

基于系统聚类的鄱阳湖流域水功能区划研究

陆建忠¹, 王飞², 陈晓玲^{1,3}, 齐亨达¹

(1. 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079; 2. 浙江省水利河口研究院, 浙江 杭州, 310000; 3. 江西师范大学鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 江西 南昌 330022)

摘要: 水功能区划是水环境管理和水污染物总量控制的重要基础。以县级行政区划为最小划分单元, 根据选定的社会经济指标, 采用系统聚类的方法, 将鄱阳湖流域内各县进行分类。结合流域内水质状况、各县的其它社会经济条件和历史的水功能区划成果, 确定各县的主导用水功能, 生成鄱阳湖流域水功能区划图。结果表明: 鄱阳湖流域主要水功能为农业用水, 而工业用水区主要分布在江西省北部, 渔业用水区主要分布在环鄱阳湖区。该区划结果兼顾了水资源的流域和区域管理的优点, 能较好的适应目前水资源区域管理的现状, 对水资源的合理开发与有效利用提供科学依据。

关键词: 水功能区划; 系统聚类; 水质; 流域管理; 鄱阳湖流域

中图分类号: TV213.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)05-0006-06

Water function regionalization in Poyang Lake watershed based on hierarchical clustering

LU Jianzhong¹, WANG Fei², CHEN Xiaoling^{1,3}, QI Hengda¹

(1. State Key Laboratory of Remote Sensing Information Engineering of Surveying and mapping, Wuhan University Wuhan 430079, China; 2. Zhejiang Institute of hydraulics and Estuary, Hangzhou 310000, China; 3. Key Laboratory of Poyang Lake wetland and watershed research of Ministry of Education, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

Abstract: Water function regionalization (WFR) is the basis of water resources management and the total amount of water pollutant control. Taking county as the least unit, according to chosen social economic indicators, the paper used hierarchical clustering method to class every county in Poyang Lake basin. By using hierarchical clustering method, the counties within Poyang Lake basin were clustered according to the socio-economic conditions. And then, the WFR partition principle of Poyang Lake watershed was formulated by reference to social and economic conditions and current WFR status. From the results of hierarchical clustering, WFR map of Poyang Lake watershed was generated and the dominant water functions of each county were determined. From the water function regionalization map, agriculture water dominates the water function in Poyang Lake watershed, the industrial water regions mainly locate in the northern of Jiangxi province, and fishery water regions mainly distribute around the Poyang Lake. Therefore, the regionalization result thought the advantages of watershed and region management of water resources and could better fit the situation of region management of water resources, and can provide a scientific basis for the reasonable development and sustainable utilization of water resources in Poyang Lake watershed.

Key words: water function regionalization (WFR); hierarchical clustering; water quality; watershed management; Poyang Lake watershed

收稿日期: 2014-05-10; 修回日期: 2014-06-06

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41101415, 41331174); 国家高技术研究发展计划 (863 计划) (2012AA12A304, 2012AA12A306); 国家科技重大专项 "水体污染控制与治理" (2013ZX07105-005)。

作者简介: 陆建忠 (1982-), 男, 湖北武汉人, 博士, 讲师, 主要从事水文水环境遥感与数值模拟研究。

通讯作者: 陈晓玲 (1962-), 女, 湖北武汉人, 博士, 教授, 主要从事环境资源定量遥感研究。

1 研究背景

水功能区划是实现水资源合理开发、有效保护和综合治理的基础,是水体污染物总量控制实施的重要技术手段^[1]。目前国内的水功能区划工作是在具体江河湖泊等水域上,根据流域或者区域水资源情况、水资源开发利用现状以及区域社会经济发展情况,划定具有特定功能的水域,并提出对应的水质目标^[2]。如王超等系统研究了地表水功能区划的基本原则、方法和分类分级系统^[3],李勤^[4]和李祥龙等^[5]分别介绍了安徽省和黄河流域的水功能区划方法和区划成果。国外水功能分区概念和作用与中国有所不同,其水功能的划分多是为了水资源和水生物保护。在水资源管理方面,国外主要采用流域管理^[6]和综合水资源管理模式^[7];在水功能划分方面,德国按照水质将水功能划分为4类保护区:第一类:游泳水质;第二类,饮用水源水质;第三类,渔业养殖水质;第四类,贝壳养殖水质^[8]。美国等西方国家通过适生生物纲目或生物体对河流的分类来确定其潜在功能^[9]。

