

基于相似性的无资料地区模型参数确定

施 征^{1,2}, 包为民³, 瞿思敏³

(1.浙江省水利河口研究院, 浙江 杭州 310020; 2.浙江省水利防灾减灾重点实验室, 浙江 杭州 310020;
3.河海大学, 江苏 南京 210098)

摘要:基于新安江模型,利用 GIS 技术和相似性分析开展流域无资料情况下的水文模拟。在提取流域特征值的基础上,通过相关分析、聚类分析等方法判定相似流域,有效地分析了模型参数与流域特征的关系,重点论证了相似流域参数移植的可行性。通过相似性分析,发现相似流域的水文参数在几何空间上距离较近。基于此结论,本文对无资料地区进行了水文模型参数的确定,并取得了较好的模拟结果。

关键词:无资料地区;特征值;新安江模型;相似分析。

中图分类号:TV124

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2015)02-0033-06

1 前言

目前在很多国家和地区的许多流域,还存在着水文资料匮乏的情况,并且已具备资料的流域也可能因为环境的变化使得历史资料不可用而变为无资料流域。如何对无资料地区进行水文预报是一个亟待解决的问题^[1]。为了推进无资料地区水文科学理论的发展,国际水文科学协会(IAHS)在2002年启动了PUB(Predictions in Ungauged Basins)国际水文计划,意在用10年时间集中研究无资料地区的水文预报问题,探索解决该问题的新途径和新办法,促进水文科学在实际问题中的应用^[2-3]。

水文模型作为一种研究流域内复杂水文现象的有效工具,一直在PUB研究领域发挥着重要作用^[4]。如果采用水文模型来进行无资料地区水文预报,首先要处理的就是模型参数率定问题。率定参数是水文模型建立中最重要的一步。目前,常用的模型参数确定方法包括参数估计、参数移植以及参数区域回归方法等。随着对PUB问题研究的深入,参数移植法在实际预报工作中的应用日趋广泛。

水文模型一般都含有不能直接通过观测实验确定的参数,这些参数与流域特征有关。如何有效地分析模型参数与流域特征的相关性,根据流域特征来移植模

型参数,成为水文模型发展研究的重要内容,也成为实现无资料地区水文预报的关键。本文选取不同区域的20个典型水库流域,覆盖了湿润以及半干旱半湿润地区,代表了中国大部分地形以及气候特征。在20个典型水库流域中,选取2个,人为的抹去已有资料,作为无资料地区来验证方法的有效性,如表1所示。

2 新安江模型

本次水文预报采用的是新安江模型。新安江模型在我国已有广泛应用^[5],并取得了较好的成果。其结构

表1 水库流域情况表

Table 1 The reservoir watersheds

序号	水库名称	所在省份	序号	水库名称	所在省份
1	对河口水库	浙江	11	萌山水库	山东
2	南江水库	浙江	12	澄碧河水库	广西
3	赋石水库	浙江	13	石门水库	陕西
4	富水水库	湖北	14	飞剑潭水库	江西
5	龙颈上水库	广东	15	白盆珠水库	广东
6	合面狮水库	广西	16	东张水库	福建
7	东圳水库*	福建	17	三道河水库	湖北
8	横锦水库	浙江	18	长诏水库	浙江
9	大沙河水库	广东	19	后湾水库	山西
10	日照水库*	山东	20	青狮潭水库	广西

注:*号为无资料地区。

收稿日期:2013-09-28

基金项目:浙江省公益技术研究社会发展项目“基于生态环境的水闸群联合优化调度关键技术与示范”(2013c33033)

作者简介:施征(1984-),男,浙江安吉人,硕士,主要从事水文水资源方面研究。E-mail:13858051984@126.com

分为蒸散发计算、产流计算、分水源计算和汇流计算,每部分都有相关的参数。部分参数有物理意义,可直接确定。根据参数概念分析方法初定参数,然后依照特定的目标率定参数。

基于新安江模型,本文对 18 个水库进行了参数率定。最后的模拟结果较好,从结果看,大部分水库预报方案达到乙等,平均预报合格率达到 80.8%,说明率定的模型参数基本上合理,可以用此模型参数进行下一步分析。

