

气象风险源的社会关注度风险等级分析方法

罗 慧¹ 李良序¹ 张彦宇² 刘 璐^{1,3} 李社宏⁴ 李彩莲¹

(1. 陕西省气象局 西安 710015; 2. 兰州大学生命科学学院;
3. 兰州大学大气科学学院; 4. 陕西省榆林市气象局)

提 要: 为了定量分析社会公众对气象风险关注等级程度以及对应等级的关注人数,综合应用模糊数学和多项式拟合方法,以西安市2004年1月至2007年10月,与当地公众生活关系密切的5类高影响天气事件,即:高温、雷暴、大到暴雨、中雨和小雨,作为潜在气象风险源,综合应用12121气象信息服务电话拨打次数和气象信息,计算出气象风险超越概率,通过对其4次多项式的拟合和求解,定量计算了一般、中、高三等级的气象风险关注度以及对应等级的关注人数。这有利于政府决策者及社会公众在响应气象风险时有较为定量的判断。

关键词: 气象风险源 超越概率 四次多项式拟合

Risk Degree Methods on Meteorological Risk Resources of Xi'an General Public

Luo Hui¹ Li Liangxu¹ Zhang Yanyu² Liu Lu^{1,3} Li Shehong⁴ Li Cailian¹

(1. Shaanxi Provincial Meteorological Bureau, Xi'an 710015; 2. School of Life Science, Lanzhou University;
3. School of Atmospheric Sciences, Lanzhou University; 4. Yulin Meteorological Office, Shaanxi Province)

Abstract: By taking the information of high impact weather events of Xi'an city from 2004 January to 2007 October as background, the Fuzzy Mathematics and Polynomial Fit methods are applied to quantitatively analyze meteorological attention degrees on potential meteorological risks resources and responding people numbers of general public. Five potential meteorological risk resources closely related to local general public, i. e. heat wave, thunderstorm, heavy shower, moderate shower and scattered precipitation, and dialing numbers of weather service phone (named 12121) and other weather information as well are chosen to calculate the exceeding-probabilities of meteorological risk resources. Then, the three attention degrees, i. e. ordinary, moderate and

资助项目: 2008年中国气象局新技术推广项目“陕西省气象服务效益分析与评估技术应用”(编号:CMATG2008M53);
2008年陕西省气象局重点科研项目。

收稿日期: 2008年1月30日; 修定稿日期: 2008年4月8日

high degree, and people numbers are calculated through 4th degree polynomial fit. It's useful for quantitative judgment of policy decision-maker and general public response to these meteorological risks.

Key Words: meteorological risk resources exceeding-probability 4th degree polynomial fit

引 言

近年来,全球气候持续变暖,各类极端天气事件日益频繁,天气气候异常变化对我国国民经济、社会发展和人民生活的影响日益增大。气象风险具有自然的和社会的双重属性,是一种自然-社会现象。由于天气气候预测中的不确定性是不可避免的,尤其作为气象风险源的高影响天气事件具有难以度量 and 不确定性强等特性,因此对其进行风险评估仍是一个难度较大的课题^[1]。罗慧等人在相关前期研究的基础上,以西安市为例,挑选在 2004 年 1 月至 2007 年 10 月与公众生活关系密切的 5 类高影响天气事件作为气象风险源,即高温、雷暴、大雨、中雨、小雨等,结合这 5 类风险因子发生时所对应的当天 12121 的日拨打次数,利用基于模糊数学的风险评估方法计算得到了风险超越概率^[2],那么如何进一步定量判断不同的气象风险源等级,以及在不同气象风险等级上的社会公众关注人数,是值得进一步研究的问题。本文试图通过多项式拟合方法,通过求出不同风险源的拐点,定量划分风险关注等级程度,进而计算对应等级的关注人数,这有利于政府决策者及社会公众在响应相关风险时有较为定量的判断。

