

基于风云气象卫星对泸州市 近十年森林火灾的分析

杨思慧, 袁淑杰, 张 碧

成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都
Email: zhangbi@cuit.edu.cn

收稿日期: 2020年11月26日; 录用日期: 2020年12月10日; 发布日期: 2020年12月17日

摘 要

以泸州市2011~2020年的风云系列卫星数据为基础, 通过FY-3B卫星的VIRR通道, 对其3, 4通道的亮温与3, 4通道的背景亮温的差值设置阈值, 利用固定阈值法, 排除疑似火点, 云体, 水体等干扰, 对泸州市近十年火点进行分析。结果表明: 1) 合江为泸州市火灾高发区。2) 七八月份为泸州市火灾高发时期 3) 泸州市每年火灾发生次数总体趋势在逐渐减少。4) 泸州市火灾发生的主要区域在28.7N~29N, 105.2E~105.9E。

关键词

风云系列卫星, 遥感数据, 火险指数

Analysis of Forest Fire in Luzhou City in Recent Ten Years Based on Fengyun Meteorological Satellite

Sihui Yang, Shujie Yuan, Bi Zhang

School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan
Email: zhangbi@cuit.edu.cn

Received: Nov. 26th, 2020; accepted: Dec. 10th, 2020; published: Dec. 17th, 2020

Abstract

Based on the data of Fengyun series satellites of Luzhou city from 2011 to 2020, the difference

文章引用: 杨思慧, 袁淑杰, 张碧. 基于风云气象卫星对泸州市近十年森林火灾的分析[J]. 地球科学前沿, 2020, 10(12): 1137-1145. DOI: 10.12677/ag.2020.1012111

between the bright temperature of channel 3 and 4 and the background bright temperature of channel 3 and 4 was set as a threshold through the VIRR channel of FY-3B satellite. The fixed threshold method was used to eliminate the interference of suspected fire point, cloud body, water body and so on, and the fire point of Luzhou city in recent ten years was analyzed. The results show that: 1) Hejiang is a high incidence area of fire in Luzhou city. 2) In July and August, there is a high incidence of fire in Luzhou city. 3) The overall trend of the number of fire incidents in Luzhou city every year is gradually decreasing. 4) The main area of fire in Luzhou city is located at 28.7N - 29N, 105.2E - 105.9E.

Keywords

Fengyun Series Satellites, Remote Sensing Data, Fire Risk Index

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

国家统计局官网的相关统计数据显示,在2017年共有3223起火灾发生,总累计有2.45万公顷森林面积受到损害;在2018年共发生森林火灾2478起,受害森林面积1.6万公顷。2019年发生了森林火灾2345起,受灾的森林面积达1.4万公顷。近几年,我国森林火灾发生主要集中在以下几个地方:东北北部、内蒙古西北、西南地区和江南中部等地。其中云南的西北部,保山、大理、丽江、迪庆等地区,四川西部,甘孜、阿坝地区是我国森林火灾的高发地区。目前我国3~5月份是全年森林突发性火灾的主要高发期,火灾发生的次数大约占到我国全年森林火灾发生总数的81.5%。

