

# 基于不同DEM数据源的数字河网提取对比分析 ——以韩江流域为例

刘 远<sup>1</sup>, 周买春<sup>1</sup>, 陈芷菁<sup>2</sup>, 李绍文<sup>3</sup>

(1. 华南农业大学水利与土木工程学院, 广东 广州 510642; 2. 广东省水文局, 广东 广州 510150;  
3. 广东省韩江流域管理局, 广东 汕头 515041)

**摘要:** 基于 HYDRO1K、SRTM3 和 ASTER GDEM 三种 DEM 数据, 利用 BTOPMC 地形子模型提取韩江流域河网, 并作对比分析。结果表明: ① SRTM3 提取的河网精度最高, HYDRO1K 相对最低。② DEM 的垂直精度对提取的河网精度起控制作用。ASTER GDEM 的水平分辨率较高, 但垂直精度不如 SRTM3, 因而提取的河网精度不如 SRTM3。③ HYDRO1K 提取大尺度流域河网具有一定的精度, 但在地势平坦区域的效果较差, HYDRO1K 不宜用来提取小尺度流域河网。④ 由 DEM 提取的数字河网精度与当地的地面坡度以及处理 DEM 的填洼算法有关。

**关键词:** DEM; 水平分辨率; 数字河网; 韩江流域

**中图分类号:** P333 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2012)09-1112-07

数字河网研究包括生成 DEM 的数据基础与方法<sup>[1,2]</sup>、数字河网提取技术<sup>[3-8]</sup>、DEM 分辨率<sup>[9-12]</sup>。目前供免费下载的全球 DEM 数据有 HYDRO1K<sup>[13]</sup>、SRTM3<sup>[14]</sup>、ASTER GDEM<sup>[15]</sup> 三种, 由于 DEM 可免费获得, 研究主要集中于 DEM 水平分辨率对河网提取精度的影响。研究表明, DEM 水平分辨率直接影响所提取的河网结构和精度<sup>[9-12]</sup>, 进而将影响分布式水文模拟结果。然而, 这些研究大多针对同一 DEM 数据源, 其所谓的不同水平分辨率 DEM 是基于某一较高分辨率的 DEM 经过重采样, 生成一系列较低分辨率的 DEM, 而针对不同 DEM 数据源对所提取河网的影响研究, 国内仅有少数报道<sup>[16]</sup>。另一方面, 研究大多针对某一特定尺度的流域, 而对数字河网与流域的多尺度及不同地形间的关系则研究很少。本文利用 HYDRO1K、SRTM3 (version 4) 和 ASTER GDEM 三种 DEM 数据, 分别提取韩江流域及其子流域的河网, 对结果进行对比分析, 探讨不同数据源和不同分辨率的 DEM 数据在不同尺度和不同地形流域上所提取的

数字河网间的关系。

## 1 流域概况与数据源分析

### 1.1 韩江流域概况

韩江流域(图1)位于 115°13'~117°09'E、23°17'~26°05'N 范围, 覆盖广东东部、福建西南部、江西东南部共 22 个县市, 流域面积 30 112 km<sup>2</sup>。其中山地约占 70%, 主要分布在流域北部和中部; 丘陵约占 25%, 分布在梅江流域和其它干支流谷地; 平原约占 5%, 主要分布在韩江三角洲。梅江是韩江的主流, 在广东大埔的三河坝与汀江汇合后始称韩江, 全长 470 km。梅江、汀江、韩江干流和三角洲的集水面积分别为 13 929、11 802、3 346 和 1 035 km<sup>2</sup>。

### 1.2 DEM 数据分析

1) DEM 数据源简介。HYDRO1K 是 USGS-EDC 与 UNEP/GRID 联合制作的一个除格陵兰岛及极地以外的全球 DEM, 1996 年发布, 水平分辨率为 1 km, 采用兰伯特等积方位投影。HY-

