

应用 GIS 分析影响森林火灾发生的因子和时空分布特征

——以美国加利福尼亚州为例

刘家畅 唐斌 邹源

(成都理工大学,成都,610059)

摘要 以1992—2015年美国加利福尼亚州森林火灾数据为研究对象,利用汇总统计与密度分析方法分析该地火灾的时空分布特征,利用空间重分类方法和反距离加权(IDW)插值法对森林火灾发生的地形和气候因素进行分析。结果表明:加利福尼亚州森林火灾平均规模总体呈上升趋势;研究区森林火灾普遍分布于西南部和中部森林,且中部火灾有向周边蔓延的趋势;加利福尼亚州森林火灾受高程变化影响明显,火灾多发于高程较低的平原地区;加利福尼亚州森林火灾的发生有较强的季节性,受温度与降水影响较大。

关键词 时空分布;点密度;反距离加权插值法;地理信息系统;森林火灾

分类号 S762.1

GIS-Based Spatial and Temporal Distribution Characteristics and Factor Analysis of Forest Fires-- Taking California, USA as An Example//Liu Jiachang, Tang Bin, Zou Yuan(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, P. R. China) //Journal of Northeast Forestry University, 2020, 48(7) : 70-74.

With the data of forest fires in California from 1992 to 2015, the temporal and spatial distribution characteristics of forest fires were analyzed by statistics and density analysis, and the terrain and climate factors of forest fires were analyzed by the methods of spatial re-classification and inverse distance weighted (IDW) interpolation. The average scale of forest fires in California is generally on the rise; the forest fires in the study area are generally distributed in the southwest and central forests, and the central fires tend to spread to the surrounding areas; the forest fires in California are obviously affected by the elevation change, and the fires are mostly in the plain areas with low elevation; the occurrence of forest fire in California has strong seasonality, which is greatly affected by temperature and precipitation.

Keywords Spatial and temporal distribution; Density analysis; IDW interpolation; Geographic information system; Forest fire

DOI:10.13759/j.cnki.dlxb.2020.07.014

森林火灾具突发性强、破坏性大、处置救助较为困难的特点,对森林生态系统和人类生活都会造成极大损失,联合国科教文组织已将大面积森林火灾列为世界八大自然灾害之一^[1]。为了预防森林火灾的发生,最大限度地减少火灾发生和损失,了解森林火灾的时空分布特征,对森林火灾预防和资源配置具有重要作用。

以往对森林火灾研究,主要使用主成分分析、聚类分析、相关性分析等统计方法分析森林火灾时空分布特征,并对森林火灾形势进行评价。该方法主要对火灾的分布情况进行了统计性描述,涉及火灾的影响因素较少^[3-5];杜建华等^[6]借助时间序列、皮尔逊相关分析及线性回归分析等方法,分析了森林火灾发生的特征及其气候驱动因子,并建立了火灾导致伤亡人数的预测模型;Julien et al.^[7]研究了人类、土地覆盖和天气对地中海地区火灾区域分布的相对影响;Pew et al.^[8]使用 GIS 方法对造成的森林火灾的空间分布情况进行可视化,使用逻辑回归模

型对人为森林火灾的空间分布多样性进行分析;王景华等^[9]运用地理信息系统对四川省森林火灾空间分布特征进行了分析;Jonathan et al.^[10]使用细胞自动机来确定森林火灾的模式,并对未来各区域森林火灾发生的概率进行预测。

以1992—2015年美国加利福尼亚州森林火灾数据为研究对象,在 GIS 空间分析和一般统计方法的基础上,增加了反距离加权(IDW)空间统计制图方法,对加利福尼亚州森林火灾的时空分布特征与多种影响因子进行研究,为森林资源的合理配置和森林火灾的预测、预报工作提供参考。

1 研究区概况

加利福尼亚州位于美国西部太平洋沿岸,地理坐标为32°30'~42°N,114°8'~124°24'W。总面积为411 013 km²,其中陆地面积为404 298 km²,水域面积为20 047 km²;最高海拔4 421 m,平均海拔884 m,最低海拔-86 m;森林面积为123 304 km²,覆盖率高达30%,森林数量在全美洲排名第二;年平均气温16℃,降水量东西差异悬殊,西北部降水量为4 420 mm,东南部科罗拉多沙漠50~75 mm。

