

连云港市森林火灾发生特点及火险预报方法的研究

冯家沛 刘步宽
(连云港市气象局, 连云港 222006)

摘 要 通过对连云港市 1987 ~1993 年大小和程度不同的 111 次森林火灾查找原因并进行天气分析,指出原全国森林火险天气等级方法的不合理部分,并加以改进,增加了实效雨量、积雪深度等因素,推导出比较符合实际的森林火险天气等级预报方法。通过 1994 ~1996 年的 45 次森林火灾验证,准确率提高达 9%。
关键词 森林火灾, 林火分析, 火险天气等级
分类号 S762.31

连云港市境内有云台山、锦屏山等大小 107 座山, 共有成片林 105 万亩, 绝大部分分布在山区。其中云台山区有 22 万亩, 是国家级森林公园。连云港市森林在全省林业中占有举足轻重的地位。森林不仅具有固土蓄水、防风、调节小气候的效能, 还能美化环境, 点缀风景。

要保护好森林, 一要防止人为破坏, 二要防止病虫害, 三要防止森林火灾。前两项是渐进的, 需要有一个过程, 唯森林火灾几个小时就可以将成片森林化为灰烬。所以, 防止森林火灾是保护森林的首要问题。森林火灾与气象因素关系密切。我们对连云港市 1987 ~ 1993 年间发生的 111 次程度不同的森林火灾(见表 1)进行了综合分析, 得出了新的预报森林火险天气等级的方法。通过 1994 ~ 1996 年 45 次森林火灾的验证, 准确率比旧方法提高 9%。

表 1 1987 ~ 1993 年历年逐月火灾统计

Table 1 Monthly fire hazard statistics for 1987 to 1993												次	
年份	月 份												合计
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
1987		1		1	4	4	3	2					15
1988			4	1			6	3	1				15
1989		1	1			2	4	3					11
1990				1			3	15					19
1991		1	2			2	1	2	1				9
1992		1	1	1	2	7	2	7		1			22
1993						3	9	8					20
合计		4	8	4	6	18	28	40	2	1			111

1 连云港市森林火灾情况分析

1.1 森林火灾发生的季节变化

据统计,连云港市森林火灾发生时间为10月上旬(最早10月6日)至翌年6月上旬(最迟6月7日),集中在冬末和春季(见图1),1月下旬开始较多发生,4月上旬为林火发生最多旬,为32次。因为该季节少雨多晴,温度回升,湿度小,草枯易燃。尤其是春节、清明上坟多,游客多,带来火源,引发火灾。

1.2 发生森林火灾的日变化

从上午9时后,森林起火次数呈急剧上升状态,到14时增至21次(见图2),为日变化中的峰值,14时以后森林起火次数迅速减少。其中10时至15时发生森林火灾81次,占总次数的73%。夜里偶有起火情况,是人为造成或白天火灾后遗留火种复燃。

