

基于信息扩散理论的吉林省草原火灾风险评价

张继权, 刘兴朋

(东北师范大学城市与环境科学学院, 东北师范大学自然灾害研究所, 吉林 长春 130024)

摘 要: 草原火灾影响我国牧区多发的自然灾害之一, 每年都发生相当多的草原火灾, 对牧区造成不同程度的财产损失和人员伤亡。利用信息扩散理论和风险分析理论对吉林省草原火灾进行了风险分析, 解决了草原火灾小样本资料限制的问题。计算出吉林省草原火灾三个指标每年在各个水平下的发生概率, 并得出了吉林省每年草原火灾过火面积和经济损失的风险值。通过研究发现, 吉林省草原火灾每年发生 5~20 次的草原火灾概率较大; 过火面积 1 200 hm^2 左右的风险值最大; 草原火灾造成的经济损失在 15 万元的风险值最大。对防灾减灾和草地保险具有重要意义。

关 键 词: 草原火灾 风险 信息扩散 吉林省

中图分类号: X43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6060(2007)04-0590-05(590~594)

草原火灾的频繁发生使得草原火灾风险的研究显得至关重要。对于政府部门来说, 掌握草原火灾风险水平是进行有关决策的重要依据。在传统上, 风险本质上是灾害概率分布与潜在损失的乘积, 风险评估的主要问题归结为如何去进行有关概率分布的估计^[1]。因此有效地得到的草原火灾的概率分布对草原火灾风险评价具有重要意义。

目前对草原火灾风险的研究, 国外主要是利用草原可燃物状态来研究草原火灾风险^[2,3], 国内主要侧重于对草原火行为^[4]、草原火预报^[5]和综合指标的草原火灾风险研究^[6]。在传统上由于草原火灾是小样本事件, 草原火灾发生概率计算主要用发生频率来代替, 因此利用历史数据进行草原火灾频率计算代替实际草原火灾发生概率很不科学。而信息扩散方法是利用信息分配法把每一个知识样本点变成模糊集, 并把其携带的信息分配给样本中每一个点的一种优化处理样本资料方法^[7]。它为优化处理草原火灾风险提供了一个重要途径。

1 研究地区概况

吉林省位于我国东北地区的中心地带, 地理坐标为 $40^{\circ}51' \sim 46^{\circ}18' \text{N}$, $121^{\circ}38' \sim 131^{\circ}17' \text{E}$ 。吉林省

有天然草原面积 $5.842 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 其中可利用天然草原面积达 $4.379 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 主要集中于西部和东部地区。西部草原地处松嫩草原中心, 是欧亚草原的最东端, 是我国著名的草原之一, 生长以多年生根茎禾草和丛生禾草占优势, 以盛产羊草而驰名中外, 属平原草甸草场类。也是国家北方主要牧业产区之一; 东部的草原类型主要为林下草原为主。吉林省属温带大陆性季风气候, 春季干燥多风, 夏季温暖多雨, 秋季晴冷温差大, 冬季漫长干寒, 特别是西北部平原地区由于接近蒙古高原, 春秋季节气候干暖, 极易发生草原火灾, 且草原火灾影响严重。因此研究吉林省的草原火灾风险对吉林省草原火灾管理具有重要意义。选用 1995—2005 年草原火灾次数、过火面积和经济损失三个作为统计指标, 用正态信息扩散方法计算三个指标的概率分布, 以期对吉林省草原火灾管理提供依据。

2 研究方法

信息扩散就是为了弥补信息不足而考虑优化利用样本模糊信息的一种对样本进行集值化的模糊数学处理方法, 该方法可以将一个有观测值的样本, 变成一个模糊集, 即就是将单值样本变成集值样

*收稿日期: 2006-11-14; 修订日期: 2007-04-23

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2004BA528B-3-1)

作者简介: 张继权(1965—), 男, 教授, 博士生导师, 日本鸟取大学博士, 京都大学防灾研究所博士后, 主要从事自然灾害与生态环境风险评估研究, 发表论文 70 余篇, E-mail: zhangjq22@nenu.edu.cn

