

近 55 a 来安阳日照时数变化及 未来趋势分析

贾成刚^{1,2}, 丁治英¹, 张玉峰², 吴长春², 张心令³, 袁志江²

(1. 南京信息工程大学, 南京 210044; 2. 安阳市气象局, 河南 安阳 455000; 3. 河南省气象局法规处, 郑州 450003)

摘要: 依据安阳市近 55 a (1954—2008 年) 逐年和逐月日照观测数据, 运用线性倾向估计法和 Mann-Kendall 法, 分析了安阳市日照时数的年际和季节变化趋势。在此基础上, 运用 Hurst 指数对该市未来日照时数变化趋势进行了预测。结果表明: 安阳市年日照时数总体呈减少趋势; 日照时数季节差异较为明显, 四季减少趋势强度为: 冬季 > 夏季 > 秋季 > 春季; 在未来一段时期内, 安阳年日照时数仍保持与过去 55 a 相同的变化趋势, 呈减少趋势。

关键词: Mann-Kendall 检验; Hurst 指数; 日照时数; 变化趋势

中图分类号: P422.1⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1673-7148(2010)03-0059-04

引言

太阳辐射是地球表层能量的主要来源。太阳辐射的变化对大气热力学特征状况和大气动力学状况均有重大影响。生物生长活动与太阳辐射有密切关系, 太阳辐射的变化构成了地球气候变化的主要气象因素之一^[1]。日照时数变化是太阳辐射变化最直接的反映。本文对安阳近 55 a (1954—2008 年) 来日照时数的变化趋势进行了初步分析。

1 数据与方法

1.1 数据来源

本文所用数据来自中国气象科学数据共享服务网。年日照时数取自 1954—2008 年安阳市年日照时数资料序列, 季节日照数据为安阳站 1954 年 3 月至 2009 年 2 月逐月日照时数观测序列。季节的划分采用气象季节, 即 3—5 月为春季, 6—8 月为夏季, 9—11 月为秋季, 12 月—翌年 2 月为冬季。

1.2 研究方法

气候趋势变化分析的主要方法有线性倾向估计、累积距平、滑动平均、二次平滑、三次样条函数^[2]。当前, Mann-Kendall 非参数检验法对于时间序列趋势检验应用较多。本文用线性倾向估计法进行

日照时数的趋势分析, 用 Mann-Kendall 非参数检验法进行验证, 并采用 R/S 分析法预测安阳未来一段时间内年日照时数的变化趋势。

1.2.1 线性倾向估计法

线性倾向法应用较多, 不再详细说明。

1.2.2 Mann-Kendall 非参数检验法

年日照时数变化趋势分析和季节日照时数变化趋势分析采用 Mann-Kendall (M-K) 法。M-K 法所研究的变量可以不呈正态分布, 不受少数异常值的干扰, 且该方法简明快捷。因而, M-K 法广泛应用于自然现象的时间序列分析, 其中水文、气象、生态应用较多^[3-8]。

设 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 为一时间序列变量, n 为该序列的长度, 统计量

$$s = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

(1) 式中

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & x_j - x_i > 0 \\ 0 & x_j - x_i = 0 \\ -1 & x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad (2)$$

(2) 式中, x_i, x_j 分别为第 i 年、第 j 年的观测值, 且 $j > i$ 。

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & s < 0 \end{cases} \quad (3)$$

(3)式中, Z 是一个正态分布的统计量, $\text{var}(s)$ 为方差。在给定的显著性水平 α 上, 如果 $|Z| > Z_{(1-\alpha/2)}$, 则拒绝假设, 即在 α 显著性水平上序列存在明显的上升或下降趋势。

1.2.3 R/S 分析法和 Hurst 指数

由于 M-K 仅能对过去时间序列趋势性进行检验, 而对未来无法进行定量评估^[8], 故本文采用 R/S 分析法, 利用 Hurst 指数, 来预测安阳未来年日照趋势。

