

黄宝华, 孙治军, 张华, 等. 潜在森林火险评估方法研究 - 以山东省为例 [J]. 灾害学, 2014, 29(4): 116 - 121. [Huang Baohua, Sun zhijun, Zhang hua, et al. Potential forest fire risk assessment method research in shandong province as an example [J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(4): 116 - 121.]

潜在森林火险评估方法研究

——以山东省为例*

黄宝华^{1 2 3 4} 孙治军⁴ 张 华¹ 孙 瑶⁵

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003; 2. 烟台市地理信息中心, 山东 烟台 264003;
3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 中国农业大学(烟台), 山东 烟台 264670;
5. 烟台市土壤肥料工作站, 山东 烟台 264001)

摘 要:森林火险图在森林火灾管理和研究(瞭望塔、风险评估和其它各种仿真研究)中扮演着至关重要的角色,在充分考虑导致火灾的因素(常量和变量)着火可能性基础上,利用遥感(RS)数据获取速度快、面积大和地理信息系统(GIS)空间分析特点生成静态和动态指数构成集成火险指数。静态火险指数将多年近地面平均气温、多年近地面空气比湿、植被类型、植被覆盖度、海拔、坡度、坡向、距居民地距离、距道路距离、人口素质等引起火灾最为重要的10个因素作为研究因子;动态火险指数利用美国潜在火险指数模型,利用MODIS数据波段多、反演数据强的特点,获取了地表温度、大气湿度、植被湿度等数据得到死、活可燃物湿度。通过2011年132个火点的验证,火点处的集成火险指数值在非常高以上占了82.6%,说明了集成火险指数在潜在火险应用方面的价值。

关键词:森林火险图;静态火险指数;动态火险指数;集成火险指数;潜在森林火险;山东

中图分类号:X928.7;X928.03;X43 文献标志码:A 文章编号:1000-811X(2014)04-0116-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.04.022

森林火灾指失去人为控制,在林内自由蔓延和扩展,对森林、森林生态系统和人类带来一定危害和损失的林火行为。森林火灾是一种全球性灾害,火灾原因取决于气象、植被类型和社会环境变化以及应急机制等诸多因素^[1-2]。根据火灾区域和数量确定影响尺度是森林火灾突发事件处置的主要内容。森林火险等级用于森林火灾定量或定性的潜在林火指标进行研究,是表示林火发生或潜在发生、蔓延和产生破坏作用的指标,广泛用于计划烧除等林火管理活动。在国家或特定地方区域上使用的森林火灾风险指数,由于数据源和方法的不同构建出不同火险指数。迄今为止对森林火灾风险还没有一个确定的使用术语,Chandler^[3]认为“火灾风险是由影响初始火灾危险因素(常量和变量)共同影响的结果”。国际粮农组织对森林火灾风险定义是“着火可能性取决于任何导致火灾的因素”^[4]。遥感技术具有成本低、覆盖面积大、重返时间短等特点,是目前有效评估和监测该问题唯一技术方法。本文从常量和变量两者出发,充分利用RS数据获取快速和GIS空间分析的优势构建集成火险指数对山

东森林火险潜在危险研究。静态火险指数主要利用在一定时期内不变的数据,如地形、森林类型等数据;动态火险指数用美国火险潜在指数(FPI),结合卫星图像和气象数据每日更新火险指数。

1 研究区概况和数据

1.1 研究区概况

山东省属农区林业,林农交错,森林防火外延广。自1977年以来,森林面积与覆盖率总体呈现上升趋势,森林面积由1973年的12.7 Ghm²增加到2008年的20.36 Ghm²;森林覆盖率从1973年1.22%上升到2008年1.95%。全省已建立森林和野生动物类型自然保护区16处,总面积474 km²,建立森林公园84处,其中国家级森林公园26处,是古树名木的重要汇集区,且森林集中连片、与重点人文资源融入一体,是森林防火的重中之重^[5]。

1.2 数据

本研究所用数据如表1所示。

* 收稿日期:2014-04-21 修回日期:2014-06-20

基金项目:烟台市科技发展计划项目“基于MODIS数据火险预警研究”(2009163);烟台市科技发展计划项目“山东海岸带遥感灾害监测”(2013ZH084)

作者简介:黄宝华(1977-),男,吉林临江人,在读博士生,工程师,研究方向为GIS与遥感应用。E-mail: huanbaohua78@126.com.

