

【水文 · 泥沙】

基于 ArcGIS9.2 与 DEM 的三花间水文分析研究

颜亦琪^{1,2}, 陶 新¹, 杨晋芳¹, 陈 妍¹

(1. 黄河水利委员会 水文局, 河南 郑州 450004; 2 河海大学 水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

摘 要:介绍了 ArcGIS9.2 的水文分析原理, 利用其水文分析工具对黄河三门峡—花园口区间的 DEM 数据进行了提取河网、河网分级、确定出水口、生成流域边界等水文分析工作, 结果表明: 从三花间 DEM 数据中提取的河网水系、流域边界是合理的, 其数据格式可被调用于各类分布式水文、水质模型中; 基于 DEM 的水文分析过程得到的河网及流域与真实地形并不完全吻合, 原因是获取的 DEM 地形资料可能存在误差, 在进行水文分析过程中也存在方法误差和人为判断误差。

关 键 词: 河网; 数字地形; ArcGIS9.2; DEM; 三门峡—花园口区间

中图分类号: P333; TV882.1

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1000-1379.2009.06.022

作为空间地理信息的主要内容, 数字地形成为人们研究数字地球的重点。数字地形以数字高程模型 (Digital Elevation Models, 简称 DEM) 的形式存储, 分为栅格 DEM、TN 和等高线 DEM 3 种形式, 其中以栅格 DEM 的应用最为普遍。

DEM 是流域地形、地物识别的重要原始资料, 是构成 GIS 的基础数据。利用 ArcGIS9.2 中的水文分析工具, 可以对流域 DEM 数据进行水文特征提取, 包括地表水流的方向、汇流累计、路径长度、河网水系 (包括河网水系的分级等) 以及对子流域划分等。

1 ArcGIS9.2 水文分析原理

单元格流向的确定是流域特征提取的基础, 而流域特征提取是 ArcGIS9.2 中水文分析的基础, 常用的方法是 D8 算法, 也称最速坡降法。

D8 算法中, 确定一个栅格的水流方向就是将被处理的栅格单元同其最邻近的 8 个栅格单元之间的坡降进行比较, 其与坡降最大的一个栅格单元中心之间连线方向被定义为被处理栅格的水流方向, 并规定一个栅格的水流方向用一个特征码表示。有效的水流方向定义为东北、东、东南、南、西南、西、西北和北, 分别用 128、1、2、4、8、16、32 和 64 这 8 个数字表示。被处理栅格单元的水流方向通过计算中心栅格与其相邻的 8 个栅格单元的最大距离权重差来确定。

D8 算法提取河网一般分 4 个步骤: 确定各栅格唯一的代表该栅格水流方向的特征码; 确定该流域的区域及边界;

对流向累计栅格设置阈值并进行水流网络的提取, 开始进行分析时, 选择自小至大的几个集流阈值以观察最适合的河系提取集流阈值的大致取值范围; 对生成的河网进行分级并划分子流域。

ArcGIS9.2 将水文分析中的地表水流过程集合并到 ArcToolbox 里的 hydrology 工具包中, 主要包括水流的地表模拟过程中

的水流方向确定、洼地填平、水流累计矩阵的生成、沟谷网络的生成以及流域的分割等。ArcGIS9.2 中的水文分析逻辑流程见图 1。

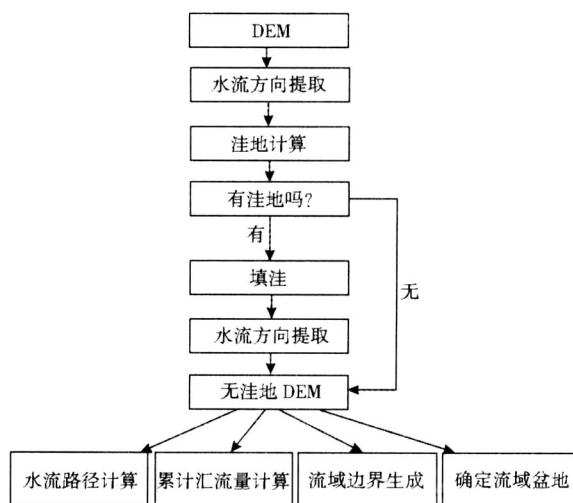


图 1 ArcGIS9.2 中的水文分析逻辑流程

2 水文分析实例

2.1 流域概况

黄河三门峡—花园口区间 (简称三花间) 地处我国豫、晋、陕三省交界处, 流域面积为 41 635 km²。三花间地形起伏较大, 北西南三面被海拔 1 000 ~ 1 500 m 的山脉环绕, 朝东开口, 呈西南、西北高, 中部低凹的喇叭口状。黄河在其中部自西向东横穿而过, 境内主要支流有伊河、洛河和沁河。

收稿日期: 2008-09-09

基金项目: 亚行贷款黄河防洪管理项目 (1835 - PRC)。

作者简介: 颜亦琪 (1974—), 女, 湖南宁乡人, 工程师, 博士研究生, 研究方向为水文水资源。

E-mail: y_yiqi@163.com

2.2 无洼地 DEM 生成

DEM 被认为是比较光滑的地形表面的模拟,但是由于内插及一些真实地貌的存在,DEM 表面存在一些凹陷区域,因此在进行水流方向计算之前,应先对原始 DEM 数据进行洼地填充,得到无洼地 DEM。

