

昆仑山玉龙喀什河 最大洪峰出现日期的灰色预测

汤奇成 周成虎

(中国科学院地理研究所
国家计划委员会)

提 要 玉龙喀什河是昆仑山北坡最大的河流——和田河的主要支流。玉龙喀什河同古孜洛克水文站夏洪严重。因此预测最大洪峰出现日期是十分有意义的。用灰色系统理论来预测最大洪峰出现日期,是以原始数据为基础,按累加生成,建立 $GM(1, 1)$ 模型,并通过模型求出平滑度,进而作相对误差检验,合格后再作预测。经过检验,预测基本上符合实际。

关键词 昆仑山 玉龙喀什河 灰色预测 洪峰 残差 灰色系统

和田河是昆仑山北坡径流量最大的河流。它由玉龙喀什河与喀拉喀什河二条支流组成,其中玉龙喀什河是主要支流。玉龙喀什河从河源到山口同古孜洛克长 325 公里,集水面积 14575 平方公里,多年平均年径流量 23.1 亿立方米。玉龙喀什河谷地内峡谷居多,急流浅滩交替出现。河道纵坡大,平均坡降达 7.6 %。玉龙喀什河同古孜洛克水文站在水文上的特点是:径流的年内分配特别不均匀,多年平均汛期 6—9 月,连续四个月最大径流量占年径流总量的 88.8 %,其中 7, 8 两个月就占 68.1 %。这为国内河流所罕见。春季(3—5月)的径流量只占年径流总量的 5.5 %,因此下游灌区春旱严重,成为农业发展的一个主要制约因素。夏洪则又冲毁农田,如 1978 年大洪水曾冲毁农田 45—55 公顷;更严重的是,洪水冲毁了下游的引水龙口,使农田在汛期受旱。

在目前当地修建山区水库尚不具备条件的情况下,准确预测洪水的规模及出现日期,将对和田绿洲的农业生产有举足轻重的作用。最大洪峰出现日期的预测,不仅可以对绿洲的防洪工作作好充分准备而减少损失,而且将对农作物的布局等产生一定的影响。

现就玉龙喀什河同古孜洛克水文站最大洪峰出现日期,用灰色系统理论来给予超长期预测。

一、方 法 概 述

最大洪峰出现日期的灰色预测,属时区预测,即季节性预测。预测以灰色系统为理论基础,用到的是灰色间隔预测法和灰色区间分析法。

最大洪峰出现日期的灰色预测以日为单位,以年区间的时间数据作变量数据。

记 $t_{k(i)}$ 为第 i 时区、第 $K(i)$ 个时刻(日数)出现的洪峰; P 为原始数据集。

$$P = \left\{ \begin{array}{c} 1, 2, 3, 4, \dots, N \\ t_{1k(1)}, t_{2k(2)}, t_{3k(3)}, t_{4k(4)}, \dots, t_{Nk(N)} \\ K(i) \in \{1, 2, 3, \dots\}, \\ i = 1, 2, 3, \dots \end{array} \right\},$$

以原始数据 P 为基础, 按累加生成, 建立 $GM(1, 1)$ 模型, 并通过模型求出平滑变, 进而作相对误差检验, 合格后再作预测。

二、资料情况及处理方法

以1959—1981年玉龙喀什河同古孜洛克水文站的历年最大洪峰出现日期为原始资料(表1)。1982—1983年的资料留作检验用。

表1 历年最大洪峰出现日期

Table 1 The date of maximum flood peak occurrence for each year

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
年	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
月	7	8	8	7	8	8	7	7	8	7	8	7
日	31	9	10	25	7	11	16	23	5	20	12	9
序号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
年	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
月	7	8	7	8	8	7	7	7	8	8	8	
日	31	8	16	4	20	25	14	9	9	7	4	

由表1可见, 最大洪峰出现日期最早为7月9日, 最晚为8月20日, 两者相差42天。从表1可得

$$t_{1k(1)} = 7 \text{ 月 } 31 \text{ 日},$$

$$t_{2k(2)} = 8 \text{ 月 } 9 \text{ 日},$$

$$t_{3k(3)} = 8 \text{ 月 } 10 \text{ 日},$$

余类推。

以最大洪峰出现日期最早的7月9日为基数, 记为 t_0 。

其他各年最大洪峰出现日期作如下处理, 即

$$\overline{t_{1k(1)}} = t_{1k(1)} - t_0.$$

现在, $t_0 = 7 \text{ 月 } 9 \text{ 日}$, 则 $t_{1k(1)} = 7 \text{ 月 } 31 \text{ 日} = 7 \text{ 月 } 9 \text{ 日} + 22$, 即

