

文章编号:1001-5485(2006)05-0021-03

基于信息含量分析法确定 DEM 分辨率的方法研究

杨勤科^{1,2}, 张彩霞², 李领涛³, Tim R. McVicar³, Tom G. Van Nie³(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学
水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 3. 澳大利亚联邦科工组织 水土资源研究所(堪培拉))

摘要:分辨率是基于地形测绘数据插值生成 DEM 的基本问题。利用合适的分辨率既可使生成的 DEM 如实反映和描述地面地形特征,又可避免引入新误差。基于地貌学原理,以读取基础数据所有信息和有效表达地貌特征为目标,利用多种栅格 DEM 的坡度均方差-栅格尺寸关系曲线,结合对插值 DEM 上地貌特征的分析,可以客观地确定地形图插值生成 DEM 的合适栅格尺寸。系统介绍了这种方法的基本原理,并以黄土高原 1:25 万地形图插值生成 DEM 为例,对该方法的应用进行了讨论。典型地区试验研究表明,黄土丘陵区 1:25 万和 1:1 万地形图(等高距分别为 100 m 和 5 m)插值生成 DEM,DEM 的坡度均方差-栅格尺寸关系曲线拐点分别位于 50 m 和 2.5 m 处,因而分辨率分别为 50 m 和 2.5 m。本研究可以为改进我国 DEM 质量提供支持。

关键词:数字高程模型;分辨率;信息含量分析法;栅格尺寸

中图分类号:U412.24 **文献标识码:**A

1 概述

根据测绘资料经过插值生成 DEM,是目前最为常见的方法。只有利用合适的分辨率才能使生成的 DEM 客观有效地描述地形特征^[1]。由于其在 DEM 建立和应用中具有的重要意义,在过去的 10 多年里,国内外研究者对 DEM 分辨率确定方法进行了一系列研究。我国学者对 DEM 分辨率确定方法可归纳为 3 点:①根据 DEM 对坡度等地形指标提取精度的影响确定 DEM 分辨率^[2];②用 DEM 中误差和地区平均坡度计算 DEM 分辨率^[3];③用相邻 2 条等高线之间的水平距离作为分辨率^[4],或根据与国外(如美国)相近比例尺地形图插值栅格尺寸进行类比的方法确定^[5]。文献[3]和[4]的基本思路和给出的模型具有类似的意义,但是因为涉及 DEM 覆盖地区的坡度,特别是要应用地形和 DEM 误差,因而在 DEM 建立过程中不好把握,文献[5]的分析方法对我国地形的复杂程度考虑不够。可见对 DEM 分辨率确定方法有待做出更进一步的研究。Hutchinson 基于对 DEM 信息含量分析,提出了一种确定最佳栅格尺寸的方法^[1,6]。本文以 Hutchinson 方法和我们的初步研究为基础^[7,8],对 DEM 分辨率确定方法予以初步讨论。

2 基于信息含量确定 DEM 最佳栅格的方法

2.1 DEM 分辨率的基本概念

尺度是地理学的最基本概念之一,广义的尺度包括地图比例尺(cartographic scale)、地理范围(extent)和分辨率(resolution)3 个方面^[9]。其中分辨率指特定情况下可以被辨认的最小地理要素。广义的分辨率包括水平和垂直 2 个方面,本文只讨论水平分辨率。分辨率是 DEM 的基本属性,利用测绘资料数据通过插值建立 DEM,可以根据需要选择多种栅格尺寸(cellsize)。但是从地理学和地理制图学观点看,在一定区域,与作为插值基础的地形图信息量相适应且能较好反映该区地形特征的 DEM 栅格尺寸是唯一的,这种栅格尺寸就是 DEM 分辨率。

2.2 基于信息含量分析确定 DEM 分辨率的方法

基于地形测绘数据(等高线、高程点和河流)进行插值生成 DEM 时,如果栅格尺寸较大,则一个栅格内包括了较多高程点(等高线),并用这些点(线)高程的平均值代表拟合表面上该栅格的高程值。这种情况下拟合表面反映的地形比较平缓。随栅格尺寸不断减小,各栅格值中将没有或很少对观测点进

收稿日期:2006-01-10

基金项目:中国科学院知识创新重要方向项目(KZCX3-SW-421);中澳合作项目(LWRI/2002/018)

作者简介:杨勤科(1962-),男,陕西陇县人,研究员,主要从事区域水土流失和遥感与 GIS 应用研究,(电话)029-87019577(电子信箱) qkyang@ms.iswc.ac.cn。

