基于地表校正和河道烧录方法的河网提取

黄 玲[1,2],黄金良[1,2]*

(1. 厦门大学福建省海陆界面生态环境联合重点实验室, 厦门 361005; 2. 厦门大学环境与生态学院,厦门 361005)

摘要: 针对现有的数字高程模型(DEMs)在自动提取虚拟河网过程中易受洼地、平原地区影响,产生不连续的或平行的错误河网的问题,本文基于 Arc Hydro Tools,阐述了地表校正(Agree 算法)和河道烧录(Stream burning)方法提取虚拟河网的关键步骤和基本思路,并以环渤海地区为例,分析了有(无)河网辅助信息下,河网提取结果的准确度。研究结果表明,增加辅助信息更有助于提高虚拟河网的精度和准确性,且河道烧录方法在虚拟河网的提取上比 Agree 算法更有优势。由于环渤海研究区平原面积广大,对提取结果有较大的影响,提取结果的精确度不高。针对这一问题,本文综合河道烧录和地表校正(Agree 算法)的特点,提出一种河网提取的改进思路,并选取滦河流域作为验证区。通过对比,改进后的河网提取结果与中国实际河网分布较为吻合,说明该改进思路是较为合理、可信的。

关键词: 河网提取;河道烧录;Agree 算法;环渤海地区

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2012.00171

1 前言

近年来,随着计算机科学和信息技术的不断发展,以数字高程模型(Digital Elevation model, DEM)提取流域水文特征已成为与地理信息相结合的分布式水文模型研究的重点。1975 年 Peuker 等提出流域特征提取的识别谷点法,虽然经过改进但仍不能适用于大多数地貌类型[1]。目前应用得最广泛的是 O'Challaghan 等在 1984 年提出的坡面流累计方法(D8 算法)[2]。D8 算法是最早出现的经典的单流向算法[3],但该算法仍具有明显的缺陷,不能很好地反映微观尺度上的实际地形。因此,学者们在该算法的基础上进行了不断的改进[4-7],利用复合信息辅助提取[8],流域汇水阈值的确定进行了大量的研究[9]。此外,现行的子流域划分方法和原理上,通常存在两个问题,即狭长子流域问题和水库、水文电站控制的子流域问题。雷晓辉[10]等人深入分析了现有的流域划分与编码方法,提出了新的子流域加密算法,并以汉江为例验证了改进方法的效果。

DEM 数据在自动提取河网时存在易受洼地、平原地区影响[11]而产生不连续的或平行的错误河网的两大技术难题,通过增加有效信息量可加强其提取平原、湖泊河网的能力。目前,提高 DEM 数据信息量的方法有很多,如去除虚拟洼地(sink)[12-13]、地形校正(Agree)和河道烧录(Stream burning)[14],等。其中,去除虚拟洼地是 DEM 数据预处理的常用方法,但是,由于内插的原因,以及一些真实地形(如喀斯特地貌)的存在,使得 DEM 表面存在着一些凹陷的区域,进行水流流向计算时在该区域不能得到合理的水流方向,因此,通常要对原始 DEM 进行洼地填充,去除虚拟洼地。地形校正采用的 Agree 算法,是利用具有代表性的矢量河网降低 DEM 数据中与矢量数据重叠的网格单元的高程值,以矢量线为基准进行缓冲区分析,选出水系邻近区域,再采用线性插值的方法获得各个网格的高程,进而修改原始 DEM 数据[8],但必须保证输入的矢量河网已进行去除辫状河的处理。河道烧录方法则是在具有代表性的矢量河网转化形成栅格河网的基础上,与 DEM 数据进行融合以提高虚拟河网位置上的准确性[15]。国内外使用该方法成功实现河道提取的例子包括:Renssen[16]使用全球数字河网提高水文模型的准确性,并利用生成的虚拟河网,以及流域划分结果与实际水系及流域面积数据

收稿日期: 2011-08-28; **修回日期**:2012-03-17.

