

# 生态流域水文单元划分方法研究

李宗梅, 马周琴, 聂 芹, 满 旺, 黄于同

(厦门理工学院 计算机与信息工程学院, 福建 厦门 361024)

**摘 要:**流域单元划分是进行流域管理、水利普查、水环境污染监测、生态水域规划等的基础,而流域单元划分在地势平坦地区存在各种问题。以烟台市为例,基于 DEM 数据,提取流域水文单元,根据土地利用类型进行修正,划分生态流域单元。结果表明烟台市一级水文单元 23 个,二级水文单元 93 个,三级水文单元 550 个;采用单纯的 DEM 数据划分的水文单元,在沿海地区、湖泊、水田等区域直线边界的问题,利用土地利用类型进行修正,得到烟台市三级生态流域水文单元,烟台市生态流域水文单元大概有 537 个。DEM 结合土地利用类型的流域单元划分方法是可行的。

**关键词:**水文单元;划分;土地利用类型;水域地区;数字高程模型(DEM)

中图分类号:P333

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)05-0027-04

研究水文信息一般基于流域单元,传统的流域单元划分大多都基于 DEM 数据<sup>[1-3]</sup>,根据地形高低起伏进行水系模拟从而划分水文单元。利用 DEM 划分流域单元研究的较多,主要研究有不同数据源和分辨率的 DEM(digital elevation model)的选取<sup>[4-5]</sup>、流域水文流向的算法和模型<sup>[6-7]</sup>等。

在地势落差较大的山区,基于 DEM 流域单元划分的方法比较适用<sup>[8]</sup>;然而在地势平坦的区域流域划分研究较少,较为困难,会出现直线边界等错误信息<sup>[9]</sup>。然而平原地区水系发达,河网成网状分布,人类活动频繁,容易造成环境污染,也是洪涝灾害发生较多的区域<sup>[10]</sup>,因而平原地区进行流域单元划分尤为重要。本文选取黄河流域的烟台市为例,基于 DEM 划分水文单元,结合土地利用分类修正的方法,进行烟台市生态流域管理单元的划分,可以为黄河流域以及全国生态流域单元划分提供参考。

温带季风气候,年降水量 651.9 mm,年平均温度 12.7℃。河网发达,5 km 以上的河流 121 条,水系分布见图 1。

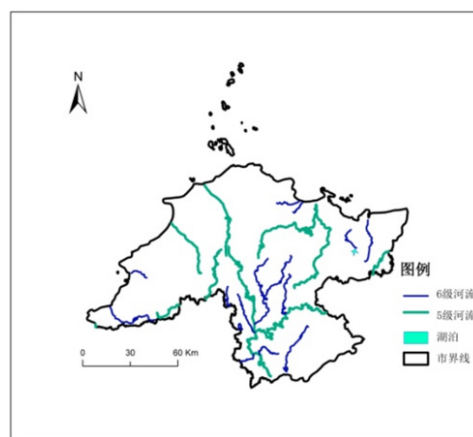


图 1 烟台市河流水系分布图

Fig.1 The distribution of the river systems in Yantai city

## 1 研究区域与数据

### 1.1 研究区域概况

烟台市位于黄河流域,山东省的北部,属于低山丘陵区,是平原、丘陵、海域、水域都分布的区域(图 1)。

### 1.2 数据

DEM 数据来源于 STRM,空间分辨率 30 m;土地利用数据为第二次土地利用现状调查数据。土地利用数据共 33 类。

收稿日期:2016-12-02

基金项目:国家自然科学基金项目(41501448)

作者简介:李宗梅(1985-),女,山东日照人,讲师,博士研究生,研究方向为生态脆弱带的生态环境。E-mail:lizongmei106@163.com

### 1.3 技术路线

本文先基于 DEM 划分烟台市流域单元,7 级河网水系在文章中定义为比 6 级河网水系更细的一级(图 2a),划分流域单元之后进行分析,研究划分不合理的区域,与土地利用数据进行对比分析,分析是哪些土地利用类型下流域单元划分的区域不合理,然后针对这些区域,利用土地利用类型进行重新规划流域单元。这样结合土地利用数据进行流域单元划分,从生态角度考虑水域地区、平原地区的特殊区域水系单元划分(图 2b)。

