

秦岭北麓部分区域的水文相似性初步分区

李珂, 秦毅, 李子文, 房晶

(西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048)

摘要: 以秦岭北麓的部分区域为研究对象,共收集了涝峪口、秦渡镇、大峪、罗李村和马渡王共5个水文站的降雨径流资料和下垫面资料,通过模糊聚类分析进行水文分区研究。根据反映区域水文特性的因子将这5个站点划为3个子区,并通过对分区结果进行分析和一致性检验,确保分区的合理性。最终,凭借分区结果计算各子区的水文特征值,为解决秦岭北麓该地区水文资料短缺河流的资料移用问题提供依据,同时也为陕西省区域代表水文站网的合理布设、规划和调整提供科学依据。

关键词: 水文相似性分区; 降雨; 径流; 模糊聚类法; 秦岭北麓

中图分类号: P333.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)02-0184-04

Similar regionalization of hydrology in part area of north Qinling mountain

LI Ke, QIN Yi, LI Ziwen, FANG Jing

(Key Laboratory of Northwest Water Resources and Eco-environment of Ministry of Education, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The study area mainly includes part of regions at north Qinling mountain. The paper collected the rainfall run-off data and underlying surface data from five stations for hydrologic regionalization by fuzzy cluster analysis. The five stations are called respectively Laoyukou, Qinduzhen, Dayu, Luolicun and Maduwang. In the light of the area water regime, the five stations are divided three sub-regions. By analyzing and testing the subarea result, it insure rationality of regionalization. Finally, the paper depended on the result of sub-regions to calculate hydrologic feature value so as to solve the shortage of hydrological data in north Qinling mountain. The result can provide a scientific basis for reasonable layout, planning and adjustment of representative hydrologic network in shaanxi area.

Key words: hydrologic similar regionalization; rainfall; runoff; fuzzy cluster method; north Qinling mountain

随着社会经济的快速发展和城市人口的不断增长,城市规模日益扩大,西安市将成为“东连临潼、西接咸阳、南拓长安、北跨渭河”的发展新格局。在这种情况下,各方面对水的需求也越来越多,水资源供需矛盾更加突出,水资源短缺已成为严重制约当地社会发展的重要因素。如何才能因地制宜地合理地开发利用和保护当地水资源已经成为当地发展的重要议题之一。

陕西省秦岭北麓位于秦岭分水岭至关中平原南缘之间,总面积 10 375 km²,是关中地区重要的水源涵养地和供水源地。秦岭北麓境内河流众多,直接流入渭河的一级支流就有 150 余条,二级、三级支流

的中、小河流就更多,而该地区的水文站网分布密度较小、数量有限,不可能对所有的河流进行设站控制。因此,利用现有水文站网进行无资料河流的资料利用问题就变的尤为重要,解决这一问题就需要水文相似性分区。通过水文分区^[1-3],可从空间上揭示河流水文特征的相似与差异,使较为相似一致的水文特征河流分为同一区,从而更好地认识水文规律,利用有限站网的实测资料解决水文资料短缺地区的河流水文特征值和设计洪水计算问题,为陕西省区域代表水文站网的合理布设、规划和调整,以及水利工程建设提供科学依据。

收稿日期:2013-10-21; 修回日期:2013-12-19

基金项目:水利部公益性基金(201301063)

作者简介:李珂(1987-),女,陕西西安人,在读硕士生,主要从事水文学及水资源研究。

通讯作者:秦毅(1959-),女,四川乐至人,博士,教授,主要从事水文学及水资源和泥沙研究。

1 秦岭北麓的区域概况

秦岭北麓位于陕西省中南部,西安市以南,是中国自然地理南北气候的分界线。它成自西向东走向,全长约800 km,其山势北陡南缓,群山毗连,峰峦重叠,河流源远流长。

本次水文相似性分区的研究对象是陕西省秦岭北麓地区的涝峪口、秦渡镇、大峪、罗李村和马渡王共5个水文站所控制的流域。如图1所示,位于西安市城区的南部,从西向东横跨户县、长安区、蓝田县3个行政区。区域内5个水文站分别分布在渭河的一级支流涝河、沔河、大峪河和灞河上。涝河总流域面积663 km²,山区和平原各占其半。其多年平均径流量1.79亿m³,实测最大年径流量3.55亿m³(1952),最小年径流量0.56亿m³(1966)。流域内大部分被森林覆盖,属山溪性河流,洪水涨落较快。沔河总流域面积1460 km²,山区871 km²,沔河秦渡镇年径流量2.58亿m³,7-10月占全年的54.7%。大峪河的主河道长18.5 km,由南向北流动,主河道平均比降33.1‰,多年平均径流量约为2981.17 m³,常年流量0.3 m³/s。灞河河道全长104 km,流域总面积2581 km²。流域内地形南高北低,岩石裸露,土层较薄,沟谷平原地带植被良好。上游河道平均比降为9‰,洪水猛涨迅落,水流湍急;中下游河道为平原弯曲型河道,河床宽浅,河道比降为2.35‰;下游河道比降较缓,为1.58‰。年平均径流量为5.32亿m³,径流年际分配不均。

