

基于 DEM 的桂林西中部地区河网提取与分析

宋瑞明 张皓月 冉 宁

(环境与移民工程院)

[摘要] 基于 ASTER GDEM 30 m 分辨率 DEM 数字高程数据集,分别运用 ArcGIS Hydrology 工具和 ArcSWAT 模型对桂林西中部地区山区和丘陵平原区数字河网进行提取。研究表明,对于地形明显的山区,两种方法提取的河网与实际河网吻合度均较高;在丘陵平原区,提取效果较差,而采用 ArcSWAT 模型 Burn In 功能对丘陵平原区河流水系干预情况下,对比分析流域面积、干流河长与实际值偏差情况,结果显示,良丰河、相思江流域面积提取值与实际值偏差率分别为 1.29%、0.12%,河长提取值与实际值偏差率分别为-0.86%、-3.11%。因此,在地势平坦地区,相较于 ArcGIS Hydrology 工具,ArcSWAT 模型具有更强的适用性。

[关键词] DEM 水文分析工具 ArcSWAT 模型 数字河网提取

1 引言

中小河流水利工程规划前期工作中,往往流域资料匮乏,影响水文工作的开展,而水文分析计算作为工程规划的基础性工作,对工程规模的确定具有重要影响。因此,作为支撑水文计算的流域面积、河长和坡降等河道特征值的获取和确定显得尤为重要。

数字高程模型(digital elevation model, DEM)是数字流域地形地貌特征呈现的常用表达形式,描述了研究区地面高程的分布情况,包含了丰富的水文、地形、地貌信息。随着行业数字化进程的不断发展和推进,基于 DEM 数据和 GIS 平台提取流域水文特征值已经被广泛应用^[1-4]。赵洪喜利用 SRTM90 m 分辨率的 DEM 数据模型,对青海民和县隆治沟、河北蔚县定安河的流域面积、河长和比降等^[5],指出流域面积在地势起伏较大的山地河网提取值偏差较小,在平坦区或人为干扰严重区提取值偏差较大;杜青松等^[6]利用 DEM 数据和 GIS 平台水文分析扩展模块对西天山中部河流特征进行了提取,表明利用最优集水阈值提取的数字河网可作为后续研究的基础数据;宁忠瑞等^[7]基于 30 m 分辨率 ASTER GDEM 数据,对塔里木河

流域河网特征进行了提取,表明山区流域河网提取值精度较高,在丘陵平原区利用 DEM 修正后进行提取偏差较小。这些研究均表明,在山区、丘陵地带,河网提取的精度较高,而在人为干扰较大的地方或地势平坦区的地区,河网提取适用性较差^[8-10]。

基于前人学者研究的成果,本文运用 ArcGIS Hydrology 工具和 ArcSWAT 模型分别对桂林市西中部山区、丘陵平原区河网特征值进行提取分析,并利用实际河网对比分析提取水系的拟合情况及流域特征值偏差情况,对提取效果进行评价。

2 研究区概况

桂林市河流水系发达,全市共有大小河流 100 余条,分布有桂江(漓江段)、古宜河、洛清江、湘江和资江五大河流。本次研究对象位于桂林市西中部地区,行政区域包括临桂区、秀峰区、叠彩区、象山区、七星区、雁山区、灵川县、阳朔县、永福县等,研究对象主要为洛清江一级支流西河、相思江以及漓江一级支流良丰河等。

其中西河上游称龙江,发源于临桂区黄沙乡围岭村,流向自北西向东南,在永福县城与东河汇合后流入洛清江,干流全长 95 km,流域面积 1153 km²。

作者简介:宋瑞明(1989—),女,河南省濮阳市,工程师,硕士,从事移民规划设计工作。

主要支流包括滩头河、寿城河、凤凰河、旧县河、山南河等。

相思江发源于临桂区庙头镇沙塘村的乱石山中,流向由北向南,在永福县苏桥镇汇入洛清江,全长 45 km,流域面积 574.6 km²。流域中上游属峰林平原地貌,下游属丘陵剥蚀地貌。主要支流包括沙塘河、蔡塘河、沉桥河、清水河、睦洞河、会仙河、罗锦河等。

良丰河发源于临桂、永福、阳朔三县(区)交界的香草岩,先由南向北流,而后至桂林市郊良丰后转向东北,在柘木圩处汇入漓江。良丰河干流全长 58 km,流域面积 534 km²。在大江水库坝址以上属于山区,河流坡降较陡,以下全是平原和丘陵,河道坡降平缓。主要支流包括古桂柳运河、苏河、周家河、大埠溪等。

