

耦合植被与 T639 模式的森林火险气象 潜势预报

杨晓丹, 赵鲁强, 宋建洋, 李宛育

中国气象局公共气象服务中心, 北京 100081

摘要 利用中国 2425 个测站地面观测资料和 T639 数值预报资料, 以下垫面地理信息、森林植被分布特征为理论依据, 通过分析大气降水、地表气温、湿度、风速等气象要素与可燃物状况之间的关联性, 建立森林火险气象预报模型。预报结果表明, 模型结果能够较好地反映出局地森林火险气象等级较高的区域, 对预报有很好的指导作用。

关键词 T639 模式; 森林火险; 可燃物含水量

森林火灾是一种突发性强、破坏性大、处置救助较为困难的自然灾害和突发公共事件。据统计, 建国以来中国共发生森林火灾 70.5 万次, 受害森林面积 3874 万 hm^2 , 烧死烧伤 3.3 万人, 直接经济损失数千亿元, 给国家和人民生命财产带来巨大损失。近年来, 随着中国造林绿化事业的不断发展, 森林面积不断增加, 同时由于全球气候异常变化, 极端天气气候事件增多, 森林火灾呈现上升趋势。

引发区域性森林火灾的因子很多, 其中气象条件一直被认为是最主要的因素之一。森林火灾发生的季节、时段、强度和蔓延的快慢, 与气象要素的变化, 如气温、风、降水量、相对湿度以及它们的相互作用等均有密切的关系。森林火险气象预报对预防、控制、甚至扑救森林火灾具有指导意义, 也是保护珍贵的森林资源, 减少森林火灾等自然灾害带来的损失, 实现森林资源的可持续发展的有效途径。

森林火险气象预报技术从 20 世纪 20 年代发展迄今已有 70 余年的历史, 其本质为林火发生的风险预测^[1]。1914 年美国就开始研制火险等级; 苏联在沙俄时期曾采用桧柏枝条和木柱体的方法来预估林火的发生; 1928 年加拿大莱特(Wright)利用空气中的相对湿度来进行火险预报, 以相对湿度 50% 为界限, 小于 50% 就有发生林火的可能; 1936 年美国吉思抱恩(Glsborne)提出多因子预报方法^[2]。20 世纪 40 年代日本昌山久尚提出实效湿度法; 1944 年苏联聂斯切洛夫提出综合指标法等^[3]。以上方法均属于火险气象预报范畴, 将火险等级划分为不燃、难燃、可燃、易燃、强烈燃烧等 5 级。20 世纪 50 年代以后, 研究林火预报的国家越来越多。20 世纪到 70 年代, 美国和加拿大首先形成了国家级火险预报系统。例如, 1972 年美国开发了国家级火险系统, 计算着火分量、蔓延分量和能量释放分量, 并确定 3 个独立指标, 即雷击火发生指标、人为火发生指标和燃烧

收稿日期: 2017-11-07; 修回日期: 2018-01-04

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201406034)

作者简介: 杨晓丹, 高级工程师, 研究方向为专业气象预报与服务, 电子信箱: yangxd@cma.cn; 赵鲁强(通信作者), 正研级高级工程师, 研究方向为专业气象预报与服务, 电子信箱: zhaolq@cma.cn

引用格式: 杨晓丹, 赵鲁强, 宋建洋, 等. 耦合植被与 T639 模式的森林火险气象潜势预报[J]. 科技导报, 2018, 36(8): 87-92; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.08.010

指标。加拿大学者于1987年形成了“加拿大森林火险等级系统”。加拿大各地的防火中心根据该系统的预报结果,及时调配巡护飞机、空降扑火队等防火力量,实现了对林火的科学、主动预防。

与发达国家相比,中国对森林火险预报技术的研究起步较晚,1955年才开始林火预报研究,主要借鉴美国、加拿大、苏联等国家的林火预报方法,并结合中国某一林区特点进行方法修正,其中大多预报方法主要根据气象因子与森林火险的关系针对某一特定区域或行政区来建立森林火险气象指数的预报模型^[4]。例如风速修正综合指标法、双指标法以及火险尺法等^[5]。1978年以后,中国的森林火险气象预报向林火发生预报和林火行为预报发展,并开始研制全国性的林火预报系统。1998年国家气象中心结合美国洛杉矶林业试验站龙布-戴维斯方案,利用特大火灾历史数据库验证研制出了国家级的森林火险气象指数,该指数在国家气象中心日常业务预报中使用^[6]。