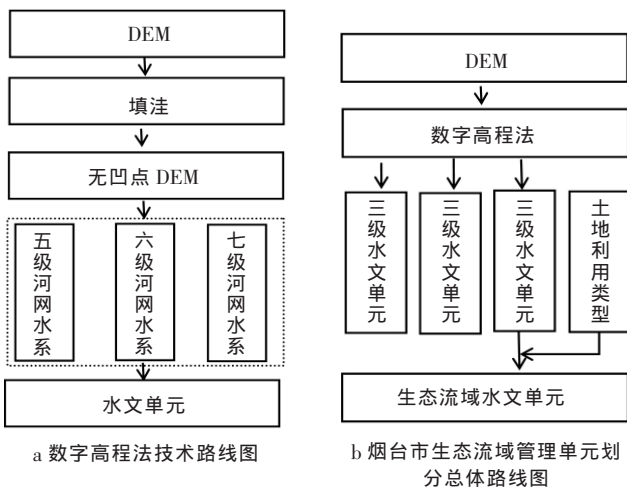


图2 技术路线图

Fig.2 The technology flow

## 2 结果与分析

### 2.1 基于 DEM 的水文单元的划分

基于 DEM 的水文单元划分的基本原理是根据水往低处流的思想,根据不同的流向算法,主要过程有 DEM 填洼、河流累积量计算,累积量阈值确定,河网分级,子流域形成。在过程中主要是河流累积量的阈值确定需要根据实际水系的原则进行分析。本文根据 5 级水系划分一级水文单元、6 级水系划分二级水文单元,在二级水文单元以下,根据实际工作的要求在进行细化为三级水文单元。

水文单元划分的时候基于的原则主要是完整性原则、管理权限原则、经济可行性原则。完整性原则是保证流域单元的完整性和其子流域的完整性;管理权限原则是尽量保证行政区管辖的完整性;经济可行性原则是考虑之后的生态管理之中分配的人员和物质需要等<sup>[11]</sup>。

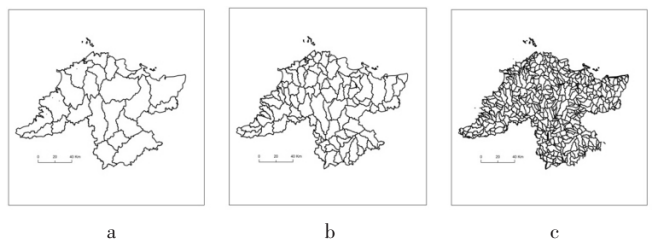
#### 2.1.1 一级水文单元

基于 DEM 划分水文单元,在划分河网阈值的时候

主要根据 5 级水系进行验证,在保持水系完整性的基础上,划分一级水文单元,共有 23 个(图 3a),一级水文单元最大的面积是  $0.14 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,最小的面积是  $0.02 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,平均面积  $0.058 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

#### 2.1.2 二级水文单元

基于 DEM 划分水文单元,在划分河网阈值的时候主要根据 6 级水系进行验证,在保持水系完整性的基础上,划分二级水文单元,共有 93 个(图 3b),二级水文单元最大的面积是  $563.70 \text{ km}^2$ ,最小的面积是  $2.25 \text{ km}^2$ ,平均面积  $144.78 \text{ km}^2$ 。



a 一级水文单元 b 二级水文单元 c 烟台市水文控制单元(三级水文单元)

图3 水文单元分布图

Fig.3 The distribution of the watersheds

#### 2.1.3 三级水文单元

根据 DEM 数据选用数据高程法得到的烟台市的三级水文控制单元(图 3c),总体划分大约 550 个水文单元,根据水系对比图可以看出,总体划分效果较好,但是在沿海地区,尤其是后期围海造田区域误差很大,还有在省内一些水田地区、湖泊地区也有一些误差,误差主要是水文单元的边界呈现直线形式,而不是自然边界(图 4)。

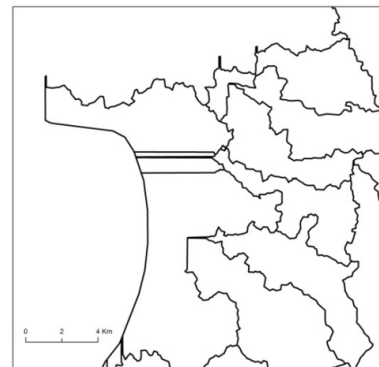


图4 烟台市水文控制单元误差图

Fig.4 The error of the control watersheds in Yantai city

### 2.2 基于土地利用的流域管理单元划分

三级水文单元基于 DEM 划分的结果在一些地区

存在直线边界的问题。这需要进行修正,本文修正的方法主要是基于土地利用数据和 DEM 提取的河流数据。划分的原则是自然边界原则,河流自高往低流向原则和完整性原则。

烟台市土地利用类型面积最大的是旱地(28.1%),其次依次是果园(17.75%)、水浇地(11.79%)、有林地(11.56%)等。包括水田、水库、湖泊、河流等土地利用类型面积为 2.87%、沿海滩涂面积为 1.41%(篇幅原因图略),这几类区域内的水文单元划分存在误差(图4),在一些边界区域存在直线边界,这不符合划分原则中的自然边界原则。本文选用土地利用数据进行修正(图 5)。

