

基于模糊综合判别的森林火险等级预报研究^{*}

田光辉¹, 陈汇林¹, 许向春²

(1. 海南省气象科学研究所 南海气象减灾防灾重点实验室, 海南 海口 570203;

2. 海南省气象局, 海南 海口 570203)

摘 要: 森林火险气象因子的预报具有很大的不确定和模糊性, 而依赖于气象预报因子的森林火险预报同样具有等级判别的模糊性。以海南岛森林火险气象等级预报为例建立森林火险预报模糊数学模型, 研究建立森林火险预报模糊综合判别数学模型的关键技术, 并分析对比模糊数学模型与其它常用森林火险预报方法模型的优劣。结果表明模糊数学模型在海南岛森林火险等级预报中显现出明显优势, 它能够更好地分辨出高森林火险与低森林火险, 较好反映森林火险等级与气象因子之间存在的复杂关系。

关键词: 森林火险等级; 气象; 模糊综合判别

中图分类号: S762; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2013)03-0117-06

0 引言

在森林火险气象等级预报中, 国内外专家学者采取的常用方法有: 指数查对法、综合指标法和统计回归法。指数查对法是先通过选取的气象因子确定其气象指数, 然后指数求和得到总的气象指数, 最后对气象指数进行等级划分。综合指标法是直接对多个气象因子按照一定算法进行融合建立气象指数, 然后进行气象火险等级划分。统计回归法是选用历史林火资料和对应的历史气象资料建立数学回归模型, 划分森林火险气象等级^[1-6]。

模糊综合判别是基于模糊数学的一种综合评价判别方法, 可广泛应用到自然科学的各个领域^[7-9]。森林火险本身是一个模糊的概念, 即自身并不好界定一个可量化的界限, 同时影响森林火灾的发生风险的各个因子的预报也同样存在不确定性, 比如未来降水、相对湿度、温度、风速的预报存在不确定性。本文以海南岛森林火险预报为研究对象, 研究模糊数学综合判别模型在森林火险预报中的应用。海南岛地处我国热带地区, 分布着独特的热带季雨林和热带山地雨林。海南岛属热带季风气候, 有明显的干湿季节之分, 干季时段特别是11月份到次年4月份是海南岛森林受火灾威胁最为严重的时段。下面以海南岛森林火险预报为例对此方法进行阐述。

1 模糊综合判别方法

模糊数学是研究现实中许多界限不分明问题的一种数学工具, 其基本概念之一是模糊集合。利用模糊数学和模糊逻辑, 能很好地处理各种模糊问题。模糊综合判别是模糊数学的一个重要应用, 它是对受多个因素影响的事物, 做出合理综合考虑各个影响因素的综合判别^[10-11]。

设影响评判结果的 n 个因素集合为 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 设 m 个不同的评判等级组成决策评判集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, 设 R 为 X 到 U 的一个映射:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

一般来说, n 个因素 x_1, x_2, \dots, x_n 对于评判重要程度有所差别。可通过赋予每个因素 x_i 不同的权重 a_i 来代表其重要程度, 且要求 a_i 满足归一化的条件:

$\sum_{i=1}^n a_i = 1$ 。评判因素的权重分配 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 可以看作论域 X 上的模糊集。

综合判别时, 由 A 和 R 合成 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$, B 是决策评判集 U 的模糊集。得出 B 后根据最大隶属度原则、模糊分布或加权平均等方法得出最后的明确判别结果。

^{*} 收稿日期: 2012-11-28 修回日期: 2013-12-30

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY20120619); 海南省气象局项目(HN2012TDA10)

作者简介: 田光辉(1979-), 男, 河南汝南人, 工程师, 研究方向为应用气象. E-mail: tianguanghui1997@163.com

2 模型建立

2.1 因素集筛选

收集整理较长时间序列的森林火灾信息及对应时间段的气象要素资料,作为模型建立森林火险预报等级评价评判的因素。本文收集了海南省林业局森林防火指挥部的2001—2010年间的林火资料,包括林火发生时间、地点及其火点面积等信息。同时收集了与林火对应时段的多个要素的气象资料。

