

浅议基于实际河网修正提取模拟河网算法中存在的问题

刘佳嘉¹, 徐海涛², 周祖昊¹, 贾仰文¹, 王浩¹

(1. 中国水利水电科学研究院 流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038;

2. 吉林省水文水资源局, 吉林 长春 132022)

摘要: 基于 DEM 提取模拟河网的过程中, 使用实际河网进行修正是获取高精度模拟河网的主要方法。研究表明, 基于实际河网修正模拟河网的过程中存在着一些问题, 主要有实际河网栅格邻接问题, “高程修正”问题以及“流向修正”问题。这些问题在河网提取过程中不是必然出现的, 属于特殊情况, 但问题一旦出现, 将使得提取的模拟河网同实际河网产生较大误差甚至错误。这些问题大部分都可以通过提高 DEM 分辨率或手动修正加以避免, 也可以通过修改算法加以解决。

关键词: 实际河网修正; 模拟河网提取; DEM

中图分类号: P331

文献标识码: A

文章编号: 1000-0860(2013)06-0007-03

Brief discussion on actual measured river-network based correction of problems in algorithm for extraction of simulated river-network network

LIU Jiajia¹, XU Haitao², ZHOU Zuhao¹, JIA Yangwen¹, WANG Hao¹

(1. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. Jilin Hydrological and Water Resources Bureau, Changchun 132022, Jilin, China)

Abstract: In the process of the DEM based extraction of the simulated river-network, the general way to obtain the simulated river-network with high-precision is the correction made on the actual measured river-network. The relevant study shows that some problems from the grid-adjacency, elevation correction and flow-direction correction are there in the process of the actual measured river-network based correction for extraction of the simulated river-network network. Though these problems are not inevitable to occur during the extraction of river-network and only some particular cases, once they occur, larger errors or even mistakes between both the simulated river-network extracted and the actual measured river-network are to be generated. Nevertheless, most of these problems can not only be avoided through increasing the DEM resolution or manual correction, but also can be solved by modifying the algorithm concerned.

Key words: correction of actual measured river-network; extraction of simulated river-network; DEM

1 引言

基于 DEM 的河网自动提取技术能够方便快捷的提取出河网水系、流域边界等信息^[1-7]。O' Callaghan 和 Mark 在 1984 年提出的基于 DEM 的坡面流累积方法, 是目前被广泛应用的提取流域水系特征的方法, 该方法以 D8 算法为基础计算坡面栅格流向并通过设定的汇流累积阈值提取河网^[1]。但该方法提

收稿日期: 2012-11-09

基金项目: 国家自然科学基金项目“东北地区寒区水循环模拟及其对气候变化的响应机制研究”(51179203); 国家自然科学基金重点项目“‘自然-社会’二元水循环耦合规律研究——以渭河流域为例”(50939006); 国家自然科学基金创新群体项目“流域水循环模拟与调控”(51021006); 国家科技支撑计划课题“渤海陆源入海通量测算与总量控制技术研究”(2010BAC69B02); 中国水利水电科学研究院科研专项“变化环境下的寒区水循环模拟及水资源演变规律研究”(资 116)。

作者简介: 刘佳嘉(1985—), 男, 在读博士。

取的河网往往同实际河网存在相当大的误差,尤其在平坦地区。研究者提出使用实际河网进行修正,使得提取的模拟河网同实际河网具有很高的相似度,主要方法有 AGREE 方法^[2], Burn-in 方法^[3],“关系树”方法^[4], AEDNM 方法^[5]等。笔者在应用中发现,即使用实际河网修正,提取出的河网(以及子流域)同实际情况也存在着误差,甚至是严重的错误。本文主要探讨使用实际河网修正过程中需要关注的一些问题。

2 实际河网修正提取方法存在问题

实际河网修正是利用实际河网信息对 DEM 提取河网过程中的某些环节进行相应的修正和调整,使得基于 DEM 提取的河网更加接近真实河网的过程,即对实际河网所在栅格进行“强迫”,增加相关栅格的“汇水”能力^[6]。根据郑子彦等^[6]研究,基于实际河网的强迫修正主要可分为 2 大类:基于高程的强迫修正和基于流向的强迫修正,其中 AGREE 和 Burn-in 方法属于前者,“关系树”法以及 AEDNM 方法属于后者。本文所提及的实际河网修正存在的问题不是必然的问题,在河网提取过程中不一定会发生,但一旦发生,将引发重大的误差,甚至是致命的错误。广义而言,河网修正过程中存在的问题都可归结为 DEM 分辨率问题,一般都可以通过提高分辨率加以避免。但在计算机程序自动提取过程中,应该对该类问题进行处理,原因有二:一是高分辨率 DEM 栅格不容易获取,有些研究区域甚至没有高分辨率数据;二是分辨率高低是相对的,即使分辨率为 1 m,也存在着这类问题。