受全球气候变暖和人为因素的双重影响,森林火灾频繁地发生。因此,许多专家和学者对于森林火灾的预警和森林火灾监测的方法进行了大量的探索和研究,并在国际上取得了一定的研究进展。郑海清等(2003) [1] [2]通过利用NOAA卫星遥感数据,结合当地相应的森林火灾危险度数据,对目前福建省的森林火灾智能危险度评估进行了智能评估,并对目前福建省的森林火灾智能危险度评估数据进行了空间分布。根据福建省森林火灾的高风险位置,利用地理信息系统对目前福建省发生森林火灾的高风险进行了预警。李红双等(2010) [3]通过先进的DVB-S卫星模式自动准确地接收和分析处理了来自于中国的一系列风云卫星数据、美国的NOAA和EOS卫星数据,建立了东北森林火灾监测图像处理系统。基于DIS卫星技术,陈波(2018) [4]通过利用美国的MODIS卫星数据(MODIS4热异常)分析研究了2001~2008年云南省发生森林火灾的时空分布,分析了对森林火灾的影响因素,研究了云南省森林火灾在不同时空的分布规律。高振(2012) [5]在MSP430芯片应用技术的基础上研究森林火险,监测开发了一种低功耗的森林火险监测系统。储昌超(2014) [6]利用信息扩散理论对森林火险进行分析。王圣洪,周长志(2014) [7]利用GIS软件通过对温度,湿度和风速风向等气象因子的分析建立森林火险等级预警模型。彭光雄,陈云浩(2007) [8]结合遥感数据和气象数据资料,利用火灾敏感指数对森林进行监测和评估。苏力化(2004) [9]利用NOAA极轨卫星AVHRR第3通道资料,结合地面森林分布状况及当时天气条件对火灾进行监测。目前国内在森林火灾方面的研究主要以起火条件为主,如时空分布[10] [11] [12]和气候条件、气象因子方面[13] [14] [15]。

研究借鉴其他学者的研究成果的基础上,基于FY-3B卫星的遥感资料对泸州市近十年森林火灾进行分析。

泸州市的林业用地为46.31万 hm^2 ,占泸州市总面积的37.81%。其中有林地34.09万 hm^2 ,占林地用地总面积的73.61%。合江福宝和古蔺黄荆两大林区,是亚热带地区至今保存得比较完好的常绿天然阔叶

林,有丰富的物种资源,被专家称为地球上罕见的“亚热带阔叶林天然植物园”。如此丰富和珍贵的植物资源为泸州市开展生态旅游和行业科研提供了坚实的条件。因此,进行泸州市近十年来的森林火灾的研究对保护森林资源有着现实意义。

2. 资料与方法

2.1. 研究区域概况

2.1.1. 研究区地理位置介绍

泸州市位于四川盆地的东南,东临重庆市永川,南接云南威信和贵州的赤水、习水。西接宜宾,北连隆昌、自贡。泸州市有辖四县三区,即泸县、合江县、叙永县、古蔺县和江阳区、纳溪区、龙马潭区,面积为 12,247 hm^2 ,人口为 459 万左右其中森林资源主要集中在合江县、叙永县、古蔺县和纳溪区。泸州市地质构造复杂,为四川盆地向云贵高原过渡褶皱发育地带,兼有盆中丘陵的盆周山地的地貌类型,地势南高北低,最高海拔 1902 m,最低海拔 203 m,有中山、低山、丘陵、河谷、平坝等地貌类型。

2.1.2. 研究区的气候特征

泸州气候温和,四季分明。北部为淮南亚热带季风湿润气候;南部山区气候有中亚热带、北亚热带、南温带和北温带气候之分,具有山区立体气候的特点。年平均气温 $17.1^{\circ}\text{C}\sim 18.5^{\circ}\text{C}$,年平均降雨量 748.4 毫米 ~ 1184.2 毫米,日照 1200 小时 ~ 1400 小时,无霜期 300 天 ~ 358 天。土地肥饶,物产富庶。泸州热量丰富,降水充沛,光照充足,光热水资源组合好,作物生长季节长,积温有效性高,给农、林、牧、副、渔各业的全面发展提供良好的生态条件,农业生产潜力大。

2.2. 资料概况

利用中国气象局卫星气象中心提供的 2011 年 1 月 1 日 ~ 2020 年 5 月 30 日风云气象卫星扫描辐射仪(FengYun 3B/the Visible and Infrared Radiometer, FY-3B/VIIRS)的 L1 级数据资料。选取包括泸州市的局地数据资料。经度范围为 $105^{\circ}26'36''\sim 105^{\circ}37'33''\text{E}$,纬度范围是 $28^{\circ}1'34''\sim 28^{\circ}30'4''\text{N}$ 。网格点之间的距离为 0.01° ,即地面分辨率为 1 KM^2 。

