

黑龙江省短期森林火险气象等级预报系统

袁美英 刘先昌 周永吉

徐南平

(黑龙江省气象台,哈尔滨 150030) (黑龙江省气象局,哈尔滨 150030)

提 要

利用林火资料和气象资料,通过建立概率模型模拟单因子对森林火险气象等级的单因子贡献度,然后通过四级判别得出综合模型,再根据不同季节植被因子对天气火险等级进行订正,最终得出森林火险气象等级。用此模型,对 1981~2000 年逐日 74 个站进行了森林火险气象等级计算,形成文本文件和库文件;对每日的实时资料进行火险气象等级计算;根据 T213 数值预报产品,计算未来 24 小时的火险气象等级。全省 31 个站的火险等级在省台服务器上以 MICAPS 第三类数据格式存放或通过“黑龙江省短期森林火险气象等级预报系统”调看。

关键词: 概率模型 森林火险气象等级 单因子火险贡献度 综合模型

引 言

黑龙江省拥有大兴安岭林区、小兴安岭林区、牡丹江林区和完达山林区。其中大兴安岭林区是我国最大的林区,林区面积约为 2500 万公顷,主要林型为兴安落叶松;小兴安岭林区面积约为 1100 万公顷,是著名的红松之乡;牡丹江林区面积约为 613 万公顷,完达山林区面积约为 296 万公顷。主要树种有红松林、云杉林、冷杉林等。在党中央、国务院再三强调可持续发展、注重环境保护的今天,提高对森林的保护意识尤为重要。森林火灾是毁坏森林珍贵资源、破坏生态环境的一大杀手;不仅如此,森林火灾对人民生命财产、国民经济造成严重损失。1987 年 5 月 6 日大兴安岭森林大火,受害森林面积高达 87 万公顷,烧毁房屋 61.4 万平方米、各种设备 2488 台,受灾群众 5.6 万人,死亡 213 人,伤 226 人。为了扑救这场火灾,动员了近 6 万军民奋战了一个月。1992 年 5 月 17 日韩家园森林大火和 1996 年嫩江大火损失也十分惨重。2000 年春末夏初,黑龙江林区共发生 258 起森林火灾,尤其 6 月中旬北部林区发

生林火高达 201 起,其中特大火灾 4 起,重大火灾 6 起,火场面积 67853 公顷,受害森林面积达 32414.3 公顷,此次林火火点之多,着火时间之长,面积之大,经济损失惨重,仅次于 1987 年“5.6”大火。森林火灾的发生、发展、蔓延、扑救在很大程度上受气象条件的制约和影响。研究和探讨森林火灾发生发展与气象条件的关系,制作和发布气象火险等级的预报,建立监测预警系统,对提高防御自然灾害能力,降低灾害所造成的损失有重要意义。

1 资料来源

(1)历史资料部分是由黑龙江省气象中心信息化科提供的从 1981~2000 年的全省 74 个站温度、降水、风速、积雪深度等资料,对此资料加工处理形成历史森林火险模型所需要的资料格式。

(2)实时资料为每天实时收集的全省 31 个站各时次温度、降水、风速等资料。

(3)计算预报火险等级时所采用的资料是 T213 数值预报产品所提供的产品 24~48 小时 31 个站的温度、降水、风速等预报场。

2 森林火险气象等级预报原理

2.1 森林火险气象等级划分

黑龙江省森林火险气象等级预报工作早在 20 世纪 80 年代已经开展, 火险气象等级一直采用 5 级制^[1], 即:

1 级(不燃级): 即使在具备强火源(主要火源)的条件下也不能燃烧的火险等级; 2 级(难燃级): 在具备强火源(主要火源)的条件下可能燃烧的火险等级; 3 级(能燃级): 在具备火源的条件下可以燃烧, 并有一定蔓延速度的火险等级; 4 级(易燃级): 只要具备一般火源的条件即可燃烧, 并可较快蔓延的火险等级; 5 级(强燃级): 只要具备一般火源的条件即可燃烧, 并可迅速蔓延的火险等级。

2.2 森林火险气象等级的基本原理

单因子火险贡献度指标及单因子火险贡献度数学模型的建立^[1]。

2.2.1 计算各因子的条件概率

对影响森林火险等级相关性较大的 12 个气象因子, 分别计算了不同因子、不同地区, 因子变动范围及不同因子与火情的适当对应关系, 找出它们之间的概率模型。这 12 个因子为:

- (1) 20~20 时的 24 小时降水量;
- (2) 14 时气温;
- (3) 最低气温;
- (4) 14 时相对湿度;
- (5) 14 时平均风速;
- (6) 20 时前 24 小时降水量;
- (7) 20 时前 3 天的降水量合计;
- (8) 前三天 14 时相对湿度平均值;
- (9) 前三天 14 时气温合计值;
- (10) 20 时前 24 小时降水量 $\leq 5\text{mm}$ 的连续日数;
- (11) 20 时前日降水量 $\leq 3\text{mm}$ 的连续日数;
- (12) 20 时前日降水量 $\leq 0.5\text{mm}$ 的连续日数。

我们把全省分成 8 个地区, 因为资料的

原因, 我们作了 6 个地区。由条件概率的计算结果看, 我们所做的这 6 个地区的 12 个因子中, 14 时气温 (T_{14})、最低气温 (T_d)、14 时风速 (F_{14})、连续三天 14 时气温和 (T_{72})、降水量小于 5mm 的连续日数 (R_5)、降水量小于 3mm 的连续日数 (R_3)、降水量小于 0.5mm 的连续日数 ($R_{0.5}$) 是随因子增大的, 24 小时降水量 (R_{24})、前 24 小时降水量 (Q_{24})、14 时相对湿度 (U_{14})、连续三天 24 小时降水量之和 (R_{72})、连续三天相对湿度的和 (U_{72}) 则是随因子增大而减少的。这种增大(减少)的趋势和我们掌握的一般的常识是吻合的。问题是这种因子的条件概率既非像以往有些模型中描述的随因子增大而直线增大(或减少), 也非像有些模型中描述的随因子增大而指数的增大(或减少), 也非单增单减。实际情况是有的条件概率随因子增大而增大, 但当因子达到一定值后并不继续增大, 而是不变(或略有下降); 反之, 有的条件概率则先随因子增大而几乎不变, 当因子达到某一值后随因子增大而减小。实际曲线由于有其他因子的作用而呈现较复杂的情形, 但有一点是相同的, 即在一定区域内随因子的增大而增大(或减少)的趋势是明显的(图略)。

上述结果可令我们回头来审查一下以往的各种模型的优劣了。显而易见, 直线模型或指数模型只描述了火险与气象因子关系的一部分, 而未准确的描述其全部关系, 实际火灾程度与气象因子的关系更符合以下的模糊数学模型:

$$\text{增因子: } U = 1/(1 + (a(c - x))^b) \quad x < c$$

$$U = 1 \quad x \geq c$$

$$\text{减因子: } U = 1/(1 + (a(x - c))^b) \quad x > c$$

$$U = 1 \quad x \leq c$$

其中, X : 气象要素的预报值或观测值;
 U : 单因子火险贡献度 $U(0,1)$ 或 $U(0,$

100)。

在上述公式的增因子中, x 值达到 c 值后, U 值就随 x 增大而呈不变的趋势; 减因子正相反。经过各种模型的优劣比较, 我们选择了以上数学模型作为单因子火险贡献度模型。

2.2.2 单因子火险贡献度模型指标系统

有了增因子和减因子模型——单因子火险贡献度模型, 要在实际中应用, 还需确定模型中的参数 a 、 b 、 c 。为了求得 a 、 b 、 c , 需从实际资料中进行反查、计算, 显而易见, 每个因子一定都存在着以下 3 个临界值。