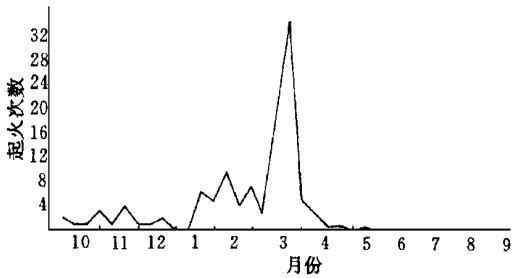


图1 起火次数与旬月关系

Fig.1 Relationship between frequency of firing and time of a year

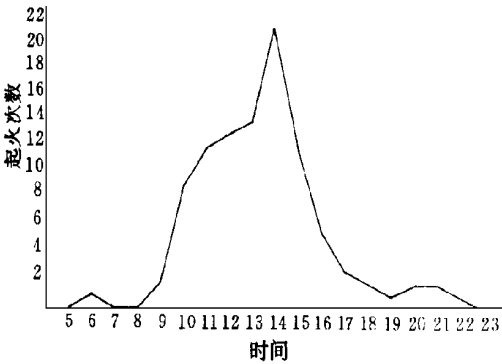


图2 起火次数与起火时间的关系

Fig.2 Relationship between frequency of firing and time of a day

1.3 发生火灾的天气形势分析

1.3.1 高空形势

查阅各次火灾发生前一天和当天的天气图发现,在500 hPa和700 hPa天气图上,45°N以北的贝加尔湖(110°E)附近基本是一个暖的高压脊,在其两侧为冷性大低压。有时贝加尔湖附近的暖脊经向度较大,有时经向度较小,但本质上仍为暖脊,其以东的大低压一般都比较宽广,有时伸展到35°N附近,以西的低压有时可以伸展到40°N附近。连云港处于脊前槽后的西北气流控制下,天气晴好。

1.3.2 低空和地面形势

森林火灾前一天和当天的850 hPa,我国中部地区为东西向高压带或从东北、内蒙南伸直至华东沿海为一南北向高压带。地面形势与低空形势大体相仿,火灾发生前一天风向多为西南风~南风,当天多为南风~东南风。少数情况,前一天为西北风,当天为偏西风或弱的西北风,表明虽有冷空气过境,空气仍较干燥。

从上述高、中、低空的形势和地面形势分析情况来看,都说明当地的天气较好,有时云多些,但没有降水,地面可燃物仍较干燥,这为森林火灾的发生和蔓延提供了基本条件。

1.4 原森林火险天气等级分析

1993年6月11日中国气象局和中华人民共和国林业部联合下发的《全国森林火险天气

等级)查算公式为

$$HTZ = A + B + C + D - E$$

其中 HTZ 为森林火险天气指数值, A 为由日最高气温决定的指数值, B 为由日最小相对湿度决定的指数值, C 为由降水量及其后的连续无雨日数决定的指数值, D 为由日最大风力决定的指数值, E 为生物或非生物物候季节影响确定的指数值。依此公式将森林火险天气等级划分为五个级别(全国森林火险天气等级及 A 、 B 、 C 、 D 、 E 值查算表略)。以上级别和 5 个指数均可由表查得。

根据上述公式及全国森林火险天气等级, 分析连云港市境内 1987~1993 年发生的 111 次森林火灾, 所属火险天气等级分别是: 一级 1 次, 占火灾总次数的 0.9%; 二级 3 次, 占火灾总次数的 2.7%; 三级 25 次, 占火灾总次数的 22.5%; 四级 31 次, 占火灾总次数的 27.9%; 五级 51 次, 占火灾总次数的 45.9%。其中四至五级合计 82 次, 占火灾总次数的 73.8%。

2 对原森林火险天气等级的评价

2.1 对原森林火险天气等级查算公式中项目的异议

(1) 公式中的 E 项。实际上, 山体本身有凹凸(山谷、山脊), 山上树木林立重叠形成立体交叉, 有时根部有白色覆盖而枝叶无白色造成叠障, 或枝叶有白色覆盖根部却无; 山谷有白色覆盖而被山脊无白色覆盖所遮挡,。总之, 情况比较复杂, 统计很困难, 估计又不准确。况且森林起火与地面绿草的关系也很难用百分比表示, 起火难易更取决于树秧草种, 象松树(为云台山较多树种)即便为绿色也较易燃烧。

(2) 公式中 C 项。我们认为, 该项中应将降雪及积雪深度考虑在内, 如果是先降雪后降雨, 且雨量较大, 那么, 降雪后融化的降水量和降雨量合并计算; 如果先下雨后下雪, 那要考虑积雪深度的作用。

