

引用格式:叶丽梅,黄俊杰,高正旭,等.基于湖北输电线路灾情的山火分布特征分析[J].南方能源建设,2024,11(1):196-204. YE Limei, HUANG Junjie, GAO Zhengxu, et al. Analysis of the distribution characteristics of mountain fires based on the disaster data of Hubei transmission lines [J]. Southern energy construction, 2024, 11(1): 196-204. DOI: 10.16516/j.ceec.2024.1.20.

基于湖北输电线路灾情的山火分布特征分析

叶丽梅^{1,2,3,✉}, 黄俊杰⁴, 高正旭¹, 万君¹, 张丽文¹

(1. 武汉区域气候中心, 湖北 武汉 430000;

2. 三峡国家气候观测台, 湖北 宜昌 443000;

3. 中国气象局流域强降水重点开放实验室, 湖北 武汉 430000;

4. 国网湖北省电力有限公司电力科学研究院, 湖北 武汉 430000)

摘要: [目的]利用湖北输电线路山火历史灾情数据对山火分布特征进行分析。[方法]基于2016~2021年湖北省输电线路山火灾情资料,运用数理统计、气候统计和GIS空间叠加方法,对全省输电线路山火时空分布及山火与气象、下垫面、社会人文等影响因子的关系特征进行分析。[结果]时间上,2019年为近几年湖北输电线路山火发生最多的年份,秋冬季是高发季节,其中2月和9月为易发月份;空间上,鄂东地区是山火的频发区域,宜昌及荆门地区为次高发区域。山火与气象关系,大部分山火爆发前1个月降水偏少30%~100%、气温偏高0.5~3℃、湿度偏小3.8%~23%、风速偏大0.1~1.9 m/s。山火与下垫面关系,山火主要发生在耕地,占总数50.32%;山火主要集中在海拔高度150 m以下、坡度6°以下的区域,76.90%的山火发生在阳坡。山火与社会人文关系,山火主要发生在人口密度100~600人/km²的城市圈周边的乡镇及距离道路1.6 km缓冲区的区域。[结论]掌握湖北输电线路山火分布特征,有助于山火风险预警模型指标选取和阈值确定。

关键词: 山火; 输电线路; 历史灾情; 分布特征; 关系特征

中图分类号: TM7; TM75

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2024)01-0196-09

DOI: 10.16516/j.ceec.2024.1.20

OA: <https://www.energychina.press/>



论文二维码

Analysis of the Distribution Characteristics of Mountain Fires Based on the Disaster Data of Hubei Transmission Lines

YE Limei^{1,2,3,✉}, HUANG Junjie⁴, GAO Zhengxu¹, WAN Jun¹, ZHANG Liwen¹

(1. Wuhan Regional Climate Centre, Wuhan 430000, Hubei, China;

2. Three Gorges National Climatological Observatory, Yichang 443000, Hubei, China;

3. Key Laboratory of Basin Heavy Rainfall, China Meteorological Administration, Wuhan 430000, Hubei, China;

4. State Grid Hubei Electric Power Research Institute, Wuhan 430000, Hubei, China)

Abstract: [Introduction] The distribution characteristics of mountain fires by using the historical disaster data of mountain fires related to transmission lines in Hubei province has been analyzed. [Method] Based on the mountain fire disaster data of transmission lines in Hubei Province from 2016 to 2021, the methods of mathematical statistics, climate statistics and GIS spatial superposition were used to analyze the spatiotemporal distribution of transmission line mountain fires in Hubei Province as well as the characteristics of the relationship between mountain fires and meteorological, underlying surface, and social humanities factors. [Result] In terms of time, 2019 is the year in which mountain fires occurred most frequently on transmission lines in Hubei in recent years. Autumn and winter are peak seasons for mountain fires, with February and September being the months with a higher risk of occurrence. In terms of space, the eastern part of Hubei Province is the region with frequent mountain fires, while the Yichang and Jingmen regions are the second highest

收稿日期: 2023-11-08 修回日期: 2023-11-24

基金项目: 湖北省气象局科技基金资助项目“近20 a湖北省林火的多特征提取及预估模型研究”(2023Y05)

risk areas. The relationship between the mountain fire and the meteorology shows that the precipitation in the month before the occurrence of most mountain fires is 30% to 100% less than the normal level, the temperature is 0.5 °C to 3 °C higher than the normal level, the humidity is 3.8% to 23% lower than the normal level, and the wind speed is 0.1 to 1.9 m/s higher than the normal level. The relationship between mountain fire and underlying surface shows that mountain fire mainly occurs in cultivated land, accounting for 50.32% of the total. The mountain fires are mainly concentrated in the areas with an altitude below 150 meters and a slope below 6°, and 76.90% of the mountain fires occur on the sunny slope. The relationship between mountain fire and social humanities shows that mountain fire mainly occurs in the towns around the urban circle with a population density of 100~600 people/square kilometer, as well as the buffer zone about 1.6 kilometers away from the road. [Conclusion] Mastering the distribution characteristics of mountain fires related to Hubei transmission lines can help select indicators and determine thresholds for mountain fire risk warning models.