**收稿日期:** 2011-10-13; **修订日期:** 2011-12-15

**基金项目:** 国家自然科学基金(41171029)、华南农业大学校长科学基金(7600-K07050)、广东省高等学校人才引进专项资金(粤教师[2008]86号)、广东省水利科技创新项目(2009-42)资助。

**作者简介:** 刘 远(1979-), 男, 广东省中山人, 讲师, 博士研究生, 主要从事水文模拟方面研究。E-mail: lyuan@scau.edu.cn

**通讯作者:** 周买春, 博士, 教授。E-mail: mczhou@scau.edu.cn

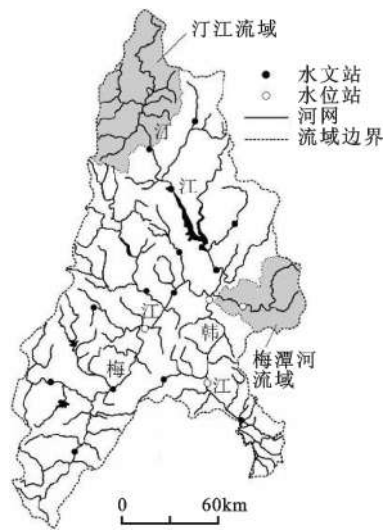


图1 韩江流域水系(韩江流域管理局官方图)  
Fig.1 Drainage networks of Hanjiang River basin  
(from the Hanjiang River Administration Bureau)

DRO1K的数据基础是GTOPO30,并结合主要来自DCW的实际河网和流域边界,使其水文特征得到加强。GTOPO30是一个全球性的DEM,由USGS-EDC与多家机构合作,基于8种不同矢量、栅格数据源综合制作而成,水平分辨率是30″(约1 km),垂直精度取决于所在区域的源数据精度,例如欧亚大陆大多数区域使用的由NIMA制作的DTED,垂直精度为±30 m,置信度90%。

SRTM是在德国和意大利航天机构的参与下,由NASA和NGA共同合作完成。该雷达影像数据的覆盖范围为60°N至56°S,超过地球陆地表面的80%。SRTM数据有SRTM1(水平分辨率为1″,约30 m,仅北美数据)和SRTM3(水平分辨率为3″,约90 m,覆盖全球)两种,于2003年6月公开发布,

标称绝对高程精度是±16 m,置信度为90%,标称绝对平面精度是±20 m。原始的SRTM由于雷达成像的特征,产生很多数据空洞,经多版插补修正,目前已经发布第4版。

ASTER GDEM是由NASA和METI于2009年6月共同发布的最新的全球高程数据。覆盖范围为83°N到83°S,达到地球陆地表面的99%,是迄今为止最完整的地形数据。自2000年至今,ASTER还在不断获取和更新DEM数据。ASTER GDEM的水平分辨率为30 m,垂直精度是±20 m,水平精度是±30 m,置信度均为95%。由于云层覆盖、边界堆叠或其它异常的影响,ASTER GDEM第一版本原始数据局部地区存在异常。

2) 研究区域DEM数据分析。用矩形框截取韩江流域所在区域的DEM数据,数据基本特征列于表1,高程累积分布见图2。可以看到,①三组数据的平均高程很接近,高程分布曲线差别较小,尤其是SRTM3和ASTER GDEM的曲线几近重合,说明各DEM反映的地貌状况基本一致。②随着DEM水平分辨率的降低,数据量剧减,反映的地形高程变化幅度变小(最大值变小,最小值变大),高程标准差变小,大高程栅格出现的频率变

表1 研究区域DEM的基本特征

Table 1 The features of DEMs in the study region

数据源	HYDRO1K	SRTM3	ASTER GDEM
水平分辨率(m)	1000	90	30
栅格数(列×行)	195×340	2199×3826	6533×11367
最大高程(m)	1675	1792	1808
最小高程(m)	0	-15	-33
平均高程(m)	397.3	396.9	389.4
高程标准差(m)	255.9	262.8	263.9