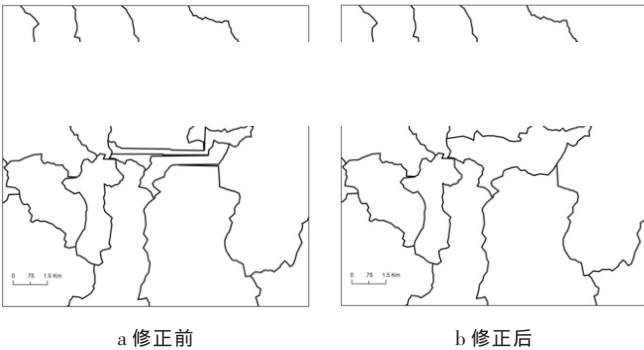


图 5 河流湖泊地区的水文控制单元修正结果  
Fig.5 The correction result of the control watersheds in the river and lake areas

选用土地利用类型数据进行修正 DEM 方法形成的水文控制单元,采用的原则的是不同区域不同修正方法的原则。首先根据土地利用图,把 DEM 划分的水文单元有误差的区域分为几类:沿海地区、河流湖泊区、水浇地区域,DEM 划分水文单元出现边界为直线的误差主要原因是:在海拔较低地区,一定范围之内没有出现地形的起伏,这主要存在水域地区。

针对不同土地利用类型进行不同的处理,在沿海地区采用的方法主要是合并,出现问题的主要是沿海造田区域,而这一区域流域管理基本应采用统一的管理。结合周围土地利用类型进行合并(图 6)。合并是在沿海地区直线边界相邻区域合并为一个生态水文控制单元。

河流湖泊地区采用的修正方法主要是用土地利用类型代替原来的水文单元(图 7)。河流湖泊区域在原有的水文控制单元的基础上,把直线边界去掉,用土地利用图边界代替。这是因为在河流湖泊区域周围,地势平坦,但有不同的土地利用类型,一般不会统一管理,要根据不同土地利用进行管理。水浇地的水文单元修正也是根据土地利用类型代替原来的水文单元(图 7)。

河流、湖泊、水浇地的地势平坦,因此出现误差,而这类区域在土地利用数据中都集中分布,因此用土地利用数据代替水文控制单元作为生态流域管理单元。根据以上方法进行修正最后得到生态流域管理单元(图 8),大约 537 个水文单元。

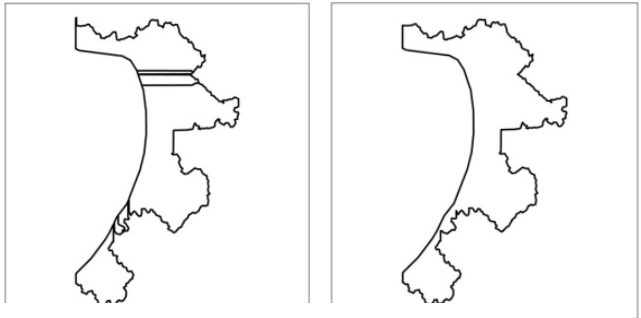


图 6 沿海地区合并的修正方法  
Fig.6 The correction method of the watershed in the coastal areas



图 7 河流湖泊地区替代的修正方法  
Fig.7 The correction method of the watershed in the river and lake areas



图 8 生态流域管理单元  
Fig.8 The management units of the ecological watershed

3 结论

根据 DEM 划分水文单元,主要过程有 DEM 填洼、河流累积量计算,累积量阈值确定,河网分级,子流域形成,得到烟台市一级水文单元 23 个,二级水文单元 93 个,三级水文单元 550 个;采用单纯的 DEM 数据划分的水文单元,在沿海地区、湖泊、水田等区域

存在误差;基于土地利用数据,结合不同土地利用,得到烟台市三级生态流域水文单元,烟台市生态流域水文单元大概有 537 个。不同区域选用不同的划分原则,克服地势平坦导致的划分错误,结合土地利用类型的流域单元划分方法是可行的方法,充分考虑生态原则和管理原则,更好的为水利普查和管理服务,以便为黄河流域和全国生态流域管理单元划分提供依据。本文考虑土地利用作为生态因素引入流域划分中,有一定的不足之处,后期需要研究定量的方法,或者引入其他的生态因素。