本^[7],最常用的模型是正态扩散模型。

所谓的信息扩散过程就是将研究单个样本的信息扩散到整个样本空间里。它遵守信息量守恒的原则,即在一维条件下,当扩散区间为 $[a, b]$,若信息点 x 扩散到论域 U 的信息量为 $f(x|U)$ 每个信息点扩散出的信息量总和为 $1^{[8]}$,即:

$$\int_a^b f(x|U) = 1, \tag{1}$$

利用模糊数学中有关信息扩散的理论,可以将草原火灾样本的资料一个单值信息扩散到整个草原火灾指标论域中所有点,从而获得较好的风险分析效果。

设 n 年的草原火灾指标的样本系列为:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}, \tag{2}$$

其中: $x_i(i=1, 2, \dots, n)$ 是草原火灾指标的样本。在此使用草原火灾发生次数、过火面积和火灾损失(包括直接损失和间接损失)三个指标。如果过去 m 年内每个草原火灾指标的实际记录为 $y_1, y_2, y_3, \dots, y_m$ 称:

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}, \tag{3}$$

为观察样本集合, $y_j(j=1, 2, \dots, m)$ 为样本的实际观测值。

设草原火灾指标论域为:

$$U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_k\}, \tag{4}$$

又设超越概率 $P_i(\geq x_i), i=1, 2, 3, \dots, n$ 则概率分布:

$$P = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_n\}, \tag{5}$$

按照式(6),利用信息扩散对样本进行集值化的模糊数学方法处理,一个单值观测样本 y_j 可以将其所携带的信息扩散给 U 中的所有点:

$$\tilde{f}_j(u_i) = \frac{1}{h\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(y_j - u_i)^2}{2h^2}\right], \tag{6}$$

式中 h 为扩散系数,可根据样本集合中样本的最大值 b 最小值 a 和样本数 n 确定^[7](表1):

令

$$C = \sum_{i=1}^n \tilde{f}(u_i), \tag{7}$$

则相应的模糊子集的隶属函数为:

$$\mu_{y_j}(u_i) = \frac{\tilde{f}_j(u_i)}{C}, \tag{8}$$

把 $\mu_{y_j}(u_i)$ 称为样本 y_j 的归一化信息分布。

对 $\mu_{y_j}(u_i)$ 进行处理,可以得到一种效果较好的风险分析结果。令

$$q(u_i) = \sum_{j=1}^m \mu_{y_j}(u_i), \tag{9}$$

其物理意义是:由 $\{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}$ 经信息扩散推断出,如果草原火灾指标观测值只能取 $\{u_1, u_2, u_3, \dots, u_k\}$ 中的一个,那么在将 y_j 均看作是样本代表时,观测值为 u_i 的样本个数为 $q(u_i)$ 个。再令

$$P(u_i) = \frac{q(u_i)}{\sum_{i=1}^m q(u_i)}, \tag{10}$$

就是样本落在 u_i 处的频率值,可以作为概率的估计值,其中 $\sum_{i=1}^m q(u_i)$ 为各 u_i 点上的样本数总和。从理论上讲 $\sum_{i=1}^m q(u_i) = m$ 。显然,超越 u_i 的概率值应为 $P(u_i)$:

$$P(u \geq u_i) = \sum_{k=i}^n P(u_k), \tag{11}$$

风险分析处理的是具有可能性特征的事件。定量风险分析的对象是事件发生的概率 P 和产生的后果 d ;则草原火灾风险值可以表示为:

$$R = P \times d. \tag{12}$$

表 1 样本数与扩散系数关系
Tab 1 Relationship of sample number
and diffuse coefficient

n	h	n	h
5	0.814 6(b- a)	9	0.336 2(b- a)
6	0.569 0(b- a)	10	0.298 6(b- a)
7	0.456 0(b- a)	≥ 11	2.685 1(b- a)/(n-1)
8	0.386 0(b- a)		

3 计算过程及结果

根据 1995—2005 年吉林省草原火灾次数(X_1)、过火面积(X_2)和草原火灾损失(X_3)三个实测指标表示出样本集合:

$$X_1 = \{22, 18, 17, 12, 14, 30, 23, 29, 43, 48, 51\}$$
$$X_2 = \{1\,100, 552, 3\,660, 3\,657, 1\,645, 3\,493, 1\,324, 5$$