目前,国家级森林火险气象业务中应用的模型仍然是基于龙布-戴维斯方案,主要采用风速、温度、相对湿度、可燃物湿度及降水间隔日数等因子。但该模型中连续无降水日数的计算、气象实况数据的差值方案不够准确,使用的森林植被信息比较陈旧,已经不能满足实际业务的需要。本研究旨在深入研究森林火灾与天气之间的关系,完善森林火险气象指数计算方法,更新森林可燃物数据,进一步提高中国森林火险气象预报服务质量。

1 资料和方法

1.1 资料

1.1.1 实况资料

本研究所用资料来自国家气象局信息中心数据库中全国2425个气象地面观测站点的实时要素资料。包括:前日8:00—次日8:00逐小时降雨量(mm)、逐小时气温(°C)、逐小时露点气温(°C)、逐小时相对湿度(%)、最高最低气温(°C)。

根据各个观测站的前7天降水量变化情况来判断每站的干旱天数。

1.1.2 预报资料

从T639场库提取预报的常规气象格点资料,包括T639预报场8:00起报的6、30、54 h预报时效的2 m气

温、2 m相对湿度和2 m比湿、地面降水量、风速、露点温度和每日最高最低气温。

1.1.3 下垫面地理信息和植被(森林)生长状况

1) 地理信息数据库。包含海拔高度、坡度、坡位向、地貌特征、下垫面类型及其植被郁闭度等信息;河流、湖泊及其水系分布;城镇分布特征。范围60°N~15°N,70°E~140°E,分辨率30 km。

2) 植被(森林)生长状况。根据卫星(MODIS)反演的中国叶面积指数(LAI)和生物量(GPP和NPP)数据推算植被(森林)季节内生长状况的气候值,从而得到可燃物生长季的含水率变化规律。MODIS产品空间分辨率:30 km;时间分辨率:8 d;时段:1982年1月1日—2013年12月31日。

1.2 预报方法

1.2.1 森林火险气象预报因子

影响森林火险的因子繁多,其中有些是静态因子,如气候区、地形地势、森林特征等;有些是动态因子,如可燃物含水量、气象因子、火源等。目前在火险气象预报研究中常采用的主导因子是可燃物的含水量、降水量或干旱日数、相对湿度、温度和风5个因素^[7]。

1) 静态因子。随时间变化,不随地点变化,对林火预报起长期作用的环境因素称为静态因子,例如气候区、地形(坡度、坡向)等。这些因子在某种具体林火预报系统中并不是直接输入,但必须考虑到稳定因子的作用,作为参考。

2) 动态因子。随着时间和地点发生变化的环境因素。林火预报变化因子是林火预报的最重要因子。可以通过观测和计算直接输入预报系统中。例如可燃物含水率、风速、空气温度、空气湿度、降水量、连旱天数、地下水位蒸发量、雷电活动水平等。

1.2.2 森林火险气象预报因子选择

森林火险气象预报精度的关键,除了系统本身方法的科学性外,主要是看如何选择恰当的因子,客观真实地反映林火发生的可能性。本研究主要选择可燃物因子(可燃物含水率)、气象因子(降水、最高温度、相对湿度、露点温度和风速)、地形因子3大类。综合考虑不同的下垫面植被类型和气候环境等要素信息,利用主成分分析、突变分析和偏最小二乘法等方法,分析各因子与火险之间的相关关系,计算出火险指标,划分火险等级。

2 耦合植被与 T639 模式的森林火险气象潜势预报模型开发及检验

2.1 模型初始场

通过筛选,选出影响森林火险的气象要素作为预报的输入因子,主要包括:降水、相对湿度、温度、露点温度、最高温度、风场5个气象因子^[8-9]。

另外,该模型考虑地形、海拔高度、植被类型数据;植被(森林)物候期数据和区域季节内变化等因子。

2.2 森林火险气象预报模型易变模块的构建

根据上述的因子构建易变模块

$$F = F_p + F_u + F_t + F(t-t_d) + DD \quad (1)$$

式中, F 为总的森林火险气象指数, F_p 为连续无降水日的森林火险气象指数, F_u 为最小相对湿度对应的森林火险气象指数, $F(t-t_d)$ 为最高温度与其露点温度对应的森林火险气象指数, F_t 为温度对应的森林火险气象指数,温度考虑了季节变化, DD 为突变性要素(如瞬时大风、寒潮等)^[10]。