选择若干个相关的气象因子作为森林火险等级预报因子,进行相关分析及主成分分析,筛选森林火险等级预报因子。具体的方法为:选择若干与森林火险有可能相关的气象因子,与林火的火点面积大小进行相关分析剔除相关性较小的气象因子,然后再对初步筛选的气象因子进行主成分分析,筛选出森林火险等级预报的气象因子。通过以上过程并结合本地业务人员的经验最终选择的因子集为: $X = \{R, T, H, K, W\}$ 。式中: R 为日降水量; T 为日最高气温; H 为日最小相对湿度; K 为当日KBDI干旱指数^[12-13]; W 为日平均风速。

各个因素的权重由专家打分法确定,其步骤如下:首先,选定对森林火险预报领域较为熟悉的专家若干名;其次,每位专家对各个气象因素的重要程度按照百分制进行打分;最后,对专家评分进行统计处理,求出各个气象因素对森林火险等级预报重要程度的权重。按照上述专家打分方法,得到 $X = \{R, T, H, K, W\}$ 各因素的权重为: $A = (a_R, a_T, a_H, a_K, a_W) = (0.2, 0.2, 0.40, 0.15, 0.05)$ 。

2.2 制定决策评判集

本文综合参考《全国森林火险天气等级》林业行业标准及《森林火险气象等级》气象行业标准把森林火险预报的评判结果划分为5个等级^[14-15]。由于后面要对因素集即气象因子进行量化处理并要建立隶属度函数,因此对森林火险预报5个等级在特定区域内进行了着火概率的量化处理。具体森林火险预报等级划分如表1所示。

根据以上森林火险预报等级划分结果,决策判别集表示为: $U = \{1\text{级}, 2\text{级}, 3\text{级}, 4\text{级}, 5\text{级}\}$ 。式中:1级代表不易燃烧级别,2级代表难以燃烧级别,3级代表可以燃烧级别,4级代表容易燃烧级别,5级代表极易燃烧级别。

2.3 隶属函数建立

2.3.1 隶属函数原型构建

万正奎等^[16-17]在多因子综合指标森林火险预

表1 森林火险预报等级划分

森林火险 预报等级	危险程度	易燃程度	区域林火条件概率
1级	没有危险	不能燃烧	着火概率极低, 小于1.41%
2级	低度危险	难以燃烧	着火概率低, 1.41% ~ 2.82% 之间
3级	中度危险	可以燃烧	着火概率中, 2.82% ~ 5.65% 之间
4级	高度危险	容易燃烧	着火概率高, 5.65% ~ 11.31% 之间
5级	极度危险	极易燃烧	着火概率极高, 大于11.31%

报研究中引入模糊数学,认为火险因子与火险等级可以用模糊原理中的隶属度概念很好的表述。火险等级随因子量值增大而增大的单因子模型,采用戒下型隶属函数式(2)最为理想。

$$u = \begin{cases} \frac{1}{1 + (a(c - x))^b}, & x < c; \\ 1, & x \geq c. \end{cases} \quad (2)$$

火险等级随因子量值增大而减小的单因子模型,采用戒上型隶属函数式(3)最为理想。

$$u = \begin{cases} \frac{1}{1 + (a(x - c))^b}, & x > c; \\ 1, & x \leq c. \end{cases} \quad (3)$$

式中: u 为单因子对高火险等级的贡献度; x 为因子的实际观测值或预报值; a, b, c 为待定系数。

为了求解各个因素即各个气象因子的原型隶属函数的待定系数,对本文收集的数据进行如下处理:把各气象因子按照自然断点法分成若干个因子区间,计算研究对象某时段每个因子区间内的气象因子的个数,同时计算各因子区间内的森林火灾次数,用各因子区间内森林火灾次数除以对应的气象因子个数,得到该区间的火险概率。最后,对各因子的火险概率进行归一化处理,使其概率分布于(0,1)之间。按照如下方法绘制各气象因子火险概率贡献度图:以各因子为横坐标,火险概率为纵坐标,画出各因子的归一化概率分布图。经过以上处理后,就可以根据隶属函数在特殊临界值求解待定系数 a, b, c 。