第一作者简介:刘家畅,女,1995年10月生,成都理工大学地球科学学院,硕士研究生。E-mail: 1035609821@qq.com。

通信作者:唐斌,成都理工大学地球科学学院,副教授。E-mail: tangb@cdut.edu.cn。

收稿日期:2019年8月1日。

责任编辑:王广建。

2 研究方法

2.1 数据来源

1992—2015 年加利福尼亚州森林火灾数据来源于 Kaggle 比赛数据集,具体包括发生时间、地点、森林受害面积、火灾起因等属性。另外,还从 NOAA 网站上搜集了加利福尼亚州不同站点天气数据(包括各站点温度、降水等数据)。

2.2 点密度法

研究使用 ArcGIS 的点密度分析工具,计算每个栅格像元周围点要素的密度,输出研究区森林火灾密度分布图,分析不同区域发生森林火灾的密度的分布情况。其原理为在每个栅格像元周围定义一个邻域,将邻域内点的数量相加,然后除以邻域面积,即得到点要素的密度,假设某点要素密度为 ρ ,邻域面积为 S ,邻域内点的数量为 N ,则该点密度计算公式为: $\rho=S/N$ 。具体的值和所取邻域面积有关,面积越大,计算弥渡时需要考虑的点的数量越多,会得到更加概化的输出栅格,在研究中邻域为以 30 km 为半径的圆形区域。

2.3 反距离加权插值法

使用 ArcGIS 反距离加权(IDW) [12] 插值法生成加利福尼亚州四季温度的分布情况,分析温度对研究区森林火灾的影响程度。反距离加权插值使用一组采样点的线性组合来确定像元值,其加权函数为:

$W_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}}$ 。其中, $h_i = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}$ 。式中, x,y 分别为插值点坐标的横坐标和纵坐标值; x_i,y_i 分别为离散点坐标的横坐标和纵坐标值 [13]; p 为参数(任意正实数),通常取 $p=2$; h_i 为离散点到插值点的距离。

3 结果与分析

3.1 时空分布特征

由表 1 可知,从 1992—2015 年,加利福尼亚州森林火灾的发生年均 7 898 起,年均火灾规模 66.76 km²。森林火灾次数的变异系数较小,表明各年份森林火灾发生次数总体无明显的波动。而森林火灾平均火灾规模变异系数较大,森林火灾的平均规模总体呈上升趋势,在 2000 年以后,平均林火超过 100 km² 的火灾发生的年份明显增加,除 2010 和 2012 年火灾规模较低外,其余年份火灾规模都相对较大。1992 年森林火灾发生起数最多,但火灾平均规模却相对较小,说明该年份导致火灾发生因素较多,不易扩散;2007 年火灾发生次数次之,且该年火

灾平均规模也较高;2010 年为统计的所有年份中森林火灾发生起数最少,火灾规模也最小。

表 1 美国加利福尼亚州 1992—2015 年森林火灾数量和平均规模情况统计

年份	火灾数量/次	平均火灾规模/km ²
1992	10 833	27.36
1993	8 270	38.87
1994	8 654	47.13
1995	7 381	29.27
1996	9 173	77.08
1997	7 930	40.92
1998	6 864	23.31
1999	8 910	90.24
2000	6 977	36.21
2001	8 182	42.79
2002	7 133	72.19
2003	7 913	130.41
2004	7 418	40.58
2005	6 678	38.74
2006	8 271	98.26
2007	1 0151	102.97
2008	7 744	184.67
2009	6 940	65.61
2010	5 776	20.93
2011	8 562	22.45
2012	7 208	106.09
2013	8 723	66.65
2014	6 494	84.21
2015	7 365	115.23
均值	7 898	66.76
变异系数	0.14	0.61