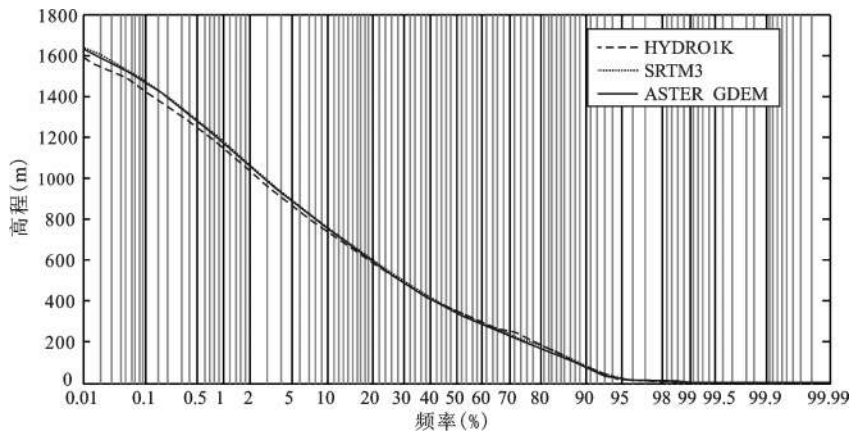


图2 研究区域的高程累积分布  
Fig.2 Elevation frequency curve of the study region

小(HYDRO1K),即流域地形的起伏变小,趋于平坦,由DEM提取的河网信息将出现不同程度损失和失真。③ SRTM3和ASTER GDEM中出现负高程(低于海平面的洼地),这是由数据误差造成的,因为韩江流域不存在低于海平面的洼地。

## 2 韩江及其子流域的河网提取

### 2.1 BTOPMC地形子模型简介

分布式水文物理模型BTOPMC<sup>[17-19]</sup>由地形、产流、汇流等子模型构成。其中地形子模型提供DEM河网提取方法,包括填洼运算、生成数字河网、划分子流域及其它提取地形相关信息算法。其核心是采用D8法<sup>[5]</sup>来确定栅格的水流方向,即水流按最大坡度或最大落差,流向与其相邻的8个栅格中的一个。因此,水流坡度为 $\tan\beta=\Delta H/L$ ,其中, $\Delta H$ 是对象栅格与相邻8个栅格的最大落差, $L$ 是它们中心的水平距离。填洼是河网提取过程中最费时和关键的步骤,将直接影响河网的精度。与其它填洼算法不同,BTOPMC按地貌倾斜度采用不同高程增量逐步填洼,每次填洼时,相邻洼地仍然按地貌的总体趋势保持一个辐合坡度,当所有洼地都有明确的水流出路后,填洼循环终止。每次填洼的高程增量为:

$$dh(i,j)=h_c\left(1-\frac{\alpha_i+\beta_j}{N_r+N_c}\right) \quad (1)$$

式中, $i,j$ 分别是洼地的行坐标和列坐标; $h_c$ 是常数,考虑到上述DEM的高程都精确到 $m$ ,取 $h_c=0.1m$ ;  $N_r$ 、 $N_c$ 分别是原始DEM的行数和列数; $\alpha$ 和 $\beta$ 分别为

$X$ 和 $Y$ 方向地形倾角的权重系数,倾角越大,权重系数越大,近似取 $\alpha=\beta=1$ 。填洼后,洼地高程变为与之相邻的最低栅格单元的高程与高程增量的和。随着 $i$ 和 $j$ 的增大,越往下游,地势变得越平缓,高程增量也变得越小。填洼后计算栅格的上游集水面积。生成河流栅格图时,上游集水面积阈值采用试错法<sup>[20]</sup>来确定,用于试错的标准河网由地图的蓝线经投影配准后获得。

### 2.2 韩江流域主干河流的数字河网提取及分析

基于上述三种DEM数据,利用BTOPMC地形子模型提取潮安水文站(韩江干流控制性水文站,其下游即为韩江三角洲网河区)以上韩江流域主干河流的河网,从以下几个方面进行对比分析。

