

基于 DEM 的普渡河流域水文特征提取方法研究

冉磊^{1,2*}, 王健^{1,2}, 程丽萍^{1,2}, 胡志法^{1,2}

(1. 昆明市测绘研究院, 云南 昆明 650051; 2. 昆明市基础地理信息中心, 云南 昆明 650051)

摘要:利用 ArcGIS 软件的 Hydrology 扩展模块, 以昆明市普渡河流域为例, 探讨了数字高程模型 (DEM) 的制作处理, 对昆明市 1:5 万的 DEM 进行图幅剪裁等预处理, 生成了普渡河流域数字高程模型。介绍了 ArcGIS 水文分析基本原理和方法。基于 DEM 和 GIS 进行流域的水文模拟分析, 包括洼地填充、水流方向计算、水量累积量算、流网提取, 最后进行了普渡河流域界线的划分并确定流域面积, 生成了普渡河数字流域, 同时把生成的结果与该区域的水文资料进行对比, 效果良好。

关键词: DEM; GIS; 水文分析; 河网提取; 普渡河流域

1 引言

DEM (Digital Elevation Model, 数字高程模型) 数据中包含了丰富的水文信息, 通过数字地形分析技术, 提取出流域河网、流域及子流域边界, 实现对流域水文要素的提取。现在市场上已经有较多成熟的类似软件都可以完成对水文信息的提取工作, 如 ArcGIS, River tools, WMS 等。本文中笔者利用 ArcGIS 9 的 3D analyst 三维分析工具和 Hydrology 水文处理工具对昆明市普渡河流域进行 DEM 的制作处理以及对 DEM 进行填洼处理, 并利用填洼后的无洼地 DEM 进行空间分析, 计算水流方向和汇流累积量, 从而提取流域河网, 最后对提取的水文信息加以直观显示和比较。

2 流域基本概况

普渡河为长江的一级支流, 并且是滇池的主要出水河道, 发源于滇池的唯一出水口——海口镇。上游一段又称螳螂川, 中下游切割云贵高原形成峡谷, 在禄劝彝族苗族自治县、昆明市东川区交界处的新店房注

入金沙江右岸, 在金沙江的支流中长度仅次于雅砻江和牛栏江。普渡河全长 294 km, 流域面积 11 700 km², 流域位于东经 102°35'~103°10', 北纬 24°28'47"~26°18'36", 其行政区域基本覆盖昆明西部地区, 占昆明市域面积的一半左右。其流域内的水土流失状况、环境保护状况的好坏直接影响到昆明的整体水平。

3 DEM 制作

在 ArcGIS 9 中用矢量化得到 1:5 万的等高线和高程点数据建立 TIN, 然后把 TIN 转换成 25 m × 25 m 分辨率的栅格 DEM (如图 1)。步骤如下:

- (1) 打开 3D Analyst \ Create \ Modify TIN \ Create TIN From Feature 工具;
- (2) 选择创建 TIN 所需要的图层;
- (3) 选择几何字段;
- (4) 选择高程字段;
- (5) 设置输出路径。

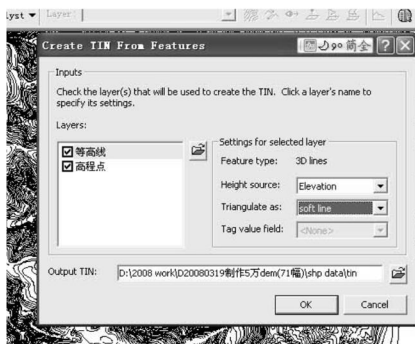


图1 (a) 等高线生成TIN

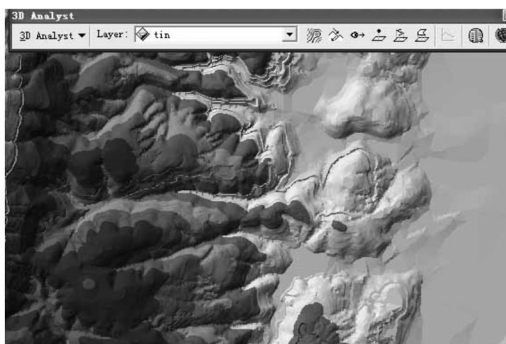


图1 (b) TIN

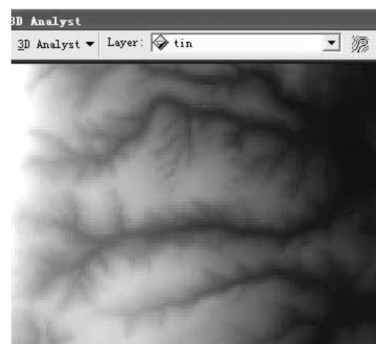


图1 (c) GRID(DEM)