2.1 实际河网栅格邻接问题

实际河网栅格邻接问题指的是将矢量河网转化成栅格后(栅格分辨率同 DEM),因实际河网栅格相邻而形成的问题,该问题在高程修正和流向修正过程中均会出现。图 1 为该问题示意图,从图中可以看出,由于两条支流之间距离较近且和 DEM 分辨率相差不大,使得转化而成的实际河网栅格紧靠在一起。根据 D8 算法,提取的模拟河网同实际河网将存在着误差,从而导致子流域划分误差。从图 1 可以看出,实际河网栅格邻接问题引起的子流域划分误差十分明显,右边干流子流域划分过大。如果邻接河网数量不是很多,则该问题带来的问题不是很大,一旦数据过多(即在栅格分辨率下,出现较长平行栅格河网),必须重视该类问题。在实际应用中需要注意查看是否存在距离处于 1~2 个栅

格大小之间的实际河网,如果存在,则一定会发生该类问题,可以通过提高 DEM 栅格分辨率加以避免。

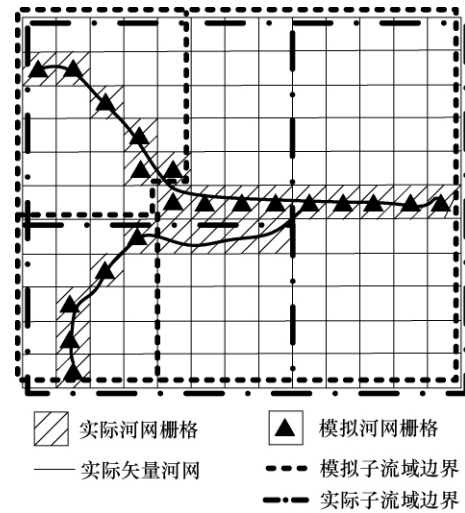


图 1 实际河网栅格邻接问题示意

2.2 高程修正存在问题

高程修正主要指的是通过降低实际河网所在栅格的高程(或提高非河网栅格高程),以增加实际河网栅格的“汇流”能力,从而提取出对应河网。根据 Martz 和 Garbrecht 的^[8]研究,洼地的形成主要有“低估”和“高估”两种类型。“低估”类洼地对河网修正没影响,而“高估”类洼地因情况而异。由于河道栅格主要呈连续线状特征,且周边非河道栅格高程远高于河道栅格,使得河道栅格的流行只有两个方向:流向上游和流向下游。对河网栅格高程的“高估”会形成不同的情况,见图 2。图 2(a)中河网栅格中由于“高估”类栅格高程小于上游栅格高程,填洼后,能够正确的计算河流流向,但图 2(b)中则不能正确赋值流向。一般情况下,实际河网并不会位于 DEM 边界上(或流域边界),河网提取过程中只存在情况图 2(a)。当河网栅格位于边界上时,则可能发生情况图 2(b),即以“高估”栅格为新的分水岭。如果该边界是 DEM 栅格边界,则提取河网将出现“断流”现象;如果该边界为子流域边界,则该河流上游汇流区域将被划分到邻接子流域中,从而形成该子流域范围的低估以及邻接子流域范围的高估。当实际河网栅格位于 DEM 边界时(或子流域边界),如果河网栅格存在情况图 2(b)的“高估”,则会出现“高程修正”问题。由于整个河网栅格下降的高程一样,所以不论怎么设置高程修正值,都会出现该问题,这同黄玲等^[7]评述一致。可以通过调

整实际矢量河网,使得上游栅格不位于流域边界上,从而避免该类问题的发生。但考虑程序通用性,以及减少手工操作,推荐以下修正方法:在实施河网高程修正(同时降低一定的高程值)之前,通过算法确保河网栅格上游高程大于下游高程^[3],即变高程修正(不同河道栅格降低不同的高程)。