1) 计算效率。河网提取主要耗时在填洼,决定整个过程的效率。由表2可以看到,不同的水平分辨率导致各DEM的栅格总数不同(见表1),其计算效率大不相同。随着水平分辨率的提高,栅格总数增大,洼地栅格数量也增多(但面积不一定增大),填洼循环次数及填洼耗时都大幅度增大。因此,低水平分辨率的HYDRO1K的计算效率最高,高分辨率的ASTER GDEM的效率最低。另外,SRTM3的洼地栅格百分比最小,即其DEM在填洼前后改变最少,故最能保留原始地形信息。

2) 河网精度。以韩江流域的水文、水位站点作为控制点(见图1),对水系图进行影像配准,得到标准河网,由各DEM提取数字河网时集水面积阈值均取 $40\text{ km}^2$ (图3)。可以看到,数字河网均与

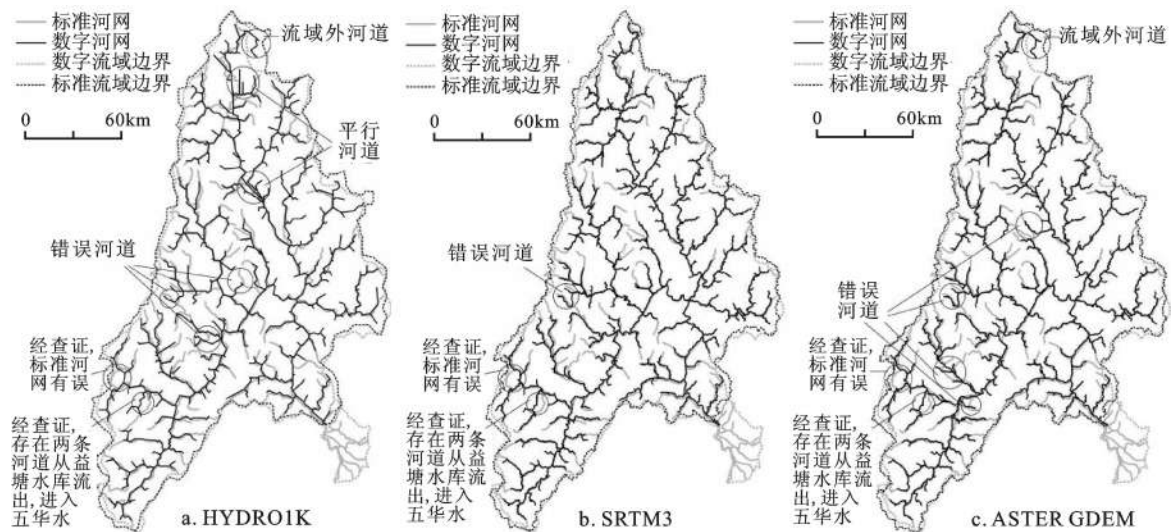


图3 DEM提取的韩江流域数字河网

Fig.3 Digital drainage network of Hanjiang River basin extracted from DEMs

标准河网吻合良好,其中 SRTM3 提取的河网吻合最好,ASTER GDEM 次之,HYDRO1K 相对较差。HYDRO1K 中出现与实际不相符的平行河道,这是由 DEM 水平分辨率低使得地势平坦化所引起的;三种 DEM 都生成一些错误河道,SRTM3 中的错误河道很少,而 HYDRO1K 和 ASTER GDEM 中则出现较多错误河道,而且将部分外流域的河道纳入,这是数据源的垂直精度不足所致。

3) 河网相似性。引入河网套合差来定量描述河网的吻合程度<sup>[21]</sup>,图 4 是河网 1 与河网 2 的套合对比,套合差  $D=\sum A_i/S$ ,其中  $A_i$  是两河网叠加产生的细碎多边形的面积, $S$  是流域总面积。套合差越小表示河网的吻合程度越高,反之亦然。HYDRO1K、ASTER GDEM 提取的河网与 SRTM3 提取的河网的套合差分别为 6.68% 和 2.09%。可见,若不考虑错误河道和纳入的流域外河道的影响,ASTER GDEM 与 SRTM3 提取的河网吻合良好,而 HYDRO1K 与 SRTM3 提取的河网吻合较差。