(1) 最高气温 T 的隶属函数原型 $f(T)$ 如式(4)所示。

$$f(T) = \begin{cases} \frac{1}{1 + (0.25 \times (38 - T))^{1.5705}}, & T \leq 38; \\ 1, & T > 38. \end{cases} \quad (4)$$

式中: T 是当天14时气温($^{\circ}\text{C}$); $f(T)$ 是由 T 决定的

单因子火险贡献度。图1表明,火险贡献度与14时气温有很强的相关性,随着气温升高,火险贡献度随其呈指数增加趋势,拟和的经验公式相关系数为0.988。

(2)14时相对湿度 H 的隶属函数原型 $f(H)$ 如式(5)所示。

$$f(H) = \begin{cases} \frac{1}{1 + (0.11 \times (H - 28))^{1.6433}}, & H \geq 28; \\ 1, & H < 28. \end{cases} \quad (5)$$

式中: H 是当天14时相对湿度(%); $f(H)$ 是由 H 决定的单因子火险贡献度。图2表明,火险贡献度与14时相对湿度存在着很强的相关性,随相对湿度升高,火险贡献度随其呈指数减小趋势,拟和的经验公式如果剔除一些偏差过大的噪声值后,相关系数可达0.978。

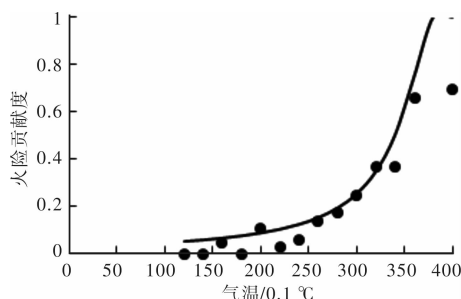


图1 14时气温火险贡献度曲线图

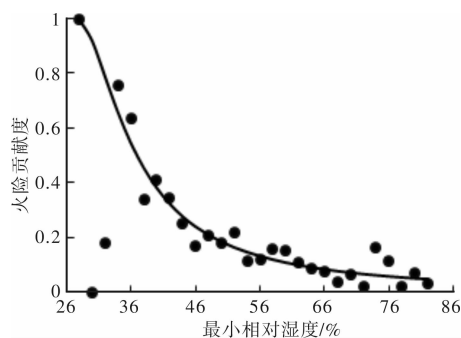


图2 14时气温火险贡献度曲线图

(3)KBDI 干旱指数 K 隶属函数原型 $f(K)$ 如式(6)所示。

$$f(K) = \begin{cases} \frac{1}{1 + (0.05 \times (190 - K))^{1.348}}, & T \leq 190; \\ 1, & T > 190. \end{cases} \quad (6)$$

式中: K 是前期长效指标 KBDI 干旱指数; $f(K)$ 是由 K 决定的单因子火险贡献度。图3表明,火险贡献度随 KBDI 指数升高而升高,拟和的经验公式的相关系数为0.682。

(4)日平均风速 W 的隶属函数原型 $f(W)$ 如式(7)所示。

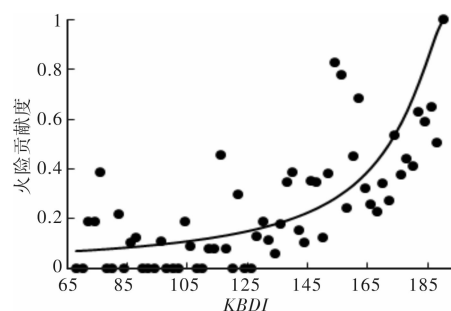


图3 KBDI 火险贡献度曲线图

$$f(W) = \begin{cases} \frac{1}{1 + (0.09 \times (56 - T))^{0.85}}, & T \leq 56; \\ 1, & T > 56. \end{cases} \quad (7)$$

式中: W 是当天平均风速(0.1 m/s); $f(W)$ 是由 W 决定的单因子火险贡献度。图4表明,火险贡献度随平均风速升高而升高,拟和的经验公式如果剔除一些偏差过大的点后,相关系数为0.85。