利用 ArcGIS 字段计算器将加利福尼亚州森林火灾数据按照火灾规模从小到大分为 A-G 七个级别,使用分级绘图的方式绘制 1992—2015 年加利福尼亚州森林火灾不同规模级别的总体分布图(见图 1)。

由图 1 可知,研究区大规模森林火灾的发生集中在西南和西北部的森林中,中部大规模森林火灾情况相对较少,但多发生小到中等级别林火,而中部平原地区和东南部地区由于林地分布较少,火灾发生的次数也较少。

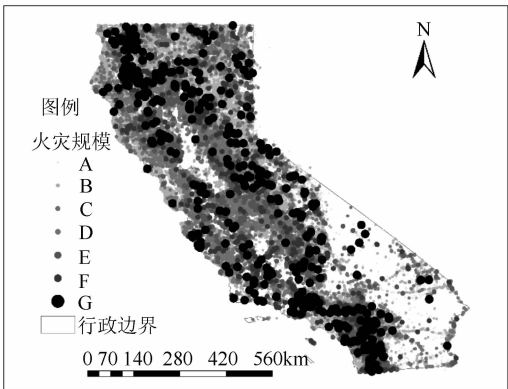


图 1 美国加利福尼亚州 1992—2015 年森林火灾规模分布
利用 ArcGIS 的点密度分析工具,以 5 a 为尺度,

绘制加利福尼亚州从1995—2015年每5 a森林火灾发生的空间分布情况示意图(见图2)。

由图2可知,从1995—2015年,加利福尼亚州的森林火灾普遍分布于西南部和中部森林,虽然发生的主要位置并未发生明显变化,但可明显看出,从1995年到2005年,中部火灾已有向周边蔓延的趋

势,2005年到2015年,火灾向周边蔓延趋势更加显著,其余区域也能看出明显的扩展趋势。但从发生频次上看,南部森林火灾频次有微小减弱的趋势,中部火灾的发生频次也有减弱的趋势,唯有西北部森林的一小块区域发生火灾的频次有逐年增长的情况。