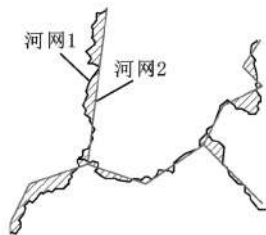


图4 数字河网的套合对比  
Fig.4 Overlay of digital drainage network

4) 流域边界。如图 3 所示,SRTM3 提取的流域边界与标准流域边界基本吻合,流域面积相对误差仅为 0.57%,由于纳入了流域外的河道,

HYDRO1K 和 ASTER GDEM 提取的流域面积比实际面积大(表 2)。若不考虑纳入流域外河道的影响,HYDRO1K、ASTER GDEM 提取的流域边界与 SRTM3 提取的流域边界的套合差分别为 2.36% 和 1.36%,均吻合良好,尤其是 ASTER GDEM 与 SRTM3 提取的流域边界吻合程度很高。

5) 地面坡度  $\tan\beta$ 。根据水流方向确定栅格的地面坡度,统计特征列于表 2。随着栅格尺寸的增大,流域地势均坦化(坡度平均值和标准差均变小),HYDRO1K 的坡度平均值和标准差不到其它两组数据的 1/3 和 1/2。图 5 中,HYDRO1K 的坡度分布曲线与另外两条曲线相差较大,坡度小于 0.052 4 的栅格超过栅格总数的一半,与实际地形情况大不相同,从而极大地影响数字河网

表2 韩江流域数字河网特征对比

Table 2 Comparison of the features of digital drainage network in Hanjiang River basin by HYDRO1K, SRTM3 and ASTER GDEM

数据源		HYDRO1K	SRTM3	ASTER GDEM
计算效率	洼地栅格百分比(%)	16.0	7.9	11.3
	填洼循环次数	198	8412	21570
	填洼耗时	少	中等	多
流域面积	数字流域面积(km <sup>2</sup> )	29689	29243	29560
	相对误差(%)	2.10	0.57	1.66
坡度 $\tan\beta$	最大值	0.610	2.569	4.384
	最小值	$8.600\times10^{-8}$	$2.400\times10^{-8}$	$1.330\times10^{-7}$
	平均值	0.072	0.242	0.238
	标准差	0.073	0.183	0.190

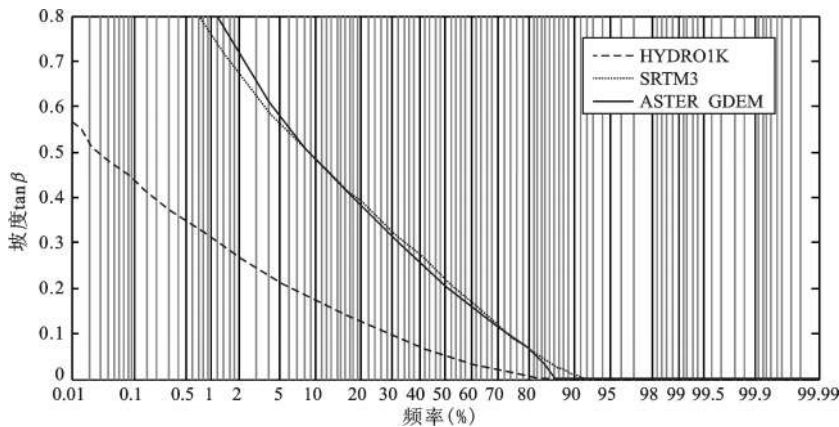


图5 韩江流域的坡度累积分布  
Fig.5 Slope distribution curve of Hanjiang River basin

精度,图3a的平行河道正是在大面积坡度平缓区域生成的;SRTM3和ASTER GDEM的坡度分布曲线较为接近,即反映的地势基本一致,但在ASTER GDEM中呈明显的阶梯分布,说明ASTER GDEM的水平分辨率虽然较高,然而相邻栅格高程差呈明显跃阶分布,即水平分辨率高并不等同其DEM精度也高,这也反映在ASTER GDEM的数字河网提取结果中。