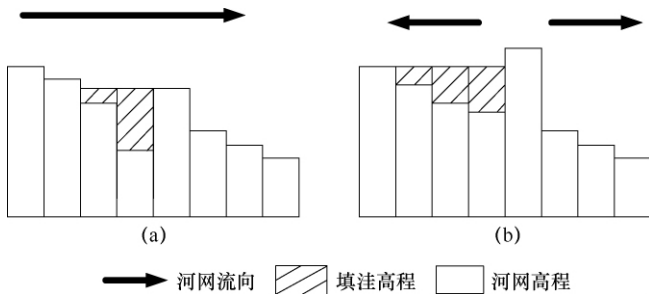


图2 高程修正问题示意

2.3 流向修正存在问题

流向修正主要指,首先通过一定的算法计算出实际河网栅格流向,然后使用该流向对模拟河网提取过程进行相关修正,从而提取出对应实际河网。流向修正的基础在于实际栅格流向的计算。根据文献^[5-6],流向计算从流域出口开始,溯源追溯河网流向,认为相邻的河网栅格属于相同的河流,如此则会出现“流向修正”问题,见图3。由于两条支流顶端距离小于2个栅格高程,使得对应实际河网栅格邻接,则根据算法,在计算支流①的流向的时候会将支流②的流向一并确定,从而形成错误的流向计算,导致提取河网的错误。该“流向修正”问题,也可以通过提高DEM分辨率加以消除,或者通过修正矢量河网,使得支流上游栅格不出现邻接现象。

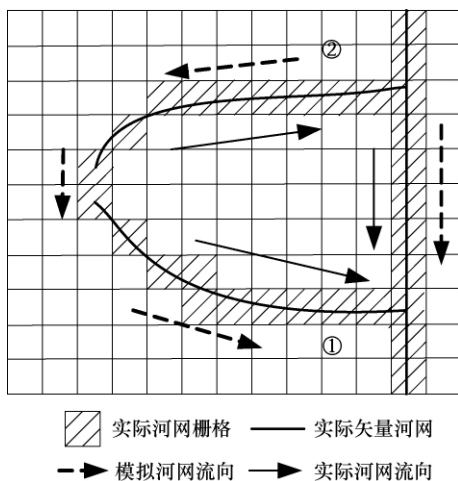


图3 流向修正问题示意

3 结论

基于实际河网修正是提取高精度模拟河网的主要方法。本研究发现,在实际河网修正过程中,存在着很多实际的问题,包括实际河网栅格邻接问题、“高程修正”问题以及“流向修正”问题。这类问题在河网提取过程中,不是必然的,仅在特殊情况下出现。但问题一旦出现,将会提取出误差较大甚至是错误的模拟河网。在实际应用中,需要根据实际情况加以处理。本文针对这些问题也提出了一些解决方案,有些方案可以集成到提取程序中,而有些方案则需要手动操作。

参考文献:

- [1] O'CALLAGHAN J F, MARK D M. The extraction of drainage networks from digital elevation data [J]. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1984, 28: 323-344.
- [2] HELLWEGER R. 1997. Agree-DEM Surface Reconditioning System [EB/OL]. <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/gishydro/ferdi/research/agree/agree.html>.
- [3] SAUNDERS W. Preparation of DEMs for Use in Environmental Modeling Analysis [C]//In: Conference Proceedings: 1999 Esri User Conference, Environmental Systems Research Institute, San Diego, California. <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap802/p802.htm>.
- [4] 王加虎,郝振纯,李丽. 基于DEM和主干河网信息提取数字水系研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2005, 33(2): 119-122.
- [5] 叶爱中,夏军,王纲胜,等. 基于数字高程模型的河网提取及子流域生成[J]. 水利学报, 2005, 36(5): 531-537.
- [6] 郑子彦,张万昌,郝庆国. 基于DEM与数字化河道提取流域河网的不同方案比较研究[J]. 资源科学, 2009, 31(10): 1730-1739.
- [7] 黄玲,黄金良. 基于地表校正和河道烧录方法的河网提取[J]. 地球信息科学学报, 2012, 14(2): 171-178.
- [8] MARTZ L W, GARBRECHT J. The treatment of flat areas and depressions in automated drainage analysis of raster digital elevation models [J]. Hydrological Processes, 1998(12): 843-855.

(责任编辑 欧阳越)