$X_1=\{10\ 1\ 5\ 63\ 45\ 12\ 11\ 8\ 79\ 60\ 33\ 5\ 14\ 5\ 14\ 1\ 20\ 2\ 13\ 5\}$

分别取一维空间上的集合 $[5\ 55]$ 、 $[0\ 4\ 000]$ 、 $[0\ 70]$ 分别作为草原火灾次数 (X_1)、过火面积 (X_2)和草原火灾损失 (X_3)的论域, 并将论域进行离散, 构成离散论域如下:

$U_1=\{5\ 10\ 15\ \cdots,\ 55\}$ 控制点数 11个

$U_2=\{0\ 300\ 600\ \cdots,\ 3\ 900\}$ 控制点数 14个

$U_3=\{0\ 5\ 10\ \cdots\ 70\}$ 控制点数 15个

根据信息扩散理论, 可以计算出三个指标的扩散系数分别为 $k_1=10.471\ 89$ $k_2=641.945\ 45$ $k_3=11.210\ 29$ 利用公式 (6~9), 即可分别求出每一水平下吉林省草原发生次数、草原火灾过火面积和草原火灾经济损失三个指标的概率 (表 2 表 3 表 4)。

表 2 基于信息扩散理论的吉林省草原火灾发生概率值
Tab 2 Probability of grassland fire occurred based on information diffusion theory

草原火灾发生次数	概率	草原火灾发生次数	概率
5	1	35	0.121 3
10	0.777 6	40	0.074 7
15	0.579 5	45	0.042 7
20	0.413 8	50	0.021 3
25	0.284 2	55	0.007 7
30	0.188 7		

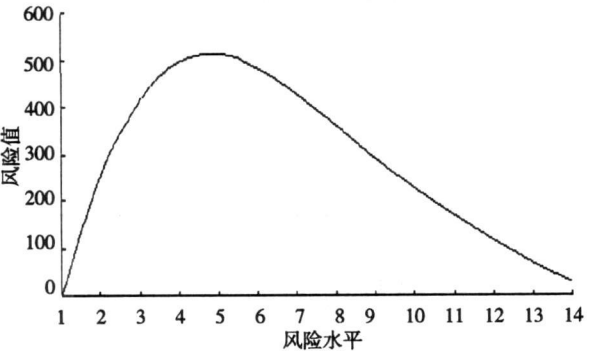


图 1 吉林省草原火灾过火面积风险值
Fig 1 Risk value of grassland fire burned area

4 结果分析

通过表 2、表 3、表 4 可以发现, 在吉林省草原火灾发生概率上, 吉林省每年发生 5~20 次的草原火

表 3 基于信息扩散理论的吉林省草原火灾过火面积概率值
Tab 3 Probability of grassland fire burned area based on information diffusion theory

风险水平	过火面积 (hm²)	概率	风险水平	过火面积 (hm²)	概率
1	0	1	8	2 100	0.170 9
2	300	0.841 2	9	2 400	0.121 1
3	600	0.691 5	10	2 700	0.084 2
4	900	0.551 7	11	3 000	0.056 4
5	1 200	0.428 3	12	3 300	0.035 0
6	1 500	0.323 0	13	3 600	0.018 8
7	1 800	0.237 4	14	3 900	0.007 3

把各风险水平的过火面积值和火灾经济损失值看作草原火灾后果 (d), 利用公式 (12) 可以得到吉林省草原火灾过火面积风险值 (图 1) 和草原火灾经济损失风险值 (图 2)。

表 4 基于信息扩散理论的吉林省草原火灾经济损失概率值
Tab 4 Probability of grassland fire losses based on information diffusion theory

风险水平	草原火灾经济损失 (10 ⁴ 万)	概率	风险水平	草原火灾经济损失 (10 ⁴ 万)	概率
1	0	1	9	40	0.076 6
2	5	0.765 1	10	45	0.057 0
3	10	0.562 5	11	50	0.041 1
4	15	0.399 8	12	55	0.027 9
5	20	0.278 9	13	60	0.017 1
6	25	0.195 1	14	65	0.008 9
7	30	0.139 4	15	70	0.003 3
8	35	0.102 5			

