

改进矢量统计法在汛期分期中应用研究

吴东峰, 何新林, 付杨, 杨广, 张伟, 刘兵

(石河子大学水利建筑工程学院/兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆石河子 832003)

摘要: 汛期分期方法是水库汛期划分的技术手段,合理的汛期划分是实现汛限水位分期控制的基础,是洪水资源化研究的重要组成部分。反映因素全面和划分结果直观是汛期分期方法应用的关键,针对矢量统计法在汛期分期应用中的局限性,提出了同时考虑时间密度和统计样本量级的改进措施,并以实例分析了改进后的矢量统计法在汛期分期应用中的适用性。结果表明,改进后的矢量统计法克服了统计值时间重合和统计点反映信息单一的缺陷,分期结果合理。

关键词: 汛期分期; 矢量统计; 时间密度; 样本量级

中图分类号: TV214

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2007)05-0028-03

Application research of the improved vector statistical method into the flood season division

WU Dong-feng, HE Xin-lin, FU Yang, YANG Guang, ZHANG Wei, LIU Bing

(College Of Water Conservancy & Architectural Engineering/Key Laboratory of Oasis Ecology Agriculture of Xinjiang Bingtuan, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: The way of flood season division is the technical method for the reservoir flood season dividing. The reasonable flood season division is the foundation to realize flood limited water level control by stages and the important constituent of research of flood utilization. The reflected factors were complete and the dividing results were direct-view is the key for application of flood season division method. Pointed to the limitation of vector statistics in employing flood season dividing, the author proposed an improvement measure for considering the time density and the sample quantity, and analysed the applicability of the improved vector statistical method in flood season dividing with an instance. Finally, the results indicated that the improved vector statistical method can overcome the defect which the counting time was coincident and single information can only be reflected, the result of flood season dividing was also rational.

Key words: flood season division; vector statistics; time density; sample quantity

0 引言

根据洪水的季节特性,将汛期划分为不同分期,实现汛限水位的分期控制是增加水库汛末蓄满率,解决防洪与兴利矛盾的有效措施^[1]。由于汛期变化规律有确定性、随机性、过渡性的特性,因而相应的汛期分期确定方法有:成因分析法、数理统计法、模糊分析法、变点分析法、分形分析法以及其他新理论^[2~10]。但是,各种汛期分期方法在应用中都有各自的优点和有待于改进的地方。

本文旨在分析矢量统计法在汛期划分中存在局

限性,提出改进措施,增强其在汛期划分中的适用性和科学性。

1 矢量统计法介绍

矢量统计法是 Cunderlik^[4]于 2004 年针对当前汛期分期方法存在的问题提出的,该方法认为洪水的季节性分期可以依据矢量的方向性来判断,把每场取样洪水看作一个矢量,根据各个矢量之间的方向相似性来判断分割点,即作为汛期分期点。洪水发生的时间 D_i (日期)可转换成角度值 θ_i 来表示洪水发生的时间:

收稿日期:2007-06-02; 修稿日期:2007-06-20

基金项目:兵团高新技术研究发展计划(2007GX17);新疆兵团绿洲生态农业重点实验室开放课题(200405);石河子大学科技成果转化资金引导专项(KGCG2005-07)

作者简介:吴东峰(1980-),男(汉族),河南人,硕士研究生,研究方向为水文学及水资源开发利用。

通讯作者:何新林(1966-),男(汉族),新疆人,教授,主要从事水文学及水资源开发利用方面的研究。

$$\theta_i = D_i \frac{2\pi}{T} \quad (0 \leq \theta_i \leq 2\pi) \quad (1)$$

汛期发生洪水的平均时间:

$$\bar{\theta} = \tan^{-1}\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right) \quad M = \bar{\theta} \frac{T}{2\pi} \quad (2)$$

式中: $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \cos(\theta_i)$; $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sin(\theta_i)$; T 是指汛期内的总天数; \bar{x} 为平均时间矢量在 x 轴的方向值; \bar{y} 为平均时间矢量在 y 轴的方向值。

测定平均矢量长度 \bar{r} 为:

$$\bar{r} = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2} \quad 0 \leq \bar{r} \leq 1 \quad (3)$$

式中: \bar{r} 值接近 1 时表明在该取样中各场洪水的矢量方向与平均矢量方向密集在一起; \bar{r} 值接近 0 时表明该取样中各场洪水的发生时间离散程度较大。