$$t_{1k(1)} = 22,$$

同样, $t_{2k(2)} = 8 \text{ 月 } 9 \text{ 日} = 7 \text{ 月 } 9 \text{ 日} + 31$, 即

$$\overline{t_{2k(2)}} = 31,$$

$$t_{3k(3)} = 8 \text{ 月 } 10 \text{ 日} = 7 \text{ 月 } 9 \text{ 日} + 32, \text{ 即}$$

$$\overline{t_{3k(3)}} = 32,$$

余类推(表2)。

表2 经换算后的 $\overline{t_{ik(i)}}$ 值

Table 2 The values of $\overline{t_{ik(i)}}$ after transformation

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
年	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
$\overline{t_{ik(i)}}$ 值	22	31	32	16	29	33	7	14	27	11	34	0
序号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
年	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
$\overline{t_{ik(i)}}$ 值	22	30	7	26	42	16	5	0	31	29	26	

三、建模与序列生成

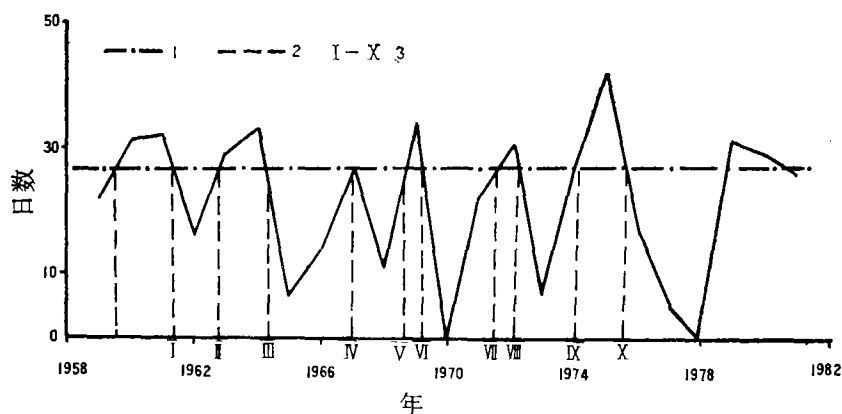
首先要给定一个灾变点,并对上述的 $\overline{t_{ik(i)}}$ 序列进行处理。灾变点的选定是人为的。根据不同的需要,可选定不同的日期作为灾变期。现考虑到最大洪峰出现日期的平均情况及玉龙喀什河下游绿洲的具体情况,初步选定8月5日左右为灾变点。于是可将8月5日化作以7月9日为起点的时间间隔。

由于 $t_{ik(i)} = 8 \text{月} 5 \text{日} = 7 \text{月} 9 \text{日} + 27$,

$t_0 = 7 \text{月} 9 \text{日}$,

故 $\overline{t_{ik(i)}} = t_{ik(i)} - t_0 = 27(1)$ 。

由表2可作成附图。



附图 最大洪峰出现日期曲线

Figure The curve of date of maximum flood peak occurrence

1 27日联线; 2. 1956—1981年过程线与27日联线相交的点垂线; 3. 交点编号

由附图可以得出,以 $\overline{t_{ik(i)}}$ 为阈值,建立灰色序列

$$P \otimes_{(i)} = \left\{ \begin{array}{l} 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, \\ \otimes(20), \otimes(30), \otimes(50), \otimes(80), \otimes(90), \otimes(100), \otimes(120), \otimes(130), \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{cc} 9 & 10 \\ \otimes(150), & \otimes(160) \end{array} \right\},$$

其中 \otimes 为白数(i)邻域的数。按实际资料自化后,得自化集

$$\mathbf{P}_{(i)} = \left\{ \begin{array}{cccccccccc} 1, & 2, & 3, & 4, & 5, & 6, & 7, & 8, & 9, & 10 \\ 23, & 38, & 52, & 80, & 96, & 102, & 126, & 131, & 150, & 165 \end{array} \right\}.$$

以 $P_{(i)}$ 为建模序列, 建立 GM(1, 1) 模型。兹对 $P_{(i)}$ 进行累加(表 3)。

表 3 $P_{(i)}$ 的一次累加数Table 3 The accumulative series of $P(i)$

序数 K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P(i)	23	38	52	80	96	102	126	131	150	165
一次累加数	23	61	113	193	289	391	517	648	798	963

$$X^{(1)}_{(K)} = \sum_{n=1}^K X^{(0)}_{(n)},$$

$$\begin{aligned} \text{例如 } X_{(3)}^{(1)} &= \sum_{n=1}^3 X_{(n)}^{(0)} = X_{(1)}^{(0)} + X_{(2)}^{(0)} + X_{(3)}^{(0)} \\ &= 23 + 38 + 52 = 113. \end{aligned}$$