2.3. 研究方法

FY-3B 号卫星的 VIIRS 辐射计共有 10 个遥感红外辐射通道,包括 7 个具有高灵敏度的可见光辐射通道和 3 个红外大气窗辐射通道,能获取全球,全天候,三维,多光谱的卫星遥感资料(表 1)。可见光遥感红外扫描辐射计的主要功能和目的之一就是通过监测覆盖全球的云量,确定全球云层的高度、类型和相位的状态,探测全球海洋的表面温度,监测海洋植被的正常生长状态和其类型,监测全球高温下的火山热点,识别全球地表的积雪,探测全球海水的颜色等。

Table 1. Spectral features of visible infrared scanning radiometer

表 1. 可见光红外扫描辐射计光谱特征

通道	波段范围(μm)	噪声等效反射率 ρ (%)噪声等效温差(300 k)	动态范围(ρ 或 k)
1	0.58 \sim 0.68	0.1%	0% \sim 100%
2	0.84 \sim 0.89	0.1%	0% \sim 100%
3	3.55 \sim 3.93	0.3 k	180 k \sim 350 k
4	10.3 \sim 11.3	0.2 k	180 k \sim 330 k
5	11.5 \sim 12.5	0.2 k	180 k \sim 330 k

Continued

6	1.55~1.64	0.15%	0%~90%
7	1.43~0.48	0.05%	0%~50%
8	0.48~0.53	0.05%	0%~50%
9	0.53~0.58	0.05%	0%~50%
10	0.325~1.395	0.19%	0%~90%

高温热源在中红外通道混合像元也就是第三通道，引起亮温急速升高的特点可知。判断火点的条件不是中红外通道值本身。而是中红外亮温通道值和其背景亮温的差异。如荒漠地区亮温高达 330 k，可能不是火点。

通过日常火点观测经验以及人工火场同步实验结果得知：当中红外通道亮温值与背景亮温相差 8 k 且中红外与远红外亮温差异大于背景的中红外和远红外亮温差异 8 以上时。一般可以认定为是由明火引发的异常增温。判别条件为[16]：

$$T_3 - T_{3bg} > 8 \quad \text{and} \quad (T_3 - T_4) - (T_{3bg} - T_{4bg}) > 8 \quad (1)$$

T_3, T_4 为判识像元中红亮温值和远红外亮温值, T_{3bg}, T_{4bg} 为背景中红外亮温值和背景远红外亮温值。

为保证其精确度在背景亮温计算是应该除去云像元，水体，以及疑似火点像元的影响。即在计算平均温度前将邻域中的水体，云以及疑似火点排除。仅使用晴空条件下像元做计算。云的判识[16]：

$$T_1 \geq 20 \quad \text{and} \quad T_4 \leq 275 \quad (2)$$

水体的判识[16]：

$$0 \leq T_2 \leq 14 \quad (3)$$

疑似火点像元的判识[16]：

$$T_3 - T_{3a} > 8 \quad \text{and} \quad (T_3 - T_4) - (T_{3a} - T_{4a}) > 8 \quad (4)$$

其中 T_1 判识像元可见光通道值, T_2 为判识像元近红外亮温值, T_{3a}, T_{4a} 为邻域内排除云区、水体像元后, 亮温小于 315 k 的通道 3、通道 4 的平均值。

在排除这些条件下云，水体，疑似火点的条件在第三通道值上的异常增温就是火点。

3. 火点监测分析

3.1. 泸州近十年火点监测结果

图 1 表示通过风云卫星数据计算的各个地区近十年来火灾发生情况。泸州市在 2011~2020 年期间发生火灾 73 次，明火覆盖面积达到 12.64 公顷。其中合江县火灾发生最为严重达到 27 次，占近十年总火灾次数的 36.9%。合江县总明火覆盖面积达到 2.35 公顷。其次为泸县地区，火灾发生次数达到 18 次，占近十年总火灾次数的 24.6%。其中泸州市市辖区发生火灾次数最少。