基金项目: 海洋公益性行业科研专项"基于环境承载力的环渤海经济活动影响监测与调控技术研究"(201005008-1)。

作者简介: 黄玲(1987-),女,硕士研究生,研究方向为 GIS 在环境管理中的应用。E-mail:linghuang1701@gmail.com

*通讯作者: 黄金良(1975-),男,副教授,研究方向为流域水环境研究。E-mail:jlhuang@xmu.edu.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

进行比较，验证了河道烧录方法的合理性；郝振纯[17-18]等人通过创建一套"关系树"把栅格河网的栅格点群自动连接成水系，建立了源头追索模型，又在此基础上，建立了更有效的深弘演进模型。另外，讨论 DEM 水平分辨率对流域特征提取的影响的相关研究较多，但存在高分辨率 DEM 流域特征提取的研究区范围空间尺度较小的问题。这可能与高分辨率 DEM 在大尺度范围内的数据量过大，分析处理数据困难有关。

本文以环渤海地区为研究区域，渤海由于陆域范围广大，水系复杂，有辽河、滦河、海河、黄河等 7 个水系注入渤海，实现环渤海地区水文特征自动提取对防洪防汛、水污染治理，以及水体生态修复等有着重要的参考价值，而目前国内就环渤海地区进行水文特征自动提取的研究尚不多见。为此，本文运用 Arc Hydro tools 工具，在传统 D8 算法的基础上对 90m 分辨率的 SRTM DEM 数据进行河流水系辅助信息的叠加，采用地表校正方法（Agree 算法）和河道烧录方式（Stream burning）增加 DEM 数据的有效信息，并提出一种改进思路，以期提高自动提取虚拟河网的精度，为环渤海地区的生态环境治理实践及理论研究提供基础信息。

2 环渤海研究区背景与数据源

渤海是我国的内海，位于 37°07′～41°0′N，117°35′～121°10′E，面积 77 000km^2，平均深度 18m，三面环陆，仅东部以渤海海峡与黄海相通，在辽宁、河北、山东、天津三省一市之间，形态似葫芦形（如图 1）。环渤海经济区内水系密集，其中，北京境内贯穿五条大河；天津位于海河流域下游，是海河五大支流的汇合处和入海口；山东境内的河流分属黄河、海河、淮河流域或独流入海；辽宁境内有大小河流 390 多条，以辽河为主。总体来说，环渤海地区水文格局复杂。此外，环渤海地区以山地和平原为主，北部为辽河平原，面积广大，中部绵延至西部为燕山山脉和太行山山脉，南部为华北平原，地势坦荡，山东半岛则分布有少量的丘陵。经研究界定[19]，环渤海研究区实际面积约为 676 000km^2。

研究区基础数据源：

（1）SRTM 是 NASA 和 USGS 通过航天飞机雷达获取的水平分辨率达到 90m、精度为 10m 的数字高程模型[20]，即经过数据修复校正后得到的

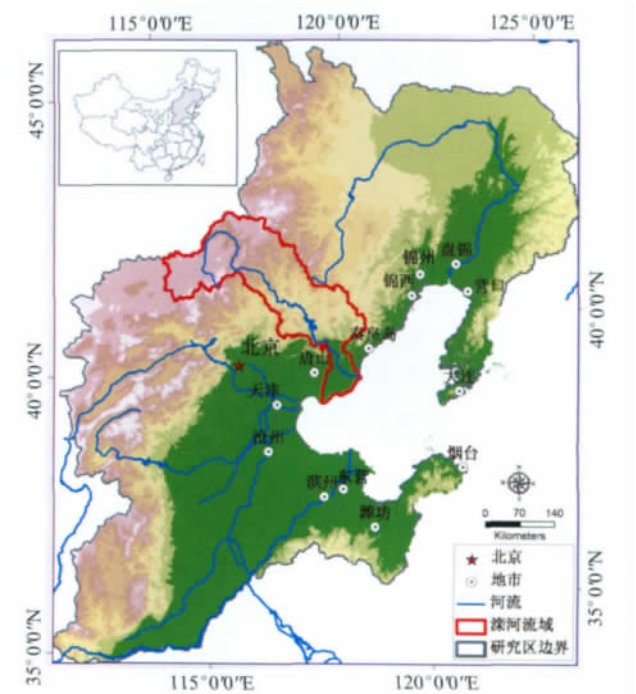

图 1 环渤海研究区图

Fig. 1 Map of the study region

数据。其覆盖范围在 56°S～60°N，大地水准面为 WGS84/EGM96。经 GIS 数据导入、投影转换和切边等空间操作，获得环渤海陆域范围的 DEM。考虑到计算与统计的方便，其重采样成空间分辨率为 100m 的 DEM 数据。

