

DEM 地形综合方法对水文结构信息提取精度的影响

李伟涛, 王春, 李鹏, 顾留碗

(滁州学院 地理信息与旅游学院, 安徽 滁州 239012)

摘要:以巢湖流域 1:5 万 DEM 为基础数据,采用 3 种指标(应用河网套合差、子流域套合差、沟壑密度)对 5 种 DEM 地形综合方法(稀疏采样法、样条函数插值法、三次卷积插值法、二次曲面拟合法、结构化综合法)所构建的粗分辨率 DEM 所提取的水文结构信息的精度进行了分析评价。结果表明,5 种地形综合方法构建的粗分辨率 DEM 提取的水文结构信息精度由高到低的顺序为:二次曲面拟合法>结构化综合法>三次卷积插值法>样条函数插值法>稀疏采样法,但其精度总体上差异不大。

关键词:DEM; 地形综合; 水文结构; 精度

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2012)04-0168-04

中图分类号: P208

Influences of DEM Generalization Methods on Extracting Accuracy of Hydrological Structure Information

LI Wei-tao, WANG Chun, LI Peng, GU Liu-wan

(Geographic Information and Tourism College, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239012, China)

Abstract: 1:50 000 DEM of Chaohu Basin was selected as base data for this study. The extracting accuracy of hydrologic characteristics was evaluated individually for five DEM generalization methods(nearest neighbor, bilinear interpolation, cubic convolution, structured generalization, quadric surface fitting) based on three parameters including matching error of river networks, matching error of sub-watershed and gully density. The results show that the extracting accuracy of hydrological structure information based on the low resolution DEM followed a descending order of the five terrain generalization methods as: quadric surface fitting > structured generalization > cubic convolution > bilinear interpolation > nearest neighbor, with very subtle accuracy difference.

Keywords: DEM; terrain generalization; hydrological structure; precision

不同尺度 DEM 描述了不同层次的地形信息,是人们多角度、多层次地观察,表达和分析地形信息,进行多尺度水文分析的基础。近年来,多尺度 DEM 在水文分析中的应用精度问题,受到众多水文工作者的高度关注。研究主要集中在两点:一是 DEM 格网大小对水文信息提取精度的影响^[1-13],二是不同类型 DEM 提取水文信息的精度问题^[14-18],取得了丰富的研究成果。众多研究表明^[1-4,11,13],不同格网大小、不同类型的 DEM 提取的水文信息具有一些显著的差异,依据应用需求和分析模型要求,选择尺度匹配的 DEM 具有非常重要意义。DEM 格网大小与地形综合方法是影响 DEM 地形描述精度的主要因素。许多学者从不同视角研究和构建了多种 DEM 地形综

合方法,在一定程度上解决了不同层面多尺度 DEM 的快速生成需求^[19-21]。由于地形综合涉及多方面知识和技术,现有地形综合方法所生产的系列分辨率 DEM 地形描述精度存在不同程度的差异,对 DEM 数字地形分析结果不可避免存在复杂的不确定性^[22-23]。然而,对于 DEM 地形综合方法对水文结构信息提取具有怎样的精度影响,目前尚缺乏相关的研究。因此,选取巢湖流域为研究区域,应用河网套合差、子流域套合差、沟壑密度 3 种量化分析指标,对比评价稀疏采样法、样条函数插值、三次卷积插值、二次曲面拟合、结构化综合等 5 种 DEM 地形综合方法所生产的多尺度 DEM 中水文结构信息的变化特征,期望为多尺度 DEM 的水文分析应用提供理论与方法参考。

收稿日期:2011-07-29

修回日期:2011-10-03

资助项目:安徽省教育厅自然科学基金重点项目“DEM 地形描述的尺度效应及应用适宜性评价”(KJ2010A250);安徽省高等学校省级优秀青年人才基金项目“面向水灾模拟分析的系列分辨率 DEM 关键技术研究”(2011SQRL124);安徽省高校省级科学研究项目“安徽省洪涝灾害孕险基础地理环境分析及数据产品构建”(KJ2010B422)

作者简介:李伟涛(1980—),男(汉族),河北省大城县人,硕士,讲师,主要从事 GIS 技术应用及 DEM 数字地形分析研究。E-mail:liweitao_801225@126.com。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

巢湖位于安徽省中部,属长江下游左岸水系,流域总面积 $1.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中湖区面积 800 km^2 。研究区内平均海拔高度 88.4 m ,最大高度 1532.5 m ,最低高度 -14 m 。流域涵盖合肥市区、肥西、肥东、舒城、巢湖市区、含山、和县、庐江、无为等县市,是安徽省人口较密集的地区之一。