6) DEM重采样。将SRTM3和ASTER GDEM数据通过双线性内插法重采样,生成与HYDRO1K相同水平分辨率(1 000 m)的DEM,重新提取韩江流域河网。实验结果表明,重采样后的SRTM3和ASTER GDEM提取的河网与标准河网的吻合程度比HYDRO1K好,且不存在平行河道。但与原高分辨率的DEM相比,提取的河道变得不够圆滑,且纳入一些存在于流域外的新河道,重采样DEM分辨率越低,纳入的流域外的河道越多。因此,即使重采样到相同水平分辨率,SRTM3和ASTER GDEM数据源精度高于HYDRO1K,但低于原数据。

### 2.3 子流域数字河网提取及分析

基于上述三种DEM数据,分别提取官庄水文站上游的汀江流域和三河坝水库上游的梅潭河流域(图1)的河网,标准河网分别从1:28万的长汀县地图,1:25万的大埔县和1:23万的平和县地图获得。提取结果分析如下:① HYDRO1K提取的汀江流域和梅潭河流域河网与标准河网吻合度较差。当集水面积阈值取值较大,提取的河网稀疏,缺失很多小支流;当取值较小,出现很多平行河道,尤其在地势平缓的汀江流域山前平原。因此,由于流域尺度较小,1 km分辨率DEM的精度不足以提取完整的河网。② 图6、7中,SRTM3和ASTER GDEM提取的两个流域河网与标准河网吻合良好(集水面积阈值均取 $1 \text{ km}^2$ ),但ASTER GDEM提取的汀江流域河网纳入流域外河道。另外,若不考虑纳入流域外河道的影响,不管是汀江流域还是梅潭河流域,SRTM3和ASTER GDEM都提取到吻合良好的数字河网,套合差分别为5.11%和3.75%。③ 将各DEM数据提取的两个流域数字河网特征列于表3,可以看到,虽然梅潭河流域的面积比汀江流域小很多,但由于流域的平均坡度较大,各DEM数据提取的梅潭河流域的河网与标准河网的吻合度都高于汀江流域。

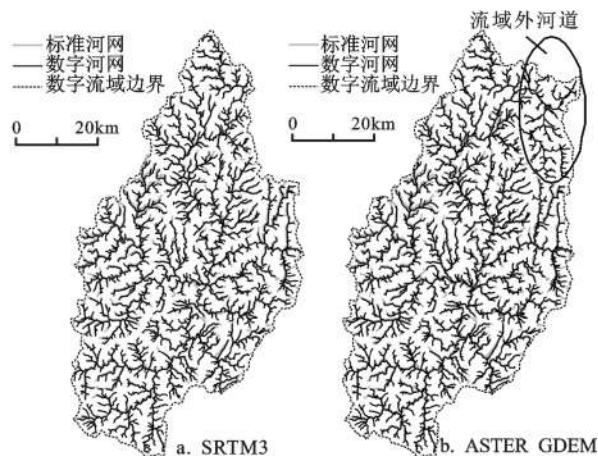


图6 DEM提取的汀江流域数字河网

Fig.6 Digital drainage network of Tingjiang River basin extracted from DEMs

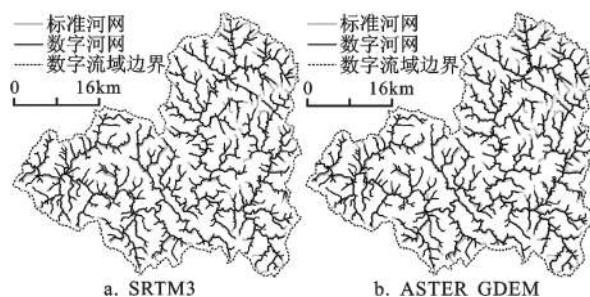


图7 DEM提取的梅潭河流域数字河网

Fig.7 Digital drainage network of Meitanhe River basin extracted from DEMs

表3 汀江、梅潭河流域数字河网特征对比

Table 3 Comparison of the features of digital drainage network in Tingjiang River and Meitanhe River basins