Key words: mountain fire; transmission lines; historical disaster; distribution characteristics; relationship characteristics

2095-8676 © 2024 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI.

This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

0 引言

近年来,湖北电网输电线路多次发生因山火导致的线路停运、降压运行、跳闸,山火已成为威胁架空输电线路安全运行的重要因素,是电网的主要灾害之一^[1]。山火是一种发生原因复杂的灾害,涉及危险天气、可燃物、火源等多个方面,在山火高发期,电网运维单位需投入大量的人力、物力开展线路巡视、重点区段蹲守和山火现场监控等工作^[2]。因此,有必要开展针对输电线路的山火灾害特征及预警评估相关研究。

近年来,国内外学者在森林火险气象条件^[3-4]、线路山火跳闸机理^[5-7]、线路山火监测^[8-10]和山火预警区划^[11-13]取得了不少成果^[14]。郭海峰等^[3]利用变异系数法对降雨量、风速、气温、相对最小湿度分段并加权打分,建立了森林火险天气指数模型。黎鹏等^[5]通过模拟实验使用均匀升压法和升压、耐受结合法 2 种方式,发现击穿电压随时间呈 U 形曲线分布。梁允等^[7]利用极轨卫星监测的山火信息与电网地理信息相结合,建立输电线路防山火监测系统。国外广泛运用的火险气象预报模型包括加拿大森林火险指数系统^[15](FWI)、国家火险等级系统(NFDRS)^[16]、澳大利亚火险等级系统(GFDM)^[17]。

湖北的输电线路在山火预警系统^[1]、输电线路跳闸机理^[7]、山火特点等方面取得一些研究成果^[18-20]。阮羚等^[18]给出山火引起输电线路跳闸机理,及输电线路防山火的预防措施;王胜等^[1]提出山火风险等级的改进 LEC 法,采用综合气象干旱指数修正山火风险值,实现了动态山火风险分布图的绘制。罗洋^[6]

基于湖北地区山火跳闸案例的具体特点,对山火引起线路跳闸的机理及原因进行分析,设计了一套山火预警系统。

综上所述,现有研究虽然在湖北输电线路山火的监测、跳闸机理等方面有一些成果,但输电线路的山火风险预报预警研究仍处于起步阶段,构建风险预警模型的影响要素特征研究仍存在不足。因此,本文基于湖北输电线路历史山火灾情资料,利用数理统计、气候统计和 ArcGIS 空间分析等方法,通过对山火时空分布及山火与气象、下垫面、社会人文等影响因子关系进行特征分析,以便揭示该地区输电线路山火发生规律,为研究湖北输电线路山火风险区划及预警提供基础支撑。

1 资料来源、处理与研究方法

1.1 资料来源与处理

本文使用的资料包括:(1)2016 年 8 月 1 日至 2021 年 1 月 12 日湖北省输电线路 319 个实际发生的山火点经纬度、发生时间、发生地点等信息,资料来源于国网湖北省电力科学研究院;(2)76 个国家气象站建站至 2021 年气温、降水、风速、相对湿度的历史日资料,资料来源于湖北省气象局;(3)湖北省 2017 年 30 m 土地覆盖分类,资料来源于清华大学(<https://data-starcloud.pcl.ac.cn/zh>);(4)湖北省 90 m 数字高程模型(DEM),资料来源于美国太空总署(NASA)和国防部国家测绘局(NIMA)联合测量的 SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)高程数据(<https://www.gscloud.cn/#page2>)。此外,基于 DEM 数据,利用 ArcGIS 软件三维空间分析功能提取了湖

北省坡度和坡向数据; (5)湖北省 1:100 万道路数据, 资料从全国地理信息资源目录服务系统下载获取(<https://www.gscloud.cn/>); (6)湖北省 2015 年 1 km 人口密度数据, 数据从资源环境科学与数据中心下载获取(<https://www.resdc.cn/>)。

本着尽可能保留更多能用于山火各类特征的样本数原则, 整理筛查历史山火灾情资料, 整理结果如表 1 所示。从表中知, 剔除 2016 年、2021 年及年份不明确的 11 个山火点, 使用 2017~2020 年 294 个山火点进行年际变化特征分析; 剔除 2016 年、2021 年、年份及月份不明确的 33 个火点, 采用 272 个山火点进行月、季分布特征分析; 剔除经纬度信息有误的 3 个火点, 采用其余的 316 个火点进行地域分布、下垫面、社会人文等特征分析。

表 1 湖北输电线路山火灾情数据说明

Tab. 1 Description of mountain fire disaster data on Hubei transmission lines

要素	总数/个	剔除数/个	时间	使用数/个
年际变化	319	1(2016年) 10(2021年)	2017~2020年	294
月、季	319	1(2016年) 10(2021年) 月份不明确(22个)	2017~2020年	272
地域、下垫面、 社会人文	319	3 (经纬度信息有误)	2016年8月1日~ 2021年1月12日	316