视 $X^{(1)}_{(K)}$ 的一阶线性微分方程为

$$[dX^{(1)}_{(t)}/dt] + a X^{(1)}_{(t)} = u.$$

在此必须求出 a 和 u ,

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y,$$

$$B = \begin{bmatrix} -(1/2)[X^{(1)}_{(1)} + X^{(1)}_{(2)}] & 1 \\ -(1/2)[X^{(1)}_{(2)} + X^{(1)}_{(3)}] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -(1/2)[X^{(1)}_{(N-1)} + X^{(1)}_{(N)}] & 1 \end{bmatrix},$$

$$Y = [X^{(0)}_{(2)}, X^{(0)}_{(3)}, \dots, X^{(0)}_{(N)}]^T.$$

用表 3 中的数据代入上式, 可得矩阵

$$B = \begin{pmatrix} -42.0 & 1 \\ -87.0 & 1 \\ -153.0 & 1 \\ -241.0 & 1 \\ -340.0 & 1 \\ -455.0 & 1 \\ -582.5 & 1 \\ -723.0 & 1 \\ -880.5 & 1 \end{pmatrix}$$

解矩阵后, 可得

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.1421 \\ 49.1289 \end{bmatrix}.$$

由此得预测模型

$$\hat{X}_{(1)(t+1)} = 368.6900 e^{0.1421t} - 345.6900. \quad (1)$$

四、检验与预测

对式(1)检验结果如表4。

表4 模型计算值检验表
Table 4 The test table of calculated values of the model

序号 K	$X^{(1)}(K)$	$\hat{X}_1(K)$	$X^{(1)}(K) - \hat{X}_1(K)$
1	23	23.0	0
2	61	79.3	-18.3
3	113	114.2	-31.2
4	193	219.0	-26.0
5	289	305.2	-16.3
6	391	404.6	-13.6
7	517	519.2	-2.2
8	648	651.3	-3.3
9	798	803.6	-5.6
10	963	979.1	-16.1

由上可见,大部分点据的误差较小,可以采用,但仍有少数点据误差较大,必须加以调整。调整的方法是以 $X^{(1)}(K)$ 与 $\hat{X}_1(K)$ 的差值系列作为原始数据,建立残差模型,以提高预测的精度。

残差的一次累加数见表5。

表5 残差的一次累加数
Table 5 The accumulative series of the remainder error

序数 K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
残差值	0	18.3	31.2	26.0	16.3	13.6	2.2	3.3	5.6	16.1
一次累加值	0	18.3	49.5	75.5	91.8	105.4	107.6	110.9	116.5	132.5

同前,可求出参数 $a = -0.1233$, $u = 50.217$ 。

于是得残差模型

$$X_{(1)(t+1)} = 407.1915 e^{0.1233t} - 407.1915. \quad (2)$$

式(1)和式(2)可用作预测计算。具体计算如下。

当

$$\begin{aligned} \hat{X}_0(11) &= 260, \\ \hat{X}_0(12) &= 228, \end{aligned}$$

如以 165 作为标准, 则得

$$t(11) = 200 - 165 = 35,$$

$$t(12) = 228 - 165 = 63.$$

165 值大约相当于 1976 年, 则 $t(11)$ 大约为 $1976 + (35/10) \approx 1980$ (年), 即预测 1980 年最大洪峰出现日期在 8 月 5 日左右, 实际出现日期为 8 月 7 日。

同样, $t(12)$ 为 $1976 + (63/10) \approx 1983$ (年), 即预测 1983 年最大洪峰出现日期在 8 月 5 日左右, 而实际出现日期为 8 月 9 日。

由此可以说, 预测基本上符合实际。

必须指出, 由于灾变点选定在 8 月 5 日, 因此本次预测只能受这个灾变点所限。其余最大洪峰出现日期的预测, 则需另选灾变点后加以计算确定。

综上所述, 1. 昆仑山玉龙喀什河每年最大洪峰出现日期的预测对和田绿洲的防洪及农作物布局都有密切的关系; 2. 用灰色系统理论来预测最大洪峰出现日期, 可作为预测手段之一; 3. 用灰色系统理论来预测最大洪峰出现日期, 尚属首次, 还处于探索阶段, 有许多问题尚需进一步研究。例如, 预测中灾变点的确定, 具有很大的主观性, 常因人而变, 所以应确定一些原则, 供选定灾变点用; 再者, $GM(1, 1)$ 模型具有凹曲线的性质, 而水文上的很多序列具有凸曲线的性质, 因此对 $GM(1, 1)$ 模型应作些修改, 这涉及灰色系统的某些理论问题, 有待于深入研究。

参 考 文 献

- (1) 邓聚龙, 1985, 灰色系统(社会 经济), 国防工业出版社。
- (2) 王明星等, 1985, 初霜灰色灾变超长期预测, 模糊数学, (2)。

GREY-SYSTEM FORECAST OF THE DATE OF MAXIMUM FLOOD PEAK OCCURRENCE OF THE YULONGKASHEN RIVER

Tang Qicheng Zhou Chenghu

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences &
State Planning Commission)