#### 参考文献:

- [1] 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(S2): 144-147. (SUN Qingyan, YU Xinxiao, HU Shuping, et al. Extraction and application of hydrological information based on DEM in ArcGIS environment [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2008, 30(S2): 144-147. (in Chinese))
- [2] 王中根,刘昌明,左其亭,等. 基于 DEM 的分布式水文模型构建方法[J]. 地理科学进展, 2011, 21(5): 430-439. (WANG Zhonggen, LIU Changming, ZUO Qiting, et al. Methods of constructing distributed hydrological model based on DEM[J]. Progress in Geography, 2011, 21(5): 430-439. (in Chinese))
- [3] 张旭,蒋卫国,周廷刚,等. GIS 支持下的基于 DEM 的水文响应单元划分——以洞庭湖为例 [J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(4): 17-21. (ZHANG Xu, JIANG Weiguo, ZHOU Tinggang, et al. Hydrological response unit division for Dongting lake based on DEM and GIS [J]. Geography and Geo-Information Science, 2009, 25(4): 17-21. (in Chinese))
- [4] 高玉芳,陈耀登,蒋义芳,等. DEM 数据源及分辨率对 HEC-HMS 水文模拟的影响[J]. 水科学进展, 2015, 26(5): 624-630. (GAO Yufang, CHEN Yaodeng, JIANG Yifang, et al. Effects of DEM source and resolution on the HEC-HMS hydrological simulation [J]. Advances in Water Science, 2015, 26(5): 624-630. (in Chinese))
- [5] 陈东风,巩伦宝,李振. 基于不同空间尺度 DEM 河网提取的阈值选取准则研究[J]. 水资源与水工程学报, 2015, 26(2): 109-113. (CHEN Dongfeng, GONG Lunbao, LI Zhen. Study on principle of threshold selection of river network extraction based on different DEM scales [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2015, 26(2): 109-113. (in Chinese))
- [6] 张维,杨昕,汤国安,等. 基于 DEM 的平缓地区水系提取和流域分割的流向算法分析[J]. 测绘科学, 2012, 37(2): 94-96. (ZHANG Wei, YANG Xin, TANG Guoan, et al. Regional city land development suitability assessment based on 1 kilometer grid [J]. Science of Surveying and Mapping, 2013, 37(2): 94-96. (in Chinese))
- [7] 彭培,林爱文. 基于 AGREE 算法的河流水系提取[J]. 水电能源科学, 2015, 33(4): 27-29. (PENG Pei, LIN Aiwen. River system extraction based on AGREE algorithm [J]. Water Resources and Power, 2015, 33(4): 27-29. (in Chinese))
- [8] 杨勇,徐恺,杨静学,等. STRM DEM 数据提取河网方法及影响因素研究[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(1): 1-4. (YANG Yong, XU Kai, YANG Jingxue, et al. Method and study of impacting factors for extracting river channel network from SRTM MEM data [J]. Computer Technology and Development, 2010, 20(1): 1-4. (in Chinese))
- [9] 唐从国,刘丛强. 基于 Arc Hydro Tools 的流域特征自动提取——以贵州省内乌江流域为例[J]. 地球与环境, 2006, 34(3): 30-37. (TANG Congguo, LIU Congqiang. Automated extraction of watershed characteristics based on Arc Hydro Tools: a case study of Wujiang watershed in Guizhou province, southwest China [J]. Earth And Environment, 2006, 34(3): 30-37. (in Chinese))
- [10] 张向萍,叶瑜,王辉. 从 1849 年长江中下游地区洪涝灾害记录谈整编方志资料的使用[J]. 古地理学报, 2011, 13(2): 229-235. (ZHANG Xiangping, YE Yu, WANG Hui. Discussion on application of chorographic compilations from flood disaster records in middle and lower reaches of the Yangtze River in 1849 [J]. Journal of Palaeogeography, 2011, 13(2): 229-235. (in Chinese))
- [11] 王俭,韩婧男,王蕾,等. 基于水生生态功能分区的辽河流域控制单元划分[J]. 气象与环境学报, 2013, 29(3): 107-111. (WANG Jian, HAN Jingnan, WANG Lei, et al. Control unit zoning based on water eco-functional regionalization for the Liaohe river basin in Liaoning province [J]. Journal of Meteorology and Environment, 2013, 29(3): 107-111. (in Chinese))

## Method of Ecological Watershed Partitioning

LI Zongmei, MA Zhouqin, NIE Qin, MAN Wang, HUANG Yutong

(1. Department of Spatial Information Science and Engineering, Xiamen University of Technology, Xiamen 361024, China)

**Abstract:** Watershed partitioning is the base of watershed management, water resources survey, water environment pollution monitoring, and water ecological plan. But, there are some problems in watershed partitioning for flat terrain. Taking Yantai City as an example, the ecological watersheds were extracted from DEM, corrected based on type of land use, and then classified as 23 first class watersheds, 93 second class watersheds and 550 third class watersheds. The watersheds extracted from DEM showed the problem of line boundary in the coastal, lake and paddy field areas, which would be corrected based on type of land use. The ecological watersheds were extracted at the 3 classes, and there are 537 ecological watersheds in Yantai City. The results show that it is feasible to extract ecological watersheds from DEM based on type of land use.

**Key words:** hydrological unit; partition; type of land use; watershed area; digital elevation model (DEM)