数据源		HYDRO1K	SRTM3	ASTER GDEM
汀江流域	流域面积( $\text{km}^2$ )	3697	3542	3786
	平均坡度 $\tan\beta$	0.065	0.244	0.245
	与标准河网吻合度 (套合差)	差	好 (4.40%)	一般 (5.69%)
梅潭河流域	流域面积( $\text{km}^2$ )	1574	1624	1591
	平均坡度 $\tan\beta$	0.107	0.304	0.296
	与标准河网吻合度 (套合差)	较差	很好 (3.62%)	好 (4.45%)

## 3 讨论与结论

曾红伟等<sup>[16]</sup>以洮儿河流域为研究对象,基于HYDRO1K、SRTM3 (version 2)、ASTER GDEM三种DEM数据,利用Arc Hydro Tools在无河网和有

河网辅助的条件下提取数字河网。其结果指出在没有河网辅助时, HYDRO1K 提取的结果最好, 而 SRTM3、ASTER GDEM 在平原地区提取的结果较差; 在有河网辅助时, SRTM3、ASTER GDEM 提取的数字河网改善明显, 三种 DEM 提取的水系都与真实河网相似。本文采用 BTOPMC 地形子模型数字河网提取方法, 从不同的角度进行分析, 得出以下结论: ① 无论大尺度还是小尺度的流域, SRTM3 和 ASTER GDEM 都能提取到较高精度的河网。虽然 ASTER GDEM 的水平分辨率较高, 但其垂直精度低于 SRTM3, 因此生成了较多与实际不相符的错误河道, 且填洼过程耗时多。② 当流域尺度较大时, HYDRO1K 提取的河网具有一定的精度, 但在地势平坦区域的效果较差; 当流域尺度较小时, HYDRO1K 提取不到与标准河网吻合较好的河网。③ 从 DEM 提取数字河网的精度与当地的地面坡度有关, 地势越陡, 提取精度越高; 地势越平坦, 提取精度越低。地势条件反映水平与 DEM 的水平分辨率有关, DEM 栅格单元越大, 反映的地势越趋于平坦、均匀, 与实际情况差别越大; 反之, DEM 栅格单元越小, 反映的地势越精微, 与实际情况更相符; SRTM3 和 ASTER GDEM 反映的地势基本一致, 即当栅格单元小到一定程度时, 如果相应的垂直精度不提高, 则地势反映将趋于稳定。

SRTM3 数字地形模型分辨率高、精度好, 将来利用该 DEM 数据提取流域数字河网时, 应与标配的实际河流水系进行比较, 确定河流源头集水面积阈值, 修正由于数据源误差所生成的错误河道, 从而提高数字河网的精度。