2.2 对原森林火险天气等级查算公式中项目数值对应火险天气指数的异议

从查对表中可以发现 A 、 B 、 C 、 D 各项数值的临界值对应森林火险天气指数都有个突变, 而非渐变。如: 日最高气温中, 当为 5.1~10.0 对应森林火险天气指数 A 为 4, 当为 10.1 对应森林火险天气指数 A 为 8, 最高气温 10.1 仅比 10.0 高 0.1, 其指数值 A 就翻了一番, 而 15.0 比 10.1 高 4.9, 其指数值 A 却均为 8, 显然不合理。

再如日最大风力: 当距地面 10 m 高处风速为一级, $0.3 \sim 1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 其对应森林火险天气指数 D 为 5; 而当上界风速值提高 $0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 成为 $1.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, 其对应森林火险天气指数变为 10, 增加了一倍。另外, 同在一个等级中, 头尾风速相差颇大, 但森林火险天气指数 D 仍为一个数值。如风速 $1.6 \sim 3.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 对应 D 值为 10; $3.4 \sim 5.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 对应 D 值为 15; $5.5 \sim 7.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 对应 D 值为 20。

还有, 最小相对湿度的森林火险天气指数 B 值查对表和降雨量及其后的连续无雨日数的森林火险天气指数 C 值查对表中, 均可发现项目数值对应森林火险天气指数的突变关系, 不再赘述。

3 改进的森林火险天气等级预报的气象要素和计算方法

鉴于上述查算公式及其查对表中的问题, 经过实际推算和验证, 我们对原查算公式进行修正, 舍去 E 项、 B 项, 着重增加实效雨量、日照和连晴天数。以尽量减少突变。日照作为连晴天数的补充, 能更有效地表示空气的干湿程度。修正后的森林火险天气等级预报由下列气象因素

组成: (1) 预报日实效降水量; (2) 预报日前连晴天数; (3) 预报日前 7 天日照时数和; (4) 预报日前一天最大风速; (5) 预报日最高气温。

3.1 实效降水量 R —实效雨量和积雪深度

3.1.1 实效雨量

降水直接影响可燃物的易燃程度。不同时间的降水, 不同的降水量对降水后某一天可燃物的易燃程度的影响是不等值的。其影响作用, 随时间延长而逐步减小直至消除。一次降水后对其后第 n 天可燃物的影响相当于第 n 天保持一定量的降水量的影响, 再加上第 n 天的降水量, 就称为实效雨量。第 n 天的实效雨量为

$$R_{n\text{实}} = a^n R_0 + a^{n-1} R_1 + a^{n-2} R_2 + \dots + a^2 R_{n-2} + a R_{n-1} + R_n \quad (1)$$

其中 a 为系数, n 为天数, $R_0, R_1, \dots, R_n$ 为某次降水及其后逐日降水量。

由(1)式得

$$R_{n\text{实}} = a(a^{n-1} R_0 + a^{n-2} R_1 + a^{n-3} R_2 + \dots + a R_{n-2} + R_{n-1}) + R_n = a R_{(n-1)\text{实}} + R_n \quad (2)$$

(2)式表明第 n 天实效雨量等于前一天实效雨量乘以系数 a 加第 n 天降水量。实际计算时, 我们把 R_n 当作预报值考虑, 所以预报日的实效雨量等于前一天实效雨量乘以系数 a 再加上预报日的降水预报量。

据经验, 枯草败叶之类可燃物, 一般在小雨后 3 天无雨, 中雨后 5 天无雨, 大雨后 6 天无雨基本能晒干可燃。所谓可燃, 指由于该次降水对可燃物不能燃烧程度的影响已很小。