* 收稿日期: 2009—03—24

作者简介: 冉磊 (1979—), 男, 助理工程师, 主要从事 GIS 和三维数字城市等方面的应用研究工作。

昆明市 1:5万数据共 89幅,如果把 89幅图的等高线合并起来再用来生成 TIN并制作 DEM,将是一个非常大的数据量,一般的计算机无法承受。因此实际的操作过程中先制作单幅的 DEM然后再合并裁剪,这样操作的数据量较小,实践证明也是可行的,用到的工具是:

Data Management Tools\Raster\RasterDataset\
Mosaic to new raster;
Spatial analyst Tool\Extraction\Extract by mask。

4 ArcGIS环境下河流网络提取步骤

4.1 Fill洼地填充

理论上 DEM应该都是比较光滑的地形表面,但是由于错误的存在或者真实的地形(如喀斯特地貌),使得DEM中存在一些突出或凹陷的区域,通常称之为洼地(Sinks)或尖峰(Peaks)。洼地是指一个单元格的高程低于与它相邻的 8个单元格的高程。与此相反,尖峰是指一个单元格的高程高于与它相邻的 8个单元格的高程。洼地单元格中的水流只能流入而不能流出;尖峰单元格中的水流则只能流出而不能流入。在进行水流方向计算前,若不对洼地或尖峰进行处理,往往得不到合理的水流方向数据,因此必须对原始的 DEM进行 Fill处理。处理后的 DEM数据称为 Depressionless DEM。Fill的工作原理是:扫描各个单元格的时候,比较该单元格与相邻的 8个单元格的高程,如果是洼地,那么该单元格的高程值将被赋予相邻 8个单元格中最低的那个(即 Pour point),削峰的方法与其类似。

Fill工具有一个可选项“Z limit”,其数值决定了将要被填平的洼地的最深值,即小于该深度的洼地才会被填平,深度超过此数值的洼地将被视作合理存在而不被处理,该值需经过计算而合理的确定,在本文中该值为空,表示所有的洼地均被填充

洼地填充步骤如下:

- (1)打开 Spatial Analyst Tools\Hydrology\Fill工具;
- (2)选择要进行洼地填(原始 DEM);
- (3)设置输出路径,文件名;
- (4)设置 Z limit的值。

处理后的 DEM数据即为无洼地 DEM。

4.2 Flow Direction水流方向计算

水流方向计算方法有单流向法和多流向法。多流向法的提出比较晚,由 Quinn等 1991年提出,它的应用比较少。单流向法提出比较早且算法简单,所以应用较多。

单流向法假定一个栅格中的水流只从一个方向流出,然后根据栅格高程判断水流方向。单流向法有 Rho8方法、DEMON法、Lea法和 D8法等,其中最常用的是 D8法:假设单个栅格中的水流只能流入与之相邻的 8个栅格中。它用最陡坡度法来确定水流的方向,即在 3×3的 DEM栅格上,计算中心栅格与各相邻栅格间的距离权重差(即栅格中心点落差除以栅格中心点之间的距离),取距离权重差最大的栅格为中心栅格的流出栅格。

水流方向计算步骤:

- (1)打开 Spatial Analyst Tools\Hydrology\Flow Direction工具;

- (2)输入无洼地的 DEM;
- (3)设置输出路径,文件名;
- (4)勾选边缘栅格均流向外。

4.3 Flow Accumulation汇流累积量计算

汇流累积量表示区域每个栅格内流水的累积量。按照水从高处流到低处的自然规律,根据水流方向数据计算区域内每个栅格所流过的水量作为数据值。

水流累积量的计算步骤:

- (1)打开 Spatial Analyst Tools\Hydrology\Flow Accumulation工具;
- (2)输入水流方向数据;
- (3)设置输出路径,文件名;
- (4)“Input weight raster”为可选项,为外部影响因素,可不填。