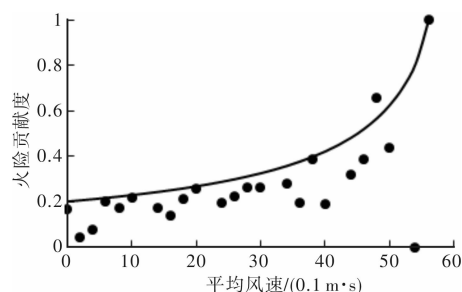


图4 日平均风速火险贡献度曲线图

(5)24 h 降水 R 的隶属函数原型 $f(R)$ 如式(8)所示。

分析历史资料可知,85% 以上的火点出现在无降水日,99% 以上火点出现在邻近24 h 降水 R 小于8 mm 的情况。分析表明,当 $R > 8$ mm 时,基本无火点出现。其函数图如图5所示。

$$f(R) = \begin{cases} 1, & R = 0; \\ 0.8, & 0 < R \leq 80; \\ 0, & R > 80. \end{cases} \quad (8)$$

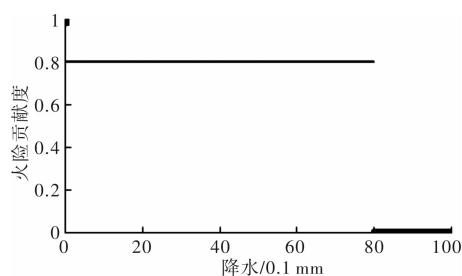


图5 日降水贡献度曲线图

2.3.2 定义隶属函数关系矩阵

各个气象要素对决策判别集的隶属函数 R 记作:

$$R = \begin{bmatrix} T_1 & T_2 & T_3 & T_4 & T_5 \\ H_1 & H_2 & H_3 & H_4 & H_5 \\ K_1 & K_2 & K_3 & K_4 & K_5 \\ W_1 & W_2 & W_3 & W_4 & W_5 \\ R_1 & R_2 & R_3 & R_4 & R_5 \end{bmatrix} \quad (9)$$

式中: T 、 H 分别代表气温、相对湿度。

各个因素集(各个气象要素)对应的判别集(火险等级)的隶属函数可以根据各个因素集的隶属函数原型在各个判别集对应的区域林火条件概率来确定。下面以最高气温 T 对 2 级森林火险等级的隶属函数建立过程为例演示整个关系矩阵 R 的建立过程。查表 1 知 2 级森林火险对应的区域林火概率为 1.41 ~ 2.82 之间,根据最高气温的隶属函数原型式(2)可以求出 1.41% 和 2.82% 的区域着火概率时对应的最高气温为 19 °C 和 26 °C。计算得到了关键截域后,可以确定最高气温 T 对 2 级森林火险等级的隶属函数 T_2 式如式(10)所示,其示意图如图 6 所示。

$$T_2 = \begin{cases} 0.92 + F(t), & t < 19; \\ 1, & 19 \leq t < 26; \\ 1.16 - F(t), & 26 \leq t < 38; \\ 0, & t \geq 38. \end{cases} \quad (10)$$

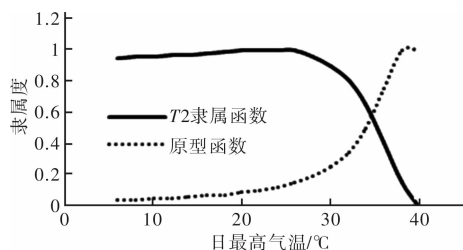


图 6 T_2 对应的隶属函数

按照上述方法确定因素集即 5 个气象因子对应的决策判别集即 5 个森林火险等级的隶属函数关系矩阵如表 2 所示。

2.4 火险等级判别

选择合适的模糊算子进行最终的火险等级判别,常用的算子有主因素突出型和加权平均型等,本文考虑森林火险等级的判别是各个气象因子综合作用的结果,选择加权平均型计算各决策评判等级的隶属度,其各个因素的重要程度由各因素的权重决定。

设 $B = (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)$ 为各因素综合作用后对决策集各火险等级的隶属度,则: $B = A \times R$ 既 $B_j = a_T \times T_j + a_H \times H_j + a_K \times K_j + a_W \times W_j + a_R \times R_j$, 其中 $j = 1, 2, 3, 4, 5$; T, H, K, W, R 分别为因素集气温、湿度、KBDI、风速、降水; a_R, a_T, a_H, a_K, a_W 为各因