（2）从我国国家基础地理信息中心下载获得中国 1－5 级水系和各级行政边界等 GIS 图层（shp 格式）。

在 ArcGIS 9.3 软件支持下进行 GIS 图层的坐标投影转换，所有的 GIS 图层投影都采用 Albers 等积圆锥投影。投影参数为：双标纬线分别为 25°和 47°，中央经线为东经 105°，坐标起始纬度为 0°，椭球体为克拉索夫斯基，单位为 m。

3 河网提取的方法与结果分析

3.1 Arc Hydro Tools 提取河网的方法

目前，流域河网提取的方法和工具较多，如 ArcGIS 水文模块、ArcSWAT、River Tools、Arc Hydro Tools 等。其中，Arc Hydro Tools 是由美国环境系统研究所（ESRI）公司和美国得克萨斯州奥斯汀大学水资源研究中心（CRWR），以 Geodatabase 数据格式联合开发的水文模型，其内嵌于 Arc-

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

GIS 软件中,并内置了丰富的流域特征辅助提取的方法[12]。因此,本文采用该方法进行环渤海地区的河网提取。与常规的 D8 算法河网提取方法相类似,Arc Hydro Tools 提取河网分为 DEM 预处理、确认水流方向、生成汇流累积栅格图、自动提取河网,划分出流域,以及子流域等几个步骤:

(1)洼地填充:采用 Fill Sinks 方法,填充原始 DEM 数据,生成无洼地栅格数据 Fil;

(2)河流流向生成:采用 Flow Direction 方法,根据 D8 算法,生成河流流向栅格图层 Fdr;

(3)汇流积累生成:采用 Flow Accumulation 方法,生成汇流累积栅格图层 Fac;

(4)河流栅格图层生成:采用 Stream Definition 方法,设定河流最小汇水面积阈值 2464.74km^2,得到河流栅格图 Str,采用 Stream Segmentation 方法建立栅格河道上下游拓扑关系 StrLink;

(5)河流边界生成:使用 Catchment Grid Delineation 方法,生成 Cat 栅格图层,使用 Catchment Polygon Processing 方法,生成的流域整体边界 Catchment;

(6)河网矢量化:采用 Drainage Line Processing 方法,以 Fdr、StrLink 为输入参数,生成 DrainageLine[8]。

3.2　河网提取结果与分析

3.2.1　原始方法下的河网提取结果和分析。本文 3.1 节中提及的 6 个步骤为河网提取的原始方法。以环渤海研究区为例,在无任何格式的河网辅助信息的条件下,采用 Arc Hydro Tools 工具对 100m 分辨率的 SRTM DEM 进行自动化河网提取。获得虚拟河网提取结果与真实河网进行比对,结果如图 2 所示。

通过原始方法提取的河网与我国实际河网分布进行对比可以发现,提取的虚拟河网在中山、低山-丘陵地区与真实河网吻合较好,如图 2 中所示的子牙河、北运河、滦河和西辽河,而提取的河网在平原地区则产生了较大差异,如黄河流域上所提取的河流与黄河的实际分布相比,明显发生了位置上的偏移;提取结果中的滦河和辽河,虽然在上游山地地区提取效果较好、吻合度较高,但在下游地区同样发生了位置偏移的现象。造成这种现象的主要原因可能是,环渤海地区以山地和平原地区为主,北部为辽河平原,面积广大,中部绵延至西部为燕



图 2　原始方法的河网提取结果与实际情况对比

Fig. 2　Extraction of drainage networks by traditional method (blue) and the actual drainage networks (red)

山山脉和太行山脉,南部为华北平原,地势坦荡,总体上等高线分布稀疏,加上渤海沿岸海岸线曲折,从而影响了研究区下游沿岸平原地区的河网提取结果[21],这种情况与陈加兵[21]等在福建省小流域划分时遇到的问题相类似。