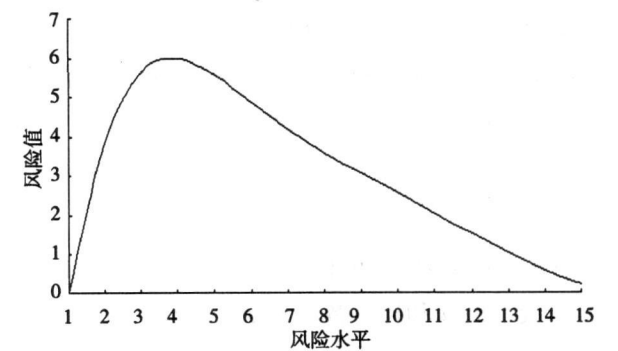


图 2 吉林省草原火灾经济损失风险值
Fig 2 Risk value of losses caused by grassland fire

灾概率较大 ($> 0.413\ 8$), 而发生 40 次以上草原火灾的概率较小 ($< 0.074\ 7$); 在过火面积上, 过火面积在 $0\sim900\ \text{hm}^2$ 的概率最大 ($> 0.551\ 7$), 过火面积大于 $2\ 700\ \text{hm}^2$ 的概率较小 ($< 0.084\ 2$); 在草原

火灾形成的经济损失上, 草原火灾造成经济损失 0 ~10万元的概率较大 (> 0.5625), 而损失在 40万元上的概率较小 (< 0.0766)。

通过对草原火灾过火面积风险值 (图 1)和草原火灾经济损失风险值 (图 2)分析发现, 吉林省草原火灾过火面积 $1\ 200\ \text{hm}^2$ 左右的风险值最大 (513.96); 草原火灾造成的经济损失在 15万元的风险值最大 (5.997)。

5 结 论

利用信息扩散理论的分析方法, 结合风险计算公式, 对吉林省草原火灾的三个指标进行风险计算, 得到吉林省草原火灾发生次数概率及草原火灾过火面积风险值和草原火灾经济损失风险值, 定量的评价了吉林省草原火灾风险, 对吉林省草原防火救灾和草地保险等具有一定的指导意义。但是由于草原火灾属于突发性大、历史资料时间序列短的自然灾害, 因此所选的离散区间和所求得概率都存在一定问题, 随着资料不断丰富, 这将会得到不断改进。

参考文献 (References)

[1] Liu Ying, Miao Qilong, Gao Qingji. The method of meteorology disaster risk assessment based on theory of information diffusion [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2005, 25(1): 84—89 [刘

引鸽, 缪启龙, 高庆九. 基于信息扩散理论的气象灾害风险评估方法 [J]. 气象科学, 2005, 25(1): 84—89]
[2] Verheesselt J, Fleck S, Coppin P. Estimation of fuel moisture towards risk Assessment [J]. Forest Fire Research Wildland Fire Safety, 2005, 1—7
[3] Castro F X, Tudeña A, Sebastià M T. Modeling moisture content in shrubs to predict fire risk in Catalonia (Spain) [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2003, 116: 49—59
[4] Guo Ping, Sun Gang, Zhou Daowen et al. Study on fire behavior in Grassland [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2001, 12(5): 746—74. [郭平, 孙刚, 周道玮, 等. 草地火行为研究 [J]. 应用生态学报, 2001, 12(5): 746—748]
[5] Zhou Weiqi, Wang Shixin, Zhou Yijie et al. Research on Prediction of grassland fire danger rating [J]. Journal of natural disasters, 2004, 13(2): 75—79 [周伟奇, 王世新, 周艺, 等. 草原火险等级预报研究 [J]. 自然灾害学报, 2004, 13(2): 75—79]
[6] Zhang Jiquan, Zhou Daowen, Song Zhongshan et al. A new perception on risk assessment and risk management of grassland fire disaster [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2006, 14(Supplement): 56—62 [张继权, 周道玮, 宋中山, 等. 草原火灾风险评估与风险管理初探 [J]. 应用基础与工程科学学报, 2006, 14(增刊): 56—62]
[7] Huang Chongfu. Risk assessment of natural disaster theory and practice [M]. Beijing: Science Press, 2005 [黄崇福. 自然灾害风险评估理论与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2005]
[8] Wang Qian, Jin Ping, Lu Yuchun. Information diffusion and parameter optimized [J]. COMM on Appl Math and Comput, 2003, 17(2): 75—84 [王倩, 金萍, 陆余楚. 风险分析中的信息扩散及其参数优化 [J]. 应用数学与计算数学学报, 2003, 17(2): 75—84]