3 流域特征值提取

流域特征值是一个流域的基本物理性质,包括流域的坡度、水系、流域形状、植被等等,它影响着径流、泥沙及污染物的形成、运移及存储过程,所以流域特征值对水文参数的影响很大。本文流域特征值的提取采用 DEM 和 TM 数据,使用的软件为地理信息系统 Arcgis9.2 及遥感软件 ENVI4.2。

3.1 基于 DEM 数据的流域特征值提取

①坡度:指过地表面上任一点的切平面与水平地面的夹角。它对水流的汇流时间影响较大,坡度大,汇流时间较短较急,反之,汇流时间较长。②河流长度:基于流域水系的基础上获取。利用 DEM 数据生成的水系图计算出每个河流所占有的栅格数,再乘以栅格的边长就可以得到每个河流的长度^[6]。③流域形状系数 Ke :流域分水线的实际长度与流域同面积圆的周长之比。流域形状与圆的形状相差越大,流域形状系数 Ke 也越大。 Ke 的值越接近于 1 时,说明流域的形状越接近于圆形,这样的流域易造成大的洪水。 Ke 值越大,流域形状越狭长,径流变化越平缓。④河网密度:单位流域面积上的河流长度,表达流域水系排水的有效性。计算式如下:

$$D = \frac{\sum_{w=1}^{\Omega} \sum_{j=1}^{N_w} L_{wj}}{A} \quad (1)$$

式中: D 为河网密度; L_{wj} 为第 w 级河流中第 j 条河流的长度, $j=1,2, \dots, N_w$; N_w 为第 w 级河流的数目; A 为流域面积。

3.2 基于 TM 数据的流域特征值提取

植被指数反映了某个区域植被覆盖的密度以及植被活动的活跃程度,是分析地表植被覆盖的主要参数。植被对水文循环影响至关重要,所以植被参数也是流域的一个重要的水文特征。NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 归一化植被指数是一个普遍应用的植被指数,被定义为近红外波段与可见光红波段数值

之差和这两个波段数值之和的比值,计算式如下:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (2)$$

对应 Landsat5 TM 数据的,波段 3 类型为 RED,波段 4 类型为 Near IR,在计算 NDVI 的时候, ρ_{NIR} 为 TM 数据中波段 4 的数值, ρ_R 为 TM 数据中波段 3 的数值。

3.3 气象数据获取

本文气象数据来源于中国气象科学数据共享网。在数据录取过程中,大部分水库气象数据无法在表上直接查到,因此移用了距离水库最近城市的气象数据。

4 相似性分析

4.1 变量选取

在进行相似性分析之前,为消除量纲的不一致性,首先需对变量标准化处理^[7]。处理后,考虑到距离或者聚类分析时还要求变量之间不得有较强的线性关系,否则会导致同类变量重复“贡献”,扩大实际距离或相似性,从而影响统计结果。所以本文在进行相似性分析之前,以流域特征值作为变量,进行典型相关分析,找出共性变量,从而剔除一些变量。Pearson 简单相关系数的计算公式为:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

式中: n 为样本数; x_i 和 y_i 分别为变量值。

从表 2 可以看出,河流长度与河网密度密切相关,考虑到河流长度是与汇流时间密切相关,故本文选取河流长度作为变量。同时,多年平均云总量、温度以及降雨量三者之间存在着较强的相关关系,而多年平均温度和多年平均云总量、降雨量的 Pearson 简单相关系数都非常高,采用多年平均温度就能较大地反映其余两者的信息。最终笔者剔除了河网密度、多年平均云总量和多年平均降雨量这三个变量。

4.2 相关分析

采用 Pearson 简单相关系数,对参数和流域特征值之间做两个变量之间的相关分析,结果见表 3。

从表 3 中可以看出,经过率定的模型参数与流域特征值之间的相关系数较小,不存在较强的相关关系。笔者分析原因,认为模型参数并不是由某一个变量单独决定,而是受到了很多地貌和气候等因素的影响,或者说模型参数是流域特征信息的综合反映,而这些信息是如何具体地对参数发生作用,就如同黑箱子模型,现在还不了解其中的物理机制。

表2 各流域特征变量之间的Pearson简单相关系数

Table 2 The Pearson simple correlation coefficients of watershed characteristics variables

