

周期均值叠加分析方法在乌鲁木齐河6月月平均流量预报中的应用

艾丽玛·尼格买提

新疆水文分析计算中心

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6394

[摘要] 乌鲁木齐河是新疆天山北坡重要的水源地,其来水量直接影响下游城市供水和生态安全。后峡水文站是乌鲁木齐河上游控制站。本文选取乌鲁木齐河上游后峡水文站6月月平均流量序列按其周期变化规律进行分解和叠加,对1983–2023年序列做了模拟检验,对2024年做了预报,从模拟检验和预报结果看均值叠加分析方法效果好,同时可知1983–2023年6Q序列模拟检验合格率为85.3%,而2024年预报结果对应的 $|6Q|=7.93%<30%$,精度高,说明周期均值叠加分析方法在乌鲁木齐河中期水文预报方面也有一定的使用价值。最终模拟检验和预报结果符合精度要求。

[关键词] 6月月平均流量; 周期波; 周期波叠加; 模拟检验; 预报

中图分类号: P338 文献标识码: A

Application of the Cycle Mean Superposition Analysis Method in the Forecast of the Monthly Average Discharge of the Urumqi River in June

Alima Nigmat

Xinjiang Hydrological Analysis and Calculation Center

[Abstract] The Urumqi River is an important water source on the northern slope of Tianshan in Xinjiang. Its water inflow directly impacts the water supply of downstream cities and ecological safety. The Houxia Hydrological Station is a control station in the upper reaches of the Urumqi River. In this paper, the June monthly average flow sequence of the Houxia Hydrological Station in the upper reaches of the Urumqi River was selected. It was decomposed and superimposed based on its periodic variation rules. A simulation test was conducted on the 1983 – 2023 sequence, and a forecast was made for 2024. From the results of the simulation test and forecast, the mean superposition analysis method shows good effects. Also, the pass rate of the simulation test of the 6Q sequence from 1983 to 2023 is 85.3%. The $|6Q|$ value corresponding to the 2024 forecast result is $7.93% < 30%$, with high accuracy. This indicates that the cycle mean superposition analysis method has certain application value in the medium – term hydrological forecasting of the Urumqi River. Finally, the results of the simulation test and forecast meet the accuracy requirements.

[Key words] June monthly average flow; Periodic wave; Periodic wave superposition; Simulation test; Forecast

引言

周期均值叠加法(Cycle-averaging method)是一种通过对历史数据进行周期性平均处理,得到未来一段时间内的趋势预测方法。首先,周期均值叠加分析方法是一种简单有效的手段,不需要复杂的数学模型和大量的计算资源,其次,在中期水文预报中应用效果较好。

1 序列类型的确定

以1983年为起点计算后峡水文站1983–2023年6月月平均

流量序列统计年数为2, 3, … 41年的均值与方差,发现序列有稳定的周期性变化,说明该站的6月平均流量序列宜采用周期均值叠加方法进行模拟和预测。

2 识别周期

2.1 识别第一周期波

用周期均值叠加分析方法来识别周期基本思路:首先,序列 n (41年)为样本容量,分成 b 组 $=2, 3, \dots, m$ (因本序列样本数 n 为奇数, $m=(n-1)/2$),再按方差分析,分组形式分别计算各组的均

值, 对每个组进行F检验计算p(相伴概率), 里面选取组间差异最大, 组内差异最小的分组组数当周期。

表1 对应不同分组6月月平均流量序列统计量F及相伴概率p值

分组组数	统计量F值	相伴概率p
3	6.53E-03	0.993
4	1.845	0.154
5	1.521	0.216
6	0.298	0.909
7	0.917	0.498
8	2.756	0.021
9	0.506	0.843
10	0.919	0.521
11	0.516	0.865
12	0.624	0.786
13	0.885	0.573
14	0.717	0.729
15	1.624	0.142
16	2.146	0.046
17	1.756	0.092
18	0.609	0.857
19	0.680	0.791
20	1.092	0.412