Risk assessment of grassland fire in Jilin Province
based on information diffusion theory

ZHANG Jiquan, LIU Xingpeng

(College of Urban and Environmental Sciences, Natural Disaster Research Institute, Northeast Normal University, Changchun 130024, Jilin, China)

Abstract: As one of important nature disasters, the grassland disaster has deeply influenced the development of stockbreeding. Grassland fires occur frequently in many provinces of China and caused severe losses. It is of great importance to study grassland fires in the regions. On the basis of information diffusion and risk analyze theory and applying the historical grassland fire data from grassland fire fighting agency of Jilin Province, the paper calculated the probability that the grassland fire would occur at various risk level. With the various classified fire losses, the paper got the risk value of grassland fire in Jilin province according to the risk formula and solved the problem that the probability of grassland fires can not be calculated because of limitation of small number historical data. As grassland fire disaster data are very few, the information diffusion theory is applied to deal with this problem. The

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

results show that the probability of grassland fire occurring 5 ~20 times per year in Jilin Province, China is very high and the value is over 0.413 8; risk value of grassland fire burning over 1 200 hm² per year is the highest and the value is 513.96; the probability value of grassland fire losses under 0.1 million Yuan RMB per year is the highest and the value is 0.5625; and the risk value of grassland losses reaching 0.15 million Yuan RMB per year is the highest and the value is 5.997. The research results should have great significance to related local administrative departments for a strategic decision and grassland insurance.

Key Words: the risk of grassland fire; information diffusion; Jilin Province

“新疆罗布泊地区环境演变与区域发展”项目 成果评审会在京召开

2007年6月,由新疆维吾尔自治区科技厅组织的“新疆罗布泊地区环境演变与区域发展”项目 成果评审会在京举行。孙鸿烈院士担任组长,刘东生、孙枢、叶大年等院士专家组成的专家组认为该成果是罗布泊地区综合研究的新进展,不仅具有重要的科学意义,而且为干旱区环境保护与生态建设提供了科学依据。研究成果内容丰富、资料翔实、数据可靠,总体上达到罗布泊研究的领先水平。

对罗布泊科考的重要性,刘东生院士用了一句话概括:罗布泊,是一个地质学的实验室,第四纪地质的许多科学问题,都可以在这里得到满意的答案。

从2003年始,历时四年,中国科学院新疆生态与地理研究所先后三次组织罗布泊科学考察,通过科学考察,研究人员掌握了大量的第一手材料,在诸多方面取得重要进展,纠正了以往一些不正确的观点,发表研究论文6篇(其中SCI收录2篇),出版《中国罗布泊》(2007.04月)专著1部。该项目在以下方面取得了重要进展。

(1)阐明了罗布泊地区干旱环境形成过程,由湖相沉积研究建立了近万年来环境演变序列,揭示了罗布泊地区环境演变规律。

(2)发现了红柳沙包沉积层序具有记录古环境信息的作用。由红柳沙包沉积纹层研究及同位素测定,重建了罗布泊地区132年以来的环境演变序列。

(3)阐明了罗布泊变迁及干涸过程,界定了罗布泊干涸的年代。罗布泊未因大面积地面风蚀而发生明显的湖体游移,其水体变化受控于入湖水系变迁,否定了罗布泊是“游移湖”的观点。

(4)提出罗布泊地区雅丹地貌成因包括风蚀、水蚀和风-水交互三种作用;界定了库姆塔格沙漠羽毛状沙垄的发育过程,包括新月形沙丘→新月形沙垄→沙垄→羽毛状沙垄四个阶段;阐明了雅丹地貌和羽毛状沙垄的地域分布规律。

(中国科学院新疆生态与地理研究所综合办公室)