

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2024.01.033

基于 Landsat 8 遥感数据的森林火灾过火面积估算

——以贵州毕节市赫章县“3·18”火灾为例

董奎¹, 董平², 陈兰³

(1. 毕节市天然林资源保护中心, 贵州 毕节 551700; 2. 四川山海图农林科技有限公司, 四川 成都 610081;
3. 毕节市林业调查规划设计院, 贵州 毕节 551700)

摘要:以贵州省毕节市赫章县 2021 年 3 月 18 日较大森林火灾为例, 利用火灾前后 Landsat 8 遥感数据及 ENVI 遥感数据处理分析软件, 通过图像预处理、计算归一化植被指数和燃烧面积指数等方法, 提取森林火灾过火区域, 计算过火面积。结果表明, 利用 Landsat 8 数据能够较好地提取森林火灾过火区域, 过火面积估算准确率达 96.2%。

关键词: Landsat 8 遥感数据; 森林火灾; 过火面积; 归一化植被指数; 燃烧面积指数

中图分类号: S762.31; S711.8 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2024)01-0187-05

引文格式: 董奎, 董平, 陈兰. 基于 Landsat 8 遥感数据的森林火灾过火面积估算——以贵州毕节市赫章县“3·18”火灾为例[J]. 林业调查规划, 2024, 49(1): 187-191. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2024.01.033

DONG Kui, DONG Ping, CHEN Lan. Estimation of Forest Fire Burned Area Based on Landsat 8 Remote Sensing Data——A Case Study of “3·18” Forest Fire in Hezhang County, Bijie City, Guizhou Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2024, 49(1): 187-191. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2024.01.033

Estimation of Forest Fire Burned Area Based on Landsat 8 Remote Sensing Data

——A Case Study of “3·18” Forest Fire in Hezhang County,
Bijie City, Guizhou Province

DONG Kui¹, DONG Ping², CHEN Lan³

(1. Bijie Center of Natural Forest Resources Protection, Bijie, Guizhou 551700, China;
2. Sichuan Shanhaitu Agriculture and Forestry Technology Co., Ltd., Chengdu 610081, China;
3. Bijie Institute of Forestry Inventory and Planning, Bijie, Guizhou 551700, China)

Abstract: Taking the forest fire in Hezhang County, Bijie City, Guizhou Province on March 18, 2021 as an example, this paper used Landsat 8 remote sensing data, and remote sensing data processing and analysis software (ENVI), to extract and calculate the burned area based on image preprocessing, calculation of normalized vegetation index and burned area index. The results showed that the burned area of forest fire could be extracted well by using Landsat 8 data, and the accuracy of burned area was 96.2%.

Key words: Landsat 8 remote sensing data; forest fire; burned area; normalized vegetation index; burned area index

收稿日期: 2022-08-23.

第一作者: 董奎 (1990-), 男, 贵州织金人, 工程师. 主要从事林业调查规划工作. Email: 296940506@qq.com

责任作者: 陈兰 (1998-), 女, 贵州安顺人, 硕士研究生. 主要从事林业调查工作.

森林资源是陆地生态系统的重要组成部分,对全球和区域生态环境及地理气候有着重要意义。由于自然及人为等因素的影响,森林火灾时有发生,且呈逐年增加趋势^[1],对生态环境和人类生命财产安全造成严重威胁^[2]。如何有效预防森林火灾,减少森林火灾对生态安全和生命财产的威胁,对改善和保护生态环境,促进社会经济发展具有重要意义。近年来,随着地理信息系统(GIS)、遥感技术(RS)及全球定位系统(GPS)技术(统称“3S”技术)的逐步成熟和快速发展,森林火灾监测和预防从传统地面调查上升至天地一体结合,监测精度大幅提高,特别是遥感技术因其具有时空分辨率高、覆盖面广、成本低等优点,已被广泛应用于森林火灾监测和灾后评估中,成为大面积森林火灾监测与过火面积估算的重要手段^[3-4]。利用低空间分辨率气象卫星 NOAA/AVHRR 数据^[5-6]、中空间分辨率陆地卫星 MODIS 及国产环境卫星 HJ-1B 数据^[7]、高空间分辨率卫星 Landsat 系列数据^[8-9]进行的火灾监测研究取得了较好成果。以贵州省毕节市赫章县“3·18”森林火灾为例,使用最新的高空间分辨率 Landsat 8 遥感数据,利用 ENVI 软件对遥感数据进行处理和分析,对比火灾前后遥感影像,对此次森林火灾过火区域进行分析,并测算过火面积。