当 R_0 为小雨时, 取其雨量中值 $R_0 = 5.0 \text{ mm}$, 雨后至第 4 天再无雨, 实效雨量为 $R_{4\text{实}} = 5a^4$; 当 R_0 为中雨时, 取其雨量中值 $R_0 = 17.5 \text{ mm}$, 雨后至第 6 天再无雨, 实效雨量为 $R_{6\text{实}} = 17.5a^6$; 当 R_0 为大雨时, 取其雨量中值 $R_0 = 37.5 \text{ mm}$, 雨后至第 7 天再无雨, 实效雨量为 $R_{7\text{实}} = 37.5a^7$; 当 R_0 为暴雨时, 取其雨量中值 $R_0 = 75.0 \text{ mm}$, 雨后至第 8 天再无雨, 实效雨量为 $R_{8\text{实}} = 75a^8$; 应当有 $R_{4\text{实}} = R_{6\text{实}} = R_{7\text{实}} = R_{8\text{实}}$, 即 $5a^4 = 17.5a^6 = 37.5a^7 = 75a^8$ 。

$$\text{由 } 5a^4 = 17.5a^6 \text{ 可得 } a = \sqrt[5]{17.5/5} = 0.53。$$

$$\text{由 } 5a^4 = 37.5a^7 \text{ 可得 } a = \sqrt[3]{37.5/5} = 0.51。$$

$$\text{由 } 5a^4 = 75a^8 \text{ 可得 } a = \sqrt[4]{75/5} = 0.51。$$

$$\text{由 } 17.5a^6 = 37.5a^7 \text{ 可得 } a = 17.5/37.5 = 0.47。$$

$$\text{由 } 17.5a^6 = 75a^8 \text{ 可得 } a = \sqrt[17.5/75]{} = 0.48。$$

$$\text{由 } 37.5a^7 = 75a^8 \text{ 可得 } a = 37.5/75 = 0.50。$$

取 a 的平均值 $\bar{a} = (0.53 + 0.51 + 0.51 + 0.47 + 0.48 + 0.50) \div 6 = 0.5 = 1/2$ 。

将 $\bar{a} = 1/2$ 值代入(2)式得

$$R_{n\text{实}} = R_{(n-1)\text{实}}/2 + R_n \quad (3)$$

式中 $R_{(n-1)\text{实}}/2$ 由计算可得, R_n 由预报而定。在实际计算时(3)式比(1)式简便。

实效雨量指数计算公式

$$x_1 = \begin{cases} 100 & \text{当 } R_{n\text{实}} \leq 0.0 \text{ 时} \\ 100/1.2(R_{n\text{实}} + 1) & \text{当 } 0.1 \leq R_{n\text{实}} \leq 5.0 \text{ 时} \\ 10(6.7 - R_{n\text{实}}) & \text{当 } R_{n\text{实}} \geq 5.1 \text{ 时} \end{cases}$$

当 $R_{n\text{实}} \geq 6.8 \text{ mm}$, 对森林火灾出现负作用, 并明显随实效雨量增大而增强。

3.1.2 积雪深度

在实际情况下, 降雪量太小形成不了积雪, 当然对森林火灾起不到影响作用。在实际推算

中我们找到了积雪深度指数经验公式

$$x_1 = -[10(Z - n) + 20] \quad \text{当}(Z - n) \geq -2, \text{并且日最高气温} < 10.0 \quad \text{时}$$

式中 Z 为积雪深度(cm), n 为有积雪后天数, $(Z - n)$ 项计算时, 不考虑计算单位进行无量纲计算, 该计算公式取负值的意思表明积雪对森林火灾的贡献为负作用, 积雪愈厚对森林火灾抑制作用就愈大。

3.2 预报日前连晴天日数

连晴天日数是造成森林火灾的重要气象因素, 当 $R_n \leq 0.1n$ 时按晴天处理。当 $n \geq 9$ 时, R_n 仍取为 0.9, 其中 n 为预报日前第几天。

连晴天日数对森林火灾的贡献在不同季节略有不同。因此, 将连晴天指数计算公式表示为

$$10 \sim 12 \text{ 月} \quad x_2 = \begin{cases} 10n & \text{连晴日数 } n > 4 \text{ d} \\ 0 & \text{连晴日数 } n \leq 3 \text{ d} \end{cases}$$

$$1 \sim 4 \text{ 月} \quad x_2 = \begin{cases} 100 & \text{当 } n \geq 5 \text{ d} \\ 350/(9 - n) & \text{当 } n \leq 4 \text{ d} \end{cases}$$