研究认为,基于原始方法的流域河网提取效果并不理想。为进一步提高虚拟河网自动提取的精度和准确性,需要采用地表校正(Agree 算法)和河道烧录(stream burning)方法分别对研究区河网的提取进行研究分析。

3.2.2　校正方法(Agree 算法)河网提取结果和分析。利用 Arc Hydro Tools 中的 DEM Reconditioning(Agree 算法)命令对原始 DEM 数据进行地表校正,设定参数值为:stream buffer = 5, smooth drop/raise(DEM Z-u nit) = 10, sharp drop raise (DEM Z-unit) = 1000,得到 Agree DEM。该方法的原理是通过真实的河网矢量数据来增强原始 DEM 数据的有效信息,再通过地表校正后的 Agree DEM 数据进行环渤海研究区的虚拟河网提取,结果如图 3 所示。

由图 3 可见,以 Agree 算法提取的虚拟河网与实际河网重叠情况较好,精确度较高,不仅在上游山地-丘陵地区重叠效果良好,并且在下游地区也没有发生明显的河道偏移现象。相比图 2 中原始方法的河网提取结果,地表校正后的虚拟河网较好地

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



图 3 地表校正(Agree 算法)方法的虚拟河网提取结果

Fig. 3 Extraction of drainage networks by Agree algorithm (blue) and the actual drainage networks (red)

解决了下游沿岸地区河网位置偏移的现象,如提取的黄河、滦河和辽河与中国实际河网分布已能吻合。

但是,从图 3 中不难发现,以 Agree 算法提取的虚拟河网数量较少,仅能反映代表性强的河流,对河流支流的提取效果仍有待提高。此外,海河流域、辽河流域和山东半岛上均有不同程度的伪河道产生。造成这种结果的主要原因是,DEM 中各栅格单元流向难以与实际情况完全吻合,个别点的错误导致了河流分叉或伪河道,且算法本身存在缺陷,因而仅靠 DEM 难以进行河网水系的有效模拟[22]。为此,可利用较为精确的数字地图,数字化河流湖泊网(DRLN),并采用河道烧录的方法辅助修正 DEM 数据,从而实现更高精度的流域虚拟河网自动提取。

上述实验分析表明,以 Agree 算法提取的虚拟河网与原始方法的河网提取结果相比,其结果精确度更高、吻合程度更好。但为了获取更为精准的虚拟河网提取结果,本文将进一步采用河道烧录的方法对环渤海研究区的河网提取作精度分析。

3.2.3 河道烧录(Stream burning)河网提取结果和分析。采用河道烧录方法需将现有的水系转化成栅格格式(大小为 10m×10m),经投影转化与"洼地填充"后的 DEM 数据纳入到统一的坐标系统中,其后将实际水系叠加到该 DEM 上,保持 DEM 中河道所在格网的高程值不变,而其他非河道所在格网整体增加 1 个微小值,在此基础上通过 D8 算法提取出研究区的虚拟河网分布情况[23],如图 4 所示。