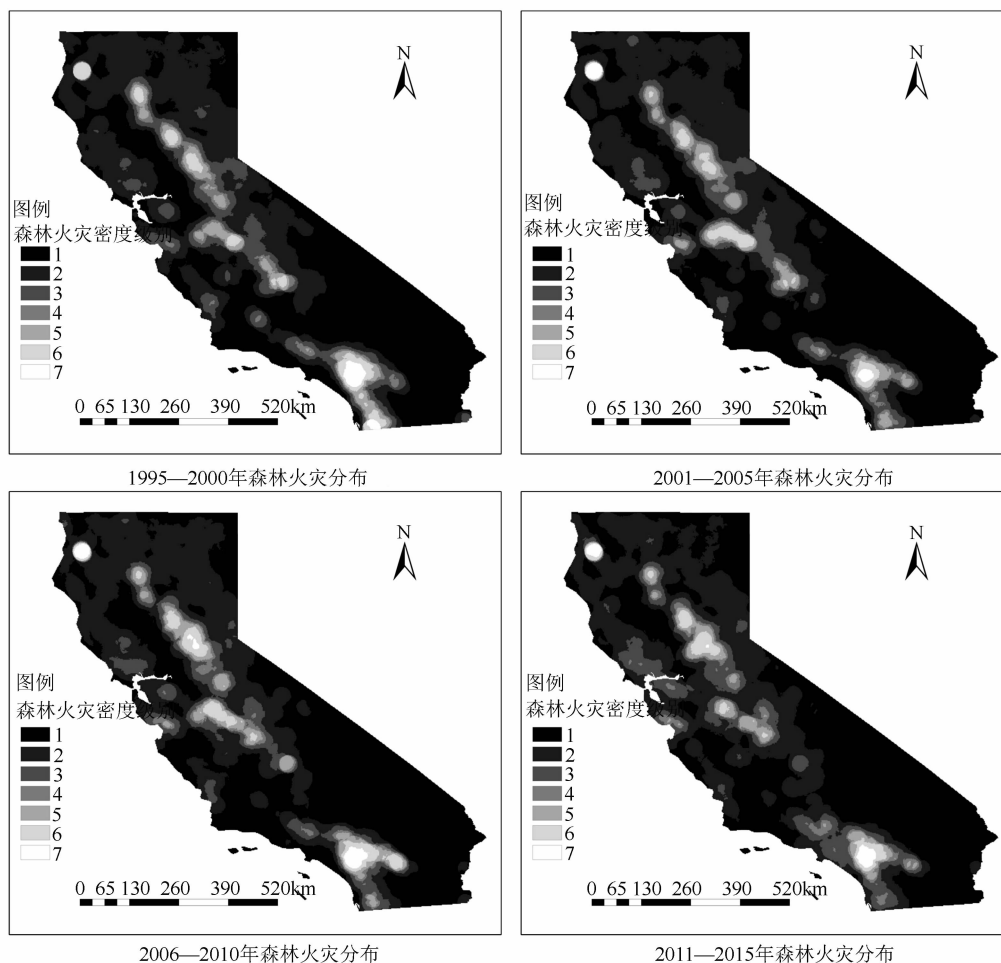


图2 美国加利福尼亚州森林火灾每隔5 a分布变化对比图

3.2 火灾因子

3.2.1 地形因子

通过 ArcGIS 重分类工具和汇总统计工具统计出的高程由低到高5个级别的森林火灾数量。结合图2可知,加利福尼亚州森林火灾主要分布于靠近东部山脉的平原森林和西南部丘陵地貌的森林,西部靠近海岸且无较高地形的阻挡,极易受到海风的影响,极易导致火灾的发生和蔓延;加利福尼亚州森林火灾受高程变化影响明显,火灾多发于高程较低的平原地区,由于低海拔地区森林植物分布较高海拔地区植物分布更为集中,且低海拔地区人口分布密集,引发森林火灾的可能性更大。

3.2.2 气候因子

使用反距离权重插值方法(IDW),利用 ArcGIS 软件,以30 m的空间分辨率分别绘制加利福尼亚州

四季降水、温度和森林火灾频次分布图,并通过汇总统计工具分别统计出每月加利福尼亚州平均降水、平均温度和森林火灾频次的变化情况,分别得到该区域森林火灾随降水和温度变化的示意图(见图3)和1992—2015年美国加利福尼亚州温度、降水、森林火灾数量按月变化统计表(见表2)。

由图3和表2可知,加州的天气为夏季高温干旱,冬季低温湿润。而森林火灾的发生与温度呈正相关,与降水量呈负相关,因此,加利福尼亚州森林火灾的发生有较强的季节性。夏季高温干旱,非常适合林火的发生与蔓延,夏季火灾的频次最高,而冬季则相反。加利福尼亚州森林火灾的空间分布随季节变化较为显著。冬季加利福尼亚州东北部地区温度较低,接近冰点,且降水量丰富,北部森林火灾发生的频次较少,而西南部森林由于相对较高温度和

较低的降水量,森林火灾的发生的频次最高;春季加利福尼亚州中部和南部温度较高,除了西北与少部分东部森林,其余地区降水量都相对较少,因此,北部森林少有林火发生,林火发生基本集中于中部和南部森林;夏季中部到南部温度较高,且极少降水,