素集的权重。

计算得到各个火险等级的隶属度后,根据最大隶属度原则确定火险等级大小:如果 $b_k = \max(b_j)$, 则 U_k 既为最终的评判结果。

2.5 应用实例

某日 24 h 降水、最高气温、最小相对湿度、KBDI 干旱指数、风速预报如下: $X = \{0, 30, 30, 145, 12\}$, 则其隶属函数关系矩阵 R 可以通过表 2 计算得到。

$$R = \begin{bmatrix} 0.83 & 0.91 & 1 & 0.94 & 0.63 \\ 0.13 & 0.17 & 0.18 & 0.43 & 1 \\ 0.81 & 0.84 & 0.92 & 1 & 0.93 \\ 0.99 & 1 & 0.95 & 0.93 & 0.61 \\ 0.2 & 0.4 & 0.6 & 0.8 & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

各因素对决策集各火险等级的隶属度为: $B = (0.43, 0.51, 0.58, 0.72, 0.90)$ 。根据最大隶属度原则, b_5 为 B 最大值即可确定某日的森林火险等级为 5 级。

3 方法模型比较

海南岛现行森林火险气象等级预报方法是早些年从其它省份引进的,该方法以气温日较差和相对湿度作为主要火险因子,进行回归计算得到的等级预报方程。

$$U = a + b \times H + c \times \Delta T. \quad (12)$$

式中: U 、 H 和 ΔT 分别代表预报日的火险函数值、相对湿度和温度日较差, a 、 b 和 c 为关系系数。

采用模糊数学模型气象等级预报方法和海南岛现行森林火险等级预报方法分别对海南省 2001 - 2010 年森林防火期进行等级判别,统计各火险等级所占百分比及各火险等级林火发生概率结果如表 3。

森林火险预报模型的优劣在于预报结果中高森林火险等级火险发生概率高,低森林火险等级火险发生概率低,各等级所占百分率呈现中间等级所占百分率大,其它等级所占百分率递减的合理分布特征。分析表 3 结果表明,模糊数学模型林火发生概率自低火险等级到高火险等级呈指数增加趋势,而海南岛现行火险模型出现 5 级火险等级发生概率比 4 级火险等级发生概率低的问题。模糊数学模型与现行方法模型相比,模糊数学模型一级林火发生概率只有 0.15%,而现行方法林火发生概率 1.7%,低火险等级林火发生概率明显降低;模糊数学模型五级火险等级林火发生概率达 17%,而现行方法林火发生概率为 8.6%,高火险等级林火发生概率明显升高。模糊数学模型火险气象等级预报方法更好的把高火险与低火险分离开来,可以减少防火部门森林防火的工作量,提高防火的预警能力。