Abstract

The Yulongkashen River is the main river of the Hetian River which has maximum runoff in the north slope of the Kunlun Mountains. The summer flood in Tongguziluoke Station of the Yulongkashen River is very serious. So it's of great significance to predict the date in which floods occur. When predicting the

date of flood occurrence with grey system forecasting methods, authors firstly develop a GM(1, 1) model by use of the accumulative series generated based on the original date, secondly calculate the smooth degree with the use of the model and then forecast the date after passing through the test of the relative error. The results which have been got are in accordance with the realities, compared with the measured date.

Key words Kunlun Mountains, Yulongkashen River, grey system forecast, flood peak, remainder error, grey system

1988年度喀喇昆仑山-昆仑山综合科学考察 工作会议

会议由中国科学院青藏高原综合科学考察队主办,于1988年4月22—27日在安徽合肥举行。与会者含中国科学院、国家自然科学基金委员会、新闻出版影视部门和科考队员所在机构等,共24个单位64位人员。会议内容是,交流1987年喀喇昆仑山-昆仑山综合科学考察成果、讨论和制定1988年考察计划。

中国科学院副院长兼考察队队长孙鸿烈教授,国家自然科学基金委员会地球科学部副主任张知非副教授等在会上讲了话。他们一致希望,1987—1991年喀喇昆仑山-昆仑山综合科学考察尽早出成果,出好综合研究成果。

喀喇昆仑山-昆仑山综合科学考察,既是国家自然科学基金委员会资助的重点基础科研项目,又是中国科学院数十个重大项目之一。会议交流结果表明,经1987年实地科考,四个课题分别所取得的主要成果如下。

地质课题组认为,1.喀喇昆仑山与西昆仑山之间有一明显界线,即麻扎-康西瓦一线;2.作为碰撞带直接标志的蛇绿岩、混杂岩和外来岩均不典型,因此尚不能确定第三缝合带西段的存在;3.喀喇昆仑山古生界—第三系齐全,至少到白垩系全为海相;而西昆仑山则三叠系缺失,侏罗系已是陆相,为含煤层系;4.新生代以来火山活动由南向北扩展,第三纪火山岩由富碱向富铁转化,第四纪火山岩为陆相中心式喷发(可分三个喷发阶段)。

地貌课题组认为,1.喀喇昆仑山-西昆仑山与喜马拉雅山脉相同,隆起也始于上新世末第四纪初;2.当地早更新世末—中更新世的构造变动,是新生代以来最强烈的,呈隆起;3.中更新世发生第一次冰川,晚更新世普遍有两次冰川,当时山体隆升高度已近现在的海拔,海拔6000米以上的山峰均在雪线以上;4.高大的山体阻挡了西南气流的进入,致使当地降水减少,冰雪补给不足,因而冰川规模在时间上(由早到晚)和在空间上(由西向东)表现为逐渐退缩;5.全新世以来西昆仑山区旱化严重,众多的外流湖变为内陆湖和盐湖。

生物区系课题组的成果有:1.采集了大量动(鸟兽虫鱼)植物标本,初步鉴定出鱼类有一新种,昆虫有一新属,西昆仑山区植物有些特有种(沙冬青和新疆阿魏等),但无特有属;2.乔戈里—岔道口—甜水海可能是条区系界线,其南属青藏高原区系,其北属亚洲中部区系;3.西昆仑山北翼残留有森林植被,其以雪岭云杉与昆仑圆柏为主,林下有欧洲花楸、忍冬、小檗和柳属等,森林遭破坏后则有鬼羽锦鸡儿大量侵入。

自然地理课题组的主要成果是:1.把喀喇昆仑山-昆仑山区分为:东帕米尔高原宽谷自然区,西昆仑山西段及喀喇昆仑山自然区,西昆仑山东段北翼自然区,西昆仑山东段南翼高原湖盆自然区,中昆仑山西段南翼高原自然区;垂直自然带类型分为极干旱、干旱、高寒干旱及高寒半干旱四类(基带均为荒漠类型),其中以干旱类型最发育;2.西昆仑山北翼山地草原带海拔2900—3600米处,断续分布由雪岭云杉和昆仑圆柏组成的针叶林;3.垂直自然带谱较丰富,且不仅南北不同,东西差异也很明显。

1988年喀喇昆仑山-昆仑山综合科学考察从6月初至9月,地区在新疆—西藏公路以东的中东昆仑山区和阿尔金山区,部分专业人员要进入可可西里山区。

中国科学院青藏高原综合科学考察队 武素功