因此,整个研究区域火灾频次除了南部和中部几个全年火灾高发地区以外,其他部分也都有较高的发生频率;秋季和春季降水与温度相当,因此,林火的发生与春季较为接近。

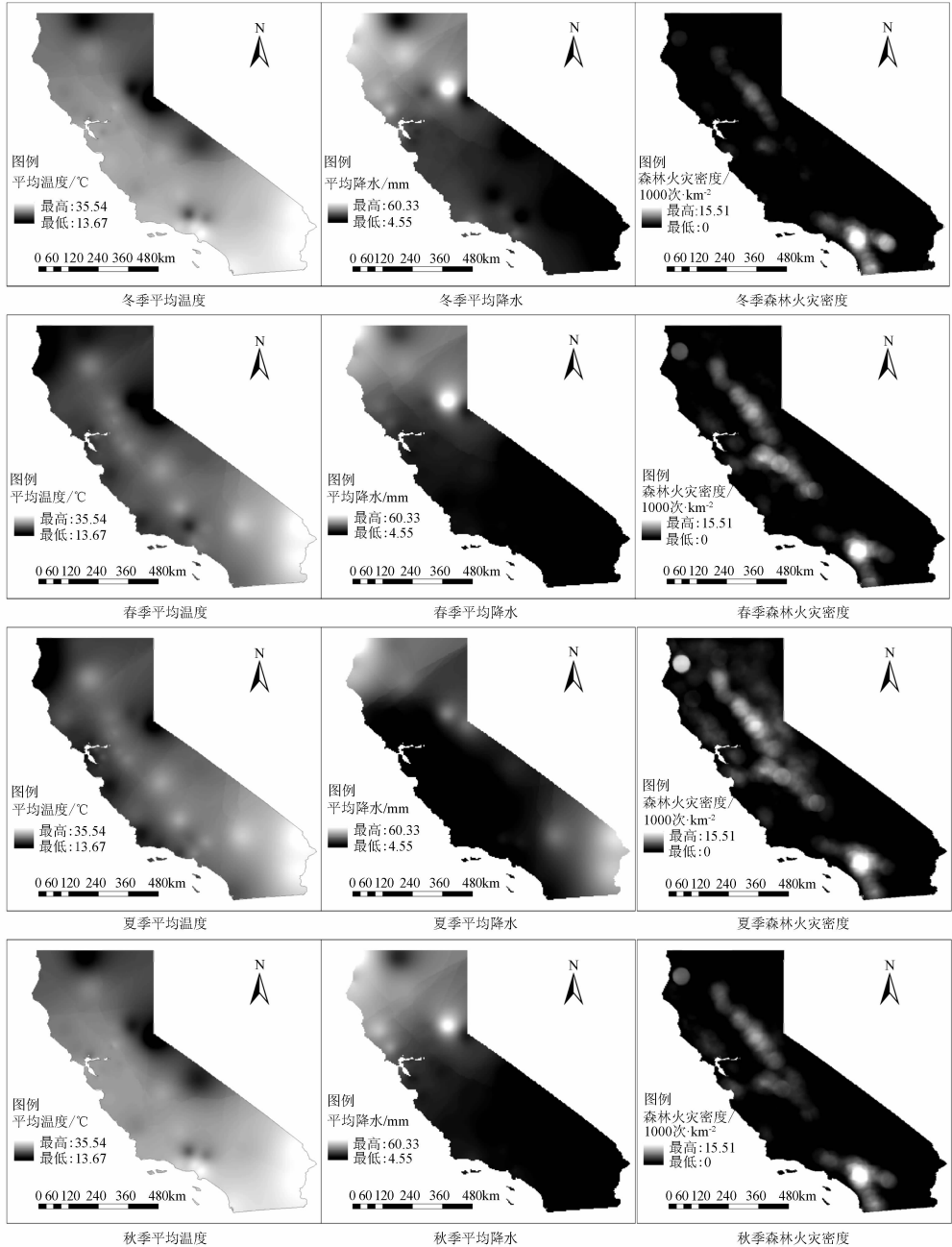


图 3 美国加利福尼亚州四季森林火灾密度、平均温度与降水分布

4 结论与讨论

根据加利福尼亚州 1992—2015 年森林火灾数据,应用 GIS 空间分析中的点密度分析、空间插值 (IDW 插值)、空间统计方法,利用地理信息系统软件,对加利福尼亚州森林火灾的时空分布特征和影响因子进行研究,结论如下: ①在时间分布上,从 1992—2015 年,加利福尼亚州森林火灾发生次数无

明显趋势,但火灾平均规模总体上有显著的增长趋势。②在空间分布上,研究区大规模森林火灾的发生集中在西南地区和北部的森林,从 1995—2015 年,加利福尼亚州南部与中部森林火灾有微小减弱的趋势,但西北部森林的一小块区域发生火灾的频率有逐年增长的情况。③地形因子上,加利福尼亚州森林火灾受高程变化影响明显,火灾多发于高程较低的平原地区。④气候因子上,加利福尼亚州森