1 研究区域及遥感数据

1.1 研究区域

赫章县位于贵州省西北部、毕节市西部,地处乌江北源六冲河和南源三岔河上游的滇东高原向黔中山地丘陵过渡的乌蒙山区倾斜地带,介于东经 104°10'28"~105°01'23",北纬 26°46'12"~27°28'18",东西长 85.276 km,南北宽 77.696 km,土地面积 3 250 km²。境内最高海拔 2 900.6 m(贵州屋脊小韭菜坪),最低海拔 1 230 m,平均海拔 1 996 m。赫章县森林资源丰富,全县森林覆盖率达 58.32%,荣获“贵州省森林城市”称号,境内有夜郎国家森林公园、阿西里西景区、平山及水塘国有林场等重要生态区分布。

赫章县“3·18”森林火灾发生于 2021 年 3 月 18 日 16 时,起火地点位于可乐乡农场村顺山组后山上,过火区域主要为灌木林和乔木林,火灾发生后,市、县林业、应急、公安等部门及当地政府及时组织扑救,火灾于 3 月 19 日下午扑灭,无人员伤亡。

1.2 遥感数据

2013 年 2 月 11 日,美国 NASA 成功发射 Landsat

系列最新卫星 Landsat 8,该卫星携带 OLI 陆地成像仪和 TIRS 热红外传感器。OLI 陆地成像仪包括 9 个波段,成像宽幅为 185 km×185 km,空间分辨率为 30 m,其中包含 1 个全色波段,空间分辨率为 15 m,OLI 包括 ETM+传感器所有波段,同时为了避免大气吸收特征,OLI 对波段进行了重新调整,调整较大的是 OLI Band5(0.845~0.885 μm),排除 0.825 μm 处水汽吸收特征。此外,还增加了 2 个新波段:蓝色波段(0.433~0.453 μm)主要应用于海岸带观测,短波红外波段(1.36~1.39 μm)包括水汽强吸收特征可用于云检测;TIRS 热红外传感器包括 2 个单独的热红外波段,空间分布率为 100 m。

查询得到研究区火灾前后卫星过境数据仅有火灾发生当日及之后 3 月 25 日数据,因此本次研究选取的火灾发生前后 Landsat 8 影像,分别是 3 月 18 日(成像时间为北京时间 11:27)和 3 月 25 日(成像时间为北京时间 11:33)数据,数据来源于中国科学院空天信息创新研究院对地观测数据共享平台(<http://ids.ceode.ac.cn/index.aspx>)。

2 研究方法

健康绿色植物的光谱特性主要取决于其叶片,由于叶绿素的吸收作用,使植物在以 0.5 μm 为中心的蓝光波段和以 0.67 μm 为中心的红光波段有吸收谷,而在 0.75 μm 附近的近红外波段内反射率迅速增加,至 1.1 μm 内反射率达峰值,形成了植被独特的光谱反射特征^[10-11]。而在中红外波段(1.3~2.5 μm),植被对光谱的吸收率增加,反射率大大下降,特别是在水的吸收带形成低谷^[12]。因此,可以通过研究区域地物反射率变化来研究其植被覆盖情况变化,森林火灾发生时,植被物理化学性质就会发生变化,这种改变可以判别森林发生火灾的区域及其蔓延趋势,从而实现利用遥感信息监测森林火灾,并且在火灾发生后还可以根据图像的变化情况对森林受灾面积进行统计分析。在林火遥感研究领域,常用的有归一化植被指数(NDVI)、燃烧面积指数(BAI)、归一化燃烧指数(NBR)等。根据以往研究,结合此次过火区域提取研究重点,选取 NDVI 和 BAI 进行目标提取和统计计算。