本研究针对鄱阳湖流域县级行政单元,扩展水功能区划的思想,采用系统聚类的方法进行流域水功能区划。聚类分析的基本思想是根据对象之间的相关程度进行类别的聚合,与其他大部分分类方法相比,其好处在于能够客观的反映各类事物之间的综合差异,避免了其他依据经验和专业知识进行定性分类的分类方法所带有的主观性和任意性,以及只根据事物单方面特征进行分类的分类方法的片面性,适合处理科学研究中多因素、多指标的分类^[10]。系统聚类法由于其计算方法灵活,提供多种距离计算方法,使用范围广,在医学、气象学、环境科学、农业科学等诸多领域得到了很好的应用^[11-15]。然而,目前关于应用系统聚类进行流域水功能区划的研究罕有报道。

水功能的确定过程中,水资源状况是基础,社会经济条件是决定因素。本研究尝试以江西省县级行政单元作为最小划分单元,将水功能区划扩展到流域水资源,根据选定的社会经济指标,采用系统聚类方法,将鄱阳湖流域范围内各县按社会经济水平进行分类,在此基础上参考各县级行政区其他社会经济条件和以往的水功能区划成果,考虑水质条件,确定各县级行政区的主导用水功能,生成鄱阳湖流域水功能区划图。与传统水功能区划相比,其意义在于很好的反映了流域内各县级行政区划的用水特点

和主要污染类型,且兼顾了水资源流域管理和区域管理的优点,不仅能为鄱阳湖流域水资源管理和污染物总量控制提供支持,而且确定了各县级行政区的主导水功能,可以更好的适应目前水资源区域管理的现状。另外,本研究中水功能区划根据江西省的实际情况确定县级行政区的主导水功能有四种,分别是工业用水区、农业用水区、渔业用水区和保留区,除保留区外,各用水区水质标准参照《水功能区划分技术规范》。

2 研究区概况与数据预处理

2.1 研究区概况

因为鄱阳湖流域边界与江西省行政边界大部分重合(鄱阳湖流域面积16.22万km²,其中江西省境内15.71万km²,占整个流域面积的96.9%,占江西省面积的94.1%),也为了方便社会经济数据的获取和统计,本研究将江西省近似作为鄱阳湖流域进行研究。鄱阳湖流域地处长江中下游南岸,地跨北纬24°29′至30°05′,东经113°34′至118°29′。鄱阳湖流域三面环山,且由五个子流域与环鄱阳湖区围成的面积16万km²,流域大部区域属亚热带季风气候,光、热、水资源丰富,鄱阳湖流域雨量充沛,年均降水量1341到1940mm,多年平均径流总量1565亿m³。但是存在省内降雨年內和年际变幅很大,地区之间以及季节之间分布不均匀、来水和用水时间不同步的问题^[16],增加了水资源利用的难度。流域内总体水质较好,2008年流域内达到或优于Ⅲ类水质的河流长度占总评价长度的87.9%,其中Ⅰ类水体占6.5%,Ⅱ类水占64.2%,Ⅲ类水占17.2%。但是随着江西省社会经济的发展,鄱阳湖流域的水质有恶化的趋势^[17]。因此,做好鄱阳湖流域水功能区划,对于江西省和鄱阳湖流域的水资源管理和污染控制有重要意义。

2.2 数据预处理

本研究选取了2008年江西省的社会经济数据和水质数据。社会经济数据主要摘自2009年的《江西统计年鉴》和《中国区域经济统计年鉴》,通过对数据进行处理和分析,筛选出地区生产总值、第一产业比重、第二产业比重、人均生产总值、人均社会消费品零售额、农村人均纯收入、耕地占行政区面积比、森林覆盖率这8个指标。其中,前6个指标能较好反映地区的社会经济发展水平及用水需求,最后两个指标能在一定程度上反映一个地区的农业条件。

水质数据主要来自江西省水利厅网站内的 2008 年的 12 个月的水资源质量公报和界河水质水量动态监测通报,共获得 59 个水质站点数据。每个水质站点年水质类别的确定方法是将 12 个月中出现次数最多的水质类别作为该站点 2008 年的平均水质类别,若站点各个月水质变化较大,则将该站点 12 个月的水质按从高到低排序,取前 8 个水质数据

中,水质最差的类别作为 2008 年的水质类别,水质站点分布如图 1 所示。因每个划分出来的四级流域区域范围较小,可近似将其范围内的水质站点的水质类别作为流域的水质类别,对于有些区域内无水质站点或水质站点在边界上的四级流域,则考虑四级流域上下游关系和周围流域水质情况决定该四级流域的水质,得到流域水质分布如图 2 所示。