表 2

各因素集对应的各火险等级隶属函数表达式

$T_1 = \begin{cases} 1, & t < 19; \\ 1.08 - F(t), & 19 \leq t < 38; \\ 0, & t \geq 38。 \end{cases}$	$T_2 = \begin{cases} 0.92 + F(t), & t < 19; \\ 1, & 19 \leq t < 26; \\ 1.16 - F(t), & 26 \leq t < 38; \\ 0, & t \geq 38。 \end{cases}$	$T_3 = \begin{cases} 0.86 + F(t), & t < 26; \\ 1, & 26 \leq t < 31; \\ 1.31 - F(t), & 31 \leq t < 38; \\ 0, & t \geq 38。 \end{cases}$
$T_4 = \begin{cases} 0.69 + F(t), & t < 31; \\ 1, & 31 \leq t < 35; \\ 1.62 - F(t), & 35 \leq t < 38; \\ 0, & t \geq 38。 \end{cases}$	$T_5 = \begin{cases} 0.38 + F(t), & t < 35; \\ 1, & t \geq 35。 \end{cases}$	$H_1 = \begin{cases} 1, & h > 85; \\ 1.05 - F(h), & 28 < h \leq 85; \\ 0, & h \leq 28。 \end{cases}$
$H_2 = \begin{cases} 0.95 + F(h), & h > 85; \\ 1, & 64 < h \leq 85; \\ 1.09 - F(h), & 28 < h \leq 64; \\ 0, & h \leq 28。 \end{cases}$	$H_3 = \begin{cases} 0.91 + F(h), & h > 64; \\ 1, & 62 < h \leq 64; \\ 1.1 - F(h), & 28 < h \leq 62; \\ 0, & h \leq 28。 \end{cases}$	$H_4 = \begin{cases} 0.9 + F(h), & h > 62; \\ 1, & 41 < h \leq 62; \\ 1.35 - F(h), & 28 < h \leq 41; \\ 0, & h \leq 28。 \end{cases}$
$H_5 = \begin{cases} 0.65 + F(h), & h > 41; \\ 1, & h \leq 41。 \end{cases}$	$K_1 = \begin{cases} 1, & K < 10; \\ 1.04 - F(t), & 10 \leq k < 190; \\ 0, & K \geq 190。 \end{cases}$	$K_2 = \begin{cases} 0.96 + F(k), & K < 10; \\ 1, & 10 \leq k < 73; \\ 1.07 + F(k), & 73 \leq k < 190; \\ 0.1, & k \geq 190。 \end{cases}$
$K_3 = \begin{cases} 0.93 + F(k), & k < 73; \\ 1, & 73 \leq k < 125; \\ 1.15 - F(k), & 125 \leq k < 190; \\ 0, & k \geq 190。 \end{cases}$	$K_4 = \begin{cases} 0.85 + F(k), & K < 125; \\ 1, & 125 \leq k < 156; \\ 130 - F(k), & 156 \leq k < 190; \\ 0, & k \geq 190。 \end{cases}$	$K_5 = \begin{cases} 0.70 + F(k), & k < 190; \\ 1, & K \geq 190。 \end{cases}$
$W_1 = \begin{cases} 1, & w < 10; \\ 1.20 - F(w), & 10 \leq w < 56; \\ 0, & w \geq 56。 \end{cases}$	$W_2 = \begin{cases} 0.77 + F(w), & w < 10; \\ 1, & 10 \leq w < 18; \\ 1.26 - F(w), & 18 \leq w < 56; \\ 0.1, & w > 56。 \end{cases}$	$W_3 = \begin{cases} 0.74 + F(w), & w < 18; \\ 1, & 18 \leq w < 23; \\ 1.28 - F(w), & 23 \leq w < 56; \\ 0, & w \geq 56。 \end{cases}$
$W_4 = \begin{cases} 0.72 + F(w), & w < 23; \\ 1, & 23 \leq w < 49; \\ 1.60 - F(w), & 49 \leq w < 56; \\ 0, & w \geq 56。 \end{cases}$	$W_5 = \begin{cases} 0.40 + F(w), & w < 49; \\ 1, & w \geq 49。 \end{cases}$	$R_1 = \begin{cases} 1, & r \geq 8; \\ 0.8, & 0 < r < 8; \\ 0.2, & r = 0。 \end{cases}$
$R_2 = \begin{cases} 0.8, & r \geq 8; \\ 0.64, & 0 < r < 8; \\ 0.6, & r = 0。 \end{cases}$	$R_3 = \begin{cases} 0.6, & r \geq 8; \\ 0.48, & 0 < r < 8; \\ 0.6, & r = 0。 \end{cases}$	$R_4 = \begin{cases} 0.4, & r \geq 8; \\ 0.32, & 0 < r < 8; \\ 0.8, & r = 0。 \end{cases}$
$R_5 = \begin{cases} 0.2, & r \geq 8; \\ 0.16, & 0 < r < 8; \\ 1, & r = 0。 \end{cases}$		

表 3 模糊综合判别方法与海南岛现行森林火险等级预报方法对比表

火险等级	各等级所占百分比/%		各等级林火发生概率/%	
	模糊方法	现行方法	模糊方法	现行方法
一	7.286 2	18.077 6	0.151 3	1.707 3
二	31.536 6	41.898 1	2.103 3	3.683 2
三	41.005 3	32.087 7	4.133 3	5.290 3
四	13.436 9	7.297 2	8.350 7	11.782 5
五	6.735 0	0.639 3	17.048 3	8.620 7

