

文章编号: 1000-6060(2002)04-0350-04

## 运用灾害熵浅析沙尘暴强度

李向军 陈亚宁 欧阳辉

(中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2 新疆水利厅头屯河流域管理处, 昌吉 831100)

**提 要** 以信息熵原理为基础, 引入灾害熵概念, 评价自然灾害发生的不确定性和根据各致灾因子的强弱, 确定灾害事件的重要性因子, 构建灾害信息量计算模型。并以新疆境内达坂城、精河、哈密、吐鲁番、鄯善等五个地区的多年沙尘暴灾害统计数据为研究实例, 计算分析了灾害次数、灾害熵。经过分析得出: 哈密地区的沙尘暴灾害不仅灾害强度最烈, 致灾因子亦最为活跃。通过应用灾害熵及其相应的修正模型, 可以定量的确定灾害的影响强度, 定性地说明致灾因子的多寡。

**关键词** 灾害熵 沙尘暴 新疆

**中图分类号** P445<sup>+</sup>·4 **文献标识码** A

新疆地处亚洲内陆, 受西伯利亚冷高压作用明显。每年春、秋两季, 气流湍动效应强烈, 在很多区域, 大风天气屡见不鲜。作为以沙漠、戈壁为主要地貌特征的地区之一, 沙尘暴灾害影响着很多城市<sup>[1,2]</sup>。本文基于信息熵原理, 分析沙尘暴灾害, 以期能对沙尘暴灾害的评价防治等方面有所补益。

### 1 灾害熵

自熵的概念创立以来, 它已被广泛应用到很多领域<sup>[3-5]</sup>。作为一个状态函数, 熵的含义极为丰富。在热力学中, 熵用来表述不可逆过程的单向性; 物理学中, 熵用来表示大量分子各种运动方式的可能性的多少; 信息论中, 熵是信源每发一个符号的平均不确定性的量度<sup>[6]</sup>。

自然灾害的发生具有其不确定性, 诱因很多。如何评价其不确定性, 从整体上了解灾害的发生情况。借助信息熵的有关理论与方法, 可构造出相应的灾害熵。因此, 根据平均信息量的表达式<sup>[7]</sup>:

$$I = - \sum P_i \log_r P_i \quad (1)$$

式中:  $I$  表示平均信息量,  $P_i$  表示消息重复的频率,  $r$  表示不同的对数底。

结合 String 的近似公式:

$$\ln M! \approx M \ln M \quad (2)$$

可以构造出以下灾害信息量计算式:

$$I = - \sum_{i=1}^n P_i \log_j P_i \quad (3)$$

式中:  $I$  表示灾害信息量,  $P_i$  表示灾害事件重复的频率,  $j = e$ 。

由于信息熵中各事件是等同看待, 即不管事件的重要程度, 而只管计算事件的出现频率。这种做法对单纯的消息分布确认而言, 是可取的, 但若考虑事件重要性因子, 则(3)式则有其不足之处。为此对(3)式做修正如下<sup>[3]</sup>:

$$I_w = - \sum_{i=1}^n W(P_i) P_i \log_j P_i \quad (4)$$

式中:  $W(P_i)$  为发生频率为  $P_i$  的事件的重要性因子, 该因子为一经验值。

### 2 实例分析

下面以新疆干旱区达坂城、精河、哈密、吐鲁番、鄯善五地区为例, 以近30年发生沙尘暴灾害天数为研究实例, 运用上述理论来评价这五个地区受沙尘暴的影响程度。

收稿日期: 2001-11-28; 修订日期: 2002-10-08

基金项目: 国家自然科学基金重点基金(90102007)和中国科学院知识创新项目(KZCX1-08-03-02)成果之一

作者简介: 李向军, 1975年生, 男, 汉, 陕西西安人, 在读研究生, 主要研究方向是环境科学

沙尘暴灾害在这五个地区有不同程度的表现。在达坂城地区年发生沙尘暴灾害最多天数可达 9 天(1968 年),最少天数为 0 天,即未发生(如 1960 年);精河地区年发生沙尘暴灾害最多天数可达 19 天(1977 年),也有未发生沙尘暴灾害的年份(如 1970 年);哈密地区发生沙尘暴灾害最多天数可达 37 天(1959 年),最少天数为 3 天(1979 年);鄯善地区发生沙尘暴灾害最多天数可达 27 天(1958 年),最少天数为 1 天(1968 年);吐鲁番地区发生沙尘暴灾害最多天数可达 14 天(1964 年),最少天数为 0 天(1961 年)。

从发生灾害天数总的合计不难看出,这五个地区的发生灾害天数依次为:

达坂城<吐鲁番<精河<鄯善<哈密。(A)