行平均,拟合表面所表现的地形起伏越来越接近其基础数据表现的起伏程度,坡度会越来越小并最终稳定在某一个水平上。在这种情况下,插值基础图(地形图)上的所有信息被全部读入 DEM。在经过插值输出的表面上包含了 2 种类型的栅格,即有对应观测点的栅格(从基础数据中读取高程)和无对应观测点的栅格(经过插值计算取得高程)。以前者为基础,计算表面上的坡度均方根,点绘“坡度均方根-栅格尺寸”关系曲线,该曲线上明显转折点对应的栅格尺寸就是 DEM 分辨率^[1,6]。这就是 Hutchinson 基于信息含量分析确定 DEM 分辨率的方法。由于该方法具有明确的地貌学意义,因而得到了广泛的应用。

3 实例分析

以位于典型黄土丘陵区的县南沟流域和延河流域为例,利用数字地形图(比例尺为 1:1 万和 1:25 万,相应的等高距为 5 m 和 10 m)和 ANUDEM^[10,11]对 DEM 分辨率确定的方法进行了分析。

3.1 坡度均方根-栅格尺寸关系分析

基于上述 2 种比例尺的数据和 ANUDEM 系统,分别用 0.312 5 m 和 12.5 m 为最小栅格尺寸生成 DEM,从 ANUDEM 输出的系统运行记录文件(*.log)中读取与各种栅格尺寸对应的坡度均方根(RMS Slope),点绘坡度均方根-栅格尺寸曲线。图 1 可见,在栅格分别为 50 m 和 2.5 m 的地方,曲线开始变缓,即出现一个比较明显的拐点。由此可以初步认为利用 1:25 万地形图生成 DEM 时其分辨率可取 50 m,1:1 万地形图的分辨率则应该是 2.5 m。

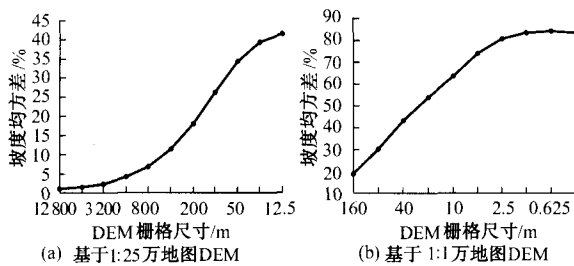


图 1 利用坡度平均方根-栅格尺寸关系曲线确定 DEM 分辨率

Fig.1 Optimizing DEM resolution with information content analysis in loess plateau

3.2 派生等高线-栅格尺寸关系分析

根据地图学原理,相同比例尺下,地表起伏越大,用以描述这种起伏的等高线总长度越大。基于多种栅格 DEM 的派生等高线总长度与 DEM 栅格

尺寸的关系如图 2。图 2(a)可见,等高线总长度在栅格为 50 m 处发生了比较明显的转折,表明 1:25 万地形图基础上的 DEM 可利用 50 m 为分辨率。图 2(b)从 5 m 开始变得平缓,但是不如图 2(a)变缓的趋势明显,这与 1:1 万地形图反映的地面更加复杂有关。50 m 分辨率和 2.5 m 分辨率 DEM 派生的等高线,与输入的等高线(1:25 万和 1:1 万数字地形图)基本吻合,也说明拟合表面保留了输入等高线的全部地形信息(图 3)。

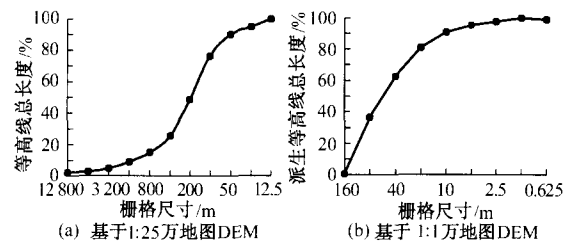


图 2 派生等高线总长度-栅格尺寸关系

Fig.2 Relations between optimizing resolution total length of DEM derived contours and mesh size

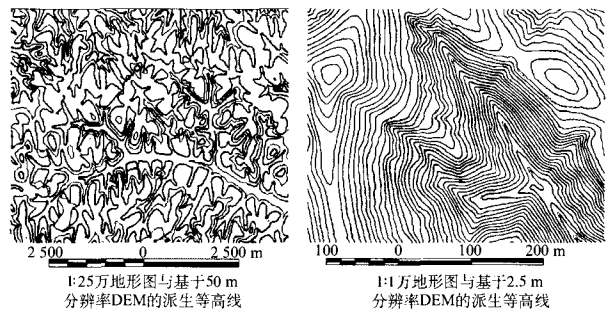


图 3 派生等高线与输入等高线的对比

Fig.3 Comparison of contours between input and DEM derived

3.3 曲率表面分析

研究表明对于一定精度的地形图而言,插值生成 DEM 并不是栅格越小越好。如果栅格太小,将使拟合表面引入误差,出现一些在实际地面上并不存在的、沿着等高线分布的线状纹理^[1]。在本文的试验研究区域,基于 1:25 万地形图 DEM 当栅格尺寸等于 25 m 时,在曲率表面上出现了沿着等高线分布的线状纹理,见图 4(b),说明分辨率不能高于 50 m。考虑