图 2 表明 2011~2020 年泸州市每月发生火灾次数。泸州市 7 月是最容易发生火灾的月份，在 2011~2020 年期间，仅 7 月份就发生火灾 24 次占总近十年总火灾次数的 32.9%。八月份发生火灾 11 次占近十年总火灾次数的 15%。因为七八月份是泸州市最热的时候，天干物燥，容易引发自然灾害。七月份的日均最高气温达到 33℃，日均最低气温达到 25℃，日平均气温 29℃，日最高气温能达到 42℃。八月份的日均最高气温达到 33℃，日均最低气温达到 24℃，日平均气温 28℃，日最高气温能达到 43℃。在七八月份泸州少雨，火灾容易发生。1 月和 12 月天气寒冷多雨，不容易发生火灾。

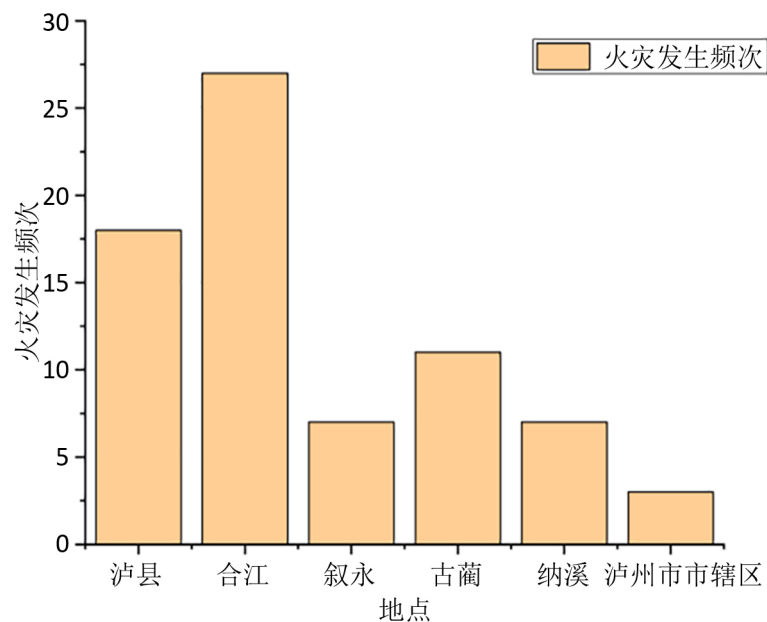


Figure 1. The fire frequency chart of various regions in Luzhou city from 2011 to 2020