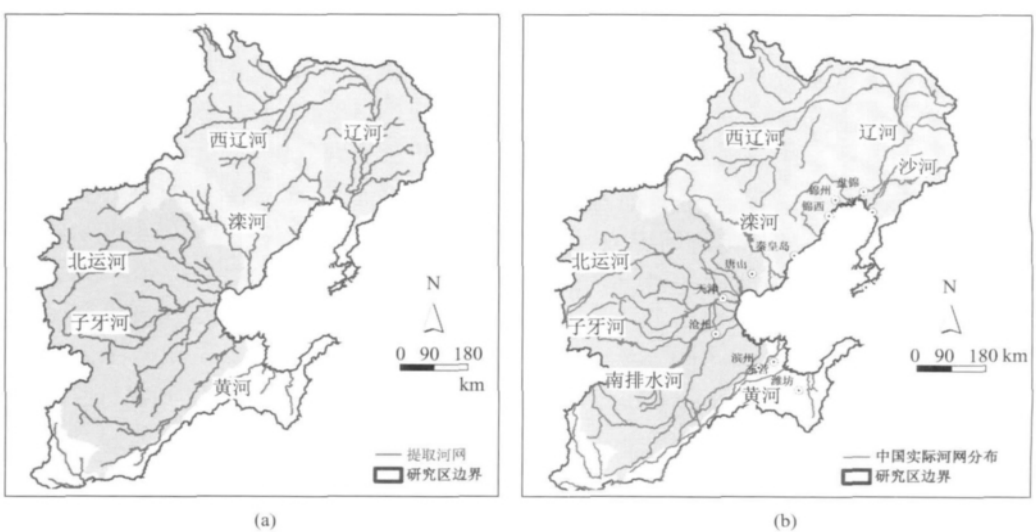

图 4 河道烧录(Stream burning)虚拟河网提取结果

Fig. 4 Extraction of drainage networks by Stream burning (a) and the actual drainage networks (b)

对比图 4(a)和图 3 可知,河道烧录方法提取出的虚拟河网比 Agree 算法提取的河网具有更丰富的河流信息,且未生成明显的平行河道。对比图 4(a)和 4(b)可知,河道烧录方法所获得的主干河流与实际河流比较,总体吻合程度较好。在上游提取的河流与实际情况非常一致,分析认为其地形变化趋势明显,对河段高程影响强烈,容易进行高程判断,同时,在大的地形变化趋势下,河网提取时的微

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

地貌影响不大,因而提取效果较好。而在平原地区模拟吻合程度则不够理想,不论是在河网数量、分布和流向上都与实际情况存在不同程度的差异,甚至在部分地段产生没有严格按照约束河段的表现。例如,海河流域的南排水河,提取结果的河流形状、流向和支流数量与实际均有明显不同;而在辽河流域也产生了伪河网和错误河道,提取结果中将沙河作为支流并入辽河,这点与实际情况并不相符。

综上所述,环渤海地区的河网提取结果差强人意。虽然河道烧录的方法旨在解决平原地区虚拟河网自动提取的问题,但受环渤海研究区实际情况的限制,下游地区地势过于开阔平坦,地形变化趋势性不强,没有相对强烈的主干道河流高程影响因素,降低了高程判断的精度,提取结果有待于进一步的人工修改。造成这种现象的另一个原因可能是,Hydrology 模拟的水流流向完全是依照自然地形进一步模拟水流的汇聚,即其所模拟的是在人类活动没有改变自然水流流向的条件下[24],然而环渤海经济区,特别是渤海沿岸地区,形成了密集的城市集群,开挖人工河流渠道或建造城市人工暴雨管网和排污管网等人类活动都会对虚拟河网提取结果的精度产生较大的影响。

鉴于此,本研究将综合 Agree 算法和河道烧录两种方法的特点,提出一种新的改进思路,以期发挥两者的优势,使得提取的虚拟河网尽可能接近实际情况。

3.2.4　方法优化和结果验证。针对上述实验结果分析认为,Agree 算法和河道烧录在流域水文特征提取上各具优势。其中,Agree算法的基本原理是根据矢量河流数据,降低矢量线所在高程,并借助 ArcGIS 软件中的缓冲区功能,选出水系的邻近区域,进而采用差值手法,为缓冲区设定一个高程。虽然可以较为准确的提取流域边界和集水区分布信息,但无法有效地解决河网提取问题。河道烧录手段的主体思路则是根据栅格河流数据,将相关实际河网的平面位置平行嵌入 DEM 数据中,以此丰富 DEM 信息,但在相关河谷及其周边地形模拟精度增强上没有较好的表现。我们也通过上述实验发现,使用河道烧录方法时,在地势低平区,会出现下游的部分高程大于上游的情况,表现到河流上就是出现了“倒流”。同时,在烧录过程中,采用沿河流线并以此为中心进行一定区域的“缓冲式下陷”,理论上只要“下陷”足够并不考虑“倒流”的现象,这样提取的结果包含了预期的主干河网也可能提出其他的伪河网,或者出现水流量与实际值有较大出入等情况。