研究区位置和高程分布见图 1。

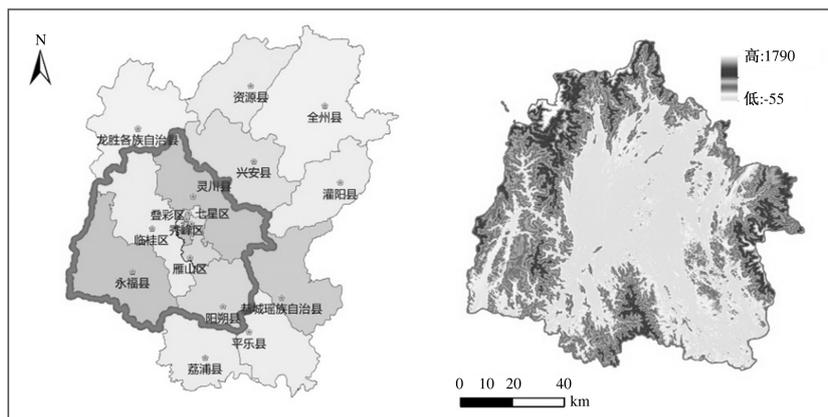


图 1 研究区位置及高程分布图

3 数据来源与研究方法

3.1 数据来源

研究区 ASTER GDEM 30 m 分辨率数字高程数据集来源于美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA),地理坐标系为 WGS_1984,采用墨卡托投影,中央经线 111°。由于无实测河网资料,用于对比分析的河网数据来源于谷歌地球上描绘的数字化矢量河流数据。流域水文信息基础数据来自于已批复的规划报告、设计报告等相关资料。

3.2 研究方法

ArcGIS Hydrology 水文分析工具通过模拟地表水形成径流的过程,并利用这一模拟过程实现河流、出水口以及流域的提取,为流域水文信息的提取提供了便利条件。Hydrology 使用的是 D8 单流向算法^[11],该算法假定雨水降落在某一栅格单元上,该栅格单元的水流只能流入与之相邻的 8 个栅格单元之间地形最低的单元中。如果多个栅格单元的最大下降方向均相同,则扩大相邻栅格范围,直到确定最陡下降方向为止。该工具河网提取流程主要为:DEM 数据裁剪获得研究区范围内 DEM、原始 DEM 数据填洼处理生成无洼地的修正 DEM、水流方向分

析确定各栅格单元的水流流向、流量计算、设置汇流精度进行汇流累积量计算定义最小地表径流、运用河流链接和河网矢量化工具进行河网提取、通过捕捉倾泻点工具对出水口数据进行校正,运用分水岭工具进行流域划分等。

ArcSWAT 扩展模块是 SWAT 模型在 ArcGIS 平台上的图形用户界面,SWAT(Soil and Water Assessment Tool)模型是由美国农业部(USDA)农业研究中心和美国自然资源保护委员会联合开发的基于 GIS 的分布式流域水文模型。其特点为容易操作、计算速度快、可视化程度高等,因此在流域河网水系提取中应用较为广泛。该模型基于地表径流漫流模型原理和 D8 算法,其 Automatic Watershed Delineation 模块提供了快速的河流水系提取的方法,运用其 Burn In 功能引入实际矢量河网图层,胁迫河网水系的生成,可得到更为真实的河网水系结果。ArcSWAT 模型提取水系及流域划分主要步骤包括:定义 SWAT 工程、加载 DEM、加载或手绘 Mask 添加掩膜指定研究区范围、加载实际河网水系以“引导”河网及子流域的生成、指定最小子流域面积生成河网、编辑流域出口节点进行子流域划分、计算子流域参数等^[12-13]。

4 结果与分析

4.1 ArcGIS Hydrology 河网提取

基于 ASTER GDEM 高程数据,运用 ArcGIS

Hydrology 对研究区河网进行提取,并通过倾泻点设置、分水岭、栅格转面等步骤进行流域划分,流域面积及河长提取结果见表1。将已矢量化的实际河网与提取河网结果进行叠加分析,结果见图2。

表1 ArcGIS Hydrology 提取流域特征值与实际值偏差

区域	流域特征值	河流名称	提取值	实际值	偏差率
山区	流域面积(km ²)	西河	1130.2	1153	-1.98%
丘陵平原区		良丰河	631.4	534	18.24%
	河长(km)	相思江	882.7	574.6	53.62%
山区		西河	87.6	95	-7.79%
丘陵平原区		良丰河	45.2	58	-22.07%
		相思江	71.7	45	59.33%