易变模块中气象因子火险指数构建步骤如下^[11]。降水使用的是连续7天的降水情况。降水对于火灾发生有较大的影响,所以连续无降水日数越长表明火灾发生的可能性就越大。大于7天以上连续无降水,在气象上对于火灾发生的影响基本没有变化^[12]。因此将连续无降水日数设置为7天。表1是计算森林火险气象预报模型中连续无降水日及对应的 F_p 。

表1 连续无降水日对应的火险指数表

降水量/mm	F_p 值						
	当日	1日	2日	3日	4日	5日	6日
0.6~5.0	5	10	15	20	25	30	35
5.1~15.0	0	5	10	15	20	25	30
15.1~30.0	0	0	5	10	15	20	25
30.1~50.0	0	0	0	5	10	15	20
>50.0	0	0	0	0	5	10	15

相对湿度和露点温度是影响火灾发生的仅次于降水的2个重要因子,是表征大气中降水可能发生的重要要素,对于森林火险气象预报过程中有着同样重要的地位,表2是这2个因子对应的火险指数。

气温对于森林火险的影响在不同的季节而不同,因此本模型考虑的是日最高气温的季节变化,从而对不同月份的温度进行了分级,得到最高气温的火险指数(表3)。

表2 温度露点差与相对湿度的火险指数表

$t-t_d$	相对湿度(当日+前日)	$F(t-t_d)$ 或 F_u
<1.5	>140	2
1.5~4.0	120~140	6
4.1~6.5	100~119	10
6.6~9.0	80~99	14
>9.0	<80	18

表3 最高气温对应的火险指数表

月份	最高气温				
1	<2.5	2.6~5.5	5.6~8.5	8.6~11.5	>11.5
2	<3.5	3.6~6.5	6.6~9.5	9.6~12.5	>12.5
3	<8	8.1~11.0	11.1~14.0	14.1~17.0	>17.0
4	<15	15.1~18.0	18.1~21.0	21.1~24.0	>24.0
5	<20	20.1~23.0	23.1~26.0	26.1~29.0	>29.0
6	<24	24.1~27.0	27.1~30.0	30.1~33.0	>33.0
7	<27	27.1~30.0	30.1~33.0	33.1~36.0	>36.0
8	<27	27.1~30.0	30.1~33.0	33.1~36.0	>36.0
9	<24	24.1~27.0	27.1~30.0	30.1~33.0	>33.0
10	<18	18.1~21.0	21.1~24.0	24.1~27.0	>27.0
11	<11	11.1~14.0	14.1~17.0	17.1~20.0	>20.0
12	<5	5.1~8.0	8.1~11.0	11.1~14.0	>14.0
F_t	2	6	10	14	18

2.3 森林火险气象预报修正方案

在森林火险气象预报模型易变模块构建的基础上,本模型中火灾隐患区森林火险气象指数需要进一步修正,利用最小二乘法确定修正方案的参数,如:地形地势、海拔高度、植被生长状况^[13-14]等,经过反复验证后得出经验修正系数(系数范围为:-1<修正系数<1)。具体修正方案为

综合森林火险气象预报指数(AA)=火险气象指数×修正系数

2.4 森林火险气象等级划分

进一步分析在天气条件背景下与森林火灾易发程度的关系^[15],将综合森林火险气象火险气象预警指标(AA)划分为5级:一级、二级、三级、四级和五级。由低到高依次为极低、低、较高、高、极高。具体森林火险气象等级划分标准见表4^[16]。

表4 森林火险气象等级划分标准

火险气象等级	易燃程度	危险程度	火险气象指数
极低(一级火险气象预警)	不能燃烧	没有危险	0~25
低(二级火险气象预警)	难以燃烧	低度危险	26~50
较高(三级火险气象预警)	较易燃烧	中度危险	51~75
高(四级火险气象预警)	容易燃烧	高度危险	76~90
极高(五级火险气象预警)	极易燃烧	极度危险	91~100

