

四川省林火次数与气象因子的相关性研究

张馨月, 苏晓慧*

(北京林业大学 信息学院, 北京 100083)

摘 要:以四川省 2012—2015 年的森林火灾发生与相关气象因子(温度、相对湿度、风速、降水量和大气压)历史数据,将每月林火发生次数与当月和前月的气象因子做相关性分析并建立模型,对四川省南部地区和西昌气象站周围 200 km 范围内的地区进行研究。结果表明,气象因子的前期积累与森林火灾的发生有一定关系;因不同地区的地形地貌和植被类型等环境因素的不同,气象因子对林火的影响程度不尽相同;影响森林火灾发生次数的主要气象因子为前月相对湿度和前月风速,林火发生次数随湿度的下降和风速的上升而增加,以四川省南部地区为研究区域时,二者之间的相关系数分别为-0.130 和 4.599,而以西昌气象站周围 200 km 范围内地区为研究区域时,相关系数则为-0.156 和 6.679。

关键词:森林火灾;气象因子;相关性;线性回归模型;四川省

中图分类号:S762.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2017)03-0176-05

Correlation Analysis on Forest Fire Occurring Frequency and Meteorological Factors in Sichuan

ZHANG Xin-yue, SU Xiao-hui*

(School of Information Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper collected the records of the forest fire occurring in Sichuan Province during 2012—2015 and related meteorological factors (temperature, relative humidity, wind speed, precipitation, and pressure). Models of the correlation were established between the occurring times of forest fire in current month and the meteorological factors of the last month. The research areas covered southern Sichuan and the region 200 km around Xichang meteorological station. The results showed that the accumulation of meteorological factors in early period had relations with forest fires. Meteorological factors demonstrated different effects on the occurrence of forest fire in different regions due to the variations of the topography and vegetation types. The relative humidity and wind speed in the last month were the main factors for the occurrence of forest fire, the times of forest fire increased with the drop of humidity and the rise of wind speed. The correlation coefficients between forest fire and humidity, as well as wind speed were -0.130 and 4.599, respectively in southern Sichuan, while they were -0.156 and 6.679 respectively, in the region near Xichang meteorological station.

Key words: forest fire; meteorological factor; correlation; linear regression model; Sichuan Province

森林火灾是指森林起火失去人为控制,自由蔓延、扩散,给人类和生态系统带来一定危害和损失的一种灾害^[1],位居破坏森林的三大自然灾害(林火、害虫、病害)之首,是森林面临的最具毁灭性的威胁,

有效预防森林火灾、保护森林资源显得十分重要。已有学者探索了气象因素与森林火灾之间的关系^[1-13]。林火的发生、演变受气象、地形、植被、可燃物及人类活动等多种因素影响^[14],在这些因素中,

收稿日期:2016-10-14 修回日期:2017-02-21
基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金(BLX2013034);国家高技术研究发展计划(863 计划)课题(2012AA102003)。
作者简介:张馨月,女,本科,研究方向:信息管理与信息系统、信息分析。E-mail:zhangxinyue2013@bjfu.edu.cn
* 通信作者:苏晓慧,女,博士,讲师,研究方向:森林经理学、空间信息处理技术。E-mail:suxhui@bjfu.edu.cn

气象条件是决定作用因子之一^[2],而且每个地区林火的发生都有其主导气象因子^[3],如陈锋^[4]等将云南省划分为 5 个生态区,分析 1982—2008 年不同生态区各气象因子对林火发生的影响,发现不同生态区气象因子对森林受害率的影响不同;苏立娟^[15]等通过主成分分析、聚类分析和信息扩散理论对 1950—2010 年中国森林火灾的时空分布特征进行研究,得出森林火灾发生次数、受害面积与气象因素息息相关的结论;王峰^[16]等建立了森林火灾过火面积与气象因子之间关系的数学模型,发现平均风速在火灾发生时对过火面积影响最大;林火的发生与气候的变化密切相关,其中,森林火灾重灾年与干旱重灾年高度重合^[5]。