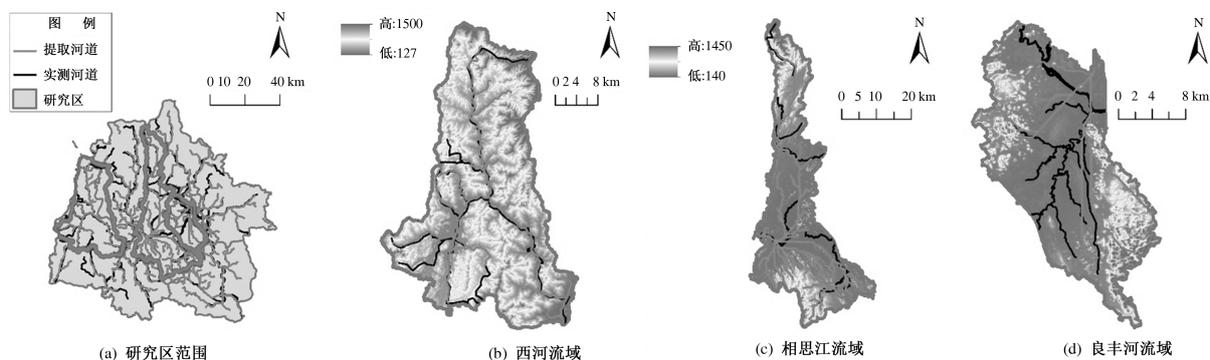


图2 ArcGIS Hydrology 河网及流域划分提取结果

图2中,图(a)为研究区河网提取结果总图,图(b)、(c)、(d)分别为西河流域、相思江流域、良丰河流域河网提取及流域划分结果。从河网提取结果可以看出,西河流域河网走向基本与实际河网一致,而相思江和良丰河流域河网偏差较大。从流域面积划分结果来看,西河流域提取流域面积与实际值偏差率为-1.98%,偏差较小,相思江和良丰河流域提取流域面积与实际值偏差率分别为18.24%和53.62%,偏差大。从干流河长提取结果分析,西河流域提取值与实际值偏差率为-7.79%,偏差在可接受范围内,相思江和良丰河流域提取值与实际值偏差率分别为-22.07%和59.33%,偏差大。究其原因,主要是由于西河流域为山区,山脊线较为明显,河网提取结果与实际情况较为接近,而相思江和良丰河流域多为丘陵平原地貌,河道坡度平缓,流域分界线不分明,流域提取偏差大。因此表明,ArcGIS Hydrology 工具在地势平坦地区河流水系提取中,适用性较差。

4.2 ArcSWAT 模型河网提取

运用 ArcSWAT 模型 Burn In 功能加载实际河网水系,胁迫河网水系生成,并在此基础上进行子流域

的划分,得到西河、相思江、良丰河流域河网水系和流域划分结果见图3。其中图(a)为提取的西河流域,图(b)为相思江流域,图(c)为良丰河流域。

从结果可以看出,运用 ArcSWAT 模型 Burn In 修正河网后,河网生成基本接近实际河网。为进一步验证结果精度,采用流域划分结果与实际流域特征值进行对比,见表2。可以看出,西河、相思江、良丰河流域面积提取值与实际值偏差率分别为-1.99%、1.29%、0.12%,河流长度提取值与实际值偏差率分别为-11.47%、-0.34%、-9.78%。可见,相比于流域面积来说,河长提取值总体偏差率较大,其原因一是由于汇流累积量计算时设置汇流精度阈值取值较大,提取的河网分叉较少;二是、DEM 高程数据分辨率偏低,模型提取精度受限,因而造成河长提取值偏小。

对比分析 ArcGIS Hydrology 与 ArcSWAT 模型提取结果,可知对于山区河道,两者均有较好的提取效果,而对于丘陵平原区域,ArcSWAT 模型提取精度明显高于 ArcGIS 水文分析工具提取结果。因此,在地形平坦地区,运用 ArcSWAT 模型 Burn In 进行河网修正,进而划分流域,提取河网特征值,在项目前期工作中是可行的。

