

陕北地区年降水量频率分布参数估算研究

贾玉红^{1,2}, 宋松柏¹

(1. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 内蒙古赤峰市水利局, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要: 以陕北地区年降水量系列为基础资料, 选取 12 种概率分布模型, 分别按矩法、极大似然法估计参数, 并参照离差平方和最小准则 OLS 进行了参数优选, 最终优选出在 OLS 准则下的最佳分布模型、参数计算方法以及最优分布不同频率下的设计值。结果表明: 在 OLS 准则下, 对数正态分布(LN2)或广义极值分布(GEV)拟合效果好。文中计算结果可以为水利工程的规划设计与运行以及水资源管理提供依据。

关键词: 降水频率分析; 概率分布模型; 参数估计; 陕北地区

中图分类号: TV121.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)05-0048-03

Parameters estimation of annual precipitation frequency distribution in north region of Shaanxi Province

JIA Yuhong^{1,2}, SONG Songbai¹

(1. College of Water Resources & Architecture Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. Inner Mongolia Water Resources Bureau, Chifeng 024000, China)

Abstract: Based on the annual precipitation data of north region of Shaanxi, using the moment method, maximum likelihood estimation and probability-weighted moment method, the best theoretical frequency distribution, best method of estimating parameters and annual precipitation of different frequency have been obtained by OLS standard from 12 types of frequency distribution model. The results show that LN2 and GEV have good fitting. The results can provide the basis for water conservancy project planning, design, construction and operation management.

Key words: precipitation frequency analysis; probabilistic distribution model; parameter estimating; north region of Shaanxi province

0 前言

近年国内外对水文频率分布线型、多变量水文频率分析、非参数估计、参数估计方法、洪水频率区域综合分析、超定量洪水系列频率分析等方面进行了广泛和深入地研究,取得了一些进展^[1-5]。《洪水频率分析的统计分布》(Statistical Distribution for Flood Frequency Analysis, WMO Operational Hydrology Report, No. 33)一书中较全面系统地总结了洪水频率分析的线型、参数估计方法以及各国的使用情况^[6]。虽然各国采用不同的频率分布,但其线型不一定适应本国所有地区,对于某一地区,可能会有更合适的分布线型存在,因此,利用合理的计算技术探寻区域最佳分布线型是当前一个研究方向。

本文以陕北地区为研究对象,选用正态分布类(正态分布、对数正态分布), Γ 分布类(指数分布、2参数 Γ 分布、P-III分布、对数P-III分布),极值分布类(广义极值分布、极值I型分布、Weibull分布),Wakeby分布类(5参数Wakeby分布、4参数Wakeby分布、广义Pareto分布),Logistic分布类(Logistic分布、广义Logistic分布)等分布,采用矩法和极大似然法,按照离差平方和最小 OLS 优选准则,研究了该地区 12 个水文测站年降水量的最佳分布线型和参数估算,以期为该地区水利工程规划设计和水资源管理提供依据。

1 研究方法

本文选取矩法、极大似然法进行研究区年降水

收稿日期:2012-06-05; 修回日期:2012-06-27

基金项目:国家自然科学基金项目(51179160、50879070、50579065);高等学校博士学科点专项科研基金(20110204110017)资助

作者简介:贾玉红(1970-),女,内蒙古赤峰市人,在读工程硕士研究生,从事水资源管理研究。

通讯作者:宋松柏(1965-),男,陕西咸阳市人,教授,从事水文水资源方面的教学与研究工作。

量序列分布参数估计。

矩法是用样本矩代替(或估计)总体矩,并通过矩和参数之间的关系式,来估计频率曲线统计参数的一种方法^[7]。设 X 为连续型随机变量,其概率密度为 $f(x; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$, 其中, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ 为待估算参数, X_1, X_2, \dots, X_n 为来自 X 的样本,其值为 x_1, x_2, \dots, x_n 。总体 X 的前 k 阶矩为:

$$\mu_l = E(X^l) = \int_{-\infty}^{\infty} x^l f(x; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) dx \quad l = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

样本矩则可用式(2)进行计算。

$$A_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^l \quad l = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

以样本矩 A_l 代替总体矩 μ_l , 有参数的估计量

$$\begin{cases} \hat{\theta}_1 = \theta_1(A_1, A_2, \dots, A_k) \\ \hat{\theta}_2 = \theta_2(A_1, A_2, \dots, A_k) \\ \dots \\ \hat{\theta}_k = \theta_k(A_1, A_2, \dots, A_k) \end{cases} \quad (3)$$