1.2 基础数据

研究区基础数据为 $1:5$ 万数字化地形图(包括等高线、高程点和河流 3 个要素),采用国家大地坐标系,高斯—克吕格投影,1985 国家高程基准。利用 ARC/INFO 软件的 TIN 和 GRID 模块,生成 $25 \text{ m} \times 25 \text{ m}$ 格网 DEM。在研究区内分别从丘陵区 and 山区两个地区中各裁剪 3 块样区数据为本实验数据,每块样区的大小为 $15 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ 。图 1 为实验样区的 DEM 高程示意图。

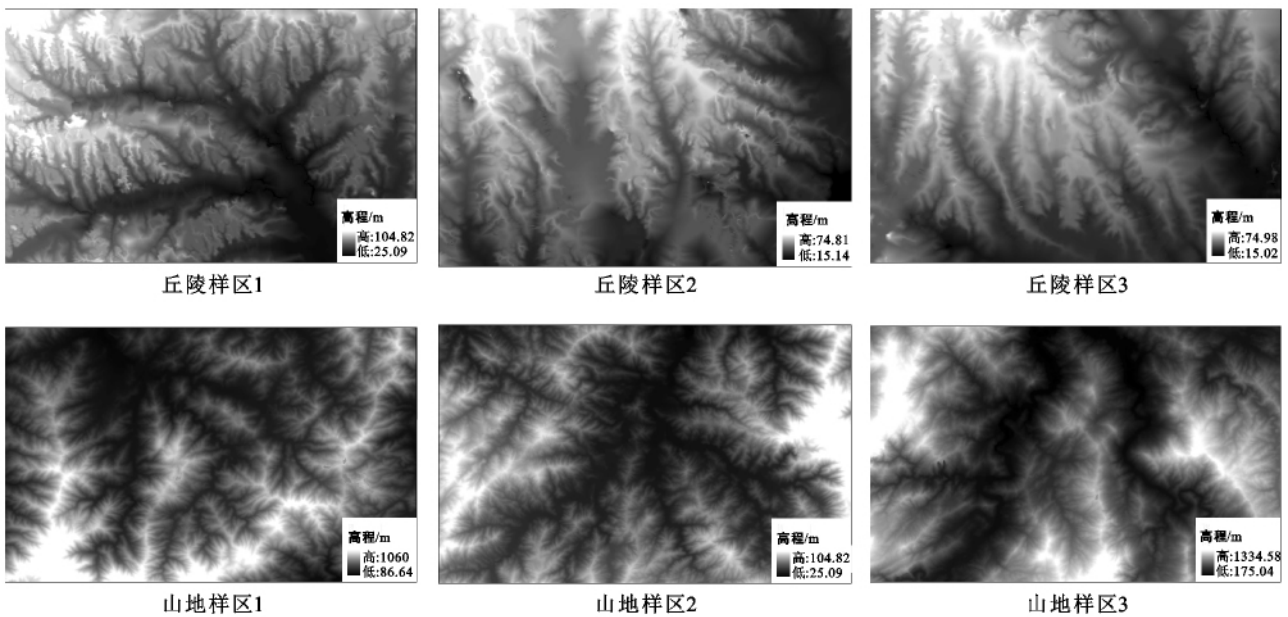


图 1 实验样区 DEM 高程示意图

1.3 研究方法

通过稀疏采样法、样条函数插值、三次卷积插值、二次曲面拟合、结构化综合 5 种 DEM 地形综合方法,基于 6 个样区 25 m 格网大小的 DEM,生成粗格网 DEM(本研究以 100 m DEM 为例叙述)。其中结构化综合首先提取 $1:5$ 万 DEM 中的地形特征信息;然后以 100 m 为综合单元完成地形特征综合;最后以综合后的地形特征为约束条件,采用分区综合处理方法完成普通坡面单元的综合处理。基于 25 和 100 m DEM,利用 ArcGIS 9.3 水文分析模块 Hydrology 提取河网、子流域等水文结构信息。应用河网套合差、子流域套合差、沟壑密度差等量化指标评价不同综合方法所构建的 DEM 中水文结构信息的变化特征。

2 结果与分析

2.1 汇流累积量阈值

在基于 DEM 的水文分析中,汇流累积量阈值是影响河网、流域等信息提取精细程度与准确程度的重

要参数,许多学者对此进行了大量研究,然而由于汇流累积量阈值确定的复杂性,至今还没有客观、准确、通用的汇流累积量阈值确定标准,多数情况依然需要依据实验结果人工经验确定。本研究中的大量实验结果显示,在所选的 6 个研究样区中, 0.3125 km^2 是比较合适的汇流累积量阈值,能够准确合理的提取到研究样区的河网与流域信息。