图 1. 泸州市各地区 2011~2020 年火灾发生频次图

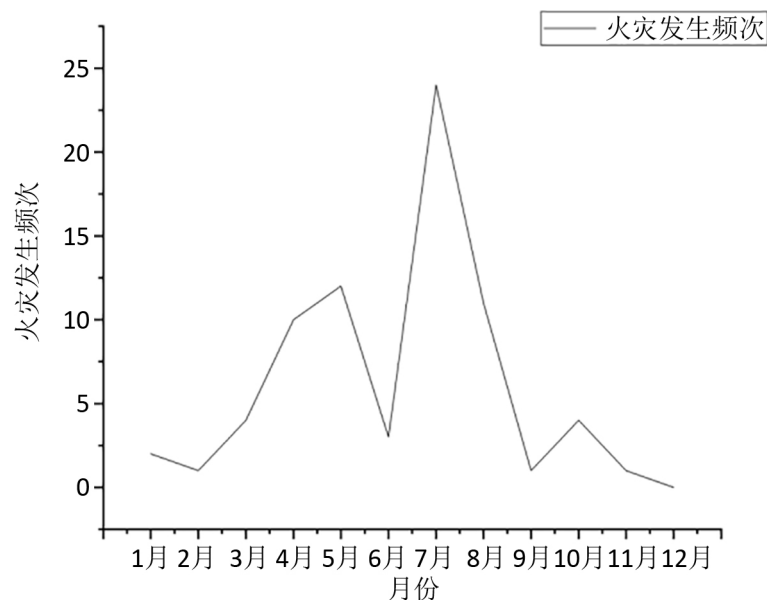


Figure 2. Chart of monthly fire incidents in Luzhou city from 2011 to 2020

图 2. 2011~2020 年泸州市每月发生火灾次数图

图 3 是泸州市 2011~2020 年每年火灾频次图。2011~2020 年泸州市不同年份的森林火灾数量。火灾数量自 2011 年来总体处于先下降后上升的趋势，且火灾在 2015 年处在事故数量的最高峰。2015 年的火灾发生明显高于近十年的平均。分析其原因 2015 年的四川平均气温处于近十年的小峰值。2008 年泸州市从 2008 年开始就启动创建国家森林城市的工作，把创建国家森林城市作为建设城市森林的主要载体，在 2011 年泸州被命名为“国家森林城市”。更加加强对泸州市火灾的监控和预警。近十年来泸州市火灾发生次数总体上呈现下降趋势。在 2015 年期间达到峰值，发生火灾次数最多达到 14 起，2016 年最少达 2 起。

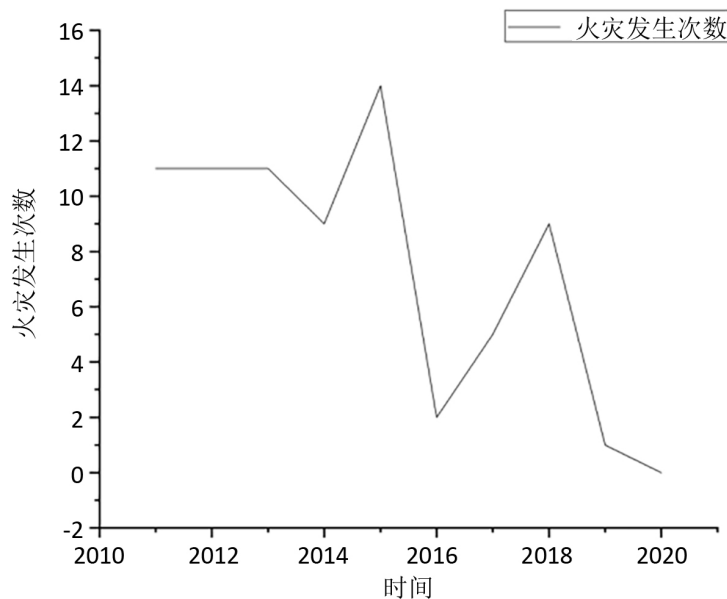


Figure 3. Annual fire frequency chart of Luzhou city from 2011 to 2020
图 3. 泸州市 2011~2020 年每年火灾频次图

3.2. 泸州市近十年受灾面积分析

图 4 是近十年泸州火灾受灾面积图。对 2011~2019 年期间泸州市森林火灾事故中火场总面积的数据进行分析，计算涉火总面积与受灾害的森林面积的比重，从而分析在具体火灾发生年份里森林火灾的严重程度。从图 4 中可以看出火场面积在 2013 年达到最高总体都是呈下降趋势，但也有起伏波动的状态，2013 年泸州市火场总面积一度达到约 6.1 公顷，是近 10 年火灾面积的最高点，随后 4 年里，即 2014~2019 年间，火场总面积处在急速下减状态，2016 年火场总面积为近 10 年最低值 0.14 万公顷，相比 2013 年下降幅度高达 97.7%。