变量	Z (坡度)	Z (河流长度)	Z (KE)	Z (河网密度)	Z (植被指数)	Z (多年平均温度)	Z (多年平均云总量)	Z (多年平均降雨量)
Z (坡度)	1.000	0.101	0.195	-0.125	0.522	0.087	0.441	0.019
Z (河流长度)	0.101	1.000	0.018	-0.712*	-0.335	-0.104	-0.138	-0.163
Z (KE)	0.195	0.018	1.000	0.234	0.204	0.200	0.118	0.159
Z (河网密度)	-0.125	-0.712 *	0.234	1.000	0.167	0.098	0.030	0.141
Z (植被指数)	0.522	-0.335	0.204	0.167	1.000	0.285	0.495	0.244
Z (多年平均温度)	0.087	-0.104	0.200	0.098	0.285	1.000	0.742	0.673
Z (多年平均云总量)	0.441	-0.138	0.118	0.030	0.495	0.742 *	1.000	0.655
Z (多年平均降雨量)	0.019	-0.163	0.159	0.141	0.244	0.673 *	0.655 *	1.000

注: *号标注表示其相关系数绝对值大于0.65。

表3 参数与流域特征值的相关系数表

Table 3 The correlation coefficients of the parameters and watershed characteristics variables

参数	坡度	河流长度	流域形状系数	植被指数	多年平均温度
<i>k</i>	-0.019	-0.279	0.034	-0.384	0.105
<i>WM</i>	0.019	-0.035	-0.156	-0.242	-0.360
<i>WUM</i>	0.104	-0.162	-0.183	0.085	0.276
<i>WLM</i>	-0.104	0.162	0.183	-0.085	-0.276
<i>C</i>	0.106	-0.072	0.044	0.012	-0.245
<i>B</i>	-0.506	0.086	0.236	-0.378	0.239
<i>SM</i>	0.256	0.238	0.012	-0.151	0.303
<i>EX</i>	-0.252	-0.156	-0.050	-0.062	-0.175
<i>KI</i>	0.002	-0.017	0.097	0.325	-0.402
<i>KG</i>	0.030	0.304	0.004	-0.475	0.067
<i>CS</i>	0.439	0.272	0.137	0.006	-0.036
<i>CI</i>	-0.009	0.041	-0.162	-0.223	0.227
<i>CG</i>	0.289	0.249	0.135	0.228	0.175
<i>KE</i>	0.559	0.394	0.127	0.173	0.022
<i>XE</i>	-0.141	-0.266	0.086	0.228	-0.473

注: 本文做相关分析时只用到了 18 个有资料地区水库的资料。

4.3 距离分析

通过相关分析可以看出,新安江模型参数是包含了地貌和气候在内的多变量函数,而不是由单个流域特征决定,所以需要对流域特征值组合和参数组合之间进行相似性分析。同时,考虑到距离分析是相似性的常见测度方法之一,因此,本次论文分别对流域特征值和参数做了距离分析,检验相似流域的参数是否在几何空间上距离较小。第 *i* 个样本与第 *k* 个样本之间的欧氏距离为:

$$d_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{kj})^2} \quad (4)$$

式中: x_{ij} 、 x_{kj} 分别为第 *i* 和第 *k* 个样本的第 *j* 个因子。

基于距离分析结果,我们找到了与每个水库距离最小的另一个水库,也就是指在除它之外的 17 个水库中与它最为相似的另一个水库,然后再以参数作为变

量做一次距离分析。结果表明,在流域特征值上距离最近的两个相似流域的参数在几何空间上的距离大都较小且相近。

5 无资料地区参数确定

5.1 聚类分析

本文用欧氏距离作为相似性的测度,并采用类间平均法进行分析,结果见图 1 和表 4。图 1 是树形图,它以树躺倒的形式表现了聚类分析中每一次小类合并的情况,并且将各类之间的距离自动映射到 0~25 之间。

图 1 和表 4 中的数字 1~20 是水库序号,其中无资料地区东圳水库和日照水库的序号分别 7 和 10 号。从聚类图中可以看出 7 和 16 为一类,两者最为相似;10 和 11 为一类,两者较为相似。从聚类进度表可