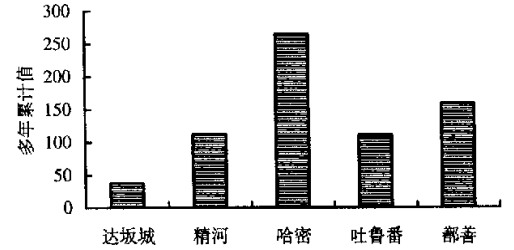


图 1 多年累计各地区沙尘暴天数  
Fig. 1 The total amount of sand disaster in different regions in recent years

尽管从总数而言,似乎沙尘暴对这五个地区的影响应同(A)式,但由于各地区年发生沙尘暴灾害天数最多、最少天数差异较大,故不能就此下断言;另外,影响程度的深与浅亦不能因此得出。

引入灾害熵原理,以沙尘暴灾害年发生天数为灾害信息事件,取 3 的倍数作为间隔,可以将灾害事件归并为 14 类,如表 1 所示。

表 1 灾害天数归并一览表							
Tab.1 The mergence class of disaster days							
类	1	2	3	4	5	6	7
灾害 天数	0	1~3	4~6	7~9	10~12	13~15	16~18
类	8	9	10	11	12	13	14
灾害 天数	19~21	22~24	25~27	28~30	31~33	34~36	37~

根据所划分类,分别进行频率统计,然后依据灾

害信息量计算公式(3)分别加以计算,计算结果如表 2 所示。

表 2 各地区的灾害熵计算结果一览表					
Tab.2 The results of disaster entropy in different regions					
类别	地 区				
	精河	哈密	吐鲁番	鄯善	达坂城
1	0.3671	0.2657		0.2657	
2	0.3621	0.3620	0.1363	0.3318	0.3671
3	0.2124	0.3620	0.3505	0.3621	0.3318
4	0.2124	0.2657	0.2124	0.2657	0.2657
5		0.1363	0.3620	0.1363	0.2124
6			0.3042	0.1363	0.2657
7		0.1363	0.1363		
8		0.1363			
9					
10					0.1363
11					
12			0.1363		
13					
14			0.1363		
合计	1.1540	1.6644	1.7745	1.4979	1.5790

由表 2 可以看出,各地灾害熵值的变化规律仍表现为达坂城<吐鲁番<精河<鄯善<哈密,与(A)式相同。这种变化表明,灾害熵的变化与灾害事件的总数之间具有一定的正相关关系。

由于信息熵中熵值反映了不同消息的概率事件的趋同性,即当各概率间差值愈小,则总熵值愈大。对信息熵而言,总熵值越小则该事件组越不可取。然而就灾害熵而论,总熵值小则意味着该地区的致灾因子相对较少,其年灾害发生次数相对变化比较稳定,极端现象出现机率相对较少;总熵值大时则相反。

值得提出的是,应用灾害信息量计算公式得出的结果虽然可区分影响因子的多寡和强弱,但当两地区总熵值比较接近,而它们之间的多年累计灾害发生次数(或年平均灾害发生次数)相差较大时,该计算式的分析就欠比较力。

为弥补以上不足,引入修正后的(4)式做进一步分析,结果如表 3。

表3 灾害熵修正计算

Tab.3 The correction of disaster entropy

	达坂城	精河	哈密	吐鲁番	鄯善
1	0.3671	0.2657	0.2657		
2	0.7243	0.7241	0.2727	0.6635	0.7343
3	0.6371	1.0861	1.0516	1.0864	0.9953
4	0.8495	1.0627	0.8495	1.0627	1.0627
5		0.6816	1.8102	0.6816	1.0619
6			1.8253	0.8180	1.5941
7		0.9543	0.9543		
8		1.0906			
9					
10					1.3633
11					
12			1.6359		
13					
14			1.9086		
合计	2.5781	5.8652	10.3080	4.5779	6.8115

需要说明的是,为不失一般性,各  $W(P_i)$  值分别取各自类别值。由计算结果表明,修正后的总熵值排序与(3)式所得结果没有差异,仅相对差值加大。其中,总熵值最大的哈密与总熵值最小的达坂城差值达到 7.73。此结果进一步说明了哈密地区的沙尘暴致灾因子要较达坂城多而强,这一结果与实际情况是相符的。

对(3)式和(4)式的进一步分析比较还表明,由(4)式得出的结果也存在一定的不足之处。(4)式的计算结果有可能出现一种特例,即当一组灾害事件频率分布较为均一,但有少许重灾因子事件出现,而另一组灾害事件频率分布较为集中,但鲜有重灾因子事件时,这两组灾害事件的灾害修正熵值可能相近,甚至相等,从而会导致分析结果与实际情况的偏差。尽管上述特例极为罕见,但鉴于灾害发生的复杂性,这种情况需要将经验函数  $W(P_i)$  特别修正,这亦表明(4)式不能完全替代(3)式,两式结合才能更好地说明问题。