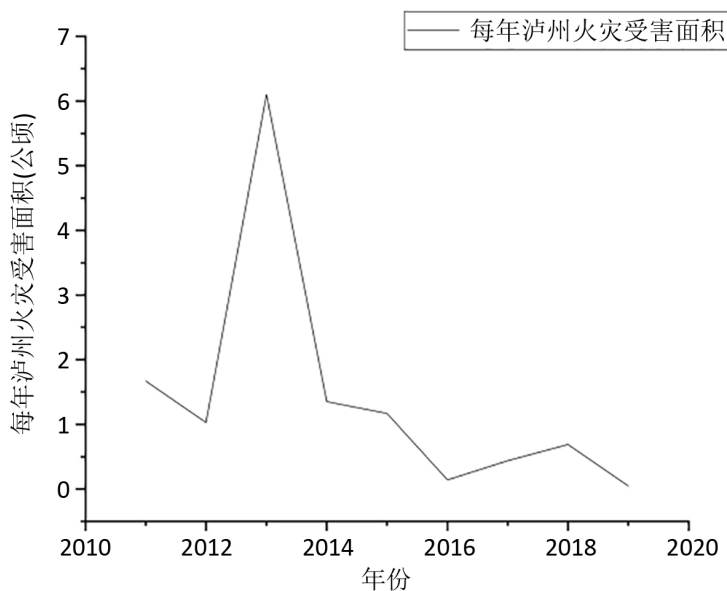


Figure 4. A map of the area affected by fire in Luzhou city in recent ten years
图 4. 近十年泸州火灾受害面积图

图 5 是泸州市各个地区的火灾受害面积图中，我们可以看出受灾面积最严重的泸县地区，在 2011~2019 年间受灾面积达到 7.02 公顷。最小的是泸州市辖区，受灾面积仅有 0.14 公顷。

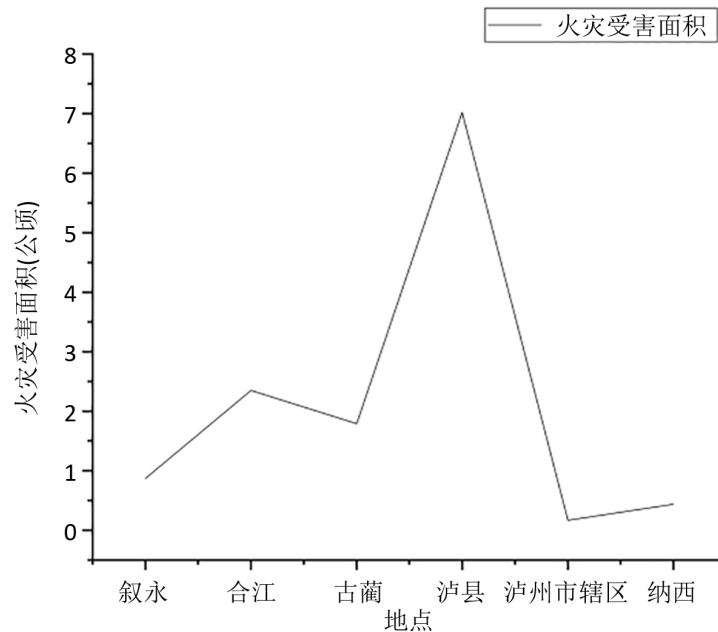


Figure 5. Fire damage area map of each district in Luzhou city
图 5. 泸州市各个地区的火灾受害面积图

3.3. 泸州市火灾地理位置分析

图 6 是近十年的火点时空分布图，我们可以看出泸州市火灾发生的主要区域 28.7N~29N，105.2E~105.9E。这些区域正好是泸州市多植被区域如图 7。泸州市在夏季高温少雨，在植被区域，天气干燥，湿度低太阳光强烈，很容易就引发了森林火灾。