2.1 遥感数据处理

由于研究使用的 Landsat 8 数据为 1 级产品,提取火灾信息前需经过预处理,主要包括打开数据、可见光及近红外数据辐射定标、大气校正、植被指数计算等。

2.1.1 辐射定标

利用 ENVI5.3 软件中辐射定标工具 (ToolBox/Radiometric Correction/Radiometric Calibration) 分别对两期影像可见光-近红外数据进行辐射定标, 为方便后续大气校正, 将数据定标为辐射亮度值 (radiance)。

2.1.2 大气校正

为有效地去除水蒸气、气溶胶散射效应等影响, 需对数据进行大气校正, 本文采用 FLAASH 大气校正模型进行校正。利用 ENVI5.3 大气校正工具 (ToolBox/Radiometric Correction/Atmospheric Correction Module/FLAASH Atmospheric Correction) 对辐射定标后数据进行大气校正, 将大气表观反射率校正为地表反射率。

2.1.3 植被指数计算

根据归一化植被指数和燃烧指数计算公式, 利用 ENVI5.3 波段计算工具 (ToolBox/Band Algebra/Band Math) 或直接使用植被指数计算工具 (ToolBox/Band Algebra/Spectral Indices) 进行计算, 得到两期影像 NDVI 和 BAI。

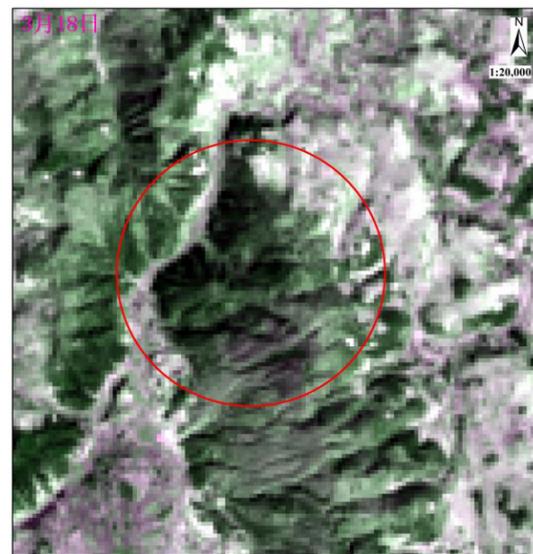
2.2 过火区域提取及面积估算

利用波段组合显示、计算 NDVI 和 BAI 等方式, 提取森林 (植被) 区域过火区域。植被覆盖区域 NDVI 通常高于 0, 利用该条件判别植被和非植被区, 以减少其他因素对提取结果的干扰, 再利用火灾前后 NDVI 差值图像进行二次判别, 最后利用燃烧面积指数 BAI 差值进行阈值判断, 得出最终过火区域。