森林火灾的发生与气象因子的关系密不可分,林火的发生与相对湿度、降水呈负相关^[2,6,9],与温度和风速呈正相关^[5-7,9];森林火灾与日照时数、温度日较差、细小可燃物湿度码和干旱码等因素相关^[2,4,8]。林火发生地是影响森林火灾与气象因子间关系的重要原因之一,相关学者开展了针对云南省^[4]、浙江省^[7]、四川省^[17]和大兴安岭^[16]等地区的研究,但利用前期累积气象因子与后期火灾发生次数进行相关分析的研究鲜见报道。本研究搜集 2012—2015 年四川省发生的森林火灾历史数据,包括火灾发生时间、扑灭时间、过火面积、火场主要树种和火灾发生时相对应的各种气象因子。在查阅文献后,考虑到数据的可获取性及气象因子与森林火灾相关性的紧密度,从降水量、蒸发量、平均温度、最高温度、平均相对湿度、最小相对湿度、平均风速、最大风速、日照时数、气压等气象因子中选取了对火灾发生影响最大的 5 种气象因子:平均温度、平均风速、平均相对湿度、平均水平大气压和平均降水量,基于线性回归理论,通过 SPSS 软件多元线性回归方法建立数学模型并进行检验,以探索四川省森林火灾发生次数与气象因子之间的关系,为森林资源的经营管理和有效预测预报森林火灾提供理论支持和科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区域概况

四川省是全国林地资源大省,森林面积居全国第 4 位,是我国 3 大林区之一和长江上游最大的水源涵养区,有多种国家重点保护动植物^[18],也是我国森林火灾的多发区和重灾区,2000—2014 年,四川省累计森林火灾过火面积达 53 604.2 hm²,受害森林面积 12 111.2 hm²^[19]。松软易燃的乔木如云南松(*Pinus yunnanensis*)、桉树(*Eucalyptus robus-*

ta)和柳杉(*Cryptomeria fortunei*)等树种的树干、树枝,杂灌杂草,林区的落叶、枯枝等地表附着物都是主要可燃物。

四川省地势西高东低,相对高度差达到 3 000 m 以上。该省位于亚热带,地形复杂,又有不同季 风环流交替,造成了其气候复杂多样的特点。东部的四川盆地属于亚热带湿润气候,雨热同期,大部分地区年降水量为 900~1 200 mm^[20],冬季(12 月—翌年 2 月)降水最少,而夏季(5 月—10 月)降水达全年总雨量的 80%;年平均气温 17℃。西部以垂直气候带为主,属于青藏高原区:川西高原降雨较少,多数地区年降水量为 600~700 mm,年平均气温低于 8℃;川西南山地大部年降水 800~1 200 mm,干湿季分明,年平均气温谷地为 17℃,山地为 10℃。四川省地处 3 大地域的接合部,对全球气候变化十分敏感^[3],省内各区域气象变化较大,对森林火灾发生的影响也比较大。

1.2 数据来源

森林火灾发生历史数据来源于中国森林防火网^[21],2012—2015 年关于四川省森林火灾的记录共有 189 条,火点主要分布在凉山彝族自治州、攀枝花市和甘孜藏族自治州(图 1)。内容包括火灾的发生和扑灭时间、火点位置、火场主要树种、过火面积和起火原因等;相对应的气象数据来源于历史气象查询网站^[22],该网站数据与中国气象数据网记录的气象数据吻合,数据可靠。气象数据的时间范围是 2012 年 1 月—2015 年 12 月,内容包括月平均温度(℃)、月平均相对湿度(%)、月平均风速(m·s⁻¹)、月平均降雨量(mm)和月平均水平大气压(mm-Hg)。

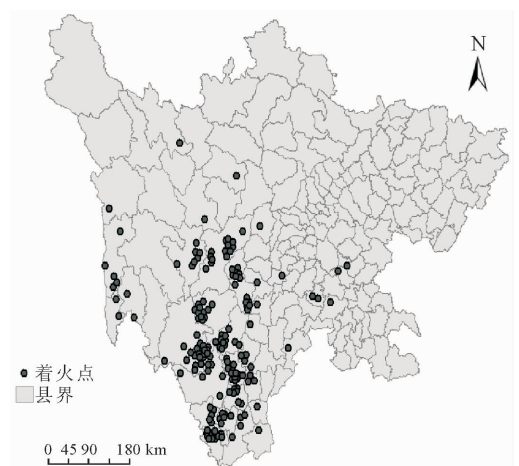


图 1 四川省 2012—2015 年历史林火点分布
Fig. 1 Forest fires in Sichuan Province during 2012—2015