4.4 Single OutputMap Algebra单值输出运算

用 con语句输出单值化的栅格,即满足条件的栅格被赋予特定的值,其他的栅格也被赋予特定的值或不赋予任何值(NULL)。

con语句为: CON(<condition>, <true_expression>, {<condition>, <true_expression>},...
{<condition>, <true_expression>}, {false_expression})

单值输出步骤:

- (1)打开 Spatial Analyst Tools\map Algebra\Single OutputMap Algebra工具;
- (2)输入 con表达式;
- (3)设置输出路径,文件名。

4.5 Stream to Feature栅格河网矢量化

此工具用来把 3节中生成的栅格河网转化为矢量的 shape文件,步骤如下:

- (1)打开 Spatial Analyst Tools\Hydrology\Stream to Feature工具;
- (2)“Input stream raster”中以 3节中的结果作为

输入;

(3)“Input flow direction raster”中输入水流方向数据;

(4)设置输出路径,文件名。

输出的结果便是河网数据。

实际操作中根据水文资料对比结构,可以设置不同的阈值,多种尝试(如图 2),可得到更为合理的河网数据。



图2(a) 阈值为1万时
普渡河流域河网

图2(b) 阈值为10万时
普渡河流域河网

图2(c) 水文资料中普
渡河及其他河流

5 ArcGIS环境下流域的提取步骤

流域是由分水线所包围的集水区域。每条河流都有自己的流域,较大的流域又可划分为若干个小流域。正确的划分流域对环境保护、水土保持、防汛抗旱、水利工程等有重大意义。

5.1 Basin大流域提取

工具 Basin用于区域内最大流域的提取,如图 3,步骤如下:

(1)打开 Spatial Analyst Tools\Hydrology\Basin工具;

(2)输入水流方向数据;

(3)设置输出路径,文件名。



图3(a)Basin提取的
普渡河流域

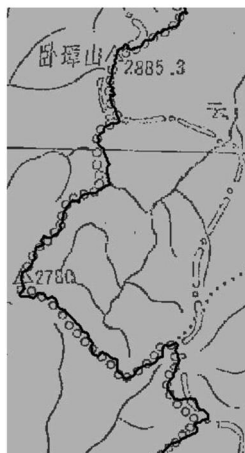


图3(b)提取的流域界线和
水文资料的吻合情况

5.2 子流域提取

如果说 basin工具提取的大流域为该区域内的一级流域,那么还可以再提取该区域内二级流域、三级流域甚至是四级流域(由区域的自然地理条件决定)(如图 4)。步骤如下:

(1)使用 Single Output Map Algebra工具单值栅格数据;

(2)使用 Stream Link工具生成出口点数据;

(3)使用 Watershed工具划分子流域的栅格数据;

(4)使用 Raster to Polygon工具生成矢量多边形。

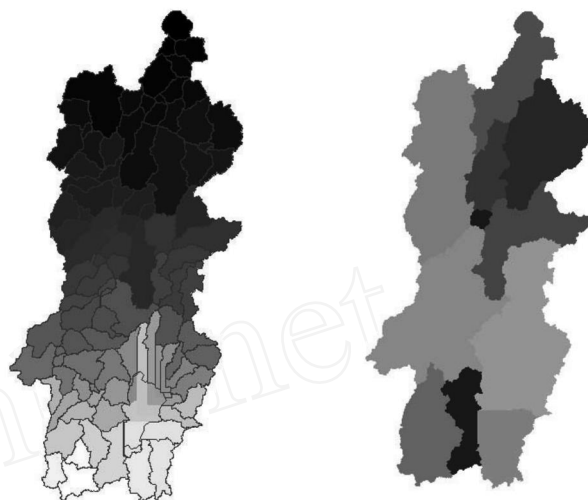


图4(a) 阈值为10万时的子流域

图4(b) 阈值为100万时的子流域

6 总 结

可以看出,采用 ArcGIS提供的水文工具和其他的栅格处理工具以及数据转换工具可以实现基于 DEM 的水文资料的方便提取。并且从提取河流网络和流域划分与水文资料的对比分析来看,数据的吻合情况相当好,当然一些平坦地区还是有些出入,这些出入是由于 DEM 的精度和算法的合理性造成的,随着数据质量的提高和程序算法的不断改进,基于 DEM 的水文资料的提取将更为高效、准确。