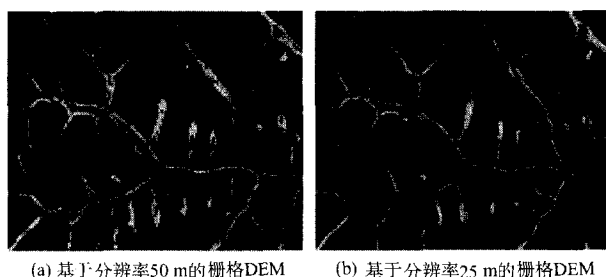


图 4 不同栅格 DEM 上提取的剖面曲率

Fig.4 Surface curvatures from different resolution DEMs

到我国利用 1:25 万地形图和 TIN 方法建立的 DEM 分辨率为 100 m, 认为分辨率可以为 50 m 或 100 m。

基于 1:1 万地形图的 DEM, 无论其栅格是 5 m 还是 2.5 m, 其曲率表面上均存在比较明显的、沿等高线方向分布的线性纹理(图 5)。但是这种纹理与 1:25 万地形图建立的 DEM 有所不同, 前者反映的是一个比较概括的和光滑的高程表面, 而后者则是更加接近实际的、坡度变化更大因而不光滑的高程表面, 所以应该是真实的, 利用 2.5 m 作为分辨率也是合适的。



(a) 基于分辨率 5 m 的栅格 DEM (b) 基于分辨率 2.5 m 的栅格 DEM

图 5 基于 1:1 万地形图 DEM 上提取的剖面曲率

Fig. 5 Curvatures from 1:10 000 topographic map based DEMs

4 结论与讨论

DEM 分辨率是指在一定区域与作为插值基础的地形图信息量相适应的、能反映该区地形特征的 DEM 栅格尺寸。坡度均方根-栅格尺寸曲线表示了 DEM 读取插值基础图上地形信息的量化特征, 该曲线趋于平缓变化的拐点基本可视为 DEM 分辨率。同时也可以观察派生等高线和剖面曲率的变化情况, 检验和校正所确定的分辨率。如果派生等高线上有明显的地形特征被损失, 或与原生等高线吻合不好, 说明栅格太大, 不足以如实反映地形特征。较小比例尺地形图插值生成 DEM 时, 如在曲率表面上沿等高线方向出现了明显的纹理特征, 则说明有可能是栅格太小引入了一些误差。

在黄土高原用 1:25 万、100 m 等高距的地形图建立 DEM 可用 50 m 或 100 m 作为分辨率; 而用 1:1 万、等高距为 5 m 的地形图建立 DEM 可用 2.5 m 作为分辨率。基于信息含量分析法确定 DEM 分辨率, 具有明确的地貌学和地图信息学意义, 是一个通用的方法。但该方法在我国其他地区, 其他比例尺地形图插值生成 DEM 是否有效, 尚待试验和分析论证。

致 谢

此研究得到了西北大学城市与资源学系赵牡丹和刘咏梅副教授、中国科学院水利部水土保持研究所梁伟助理研究员给予的协助, 特此致谢。

参考文献:

- [1] HUTCHINSON M F. Digital Elevation Models and Representation of Terrain Shape [C] // WILSON J P and GAL-LANT J C. Terrain Analysis, Principles and Applications. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2000: 29 - 50.
- [2] 汤国安, 赵牡丹, 李天文, 等. DEM 提取黄土高原地面坡度的不确定性 [J]. 地理学报, 2003, 58(6): 824 - 830.
- [3] 刘学军, 龚健雅, 周启鸣, 等. DEM 结构特征对坡度坡向的影响分析 [J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(6): 1 - 5, 39.
- [4] 王东华, 刘建军, 商瑶玲. 全国 1:25 万数字高程模型数据库的设计与建库 [C] // 中国地理信息系统协会 2001 年年会论文集, 成都: 四川省测绘局, 2001: 267 - 374.
- [5] 王东华, 吉建培, 刘建军, 等. 论国家 1:50 000 数字高程模型数据库建设 [J]. 地理信息世界, 2003, 1(2): 12 - 15.
- [6] HUTCHINSON M F. A Locally Adaptive Approach to the Interpolation of Digital Elevation Models [C] // Third Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling. Santa Barbara: NCGIA, University of California, 1996: 21 - 25.
- [7] YANG Q K, Van NIEL T G, McVICAR T R, et al. Developing A Digital Elevation Model Using ANUDEM for the Coarse Sandy Hilly Catchments of the Loess Plateau, China [M]. Canberra: CSIRO Land and Water, 2005.
- [8] 张彩霞, 杨勤科, 段建军. 一种高质量的数字地形模型建立方法——ANUDEM 法 [J]. 中国农学通报, 2005, 21(12): 411 - 415.
- [9] McVICAR T R, DAVIES P J, YANG Qin-ke et al. An Introduction to Temporal-Geographic Information Systems (TGIS) for Assessing, Monitoring and Modelling Regional Water and Soil Processes [C] // McVICAR T R, LI Rui, WALKER J, FITZPATRICK R W and LIU Chang-ming (eds). Regional Water and Soil Assessment for Managing Sustainable Agriculture in China and Australia, ACIAR Monograph No. 84. Canberra: ACIAR, 2002: 205 - 223.
- [10] HUTCHINSON M F. ANUDEM Version 5. 1 User Guide [M]. Canberra: Centre for Resource and Environmental Studies, The Australian University, 2004.
- [11] 杨勤科, McVICAR T R, 李领涛, 等. ANUDEM——专业化数字高程模型插值算法及其特点 [J]. 半干旱地区农业研究, 2006, 24(3): 36 - 41.

(编辑: 聂文)

(下转第 28 页)

Clogging Mechanism and Treatment Measures for Relief Wells in Dyke Engineering

ZHANG Jia-fa¹, ZHANG Wei¹, LI Si-shen²

(1. Key Laboratory of Geotechnical Mechanics and Engineering of the Ministry of Water Resources, Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China; 2. Construction Bureau of Changjiang Project, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: The results of site investigation and a series of tests in laboratory & in situ reveal the development condition and progress of physical, chemical and biological cloggings. On the basis of engineering practice and the revealed mechanism, a few treatment measures for clogging, including the relief well with a replaceable filter, are devised and tested in laboratory and in practical engineering. The results demonstrate that some of the treatment measures are effective and maneuverable. It is pointed out that relief well clogging could be avoided or mitigated under the conditions of reasonable design, construction and operation. The clogged wells could recover function again after being dealt with some measures. It is proposed to apply extensively the relief well with a replaceable filter.

Key words: dyke; relief well; clogging; test; treatment measure

(上接第 23 页)

Optimizing DEM Resolution with Information Content Analysis

YANG Qin-ke¹, ZHANG Cai-xia², LI Ling-tao³, McVicar T R.³, Van NIET G.³

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling 712100, China; 3. CSIRO Land and Water, GPO Box 1666, Canberra, 2601, ACT, Australia)

Abstract: It is essential for generating DEM by interpolation from digital topographic datasets to determine an optimal cellsize, with which the basic terrain characteristics can be depicted by the resultant DEM without new errors to be induced. On basis of geomorphological theory, targeting to read all the information from topographic map data, including contours, spot heights and stream-line, and to describe the terrain features efficiently, the breakpoint from steep to flatten in the diagram of the RMS slope and resolutions could be regarded as an optimal resolution. The method was introduced and demonstrated with DEM interpolating based on 1:250,000 and 1:10,000 topographic datasets with contour intervals of 100 m and 5 m respectively in loess plateau. The results show that the resolutions for the two scales of topographic maps are 50 m and 2.5 m.

Key words: digital elevation model(DEM); resolution; information content analysis; cellsize

简讯

长江科学院“环氧树脂纳米二氧化硅复合材料制备工艺”

获国家发明专利

由长江科学院发明的“环氧树脂纳米二氧化硅复合材料制备工艺”技术获得中华人民共和国知识产权局颁发的发明专利证书。该发明为水利部科技创新项目和科技部科研院所技术开发专项资金资助项目的研究内容,专利的获得为研究成果进一步推广应用和产业化奠定了基础。

该发明克服传统的环氧树脂纳米二氧化硅复合材料制备工艺的不足,提供了一种新的制备工艺技术,使纳米二氧化硅粒子无须表面处理,直接加入到硅烷偶联剂和环氧树脂的体系中,简化了传统方法中复杂的纳米粒子表面预处理、干燥等操作程序,同时提高了环氧树脂复合材料的各种性能,有利于产品的产业化。用该工艺制备的复合材料具有良好的物理力学性能、热学性能以及耐候性能,适用于在水利水电工程中用作抗冲耐磨材料、抗气蚀材料、混凝土涂层材料、化学灌浆材料等,具有广泛的市场前景。

(摘自长江科学院网)