从表1中可以看出, 在所有分组中, 仅有8组和16组的相伴概率p值(分别为0.021和0.046)小于0.05。其中, 8组的相伴概率p值最小, 这表明其组间差异更显著。因此, 将8组选定为第一周期。

确定8组为第一周期后, 把该组中的变量按照序列开始时刻到终止时刻的顺序进行排列, 这样就构成了第一周期波序列。完成这一步后, 从原始的观测变量序列中去除第一周期波序列, 进而生成新的序列, 以便后续分析。

2.2识别第二周期波

新序列依旧按照识别第一周期波的方法进行分析。首先对新序列进行分组, 然后采用方差分析, 针对不同的分组形式分别计算均值, 同时考量组间差异和组内差异, 最后通过F检验得出相伴概率。经分析可知, 当设定新序列的信度为0.05时, 不存在周期; 而当信度设定为0.1时, 则能够识别出周期。

表2 对应不同分组的新序列统计量F及相伴概率p值

分组组数	统计量F值	相伴概率p
2	1.66E-13	0.999
3	4.27E-02	0.957
4	1.24E-13	0.999
5	2.52814	0.073
6	0.105	0.999
7	0.730	0.630
8	9.79E-14	0.999
9	0.466	0.939
10	1.332	0.258
11	0.769	0.684
12	0.417	0.970
13	1.222	0.298
14	0.494	0.932
15	1.580	0.124
16	0.739	0.764
17	1.855	0.092
18	0.598	0.87
19	0.967	0.517
20	1.481	0.137

从表2能够看出, 新序列分为5组和17组时, 相伴概率p值分别为0.073和0.092, 均小于0.1。在这两组中, 5组的p值更小, 意

味着其组间差异的显著性更强, 因此将5组选定为第二周期。确定5组为第二周期后, 把该组中的变量按照序列开始时刻到终止时刻的顺序依次排列, 这样就构成了第二周期波序列。

最后, 对识别出的各周期波序列进行叠加处理。在此基础上, 计算观测变量与相应周期波叠加值之间的相对拟合误差, 并依据这些误差数据绘制相应的历史拟合曲线图。在进行预报时, 将外延叠加值作为预报值。

3 模拟检验及预测

运用周期均值叠加分析方法, 对1983-2023年的6月平均流量进行模拟检验, 并对2024年的6月平均流量进行预测, 结果如下:

当信度为0.05时, 方差比 $F=2.755852$, 大于 $F(\alpha)=1.91$, 这表明此时存在第1周期, 其周期长度 $T=8$, 即第一周期波的周期长度为8。

当信度为0.1时, 方差比 $F=2.52814$, 大于 $F(\alpha)=2.11$, 说明此时存在第2周期, 周期长度 $T=5$, 也就是第二周期波的周期长度为5。

表3 1983-2023年的6月平均流量进行模拟检验

年份	原始序列值	第一周期波 ($T=8, \alpha=0.05$)	第二周期波 ($T=5, \alpha=0.1$)	周期波叠加	相对误差(%)
1983	9.721857	10.17023	-1.726955	8.443276	-13.2
1984	10.83692	12.36595	1.270517	13.63646	25.8
1985	9.260189	10.08901	1.222295	11.31131	22.2
1986	8.753845	15.1701	-1.172193	13.99791	59.9
1987	10.66708	12.58983	0.6222061	13.21204	23.9
1988	8.518008	8.548536	-1.726955	6.821582	-19.9
1989	10.78192	8.697871	1.270517	9.968388	-7.55
1990	12.84654	10.42519	1.222295	11.64748	-9.33
1991	8.311575	10.17023	-1.172193	8.998037	8.26
1992	12.17443	12.36595	0.6222061	12.98815	6.68
1993	10.20145	10.08901	-1.726955	8.362057	-18.0
1994	21.63367	15.1701	1.270517	16.44062	-24.0
1995	13.5282	12.58983	1.222295	13.81213	2.10
1996	11.34854	8.548536	-1.172193	7.376343	-35.0
1997	11.20622	8.697871	0.6222061	9.320077	-16.8
1998	11.45398	10.42519	-1.726955	8.698235	-24.1
1999	11.01032	10.17023	1.270517	11.44075	3.91
2000	17.05713	12.36595	1.222295	13.58824	-20.3
2001	8.818042	10.08901	-1.172193	8.916819	1.12
2002	20.64364	15.1701	0.6222061	15.79231	-23.5

