 115	6 730	15 853	14 176	12 611	10 847	9 615	8 486	
1:1 万	1 715	2 364	7 714	9 612	10 504	10 730	11 063	11 214	
分级标准/度	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~90	
1:5 万	7 551	6 839	6 549	6 144	5 604	5 209	3 702	1 547	
1:1 万	10 990	11 051	10 299	9 645	8 384	6 762	4 675	2 966	

表 4 剖面曲率平均值统计表

Tab. 4 Statistics of cross section grade average

剖面曲率	最小值	最大值	平均值	标准差
1:1 万	0.042 649	79.833 76	35.449 883	18.474 535
1:5 万	0	80.086 39	27.401 269	19.607 456

对比表 3 和表 2 可见:采用同一分级标准,1:5 万 DEM 的剖面曲率与自身坡度相比,0~20°区及 45~90°区栅格数增大,而 20~45°区减小,说明坡度再求坡度后会起伏发生变化(即平缓处越平缓,坡度转折处转折更大,而非平缓区及非转折区相对缩小)。

1:1 万 DEM 所做的二次坡度剖面曲率图同样有此规律。由表 3 可见:剖面曲率 25~90°范围 1:5 万 DEM 栅格数量小于 1:1 万 DEM,而 0~25°范围 1:5 万 DEM 栅格数量大于 1:1 万 DEM。这是因为对于坡度值 1:5 万 DEM 在 25~40°中等坡度占优势,所以对 1:5 万 DEM 的坡度值再求坡度会导致大量的中等坡度区变为缓坡度区。同时,也由于

表 5 平面曲率分级对比表

Tab. 5 Surface coarsens grade comparison

分级标准	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~88
1:1 万	2 106	5 736	8 594	11 937	15 002	18 429	22 977	26 369	
1:5 万	10 149	9 203	10 896	13 472	15 574	17 443	19 422	18 942	14 587

由图 2 可见,在平面曲率较小处(0~50°)范围内 1:5 万图栅格数多于 1:1 万图,而在平面曲率较大处(50~88°)区 1:5 万图栅格数少于 1:1 万图。两图中平面曲率的变化趋势都是从 0~70°逐渐增加,而从 70~88°回落。1:5 万图的变化和缓些,这是由于 1:5 万图中进行了地形概括,许多微小的转折被舍去,表现在图上即是平面曲率较小处栅格增加和平面曲率较大处而减少。1:1 万图中微小转

折比 1:5 万图增多,从而导致图中平面曲率较大处 1:1 万图栅格数相对多些,而平面曲率较小处 1:5 万图栅格数多些,这正反映了 1:5 万图的概括性特点。由表 5 可见,1:1 万图中平面曲率高频值在 70~80°范围内(占总数的 20.33%),1:5 万图中高频值范围要小一个档次,集中于 60~70°(占总数的 14.98%),说明从整幅图来看 1:5 万图表现出概括性。

对于坡度值 1:5 万 DEM 在平缓区也有优势,而对缓坡区再求坡度所得剖面曲率依然属于缓坡区,所以,1:5 万 DEM 的二次坡度图(即剖面曲率图)0~25°平缓范围占优势。但是,栅格总数量 1:5 万与 1:1 万是相同的。因此,1:5 万图二次坡度图中 25~90°范围比 1:1 万图少(同理可得出相应的地学解释)。

由表 4 可看出,1:5 万图剖面曲率最大值大于 1:1 万图,而 1:5 万图最小值小于 1:1 万图,但平均值 1:5 万图小于 1:1 万图,这说明 1:5 万图使地形起伏更加概括,陡处更陡,缓处更缓。但是,由于 1:5 万图的总体概括作用使其平均剖面曲率小于 1:1 万图。

2.2.2 平面曲率对比分析

平面曲率是对坡向求坡度,可以表示地面转折情况(棱线)。1:1 万和 1:5 万 DEM 提取平面曲率的统计结果可见表 5(表中平面曲率值分为 9 级,并给出对应栅格数)和图 2(图中横坐标分级序列号 1~9°分别与表 5 中的 9 级分级标准对应,纵坐标值为对应栅格数)。

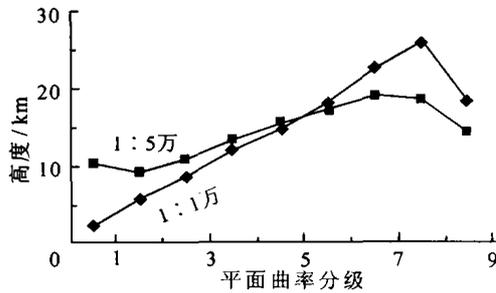


图 2 平面曲率分级对比

Fig. 2 Surface coarseness grade comparison

3 结 论

通过对地面坡度、剖面曲率、平面曲率 3 种地形因子对 1:1 万与 1:5 万 DEM 的比较分析,得出:1:5 万地形图、1:1 万地形图综合取舍的标准和依据不同,1:5 万地形图在等高线的综合取舍过程中删除和夸大了一些信息量,使地貌的整体概念不断加强,等高线的特性从反映“微观”形态向“宏观”形态转化,从而使一些地貌信息的表达发生了很大变化。因此,在此基础上生成的 DEM 表示的地面信息必然有所不同。

虽然在 1:5 万地形图制作的 DEM 中各种地形因子的损失较大,但这些信息损失都是有规律可

寻的,可以用图谱方式表示其规律性,并可望推导出函数公式。

另外,仅利用 1:1 万和 1:5 万两种比例尺 DEM 作为研究对象,而且样区仅仅是黄土丘陵沟壑区,使研究结果具有片面性。今后,在多种地貌类型区选样时,用各种不同比例尺 DEM 作分析,将会得到更全面、更有价值的研究成果。

参考文献:

- [1] 汤国安. 数字坡度模型的建立及其应用[J]. 西北大学学报(自然科学版), 1991, 21(1): 79-85.
- [2] 汤国安. 计算机地学制图与分析[M]. 西安: 西北大学出版社, 1994.
- [3] 李志林, 朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2000.
- [4] 傅伯杰, 汪西林. DEM 在研究黄土丘陵沟壑区土壤侵蚀类型和过程中的应用[J]. 水土保持学报, 1994, 8(3): 17-21.
- [5] 陈浩, 王开章. 黄河中游小流域坡沟侵蚀关系研究[J]. 地理研究, 1999, 18(4): 363-372.
- [6] 江忠善, 王志强, 刘志. 应用地理信息系统评价黄土陵区小流域土壤侵蚀的研究[J]. 水土保持研究, 1996, 3(2): 84-97.
- [7] 付炜. 黄土丘陵沟壑区土壤侵蚀预测模型建立方法研究[J]. 水土保持学报, 1992, 6(3): 6-13.

(编辑 徐象平)

Comparison of topographic of DEM with different scales

CHEN Nan, TANG Guo-an, LIU Yong-mei, ZHANG Chun-yan

(Department of Urban and Resource, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: A series of experiments was made to investigate the accuracy of topographic variables derived from DEMs of 1:50 000 map scaled and with a 5m horizontal resolution by means of a carefully comparison with 1:10 000 scaled DEMs of the same area. Taking Jiuyan area of Suide county, Shaanxi Province P. R. China, as a test area and ARC/VIEW 3.1 as a main working platform, the results shows different errors can be found in all three topographic variables, such as slope gradient, coarseness of cross section and surface coarseness. The results of this study can be used to guide the error-rectifying and the accuracy-evaluating of the DEMs in practical applications.

Key words: DEM; topographic variables; map scale