1.3 试验设计

在统计四川省 2012—2015 年森林火灾历史发

生数据的基础上,选择对林火发生影响较大的温度、相对湿度、风速、降水量和大气压 5 个气象因素,并对上述时间内的气象情况进行统计。测定 2012—2015 年四川省月森林火灾发生次数(Y)与当月平均温度(X_1)、相对湿度(X_2)、风速(X_3)、降水量(X_4)和大气压(X_5)之间的相关性,利用相关性较大的气象因子与火灾发生次数进行多元线性回归分析,建立数学模型。

考虑到森林火灾的发生与气象因素的前期积累有关,设计将当月火灾发生次数与前月气象情况进行统计分析并建立模型。为避免因位置吻合度不高和研究区域范围过大造成试验结果的偏颇,针对位置吻合度不高的问题,设计以四川南部地区的火灾(占全省火灾次数的 67%)和气象数据为研究对象进行分析;针对研究区域范围过大的问题,选择西昌市气象站的气象数据,以与其气象条件相似的邻近地区为研究区域进行分析,经过对研究数据的比对,发现该气象站 200 km 范围内的海拔变化较小,气象条件较为相似,试验设计较为合理。

2 结果与分析

2.1 火灾发生与当月气象因子的关系

2012—2015 年月森林火灾发生次数与月平均温度、月平均降水量和月平均水平大气压的相关性不显著,与相对湿度和风速的相关系数分别是 0.632(负相关)和 0.571(正相关),达极显著水平($P=$

0.01)(表 1)。因此,选取月平均相对湿度和月平均风速 2 个气象因子进行回归分析以得到森林火灾发生次数模型。

通过 SPSS 进行线性回归计算,得到 4 a 间四川省月森林火灾发生次数(Y)与月平均相对湿度(X_2)和月平均风速(X_3)之间的相关系数,建立回归方程(1)。

$$Y=-3.407-0.042x_2+5.215x_3 \quad (1)$$

可见,森林火灾发生次数与相对湿度呈负相关,与风速呈正相关,随着湿度的上升和风速的下降而减少。如 2014 年 1 月、4 月和 7 月的林火发生次数分别为 5 次、21 次和 0 次,对应的相对湿度分别为 46%、33%和 73%,风速则是 $1.6、2.6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $1.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

判定系数 $R^2=0.604$,统计检验量 $F=12.891$, $P=0.000$,即该模型整体极其显著;常数项和变量 $X_2、X_3$ 的 T 检验 P 值分别是 0.689、0.612、0.058,均 >0.05 ,不能通过 T 检验。通过 F 检验,拟合度不高,各变量对被解释变量都无显著线性关系。

2.2 本月火灾次数与前月气象情况的回归分析

2012—2015 年各月森林火灾发生次数与前月平均温度、降水量、相对湿度、风速和水平大气压的相关性分析(表 2)表明,前月 5 个气象因子均与森林火灾的发生次数有较显著相关性,选取极显著相关的前月平均温度、相对湿度和大气压 3 个气象因子与森林火灾的发生次数进行回归分析建立模型。

表 1 2012—2015 年四川省林火发生次数与当月气象因子的关系

Table 1 Correlation between fire frequency and meteorological factors in Sichuan Province during 2012—2015

气象因子		月平均温度	月平均降水量	月平均相对湿度	月平均风速	月平均大气压
次数	相关性	-0.53	-0.279	-0.632**	0.571**	-0.217
	显著性	0.164	0.091	0.000	0.000	0.183

注: ** : $P<0.01$, * : $P<0.05$,下同。

表 2 四川省森林火灾发生次数与前月气象因子的关系

Table 2 Correlationship between the times of forest fire in the current month and last month's meteorological factors in Sichuan Province