2.2 河网套合差

河网套合差是定量描述河网吻合程度的量化指标^[14-15,24]。对于整个研究区域,河网套合差(S_D)的计算公式为:

$$S_D = \sum A_i / S \quad (1)$$

式中: A_i ——两条河网叠加产生的细碎多边形的面积; S ——样区流域总面积。河网套合差越小,表明河网吻合程度越高。

表 1 是 5 种地形综合方法构建的 100 m 格网 DEM 提取的河网分别与 $1:5$ 万 DEM 提取的河网进行河网套合差分析得到的河网套合差。

表 1 不同地形综合方法构建的 DEM 与 1:5 万 DEM 的河网套合差

样区	稀疏采样法	样条函数插值法	三次卷积插值法	结构化综合法	二次曲面拟合法
丘陵样区 1	0.013 7	0.013 2	0.013 0	0.012 9	0.012 8
丘陵样区 2	0.026 1	0.025 5	0.025 3	0.025 2	0.025 0
丘陵样区 3	0.008 0	0.008 3	0.008 3	0.028 0	0.008 0
山地样区 1	0.011 8	0.011 5	0.011 4	0.011 4	0.011 3
山地样区 2	0.012 2	0.011 8	0.011 3	0.009 0	0.006 3
山地样区 3	0.010 3	0.010 3	0.010 1	0.010 0	0.010 0

2.3 子流域套合差

子流域套合差是定量描述子流域边界吻合度的量化指标。对于整个研究区域,子流域套合差(W_D)的计算公式为:

$$W_D = \sum A_i / S \quad (2)$$

式中: A_i ——两个子流域边界线叠加产生的细碎多边形

的面积; S ——样区流域总面积。子流域套合差越小,表明子流域吻合程度越高。

表 2 为 5 种地形综合方法构建的 100 m 格网 DEM 提取的子流域分别与 1:5 万 DEM 提取的子流域进行子流域套合差分析得到的子流域进行套合差。

表 2 不同地形综合方法构建的 DEM 与 1:5 万 DEM 的子流域套合差

样区	稀疏采样法	样条函数插值法	三次卷积插值法	结构化综合法	二次曲面拟合法
丘陵样区 1	1.003 6	1.003 5	1.003 2	1.002 8	1.002 4
丘陵样区 2	1.002 9	1.002 6	1.002 5	1.002 4	1.002 1
丘陵样区 3	1.002 4	1.002 1	1.002 1	1.002 0	1.001 9
山地样区 1	1.002 9	1.002 7	1.002 7	1.002 6	1.002 3
山地样区 2	1.003 7	1.003 4	1.003 0	1.002 9	1.002 7
山地样区 3	1.001 5	1.001 5	1.001 5	1.005 0	1.001 5

2.4 沟壑密度

沟壑密度是描述地面被沟壑切割破碎程度的一个指标。沟壑密度越大,地面越破碎,地表稳定性降低,且易形成地表径流,土壤侵蚀加剧,其从另一个方面可以反映出 DEM 数据本身对地形的表达能力^[25],表 3 为基于 5 种地形综合方法构建的 100 m 格网

DEM 所提取的沟壑密度。

计算沟壑密度的表达式为:

$$D_s = \sum L_i / S \quad (3)$$

式中: L_i ——样区内的沟壑总长度(km); S ——特定样区的面积(km²)。沟壑密度越大,表示 DEM 数据对地形的刻画越精细,DEM 数据精度越高。

表 3 不同地形综合方法构建的 DEM 中提取的沟壑密度

样区	稀疏采样法	样条函数插值法	三次卷积插值法	结构化综合法	二次曲面拟合法
丘陵样区 1	0.084 0	0.084 1	0.084 9	0.090 5	0.910 0
丘陵样区 2	0.068 0	0.069 3	0.070 1	0.071 1	0.071 3
丘陵样区 3	0.065 4	0.065 6	0.065 6	0.070 1	0.070 3
山地样区 1	0.080 4	0.080 8	0.080 9	0.081 2	0.081 5
山地样区 2	0.066 8	0.067 3	0.067 3	0.070 0	0.070 2
山地样区 3	0.069 1	0.069 4	0.069 6	0.069 7	0.069 9

3 结论

不同尺度 DEM 描述了不同细节层次的地形信息,对 DEM 水文分析具有重要的影响。在 DEM 的生产建设过程中,DEM 格网大小和地形综合方法是影响多尺度 DEM 地形描述精度的重要因素。本研究以巢湖流域 1:5 万 DEM 为基础数据,应用河网

套合差、子流域套合差、沟壑密度 3 种指标,对比分析稀疏采样法、样条函数插值、三次卷积插值、二次曲面拟合、结构化综合等 5 种 DEM 地形综合方法所构建的粗分辨率 DEM 中水文结构信息的精度问题。研究表明二次曲面拟合方法构建的 DEM 提取水文结构信息较其他 4 种方法较高,5 种地形综合方法构建的 DEM 数据中的水文结构信息精度由高到低的顺