表 1 文中所用数据来源

数据名称		数据年代	数据描述	数据来源(网站)
MODIS L1B 数据		2011	MOD02HKM MYD02HKM 校正过 500 m 分辨率对地观测数据 MOD021KM MYD021KM 校正过 1 km 分辨率对地观测数据 MOD02OBC MYD02OBC 星上校正器(OBC) 和工程数据	http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/
MODIS 数据产品	火烧迹地数据	2001 - 2010	Collection 5. 1 Global Burned Area Product (MCD45A)	http://modis-fire.umd.edu/form.html
	归一化植被指数		陆地 2 级标准栅格数据, 空间分辨率 250 m (MCD13)	http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html
土地覆盖类型数据	植被类型数据	2000	由中国植被图集(1:100 万)的植被类型, 1:10 万土地利用数据库的 2000 年中国 1 km 土地利用分类图制成 IGBP 土地覆盖分类型数据	http://westdc.westgis.ac.cn/L
	居民地数据			
多年平均气温		2001 - 2010	以 Princeton 再分析、GLDAS、GEWEX-SRB 辐射资料, 及 TRMM 降水资料为背景场融合了中国气象局常规气象观测数据	
多年平均近地面空气比湿		2001 - 2010		
DEM 数据		2000	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) GTOPO30 生成坡度和坡向	http://glcfapp.glc.umd.edu:8080/esdi/index.jsp
道路数据		2010	高速、铁路、国道、省道、城市快速路、乡镇村道、其他道路	http://www.diva-gis.org/ (部分)
农民人均纯收入		2012	山东 2012 统计年鉴	山东省统计局

2 潜在火险指数的构建

森林火灾风险估计主要确认变量的潜在贡献, 并将它们集成到一个数学表达式, 即一个指数中, 通过量化指数来表示风险级别。森林火灾风险的文献综述展示了用于火灾风险评价的不同方法。几种方法中不仅变量不同, 使用数据的更新时间尺度和派生产品也不同。森林火灾风险是静态(常量)和动态(变量)共同影响开始火灾危险因素的结果。森林火灾风险预报方法根据火险因子时间尺度变化因素, 指标分为长期、短期和二者集成火险指数。

(1) 静态或长期火险指数: 短期内因子不变, 如坡度、坡向、可燃物、气候、地理位置等。

(2) 动态或短期火险指数: 随着时间和空间推移不断变化的因素, 如风速、温度、可燃物水分、人等。

(3) 集成或综合火险指数: 包括静态和动态变量, 这些因素同时很高才证明森林火险高^[6]。集成方法基于开始和发展森林大火是受不同因素的影响假设前提下进行火险分析。集成森林火灾风险(Integrated Forest Fire Risk, IFFR)方法是一个集成静态和动态火险指数的综合火险方法(SFI)^[7-8]。

2.1 静态(常量)火险指数

静态火灾风险指数是指短时间内参数不会改变。这些静态变量指的是对于一个给定的时期(不

小于一年)认为是稳定的, 包括地形和其他变化速度非常慢的变量。静态火灾风险指数指标的稳定条件有利于火灾发生, 利用统计在给定时间段内该类型指数变量平均值的方法来提供随时间推移最为稳定的参数计算指数。在实践中, 其内在条件用来确定地区火灾的风险的高低, 在地区层面上使用这些风险指数可指导该区域防火基础设施建设。天气和植被条件类似的情况下, 高火灾风险的地区长期指标确定应优先用于监测。此次研究是基于 10 个变量的组合。

每个变量的初始值对应不同危险等级, 考虑到每个类在火灾危险因素中的相对重要性, 根据其火灾危险程度对这些变量重新分类, 定义级别(从高到低分别为火灾危险)赋值为 0 ~ 5, 式(1)为重新分类后整合所有变量的公式:

$$SFI = 12t + 13h + 10v + 13c + 6e + 5s + 9a + 12i + 12r + 8p. \quad (1)$$

式中: $t, h, v, c, e, s, a, i, r, p$ 代表多年近地面平均气温、多年近地面空气比湿、植被类型、植被覆盖度、海拔、坡度、坡向、距居民地距离、距道路距离、人口素质。山东省 SFI 值域范围为 0 ~ 64, 需进一步结合动态风险指数(火险潜在指数)作为集成森林火灾风险指数。

