

基于改进多元模糊均生函数的 克孜河年径流预测^{*}

袁 勇

(新疆塔里木河流域阿克苏管理局, 新疆 阿克苏 843000)

【摘 要】 天然径流的计算是区域水资源评价和水利水电工程设计的基础。本文采用改进多元模糊均生函数时间序列模型对新疆克孜河天然径流量进行模拟,结果表明该模型适用于天然径流预测,且可获得较高的预测精度。

【关键词】 改进多元模糊均生函数; 年径流; 预测

中图分类号: TV214

文献标志码: A

文章编号: 2096-0131(2017)08-0071-03

Annual runoff forecast of Kazi River based on improved multiple fuzzy homogenetic functions

YUAN Yong

(Xinjiang Tarim River Basin Aksu Administration, Aksu 843000, China)

Abstract: The calculation of natural runoff is the basis for evaluation of regional water resources and design of hydropower projects. The time series model of improved multiple fuzzy homogenetic functions is adopted for stimulating natural runoff in Xinjiang Kezi River. Results show that the model is applicable to natural runoff prediction, and higher prediction accuracy can be obtained.

Keywords: improved multiple fuzzy homogenetic functions; annual runoff; prediction

均生函数时间序列预测模型是在 20 世纪 90 年代提出的预报模型,其核心理念是将原始序列通过均生函数转化为一系列可体现不同周期特性的基函数,并开展预测,以此提高整体预测精度。众所周知,在预测过程中,自回归(AR)、自回归滑动平均(ARMA)等模型都存在随着预测期延长预测值趋于平均化的问题^[1-2],灰色模型及指数平滑模型等也存在对序列中的极值特征表现不佳等问题^[3]。而均生函数时间序列预测模型与许多其他时间序列预测模型不同,其从理论上克服了这两类问题,可实现多步预测,并且可极大地

提高极值的拟合效果,较好地解决了均化和极值预测差的难题。

由于近几十年人类活动对环境的影响愈加显著,水文时间序列,也包括部分地区的气象数据都逐渐表现出了非平稳特征^[4],致使均生函数模型在应用中的效果受到了极大的影响。尽管如此,均生函数模型仍不容忽视,其在平稳序列预测中的优势仍是很多模型所不具备的,比如在天然径流的预测领域,其前景尤为可观。

天然径流计算是水文计算前数据一致性处理的重要内容之一,其结果的好坏直接影响水利工程设计的

* 基金项目:水利部公益性行业科研专项经费资助(课题编号:201501059)

合理性。目前,天然径流计算比较常用的方法主要包括分项调查法^[5]、降水径流关系法^[6]、水文模型法^[7]等。但由于其理论基础和应用层面的限制,在一些地区,很多方法并不是万能的。鉴于此,本文在前人研究基础上,提出改进的多元模糊均生函数进行天然径流的预测,其结果可作为其他天然径流计算方法的验证。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

克孜河位于新疆喀什地区与克孜勒苏柯尔克孜自治州境内,是喀什噶尔河流域最大的一条河流,该河发源于吉尔吉斯斯坦境内海拔 6048.00m 的特拉普齐亚峰,河道全长 445.50km,在我国境内长约 371.80km,出山口卡拉贝利水文站以上集水面积为 16168km²。克孜河入境后,自上而下流经乌恰县、疏附县、疏勒县、喀什市及伽师县,多年平均径流量 22.37 亿 m³(卡拉贝利水文站,1958—2010 年径流系列),是喀什地区重要的生产与生活水源。

1.2 数据来源

本文选取新疆克孜河上游的卡拉贝利水文站 1958—2010 年径流数据。本文对水文资料的可靠性、一致性和代表性进行了审查,数据质量良好。

2 研究方法

2.1 改进的多元模糊均生函数时间序列预测模型

在传统均生函数模型基础上,构建改进预测模型。该模型结合变异点检测方法,通过对变异点前的数据拟合,构建预测模型,并实现对变异点后的天然径流的预测。

具体改进如下:在生成模糊均生函数时,由于周期算法的问题,无法实现最后几项拟合数据在各周期所对应的模糊均生函数延拓序列中均得以考虑^[8]。而众所周知,最后几项拟合数据值常在预测中起关键性作用。为了解决此问题,本文将左其亭等^[8]提出的逆序处理方法,应用于均生函数模型,以保证拟合序列尾部的数据在预测中的效能实现。本文在处理上做了两点改进:一是只提取前 P 个 Z 值(降序)所对应的优势周期延拓序列;二是提取的优势序列直接作为预测因子代入最优子集回归模型中。

本文中引入外部因子,实现多元预测以反映径流在物理成因上的特性,即考虑降水径流关系,但不仅仅是停留在天然径流预测的统计学层面,而是将降水、气温实测值与变异点之前的模糊均生函数延拓序列一同代入,并构建最优子集回归模型,以逐一建立其与原序列之间的映射关系,即赋权。拟合计算完成后,将生成的模糊均生函数延拓序列按周期外延方式进行延拓,延拓结果与变异点之后的实测降水、气温数据一起代入已构建的最优子集回归模型中,进行天然径流的重构。

2.2 误差评价指标

为评估径流预测的准确性,本文使用三个评价性能指标验证预测成果:平均相对误差绝对值(R_{MAPE}),表示实测序列和预测序列中每一点的相对误差的平均绝对值,其值越小表示模型预测精度越高;方向变差对称性(DVS),表示能正确预测目标值变化方向的百分比,其值越接近于 1,表示模型预测结果精度和可靠性越高;标准均方误差(R_{NMSE}),其值越小代表模型预测效果越好。