## 参考文献:

- [1] 周买春, 黎子浩, Jayawardena A W. 数值地形图的生成及其水文地貌特征评价[J]. 水利学报, 2002, (2): 71~74.
- [2] 王 库, 于东升, 史学正. 建立省级数字高程模型(DEM)的关键技术——以江苏省为例[J]. 地理科学, 2004, 24(2): 188~192.
- [3] Tribe Andrea. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: A review and a new method[J]. Journal of Hydrology, 1992, 139: 263-293.
- [4] Martz L W, Garbrecht J. Numerical definition of drainage network and sub-catchment areas from digital elevation models[J]. Computers & Geosciences, 1992, 18 (6): 747-761.
- [5] 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.
- [6] 俞 雷, 刘洪斌, 武 伟. 基于 DEM 的重庆三峡库区水系提取试验研究[J]. 地理科学, 2006, 26(5): 616~621.
- [7] 周德民, 程进强, 熊立华. 基于 DEM 的洪泛平原湿地数字水系提取研究[J]. 地理科学, 2008, 28(6): 776~781.
- [8] 程海洲, 熊立华. 基于局部地表形态的可变过水宽度多流向算法[J]. 地理科学, 2011, 31(2): 218~225.
- [9] Valeo C, Moin S M A. Grid-resolution effects on a model for integrating urban and rural areas[J]. Hydrological Processes, 2000, 14 (14): 2505-2525.
- [10] 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.
- [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): 34~38.
- [12] 刘金涛, 陆春雷. DEM 分辨率对数字河网水系提取的影响趋势分析[J]. 中国农村水利水电, 2009, (3): 7~9.
- [13] U.S. Geological Survey. HYDRO1k Elevation Derivative Database[EB/OL]. [http://eros.usgs.gov/Find\\_Data/Products\\_and\\_Data\\_Available/gtopo30/hydro/](http://eros.usgs.gov/Find_Data/Products_and_Data_Available/gtopo30/hydro/).
- [14] Jarvis A, Reuter H I, Nelson A, et al. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)[EB/OL]. 2008, <http://srtm.csi.cgiar.org>.
- [15] Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC). ASTER GDEM[EB/OL]. <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp>.
- [16] 曾红伟, 李丽娟, 柳玉梅, 等. Arc Hydro Tools 及多源 DEM 提取河网与精度分析——以洮儿河流域为例[J]. 地球信息科学学报, 2011, 13(1): 22~30.
- [17] Kuniyoshi Takeuchi, Tianqi Ao. Introduction of block-wise use of TOPMODEL and Muskingum-Cunge method for the hydro-environment simulation of a large ungauged basin[J]. Hydrological Sciences Journal, 1999, 44 (4): 633-646.
- [18] Ao Tianqi. Development of a distributed hydrological model for Large River basins and its application to southeast Asian rivers [D]. Kofu, Japan: University of Yamanashi, 2001.
- [19] Kuniyoshi Takeuchi, Prasantha Hapuarachchi, Maichun Zhou, et al. A BTOP model to extend TOPMODEL for distributed hydrological simulation of large basins[J]. Hydrological Processes, 2008, 22(17): 3236-3251.
- [20] Dennis L Johnson, Arthur C Miller. A spatially distributed hydrologic model utilizing raster data structures[J]. Computers and Geosciences, 1997, 23: 267-272.
- [21] 詹 蕾. SRTM DEM 的精度评价及其适用性研究——以在陕西省的实验为例[D]. 南京: 南京师范大学博士论文, 2008.

## Comparison of Drainage Network Extraction from Different DEM Data Sources: A Case Study of Hanjiang River Basin

LIU Yuan<sup>1</sup>, ZHOU Mai-chun<sup>1</sup>, CHEN Zhi-jing<sup>2</sup>, LI Shao-wen<sup>3</sup>

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 2. Hydrology Bureau of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510150, China; 3. Administration Bureau of Hanjiang River Basin of Guangdong Province, Shantou, Guangdong 515041, China)

**Abstract:** Based on the three DEMs of HYDRO1K, SRTM3 (version 4) and ASTER GDEM, drainage networks of Hanjiang River basin are extracted by using the terrain module of BTOPMC. The comparison shows that: ① the accuracy of drainage networks extracted from SRTM3 is the highest, then that from ASTER GDEM. The accuracy of drainage networks extracted from HYDRO1K are not so good. ② The vertical accuracy of DEM controls the accuracy of drainage network extraction. Although the horizontal resolution of ASTER GDEM is high, its vertical accuracy is not so good as SRTM3. Thus, the accuracy of drainage networks extracted from ASTER GDEM is not so good as that from SRTM3, both in whole basin and in sub-basins. ③ In large basin, drainage networks extracted from HYDRO1K are reasonable but become bad in low-relief regions. HYDRO1K is unsuitable for drainage network extraction in small-scale basins. ④ The accuracy of drainage network extraction from DEM is affected by local terrain slopes and the depression filling algorithm. Compared with Arc Hydro Tools, the terrain module of BTOPMC avoids most parallel channels. Also, the threshold contributing area used for channel sources should be identified by referring to the map scale.

**Key words:** DEM; horizontal resolution; digital drainage network; Hanjiang River basin