极大似然估计方法是建立在极大似然原理基础上的方法,其基本观点是:一个随机试验若有若干个可能发生结果 A, B, C, \dots 。假定在一次试验中,结果 A 出现,则一般认为试验条件对 A 出现有利,也即 A 出现的概率很大^[7]。根据概率原理, X_1, X_2, \dots, X_n 的似然函数为:

$$\begin{aligned} L(\theta) &= L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) \\ &= \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) \end{aligned} \quad (4)$$

求解方程组(5),即可获得参数的估计值。

$$\begin{cases} \frac{\partial L(\theta)}{\partial \theta_1} = 0 \\ \frac{\partial L(\theta)}{\partial \theta_2} = 0 \\ \dots \\ \frac{\partial L(\theta)}{\partial \theta_k} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

2 应用实例

陕北地区位于陕西省北部,属黄河中游地区,总面积 8.06 万 km^2 , 约占陕西省的 39.2% 。其中水域面积 950 km^2 , 占全省水域面积的 24.5% 。该地区是我国黄土高原的主体部分,位于我国季风气候区与内陆气候区的过渡地带,生态环境脆弱,加之人类活动的干扰,这里已经成为我国乃至世界水土流失最严重的地区。陕北地区属温带半干旱气候,降水较少,年平均降水量在 $320 \sim 660$ mm 之间,降水量

在空间上分布不均,总体上南部降水量多于北部^[8]。

本文选用陕北地区 12 个水文测站(定边、富县、甘泉、黄龙、洛川、洛南、铜川、吴旗、耀县、宜川、宜君、志丹)的年降水资料,根据上述所述方法对其年年降水量系列进行了频率分布参数估计。

2.1 资料审查

通过对各站资料进行的审查分析,上述站点的年降水资料具有较好的可靠性、一致性、代表性,其主要统计参数见表 1。

表 1 各站的主要统计参数

测站	资料长度	均值	标准差	C_v	C_s
定边	1981-2008	323.6	86.91	0.27	0.69
富县	1981-2008	529.6	107.88	0.20	0.30
甘泉	1981-2008	530.0	113.35	0.21	0.33
黄龙	1981-2008	567.0	123.56	0.22	0.63
洛川	1981-2008	590.9	120.49	0.20	0.42
洛南	1981-2008	699.7	158.08	0.23	0.40
铜川	1981-2008	595.4	134.32	0.23	0.45
吴旗	1981-2008	444.7	94.09	0.21	0.32
耀县	1981-2008	540.2	138.62	0.26	0.49
宜川	1981-2008	512.9	96.38	0.19	0.30
宜君	1981-2008	672.7	135.56	0.20	0.57
志丹	1981-2008	472.0	89.05	0.19	0.45

2.2 分布模型的确定

根据选用 12 种分布,应用公式(1) - (5),采用 Matlab 编程,按 OLS 适线准则,经计算,各站最佳分布如表 2 所示。

表 2 各站点年降水最佳分布模型及参数统计成果表

测站名称	最小 OLS 值	最优分最佳参数				
		布模型估计方法	参数 1	参数 2	参数 3	
定边	6245.68	GEV	ML	71.77	-0.07	286.24
富县	6691.36	LN2	ML	6.25	0.21	
甘泉	7549.39	GEV	MOM	112.55	0.27	489.16
黄龙	20530.80	LN2	ML	6.32	0.22	
洛川	20214.80	GEL	MOM	66.12	-0.04	586.93
洛南	7740.90	WBL	MOM	402.12	2.40	343.27
铜川	13565.40	LN2	ML	6.36	0.23	
吴旗	4621.21	GEV	MOM	91.93	0.24	409.65
耀县	14886.50	LN2	ML	6.26	0.26	
宜川	5437.34	GEV	MOM	94.52	0.25	477.23
宜君	25559.90	LN2	ML	6.49	0.20	
志丹	6759.72	GEP	ML	715.94	2.40	261.55

从表 2 可以看出,12 个测站的最优分布模型中有 5 个为对数正态分布(LN2),4 个为广义极值分

布(GEV),1个为广义 Logistic 分布(GEL),1个为广义 Pareto 分布(GEP),1个为 Weibull 分布(WBL);最佳参数估计方法中,极大似然法(ML)占7个,矩法(MOM)占5个。可见对于陕北地区的年降水量系列,对数正态分布(LN2)为最优分布模型,广义极值分布(GEV)在部分站点也有不错的效果。