(1)改进思路。一般来说,河网模拟的一个重要目的是实现河流的实体化[25],河网模拟精度取决于水流方向的模拟精度。因此,如何提高 DEM 数据信息以解决地形模拟精度问题是本节讨论的重点内容。简单的说,通过使用高分辨率数据对 DEM 局部进行精度加强或约束水流方向,能够有效地解决河网烧录产生的一些问题,提取河网效果较好[26],但直接使用更高精度分辨的 DEM 数据是最根本的需求,而受实际情况限制,往往这点很难满足。因此,本研究综合两种算法的特点,提出改进的思路:

① 将河网线进行合理的高程赋值,即要使其能够体现河网水流方向,也要体现河流周围地区(河流缓冲区)的汇流方向;

② 进行河流“倒流”分析。通过对主干河流高程值进行分析,寻找河段“倒流”部分;

③ 进行河流“顺流”修正。通过对“倒流”部分的高程重新赋值,保证其顺流;

④ 河流“下陷”处理。对所有河流的高程值进行整体调低,保证其“陷入”周围地形中,以保证两边水流流入河流;

⑤ 专家判别法的应用。在分析河段高程突变点、河段形态和河段基础地形背景等基础上,结合等高线和其他点、线、网格,对照河流位置特征,根据总体的地形走势,对河流高程进行逐点赋值。

上述的改进思路不仅借鉴了 Agree 算法中的缓冲区功能,确保河流流向和周边 DEM 高程合理赋值的思路,也解决了河流“倒流”问题。同样的,借鉴河道烧录的“下陷”思路,使两边水流流入河流。在具有充分的水文及相关背景知识的前提下,又可以加强虚拟河网提取时对“汇水量少”和“裁弯取直”现象的关注。

由于实际地形情况错综复杂,在进行流域特征提取时,若只采用一种手段或方法,显然无法提取出准确的流域水文特征。只有综合使用不同方法并联系实际情况,才能保证提取结果的精度。最后,实地勘察手段有助于修正提取结果,保证提取结果具有合理性和参考价值。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(2)结果验证

本节中选取环渤海地区中的滦河流域作为验证区,通过上述提出的改进方法进行流域虚拟河网自动提取,并将提取结果分别与改进前的提取河网结果和中国实际河网进行比较,如图 5 所示。