林火灾的发生有较强的季节性,受温度与降水影响较大。冬季加利福尼亚州北部森林火灾发生的次数较少,西南部森林火灾发生的频次最高;春季加利福尼亚州北部林火发生较少,林火主要集中在中部和南部;夏季中部到南部温度较高,极少有降水,整个研究区森林火灾频次较高;秋季林火情况与春季相近。

表 2 1992—2015 年美国加利福尼亚州温度、降水、森林火灾数量按月变化统计

月份	平均温度/℃	平均降水/mm	森林火灾数量/次
1	9.49	22.73	3 610
2	10.60	27.99	2 753
3	12.69	18.38	4 101
4	14.26	10.53	8 043
5	17.42	5.22	18 506
6	20.36	2.08	29 951
7	22.59	0.62	40 654
8	22.52	0.66	33 085
9	20.96	1.68	23 893
10	17.09	7.67	14 865
11	12.37	14.75	6 712
12	9.16	27.94	3 377

整体来说,加利福尼亚州地形复杂,各区域气候多变,植物种类、森林类型多样性较强,导致森林火灾分布复杂,并且过火面积较大。因此,对该区域森林火灾的时空分布、影响因子进行分析,对我国相似地形、气候林区的森林火灾的防治和管理具有参考作用。

参 考 文 献

[1] 杨传明. 营林措施在森林防火工作中的应用[J]. 黑龙江科技信

- 息, 2014(9): 263.
- [2] 伊伯乐, 曹哲铭, 班擎宇, 等. 基于 PCA 和系统聚类的西南地区森林火灾形势评价[J]. 西南林业大学学报, 2018, 38(4): 153-160.
- [3] CARLO R, LAURA M, MARIA B, et al. Characterizing self-similar temporal clustering of wildfires in the Cilento National Park (Southern Italy) [J]. Ecological Modelling, 2006, 197(3/4): 512-515.
- [4] 张恒, 史浩楠, 张秋良. 基于变量分析法的中南地区森林火灾特征研究[J]. 温带林业研究, 2018, 1(3): 23-30.
- [5] 杜建华, 宫殷婷, 蒋丽伟. 中国森林火灾发生特征及其与主要气候因子的关系研究[J]. 林业资源管理, 2019(2): 7-14.
- [6] 田野, 牛树奎, 陈锋, 等. 丽江地区森林火灾的时空分布规律[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(5): 142-148.
- [7] JULIEN R, FLORENT M. Contribution of human and biophysical factors to the spatial distribution of forest fire ignitions and large wildfires in a French Mediterranean region [J]. International Journal of Wildland Fire, 2017, 26(6): 498-508. doi: 10.1071/WF16181.
- [8] PEW K L, LARSEN C P S. GIS analysis of spatial and temporal patterns of human-caused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada [J]. Forest Ecology and Management, 2001, 140(1): 1-18.
- [9] 王景华, 龙先华, 李德, 等. 基于 GIS 的四川省森林火灾空间分布特征[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(9): 51-56.
- [10] JONATHAN G, LILIANA P, PIERRE D. BorealFireSim: A GIS-based cellular automata model of wildfires for the boreal forest of Quebec in a climate change paradigm [J]. Ecological Informatics, 2016, 32: 12-27.
- [11] BERNARD W S. Density Estimation for Statistics and Data Analysis [M]. New York: Chapman and Hall, 1986.
- [12] DONALD S. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data [R]. Harvard University: Acm National Conference, 1968: 517-524.
- [13] 马效申, 王中元. 系数加权法在多区域坐标转换中的应用[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(29): 180-186.
- [14] PHILIP G M, WATSON D F. A Precise Method for Determining Contoured Surfaces [J]. Australian Petroleum Exploration Association Journal, 1982, 22(1): 205-212.
- [15] WATSON D F, PHILIP G M. A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation [J]. Geoprocessing, 1985, 2: 315-27.