2.2 动态(变量)火险指数

动态火险指数建立的目的是确定森林火灾的点火概率和火灾蔓延的能力。动态火险指数主要包括两个部分: 天气是森林火灾点火和传播重要条

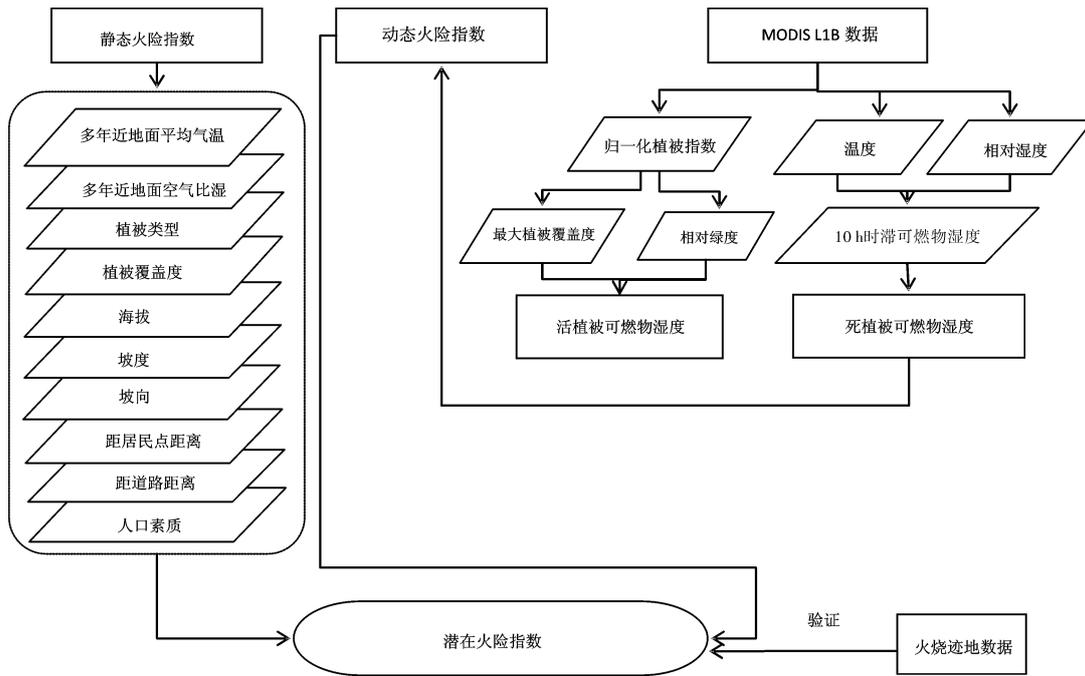


图1 集成森林火灾风险指数

件,各种气象森林火灾火险指数是森林防火机构最常用的指数;可燃物条件是第二个重要类型的动态风险指数。植被类型和水分条件也是强烈影响点火和森林火灾传播的重要条件。通过量化植物水分和相关的水的压力来评价植被水的压力。森林风险指数的预测能力与用于构建模型所使用的数据质量和数据范围紧密关联。本文通过遥感数据植被指数或通过遥感反演气象数据计算确定植被状态。利用基于几个中间信息层构建的美国潜在火险指数(FPI)模型作为动态火险指数:

(1) 死可燃物消失水分含量(MX_d): 根据每个可燃物具体特点确定死可燃物消失水分含量值,湿度值以上火不再蔓延。

(2) 最大活可燃物比和相对绿度分别代表给定像素的植被达到最大绿度的活可燃物载荷比,以及每个像素当前绿度和最大和最小的绿度。最大活可燃物比和相对绿度利用归一化植被指数(NDVI)进行计算^[9]。

$$LR_{max} = (0.25 + \frac{ND_{max}}{2ND_{absmax}}) \times 100 \quad (2)$$

式中: ND_{max} 为 NDVI 最大值。

$$RG = \frac{ND_0 - ND_{min}}{ND_{max} - ND_{min}} \times 100 \quad (3)$$

式中: ND_{min} 为 NDVI 最小值; ND_0 为 NDVI 值。

通过缩放最大活可燃物(LR_{max})和相对绿色(RG)图、活可燃物比图(LR)表示当前每个像素活可燃物比。为了计算LR, RG必须转化为分数值($RG_f = RG/100$)然后应用如下公式:

$$LR = \frac{RG_f \times LR_{max}}{100} \quad (4)$$

(3) 10 h时滞死可燃物含水率(FM_{10})由天气数

据(温度、相对湿度)计算得到。10 h时滞可燃物被定义为直径0.6~2.5 cm尺寸范围内死木本植物。细小可燃物(即草、树叶、树皮、树枝等易燃物质);大型可燃物是指直径6 cm以上,可以抵住整个季节的枯竭,不易燃烧。森林火灾通常起源于细小可燃物,它们几乎随相对湿度和温度变化立即做出反应,利用平衡水分估算。10 h可燃物湿度(TN_f)由死可燃物水分消失(MX_d)的 FM_{10} 计算,公式如下^[10]:

$$TN_f = \frac{FM_{10} - 2}{MX_d - 2} \quad (5)$$

10 h可燃物湿度(TN_f)和活可燃物比(LR)计算后,潜在火险指数(FPI)计算公式如下:

$$FPI = (1 - TN_f)(1 - LR) \cdot 100 \quad (6)$$

2.3 集成火险指数

将静态和动态火险指数集成构建成一个有效的集成火险指数。图1给出集成火险指数过程主要模式。

集成火险指数分为5类火险风险(低、中、高、非常高和极端),火灾风险类由几种可能的FPI和SFI组合来达到每个火灾风险类的最佳评估值。

3 应用研究与验证

3.1 静态与动态火险指数应用

山东静态火险指数地域分布不明显(图2),主要沿几个林区分布。高静态火险指数主要集中在济南林区、崂山林区和昆嵛山牙山林区,特别是极高静态火险指数区基本上集中在济南林区;泰莱林区、蒙山林区、沂山林区、尼山林区、鲁山

林区、五莲山林区和牙山林区大部分地区属于中火险指数区。

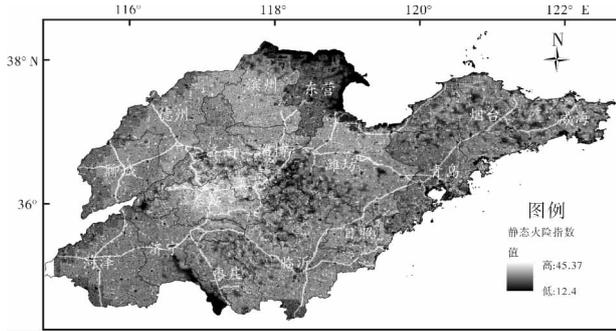


图2 山东省静态火险指数

1月11号、4月1日、7月4日和10月5日为四个季度的 FPI 分布图上(图3、4)表示 FPI 值小于30的比例依次为 0.92%、2.1%、39%、47%; 30~40 比例依次为 92.82%、57.6%、55.71%、49.33%; 大于40 比例依次为 6.26%、40.18%、5.29%、3.67% ,火险危险程度依次为 4、1、10、

7月,说明动态火险随季节变化的波动性,与静态火险指数形成对比。究其原因为山东春季(2-4月)气温变化大,升温较快,水分蒸发加速,再加上人们的春耕生产和旅游活动(游人吸烟)、开荒等明火行为增多,导致春季是森林火灾最高发生期,占2011年火灾发生率的86%,随着雨水的增加,4月中旬后火灾次数明显减少;夏、秋季(5-10月)雨日多,降水量丰富,是山东地区潮湿季节,这时候的降水量占全年降水量的60%~70%,是一年中降水量最多的季节,同时由于植被湿度大,不易燃烧。因此夏、秋季是山东森林火灾不易发生期,火灾次数明显减少,2011年夏、秋季的森林火灾占全年火灾的0.7%和12.7%;冬季(11月-次年1月)空气湿度小,连续无雨日较长,干湿变化明显,空气特别干燥,是森林火灾的次高发生期,2011年由于监管得力火灾发生率为0.7%。山东省1-2月为戒严期,4、11-12月为防火期,2011年火点主要集中在3-4和10月,2和11月次之,与山东省森林防火期基本一致(图5)。