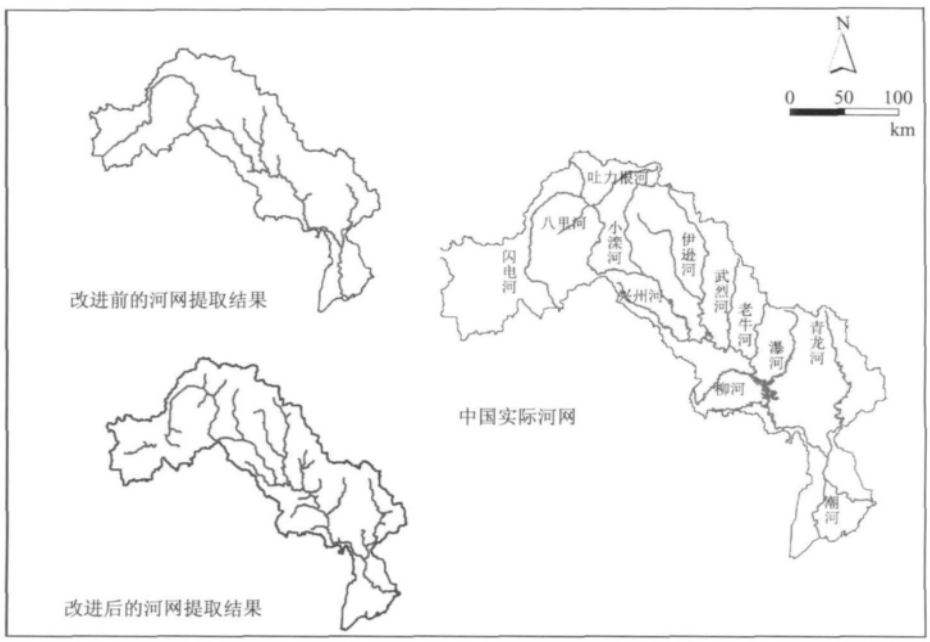

图 5 改进方法的虚拟河网提取结果

Fig. 5 Extraction of drainage networks by the new method

从图 5 中可以看出,滦河流域内河网密布,分布有两条主要的三级河流,即滦河和闪电河,以及八里河、小滦河、吐力根河、伊逊河、武烈河、老牛河、瀑河、青龙河、潮河和兴州河等在内的若干条五级河流。此外,改进前后的河网提取结果存在较为明显的不同。相比改进前的提取结果,改进后的流域河网提取结果包含了更多准确的水文信息,在河网数量、河流长度,以及分布位置方面都与实际情况较为契合。例如,改进后的河网提取结果较改进前,增加了八里河、吐力根河、小滦河、瀑河、老牛河、兴州河、柳河和瀑河等几条五级河流;且改进后的河流长度均比改进前的更长,与实际河流长度更为接近;此外,改进后的河网提取结果并没有出现位置偏移的现象。

综上所述,改进方法下的河网提取结果与我国实际河网较为吻合,足见,该文提出的改进思路是合理、可信的,可适用于环渤海地区其他流域的河网提取,具有较好的应用前景。

4 结论

本研究以 90m 分辨率的 STRM DEM 为数据源,将其重采样为 100m 分辨率,并运用 Arc Hydro Tools 工具对其在环渤海地区进行了河流提取,研究结果如下:

(1) 基于原始方法的虚拟河网提取结果与我国三级河网相比存在明显差异,仅在中山、低山—丘陵地区与真实河网吻合较好,而提取的河网在平原地区则产生了较大差异;

(2) 在矢量河流水系辅助条件的情况下,基于 Agree 算法提取的虚拟河网与实际河网重叠情况较好,精确度较高,不仅在上游山地—丘陵地区重叠效果良好,并且在下游地区也没有发生明显的河道偏移现象。但生成的虚拟河网数量较少,仅能反映代表性强的河流;

(3) 在栅格河流水系辅助条件的情况下,河道烧录的方法提取的虚拟河网与 Agree 算法提取的河网相比,具有更丰富的河流信息,并未生成明显的平行河道,但在平原地区提取的精度仍不够理想;

(4) 综合 Agree 算法和河道烧录的特点提出的改进思路,经以滦河流域作为验证区进行虚拟河网自动提取研究结果表明,改进方法下的河网提取结

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

果包含了更多准确的水文信息,在河网数量、河流长度,以及分布位置方面都与实际情况较为契合。

参考文献:

[1] Band L E. Topographic partition of watersheds with digital elevation models [J]. Water Resources Research, 1986, 22(1): 15-24.

[2] O'Challaghan F, Mark D M. The extraction of drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method[J]. Computer Vision Graphics and Image Processing, 1984, 28: 323-344.

[3] 秦承志, 李宝林, 朱阿兴, 等. 水流分配策略随下坡坡度变化的多流向算法[J]. 水科学进展, 2006, 17(4): 450-456.

[4] 朱庆, 田一翔, 张叶廷. 从规则格网 DEM 自动提取汇水区域及其子区域的方法[J]. 测绘学报, 2005(2): 129-133.

[5] Garbrecht J, Martz L W. The assignment of drainage direction over flat surfaces in 4aster digital elevation models[J]. Journal of Hydrology, 1997, 193(1): 204-213.

[6] 于淼, 任立良. 基于 DEM 模型的新型洼地算法[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(1): 50-55.

[7] 周德民, 程进强, 熊立华. 基于 DEM 的洪泛平原湿地数字化水系提取研究[J]. 地理科学, 2008, 28(6): 776-781.

[8] 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): 22-31.

[9] 孔凡哲, 李莉莉. 利用 DEM 提取河网时集水面积阈值的确定[J]. 水电能源科学, 2005, 23(4): 65-68.

[10] 雷晓辉, 田雨, 白薇, 等. 基于 DEM 的子流域划分方法改进与应用[J]. 人民黄河, 2011, 33(2): 32-36.

[11] 黄金良,李青生,黄玲,等. 中国主要入海河流河口集水区的初步划分与分类[J]. 生态学报,2012,32(10).