3 结果与分析

本文选取新疆克孜河卡拉贝利水文站的月天然径流量为研究对象,径流序列长度为 1958—2010 年,资料来自于新疆水文水资源局。图 1 为该水文站天然径流量的变化过程及趋势。

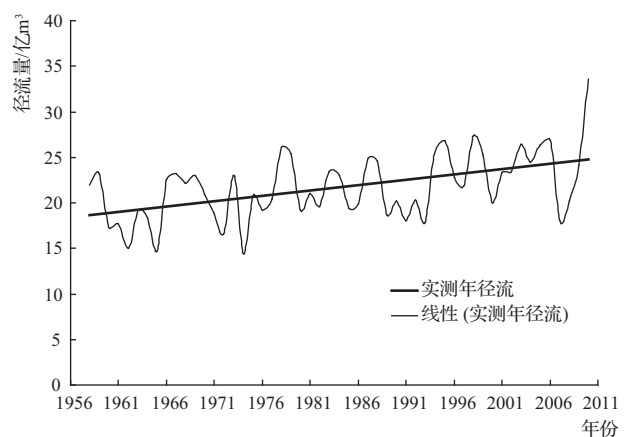


图 1 克孜河卡拉贝利水文站天然年径流量变化过程

通过 Mann-Kendall (MK) 方法对径流趋势的进一步分析,结果发现:卡拉贝利水文站的年、汛期和非汛期径流量的 MK 统计量均大于零,且通过 0.01 的置信水平检验,呈现出极显著的递增趋势。

3.1 验证改进多元模糊均生函数模型的可行性

3.1.1 外部因子选取

克孜河流域近 50 年来气温逐渐增加,降水量总体呈增加的趋势,两者的年际变化均对径流量的变化有着重大影响。经计算,流域年降水量和径流量在年际变化尺度具有较好的相关性,其相关系数 R^2 达 0.8212,表明其间存在较为强烈的物理驱动关系。因此,本文采用降水和气温作为径流预测的外部预测因子。

3.1.2 检验数据

由于本文预测的是天然径流,因此,选择人类弱扰动期(1958—1990 年)的克孜河天然径流数据进行模型计算。模型计算步骤如下:

a. 基于 1958—1980 年实测径流序列生成模糊均生函数延拓序列,并提取其优势周期对应的模糊均生函数延拓序列。

b. 利用 1958—1980 年降水和气温序列与同期径流模糊均生函数延拓序列,构建最优子集回归模型。

c. 建立的最优子集回归模型中,预测 1981—1990 年的天然径流序列。

模型预测结果见表 1。

表 1 克孜河 1981—1990 年天然径流预测精度评价

误差指标	验证期
R_{MAPE}	0.1102
DVS	0.7047
R_{NMSE}	0.1035

可以看出,改进的多元模糊均生函数模型在径流预测中表现出了精度高、误差小的特点,对天然径流序列的趋势波动等变化拟合均较好,认为可用于该河流的天然径流预测。

3.2 克孜河天然径流的预测及其验证

同样,将 1958—1990 年实测径流数据和 1958—

表 2 四种模型预测结果的评价指标

模 型	R_{MAPE}	DVS	R_{NMSE}
模糊均生函数预测模型	0.2112	0.687	0.573
多元模糊均生函数预测模型	0.1817	1	0.328
多元模糊均生函数-RBF 神经网络耦合预测模型	0.5568	0.476	0.703
改进的多元模糊均生函数预测模型	0.1034	0.654	0.124

2010 年的实测降水、气温数据代入改进多元模糊均生函数模型预测得 1991—2010 年的天然径流序列,模型预测结果评价见表 2。

对比不同模型预测克孜河天然径流的结果,表明改进的多元模糊均生函数模型预测效果最好。

4 结 论

本文对传统的均生函数预测模型进行了改进。在均生函数中借鉴模糊集以及逆推的思想,避免临近数据在预测中的效能失真;根据最优子集线性回归模型的需要,改进了提取优势周期的方法;将降水、气温时间序列作为外部预测因子引入天然径流的预测中,在最优子集回归模型中融入了统计特性传递和物理驱动两大变量群,大大提高了天然径流的预测精度,使其不仅具有统计意义,且在时域上的表现也较为精确。

通过与不同模型的预测对比,发现改进的多元模糊均生函数预测模型表现出了比其他方法更好的精度和预测效果,是一个有价值的新方法。随着计算技术的进步,天然径流的计算精度和可信度越来越高。在分项调查法、蒸发差值法、水文模型法受限或应用较为困难的情况下,改进的多元模糊均生函数时间序列预测模型不失为一种好的交叉验证方法。

参考文献

- [1] 魏凤英,曹洪兴.长期预测的数学模型及其应用[M].北京:气象出版社,1990.
- [2] Parzen E. ARARMA models for time series analysis and forecasting[J]. Journal of Forecasting,1982,1(1):67-82.
- [3] 施泽军,李凯.基于灰色模型和指数平滑法的集装箱吞吐量预测[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2008,27(2):302-332.
- [4] Lu S L. Quantifying impacts of climate variability and human activities on the hydrological system of the Haihe River Basin, China [J]. Environmental Earth Sciences, 2015, 73 (4): 1491-1503.
- [5] 李东,蒋秀华,王玉明.黄河流域天然径流量计算解析[J].人民黄河,2001,23(2):35-37.
- [6] 孙娟绒.坪上水库径流还原计算分析[J].太原理工大学学报,2005,36(5):589-596.
- [7] 吕孙云,朱志龙,徐德龙.区域水资源量还原计算简化方法探讨[J].人民长江,2008,39(17):32-35.
- [8] 左其亭,高峰.水文时间序列周期叠加预测模型及 3 种改进模型[J].郑州大学学报(工学版),2004,25(4):67-73.