2.3 参数计算方法的确定

由表2可得,陕北地区各测站在 OLS 优选准则

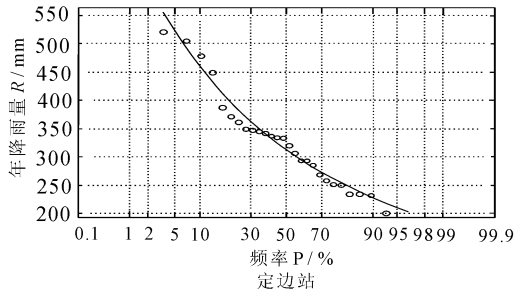


图1 年径流理论频率曲线(以定边站和富县站为例)

2.4 年降水量设计值计算结果

通过上述最优分布模型和参数计算方法的确定及最优分布下参数,本文可得到 OLS 准则下陕北地区各测站最优分布时不同频率的设计值(见表3),可为陕北地区的各类水利工程规划设计和水资源管理提供依据。

表3 陕北地区各站最优分布下不同频率设计值 %, mm

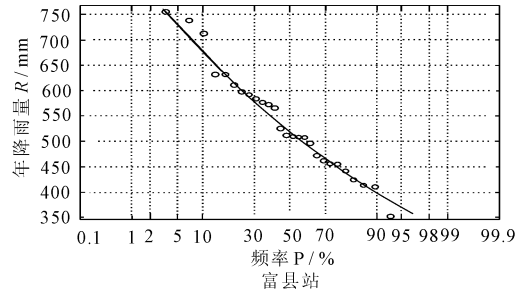
站名	频率			
	25	50	75	95
定边	379.5	312.9	263.0	210.3
富县	596.6	519.0	451.5	369.4
甘泉	608.5	528.5	450.7	345.7
黄龙	642.0	554.3	478.5	387.3
洛川	661.0	586.9	515.7	402.2
洛南	803.95	688.5	582.7	460.1
铜川	677.3	580.8	498.1	399.2
吴旗	508.6	441.9	378.4	294.3
耀县	622.4	523.4	440.1	342.9
宜川	578.7	510.4	445.1	358.2
宜君	755.9	659.8	575.9	473.4
志丹	549.0	503.3	410.3	296.1

3 结语

(1)应用 OLS 准则对陕北地区年降水量系列进行频率分析计算时,建议采用对数正态分布(LN2)或广义极值分布(GEV)作为其理论分布模型。

(2)陕北地区的年降水频率分布模型的参数计算方法可采用矩法(MOM)或极大似然法(ML),实

下,对于各种不同的理论分布模型,应用极大似然法(ML)及矩法(MOM)计算参数时都会获得比较好的适线效果,极大似然法估计参数略占优势。本文给出了定边站和富县站的拟合对比图(图1),从频率曲线图可以看出最优分布线型与经验点据拟合效果好。因此,本文建议对陕北地区的年降水量频率分布模型的参数计算采用矩法(MOM)或极大似然法(ML)。



例证明文中两种方法应用于陕北地区年降水系列的频率分析可以取得比较理想的效果。

(3)通过对陕北地区12个测站的年降水资料的分析,获得了陕北地区12个测站最优分布下不同频率的设计值,可为今后陕北地区的供水工程规划及水资源优化配置等提供设计依据。

参考文献:

- [1] Hosking J R M, Wallis J R. Regional frequency analysis [M]. London: Cambridge University Press, 1997.
- [2] 马军建,董增川,王春霞. 基于正多面体算法的水文频率自动计算研究[J]. 水利水电科技进展, 2005, 25(2): 17-19.
- [3] 熊立华,郭生练. L-矩在区域洪水频率分析中的应用[J]. 水力发电, 2003, 29(3): 6-8.
- [4] Martins E S, Stedinger J R. Generalized maximum likelihood Pareto - Poisson estimators for partial duration series [J]. Water Resources Research, 2001, 37(10): 2551-2557.
- [5] Martins E S, Stedinger J R. Historical information in a generalized maximum likelihood framework with partial duration and annual maximum series [J]. Water Resources Research, 2001, 37(10): 2559-2567.
- [6] 郭生练. 设计洪水研究进展与评价[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [7] Ramachandra Rao A, Khaled H Hamed. Flood frequency analysis [M]. United States of American, 2000.
- [8] 盛骤,谢式千,潘承毅. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.