年份	原始序列值	第一周期波 (T=8, α=0.05)	第二周期波 (T=5, α=0.1)	周期波叠加	相对误差(%)
2003	10.59737	12.58983	-1.726955	10.86288	2.51
2004	6.684119	8.548536	1.270517	9.819053	46.9
2005	9.220086	8.697871	1.222295	9.920166	7.59
2006	7.889519	10.42519	-1.172193	9.252996	17.3
2007	10.18798	10.17023	0.6222061	10.79244	5.93
2008	6.975678	12.36595	-1.726955	10.63899	52.5
2009	12.96959	10.08901	1.270517	11.35953	-12.4
2010	16.0805	15.1701	1.222295	16.3924	1.94
2011	13.38809	12.58983	-1.172193	11.41764	-14.7
2012	8.559234	8.548536	0.6222061	9.170742	7.14
2013	6.897137	8.697871	-1.726955	6.970917	1.07
2014	9.535906	10.42519	1.270517	11.69571	22.7
2015	12.20966	10.17023	1.222295	11.39253	-6.69
2016	14.78556	12.36595	-1.172193	11.19375	-24.3
2017	9.195782	10.08901	0.6222061	10.71122	16.5
2018	8.738875	15.1701	-1.726955	13.44315	53.8
2019	14.76841	12.58983	1.270517	13.86035	-6.15
2020	7.632781	8.548536	1.222295	9.770831	28.0
2021	5.384	8.697871	-1.172193	7.525678	39.8
2022	10.4	10.42519	0.6222061	11.04739	6.22
2023	9.58	10.17023	-1.726955	8.443276	-11.9
2024		12.36595	1.270517	13.63646	

由表3可见,2024年“后6”周期波叠加外延试报结果为13.6m³/s,实测值为12.6m³/s,|Q|=7.93%<30%,预测合格。

4 结语

(1)模拟检验结果可见,有6年不合格,若|6Q|≤30%为合格,则1983-2023年序列模拟检验合格率为85.3%,而2024年对应的|Q|=7.93%<30%,精度高,说明周期均值叠加分析方法在中长期预报中有一定的使用价值。

(2)该方法利用本站历史流量数据进行分类和周期识别,无需依赖其他水文或气象站数据,特别适合(后峡水文站)干旱区特点。

(3)周期均值叠加法预测结果仅仅是对未来趋势的估计,在具体实施中可能存在误差,需要根据实际情况进行验证并对预测结果进行调整。

[参考文献]

[1]水利部.水文情报预报规范:GB/T 22482-2008[S].中国标准出版社,2008.

[2]旦木仁加甫.常用中长期水文预报Visual BASIC 6.0应用程序及实例[M].郑州:黄河水利出版社,2004.

[3]旦木仁加甫.非平稳时间序列VB 6.0系统应用模型[M].郑州:黄河水利出版社,2006.

[4]旦木仁加甫.开都河年均流量非平稳序列模型的建立与预报[J].新疆水利,1995.

[5]吕晓红,蔡新龙.玛纳斯河年均流量非平稳序列混合模型的建立与预报[J].内蒙古水利,2013,(02):41-43.

[6]苏仁.非平稳序列技术在开垦河年径流量预报中的应用[J].农业灾害研究,2022,12(02):134-136.

作者简介:

艾丽玛·尼格买提(1974--),女,新疆乌鲁木齐人,大学本科,副高,研究方向:水情报汛,水文预报。