表 1 12 个要素 a 、 b 、 c 值

	大兴安岭	黑河	伊春	绥化	哈尔滨	牡丹江	佳木斯	齐齐哈尔
1a	0.91	1.11	0.5	1	1.43	1.43	1.43	1
1b	2.38	2.68	6.26	5.01	4.25	2.02	2.02	5.0
1c	0	0	0	0	0	0	0	0
2a	0.13	0.07	0.09	0.25	0.17	0.07	0.07	0.25
2b	3.66	5.3	5.67	2.83	4.4	15.73	15.73	2.83
2c	29	33	32	36	17	25	25	36
3a	0.14	0.18	0.29	0.25	0.13	0.7	0.2	0.25
3b	4.03	3.7	2.88	5.78	5.4	3.29	3.29	5.78
3c	27	26	24	20	20	26	26	20
4a	0.05	0.06	0.04	0.13	0.17	0.1	0.1	0.13
4b	2.6	2	2.92	1.83	1.42	2.21	2.21	1.83
4c	14	8	9	18	14	6	6	18
5a	0.11	0.33	0.09	0.25	0.29	0.25	0.25	0.25
5b	10.36	3.44	12.16	6.53	4.03	4	4	6.53
5c	15	14	19	9	13	16	16	9
6a	0.38	0.63	0.5	0.31	0.71	0.32	0.32	0.31
6b	2.75	1.72	2.6	7.26	4.25	5.69	5.69	7.26
6c	0	0	0	0	0	0	0	0
7a	0.18	0.26	0.19	0.13	0.25	0.22	0.22	0.13
7b	4.93	3.33	3.6	10.24	2.42	8.0	8.01	10.24
7c	0	0	0	0	0	0	0	0
8a	0.04	0.06	0.05	0.13	0.08	0.08	0.08	0.18
8b	3.07	2.25	3.42	1.78	1.87	2.07	2.07	1.78
8c	16	19	14	22	12	12	12	22
9a	0.06	0.04	0.09	0.08	0.06	0.07	0.07	0.08
9b	3.27	3.98	2.78	2.91	5.23	5.6	5.6	2.91
9c	80	96	80	84	44	36	36	84
10a	0.06	0.25	0.08	0.2	0.14	0.06	0.06	0.2
10b	13.05	2.08	2.91	3.47	2.78	4.38	4.38	3.47
10c	24	51	80	73	47	57	57	23
11a	0.07	0.2	0.2	0.1	0.2	0.11	0.11	0.1
11b	10.66	2.77	2.85	6.36	2.36	3.16	3.16	6.36
11c	23	35	32	23	47	48	48	23
12a	0.17	0.1	0.11	0.17	0.08	0.13	0.13	0.17
12b	10.36	7.64	9.2	4.59	5.4	3.52	3.52	4.59
12c	10	21	16	19	32	36	36	19

L_0 : 开始没有林火发生的临界值。

$L_{0.5}$: 林火几率开始明显增多的临界值。

L_1 : 林火几率开始大量发生的临界值。

L_0 、 $L_{0.5}$ 、 L_1 可以从实际曲线中查算出来。我们通过归一化条件概率图查出了各因子的 3 个界线值 L_0 、 $L_{0.5}$ 、 L_1 。 a 、 b 、 c 、可用 L_0 、 $L_{0.5}$ 、 L_1 来表示, 推导过程略。

至此, a 、 b 、 c 参数的计算转化为对 L_0 、 $L_{0.5}$ 、 L_1 的求算, 由此算得的各地区 a 、 b 、 c 参数指标列入表 1。

将各地区 a, b, c (共 12 组)值代入各单因子贡献度模型中, 则形成该地区的单因子火险贡献度指标系统。

根据所掌握的资料, 共做了 6 个地区的单因子火险贡献度指标。齐齐哈尔和佳木斯市因火情资料不全未做, 而用地理条件相近的绥化和牡丹江的参数代替, 待今后逐步健全。

2.2.3 森林火险气象等级的综合指标系统

有了单因子火险贡献度模型, 可以说研究林火等级有了基础。接着, 我们采用了综合指标, 此过程分四步。

①一级判别: 包括所有 12 个单因子火险贡献度, 反映了在各个因子条件下火险程度的大小。

②二级判别: 当前因子——前 5 个因子的平均(U_j)。前期因子——后 7 个因子的平均(U_q)。它们反映了当前因子和前期因子条件下分别对火险程度的贡献。

③三级判别: 用大兴安岭多因子综合指标法的归纳方法

(1) $U_j, U_q \leq 0.5$ 和 $U_j < U_q$ 时

$$GG = 1/2 \times (U_j + U_q / (U_j + 0.3))$$

(2) $U_j \leq 0.5$ 和 $U_j > U_q$ 时

$$GG = 1/2 \times (U_j + U_q)$$

(3) $U_j > 0.5, U_q > 0.5$ 和 $U_j < U_q$ 时

$$GG(j) = 1/2 \times (U_j(j) + U_q(j))$$

(4) $U_j > 0.5, U_q > 0.5$ 和 $U_j > U_q$ 时

$$GG = U_j$$

(5) 其他情况时

$$GG = 1/2 \times (U_j + U_q / (U_j + 0.3))$$

④四级判别: 四级判别是林火气象等级研究的关键, 经过反复推敲, 我们认为在等级划分中应有以下几方面工作。

等级划分的好坏将直接关系到等级系统质量的高低。我们此次工作中掌握了如下原则:

(1) 1 级(不燃级)林火发生频率控制在 5% 以内。

(2) 2 级(难燃级)林火发生频率在 10% 左右, 一般应小于 10%。

(3) 4、5 级林火发生总频率一般应为 50% 以上。

以上三点只是基本的原则, 在实际划分时, 还要考虑到全省统一。经过调整, 5 级火险等级的划分如表 2。

表 2 等级划分

GG 等级	(0,10) 1	(10,25) 2	(25,45) 3	(45,59) 4	(59,100) 5

3 历史火险等级数据库的建立

为了对黑龙江省历史上森林火险气象等级有个全面的认识, 也为了森林火险等级中长期预报的需要, 我们对 1981~2000 年全省 74 个站的资料进行了气象影响要素的资料提取和森林火险气象等级的计算。对如下 14 个因子进行了逐站逐日提取, 生成 23 个要素文件, 供计算历史森林火险气象等级使用。14 个因子如下:

(1) R_{24} : 20 ~ 20 时的 24 小时降水量;

(2) T_{14} : 14 时气温;

(3) T_d : 最低气温;

(4) U_{14} : 14 时相对湿度;

(5) F_{14} : 14 时平均风速;

(6) QR_{24} : 20 时前 24 小时降水量;

(7) QR_{72H} : 20 时前 3 天的降水量合计;

(8) QU_{72P} : 前三天 14 时相对湿度平均值;

(9) QT_{72H} : 前三天 14 时气温合计值;

(10) QR_5 : 20 时前 24 小时降水量 $\leq 5\text{mm}$ 的连续日数;

(11) R_3 : 20 时前日降水量 $\leq 3\text{mm}$ 的连续日数;

(12) $R_{0.5}$: 20 时前日降水量 $\leq 0.5\text{mm}$ 的

连续日数;

(13)积雪因子;

(14)植被因子。

在资料的处理过程中,有缺漏报错报等现象,在资料整理过程中,根据空间和时间序列相关站点的资料进行了订正和修改,使之合理和计算机能自动计算。

把 1981~2000 年春、秋防气象因子数据和火险等级写成两个文件,并形成两个数据库,同时把 14 个因子,返青期日数(春季)、枯萎、枯霜日数等一并写入文件中作为历史资料和数据库,并提供给中、长期森林火险气象等级预报共同使用。

4 实时资料森林火险气象等级

在每日 9 时计算机自动计算前一天实时火险气象等级,计算原理同历史火险计算原理。计算机自动提取温度、降水、风速、最低气温等因子,形成逐日追加文件。利用所形成的天气学模型,自动计算逐日火险等级,文件以日期形式命名,以 MICAPS 第三类数据格式存放。放在网络服务器 1 盘 ddqq 综合图目录下,文件名为“实时火险”。每天 9 时定时计算。供每日春(秋)防期制作森林火险气象等级时预报员参考。

5 预报火险等级

利用 T213 数值预报产品,所用因子是 14 时气温、风速、相对湿度、24 小时降水量和每日最低气温及植被和物候因子订正参数。每天 12 时 30 分计算机自动进行计算,并把生成的火险等级文件转成 MICAPS 第三类数据格式。存放目录同实时森林火险气象等级存放目录,文件名为“预报火险”,供预报员制作火险预报时参考。

6 操作系统

制作了黑龙江省短期森林火险气象等级预报系统。在此操作系统中,集资料采集、数据处理、春(秋)防期火险等级计算及各种数

据资料的查询调阅为一体(包括历史上 20 年的逐日的火险等级及各种要素的查询调阅)。详情请参见操作手册部分(略)。

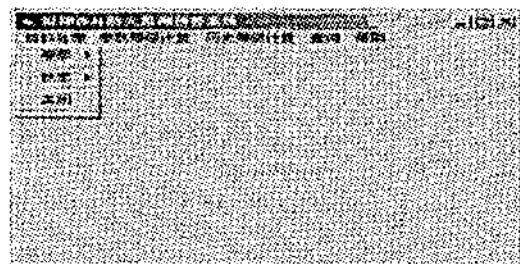


图 1 操作系统主界面

7 运行检验

春防期实时火险等级的计算从 2002 年 3 月份开始试运行,预报火险等级在有了 T213 资料后,正式运行从 2001 年 5 月 1 日开始。秋季的火险等级实时计算和预报从 2002 年 9 月 1 日开始,目前正在运行当中。从运行情况看,能够报出各高火险时段,尤其 2002 年 9 月 30 日北部地区高火险等级,预报效果良好。预报火险等级,因预报要素取自 T213 数值预报产品,火险等级的高低直接与预报要素有关,预报要素的准确度直接影响火险等级的准确率,因此预报火险等级计算不如用实时资料计算出的火险等级效果好。

另外,我们常规接收到的资料是气象站点的数据,林区的数据不能实时上传,只能利用临近气象常规观测站点的资料进行计算,常因此造成一定误差。因此,获取林区实时气象数据,对提高森林火险气象等级预报的准确程度具有重要意义。

参考文献

- 徐南平.森林火险气象等级指标系统和数据库.黑龙江气象,1990.
- 宋志杰等.林火原理和林火预报.北京:气象出版社,1991.