2.5 耦合植被与 T639 模式的森林火险气象潜势预报

2010年春季,中国西南地区降水持续偏少,气象干旱达重度干旱或特旱,导致西南地区森林火灾频发。四川、云南、贵州、广西4省多处发生森林火灾,仅2010年4月1—15日,全国发生森林火灾84起,其中云南发生了48起(图1)。

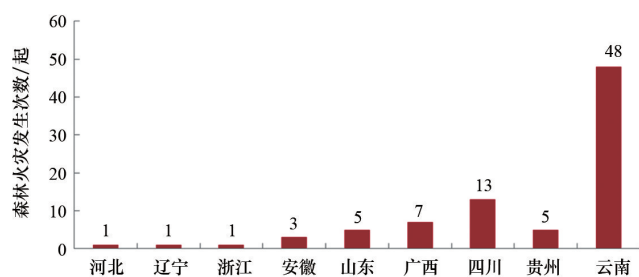


图1 2010年4月1—15日全国森林火灾发生起数

选取2010年4月1—30日全国2425个观测站降水、气温、相对湿度、露点温度、风的资料,及T639模式

(8:00)6、30、54(8:00)的2 m温度、2 m相对湿度和比湿、地面降水量、风速、露点温度和每日最高最低气温预报数据,对模型计算结果进行检验^[17]。

图2~图4是2010年4月11日8:00预报未来3天全国森林火险气象预报。可以看出,2010年4月11—13日,四川南部、云南大部、广西西部等地均是高森林火险气象等级。主要是由于前期降水偏少,特别是四川南部、云南及广西西部地区,出现了不同程度的旱情,空气湿度小,植物的含水量降低。东北、华北和西北地区东部因前期没有明显降水,部分地区的森林火险气象等级较高。同时,经国家林业局统计,2010年4月11—13日,中国四川、云南、广西共发生25起森林火灾,云南发生17起。从森林火灾情况可以反映出,总体上该模型预报效果比较好。