序大体为:二次曲面拟合>结构化综合>三次卷积插值法>样条函数插值法>稀疏采样法。而且在不同地貌类型区,这种差异的显著性也有所不同。本研究仅在1:5万DEM基础上研究了地形综合方法对水文结构信息的精度影响,对于DEM格网大小和地形综合方法共同作用条件下水文结构信息的精度变化问题有待进一步的研究。

[参 考 文 献]

- [1] 汤国安,刘学军,房亮,等. DEM及数字地形分析中尺度问题研究综述[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2006,31(12):1059-1066.
- [2] 王中根,刘昌明,吴险峰. 基于DEM的分布式水文模型研究综述[J]. 自然资源学报,2003,18(02):168-173.
- [3] 吴险峰,刘昌明,王中根. 栅格DEM的水平分辨率对流域特征的影响分析[J]. 自然资源学报,2003,18(2):148-154.
- [4] Valeo C S, Moin M A. Grid-resolution effects on a model for integrating urban and rural areas[J]. Hydrological Processes, 2000,14(14):2505-2525.
- [5] 吴军,张万昌. DEM分辨率对AVSWAT2000径流模拟的敏感性分析[J]. 遥感信息,2007(3):8-19.
- [6] 钟凯文,解靓,孙彩歌. DEM分辨率对TOPMODEL模拟精度影响研究[J]. 人民珠江,2009(3):43-45,67.
- [7] 林凯荣,刘珊珊,陈华,等. DEM网格尺度对水文模拟影响的研究[J]. 水力发电,2007,33(12):12-14.
- [8] Cho S M, Lee W M. Sensitivity considerations when modeling hydrologic processes with digital elevation model[J]. Journal of the American Water Resources Association,2001,37(4):931-934.
- [9] 魏林宏,郝振纯,李丽. 不同分辨率DEM的信息熵评价及其对径流模拟的影响[J]. 水电能源科学,2004,22(4):2-4.
- [10] 秦福来,王晓燕,窦培谦,等. 不同精度DEM流域地形特征提取分析及坡度误差控制研究[J]. 国土资源遥感,2005(4):56-59.
- [11] 易卫华,张建明,匡永生,等. 水平分辨率对DEM流域特征提取的影响[J]. 地理与地理信息科学,2007,23(2):35-38.
- [12] 王培法. 栅格DEM的尺度与水平分辨率对流域特征提取的分析:以黄土岭流域为例[J]. 江西师范大学学报:自然科学版,2004,28(6):549-554.
- [13] 王艳君,吕宏军,姜彤. 子流域划分和DEM分辨率对SWAT径流模拟的影响研究[J]. 水文,2008,28(3):22-25,53.
- [14] 詹蕾,汤国安,杨昕. SRTM DEM提取河网的适用性研究:以陕西省典型实验区为例[J]. 科技创新导报,2010(21):6,8.
- [15] 詹蕾. SRTMDEM的精度评价及其适用性研究[D]. 江苏南京:南京师范大学,2008.
- [16] 张宏才. 不同尺度数字高程模型提取水系的尺度效应[D]. 陕西西安:西北大学,2004.
- [17] 杨光,李庆和,孙保平. 基于GIS的不同精度DEM提取地形指标误差分析:以盐池县南部山区为例[J]. 水土保持研究,2008,15(5):57-60.
- [18] 杨军,陈阿林,余海清,等. 基于不同DEM数据源的流域特征信息提取对比:以重庆市大宁河流域为例[J]. 荆楚理工学院学报,2010,25(5):53-56.
- [19] Li Zhilin. Variation of the accuracy of digital terrain models with sampling interval[J]. Photogrammetry Records, 1992,14(79):113-128.
- [20] 王建,杜道生. 规则格网DEM化简的一种改进方法[J]. 测绘信息与工程. 2007,32(2):34-36.
- [21] 汤国安,刘学军,闫国年. 数字高程模型及地学分析的原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [22] 陈楠,汤国安,朱红春. 不同空间分辨率DEM提取坡度不确定性研究[J]. 水土保持研究,2006,13(3):153-156.
- [23] 王建,杜道生. 规则格网DEM自动综合方法的评价[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2007,32(12):1111-1114.
- [24] 康婷婷,王茜,赵苗琦,等. 不同比例尺水系修正DEM的流域河网提取对比[J]. 地理与地理信息科学,2011,27(1):111-112.
- [25] 蔡清华,杨勤科. SRTM与地形图生成DEM的地形表达能力对比[J]. 水土保持通报,2009,29(3):183-187.