[12] 朱思蓉, 吴华意. Arc Hydro 水文数据模型[J]. 测绘与空间地理信息, 2006, 29(5): 87-90.

[13] Jenson S K, Dominque J O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information systems[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1988, 54(11): 1593-1600.

[14] Callow J N, Van Neil K P, Boggs G S. How does modifying a DEM to reflect known hydrology affect subsequent terrain analysis[J]. Journal of Hydrology, 2007, 332: 30-39.

[15] Maidment D. GIS and hydrological modeling: an assessment of progress. In: Third International Conference on GIS and Environmental Modeling[J]. Santa Fe, NM, 1996: 20-25.

[16] Renssen H, Knoop J M. A global river routing network for use in hydrological modeling[J]. Journal of Hydrology, 2000: 230-243.

[17] 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.

[18] 郝振纯, 李丽. 基于 DEM 的数字水系的生成[J]. 水文, 2002, 22(4): 8-10.

[19] 黄金良. 渤海陆源非点源入海污染物总量监测与评价[R],厦门大学环境科学研究中心,2009

[20] NASA[OL]. http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/

[21] 陈加兵, 励惠国, 郑达贤, 等. 基于 DEM 的福建省小流域划分研究[J]. 地球信息科学, 2007, 9(2): 74-77.

[22] 左文君, 张金存, 贾超. 基于 DEM 的城市数字河网提取[J]. 水电能源科学, 2010, 28(2): 26-29.

[23] 孙庆艳, 余新晓, 胡淑萍, 等. 基于 ArcGIS 环境下 DEM 流域特征提取及应用[J]. 北京林业大学学报 2008, 30(2): 144-147.

[24] 李晶, 张征, 朱建刚, 等. 基于 DME 的太湖流域水文特征提取[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(5): 138-142.

[25] 沈涛, 苏山舞, 李成名. 基于 DEM 的河流实体化研究[J]. 测绘通报, 2006(3): 31-33.

[26] 杨邦, 任立良, 王贵作, 等. 基于尺度转化的数字水系提取方法及应用[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2009, 48(4): 101-116, 112.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Extraction of Digital Drainage Network with "Stream Burning" and "Surface Reconditioning" Methods in the Bohai Sea Bay Region

HUANG Ling[1,2] and HUANG Jinliang[1,2]

(1. *Fujian Provincial Joint Key Laboratory of Coastal Ecology and Environmental Studies, Xiamen University, Xiamen* 361005, *China*; 2. *Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen* 361005)

Abstract: When extracting digital stream network based on digital elevation models (DEMs), wrong information such as parallel river channels is often generated due to the topographic effects like plains and sinks. In view of this, two algorithms including "Stream burning" and "Surface reconditioning"(Agree algorithm) using Arc Hydro tools in ArcGIS environment were employed in this study based on Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) DEMs, released by NASA and NIMA, to extract digital drainage networks in the Bohai Sea Region. Actual three-level stream network data in China in both vector and raster formats were available from National Geometrics Center of China (NGCC) and then were used to compare with the stream network extracted based on SRTM DEMs. The results showed that the known stream network information is helpful to extract the stream network. Without aid of the known stream network, there were only two streams consistent with the known stream network based on traditional method and the extraction precision was at low level. Comparatively, using "Agree algorithm", several digital streams tallied with typical known stream network, indicating that "Agree algorithm" can produce more precise results than by traditional method. To improve the extraction precision of digital stream network, "Stream burning" was further employed. This algorithm generated more detail of digital stream network and less parallel river channels. The overall results illustrated that "Agree algorithm" and "Stream burning" were more sophisticated than traditional method in terms of digital stream network extraction. It should be noted that the results of extraction of digital stream network in this study were not perfect due to the extensive existence of plains in the study region. Therefore, the characteristics of two algorithms, namely "Agree algorithm" and "Stream burning" were synthesized into a new method to extract the drainage network. Luanhe River Basin was finally chosen to validate the result derived from such a new method.

Key words: extraction of digital stream network; Stream burning; Agree algorithm; Bohai Sea Rim Region

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net