Hurst 指数最初由水文学家 Hurst 于 1951 年提出。Hurst 指数是定量描述时间序列长程依赖性的主要方法之一, 目前, Hurst 指数广泛应用于水文、地质、气象、金融等领域^[8-15]。

R/S 分析法又称重标极差法, 其通过以下方法估算出 Hurst 指数 (H 值), 以 H 值判断时间序列的趋势性: 设一个时间序列 $\{x_t\}$, 将该序列分为 p 个长度为 n 的等长子区间, 对于每个子区间设

$$X_{t,n} = \sum_{u=1}^t (x_u - M_n) \quad (t=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

(4)式中, M_n 为第 n 个区间 x_u 的平均值, $X_{t,n}$ 为第 n 个区间的累计离差。定义

$$R = \max(X_{t,n}) - \min(X_{t,n}) \quad (5)$$

以 S 表示 x_u 序列的标准差, 则有

$$R/S = c(n)^H \quad (6)$$

(6)式中, c 为常数, H 即为 Hurst 指数。

对(6)式两边取对数, 得到

$$\log(R/S)_n = H \log(n) + \log(c) \quad (7)$$

对 $\log(n)$ 和 $\log(R/S)_n$ 进行最小二乘法回归就可以估计出 H 的值。

当 $0.5 < H < 1$ 时, 存在状态持续性, 时间序列是一个持久性的或趋势增强的序列, H 越接近 1, 未来持续过去状态的趋势越强。当 $0 < H < 0.5$ 时, 将来总体趋势与过去相反。 $H = 0.5$, 说明时间序列为一标准的随机序列。

2 结果与分析

2.1 年际变化趋势

安阳 1954—2008 年日照时数均值 (以下称均值) 为 2297.4 h。图 1 为安阳年日照时数序列曲线图。从

总体上看, 年日照时数呈减少趋势, 倾向率约 $-158.7 \text{ h}/10\text{a}$ 。从图 1 可以看出, 相对于均值, 安阳近 55 a 来年日照时数变化明显存在两个时段, 即在约上世纪 80 年代出现突变, 80 年代以前年日照时数普遍高于均值, 80 年代以后普遍低于均值。统计结果显示, 1954—1979 年的 26 a 间, 安阳年日照时数低于均值的年份仅有 1954、1963、1964、1973、1975、1976 年共 6 年, 即 1979 年以前, 年日照时数高于均值的年数约占总年数 (26 a) 的 76.9%; 1980—2008 年的 29 a 间, 安阳年日照时数高于均值的年份仅有 1980、1981、1986、1987、1988、1990、1995 年共 7 年, 即 1980 年以后, 年日照时数低于均值的年数约占总年数 (29 a) 的 75.9%, 且 1995 年后, 年日照时数减少更为明显。

运用 M-K 法进一步检验年日照时数的减少趋势。结果表明, 安阳 55 a 来的年日照时数的 Z 值为 -3.20 。取 $\alpha = 0.005$, 查得 $Z_{(1-\alpha/2)} = 2.81 < |Z|$, 这说明安阳年日照时数序列通过了 $\alpha = 0.005$ 的显著性检验。

图 2 是根据年日照时数计算出的 $\log(n)$ 序列和 $\log(R/S)_n$ 序列的线性回归图, 图中线性回归方程的斜率即为 Hurst 指数的估算值, $H = 0.6479$ 。Hurst 指数大于 0.5, 说明安阳在未来一段时间内年日照时数变化与过去 55 a 的变化趋势相同, 呈减少趋势的可能性较大。