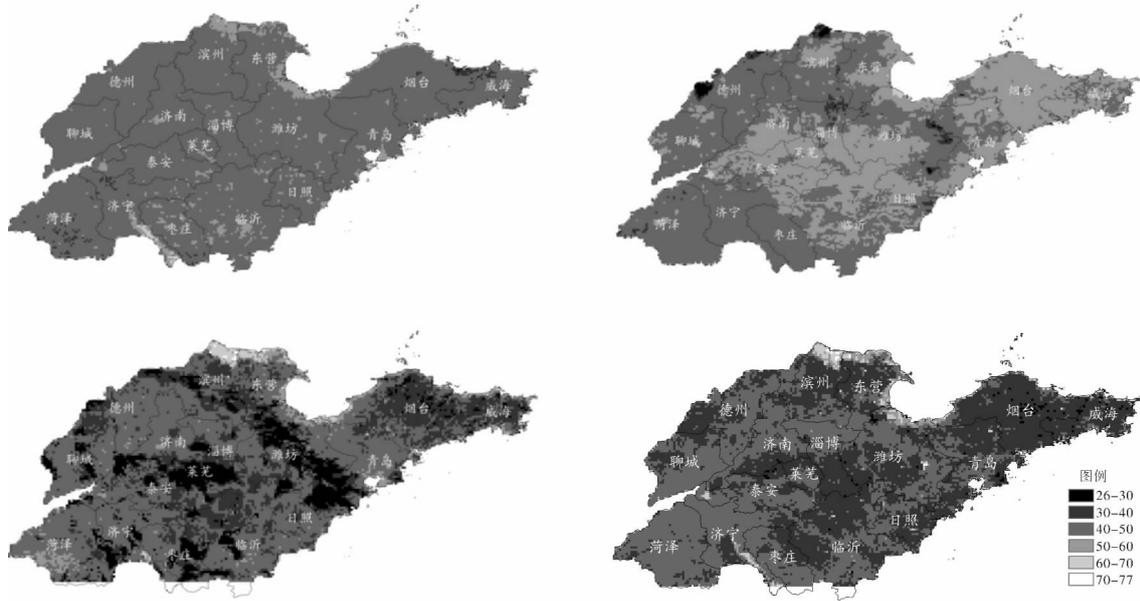


图3 山东2011年11/1、1/4、4/7、5/10日 FPI 值图

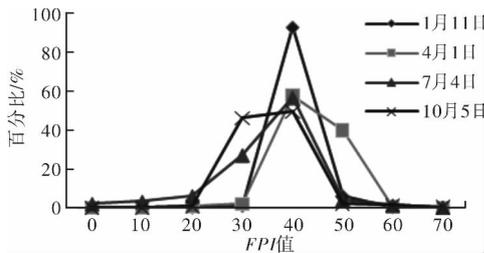


图4 11/1、1/4、4/7、5/10的 FPI 值分布

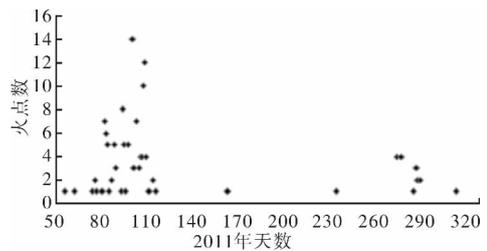


图5 2011年森林火灾天数分布图

3.2 潜在火险指数验证

利用2011年森林火点数据对集成森林火险指数法进行验证,来证明集成森林火险指数对森林潜在火险研究的准确性、实用性分析。以下为使

用森林大火燃烧区域对集成风险数据验证过程:

- ① 以每天为一个时间段,识别所有燃烧区域;
- ② 确定每一个火点像素静态火险指数值 (SFI);