1.2 研究方法

本文以湖北省输电线路通道实际发生的历史山火灾情为研究对象, 运用数理统计、气候统计和 ArcGIS 空间分析法, 按时间、地域、下垫面、气象、社会人文等特征因子分组统计山火点数量, 绘制各类特征分布图。气象因子特征分析中降水、气温、风速、相对湿度等要素的距平值采用 1981~2010 年作为基准期。

1) 降水距平百分率

某时段降水量距平百分率(P_a)按式(1)和式(2)计算:

$$P_a = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

式中:

P ——某时段降水量(mm);

\bar{P} ——计算时段同期气候平均降水量(mm);

n ——30 a;

i ——1, 2, ..., n , 表示时间尺度, 如天、月等。

2) 相对湿度距平

某时段相对湿度距平(R_a)按式(3)和式(4)计算:

$$R_a = R - \bar{R} \quad (3)$$

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (4)$$

式中:

R ——某时段相对湿度(%);

\bar{R} ——计算时段同期气候平均相对湿度(%).

3) 风速距平

某时段风速距平(F_a)按式(5)和式(6)计算:

$$F_a = F - \bar{F} \quad (5)$$

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i \quad (6)$$

式中:

F ——某时段平均风速(m/s);

\bar{F} ——计算时段同期气候平均风速(m/s).

4) 气温距平

某时段气温距平(T_a)按式(7)和(8)计算:

$$T_a = T - \bar{T} \quad (7)$$

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (8)$$

式中:

T ——某时段平均温度(°C);

\bar{T} ——计算时段同期气候平均温度(°C)。

2 结果与分析

2.1 时空分布特征

2.1.1 年际变化特征

图 1 给出了 2017~2020 年湖北输电线路山火灾情年际变化分布, 由图可见, 近几年湖北平均每年监测到 73.5 个火点, 其中 2019 年的火点最多, 达 152 个, 占总数的 51.70%, 明显高于其他年份, 次多年份出现在 2017 年, 监测到 63 个火点, 最少年份发生于 2020 年, 为 36 个火点。

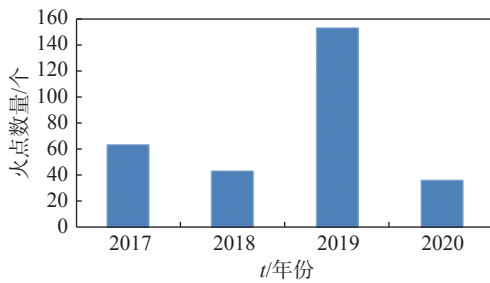


图 1 2017~2020 年湖北输电线路山火年际变化分布
Fig. 1 Inter-annual variation distribution of mountain fires related to transmission lines in Hubei from 2017 to 2020

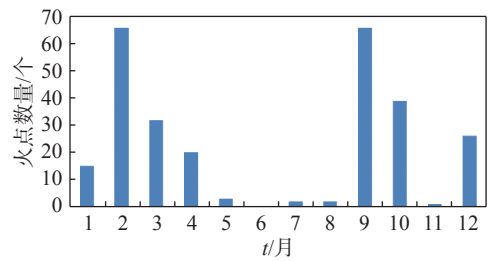


图 2 2017~2020 年湖北输电线路山火月变化分布
Fig. 2 Monthly variation distribution of mountain fires related to transmission lines in Hubei from 2017 to 2020

2.1.2 季分布特征

表 2 给出了 2017~2020 年 4 个季节湖北输电线路山火的发生次数, 从表可知, 火点主要发生在秋、冬季, 分别为 106 个、107 个山火, 分别占总数的 38.97%、39.34%, 其次是春季, 监测到 55 个山火, 占 20.22%, 夏季是山火的低发期, 仅发生 4 个山火。秋冬季是山火的多发季节, 主要是因为湖北秋冬季气候干燥、空气湿度低, 堆积的干草和枯枝较多, 再加上春节、清明祭祖焚烧香纸, 燃放烟花鞭炮等人类活动频繁, 极易引起野外火灾。湖北夏季雨水量大、雨日数多, 植被含水量高, 地表相对湿润, 不易发生山火。

表 2 2017~2020 年湖北输电线路山火季节统计
Tab. 2 Statistics of mountain fires related to transmission lines in Hubei by season from 2017 to 2020

季节	发生次数/个	比重/%
春季	55	20.22
夏季	4	1.47
秋季	106	38.97
冬季	107	39.34

2.1.3 月分布特征

图 2 给出了 2017~2020 年湖北输电线路山火月变化分布, 从图可知, 湖北山火数量随月份的变化趋势总体呈倒抛物线型分布。山火的发生呈现季节性规律, 1~4 月、9~10 月、12 月是山火点高发月份, 其中 2 月和 9 月最多, 均发生 66 个, 其次是 10 月, 共发生 39 个, 6~8 月、11 月是山火发生最少的月份。

2.1.4 地域分布特征

图 3 给出了湖北输电线路历史山火的地域分布, 从图可知, 火点主要分布于鄂东地区, 其次是宜昌以及荆门地区。表 3 给出了湖北输电线路历史山火在

各县市的发生数量, 由表可知, 阳新县、江夏区是湖北发生山火数最多的县, 共出现过 93 个, 合计占总数的 29.43%, 其次是大冶市、咸安区、通山县, 分别有 38、29、24 个火点。