3.3 预报日前 7 天日照时数和

日照时数在一定程度上反映了可燃物的干湿状况, 不失对森林火灾有一定贡献作用。我们采用了预报日前七天的日照时数和, 其指数计算公式如下

$$x_3 = \sum_{i=1}^7 S_i \quad (\text{取整数})$$

其中 S_i 为日照时数。

3.4 预报日前一天最大风速

预报日前一天最大风速对森林火灾有一定的贡献作用, 影响可燃物的干湿程度。此项在原森林火险天气等级中出现, 我们保留了它。其指数 $x_4 = 10(V_{\max} - 3)$, 其中 $V_{\max}$ 为预报日前一天最大风速($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)。

3.5 预报日最高气温

用 x_5 表示预报日最高气温, 其计算方法是按当天最高气温的实测值, 四舍五入取整数。预报时取预报日的最高气温预报值。

以上各因子除预报日实效雨量中的预报日降水量 R_n 和预报日的最高气温需用预报值外, 其余各因子均为实况值。预报日降水量和最高气温可用短期预报的预报值。预报日降水量 R_n , 其降水开始时间也由短期预报决定, 并且, 降水开始前的火险等级应以 $R_n = 0$ 的计算结果而确定, 而降水开始后的火险等级以 R_n 的预报量计算结果而确定。

4 结 论

(1) 对森林火险天气等级的预报, 我们采取了综合打分的办法, 其指数计算公式为

$$A = (x_1 + x_1') + x_2 + x_3 + x_4 + x_5$$

当无积雪时, x_1' 项为 0。

按此公式计算后, 将指数和 A 值分为五个等级。其中 A 值 ≤ 99 为 1 级, $100 \sim 159$ 为 2 级, $160 \sim 219$ 为 3 级, $220 \sim 279$ 为 4 级, ≥ 280 为 5 级。

(2) 用改进后的森林火险天气等级预报方法验证见表 2。

表 2 改进前、后的森林火险天气等级预报效果

Table 2 Comparison of forest fire forecasts
between the old and the revised method 次

方 法	等 级					合 计
	1	2	3	4	5	
原方法	0	5	7	17	16	45
新方法	0	1	9	17	18	45

由上表可见,新的森林火险天气等级中 3~5 级出现火灾次数 44 次,比原方法多 4 次,而 2 级出现火灾次数仅 1 次,比原方法少 4 次。若以预报火险等级为 3~5 级,实况有火灾为正确,以预报火险等级为 1~2 级,实况无火灾为正确的话,则新方法预报准确率为 98%,而原方法为 89%,新方法优于原方法。

致谢: 本文承 顾建中、苏瑛同志提供部分森林火灾资料,谨致谢意!

参 考 文 献

1 毛光伶. 林火与气象条件相互关系及其预报. 气象, 1988, (9): 52~54
2 康嫦娥. 城市火灾的气象条件分析及火险预报. 气象, 1993, (7): 47~51

OCCURRENCE FEATURES AND
FORECAST METHODS FOR FOREST
FIRES IN LIANYUNGANG CITY

Feng Jiapei Liu Shaokuan

(Meteorological Office of Lianyungang, Lianyungang 222006)

Abstract There were 111 forest fires in varying degrees during the period from 1987 to 1993 in Lianyungang city. The genesis of the hazard was investigated and corresponding weather was analyzed. Some irrational parts were pointed out of the old rating method for the forest fire weather for the whole country. By introducing effective rainfall and snow depth as impacting factors, a new rating method for forest fire weather was presented, its accuracy being 9% higher than the old one according to forecast verification against forty five forest fires taking place from 1994 to 1996.

Keywords forest fire hazard, weather rating, forecast method