③ 识别火灾发生时期每一个像素, 收集区域火灾发生时潜在火险指数值 (FPI);

④ 基于前两次确定的值, 确定每个像素的集成森林火险指数 ($IFFR$);

本次研究选取 2011 年山东省 132 个火点信息 (表 2) 确认火点的每个 $IFFR$ 值。

表 2 火点收集天数

月份	天(火点个数)
2	56(1)
3	62(1)、74(1)、76(2)、77(1)、81(1)、82(7)、83(6)、84(5)、85(1)、87(2)、88(1)、89(5)、90(3)
4	93(1)、94(8)、96(1)、98(5)、101(14)、102(3)、103(7)、105(3)、107(4)、108(10)、109(12)、110(4)、112(1)、114(2)
6	164(1)
8	236(1)
10	276(4)、279(4)、287(1)、289(3)、290(2)、291(2)
11	315(1)
总计	40(132)

表 3 中给出了 2011 年选择组合后的值区间, 结果提供最终地图栅格数据模型与信息集成森林火灾的风险 5 类火灾风险。

表 3 综合森林火灾风险 ($IFFR$) 结果

火险等级	$IFFR$ 值	火点	百分比/%
V 极高	80~90	35	26.5
IV 非常高	70~80	74	56.1
III 高	60~70	17	12.9
II 中	50~60	6	4.5
I 低	>50	0	0

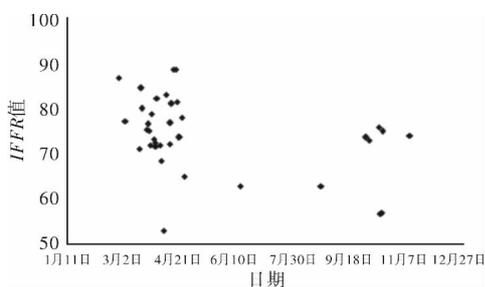


图 6 2011 年火点处的 $IFFR$ 值

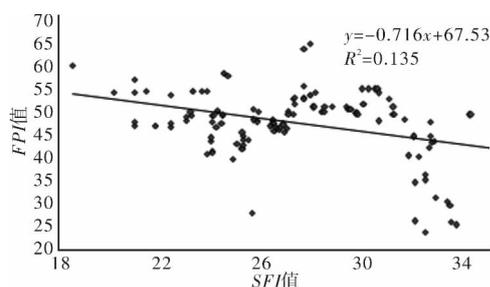


图 7 火点处 FPI 与 SFI 对应值

火点处的 $IFFR$ 值全部在 50 以上, 且 82.6% 处于 70 即非常高以上 (表 3); 3、4 月份的火点处的 $IFFR$ 值明显高于 10 月份的 $IFFR$ 值, 尤其是非防火季节 6 月 13 号和 8 月 24 号两处的火点的 $IFFR$ 处于较低值 (图 6); 只有 FPI 和 SFI 值的和大于 50 时才容易发生火灾, 图 7 可以看出当火点处的 SFI 值小时, FPI 值大, SFI 值大时, FPI 值小。

4 结论

提出了一种集成静态火险指数和动态火险指数的火险指数对山东省森林潜在森林火险进行综合分析。

① 静态火险指数将多年近地面平均气温、多年近地面空气比湿、植被类型、植被覆盖度、海拔、坡度、坡向、距居民地距离、距道路距离、人口素质等引起火灾最为重要的 10 个因素最为研究因子得到的静态火险指数, 其分布与山东省森林火灾的分部基本一致。

② 动态火险指数利用美国潜在火险指数模型, 充分利用 MODIS 数据波段多、反演数据强的特点, 获取了地表温度、大气湿度、植被湿度等数据得到死、活可燃物湿度。通过对 2011 年山东 FPI 的研究表明其与山东防火季节基本一致, 证明其在动态火险监测中的应用价值。