4月13日,广西西部、华北西南部、西北地区东部出现降水(图5),从图4(2010年4月13日8:00—4月14日

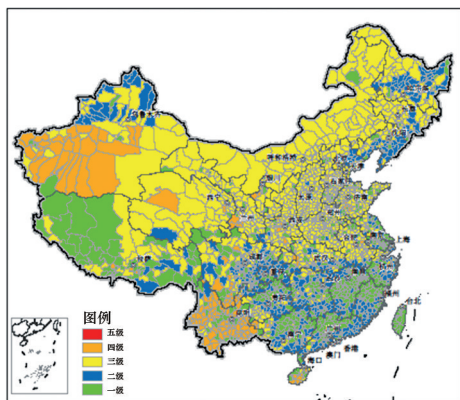


图2 2010年4月11日8:00—4月12日8:00
全国森林火险气象预报

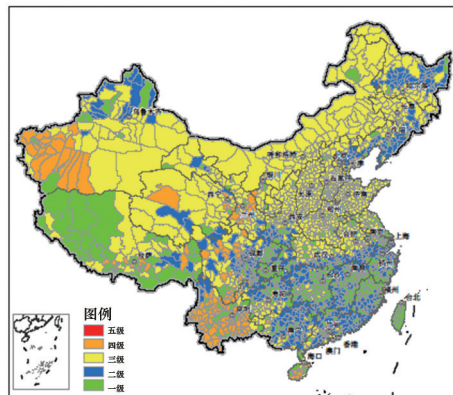


图3 2010年4月12日8:00—4月13日8:00
全国森林火险气象预报

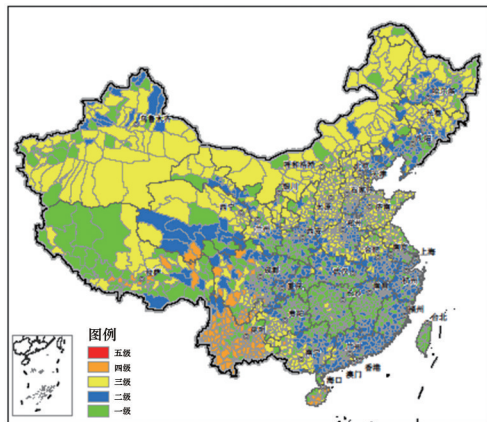


图4 2010年4月13日8:00—4月14日8:00
全国森林火险气象预报

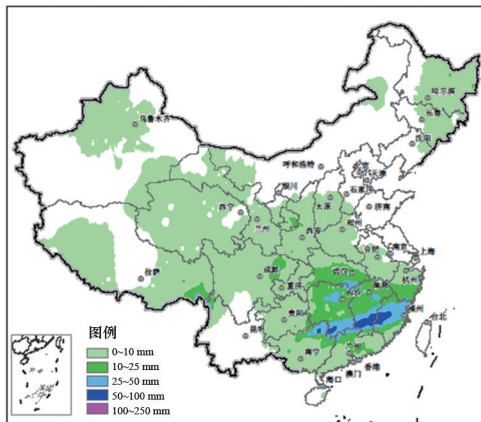


图5 2010年4月13日8:00—4月14日8:00
全国降水量实况

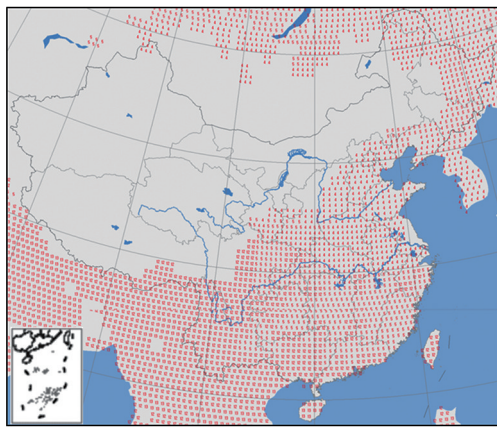
8:00 预报)中可以看出,受降水影响广西西部的高森林火险气象等级及华北地区西南部、西北地区东部的较高森林火险气象等级均有所降低。可见,在影响森林火险的气象因子中,降水的影响最为显著。

从预报图中还可以看出,新疆地区的森林火险气象等级一直偏高。主要是因为新疆地区受植被等资料的限制,导致在没有降水的情况下,模型预报的森林火险气象等级偏高。

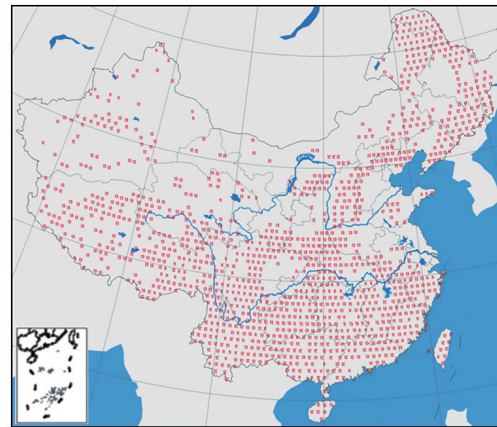
2.6 预报模型与原国家级森林火险气象预报模型对比

2.6.1 更新森林植被资料

森林植被数据是森林火险气象预报模型中必不可少的因子。从图6可以看出,原国家级业务模型中,森林植被资料陈旧,森林植被覆盖不合理(图6(a)),西北地区没有植被数据。更新的下垫面资料(图6(b)),森林植被覆盖更为精细,符合中国森林分布的特征。



(a) 原模型中森林植被分布数据



(b) 更新后的森林植被分布数据

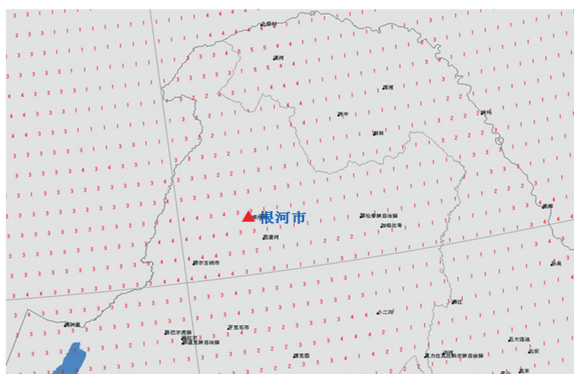
图6 全国森林植被分布

2.6.2 模型的预报结果对比

2015年7月12日12:15,内蒙古东北部阿鲁自然保护区发生森林火灾,火场距内蒙古根河市满归镇仅30 km。

受持续高温干旱影响,内蒙古大兴安岭北部原始

林区近期火灾频发。对于大兴安岭北部原始林区,两个模型的预报结果有很大差异。从图7可以看出,原国家级模型预报(图7(a))的火险等级大部分在1级,本研究的模型预报(图7(b))12日火险等级均为3~4级,预报更为准确。



