

基于 DEM 的陕北地区典型河流流域特征提取与分析

张涛¹ 王龙强² 曹泽辉² 纣红鸽¹

(1. 西安坐标原点地理空间研究院有限公司, 陕西 西安 710000;

2. 西安航天宏图信息技术有限公司, 陕西 西安 710000)

【摘要】本文以 DEM 为基础数据,运用 ArcGIS 软件的空间分析功能对陕北地区秃尾河和佳芦河的流域地形地貌和水文信息特征进行提取,获得流域的坡度、坡向和河网水系的地形地貌因子,并进行河网分级和合理的集流阈值计算。得出河流的蓄洪水能力、水流冲刷能力和土壤侵蚀强度的结果及结论。

【关键词】DEM; 特征提取; 集流阈值

陕北地区是陕西省重要的能源化工基地,也是生态环境较为脆弱的地区,近年来政府对该地区的生态环境治理极为重视。为了配合当地的水土流失治理,准确提供详细的河流流域地形地貌和水文特征数据,对提高治理效率,减少工作盲目性有十分重要的意义。

本研究将利用陕西省 30×30m 分辨率的 DEM^[1] 数据,运用 ArcGIS 软件的空间分析功能对陕北地区秃尾河和佳芦河的流域地形地貌和水文信息特征进行提取,以获取各个流域的坡度、坡向、地形起伏度信息,进行河网分级、子流域划分以及对子流域进行特征统计分析。研究所得的基础水文数据,将为科学的水土流失治理提供准确数据支持,促进该地区更好更快地实现可持续发展战略目标。

一、研究对象概况

秃尾河和佳芦河是陕北黄土高原地区十分重要的两条河流。秃尾河为黄河一级支流,地处鄂尔多斯盆地东部,位于榆林境内,河流全长约 140.0km。流域水系结构简单、呈树枝状发散,西南岸支流较发育,流域共有大小支流 24 条,流域面积约 3294.0km²。该流域的地势由西部向东南倾斜平均海拔 1000 ~ 1200m^[2]。佳芦河地处陕北黄土高原北段,毛乌素沙漠南缘,为黄河一条重要支流。佳芦河发源于陕西省榆林市榆阳区双山乡断桥村,由西北向东南,流经陕西省榆林市榆阳区和佳县,至木

场湾村注入黄河,河流全长约 93km,流域面积约 1134.0km²。

二、数据材料与研究方法

(一) 数据材料

根据水文分析的精度要求,按照水文信息提取的惯常做法,本研究选用了陕北地区 30m×30m 分辨率的 DEM 数据。DEM 数据从中国科学院计算机网络信息中心国际数据服务平台下载得到,同时还从水利部门获得了秃尾河和佳芦河的河流矢量数据。

(二) 研究内容与研究方法

1. 研究技术路线

技术路线流程图如图 1 所示:

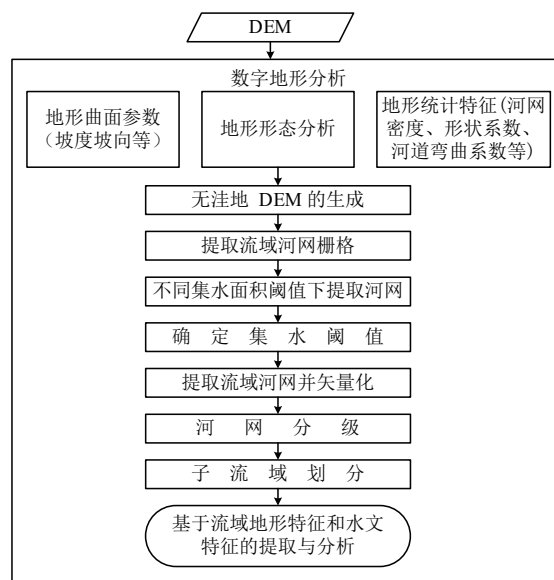


图 1. 研究技术路线流程图

2. 研究方法

(1) 流域基本地形指数的提取。在水文信息研究中,坡度、坡向等地形因子是影响水文特征空间不均匀性的第一主导因素^[3]。坡度大小对地表物质的能量迁移和转换都具有重要影响,在土壤侵蚀研究中,坡度是影响水土流失强弱的关键^[4]。坡向是指某点坡面法线在水平面上的投影的方向。坡向反映了斜坡所面对的方向,在植被分析、环境评价等领域有重要的意义,是影响地理景观的重要因子^[5]。在研究的时候,我们通过对流域进行数字地形分析,就可以获得所需流域的坡度、坡向等基础地形因子。目前,在ArcGIS中计算坡度、坡向的最佳求解方法是采用拟合曲面法^[6],对DEM进行坡向提取。

(2) 流域水文要素的提取。基于DEM对基础水文因子进行提取和研究,便可再现水流的流动过程,完成水文分析过程。利用ArcGIS软件中的水文分析模块工具来提取和研究水流径流模型的水流方向、河流汇流累积量、河流网络分级以及子流域的划分等信息,然后进行分析与实现,应用到实际生活当中。进行汇流累积量计算的目的是确定河流网络,进而确定流域边界即分水线,生成汇流累积量的。

(3) 集流阈值的确定。集流阈值是河流网络提取的关键因子,一般用汇流累积量(或称为集水面积)作为河道认定的门槛标准,怎样确定一个合理的集流阈值是进行数字高程流域分析的关键。当前常用的方法是“试错法”,即在初始分析时,选择自小至大的几个集流阈值进行试验,以便观察最佳河网的集流阈值大小。

研究表明:随着集流阈值的不断增大,河流起始点的位置也会向地势平坦处“退缩”,河流长度会相应地缩短,河流级别变高,河道数目也会变得越来越小;所以本文中选取河网密度和子流域数量这两个参数来确定最合理的集流阈值,以便使生成的河网更接近于实际的河网,此时的集流阈值就是一个临界值^[7]。

(4) 河流网络提取。基于汇流累积量数据进行河网的提取,利用Raster calculator工具提取汇流

累积量大于等于设定的集流阈值的栅格河网,进而利用Stream to feature工具将栅格河网数据转换成为矢量数据,最后进行手动编辑,删除伪沟谷,河流网络提取完成。

(5) 河网分级及特征统计。河网分级是指对提取的线性河流网络进行分级划分,标记数字表示河网相应的等级。ArcGIS下采用Shreve分级方法,将没有支流的河网弧段定为第1级,两条一级河网弧段汇流而成的河网设定为第2级,以此类推,此级别的定义是汇入其河网弧段的级别之和^[8]。通过形状系数、河网密度和河道弯曲系数进行河网分级及特征统计。

三、分析与结果

(一) 流域高程、坡度与坡向分析

根据秃尾河、佳芦河流域的DEM进行分析统计,得到了两条流域的高程、坡度和坡向的面积比例数据。秃尾河流域的高程范围为677 m~1 385 m。将秃尾河流域按高程分为0~1 000m、1 000~1 300 m和>1 300 m的3个区间。高程1 000~1 300 m区间占总面积的88.78%,比例最大,可知秃尾河流域大部分区域地形起伏较大。2 佳芦河流域的高程范围为688 m~1 374 m。将佳芦河按照高程分为0~1 000m、1 000~1 300 m和>1 300 m的3个区间。高程1 000~1 300m区间占总面积的89.21%,比例最大,可知佳芦河流域大部分区域地形起伏较大。

统计结果表明:1 秃尾河阴向坡面(48.51%)和阳向坡面(50.62%)的面积比例接近1:1。2 佳芦河阴向坡面(39.30%)和阳向坡面(39.26%)的面积比例接近1:1。相关研究^[9]表明,在水分条件苛刻的地段,坡度较陡的阳坡更成为林业生态建设的困难立地,所以,研究区域在景观规划、植被恢复等方面需要结合坡向和当地的水分条件选择适生植被。

(二) 流域河网分级分析

集流阈值的确定。采用“试错法”,从小到大选取不同的集流阈值,分别计算出对应的河网密度和子流域数量,通过分析集流阈值与河网密度数据、子流域数量的关系:河网密度、子流域数量随集流阈