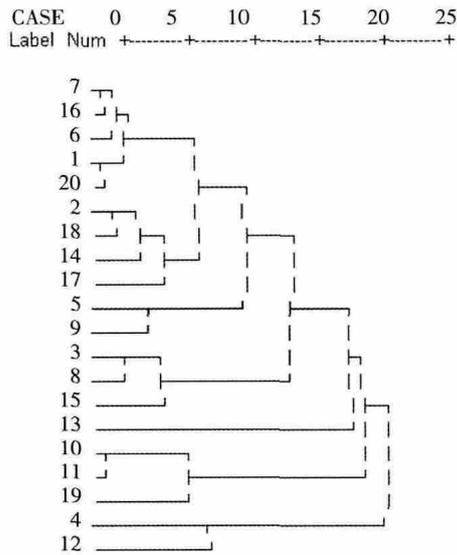


图1 聚类分析结果图

Fig.1 The result of cluster analysis

表4 聚类进度表

Table 4 The process of cluster analysis

Stage (序号)	Cluster Combined (合并)		Coefficients (聚合系数)	Stage Cluster First Appears (第1次序号)		Next Stage (下一步)
	Cluster1	Cluster2		Cluster1	Cluster2	
1	7	16	0.647	0	0	4
2	1	20	0.567	0	0	6
3	10	11	0.811	0	0	12
4	6	7	1.388	0	1	6
5	2	18	1.419	0	0	8
6	1	6	2.045	2	4	13
7	3	8	2.199	0	0	11
8	2	14	2.560	5	0	10
9	5	9	2.906	0	0	15
10	2	17	3.505	8	0	13
11	3	15	3.885	7	0	16
12	10	19	4.611	3	0	18
13	1	2	5.084	6	10	15
14	4	12	5.925	0	0	19
15	1	5	7.360	13	9	16
16	1	3	9.766	15	11	17
17	1	13	12.212	16	0	18
18	1	10	13.204	17	12	19
19	1	4	14.340	18	14	0

以看出聚类分析的步骤，第一列表示聚类分析总共有几步，第二列、第三列表示本步聚类分析中有哪些类或者个体参与，第四列显示被合并的两类之间的距离，称为聚合系数 (Coefficient)。由表 4 可知，在第一步 (Stage1) 中，将 7 和 16 归为了一类，聚合系数为

0.647，表示这两个体之间的距离为 0.647；在第三步 (Stage3) 中，将 10 和 11 归为了一类，聚合系数为 0.811，表示个体与小类之间的距离为 0.811。

通过聚类分析，最后得到的结论是与无资料地区日照水库和东圳水库最为相似的水库分别为萌山水库和东张水库。

5.2 无资料地区水文预报

通过相似性理论和距离分析方法，发现相似流域的水文参数在几何空间上的距离较小。在此基础上，笔者认为相似流域具有较接近的径流响应函数，如果具有相同的降雨输入条件，那么产生的流量过程也可能相同或相似，即水文模型参数也是接近的，所以相似流域可以进行参数移植和水文预报。

笔者对 20 个水库流域进行了聚类分析，并对两组相似流域做了参数移植。为了检验这种基于相似性理论的无资料地区水文参数的确定方法是否可行，作者采用了日照水库与东圳水库的实测资料，并与模拟结果进行对比。通过聚类分析，发现与无资料地区日照水库和东圳水库最为相似的分别为萌山水库和东张水库。在此基础上，笔者对无资料地区进行了参数移植，并进行模拟预报，结果见表 5 及表 6。

从表 5 和表 6 中可以看出，两个水库模型参数移用之后的模拟预报效果较好，日照水库和东圳水库洪水预报的合格率分别为 80.6%和 83.3%，说明基于相似性的无资料地区模型参数确定方法可行。

6 结论

本文在 GIS/RS 技术支持下，分析和提取了 20 个水库的流域特征值，并在相似性理论的基础上，采用聚类分析的方法对无资料地区进行了相似流域的寻找。最后通过参数移植，完成了对无资料地区水文参数的确定。①分析和提取了 20 个水库的流域特征值，为相似流域的确定提供了指标依据。对 18 个水库流域采用新安江模型进行模拟预报，取得了较好的模拟结果。②剔除共性变量，分析相似流域的参数规律。③以相似性理论为基础，进行聚类分析。通过分析，发现与日照水库和东圳水库最为相似的流域为萌山水库和东张水库。④进行相似流域的参数移植，并且用日照水库和东张水库的实测资料来检验模拟结果。其中，日照水库和东圳水库洪水预报的合格率分别为 80.6%和 83.3%，模拟效果较好，证明基于相似性的无资料地区水文参数确定方法是可行的。