1 风险评估的具体研究思路

1.1 基于模糊数学的超越概率计算方法

高影响天气事件属于较小样本事件,应用建立在大数定理基础之上的传统概率统计方法给出的概率统计结果有时很不可靠,为

了弥补信息不足而考虑优先利用样本的模糊信息,将单值样本变成集值样本,最成熟的模型是正态扩散模型^[3-4]。结合西安市的实际情况,选择影响公众生活的天气事件作为产生气象相关风险的风险源,按照气象部门的定义挑选、选取了 2004 年 1 月至 2007 年 10 月的高温、雷暴、大到暴雨、中雨、小雨五种天气为研究对象。

1.2 整理气象风险源对应的社会公众关注样本量

收集 2004 年 1 月至 2007 年 10 月逐日 12121 气象电话拨打次数,可以看出期间西安市 12121 气象咨询电话日拨打量最大峰值不超过 9 万次。通过整理期间的气象和 12121 拨打量数据,共得到 108 个高温样本量;37 个雷暴样本量;16 个大到暴雨样本量;38 个中雨样本量;255 个小雨样本量。

对应高温、雷暴、大雨、中雨和小雨五种高影响天气事件,根据实际拨打量的具体情况,从而确定连续论域 μ 为 $[0, 90000]$ 。把一维实数空间上的集合 $[0, 90000]$ 作为的 x_1 论域,将连续论域 $[0, 90000]$ 按等间距 5000 取点,转变为离散论域,根据文献中^[1-3]的公式计算,可得五类风险源的超越概率估计值,代表不确定意义下的气象风险估计。

1.3 风险关注度计算举例

以高温天气为例,2004 年 1 月至 2007 年 10 月共有高温天气事件 108 个,持续出现 2 天 70 个、持续出现 3 天及以上 48 个,获得详细高温风险源所对应的 12121 气象电话拨打次数。设 $y_j = (j = 1, 2, \dots, 108)$ 为历次高温事件。考虑到计算精度的要求,取 18 个控

制点($n=18$),构成离散论域: $U=\{u_1 u_2, \dots, u_n\}=\{0, 5000, 10000, \dots, 90000\}$,此时样本个数 $m=108$,样本最大值 $b=89027$,最小值 $a=9845$,可算得扩散系数 $h=1051.42$ 。继而可以得出高温天气事件发生时的超越概率风险估计值。由于关注度越高、电话拨打次数越大,风险水平高,危险概率大。为了便于理解,转为计算(1-超越概率值)作为关注风险的累积概率值,来表征不同风险水平下的风险关注度,其余风险源计算方法类似,详见表 1。

表 1 不同气象风险源的风险关注度表

	高温	小雨	中雨	大到暴雨	雷暴
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15000	0.0679	0.0320	0.0000	0.0000	0.0065
20000	0.2450	0.1016	0.0068	0.0001	0.0917
25000	0.4910	0.1569	0.0500	0.0013	0.1864
30000	0.6890	0.2541	0.0957	0.0110	0.3336
35000	0.7869	0.4171	0.1389	0.0483	0.5388
40000	0.8363	0.5323	0.1973	0.1343	0.6157
45000	0.8712	0.7060	0.3241	0.2716	0.6965
50000	0.9305	0.7965	0.5077	0.4211	0.7639
55000	0.9594	0.8549	0.6203	0.5492	0.9064
60000	0.9815	0.9098	0.7504	0.6648	0.9592
65000	0.9907	0.9606	0.8300	0.7539	0.9728
70000	0.9907	0.9765	0.8961	0.7985	0.9730
75000	0.9907	0.9882	0.9489	0.8145	0.9764
80000	0.9907	0.9961	0.9960	0.8355	0.9983
85000	0.9907	1.0000	1.0000	0.8843	1.0000
90000	0.9908	1.0000	1.0000	0.9493	1.0000