参考文献

- [1] 汤国安,杨昕. Arcgis地理信息系统空间分析实验教程. 北京:科学出版社,2006
- [2] 赵健,贾忠华 罗纳. ARCGIS环境下基于 DEM 的流域特征提取. 水资源与水工程学报,2006,17(1)
- [3] 张超,郑钧,张尚弘等. Arcgis 9.0中基于 DEM 的水文信息提取方法. 水利水电技术,2005(11)
- [4] 吴秀芹,张洪岩,李瑞改等. Arcgis 9 地理信息系统应用与实践. 北京:清华大学出版社,2007

(下转第 129 页)

(1)在地形起伏比较大、等高线稀疏的区域适合通过加密等高线和地形特征提取建立 TN 模型进行土方计算。该方法在复杂区域模型建立逼真,计算精确度较高。

(2)在相对平坦区域,应考虑采用方格插值增加点的密度进行土方计算可以取得理想效果,且计算速度快。

(3)土方计算工作人员在进行土方计算之前,应先对地形进行分析和归纳,然后根据实际地形在不同的区域采用不同的方法计算土方量,可以达到事半功倍的效果。

(4)以上方法根据地形特征相结合使用精度高,且计算方便,具有一定的适用性和科学性。

参考文献

- [1] 张婷婷,王铁良. 土方量计算方法研究[J]. 安徽农业科学, 2006 4(22)
- [2] 张兆辉. 快速计算土方量的方法[J]. 测绘通报, 1997(5), P23~24
- [3] 罗德仁,邹自力,汤江龙. 工程土方量计算比较分析[J]. 东华理工学院学报, 2005, 21(1)
- [4] 慕永峰,朱昌永,李建. 三角网结构 DTM 的土方量计算及应用[J]. 测绘工程, 2000, 9(1)
- [5] 吴飞. 基于等高线数据建立高质量的 DEM 模型[D]. 武汉大学硕士论文.
- [7] 李志林,朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2005
- [8] 张凯选,潘梦清,方辉等. 利用等高线生成 DEM 方法的研究[J]. 测绘工程, 2006, 16(3)
- [9] 颜七笙,郑盛贵. 与距离成反比加权法的数据插值方法及程序实现[J]. 东华工学院学报, 2005, 28(1)
- [10] 杨洪泉,李乃良,李成名. 从 1:25 万地形图中提取线性线的研究[J]. 测绘通报, 2003(10), P22~24

The Research of Earthwork Calculation Based on Regional Characteristics Analysis

Wu XiaoYan, Jin Hai

(Institute of Civil Engineering Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Considering the complexity of the terrain in different regions of the parks, this paper separately adopts three measures: the contour lines densification, grid interpolation and feature extraction to improve the accuracy of the earthwork calculation TN model. And the principles of these algorithms and methods are introduced emphatically, it is summarized that the most suitable aspect of each method were studied. The results show that the method is highly precise and feasible in Earthwork of the projects. And there is certain reference function to similar project.

Key words: contour line; interpolation; earthwork calculation; topographic patterns extraction

(上接第 125 页)

Research on the Hydrological Information Extraction of PuDu River Basin Based on DEM

Ran Lei^{1,2}, Wang Jian^{1,2}, Cheng LiPing^{1,2}, Hu ZhiFa^{1,2}

(1. Kunming Surveying and Mapping Institute, Kunming 650051, China;

2. Kunming Municipal Geomatics Center, Kunming 650051, China)

Abstract: Using Hydrology modules of Arcgis software, this paper study Kunming PuDu River basin for digital elevation model (DEM) production and preprocess the of Kunming 1:50 000 DEM for tailoring to generate digital elevation model (DEM) of PuDu River. This paper also introduce the hydrological analysis and it's basic principles and methods of Arcgis. And also process DEM with GIS - based watershed hydrological simulation analysis, including low-lying land filling, flow direction, the cumulative volume of water, river net extraction, and finally carried out the boundaries of PuDu River basin and generate the basin area and the digital basin of the river. This paper shows that the method is feasible.

Key words: DEM; GIS; Hydrological Analysis; River Net Extraction; PuDu River Basin