2.2 季节变化趋势

采用线性倾向估计法和 M-K 法分析检验安阳 1954—2008 年四季日照时数变化趋势显著性, 结果如表 1 所示。

从表 1 可知, 安阳春夏秋冬四季日照时数均呈减少趋势, 而且 Z 值均通过了显著性检验。四季减少趋势强度不一: 冬季减少强度最大, 达到 $-50.6 \text{ h}/10\text{a}$; 春季日照时数减少强度最弱 ($-22.0 \text{ h}/10\text{a}$); 夏季为 $-48.5 \text{ h}/10\text{a}$; 秋季为 $-40.1 \text{ h}/10\text{a}$ 。冬季最强且拟合方程优度最高, 达到 54.9%; 春季最低, 仅 17.6%。从四季日照时数的倾向率来看, 对安阳近 55 a 来年日照时数减少的趋势, 冬季贡献率最高, 夏季次之, 春季最低。需要说明的是, 两种方法均验证了各季节日照时数存在减少趋势, 春季日照时数用两种方法检验其显著性水平, 在四季中一个最高、一个最低, 恰恰反映了两种方法的差异性。

3 影响因素分析

安阳 55 a 来云量和水汽压的变化不大, 而地面

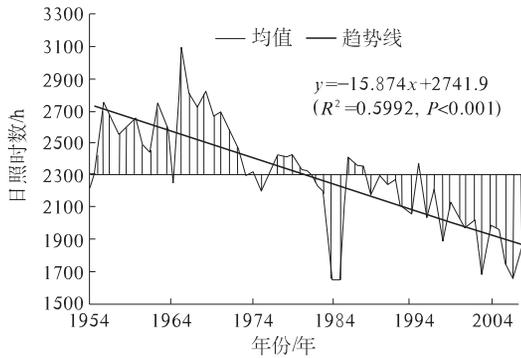


图1 1954—2008年安阳年日照时数变化

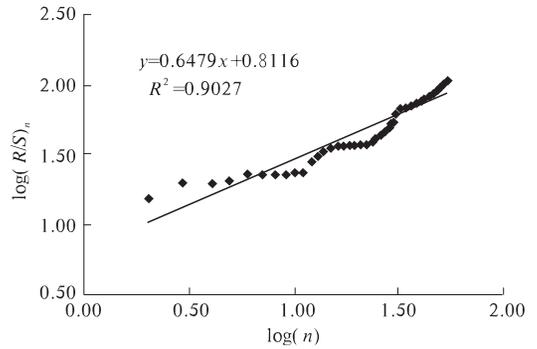


图2 安阳未来年日照时数的Hurst指数估算

表1 安阳1954—2008年四季日照时数的年代际变化

季节	线性拟合趋势方程	r	r的显著性水平	Z值	α_z 的显著性水平	$Z_{(1-\alpha/2)}$
春季	$y = -2.202x + 725.26$	0.4199	0.010	-3.25	0.0025	3.00 - 3.10
夏季	$y = -4.848x + 10248$	0.6790	0.001	-3.02	0.0050	2.81
秋季	$y = -4.0067x + 647.83$	0.6626	0.001	-2.98	0.0050	2.81
冬季	$y = -5.0581x + 594.64$	0.7414	0.001	-3.12	0.0050	2.81

能见度呈下降趋势。能见度下降可能是由于近地面大气气溶胶含量上升,造成轻雾日数增加,这也是造成安阳地区日照时数减少的主要原因。相关分析表明,轻雾日数对日照时数减少关系密切^[15],轻雾日数与日照时数相关系数为-0.4318,与上午日照时数相关系数-0.6636,都通过 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验。轻雾日数增加主要原因是近年来空气污染越来越严重,近地面大气气溶胶含量上升,造成轻雾日数增加,而轻雾主要影响在早晨,太阳光线穿过大气层距离较长,光线衰减严重,不足以使日照记录纸感光。

4 结论

本文结合线性拟合方法,首先对安阳市过去55 a年日照时数和四季日照时数进行了趋势判定,采用M-K法进一步检验,并采用Hurst指数对安阳未来年日照时数的变化趋势进行了预测。结果表明:

(1) 安阳年日照时数和季日照时数均呈减少趋势。

(2) 各季日照时数减少趋势强度不一,冬季最强(-50.6 h/10a),夏季次之(-48.5 h/10a),秋季较弱(-40.1 h/10a),春季最弱(-22.0 h/10a)。