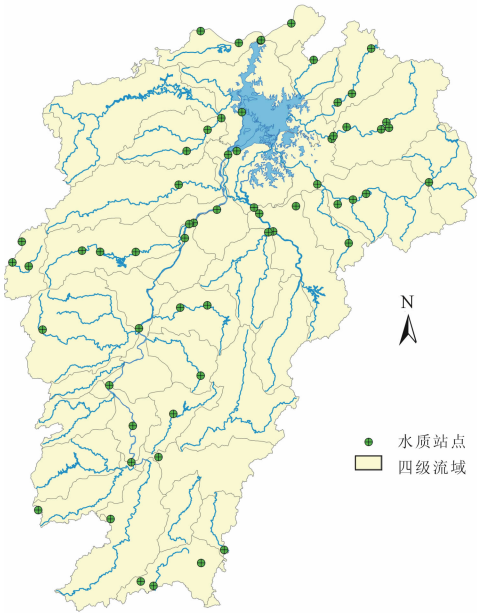


图 1 水质站点分布

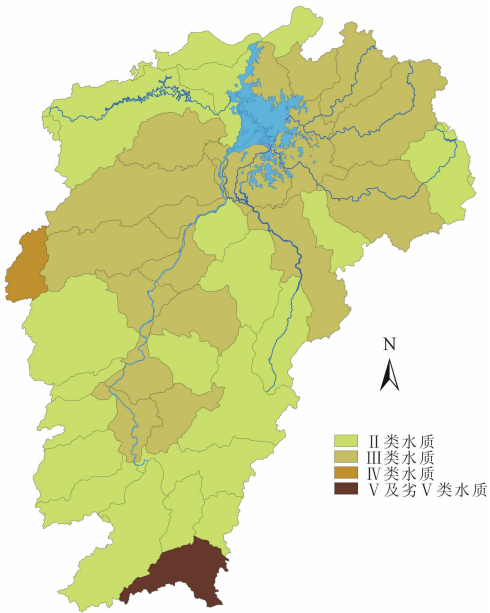


图 2 鄱阳湖流域 2008 年水质分布

3 鄱阳湖流域水功能区划分

水功能区划过程主要包括数据收集、预处理,基于系统聚类的县级行政区分类,各县级行政区主导水功能区的确定这 3 个步骤(图 3),核心步骤为后两步,将在本章详细介绍。

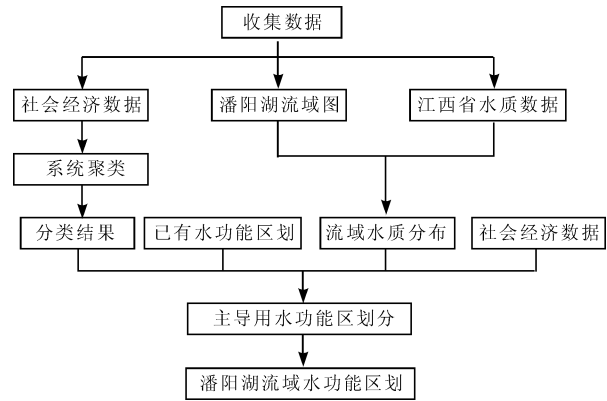


图 3 水功能区划处理流程

3.1 基于系统聚类的县级行政区分类

首先,根据水功能区划的需要,选取流域内各个行政县的地区生产总值、第一产业比重、第二产业比重、人均生产总值、农村人均纯收入、人均社会消费品零售额、耕地占行政区面积比、森林覆盖率等 8 个指标,对选定的 8 个指标进行相关性分析,计算方法采用最远距离法,距离采用 Pearson 系数,生成的相似性矩阵见表 1。

由表 1 可以看出,森林覆盖率指标和耕地占行政区面积比指标之间的相似系数为 -0.846 ,相关性较好,因此可以舍去一个指标。考虑到耕地占行政区面积比能很好的反映一个地区的农业条件,因此舍去森林覆盖率指标。

为了避免因量纲不同对聚类结果产生误差,聚类前必须对数据进行标准化。对数据进行标准化的方法有很多,常用的有 Min-max 标准化,平方根标准化,规格化变换,Z-score 标准化等,本研究采用 Z-score 标准化:

表 1 指标相似性矩阵

变量	生产 总值	第一产 业比重	第二产 业比重	人均生 产总值	农村人 均纯收入	耕地占行政 区面积比	森林 覆盖率	人均社会消 费品零售额
生产总值	1.000							
第一产业比重	-0.373	1.000						
第二产业比重	0.389	-0.785	1.000					
人均生产总值	0.612	-0.699	0.705	1.000				
农村人均纯收入	0.412	-0.360	0.465	0.573	1.000			
耕地占行政区面积比	0.611	-0.060	0.247	0.282	0.450	1.000		
森林覆盖率	-0.505	0.172	-0.368	-0.220	-0.385	-0.846	1.000	
人均社会消费品零售额	0.204	-0.477	0.389	0.624	0.566	0.148	-0.097	1.000