### 3 讨论

本文以信息熵模型为基础,引导出适用于灾害

领域的灾害熵及其修正模型。由上述分析计算和实际对比表明,该熵模型适用于对不确定化事件的求解,并予以定量化表述。它不仅可用于沙尘暴灾害,而且适用于具备可比的灾害因子条件下的其它灾害类型。但就信息熵模型本身而言,作为交叉学科,在运用其基本原理进行灾害实例分析时,还有以下几点值得讨论:

(1)灾害事件频率统计中,零灾害现象时有发生,因而出现灾害统计系列中的不连续性。对该现象的处理,可采取涵盖的措施,将此现象纳入灾害熵计算中。由于就统计而论,该现象具有一定值,但就灾害事件而言,该现象又属无值范畴。因此,在统计过程中,是否可将零灾害现象剔除有待讨论。

(2)作为修正灾害熵需要引入的  $W(P_i)$  与频率统计值有很大的关联性,从某种意义上  $W(P_i)$  更象频率统计值的函数<sup>[3]</sup>。

(3)作为经验参数函数  $W(P_i)$ ,其经验函数式的确定不外乎两种途径:一是专家经验提供,二是统计分类划分。不论何种方法,都需要将随机的、离散的灾害事件映射为约定的、连续的灾害事件类。这种映射所涉及的临界点等问题,尚需规范化。

(4) $W(P_i)$ 经验函数式的跨区域应用,需考虑致灾环境和致灾因子的多变性和复杂性,否则仅基于相同的灾种跨区域比较分析可能导致结论与事实不符的矛盾。

### 参 考 文 献

- [1] 张思玉,杨辽,陈戈萍.生态用水的概念界定及其在西北干旱区实施的策略[J].干旱区地理,2001,24(3):277~282.
- [2] 王让会,叶新.中国西部干旱区开发中的生态环境建设方略[J].干旱区地理,2001,24(2):152~156.
- [3] 林传利.熵与生物学[J].重庆师范学院学报(自然科学版),1998,15(4):69~73.
- [4] 管华,蒋银娣.地下水系统信息熵分析方法初探[J].河南大学学报(自然科学版),1998,36~40.
- [5] 尹东,杨家宝.甘肃省粮食产量年际波动特征分析[J].中国农业气象,1998,19(5):8~12.
- [6] 仪垂祥.非线性科学及其在地质学中的应用[M].北京:气象出版社,1995.53~60.
- [7] 任鲁川.灾害熵:概念引入及应用实例[J].自然灾害学报,2000,9(2):26~32.

## ANALYSIS ON SAND DISASTERS WITH DISASTER ENTROPY METHOD

LI XIANG-jun      CHEN Ya-ning

(*Xinjiang Institute of Ecological and Geographical ,Chinese Academia of Sciences, Urmuqi 830011, China*)

OUYANG Hui

(*Xinjiang Toutunhe Administration Bureau, Changji 831100, China*)

### Abstract

The paper introduces disaster entropy based on the theory of information entropy and assesses the uncertainty on the disaster occurrence. The theory of information entropy is used for making certain of the uncertainty of the information datum, just like the theory of information entropy, the disaster entropy is used for making certain the importance sectors on disaster incidents and build the calculation model about the quantity of disaster information.

Based on many years statistical datum on sand disaster in five different regions (that is Jinhe, Dabanchen, Hami, Trupan, Shanshan) in Xinjiang the paper calculates the frequency of sand disaster and the disaster entropy and make some analysis on the results.

It shows that the value of the total disaster entropy in Hami is the biggest and that in Dabanchen is the smallest, the difference in the entropy value between Hami and Dabanchen could reach 7.73. This result also shows that the disaster sectors in Hami region are not only bigger than that of other regions in number but also much great than in other regions in intensity. It makes certain the degree of disaster intensity in quantity and shows whether sectors resulting to disaster is few or not in quality by applying the model of disaster entropy.

As a conclusion, the paper also discusses something about the usage on the disaster entropy. The paper put forward zero - disaster phenomenon and conclude this phenomenon into the calculation on the disaster entropy. As a parameter function, the choice about  $W(P_i)$  is important. At present, the definition of this parameter function adopts two solutions: the first is provided by experts on disaster while the second is obtained by the division on statistical datum.

**Keyword:** Disaster Entropy; Sand Disaster; Xinjiang