值大小变化的趋势大致相同。综合分析,在利用水平分辨率为 30 m 的栅格 DEM 数据进行流域水文分析时,集流阈值取值合理的是秃尾河 50 000,佳芦河 10 000。

河网分级分析结果显示:1 秃尾河流域的河网分为 22 级,其中最大级别河网长度为 24.59 km,最小级别河网共有 24 条,长度在 4.30 ~ 27.44 km 之间。2 佳芦河流域的河网可分为 16 级,其中最大级别河网长度为 8.05 km,最小级别河网共有 28 条,长度在 0.54 ~ 15.31 km 之间。

四、结论与展望

(一) 结论

秃尾河流域高程 1 000 ~ 1 300 m 区间的面积占总面积的 88.78%。佳芦河流域高程 1 000 ~ 1 300 m 区间的面积占总面积的 89.21%。秃尾河流域阴向坡面 (48.51%) 和阳向坡面 (50.62%) 的面积比例接近 1:1。佳芦河流域阴向坡面 (39.30%) 和阳向坡面 (39.26%) 的面积比例接近 1:1。秃尾河流域的临界集流阈值为 50 000。佳芦河流域的临界集流阈值为 10 000。

通过子流域划分及特征分析,秃尾河流域有 14 个子流域属于狭长流域,自身调蓄能力较强、水流冲刷能力较弱,土壤侵蚀强度较小,其他的子流域形状系数均大于 1,水流易于集中,自身调蓄洪水能力较弱。佳芦河流域有 1 个子流域属于卵状流域,自身调蓄能力较弱,容易产生汇流,需要加强水文管理,其他 16 个子流域属于狭长流域,自身调蓄能力较强、水流冲刷能力较弱,土壤侵蚀强度较小。

(二) 展望

本文是基于 DEM 数据对陕西省不同地区的典型流域特征进行提取与分析,利用 ArcGIS 中的水文分析模块进行流域地形特征和水文特征的提取,经过计算和分析所得的数据对于数字流域的建设、土壤侵蚀、土地利用、水资源管理和农业规划等方面都具有非常重要的实际意义和指导意义。本研究得到的成果可为该地区流域地形、水分、气象的研究、评价和分析提供有效手段,为单元水文模型研究做好基础数据的准

备工作。此外,本文通过“试错法”确定了流域合理的集流阈值,使得研究所提取的河网更加接近自然水系,最终能够为准确地计算流域河网汇流模拟提供基础,为分布式水文模型的研究和发展提供了更高精度的基础数据,以便为研究区域制定切实可行的可持续发展对策提供科学参考和依据,极大地有利于促进当地经济发展。

参考文献:

- [1] 李志林,朱庆.数字地面模型的建立与应用[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,2000.
- [2] 李小冰.基于 SWAT 模型的秃尾河流域径流模拟研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [3] 杨昕,汤国安,刘学军,等.数字地形分析的理论、方法与应用[J].地理学报:2009,64(9):1058-1070.
- [4] 李刚,鄂文峰,张红红,等.ArcGIS 环境下基于 DEM 的信息提取及应用[J].吉林地质:2010,29(4):163-167.
- [5] 林超,李昌文.阴阳坡在山地地理研究中的意义[J].地理学报:1985,40(1):20-28.
- [6] 汤国安,刘学军,阎国年.数字高程模型及地学分析的原理与方法[M].北京:科学出版社,2005:33-35.
- [7] 易卫华,杨平.基于 DEM 数字河网提取时集水面积阈值的确定[J].江西水利科技:2008,34(4):259-262.
- [8] 孙宪亮,王卷乐.基于 DEM 的水系自动提取与分级研究进展[J].地理科学进展:2008,27(1):118-124.
- [9] 秦伟,朱清科,左长清,等.黄土丘陵沟壑区地表过程响应单元划分及其地形特征提取[J].中国水土保持科学:2012,10(1):53-58.

作者简介:张涛,1981 年出生,男,陕西省西安市人,工程师,大专学历,从事基础测绘工作十九年。