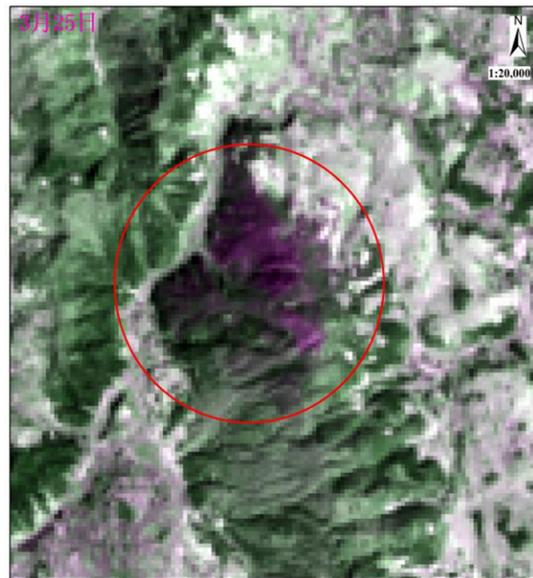
3 研究结果

热红外数据可以监测火灾等自然灾害引发的热突变, 对于 Landsat 8 数据来说, 长波红外 (LWIR) 可以检测到热点信息, 并能区分高空冷云和燃烧烟雾, 而短波红外 (SWIR) 可以穿透雾霾和烟雾, 所以, 利用短波红外影像可以穿透烟雾分析活跃的森林火点和识别火点。在 ENVI 软件中, 使用短波红外数据组合 ($R = SWIR2, G = SWIR1, B = SWIR2$) 形成假彩色合成图像 (图 1), 可以明显看出, 3 月 25 日图像上粉红色区域能较好显示火烧位置及大致范围。

计算火灾前后两期影像的 NDVI (图 2), 对比分析发现, 3 月 18 日上午火灾未发生, 研究火点区 NDVI 值指数较高 (图像较亮), 植被覆盖较好, 火灾发生后, 在 3 月 25 日 NDVI 图像上看出, 燃烧区域 NDVI 值下降 (较暗)。统计前后两期 NDVI 影像最



(a)



(b)

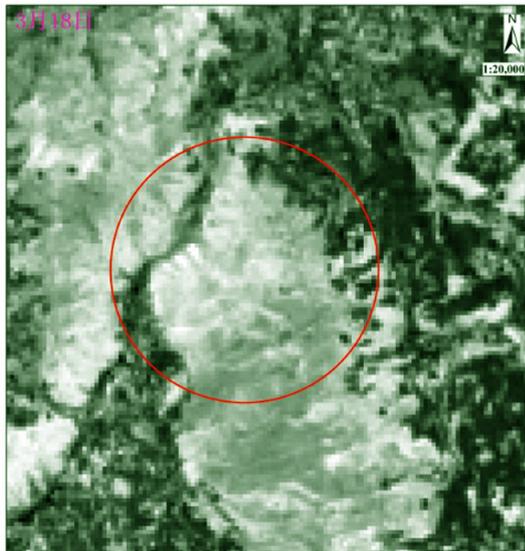
图 1 研究区 3 月 18 日 (a) 和 3 月 25 日 (b) Landsat 8 假彩色合成图像

Fig. 1 Landsat 8 false color composite image on March 18th (a) and March 25th (b) in the research area

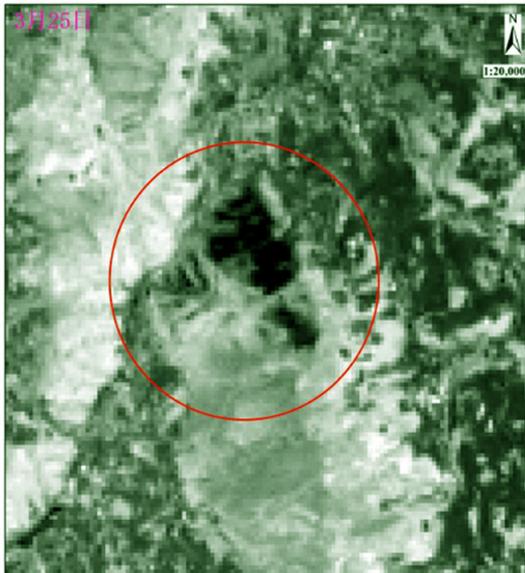
大值、最小值、平均值及标准差等特征值, 火灾发生后归一化植被指数 NDVI 特征值发生明显变化, 火灾发生前高于火灾发生后 (表 1)。