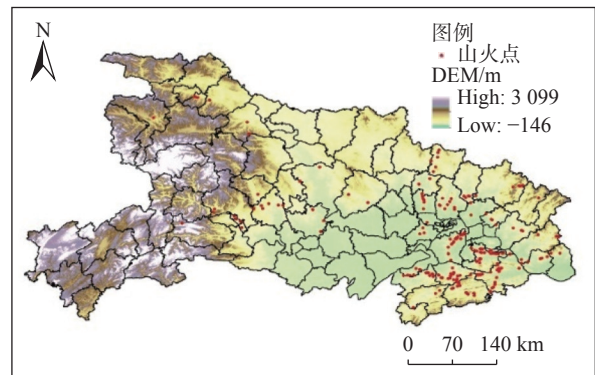


图 3 湖北输电线路历史山火地域分布示意图
Fig. 3 Regional distribution diagram of historical mountain fires related to Hubei transmission lines

2.2 山火与气象的关系特征

由于发生时间和区域较分散的山火点在气象条件上较离散, 这部分火点受人为因素较大, 为了寻找山火与气象因子的关系, 挑选发生时间具有连续性, 且期间发生山火数量多的一段时期的山火群作为研究对象。在此, 统计湖北输电线路 2017~2021 年各月发生的山火数量, 选取发生日期具有连续性的月山火个数最多的前 5 个月作为分析对象, 即确定了 2017 年 2 月(19 个)、2017 年 3 月(17 个)、2019 年 9 月(66 个)、2019 年 10 月(35 个)和 2020 年 2 月(32 个) 5 个山火群来分析山火与气象的关系特征。

表 4 给出了 2017~2020 年 5 个山火群的前 1 个月的月降水距平百分率、月平均气温距平、月平均相对湿度距平及月平均风速距平, 从表中可见, 仅 2020 年 2 月山火期的前 1 个月的月降水距平偏多

表 3 湖北输电线路历史山火在各县市的统计值
(火点数 ≥ 5)

Tab. 3 Statistical value of historical mountain fires related to Hubei transmission lines in counties and cities
(number of fires ≥ 5)

自然区	地级市	县市	发生次数/个	比重/%
鄂东南	黄石市	阳新县	47	14.87
鄂东南	武汉市	江夏区	46	14.56
鄂东南	黄石市	大冶市	38	12.03
鄂东南	咸宁市	咸安区	29	9.18
鄂东南	咸宁市	通山县	24	7.59
鄂东南	咸宁市	赤壁市	12	3.80
鄂东北	武汉市	黄陂区	9	2.85
鄂东北	孝感市	孝南区	8	2.53
鄂东南	黄冈市	蕲春县	8	2.53
鄂东北	黄冈市	麻城市	8	2.53
鄂东北	孝感市	大悟县	7	2.22
鄂西南	宜昌市	当阳市	6	1.90
鄂东北	黄冈市	红安县	6	1.90
鄂东南	咸宁市	嘉鱼县	5	1.58

50%~70%,有4个山火集中爆发前1个月的月降水距平偏少、气温偏高、相对湿度偏小、风速偏大。2019年9月中下旬发生山火数量最大,并且持续到10月上旬,其发生时段前1个月的降水距平偏少80%~100%,气温偏高1.5~3℃,相对湿度偏小10%~23%,风速偏大0.1~0.9 m/s。2020年2月火点主要分布于鄂东南,前期降水虽然偏多,但由于村民烧荒人类活动也会导致山火多发。整体来看,山火的集中爆发与前期气候背景密切相关,即前期降水偏少、气温偏高、湿度偏干、风速偏大,有利于山火多发,表明前期气候异常值对山火预警模型指标选取具有

一定的指示意义。

2.3 山火与下垫面关系特征

2.3.1 土地利用类型

利用 ArcGIS 工具,将湖北输电线路 316 个历史山火的地理信息与土地利用类型数据进行空间叠加分析,统计各类型的火点数。图 4 给出了湖北输电线路历史山火在各土地利用类型的数量分布,由图可知,发生在耕地区域的山火数最多,达 159 个,约占总数的 50.32%;其次是林地,发生山火 108 个,约占 34.18%;草地发生 21 个,约占 6.65%;城乡、工矿、居民用地区域发生火点的次数为 28,约占 8.86%。

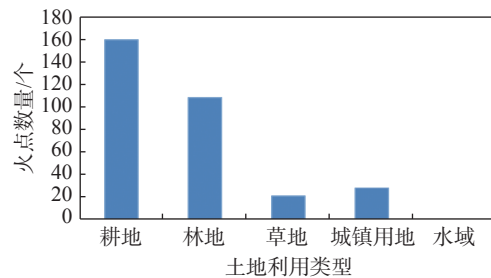


图 4 湖北输电线路历史火点在各土地利用类型的数量分布

Fig. 4 Quantity distribution of historical mountain fires related to Hubei transmission lines in different types of land