1.4 根据 4 次多项式拟合计算其启动点和拐点

根据 4 次多项式拟合计算其启动点和拐点,可以定量对社会公众关注程度进行分类,继而得到不同风险等级的关注人数。

2 气象风险社会公众关注度等级分类

以高温天气风险源为例,首先计算其拟

合公式,由于次数低拟合程度不理想,次数高计算复杂,所以去除多余的“0.0000”和“0.0097”,均保留一个,风险水平为 10000 到 65000,数据量为 12 个,通过 excel 添加趋势线获取四次多项式拟合公式(详见图 1)。即可求得“启动点”、“加速点”和“减速点”。“启动点”为四次拟合公式(拟合函数)的第一个有意义的极值点。由风险关注度计算方法及四次多项式性质可知,其第一个有意义的极值点必为极小值点。因此,这个点可用来表征社会公众关注度刚刚启动。“加速点”和“减速点”分布为四次多项式的二阶导数为零的两个点,即其凹凸性发生改变的拐点,可用其分别表征中、高等级社会公众关注度的分界点。中等社会公众关注度为从“启动点”到第一个拐点的区间,其间社会关注人数(拨打量)保持在中等水平,并快速增长;高等级社会公众关注度为从第一个拐点到第二个拐点的区间,其间关注人数(拨打量)维持在较高水平,并持续增长,但增长速度明显减慢。

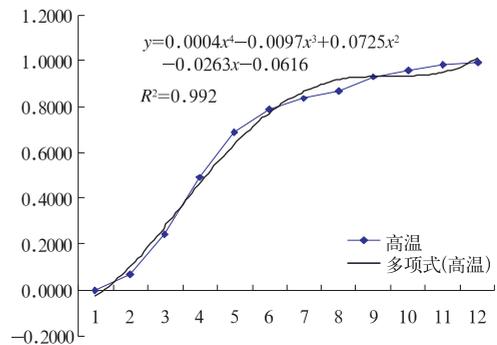


图 1 高温风险源四次多项式拟合曲线图

高温多项式拟合公式为: $P=0.0004x^4 - 0.0097x^3 + 0.0725x^2 - 0.0263x - 0.0616$,其中 $R^2=0.9920$ 。其中 X 是拟合过程中的一个数据, B 为风险水平,计算得到关注度概率 P 。

启动点: $X_1=0.18834; B_1=10000+(X_1 - 1) \times 5000=5942; P_1=0.0641$

拐点: $X_2 = 3.34024$; $B_2 = 10000 + (X_2 - 1) \times 5000 = 21701$; $P_2 = 0.342931$

$X_3 = 9.63293$; $B_3 = 10000 + (X_3 - 1) \times 5000 = 53165$; $P_3 = 0.936225$

其余风险源的计算过程以此类推,得到不同气象风险源的启动点和拐点分布图(详见表 2)。需要指出的是:由于中雨和大到暴雨两种气象风险源的拟合多项式的第一个极

值点处于其定义域之外,故其“启动点”为其拟合多项式的第二个极值点。这一拟合函数的定义域内就不存在第二个拐点。出现这种情况的原因可能是中雨和大到暴雨这两种气象风险源的特殊性造成的,即所有人对其都非常地关注,一旦出现这两种天气状况,人们的关注程度将不断上升,直到扩大到所有公众。

表 2 不同气象风险源的启动点和拐点分布图

风险源	启动点 (对应一般等级关注度)			拐点 1 (对应中等等级关注度)			拐点 2 (对应高等等级关注度)		
	X_1	B_1	P_1	X_2	B_2	P_2	X_3	B_3	P_3
	高温	0.18834	5942	0.0641	3.34024	21701	0.342931	9.63293	53165
小雨	1.53238	7662	0.006958	5.88911	29446	0.405606	14.5386	72693	0.99057
中雨	1.69265	18463	0.004023	8.57293	52865	0.546953	/	/	/
大~暴	2.56664	22833	0.030107	8.2684	51342	0.436079	/	/	/
雷暴	1.15333	10767	0.0091	5.35858	31793	0.389041	13.5991	72996	0.98175

3 气象风险社会公众关注人数计算

根据《2006 年陕西统计年鉴》的数据,西安市常住人口 533.21 万人,全市拥有固定电话用户 324.04 万,每百人固定电话普及率 60.77%,依据 2007 年度陕西省气象局开展的相关社会调查结果显示,约有 20.45% 的社会公众通过电话获得气象信息服务。根据实际情况和多项式求解的数学意义,定义启动点以上为一般等级社会关注度,拐点 1 对应中等等级社会关注度,拐点 2 对应高等等级社会关注度。依据表 2 中三级关注度对应的不同风险概率值,高温时社会公众关注人数计算如下:

一般等级关注度以上的关注人数:
 $533.21 \times 20.45\% \times 0.0641 = 6.9896$ 万人;

中等等级关注度以上的关注人数: $533.21 \times 20.45\% \times 0.342931 = 37.3937$ 万人;

高等等级关注度以上的关注人数: $533.21 \times 20.45\% \times 0.936225 = 102.0873$ 万人;

以此类推,得到西安社会公众关注高影响天气事件在不同风险等级的分布人数,如表 3 所示。图 2 给出了更为直观的比较说明。研究发现,在研究期内,西安市 533 多万

表 3 西安气象风险社会公众在不同等级气象关注度的关注人数 (单位:万人)

	一般	中等	高等
高温事件	0~6.9896	6.99~37.3937	37.4~102.0873
小雨事件	0~0.7587	0.76~44.2278	44.23~108.0131
中雨事件	0~0.4387	0.44~59.6405	59.64~
大到暴雨	0~3.2829	3.28~47.5507	47.55~
雷暴事件	0~0.99228	0.99~42.4216	42.42~107.051

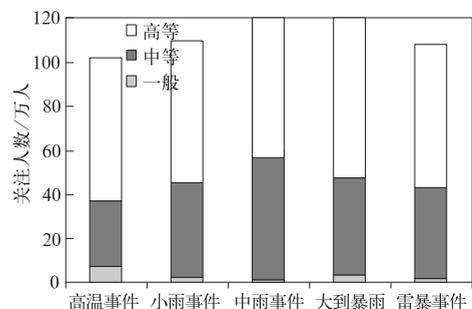


图 2 西安气象风险社会公众不同等级气象关注人数堆积图

常住人口中,一旦发生高温天气约有 6.99 万人就开始关注,对于小雨、中雨和大到暴雨天气事件发生过程中,分别至少约有 44 万、60 万和 48 万人比较关注,超过 107 万西安公众很关注雷阵雨天气的发生演变。

4 结论与讨论

以高影响天气事件作为重要气象风险源,综合应用气象热线电话拨打量信息,通过计算出超越概率和累积概率值,来表征不同风险水平下的风险关注度。通过 4 次多项式的拟合和求解,定量计算了风险关注度等级。根据实际情况和多项式求解的数学意义,通过求一阶导得到其“启动点”,表征一般等级社会公众关注度刚刚启动的点;然后,通过求二阶导计算其“加速点”和“减速点”,对应着 4 次多项式的两个拐点,分别表征中、高等级社会公众关注度的分界点。

综上分析,定量计算了不同等级气象风险的关注人数。研究发现,在研究期内,一旦高温、小雨、中雨和大到暴雨和雷阵雨天气事

件开始发生,西安社会公众分别有不同人数开始关注,当事件持续演变到高风险关注程度时,均有超过 102 万西安公众十分关注各类高影响天气事件的进一步发展演变,关心其是否成灾对生产生活所造成的影响等。通过公共气象服务平台发布定量计算的风险关注度和风险水平等级,有利于提醒政府决策者和社会公众关注高影响乃至灾害性天气气候事件,关注其对日常生活、生产、交通运输和旅游的影响,提高对各种气象风险的防灾减灾意识并及时采取防范应对措施,从而达到预防和减轻其所造成负面影响的目的。

参考文献

- [1] 叶笃正,严中伟,戴新刚,等. 未来的天气气候预测体系[J]. 气象,2006,32(4):3-8.
- [2] 罗慧,张雅斌,刘璐,等. 高影响天气事件公众关注度的风险评估[J]. 气象,2007,33(10):15-22.
- [3] 黄崇福. 自然灾害风险评估理论与实践[M]. 北京:科学出版社. 2006(第一版):2-45
- [4] Huang Chongfu. Principle of information diffusion [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1997, 91: 69-90.