(a) 原模型预报结果(2015年7月12日8:00 24 h时效)



(b) 本研究模型预报结果(2015年7月12日8:00 24 h时效)

图7 森林火险气象预报等级

3 结论

1) 本研究的模型充分考虑目前国家级森林火险业务与服务的需求,针对原国家级森林火险气象预报模型的算法、方案等进行修正和改进,预报结果更为合理、准确,在实际业务中为预报员预报提供了有效的参考。

2) 森林火险等级大小与地形地势、海拔高度、植被生长状况等相关,在本研究中,对利用气象因子计算出的火险指数进行了订正,订正后的火险指数更为合理。

3) 耦合植被与 T639 模式的森林火险气象潜势预报能抓住局地等级比较高的区域,但受下垫面植被覆盖资料的影响,在某些区域,如新疆、西藏等地区,预报结果偏差较大,需要预报员在预报过程中加以订正。

参考文献(References)

- [1] IPCC. Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability, contribution of working group II to the third assessment report of IPCC[M]. New York: Cambridge University Press, 2001: 1032.
- [2] 易浩若, 纪平, 覃先林. 全国森林火险预报系统的研究与运行[J]. 林业科学, 2004, 40(3): 203-207.
- [3] 黄宝华, 孙治军, 史淑一, 等. 国外森林火险天气预测预报方法探析[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2012, 28(6): 83-87.
- [4] 白尚斌, 张晓丽. 林火预测预报研究综述[J]. 林火研究, 2008(2): 22-25.
- [5] 曾伟, 刘祥凤, 杨龙光. 森林火险预报研究进展[J]. 中国林副特产, 2013(1): 82-84.
- [6] 牛若云, 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): 3-9.
- [7] 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): 34-37.
- [8] 中华人民共和国林业部. LY/7 1172-95 全国森林火险天气等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [9] 宋卫国, 马剑, Satoh K, 等. 森林火险与气象因素的多元相关性及其分析[J]. 中国工程科学, 2006, 8(2): 61-66.
- [10] 辛吉武. 森林防火与气象因子[J]. 中国林业, 2006(11B): 35-36.
- [11] 王瑞君, 李帅, 刘春生, 等. 短期森林火险等级模型的建立[J]. 气象, 2003, 29(增刊): 66-73.
- [12] 庞庭颀, 苏志, 张明军, 等. 森林火险趋势预报中降水日数和降水量模型的研建[J]. 森林防火, 2002(4): 37-39.
- [13] 王瑞君, 于建军, 郑春艳, 等. 森林可燃物含水率预测及燃烧性等级划分[J]. 森林防火, 1997, 53(2): 16-17.
- [14] 李春燕. 森林可燃物含水率与火险等级关系的研究[J]. 云南林业调查规划, 1994(4): 37-42.
- [15] 王正非. 三指标林火预报法[J]. 生态学杂志, 1988, 7(增刊): 75-81.
- [16] 张映堂, 霍义强. 滇中地区森林火险等级系统预报方法的研究[J]. 林业科学, 1995, 31(3): 239-246.
- [17] 王明玉. 气候变化背景下中国林火响应特征及趋势[D]. 北京: 中国林业科学院, 2009.

Forest fire weather forecasting with coupled vegetation and T639 model

YANG Xiaodan, ZHAO Luqiang, SONG Jianyang, Li Wanyu

Public Meteorological Service Center of China Meteorological Administration, Beijing 100081, China

Abstract Guided by the theories of the geographic information of the underlying surface and the distribution characteristics of forest, a forest fire weather forecast model is established through analysis of the relationship between meteorological factors (such as atmospheric precipitation, surface air temperature, humidity and wind speed) and the fuel status based on the ground observation data of 2425 stations in China and the T639 numerical forecast data. The predicted results indicate that the current model can well reflect the situations in the local areas of the forest with high probability for a correct prediction of fire weather, thus providing a good guidance for forest fire prognosis and prediction.

Keywords T639 model; forest fire-danger; fuel water content ●



(责任编辑 傅雪)