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_j} \quad (1)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p)$$

式中: X'_{ij} 为标准化数据; X_{ij} 为原数据; $\bar{X}_j$ 为指标 j 的均值; S_j 为 j 的标准差, 即:

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2} \quad (2)$$

根据本研究所选取指标的特性,综合比较各种聚类方法的聚类结果,最终选取离差平方和法进行聚类。使用离差平方和法进行聚类时样本间的距离必须使用欧式距离,离差平方和法计算类与类之间距离的如下:

$$D_{rs}^2 = \left(\frac{n_s + n_i}{n_s + n_r}\right) D_{si}^2 + \left(\frac{n_s + n_j}{n_s + n_r}\right) D_{sj}^2 + \left(\frac{n_s}{n_s + n_r}\right) D_{ij}^2 \quad (3)$$

式中: D_{ij}^2 为类 i 和类 j 之间的距离, 类 r 是类 i 和类 j 合并后的新类; D_{rs}^2 为类 r 和任意类 s 的距离^[18]。

聚类结果如图 4 所示,由聚类图可以看出,聚类结果为 3 类时,同类之间距离较小,不同类之间距离较大,聚类结果最好,故将江西省 80 个县分为 3 类。从分类结果均值报告(表 2)中可看出,聚类过程将江西省 80 个县分为社会经济水平依次降低的 3 类,3 类中地区生产总值、第二产业比重、人均生产总值、耕地占行政区面积比、农村人均纯收入、人均社会消费品零售额依次降低,第一产业比重依次升高。第一类共有 17 个县,第二类共有 47 个县,第三类共有 16 个县。

3.2 主导用水功能区的确定

各县级行政区的主导水功能区主要由各县的社会经济发展状况决定,同时考虑其水质条件。从聚类结果可以看出,分成的3类中,第一类的县级行政区大多社会经济发展水平较高,工业产值占总产值比重较大,因此工业用水区主要从第一类中选出;第