③ 集成潜在火险指数; 将静态火险与动态火险集成, 通过对 2011 年山东 132 个火点研究表明, 当两者数值之和较大时, 火险比较高, 火灾更易发生。

集成潜在火险指数从静态和动态两个方面出发建立, 综合考虑了火险影响的各个因素, 为火险区域的科学划分、火险的管理和研究提供了科学依据, 弥补了以前各个火险预报方法单一性的不足。利用遥感和 GIS 等技术大大提高了火险预报的准确率和实时性, 对森林火灾的预防起到了积极地作用。潜在火险指数可以动态监测火险状况, 火灾管理可以根据火险的情况进行动态管理, 发布动态火险信息。尤其是在非防火季节如火险指数较高, 也要重点进行防火工作。

参考文献:

- [1] 何泽能, 唐晓萍, 谭炳全. 森林火险气象条件及等级预报初探——以重庆市沙坪坝区为例[J]. 灾害学, 2013, 28(2): 46-50.
- [2] 田光辉, 陈汇林, 许向春. 基于模糊综合判别的森林火险等级预报研究[J]. 灾害学, 2013, 28(3): 117-122.
- [3] Joint Research Centre, Forest fires in europe 2005 [C]//EUR 22312 EN (c) European Communities, 2006
- [4] Wulder M A, Franklin S E. Remote sensing of forest environments, introduction, Remote Sensing of Forest Environments[M].

- Kluwer Academic Pub, 2003: 3 - 12.
- [5] 赵德奎, 于明兵, 李全民. 山东省森林火灾的特点与预防对策[J]. 森林防火, 2006(1): 17 - 20.
- [6] Chuvieco E and Congalton R G. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping[J]. Remote Sensing of Environment, 1989(29), 147 - 159.
- [7] Caetano M, Carrão H, Freire S. Methodology for fire risk mapping-premfire, prevention and mitigation of forest fires in portugal [C]//PREMFIRE Project WP330 Report, 2002: 40.
- [8] Freire S, Carrão H, Caetano M. Produção de cartografia de risco de incêndio florestal com recurso a imagens de satélite e dados auxiliares[C]//Proceedings of ESIG' 2002 - VII Encontro 2002 de Utilizadores de Informação Geográfica. Oeiras: ESIG, 2002.
- [9] Lopéz A, San-Miguel-Ayanz J and Burgan R. Integration of satellite sensor data, fuel type maps and meteorological observations for evaluation of forest fire risk at the Pan-European Scale[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002: 23 (13), 2713 - 2719.
- [10] Anderson H E. Moisture and fine forest fuel response[C]// Proceedings of the 8th Conference of Fire and Forest Meteorology, 1985: 192 - 199.

Research on the Evaluation Method of Potential Forest Fire ——Taking Shandong Province as an Example

Huang Baohua^{1,2,3,4}, Sun Zhijun⁴, Zhang Hua¹ and Sun Yao⁵

- (1. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; 2. Yantai Geographic Information Center, Yantai 264003, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. China Agricultural University (Yantai), Yantai 264003, China; 5. Yantai Soil and Fertilizer Station, Yantai 264001, China)

Abstract: Forest fire risk map plays a very important role in the management and research (watchtowers, risk assessment and various other simulations) on forest fire. According to full consideration on fire probability of fire - causing factors (constants and variables), integrated fire danger index are composed by using remote sensing (RS) data and static and dynamic index generated from spatial analysis characteristics of geographic information system (GIS). The most important 10 factors of fire are average surface temperature, near ground air humidity ratio, vegetation type, vegetation coverage, altitude, slope, slope direction and distance from residents, distances from roads, population quality. Static fire danger index take those factors into study. By using fire potential index model of the United States and MODIS data, land surface temperature, air humidity, vegetation humidity data, etc are got from dynamic fire hazard index to obtain moisture of died and living fuel. Verification is done to 132 fire points in 2011. Results show that the integrated fire danger index occupies 82.6% above the extremely high range, which indicate that it is quite important in potential fire application.

Key words: forest fire danger map; static hazard index; dynamic hazard index; integrated fire danger index; potential forest fire danger; Shandong

《灾害学》2014 年被收录为“中国科技核心期刊” (中国科技论文统计源期刊)

2014 年 9 月 26 日,《灾害学》编辑部收到中国科学技术信息研究所的收录证书,经过多项学术指标综合评定及同行专家评议推荐,《灾害学》被重新收录为“中国科技核心期刊”(中国科技论文统计源期刊)。