通过波段组合和归一化植被指数计算, 能定性描述此次火灾发生情况, 为进一步排除其他因素对灾前灾后影像突变的影响, 需进一步计算影像燃烧面积指数 BAI (图 3)。

利用 ENVI 软件像素查看器分析火灾前后燃烧指数值 (Data 值) 发现, 3 月 25 日燃烧面积指数明显



(a)



(b)

图 2 研究区 3 月 18 日 (a) 和 3 月 25 日 (b) NDVI 影像

Fig. 2 NDVI images of the research area on March 18th (a) and March 25th (b)

表 1 研究区火灾前后 NDVI 特征值统计

Tab. 1 NDVI characteristic values before and after fire in the research area

时间	最小值	最大值	平均值	标准差
火灾前(18日)	0.09272	0.95213	0.53002	0.16993
火灾后(25日)	0.03552	0.54427	0.30964	0.10752

高于 3 月 18 日 (图 3 十字光标位置), 说明燃烧区域明显, 采用 BAI 能较好表征燃烧区域。

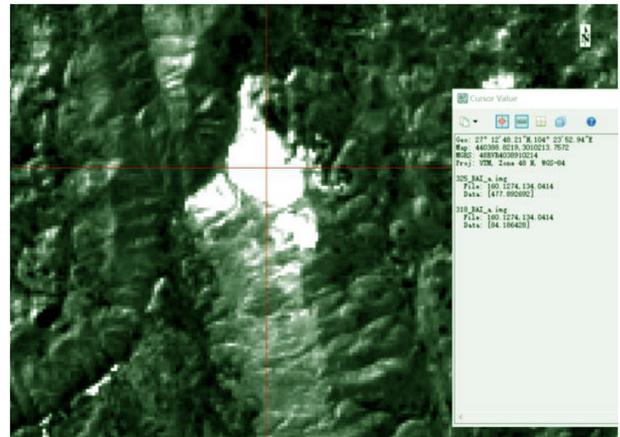


图 3 火灾前后 BAI 像素值对比

Fig. 3 Comparison of BAI pixel values before and after fire

然而, 从 BAI 图像上发现, 存在非植被区域产生热突变现象 (BAI 较高), 这可能是 3 月 25 日影像部分区域云覆盖率较高以及非植被区热源影响, 需进一步结合 NDVI 和 BAI 对真实燃烧区域 (过火区域) 进行识别提取。采用图像差值法及阈值法进行变化检测, 即通过火灾发生前 3 月 18 日 NDVI 值 (高于 0 代表植被区) 将非植被区剔除, 再对植被区 NDVI 进行差值计算 (差值高于 0 即为突变), 进一步排除干扰, 最后对筛选后的区域 BAI 进行差值计算, 得出真实过火区域 (图 4)。

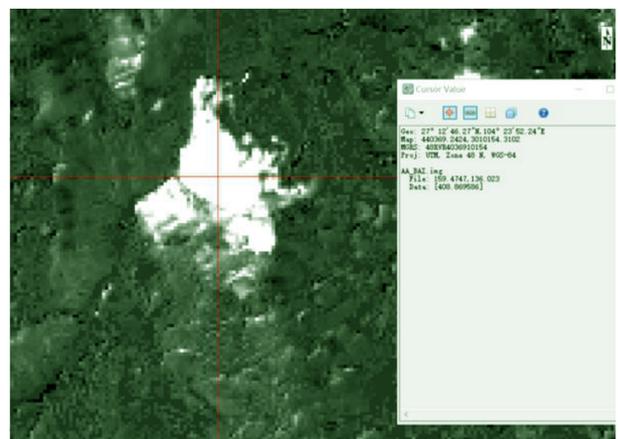


图 4 BAI 差值

Fig. 4 Difference of burned area indexes

由 BAI 差值图可以看出, 燃烧区和非燃烧区 BAI 差异明显。采用 BAI 阈值法进行过火区域像素提取, 经过不断尝试, 最终设定 150 为 BAI 差值图像判别阈值, DN 值高于 150 即为燃烧区, 低于 150 则