气象因子		前月温度	前月降水量	前月相对湿度	前月风速	前月大气压
次数	相关性	-0.539**	-0.418*	-0.622**	0.435*	-0.532**
	显著性	0.001	0.029	0.000	0.011	0.000

通过 SPSS 进行线性回归计算月火灾次数(Y)与 $X_1、X_2$ 和 X_5 之间的相关系数,建立回归方程(2)。

$$Y=60.846-0.089X_1-0.140X_2-0.078X_5 \quad (2)$$

森林火灾发生次数与温度、相对湿度和大气压呈负相关,随着温度、相对湿度、水平大气压增大,森林火灾发生次数减少。判定系数 $R^2=0.715$,自变量可以解释因变量 71.5%的变化,拟合优度较好;统计检验量 $F=15.365$, $P=0.000<0.001$,说明该模型整体极其显著;常数项和变量 $X_1、X_2、X_5$ 的 T

检验 P 值分别是 0.001、0.460、0.001、0.006,除变量 X_1 都可通过 T 检验。

考虑到在多数研究中森林火灾的发生与气温有较好的正相关关系,且本研究中月平均温度(X_1)与被解释变量无显著线性关系,剔除变量 X_1 再行线性回归,得到回归方程(3)。

$$Y=66.750-0.149X_2-0.089X_5 \quad (3)$$

相对湿度越低、水平大气压越低,火灾发生的可能性越大。此时,该模型整体显著,拟合度较高,且 2 个变量都与被解释变量具显著线性关系。

2.3 四川省南部地区本月火灾次数与前月气象情况的回归分析

针对火点位置与气象数据吻合度不高的问题，采用发生在四川省南部凉山州和攀枝花市的森林火灾与气象数据进行研究。对 2012—2015 年凉山州和攀枝花的月火灾次数与前月平均温度、降水量、相对湿度、风速和水平大气压进行相关性分析(表 3)。

选取极显著相关的前月平均相对湿度和前月平均风速与林火的发生次数进行回归分析建立模型，得到月火灾次数(Y)与前月平均相对湿度(X_2)和风速(X_3)间的回归方程(4)。

$$Y=15.005-0.130X_2+4.599X_3 \quad (4)$$

林火次数与相对湿度呈负相关，与风速呈正相关关系，随着湿度的下降和风速的上升，森林火灾发生的可能性会增大。判定系数 $R^2=0.641$ ，统计检验量 $F=15.698$ ， $P=0.000$ ，该模型整体显著；常数

表 3 四川南部地区森林火灾发生次数与前月气象因子的关系

Table 3 Correlationship between the times of forest fire in current month and last month's meteorological factors in southern Sichuan						
气象因子		前月温度	前月降水量	前月相对湿度	前月风速	前月大气压
次数	相关性	-0.287 *	-0.354 *	-0.525 **	0.377 **	-0.004
	显著性	0.048	0.013	0.000	0.008	0.978

注：* $P<0.01$ ；* $P<0.05$ 。

表 4 西昌气象站 200 km 范围内森林火灾发生次数与前月气象因子的关系

Table 4 Correlationship between the times of forest fire in current month and last month's meteorological factors around Xichang						
气象因子		前月温度	前月降水量	前月相对湿度	前月风速	前月大气压
次数	相关性	-0.277	-0.340 *	-0.556 **	0.486 **	-0.043
	显著性	0.057	0.018	0.000	0.000	0.774

林火次数与相对湿度呈负相关，与风速呈正相关。判定系数 $R^2=0.774$ ，统计检验量 $F=17.924$ ， $P=0.000$ ，模型整体显著；常数项和变量 X_2 、 X_3 的 P 值分别是 0.045、0.071、0.010。2 个自变量对因变量的综合影响足够显著， X_2 的 $P>0.05$ ，说明在该模型中，风速 X_3 对因变量的影响更大。

3 结论与讨论

对 2012—2015 年数据分析，四川省森林火灾的发生次数随当月湿度下降和风速上升呈增加的趋势，但无线性关系；与前月的温度、湿度和气压相关性较为显著，说明森林火灾的发生与气象因素的前期积累有一定的关系。