2.3.2 地形

1) 海拔高度

将湖北输电线路历史山火地理信息与 DEM 数据进行空间叠加,提取山火的海拔高度值。图 5 给出了湖北输电线路历史山火在不同海拔段的数量值,由图可知,50 m 以下的低海拔是山火的易发区域,发生山火 133 个,占总数的 42.09%。其次海拔高度 50~100 m 的区域,发生的山火 117 个,占 37.03%。海拔高度 150~500 m 的山火数有 59 个,500~900 m 仅发生 7 个山火,900 m 以上未发生山火。整体来看,湖北低海拔地形是山火的高发区域,山火数随着海拔的增加而减少。

表 4 2017~2020 年湖北输电线路山火群前 1 个月的气候异常值

Tab. 4 Abnormal climatic value in the month before the occurrence of mountain fires related to Hubei transmission lines from 2017 to 2020

时间	山火数/个	月降水距平/%	月气温距平/℃	月相对湿度距平/%	月风速距平/(m·s ⁻¹)
2017年2月	黄石阳新、咸宁通山(19)	偏少30	偏高1.1~1.2	偏小3.8~6.0	偏大1.7~1.9
2017年3月	17(黄石阳新、咸宁通山)	偏少40	偏高1.1~1.7	偏小6.5~9.4	偏大0.3
2019年9月	66(鄂东南、宜昌)	偏少80~100	偏高2.5~3.0	偏小10.0~20.0	偏大0.1~0.6
2019年10月(1~10日)	35(鄂东)	偏少90~100	偏高1.5~2.5	偏小15.0~23.0	大部偏大0.1~0.9
2020年2月	32(鄂东地区)	大部偏多50~70	偏高0.5~1.5	偏大1.0~7.0	大部偏大0.1~1.0

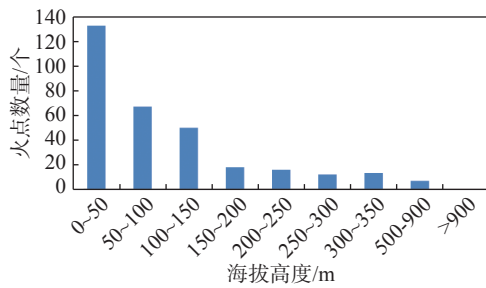


图 5 湖北输电线路历史火点在不同海拔高度段的数量分布
Fig. 5 Quantity distribution of historical mountain fires related to Hubei transmission lines at different altitudes

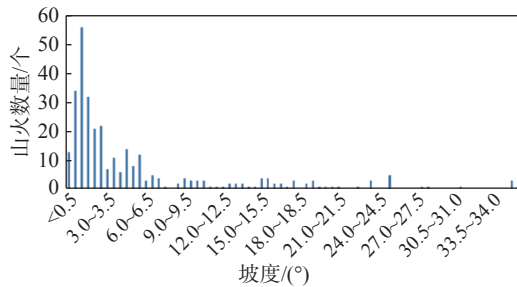


图 6 湖北输电线路历史山火点在不同坡度段的数量分布
Fig. 6 Quantity distribution of historical mountain fires related to Hubei transmission lines in different slope sections

2) 坡向

将湖北输电线路历史山火地理信息坡向数据进行空间叠加, 提取山火的坡向值, 按照坡向分类标准^[19], 对山火点坡向值进行统计分析。表 5 给出了湖北输电线路历史山火在各类坡向的数量分布和占

表 5 湖北输电线路历史山火在各类坡向的数量分布和占比

Tab. 5 Quantity distribution and proportion of historical mountain fires related to Hubei transmission lines in different slope directions

坡向类型	发生次数/个	比重/%
平坡	2	0.63
北坡	26	8.23
东北坡	22	6.96
东坡	39	12.34
东南坡	57	18.04
南坡	54	17.09
西南坡	51	16.14
西坡	42	13.29
西北坡	23	7.28

比, 从表可知, 东南坡、南坡和西南坡的山火数量最多, 均有 50 多个, 其中东南坡火点最多, 占了总数的 18.04%, 其次是南坡, 占总数的 17.09%, 西南坡占 16.14%, 这是因为东南坡、西南坡和南坡接受的辐射多, 空气湿度低, 所以可燃物含水量低, 更容易发生火灾; 北坡、东北坡、西北坡的山火数量均少于 30 个, 占比均小于 10%, 这是因为北坡受太阳辐射少, 空气湿度和森林可燃物含水量高, 较其它坡向不易发生火灾。另外, 对阳坡和阴坡 2 大类进行了统计, 得到山火在阳坡、阴坡的山火数分别为 243 个、71 个, 占比分别为 76.90%、22.47%。