(3) 根据年日照时数的Hurst指数($H = 0.6479$),未来一段时间内安阳年日照时数仍将保持减少趋势。

(4) 引起日照时数减少的原因是近年来空气污染越来越严重,近地面大气气溶胶含量上升,造成轻雾日数增加,从而使地面能见度呈下降趋势。

参考文献

- [1] 陈碧辉,张平,郝克俊,等.近50年成都市日照时数变化规律[J].气象科技,2008,36(6):760-763.
- [2] 施能,陈家其,屠其璞.中国近100年来4个年代际的气候变化特征[J].气象学报,1995,53(4):431-439.
- [3] 张强,姜彤,刘春玲,等.海安地区近1000年来的气候变化与洪灾[J].自然灾害学报,2004,13(3):127-132.
- [4] 周芬.Kendall检验在水文序列趋势分析中的比较研究[J].人民珠江,2005(增刊):35-37.
- [5] 张璐,周跃.Mann-Kendall检验及其在河流悬沙浓度时间序列分析中的运用[J].新疆环境保护,2007,29(3):19-22.
- [6] 郭文永.基于Mann-Kendall检验的生态足迹时间序列趋势性分析[J].云南地理环境研究,2008,20(5):33-37;52.
- [7] 刘敏,沈彦俊,曾燕,等.近50年中国蒸发皿蒸发量变化趋势及原因[J].地理学报,2009,64(3):259-269.
- [8] 徐宗学,米艳娇,李占玲,等.和田河流域气温与降水量长期变化趋势及其持续性分析[J].资源科学,2008,30(12):1833-1838.
- [9] 康淑媛,张勃,柳景峰,等.基于Mann-Kendall法的张掖市降水量时空分布规律分析[J].资源科学,2009,31(3):501-508.
- [10] 周云龙,李洪伟,宋均琪,等.垂直上升管中油-气-水三相流动态图像灰度波动信号的混沌特性分析[J].石油学报:石油加工,2009,25(4):600-606.
- [11] 徐龙炳,陆蓉.R/S分析探索中国股票市场的非线性[J].预测,1999,18(2):59-62.
- [12] 苑莹,庄新田.中国股票市场的长记忆性与市场发展状态[J].数理统计与管理,2008,27(1):156-163.
- [13] 张国存,查良松.南京近50年来气候变化及未来趋势分析[J].安徽师范大学学报:自然科学版,2008,31(6):580-584.
- [14] 张高锋,黄领梅,沈冰,等.和田绿洲空气相对湿度的混沌神经网络预测模型[J].中国农业气象,2008,29(3):256-258;263.
- [15] 韩相斌,许庆娥,王三端,等.濮阳日照变化趋势及成因分析[J].气象与环境科学,2008,31(2):43-46.

Trend Analysis of Sunshine Duration in Recent 55 Years and in Future in Anyang

Jia Chenggang^{1,2}, Ding Zhiying¹, Zhang Yufeng², Wu Changchun²,
Zhang Xinling³, Yuan Zhijiang²

(1. Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;

2. Anyang Meteorological Office, Anyang 455000, China;

3. Regulation Department of Henan Provincial Meteorological Bureau, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Based on yearly and monthly data on sunshine duration in Anyang from 1954 to 2008, the change trend of yearly and quarterly sunshine duration were analyzed by using linear-trend estimation method and Mann-Kendall test. On the basis of it, the future trend of yearly sunshine duration was estimated by using Hurst index. The result showed that during recent 55 years sunshine duration decreased in Anyang as a whole. The seasonal difference in sunshine duration was evident, and decreasing amplitude in season was winter, summer, autumn and spring in turn. The future variation trend of sunshine duration in Anyang was decreasing trend, the same as that of sunshine duration in recent 55 years.

Key words: Mann-Kendall test; Hurst index; sunshine duration; change trend