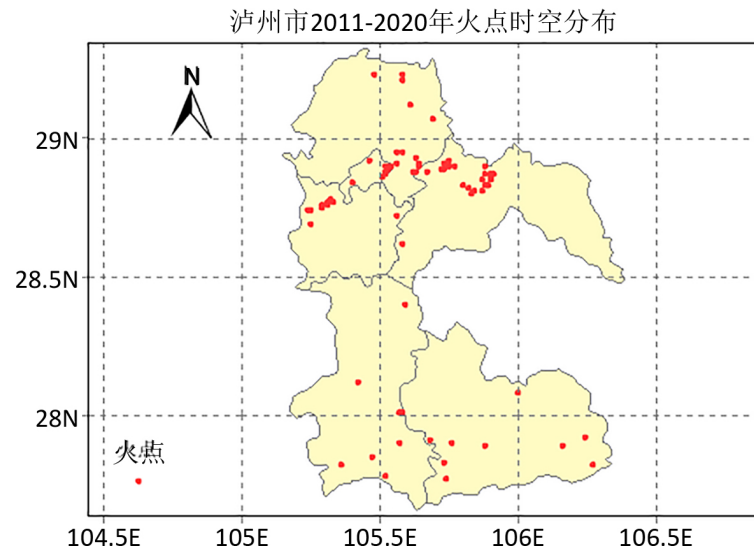


Figure 6. The temporal and spatial distribution map of fire points in Luzhou city from 2011 to 2020
图 6. 泸州市 2011~2020 火点时空分布图

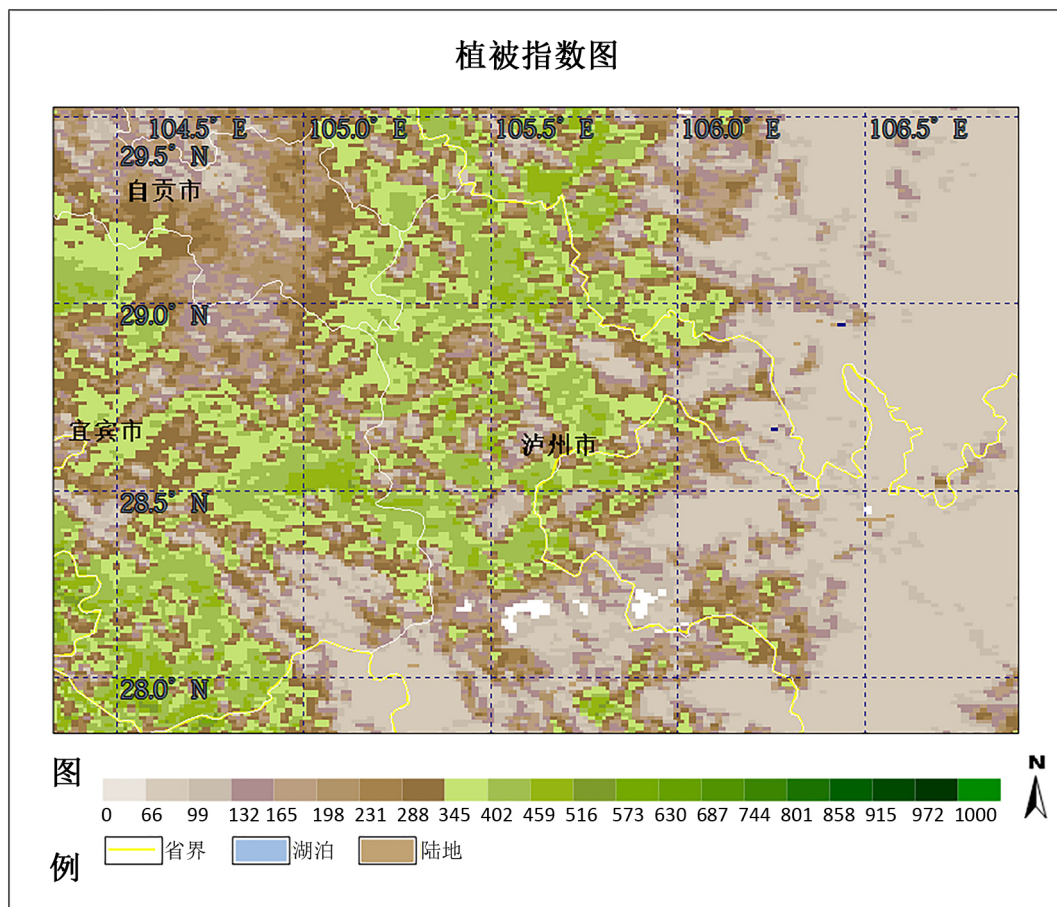


Figure 7. NDVI vegetation index map of Luzhou city
图 7. 泸州市 NDVI 植被指数图

4. 结论

本文以泸州市 2011~2020 年的风云系列卫星数据为基础，利用固定阈值法，排除疑似火点，云体，水体等干扰，对泸州市近十年火点进行分析，对各地区，各月份的火灾发生情况进行总结，并结合地理区域、气候条件、重点分析了泸州市的林火频发地区。从这些年森林火灾统计数据得出：