3) 坡度

将湖北输电线路历史山火地理信息与坡度数据进行空间叠加, 统计历史山火的坡度值。图 6 给出了湖北输电线路历史山火在不同坡度段的数量值, 从图中可见, 山火数量总体呈现随坡度升高而减少的趋势, $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ 区间的坡度是山火点的易发区域, 共发生 88 个, 坡度小于 0.5° 和大于 42° 区域为低发区域。坡度小于 0.5° 的区域主要位于湖北的江汉平原, 该区域以大面积的农田为主, 地势平坦, 发生山火的可能性较小。大于 42° 区域, 坡度较陡, 人类活动少, 火灾风险小。整体来看, 山火主要分布在坡度 6° 以下区域, 共发生山火 236 个, 占总数的 74.68%, 在坡度大于 6° 区域火点分布较零散, 共发生 80 个。

2.4 山火与社会人文关系特征

2.4.1 山火与道路缓冲区

将湖北省输电线路历史山火点与道路数据进行叠加, 利用 ArcGIS 近邻分析工具计算火点到道路的最近距离, 统计不同道路缓冲区内火点的个数。图 7 给出了湖北输电线路历史山火点在不同道路缓冲区的数量分布, 从图中可知, 山火点主要分布在距离道路 1.6 km 以内的范围, 在距离道路超过 1.6 km 的山火数量急剧减少, 其中在距离道路 800 m 以内范围的山火点共 165 个, 占总数的 52.22%。0.4 km 以内的山火数不及 0.4~0.8 km 的火点数, 这与电力输电线路与道路的规范距离要求有关(GB 50545—2010)。总体来说距离道路越近, 发生山火的风险越高。

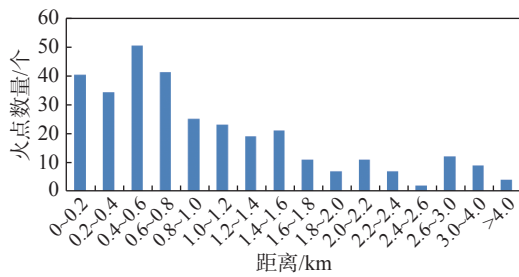


图7 湖北输电线路历史山火点在不同道路缓冲区的数量分布

Fig. 7 Quantity distribution of historical mountain fires related to Hubei transmission lines in different road buffer zones

2.4.2 山火与人口密度

将湖北输电线路历史山火地理信息与人口密度数据进行空间叠加,统计历史山火的人口密度值。图8给出了湖北输电线路历史山火点在不同人口密度区间的山火点数量分布,可看到山火点主要位于城市圈的周边地区、人口密度在100~600人/km²的区域,其中200~500人/km²人口密度区间的山火点数最多,600人/km²以上的山火点数呈急剧下降趋势。人口密度最大的区域的山火数量反而较少,主要是因为这些区域是城市中心地区,可燃物数量比较少。

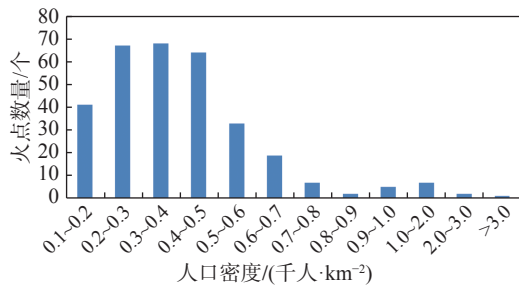


图8 湖北输电线路历史山火点在不同人口密度数量分布

Fig. 8 Quantity distribution of historical mountain fires related to Hubei transmission lines at different population densities

3 结论

本文基于湖北输电线路历史山火灾情,对山火时空分布及山火与气象、下垫面、人文社会等要素关系特征进行分析,主要结论如下:

1)通过山火的时空特征分析,表明2019年是近几年山火多发年份,秋冬季,尤其2月和9月是山火多发期;火点主要分布于鄂东地区,其次是宜昌以及荆门地区。

2)通过山火与气象关系特征分析,表明山火集

中多发期的前1个月表现为降水偏少、气温偏高、湿度偏小,风速偏大等特点。

3)通过山火与下垫面关系特征分析,表明50%的山火发生在耕地,34.18%发生在林地;山火主要分布于向阳坡、低海拔、低坡度区域特征明显。

4)通过山火与人文社会关系特征分析,表明山火主要分布于城市圈周边的乡镇地区,尤其在1.6 km道路缓冲区是多发地段。

本文综合分析了山火与气象、下垫面、社会人文等关系特征,可为湖北输电线路山火风险区划及预警模型指标阈值选取提供支撑。由于灾情资料收集具有困难性和不完备性,燃物含水率、节假日活动等因子需进一步探讨,在后续的研究中将继续收集更多的山火灾情及利用历史遥感卫星监测火点对特征值进行完善及综合预警模型构建。

参考文献:

- [1] 王胜,王飞. 输电线路山火风险分布研究及应用 [J]. 湖北电力, 2016, 40(2): 23-27, 32. DOI: 10.19308/j.hep.2016.02.005.
WANG S, WANG F. Research of forest fire risk distribution of transmission line and its application [J]. Hubei electric power, 2016, 40(2): 23-27, 32. DOI: 10.19308/j.hep.2016.02.005.
- [2] 周特军,吴传平,陈海翔,等. 湖南电网输电线路山火跳闸时空分布规律 [J]. 消防科学与技术, 2019, 38(3): 417-420. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0029.2019.03.033.
ZHOU T J, WU C P, CHEN H X, et al. Temporal and spatial distribution laws of transmission line trips caused by wildfire for Hunan power grid [J]. Fire science and technology, 2019, 38(3): 417-420. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0029.2019.03.033.
- [3] 郭海峰,禹伟. 湖南省森林火险天气等级预测模型研究 [J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(12): 44-47,67. DOI: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2016.12.008.
GUO H F, YU W. Study weather grade prediction model of forest-fire risk in Hunan Province [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2016, 36(12): 44-47,67. DOI: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2016.12.008.
- [4] 郭福涛,胡海清,马志海,等. 不同模型对拟合大兴安岭林火发生与气象因素关系的适用性 [J]. 应用生态学报, 2010, 21(1): 159-164. DOI: 10.13287/j.1001-9332.2010.0073.
GUO F T, HU H Q, MA Z H, et al. Applicability of different models in simulating the relationships between forest fire occurrence and weather factors in Daxing'an Mountains [J]. Chinese journal of applied ecology, 2010, 21(1): 159-164. DOI: 10.13287/j.1001-9332.2010.0073.

- 10.13287/j.1001-9332.2010.0073.
- [5] 黎鹏,黄道春,阮江军,等. 加压方式对山火条件下间隙交流击穿特性的影响研究 [J]. *电网技术*, 2016, 40(5): 1576-1581. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2016.05.042.
- LI P, HUANG D C, RUAN J J, et al. Study of influence of voltage application modes on AC gap breakdown characteristic under fire conditions [J]. *Power system technology*, 2016, 40(5): 1576-1581. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2016.05.042.
- [6] 罗洋. 输电线路之山火预警系统设计研究 [D]. 武汉: 湖北工业大学, 2017.
- LUO Y. Design and research of forest-fire warning system of transmission line [D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2017.
- [7] 梁允,李哲,曲燕燕,等. 极轨气象卫星在输电线路防山火监测中的应用 [J]. *河南科学*, 2013, 31(10): 1664-1667. DOI: 10.13537/j.issn.1004-3918.2013.10.017.
- LIANG Y, LI Z, QU Y Y, et al. The polar orbit meteorological satellite and its application in monitoring mountain fire for transmission line [J]. *Henan science*, 2013, 31(10): 1664-1667. DOI: 10.13537/j.issn.1004-3918.2013.10.017.
- [8] 林铭瀚,胡永洪,薛毓强,等. 基于 mesh 网络的输电线路山火预警监视系统研制 [J]. *电力系统保护与控制*, 2016, 44(1): 134-138. DOI: 10.7667/j.issn.1674-3415.2016.01.020.
- LIN M H, HU Y H, XUE Y Q, et al. Research and application of forest fire early-warning and monitor system based on wireless mesh network for transmission line [J]. *Power system protection and control*, 2016, 44(1): 134-138. DOI: 10.7667/j.issn.1674-3415.2016.01.020.
- [9] 李兴东,肖旭,陈显东,等. 基于无人机多传感吊舱系统的火点实时定位方法 [J]. *火灾科学*, 2022, 31(1): 35-45. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5309.2022.01.05.
- LI X D, XIAO X, CHEN X D, et al. Method of fire point real-time positioning based on multi-sensors system of UAV [J]. *Fire safety science*, 2022, 31(1): 35-45. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5309.2022.01.05.
- [10] 李江,曹永兴,朱军,等. 输电线路山火雷达实时监测技术及应用研究 [J]. *四川电力技术*, 2021, 44(1): 53-57. DOI: 10.16527/j.issn.1003-6954.20210112.
- LI J, CAO Y X, ZHU J, et al. Research on real-time radar monitoring technology and its application to forest fire around transmission line [J]. *Sichuan electric power technology*, 2021, 44(1): 53-57. DOI: 10.16527/j.issn.1003-6954.20210112.
- [11] 郑宝强,张健,曹飞,等. 基于泛在电力物联网的无人值守变电站消防策略研究 [J]. *南方能源建设*, 2020, 7(4): 75-80. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.04.011.
- ZHENG B Q, ZHANG J, CAO F, et al. Research on fire control strategy for unattended power substation based on ubiquitous electric power internet of things [J]. *Southern energy construction*, 2020, 7(4): 75-80. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.04.011.
- [12] 郑忠,高阳华,杨庆媛,等. 西南山地区域森林火险综合预报模型研究——以重庆市为例 [J]. *自然灾害学报*, 2020, 29(1): 152-161. DOI: 10.13577/j.jnd.2020.0116.
- ZHENG Z, GAO Y H, YANG Q Y, et al. Research on the construction of composite risk prediction model for forest fire in the mountainous area of southwestern China: taking Chongqing City as an example [J]. *Journal of natural disasters*, 2020, 29(1): 152-161. DOI: 10.13577/j.jnd.2020.0116.
- [13] 徐虹,杨晓鹏,朱勇,等. 基于 RS 和 GIS 的云南省森林火险预报研究 [J]. *福建林业科技*, 2007, 34(2): 85-88. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7351.2007.02.020.
- XU H, YANG X P, ZHU Y, et al. Study on the forest fire danger forecast in Yunnan Province based on GIS and RS [J]. *Journal of Fujian forestry science and technology*, 2007, 34(2): 85-88. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7351.2007.02.020.
- [14] 黄宝华,张华,孙治军. 基于层次分析 (AHP) 的山东林火风险区划研究 [J]. *火灾科学*, 2014, 23(4): 225-232. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5309.2014.04.06.
- HUANG B H, ZHANG H, SUN Z J. Shandong forest fire danger division research based on analytic hierarchy process (AHP) [J]. *Fire safety science*, 2014, 23(4): 225-232. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5309.2014.04.06.
- [15] STOCKS B J, LAWSON B D, ALEXANDER M E, et al. The Canadian system of forest fire danger rating [C]//Anon. Conference on Bushfire Modelling and Fire Danger Rating Systems Proceedings, Canberra, Australia, 1991. [S.l.]: [s.n.], 1988: 11-12.
- [16] COHEN J D, DEEMING J E. The national fire-danger rating system: basic equations [M]. Berkeley: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1985.
- [17] 田晓瑞,DOUGLAS J M,张有慧. 森林火险等级预报系统评述 [J]. *世界林业研究*, 2006, 19(2): 8. DOI: 10.3969/j.issn.1001-4241.2006.02.008.
- TIAN X R, MCRAE D J, ZHANG Y H. Assessment of forest fire danger rating systems [J]. *World forestry research*, 2006, 19(2): 8. DOI: 10.3969/j.issn.1001-4241.2006.02.008.
- [18] 阮羚,万君,黄俊杰. 基于 GIS 的湖北省输变电线路山火风险