2 矢量统计法改进措施

矢量统计法量化了汛期洪水发生时间的密集程度,通常可以从矢量图上时间点的疏密度的作为划分汛期的依据,较为直观,实际操作简便。但在实际应用中发现一些问题:

(1) 当洪水样本的发生时间有较多重叠时,在矢量图上无法反映,给单纯依据时间点密度划分汛期的矢量统计法的使用带来不便。

(2) 洪水样本中有较多枯水年时,当枯水年样本时间点和丰水年样本时间点偏差较大时,枯水年样本时间密度较大的影响了汛期的划分。

所谓汛期(或主汛期)是指江河中由于流域内季节性降水、融冰、化雪,引起定时性水位上涨的时期,是历年大洪水和对工程不利的洪水经常出没的时期,在汛期划分时洪水样本中可能存一些不能称为大洪水的样本,但是又不能忽略,这时为了区别对待不同量级的洪水对汛期划分的影响,在洪水分期时应同时考虑洪水出现时间密度和洪水量级两方面的因素,所以,本文在矢量统计方法的基础上提出同时考虑这两方面因素的改进措施,考虑将极值量级叠加到时间向量上,这样在矢量图能够同时反映时间和量级的两种指标的影响。

改进后的矢量统计法:

$$r_i = \frac{w_i}{r} \quad r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

式中: r_i 为各洪水样本相对相对矢量长度; w_i 为各洪水样本的实际取值; r 为洪水样本的平均取值。

考虑洪水样本量级权重的汛期平均时间为:

$$\bar{\theta} = \tan^{-1}\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right) \quad (5)$$

综合两种指标的平均矢量长度 \bar{r} 为:

$$\bar{r} = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2} \quad (6)$$

式中: $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i \cos(\theta_i)$, $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i \sin(\theta_i)$ 。

3 实例对比分析

以新疆玛纳斯河流域的夹河子水库为汛期分期实例,根据 1955 年 ~ 1999(1975 年缺测)的入库径流资料,采用年最大值取样法取样,取每一年汛期日流量最大值组成资料序列,共 44 个样本点,以 6 月下旬 ~ 8 月下旬为汛期论域,将各资料值按(1)式换算成矢量,分别按照改进前后的矢量统计法计算各自参数。改进后的样本相对矢量长度按(4)式计算,日流量最大值的均值矢量长度设为 1(图 2 中圆的半径),分别点绘于极坐标图 2 中。改进前、后计算特征参数: $\bar{\theta}_{前} = 183.47^\circ$, $\bar{\theta}_{后} = 183.58^\circ$, M 基本一致为 7 月 27 日,平均矢量长度为 $\bar{r}_{前} = 0.4966$, $\bar{r}_{后} = 0.5339$ 。图中圆周 360 度代表汛期 72 天,即 6 月 21 日至 8 月 31 日之间,每一天表示 360/72 度,以各矢量的聚集情况和洪量等级情况为分期标准,矢量相互密集的角度和洪量等级近似的范围可作为同一个分期。下面是矢量统计法改进前、后的结果对比图。

表 1 改进矢量统计法计算表

年、月、日	日最 大值	矢量 角度	矢量 长度	年、月、日	日最 大值	矢量 角度	矢量 长度
1955-07-21	160	155	0.61	1978-07-12	188.5	110	0.72
1956-07-26	242	180	0.93	1979-08-07	233	240	0.89
1957-08-18	188	295	0.72	1980-08-22	197	315	0.75
1958-08-13	350	270	1.34	1981-07-11	263	105	1.01
1959-07-06	299	80	1.15	1982-08-12	172	265	0.66
1960-08-27	177	185	0.68	1983-08-02	212	215	0.81
1961-07-21	232	155	0.89	1984-06-27	167	35	0.64
1962-08-01	271	210	1.04	1985-08-02	172	215	0.66
1963-08-06	350	235	1.34	1986-08-10	264	255	1.01
1964-08-04	244	225	0.93	1987-07-15	334	125	1.28
1965-07-21	241	155	0.92	1988-08-07	226	240	0.87
1966-08-11	279	260	1.07	1989-07-18	231	140	0.89
1967-07-24	187	170	0.72	1990-08-04	214	225	0.82
1968-07-20	258	150	0.99	1991-07-28	253	190	0.97
1969-07-31	288	205	1.10	1992-07-18	174	140	0.67
1970-07-23	297	165	1.14	1993-08-21	174	310	0.67
1971-07-21	344	155	1.32	1994-07-15	142	125	1.61
1972-07-31	254	205	0.97	1995-07-18	182	140	0.70
1973-07-16	180	130	0.69	1996-07-18	547	140	2.10
1974-07-18	217	140	0.83	1997-07-10	328	100	1.26
1976-07-23	192	165	0.74	1998-08-12	316	265	1.21
1977-06-24	178	20	0.68	1999-08-02	789	215	3.02