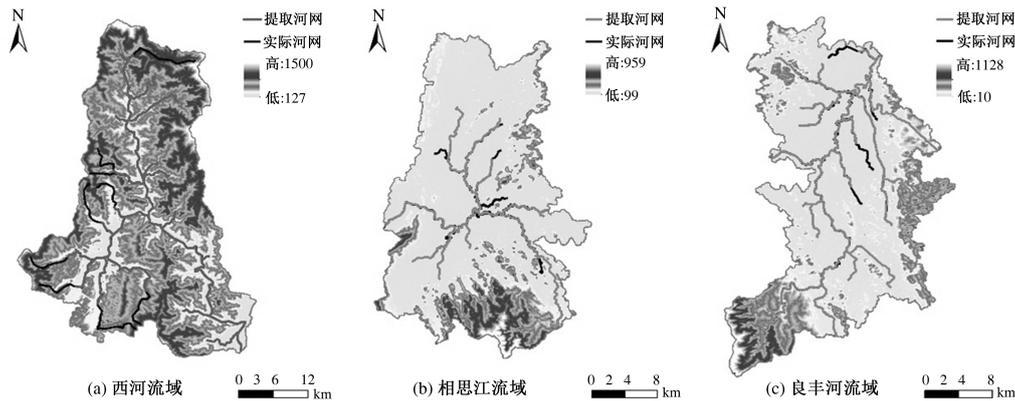


图3 ArcSWAT 模型提取河网和流域划分结果

表2 流域特征值提取值与实际值对比分析

区域	流域特征值	河流名称	提取值	实际值	偏差率
山区	流域面积 (km ²)	西河	1130.1	1153	-1.99%
		良丰河	540.9	534	1.29%
		相思江	575.3	574.6	0.12%
丘陵平原区	河长 (km)	西河	84.1	95	-11.47%
		良丰河	57.8	58	-0.34%
		相思江	40.6	45	-9.78%

5 结论

DEM 数据与 ArcGIS 软件应用平台为数字河网及流域水文特征的提取提供了有力支持,本文通过运用 ArcGIS Hydrology 及 ArcSWAT 模型两种流域特征值提取方法,基于 30 m 分辨率 ASTER GDEM 高程数据,对桂林市西中部地区山区和丘陵平原区流域水系进行子流域划分和河网提取,并与实际矢量化河网进行对比,结果表明:

(1)流域水文资料缺乏时,基于 ASTER GDEM 高程数据,运用 ArcGIS 水文分析工具和 ArcSWAT 模型提取山区河道流域特征值作为前期工作基础,都是可行的。但由于 ArcGIS 水文分析工具采用 D8 算法,该算法为单线传递,而地势平坦地区水流无法沿某一方向流动形成径流,所以该算法对地势平坦的地区,适用性较差。

(2)在地势平坦的丘陵平原地区,通过实际矢量河网的干预,运用 ArcSWAT 模型进行河网提取和子流域划分精度较高,可作为提取丘陵平原地区流域面积等获取的有效方法,为中小河流水利工程规划前期工作提供依据。

参考文献

[1] 张建勋,汤雷,谢桃,等. 数字河网提取时集水面积阈值的确定[J]. 水利水电技术,2016,47(11):1-4.
 [2] 王欢,刘九夫,谢自银,等. 基于水文应用的多源数字高程模型精度分析[J]. 水利水电技术,2018,49(6):

30-38.
 [3] 游松财,孙朝阳. 中国流域的 SRTM30 数据提取与计算[J]. 地球信息科学学报,2009,11(2):189-195.
 [4] Tarboton D. A New Method for the Determination of Flow Directions and Contributing Areas in Grid Digital Elevation Models[J]. Water Resources Research,1997,33:309-31.
 [5] 赵洪喜. 基于 ArcGIS 的山区流域特征值提取与探究[J]. 人民长江,2019,50(S2):55-58.
 [6] 杜青松,李国玉,李金明,等. 基于 DEM 的西天山中部河流提取研究[J]. 中国农村水利水电,2020,(10):29-40.
 [7] 宁忠瑞,李虹彬,刘亚婷,等. 基于 DEM 的塔里木河流域数字河网提取与分析[J]. 水利水电技术,2020,51(8):54-61.
 [8] 何文,卢远,余玲. 基于 ArcSWAT 的漓江流域河网水系自动提取对比研究[J]. 地理空间信息,2015,13(6):148-153.
 [9] 谢巍. 基于 DEM 数据的渭河子流域水文信息提取[J]. 土地开发工程研究,2019,4(2):1-5.
 [10] 贾岸斌,余高杰,卢舟,等. 基于数字高程模型的河网和流域边界提取[J]. 陕西气象,2020(2):43-47.
 [11] O' CALLAGHAN J F. The Extraction of Drainage Networks from Digital Elevation Data [J]. Computer Vision Graphics and Image Processing, 1984, 28(3):323-344.
 [12] 欧阳威,黄浩波,张璇,等. 基于 SWAT 模型的平原灌区水量平衡模拟研究[J]. 灌溉排水学报,2015,34(1):17-22.
 [13] 王立,李海强,马放,等. 基于 SWAT 模型的流域河网提取方法[J]. 中国给水排水,2014,30(13):92-95.