能够更能真实的反映森林火险等级与气象因子之间存在的复杂关系,更为准确的定位森林火灾可能发生的气象条件,更好地为森林防火部门提供森林火险等级预报,减少防火工作量。

森林火灾发生发展与林火管理力度、森林的林种结构、人口密度、地形地貌等有很大关系,因此,需进一步研究气象因子与森林火灾发生发展的关系,采用较为先进的技术方法做好森林火险的预报工作,更好的为热带森林的保护工作做好服务。

5 结论与讨论

基于模糊数学模型的森林火险等级预报方法,

参考文献:

- [1] 牛若芸,翟盘茂,孙明华. 森林火险气象指数及其构建方法

- 回顾[J]. 气象, 2006, 32(12): 5-8.
- [2] 舒立福, 张小罗, 戴兴安, 等. 林火研究综述(Ⅱ)——林火预测预报[J]. 世界林业研究, 2003, 16(4): 37.
- [3] Turner J A, Lawson B D. Weather in the Canadian Forest Fire Danger Rating System[J]. Environment Canada, Pacific Forest Research Centre. 1978: 1-40.
- [4] 白尚斌, 张晓丽. 林火预测预报研究综述[J]. 林火研究, 2008(2): 24-25.
- [5] 郑海青, 陈敏平, 张星. 福建省森林火险天气等级预报系统[J]. 中国农业气象, 2001, 22(3): 37-43.
- [6] 李兴华, 李云鹏, 杨丽萍. 内蒙古森林草原火险等级短期预报方法及系统开发[J]. 气象, 2003, 29(Supp 1): 79-82.
- [7] 肖启华, 张建新, 黄冬梅. 城市风暴潮灾害快速评估的模糊决策方法——以厦门市为例[J]. 灾害学, 2011, 26(2): 77-80.
- [8] 潘建华, 彭贵芬, 彭俊, 等. 基于模糊综合评判的汶川 8.0 级地震重灾区滑坡泥石流气候风险评估[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 10-16.
- [9] 陈仕鸿, 刘晓庆. 一种台风灾情综合评估模型及应用[J]. 灾害学, 2012, 27(2): 87-91.
- [10] 张曾科. 模糊数学在自动化技术中的应用[M]. 北京: 清华大学出版社. 1997: 181-185.
- [11] 梁保松, 曹殿立. 模糊数学及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 203-208.
- [12] KeetchJJ, GABYram. Drought index for forest fire control[M]. USDA Forest Service Research Paper SE 38, Asheville, NC: Southeastern Forest Experiment Station, 1968: 33.
- [13] 田晓瑞, 舒立福, 王明玉, 等. 利用 Keetch-Byram 干旱指数预测森林火险[J]. 火灾科学, 2003, 12(3): 151-155.
- [14] 中华人民共和国林业部. LY/T1172-95 全国森林火险天气等级[S]. 北京: 气象出版社, 1995.
- [15] 中国气象局. QX/T77-2007 森林火险气象等级[S]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [16] 宋志杰. 多因子综合指数森林火险预报系统. 林火原理与林火预报[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 204-230.
- [17] 郑焕能, 姜俊清. 森林防火[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994: 148-152.

Study on Grade Prediction on Forest Fire Based on Fussy Synthetic Discriminant

Tian Guanghui¹, Chen Huilin¹, Xu Xiangchun²

(1. South China Sea Key Laboratory of Meteorological Disaster Mitigation and Redaction, Hainan Institute of Meteorological Sciences, Haikou 570203, China; 2. Hainan Meteorological Bureau, Haikou 570203, China)

Abstract: Meteorological factor prediction on forest fire is of great uncertainty and ambiguity. and prediction on forest fire, which is dependent on weather forecast factor, is of ambiguity in grade determination. Taking meteorological grade prediction on forest fire of Hainan Island as an example, a fuzzy mathematical model for forest fire prediction is established, key technologies on establishment of a mathematical model of fuzzy synthetic discrimination are studied, and a comparison between the fuzzy mathematical model and models based on other methods is done. The results reveal that the fuzzy mathematical model in the Hainan Island case shows obvious advantages, and it can better identify high and low forest fire and clearly reflect the complex relation between the fire danger rating and meteorological factor.

Key words: forest fire-danger grade; meteorology; fuzzy synthetic discrimination