图1为改进前矢量统计分期结果,有较多点据重合现象,且无法考虑样本量级,分期区分度不大,只能在样本平均发生时间两侧估计一个大致的范围,将汛期定为7月10日~8月13日。图2为改进后的矢量统计结果7月6日至8月13日之间矢量聚集程度较高,且量级普遍较大,可定为汛期,每年洪水发生时间平均大约在7月27日,其中7月6日至7月28日时间密度高,超均值点多且量级普遍偏大,故将其定为主汛期;8月2日至8月13日定为

后汛期。结合实际控制运用经验,可验证分期结果较为合理。

4 结 语

针对矢量统计法在汛期分期应用中的局限性,提出同时考虑时间密度和统计值量级的改进措施,并以实例分析了改进后的矢量统计法在汛期分期应用中的适用性,结果表明,改进后的矢量统计法克服了统计值时间重合,统计点反映信息单一的缺陷,增强分期效果明显。

参考文献:

- [1] 汝安,曹升乐. 水库分期汛限水位动态控制研究[J]. 山东大学学报(工学版), 2004, 34(5): 81-84.
- [2] 刘克琳,王银堂,胡四一. 水库汛期分期定量分析方法的应用比较研究[J]. 水利水电技术, 2006, 37(9): 76-78.
- [3] 喻婷,郭生练,刘攀,等. 水库汛期分期方法研究及其应用[J]. 中国农村水利水电, 2006, (8): 24-26.
- [4] Cunderlik, JM, Ouarda TBMJ, Bobe B. Determination of flood seasonality from hydrological records[J]. Hydrological Sciences Journal, 2004, 49(3): 511-526.
- [5] 刘攀,郭生练,李玮,等. 变点分析方法在隔河岩水库汛期分期中的应用[J]. 长江科学院院报, 2007, 24(1): 8-11.
- [6] 邹鹰,郭方,沈国昌,等. 岳城水库控制流域暴雨洪水的时程分布规律及分期划分研究[J]. 水科学进展, 2006, 17(2): 265-270.
- [7] 方崇惠,雒文生. 分形理论在洪水分期研究中的应用[J]. 水利水电科技进展, 2005, 25(6): 9-13.
- [8] 高波,刘克琳,王银堂,等. 系统聚类法在水库汛期分期中的应用[J]. 水利水电技术, 2005, 36(6): 1-5.
- [9] 方崇惠,徐高洪. 漳河水库分期设计洪水研究[J]. 长江工程职业技术学院学报, 2004, 21(3): 1-3.
- [10] 刘秀华,宋君,张志会,等. 清河水库汛期分期研究[J]. 水利水电技术, 1999, 30(S1): 60-61.

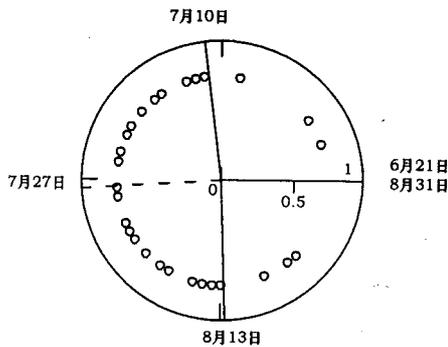


图1 改进前分期结果

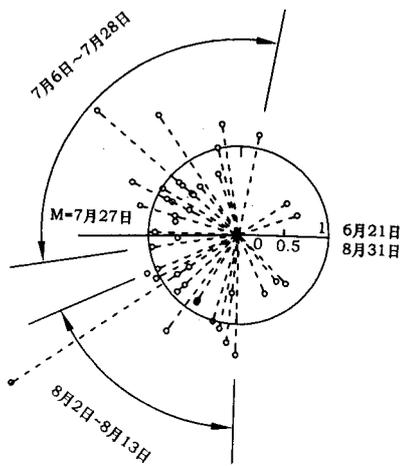


图2 改进后分期结果