植被类型、地形地貌等条件的差异会使不同地区森林火灾受气象因素影响的程度不同，选取试验区域时应注意火点与气象数据的位置吻合度，如陈锋^[4]等将云南省细分为几个生态区进行研究。四川省南部地区林火发生次数与前月湿度和风速呈显著的线性相关关系，随湿度下降与风速上升有增加趋

势和变量 X_2 、 X_3 的 P 值分别是 0.047、0.016、0.010，全部 <0.05 ，可以通过 T 检验。

2.4 西昌气象站周围 200 km 范围内本月火灾次数与前月气象情况的回归分析

针对研究范围过大、火点分布过于分散的问题，使用 2012—2015 年间发生在西昌市气象站周围 200 km 范围内的森林火灾与来自西昌气象站的前月平均温度、降水量、相对湿度、风速和水平大气压进行分析。

前月平均相对湿度和风速与林火次数极显著相关(表 4)，选取此 2 气象因子与森林火灾的发生次数进行回归分析建立模型(5)。

$$Y=23.111-0.156X_2+6.679X_3 \quad (5)$$

式中， Y ：林火次数， X_2 ：前月平均相对湿度， X_3 ：平均风速。

势，与多位学者的研究结论相一致^[3-6,16]，可以利用相关性构建模型，对林火的发生进行预报预测。

以西昌气象站周围 200 km 范围内地区为研究对象时，研究结果与上述试验类似，但风速对林火发生的影响更大一些。

线性回归模型对预测森林火灾的发生趋势具有较好的参考意义，虽然气象因素并不是林火发生的唯一或直接原因，但与其发生演变具有密不可分的关系。通过森林火灾发生次数和气象因子的相关性分析，研究两者之间的数量关系，建立模型进行监测和预报，对林火的早期预防有一定的实际应用价值。

本研究仅选取了温度、相对湿度、风速、降水量和大气压 5 种气象因子，未将蒸发量、日照时数等纳入研究范畴；有些气象因子之间也存在着一定程度的相互影响，如相对湿度与温度和降水有关，温度和降水又会受大气压的影响，因此，可适当的考虑这些因子对森林火灾发生的综合影响；另外，森林火灾的发生不仅受气象因子的影响，还会受到地形、地貌等地域条件的影响。