该区域地处暖热带半湿润大陆性季风气候区,在大气环流和地形综合作用下,春暖多风,夏热多雨,秋凉湿润,冬寒少雨,四季干、湿、冷、暖分明。降雨年际变化很大,多雨年和少雨年雨量差别很大,最大可达590 mm。降雨的季节分配也极不均匀,有78%的雨量集中在5-10月,其中7-9月的雨量占全年雨量的47%,且多以暴雨形式出现,易发生暴雨、泥石流等自然灾害。根据以往资料分析来看,20世纪90年代至今,该区域的降水量减少引起径流量减少,且径流量减幅明显大于降水量减幅^[4]。

2 利用模糊聚类进行水文相似性分区

针对陕西省秦岭北麓地区涝峪口、秦渡镇、大峪、罗李村和马渡王5个水文站的控制流域特征,选用模糊聚类分析法来进行水文分区。

2.1 模糊聚类的基本思想和原理

模糊聚类法^[5-8]是一种基于统计多变量分析的

标准分类方法。其基本思想是每个站点用一个代表站特性的数据向量来表示,然后根据数据向量的相似程度来决定每个站点应归属哪一类。数据向量可以由单站地理特征组成,也可以由单站样本统计参数来组成,还可以由地理特征和样本统计参数同时组成。

在水文学领域,某一概念或事物通常可以用一组特征指标数据来描述,而数据的变化往往具有连续性,因此分类本身就带有模糊性^[9]。利用模糊聚类分析方法来进行水文分区,其基本原理是依据河流多种水文特征值,同时考虑流域的自然地理条件,按照他们之间的相似程度,客观地、定量地进行水文区的划分。关于秦岭北麓具体的分析过程如下。

2.2 秦岭北麓的模糊聚类分区过程

(1)选择分区的聚类因子。水文相似性分区是根据地区的气候、水文特征和自然地理条件所划分的不同水文区域^[10]。分区的关键在于选择能够反映在水文区域内具有相似的水文特征和变化规律的指标因子,由于可以选择的指标因子多而杂,为了使水文相似性分区更加科学、合理,应选择相对独立和灵敏的,能充分反映流域的水文特性、气象和自然地理条件的,并且与分区的目的具有一定成因联系的划分指标作为分区聚类因子。

本文的研究区域为暖温带半湿润区,划分水文分区的目的是为了进行区域洪水频率分析解决无资料地区的设计洪水计算问题。为便于综合和计算分析,选取的指标个数应越少越好。根据水文现象的复杂性,影响水文分区的因素很多,其中气候因素是分区性因素,而下垫面因素是分类性因素,分区性因素使某个区域范围内的产、汇流特性具有一定的共性,不同的分类性因素构成了各个流域产汇流机制的某些个性^[11]。因此,按照分区指标选取的原则,同时考虑到所收集资料的数量与质量情况以及对资料可分析整理的条件,本文从收集到的资料中挑选了能够反映区域单站影响水文气象变化的降雨径流资料和反应下垫面特征因子作为分区指标。各指标因子的数据来源于1960-2010年黄河流域水文资料泾洛渭区的《水文年鉴》、《西安市实用水文手册》及《陕西省地图集》(西安地图出版社,2010),研究区域水文分区指标统计数据见表1。

(2)利用Matlab软件进行模糊聚类分区。由于凭借人工计算,模糊聚类分区的计算量太大,计算复杂,容易出错。因此,现在借助于Matlab的模糊系统工具箱函数^[12-13],可以很方便地设计模糊系统,

为模糊系统的研究与应用提供了极大的方便。本次分区,就是将基于模糊聚类法编写适当的程序,存入文档中。直接将挑选好的分区因子输入 Matlab 的“命令窗口”,再逐步调用程序,对输入的数据矩阵