- 1) 泸州市的森林火灾事故无论是在发生规模还是对人员和财产的伤害上都有少量波动，但是总体上都是呈下降趋势。但合江县的森林火灾发生率仍是较高。这与其所处地理位置以及环境因素有关，合江县植被覆盖面积较高，夏季干燥少雨。当地居住环境与林木相邻，使用明火数量较多。
- 2) 泸县在近十年的火灾发生频次不多，但受灾面积居泸州市第一。
- 3) 对泸州市近十年火灾分布的月份进行分析得出：泸州市火灾高发期主要是在 4，5 月和 7 月。祭祀用火导致的火灾常发生在 4，5 月份。7 月份是泸州市的高温时期，高温少雨。植被区域，天气干燥，湿度低，太阳光强烈，很容易就引发了森林火灾。
- 4) 泸州市火灾发生的主要区域在 28.7N~29N，105.2E~105.9E。这是泸州市的多植被区。

基金项目

基于风云气象卫星的泸州市森林火灾监测与火险预警技术研究。

参考文献

- [1] 郑海青, 张春桂, 陈家金. 气象卫星遥感预警福建省森林火灾[J]. 气象科技, 2003(3): 190-192.
- [2] 郑海青, 陈敬平, 张星. 福建省森林火险天气等级预报系统[J]. 气象, 2001, 27(4): 30-35.
- [3] 李洪双, 江西军. 卫星林火监测在东北林区森林防火中的应用[J]. 森林防火, 2010(1): 39-41.
- [4] 陈波. 基于 MODIS 数据的云南省森林火灾时空分布及火险区划研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2018.
- [5] 高振. 基于 MSP430 的森林火险监测技术的研究与开发[D]: [硕士学位论文]. 长春: 长春工业大学, 2012.
- [6] 储昌超. 基于信息扩散理论的区域森林火灾风险预测研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2014.
- [7] 汪圣洪, 周长志, 赵仕慧. 基于 GIS 的花溪森林火险等级预报系统研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(16): 5302-5304.
- [8] 彭光雄, 陈云浩, 李京, Norizan Abdul Patah. 结合遥感和气象数据的森林火险监测研究——以马来西亚半岛为例[J]. 地球信息科学, 2007, 9(5): 99-104.
- [9] 苏力华, 楼玫娟, 肖金香, 冯敏玉, 王保生. 气象卫星遥感监测在森林防火中的应用[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(11): 85-88.
- [10] 萨如拉, 周庆, 刘鑫晔, 李靖, 于宏洲, 代海燕, 张秋良, 张恒. 1980-2015 年内蒙古森林火灾的时空动态[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(2): 137-143.
- [11] 张恒, 马运佳, 彭徐剑, 张秋良. 2003-2016 年中国华北地区森林火灾时空特征研究[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(1): 163-169.
- [12] 刘强, 单延龙, 于淑香, 王大宁, 孙素芹. 不同时间尺度下吉林省森林火灾发生规律[J]. 东北林业大学学报, 2017, 45(12): 44-47.
- [13] 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+62.
- [14] 刘玉英, 石大明, 胡轶鑫. 吉林省春秋季节林火气象指数的建立及其变化特征[J]. 暴雨灾害, 2013, 32(1): 77-82.
- [15] 田晓瑞, 代玄, 王明玉, 赵凤君, 舒立福. 多气候情景下中国森林火灾风险评估[J]. 应用生态学报, 2016, 27(3): 769-776.
- [16] 韩秀珍. 卫星监测分析与遥感应用系统(SMART) [P]. 中国专利, 2013-06-14.