参考文献：

- [1] 刘元春. 气候变化对我国森林火灾时空分布格局的影响[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2007.
- [2] 谢克勇,黄志辉,周勇平,等. 森林火灾与气象因子的相关性分析[J]. 江西林业科技,2008(5):53-55.
XIE K Y,HUANG Z H,ZHOU Y P,*et al.* Correlation of forest fires frequency and meteorological factors [J]. Jiangxi Forestry Science and Technology,2008 (5):53-55. (in Chinese).
- [3] 李德,牛树奎,龙先华,等. 四川省森林火灾与气象因子的关系[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版 ,2013,41(6):67-74.
LI D,NIU S K, LONG X H,*et al.* Relationship of forest fires and meteorological factors in Sichuan Province [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Ed. ,2013, 41 (6): 67-74. (in Chinese).
- [4] 陈锋,林向东,牛树奎,等. 气候变化对云南省森林火灾的影响[J]. 北京林业大学学报,2012,34(6):7-15.
CHEN F,LIN X D,NIU S K,*et al.* Influence of climate change on forest fire in Yunnan Province [J]. Journal of Beijing Forestry University,2012,34 (6):7-15. (in Chinese).
- [5] SIBOLD J S,VEBLEN T T. Relationships of subalpine forest fires in the Colorado Front Range with interannual and multidecadal scale climatic variation [J]. Journal of Biogeography, 2006,33(5):833-842.
- [6] 张贵,张盛,林强,等. 基于模糊粗糙集的气象因子与森林火灾相关性研究[J]. 中南林业科技大学学报,2015,35(8):17-22.
ZHANG G,ZHANG S,LIN Q,*et al.* Correlation between meteorological factors and forest fire based on fuzzy rough sets method [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology,2015,35(8):17-22. (in Chinese).
- [7] 王翔,山长城. 浙江省森林火灾与气象因子的关系[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2010(5):29-31.
- [8] 梁慧玲,林玉蕊,杨光,等. 基于气象因子的随机森林算法在塔河地区林火预测中的应用[J]. 林业科学,2016,52(1):89-98.
LIANG H L,LIN Y R,YANG G,*et al.* Application of random forest algorithm on the forest fire prediction in Tahe area based on meteorological factors [J]. Scientia Silvae Sinicae,2016,52 (1):89-98. (in Chinese).
- [9] HOFFMANN W A,SCHROEDER W,JACKSON R B. Positive feedbacks of fire,climate,and vegetation and the conversion of tropical savanna [J]. Geophysical Research Letters, 2002,29(22):2052-2055.
- [10] GUO F T,INNES J L,WANG G Y,*et al.* Historic distribution and driving factors of human-caused fires in the Chinese boreal forest between 1972 and 2005 [J]. Journal of Plant Ecology,2015,8(5):480-490.
- [11] CLEMENTS W,CHRISTIAN S,MICHAEL L,*et al.* Recent climate change:long-term trends in meteorological forest fire danger in the Alps [J]. Forest Ecology and Management, 2012,162(15):1-13.
- [12] 王继常,李利. 伊春林区森林火灾与气象因子相关分析[J]. 防护林科技,2014(6):48-50.
- [13] 肖云丹,鞠洪波,张雄清,等. 黔南地区气象因子与森林火灾发生次数之间的关系[J]. 林业科学,2011,47(10):128-133.
XIAO Y D,JU H B,ZHANG X Q,*et al.* Relationship between fire-danger weather and forest fire in Qiannan area [J]. Scientia Silvae Sinicae,2011,47(10):128-133. (in Chinese).
- [14] 肖化顺,刘小永,曾思齐. 欧美国国家林火研究现状与展望[J]. 西北林学院学报,2012,27(2):131-136.
XIAO H S,LIU X Y,ZENG S Q. Status and prospect of forest fire research in Europe and the United States [J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(2):131-136. (in Chinese)
- [15] 苏立娟,何友均,陈绍志. 1950—2010 年中国森林火灾时空特征及风险分析[J]. 林业科学,2015,51(1):88-96.
SU L J,HE Y J,CHEN S Z. Temporal and spatial characteristics and risk analysis of forest fires in China from 1950 to 2010 [J]. Scientia Silvae Sinicae,2015,51(1):88-96. (in Chinese)
- [16] 王峰,郭金禄,郑煜. 基于多元多项式回归的大兴安岭过火面积与气象因子的模型[J]. 森林工程,2014(3):56-58.
WANG F,GUO J L,ZHENG Y. Model of fire area and meteorological factors in the Greater Hinggan Mountains based on multivariate polynomial regression [J]. Forest Engineering, 2014 (3):56-58. (in Chinese)
- [17] 李德. 四川省重点地区森林火灾与气象因子的关系研究[D]. 北京:北京林业大学,2013.
- [18] 李娜娜,高飞,陈均烽,等. 四川翠云廊自然保护区生态旅游资源及开发综合评价[J]. 西北林学院学报,2014,29(6):271-275.
LI N N,GAO F,CHEN J F,*et al.* Comprehensive evaluation of ecological tourism resources and development in Sichuan Cuiyunlang Nature Reserve [J]. Journal of Northwest Forestry University,2014,29(6):271-275. (in Chinese)
- [19] 四川省统计局. 四川统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [20] 王晓欣. 四川红层地区水—岩作用时效性研究[D]. 成都:成都理工大学,2009.
- [21] 中国森林防火网当前火情[EB/OL]. [2016-05-31]. http://www.slhf.gov.cn/slhfhw/Category_29/Index.aspx,
<http://www.slhf.gov.cn/slhfhw/default.aspx>.
- [22] 气象站历史天气[DB/OL]. [2016-05-31]. https://rp5.ru/%E8%A5%BF%E6%98%8C%E5%A4%A9%E6%B0%94_,
https://rp5.ru/%E4%B8%96%E7%95%8C%E5%A4%A9%E6%B0%94_.