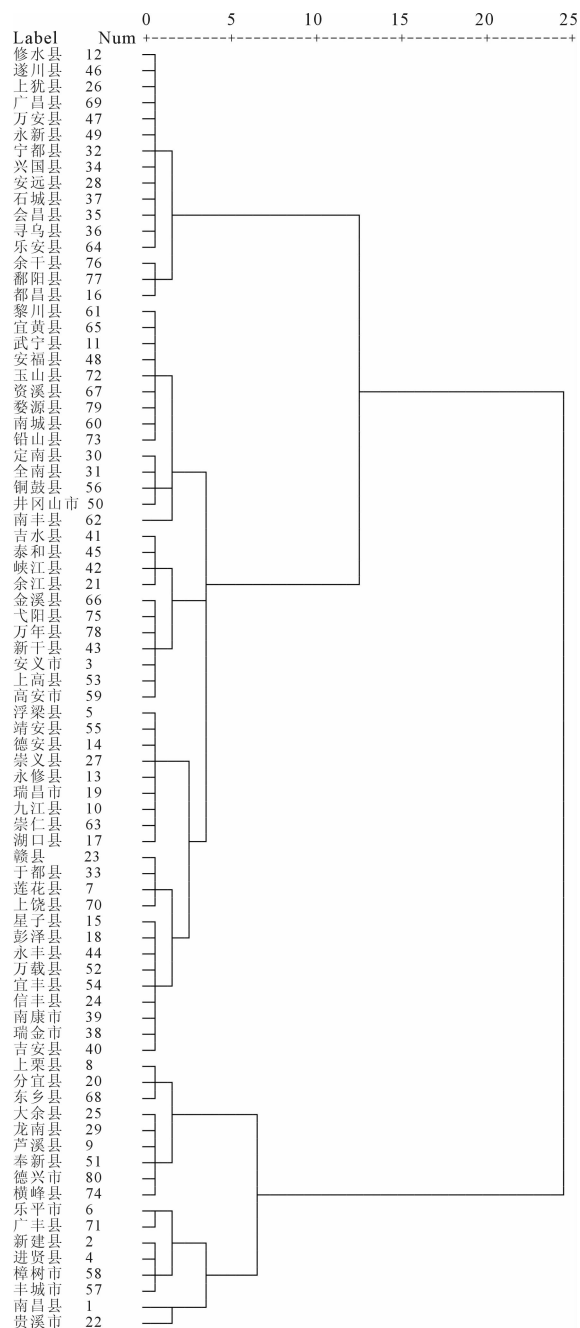


图 4 系统聚类树状图

对照四级流域水质图可以看出,从总体上看,鄱阳湖流域水质较好,除寻乌县和定南县外,满足各类水功能区的水质要求。寻乌县和龙南县水质超标部分流域属东江流域,是东江源头,其水质标准应执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类标准^[20],但是目前由于稀土开采、果业过度开发,水质严重污染,部分河段水质甚至达到劣Ⅴ类,但因其属于东江源头保护区,尽管其水质较差,仍不能将其划为其他用水区域。因此,最终的鄱阳湖流域水功能区划图如图5所示。

4 结 语

针对鄱阳湖流域县级行政区划,水功能区划共划分出工业用水区30个(其中19个是市辖区),农业用水区42个,渔业用水区13,保留区14个。从水功能区划图可以看出,工业用水区主要分布在江西省北半部,农业用水区遍布江西省,渔业用水区主要分布在环鄱阳湖区域,保留区则大多分布在流域南部,且多为流域边界上的行政区。

随着江西省社会经济的发展和城市化进程加快,污染物排放总量势必会不断增加。因此做好水资源管理和污染物总量控制对于水环境保护非常重要。本次水功能区划可以对水资源管理和污染物总量控制提供支持,它不仅明确了各县级行政区的主要污染类型和总体水质要求,而且还对水资源的开发利用有一定的指导作用。如属于保留区的县级行政区,区域内森林覆盖率高,旅游资源丰富,应利用好这些优势,加强对水资源的开发利用。

参考文献:

- [1] 阳平坚,郭怀成,周丰,等.水功能区划的问题识别及相应对策[J].中国环境科学,2007,27(3):419-422.
- [2] 石秋池.关于水功能区划[J].水资源保护,2002,18(3):58-59.
- [3] 王超,朱党生,程晓冰.地表水功能区划分系统的研究[J].河海大学学报(自然科学版),2002,30(5):7-11.
- [4] 李琴.安徽省水功能区划方法和几点认识[J].水资源保护,2002,18(2):24-25.
- [5] 李祥龙,彭勃,封克俭,等.黄河流域水功能区划及其特点[J].人民黄河,2004,26(4):24-25+29.
- [6] 肖文燕.20世纪国外流域管理经验及对鄱阳湖流域管理的启示[J].江西财经大学学报,2010(6):83-88.
- [7] Mazvimavi D, Hoko Z, Jonker L, et al. Integrated water resources management (IWRM) - from concept to practice [J]. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 2008, 33(8): 609-613.
- [8] 刘仲桂.德国、法国、荷兰水资源保护与管理概况[J].人民珠江,2002,23(3):4-6.
- [9] 薛雪娟.辽宁省水功能区划研究[D].南京:河海大学,2006.
- [10] 胡雷芳.五种常用系统聚类分析方法及其比较[J].浙江统计,2007,4(3):11-13.
- [11] 王红瑞,林欣,刘琼,等.基于系统聚类的北京气温变化过程遍历特征分析[J].系统工程理论与实践,2010,30(2):193-200.
- [12] Kolasani A, Xu H, Millikan M. Evaluation of mineral content of Chinese medicinal herbs used to improve kidney function with chemometrics [J]. Food Chemistry, 2011, 127(4):1465-1471.
- [13] Chen X, Li Y S, Liu Z, et al. Integration of multi-source data for water quality classification in the Pearl River estuary and its adjacent coastal waters of Hong Kong [J]. Continental Shelf Research, 2004, 24(16):1827-1843.
- [14] Ceyhan O, Benzedden E. Regionalization approaches for the periodic parameters of monthly flows: A case study of Ceyhan and Seyhan River basins [J]. Hydrological Processes, 2010, 24(22):3251-3269.
- [15] Liu W C, Yu H L, Chung C E. Assessment of Water Quality in a Subtropical Alpine Lake Using Multivariate Statistical Techniques and Geostatistical Mapping: A Case Study [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2011, 8(4):1126-1140.
- [16] 龙兴,胡魁德,喻中文.江西水资源问题研究[J].水文,2009,29(5):79-81+72.
- [17] 江西省水利厅.江西省水资源公报2008[D].2008.
- [18] 米红,张文璋.实用现代统计分析方法及SPSS应用[M].北京:当代中国出版社,2004.
- [19] 中华人民共和国水利部.水功能区划分技术规范[D].2004.
- [20] 江西省水利厅.江西省地表水(环境)功能区划[D].2006.