因子进行标准化处理、建立模糊相似矩阵、聚类,最终可获得动态聚类图。关于秦岭北麓研究区域的动态聚类图,见图2。

表1 研究区域水文分区指标统计表 $m^3/(s \cdot km^2)$, $10^{-3}m^3/(s \cdot km^2)$, %

站名	降水径流			下垫面					
	多年平均 洪峰模数	多年平均最 小流量模数	径流 系数	地貌类型			土地利用情况		
				黄土台塬和 石山区	石山区	石山区和 平原区	耕地所 占比例	林地所 占比例	草地所 占比例
涝峪口	0.481	1.058	0.399	0	0	1	4.7	64.2	31.1
秦渡镇	0.551	1.106	0.468	0	0	1	11.8	64.5	21.2
大峪	0.853	2.017	0.587	0	1	0	13.0	45.4	41.6
罗李村	0.468	0.598	0.404	1	0	0	28.2	32.5	37.3
马渡王	0.358	0.587	0.376	1	0	0	43.0	17.6	33.5

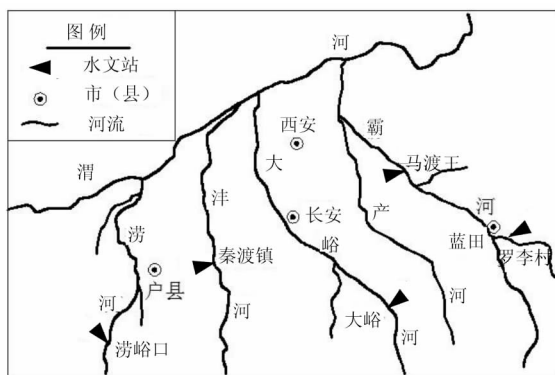


图1 研究区域水文站分布图

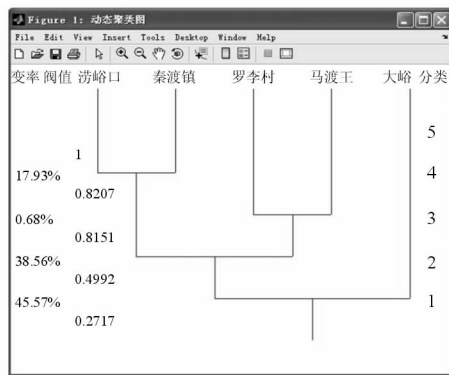


图2 模糊聚类法得到的动态聚类图

3 水文分区的结果分析和检验

基于模糊聚类法所得的动态聚类图,图2中的阙值(0~1)变率可知秦岭北麓对应的分类情况。根据实地勘测考察,认为应将秦岭北麓的研究区域划分为3个子区:Ⅰ区为罗李村与马渡王水文站所控制流域、Ⅱ区为大峪水文站所控制流域、Ⅲ区为涝峪口与秦渡镇水文站所控制流域。由于流域地貌特征对流域产汇流影响很大,而从 Google Earth 的影像图、ArcGIS 的地理信息统计和实地观察,大峪水文站的流域内石山区占据很大比例,涝峪口和秦渡镇的流域内均有平原区,而罗李村和马渡王的流域内均有较大范围的黄土塬区,这与该区的实际情况相符。因此,从地貌特征来看可分3个区,但还需进一步检验。

检验模糊聚类法计算得到的结果是否合理,判断划分到同一个区的站点是否合理,即可检验该站点某个因子对应的两个总体样本是否相同,即总

体样本系列是否具有 consistency。现行的频率分析方法要求的样本必须是排除气候变化、人类活动影响而不改变水文总体特征的样本,因此对长时期观测而成的水文资料样本,在确定为同一分区之前,应当进行样本一致性检验。斯米尔诺夫分布一致性检验^[14-15]所解决的问题正是判断两个总体是否相同、一致的。所以可以利用此方法对选择的检验因子的原始数据进行一致性检验,检验站点之间的水文因子的分布特征是否一致。斯米尔诺夫分布一致性检验是一种假设检验,首先假设两个总体样本 $F(x)$ 和 $G(x)$ 相互独立相同,即假设 $H_0: F(x) = G(x)$, 然后通过计算检验统计量公式(1)判断假设 H_0 是否成立。当 H_0 成立时, D_{n_1, n_2} 的值应比较小。所以对于给定的显著性水平 α , 若 $D_{n_1, n_2} > D_{n, \alpha}$ 时,拒绝 H_0 , 否则接受 H_0 。分区一致性检验计算结果见表2。