表5 日照水库次洪模型率定结果

Table 5 The results of the Rizhao reservoir hydrological model's computing

洪号	降雨量/mm	实测径流深/mm	计算径流深	实测洪峰/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	计算洪峰/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	峰现时差(时段数)	确定性系数	合格否
31990813	87.8	85.2	79.4	1524	1272	计算迟后 2	0.841	合格
31980809	27.7	14.6	13.4	146	123	计算迟后 3	-0.594	合格
31980804	47	30.1	30.5	326	319	计算迟后 1	0.141	合格
31980724	100.5	91.7	104.3	1567	1324	计算提前 2	0.632	合格
31980715	32	30.3	27.6	281	225	计算迟后 2	0.638	合格
31980702	79.5	39.9	50	595	478	计算迟后 1	0.456	不合格
31980603	24.2	11.8	11.2	58	48	计算迟后 4	0.57	合格
31970819	105.8	97.6	88.7	941	821	计算提前 2	0.893	合格
31960715	57.7	40	35.3	377	409	计算迟后 1	0.526	合格
31960628	51.5	15.7	19.6	275	221	计算迟后 1	0.615	不合格
31950821	32.2	27.4	22.6	211	172	计算迟后 1	0.349	合格
31950816	81.6	73	63.2	549	505	计算提前 1	0.609	合格
31950802	46	7.1	7	145	47	计算迟后 1	0.093	不合格
31950711	62.2	44.3	40.4	606	488	计算迟后 1	0.879	合格
31940823	91.8	85.2	77.3	365	348	计算提前 2	0.628	合格
31940801	45.7	22	25.3	162	81	0	0.493	不合格
31930801	33.7	22.4	19.6	62	60	计算提前 24	-0.105	合格
31930715	36.2	30.5	32.1	372	310	计算提前 2	0.623	合格
31920831	112.1	56.1	56	400	339	计算迟后 3	0.924	合格
31920720	41.9	28	28.9	290	233	计算迟后 2	0.805	合格
31910721	60.9	25.5	31.8	418	355	计算迟后 3	0.626	不合格
31910621	48.5	43.7	42.7	989	794	计算迟后 2	0.412	合格
31910611	62.5	49.8	41.7	826	775	0	0.833	合格
31900908	91.5	74.9	63.5	487	556	计算提前 6	0.855	合格
31900801	78.5	66.1	57.2	757	627	计算迟后 3	0.616	合格
31900715	50.7	46.2	41.3	371	299	计算迟后 5	0.555	合格
31900713	66	36.7	52.2	1465	1094	计算迟后 2	0.3	不合格
31900618	76.9	54.8	46.4	171	179	计算迟后 136	0.286	合格
31890610	54.7	19	15.5	69	55	计算提前 31	0.374	合格
31880720	52.5	55.4	55	1311	1111	0	0.797	合格
31880713	137.1	94.4	87.3	805	799	计算迟后 1	0.666	合格
平均	63.8	45.8	44.1	546	467	计算迟后 6	0.532	25/ 31

参考文献:

- [1] 谈戈,夏军,李新. 无资料地区水文预报研究的方法与出路[J]. 冰山冻土, 2004,(2):192-195. (TAN Ge, XIA Jun, LI Xin. Hydrological prediction in ungauged basins [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004,(2):192-195. (in Chinese))
- [2] 贾仰文,王浩,倪广恒,等. 分布式流域水文模型原理与实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005. (JIA Yangwen, WANG Hao, NI Guangheng, et al. Principle and Practice of Distributed Hydrological Model [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2005. (in Chinese))
- [3] 刘苏峡,刘昌明,赵卫民. 无测站流域水文预测(PUB)的研究方法[J]. 地理科学进展, 2010,29(11):1333-1339. (LIU Suxia, LIU Changming, ZHAO Weimin. Towards the methodology for predictions in ungauged basins [J]. Process in Geography, 2010,29(11):1333-1339. (in Chinese))
- [4] 姚成,章玉霞,李致家,等. 无资料地区水文模拟及相似性分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2013,47(2):108-113. (YAO Cheng, ZHANG Yuxia, LI Zhijia, et al. Hydrological simulations and similarities in ungauged basins[J]. Journal of Hohai University, 2013,47(2):108-113. (in Chinese))
- [5] 包为民. 黄土地区流域水沙模拟概念模型与应用[M]. 南京: 河海大学出版社, 1995. (BAO Weimin. Application and Conceptual Model of Water and Soil Simulation in Loess Area [M]. Nanjing: Hohai University Press, 1995. (in Chinese))
- [6] 汤安国,杨昕. 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2006:429-456. (TANG Anguo, YANG Xin. Geographic Infor-