(1) 水流方向提取。利用全球 1 km 精度的 DEM 数据文件,选出三花间所处区域范围的 20 个 DEM 文件。利用 Flow Direction 进行水流方向计算。

(2) 洼地计算。在进行洼地填充之前必须计算洼地深度,通过分析对比确定洼地是否真实地反映了地表形态,从而可在洼地填充的过程中设置合理的填充阈值,使得生成的无洼地 DEM 更准确地反映地表形态。首先用 sink 命令进行洼地计算,再用 watershed 工具进行深度计算。用 zonal statistic 计算每个洼地所形成的贡献区域的最低高程,用 zonal fill 计算每个洼地贡献区域出口的最低高程即洼地出水口高程。经过以上运算就可得到所有洼地贡献区域的洼地深度。

(3) 洼地填充。用 Fill 命令进行洼地填充。进行洼地填充的过程是一个反复的过程,因此当数据量很大时该过程会持续一段时间。

2.3 累计汇流量计算

在地表径流模拟过程中,累计汇流量是基于水流方向数据计算而来的。在得到水流方向之后,用 flow accumulation 命令计算累计汇流量。

2.4 河网的提取

(1) 生成河网。目前常用的河网提取方法是采用地表径流漫流模型。上面计算的汇流量达到一定值时就会产生地表水流。所有汇流量大于临界数值(阈值)的栅格就是潜在的水流路径,由这些水流路径构成的网络就是河网。生成栅格河网有 3 种方法: map algebra 工具集中的 multi map output 工具中的 con 命令; map algebra 工具集中的 multi map output 工具中的 set null 命令; single output map algebra 命令。

用 stream to feature 就可以得到矢量形式的河网图,另一种方法是利用 raster to polyline 命令生成矢量结果。两者结果一致。

(2) stream link 的生成。通过 Stream link 计算得到每一个河网弧段的起止点以及该汇水区域的出水点。Stream link 命令将栅格河网分成不包含汇合点栅格河网的片段,并将片段进行记录,在属性表中除了记录该片段的 ID 号之外,还记录着每个片段所包含的栅格数。

(3) stream order 的生成。用 Strahler 分级方法与 Shreve 分

级方法计算出两种河网分级。对于 stream link 和 stream order 计算出的栅格数据列,可用 stream line to feature 工具转化成矢量数据。

2.5 流域边界生成

(1) 流域盆地的确定。利用 hydrology 工具集中的 basin 工具生成流域盆地。将矢量河网数据在同一个窗口中打开进行辅助分析,所有流域盆地的出口都在研究区域的边界上。通过流域盆地分析,可以从很大的一个研究区域中选择感兴趣的流域并将该流域从整个研究区域分割出来进行单独分析。

(2) 汇水区出水口的确定。用 spatial analysis tools 工具箱下的 hydrology 工具集中的 snap pour point 工具寻找汇水区出水口。那些属性值存在的点作为潜在的出水点,在指定距离内于汇流累计量数据层上搜索那些具有较高汇流累计量栅格点的位置,这些搜索到的栅格点就是小级别流域的出水点,也可以利用已有的出水点的矢量数据。如果没有出水点的栅格或矢量数据,则可以用已有河网数据进一步生成 stream link 数据,作为汇水区的出水口数据。

(3) 集水流域的生成。使用 watershed 工具先确定一个出水点,也就是该集水区的最低点,然后结合水流方向数据,搜索出该出水点上游所有流过该出水口的栅格,直到所有的集水区栅格都确定了位置。

(4) 矢量化流域盆地与集水流域。用 raster to polygon 命令将流域盆地与集水流域栅格数据图层进行矢量化。

2.6 形成流域水系图

用已有的三花间流域文件(SHP 格式),使用 clip 命令来剪切生成的流域盆地与集水流域矢量文件,即可得三花间流域图,或参照已有的三花间流域图片文件(JPG 格式或 SHP 格式或其他格式)蒙影得到三花间流域图。在该图中加上生成的水系,并使用 tools 菜单里的 add xy data 命令加上三花间的基本水文站网,即可得到三花间流域水系图。

3 结 语

(1) 从三花间 DEM 数据中提取的河网水系、流域边界是合理的,其数据格式可应用于各类分布式水文、水质模型中。

(2) 基于 DEM 的水文分析过程得到的河网及流域与真实地形并不完全吻合,还存在一定的误差。原因是获取的 DEM 地形资料可能存在误差,在进行水文分析过程中也存在方法误差和人为判断误差,这些都有待于进一步改进和完善。

【责任编辑 翟成亮】

(上接第 55 页)

- [20] Song Zhiyao, Yan Yixin, Hao Jialing Study on log-linear velocity profile of the near-bed tidal current in estuarine and coastal waters[J]. China Ocean Engineering, 2006(4): 573 - 584.
- [21] Adams C E, Weatherly G L. Some effects of suspended sediment stratification on an oceanic bottom boundary layer[J]. Journal of Geophysical Research, 1981(86): 4161 - 4172.

- [22] Nielson P. Coastal bottom boundary layers and sediment transport[M]. Singapore: World Scientific Press, 1992.
- [23] Anwar H O, Atkins R. Closure to "Turbulence measurements in simulated tidal flow"[J]. J. of Hydr. Div., 1982(2): 286 - 289.

【责任编辑 翟成亮】