斯米尔诺夫提出的检验统计量:

$$D_{n_1, n_2} = \sup_{-\infty < x < \infty} |F(x) - G(x)| \quad (1)$$

当上确界小于临界值时,说明两站点之间具有

一致性。由表 2 可知,罗李村和马渡王所选的检验因子均一致性较高,说明在相似性的程度上马渡王

与罗李村属同一个区。而涝峪口、秦渡镇和大峪之间只有降水量明显一致,其他因子的一致性均不能

表 2 一致性检验成果表

水文站	洪峰模数		最小流量模数		降水量		径流系数	
	临界值	上确界	临界值	上确界	临界值	上确界	临界值	上确界
涝峪口与秦渡镇	0.260	0.514	0.357	0.345	0.385	0.240	0.385	0.640
涝峪口与大峪	0.249	0.320	0.357	0.483	0.385	0.160	0.385	0.480
秦渡镇与大峪	0.244	0.335	0.357	0.655	0.385	0.280	0.385	0.320
罗李村与马渡王	0.266	0.120	0.357	0.138	0.385	0.280	0.385	0.120

识别出来。这可能与所选因子种类以及因子的资料年限太短有关。而由图 2 可知,当马渡王与罗李村属同一个区时,模糊聚类法可将 5 个站点划分为 3 个区,且对应的阈值变率最小,仅 0.68%。因此,可认为将研究区域共划分为 3 个子区是合理的,即马渡王和罗李村、大峪、秦渡镇和涝峪口分别为划分的子区,故以此作为此次水文分区的结论,3 个子区分别定义为 I 区、II 区、III 区,且各分区对应的水文特征值见表 3。

表 3 分区结论及子区内水文特征值 mm, 10⁸ m³,

子区	区内水文站	多年平	多年平	年径流	多年平	
		均年降	均年径	变差系	C _s /C _v	均年径
		水量	流量年	数 C _v		流系数
I	罗李村 马渡王	780.4	4.70	0.47	2.1	0.38
II	大峪	916.7	0.29	0.48	2.6	0.59
III	涝峪口 秦渡镇	850.8	3.51	0.45	2.5	0.44

4 结 语

通过分析探讨秦岭北麓部分区域的水文地理特征,以产、汇流物理过程为依据,挑选了 3 个降水径流指标和反映下垫面特性的地貌类型和土地利用情况,应用模糊聚类分析方法对该地区进行水文分区。水文相似性分区的分区成果,不仅解决了秦岭北麓该区域同一水文相似性分区内任意区域河流的水文资料移用问题,也为水文资料短缺地区的资料移用求设计洪水和水文规律的探求等问题提供依据,具有深远的理论意义和重大的实用价值。同时还为陕西省区域代表水文站网的合理布设、规划和调整提供科学依据。

参考文献:

[1] 拓自亮,张家军,拓展翔,等. 黄河流域水文区划与区域

代表站分析[C]//. 经济发展方式转变与自主创新——第十二届中国科学技术协会年会. 郑州:黄河水利委员会水文局,2010.

[2] Cunnane C. Methods and merits of regional flood frequency analysis [J]. Journal of Hydrology, 1988,100(1):269-290.

[3] 孔凡哲,芮孝芳. 基于地形特征的流域水文相似性[J]. 地理研究,2003,22(6):709-715.

[4] 张宏斌. 秦岭北麓降水径流变化关系分析[J]. 水资源与水工程学报,2007,18(1):49:52.

[5] 付桂梅,许冬梅. 基于模糊聚类法在吉林水文分区中的应用[J]. 中国商界(上半月),2010(210):421-422.

[6] Zadeh L A. Fuzzy sets [J]. Information and Control,1965,8(3):338-353.

[7] 张敏,于剑. 基于划分的模糊聚类算法[J]. 软件学报,2004,15(6):858-868.

[8] 丁亚明,赵艳平,张志红,等. 基于主成分分析和模糊聚类的水文分区[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2009,32(6):796-801.

[9] 张旭臣. 模糊聚类分析方法探析及在水文分域方面的应用[J]. 河北水利科技,1995,16(2):75-81.

[10] Zhang Yingyi, Hall M J. Regional flood frequency analysis for the Gan-Ming River basin in China [J]. Journal of Hydrology, 2004,296(1):98-117.

[11] 张静怡. 水文分区及区域洪水频率分析研究[D]. 南京:河海大学,2008.

[12] 孙宇锋. 基于 MATLAB 的模糊聚类分析及应用[J]. 韶关学院学报(自然科学版),2006,27(9):1-4.

[13] 谢季坚,刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2006.

[14] 秦毅,张德生. 水文水资源应用数理统计[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2006.

[15] 李毓辉,郑海起,卢如平,等. 斯米尔诺夫检验法在数据级信息融合数据关联中的应用[J]. 振动与冲击,2007,26(6):166-168.