区划 [J]. **暴雨灾害**, 2015, 34(3): 268-274. DOI: [10.3969/j.issn.1004-9045.2015.03.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-9045.2015.03.010).

RUAN L, WAN J, HUANG J J. Risk zoning on forest fire along the power transmission lines in Hubei province based on GIS [J]. **Torrential rain and disasters**, 2015, 34(3): 268-274. DOI: [10.3969/j.issn.1004-9045.2015.03.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-9045.2015.03.010).

[19] 马文苑. 大尺度林火驱动因子及预测模型研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2019.

MA W Y. Study on driving factors and forecast models of forest fire in large-scale areas [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2019.

[20] 王延海, 刘述军, 朱东升. 统一潮流控制器工程中火灾报警系统的设计与应用 [J]. **南方能源建设**, 2016, 3(2): 102-106, 112. DOI: [10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.02.020](https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.02.020).

WANG Y H, LIU S J, ZHU D S. Design and application of fire alarm system in UPFC project [J]. **Southern energy construction**, 2016, 3(2): 102-106, 112. DOI: [10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.02.020](https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.02.020).

作者简介:



叶丽梅

叶丽梅 (第一作者, 通信作者)
1985-, 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事气象灾害风险评估及电力气象应用工作(e-mail) 1292257918@qq.com。

黄俊杰

1976-, 男, 高级工程师, 博士, 主要从事电力设备信息系统建设及评价、输电线路防灾预警等工作 (e-mail) huangjjhwb@aliyun.com。

高正旭

1980-, 男, 正高级工程师, 硕士, 主要从事电力气象灾害服务工作 (e-mail) 331093845@qq.com。

万君

1981-, 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事卫星遥感技术工作 (e-mail) 5343491@qq.com。

张丽文

1985-, 女, 高级工程师, 博士, 主要从事卫星遥感技术工作 (e-mail) 84824093@qq.com。

项目简介: 随着全球气候变暖, 极端天气气候事件增多, 我国森林火灾发生频次和造成的损失都呈上升趋势。针对林火驱动因子复杂多样性, 为了更能客观评估、提高预报模型精度, 选取了除气象因子外, 还考虑了地形、可燃物、社会人文活动等因子作为模型驱动因子, 构建湖北森林火险综合预报模型。

项目名称 近 20 a 湖北省林火的多特征提取及预估模型研究

承担单位 武汉区域气候中心

项目概述 项目主要开展近 20 a 湖北省林火的多特征提取及湖北省林火风险预估模型研究, 在分析林火时空分布特征、林火与气象、植被、地形、人类活动等多因子的关系特征基础上, 选取最优火险影响因子指标, 构建适合湖北省不同区域的林火风险预估模型。

主要创新点 实现林火的多维度、多因子提取, 多特征描述。鉴于可燃物含水率、人为火源直接影响林火发生的难易程度, 在植被类型的信息提取基础上, 增加植被覆盖度、植被含水率的特征提取。

(编辑 孙舒)

广 告

“能源气象技术”专刊封面图片----- 封一

“能源气象技术”专刊特约主编寄语----- 封二

陈正洪劳模创新工作室----- P205

“可控核聚变工程技术”专刊征稿启事----- 封三

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司----- 封四