表6 东圳水库次洪模型模拟预报结果

Table 6 The results of the Dongzhen reservoir hydrological model's computing

洪号	降雨量/mm	实测径流深/mm	计算径流深	实测洪峰/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	计算洪峰/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	峰现时差(时段数)	确定性系数	合格否
31991010	469.6	452.6	458.2	5000	5015	计算迟后 2	0.753	合格
31940804	240.6	119.8	117.1	572	647	计算迟后 1	0.75	合格
31940711	92	99.7	102.8	617	675	计算迟后 1	0.734	合格
31940710	141.1	50.3	52.3	403	465	计算提前 1	0.726	合格
31940614	271.2	174.7	191.5	547	646	计算提前 1	0.805	合格
31930611	83.1	66	53.4	279	313	0	0.675	合格
31930604	236.8	164.3	179	350	409	计算提前 107	0.565	合格
31920706	182.6	114.1	92.4	253	301	计算提前 1	0.483	不合格
31910905	313.7	142.5	100.8	232	483	计算迟后 16	0.192	不合格
31900908	447.5	400.1	405.5	1190	1154	计算迟后 3	0.556	合格
31900730	479.7	300	302.3	942	849	计算迟后 62	0.4	合格
31900629	165.6	104.6	120.7	454	404	计算迟后 2	0.859	合格
31890920	239.6	100.4	84.2	839	1002	计算迟后 1	0.462	合格
31880921	393.6	248.1	253	1240	478	计算迟后 2	0.615	合格
31850920	157.3	82.9	55.1	379	358	计算迟后 3	0.414	不合格
31850820	292.5	166.1	124.5	411	483	0	0.689	不合格
31850624	234.5	134.1	137	418	428	计算提前 11	0.465	合格
31830618	88.8	115	119.2	647	570	计算迟后 3	0.542	合格
31830617	111.5	76.4	82.4	359	397	0	0.426	合格
31800524	125.5	85.9	90.3	972	1134	计算迟后 1	0.767	合格
31650726	341.8	235.6	238	1040	971	0	0.93	合格
31630701	266.5	182.4	183	1144	1059	计算提前 1	0.904	合格
31600608	215	191.7	195.1	1260	1254	计算提前 15	0.564	合格
31000822	453.6	370.4	371.5	1170	1207	计算迟后 2	0.545	合格
平均	251.8	174.1	171.2	863	904	计算提前 1	0.618	20/ 24

mation System Spatial Analysis Experiment Course [M]. Beijing: Science Press, 2006:429-456. (in Chinese))

- [7] 黄振平. 水文统计学 [M]. 南京: 河海大学出版社, 2003. (HUANG Zhenping. Hydrological Statistics [M]. Nanjing: Hohai University Press, 2003. (in Chinese))
- [8] 何晓群. 多元统计分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2004. (HE Xiaqun. Multivariate Statistical Analysis [M]. Beijing: Renmin Uni-

versity of China Press, 2004. (in Chinese))

- [9] J.Y.Zhang. The Decision Support System for Water Management at Catchment Scale Based on GIS [D]. National University College of Ireland,1996.
- [10] Devantier B, Feldman A. Review of GIS application in hydrologic modeling [J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1993,119(2):246-266.

Model Parameters Determination for Ungauged Basins Based on Similarity

SHI Zheng^{1,2}, BAO Weimin³, QU Simin³

(1. Zhengjiang Institute of Hydraulics & Estuary, Hangzhou 310020, China; 2. Zhejiang Key Laboratory of Disaster Prevention and Mitigation for Hydraulics, Hangzhou 310020, China; 3. Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on XAJ model, the GIS technology and similarity analysis were used for hydrological simulations in the ungauged basins. Through correlation and cluster analysis methods, this paper determined the similar basin by the basin characteristics extraction, analyzed the relationship between the model parameters and watershed characteristics, and expounded the feasibility of parameter transformation method for the similar watersheds. The analysis of hydrological similarities indicate that the distances on the parameters of two similar watersheds are mostly small and close in the geometric space. Based on this conclusion, the hydrologic model parameters of ungauged basins were determined, and the good simulation results were achieved.

Key words: ungauged basins; characteristics; XAJ model; similarity analysis.