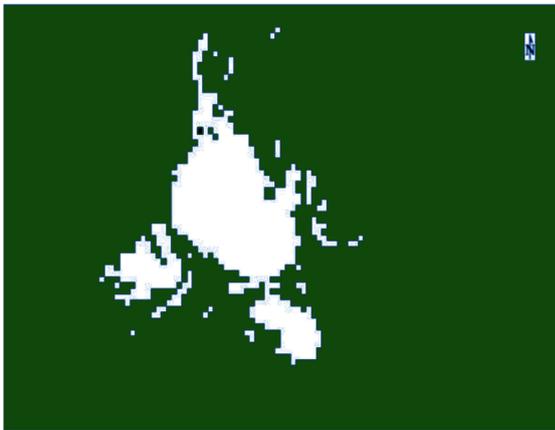


图 5 BAI 阈值提取结果

Fig. 5 Extraction results of burned area index threshold

为背景值,通过波段计算得出阈值提取结果(图 5)。

利用 ENVI 软件将燃烧区域栅格转换矢量数据,导入 ArcGIS 软件中进行制图和面积统计(图 6)。计算过火区域矢量数据面积为 69.21 hm^2 ,根据此次火灾事故现地调查报告,地面调查过火面积为 66.7 hm^2 ,二者相差 2.51 hm^2 ,遥感估算准确率为 96.2% 。

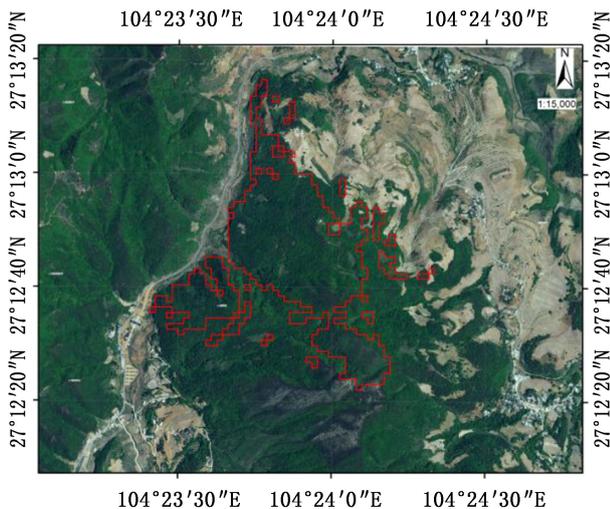


图 6 提取结果叠加天地图影像

Fig. 6 Extraction results overlaid with sky map images

4 结 论

利用火灾前后 Landsat 8 数据,通过图像预处理、计算归一化植被指数和燃烧面积指数、设定阈值等方法,提取了赫章县“3·18”森林火灾过火区域,

估算了过火面积。研究发现,利用 Landsat 8 数据计算归一化植被指数和燃烧面积指数能较好表征森林火灾发生情况,可用于灾后损失评估。经过计算,最终得出基于 Landsat 8 遥感数据的估算面积为 69.21 hm^2 ,地面实测过火面积为 66.7 hm^2 ,二者相差 2.51 hm^2 ,遥感估算准确率高达 96.2% ,估算精度较高,可满足实际工作需要。误差来源可能是遥感数据空间分辨率限制(Landsat 8 数据为 30 m)及数据质量影响,同时,在我国西南山区云雾天气较多的情况下,较高云覆盖对遥感数据质量的影响会使估算结果产生偏差。

参考文献:

- [1] 饶月明,王川,黄华国. 联合多源遥感数据监测四川木里县森林火灾[J]. 遥感学报,2020,24(5):559-570.
- [2] 萨如拉,周庆,刘鑫晔,等. 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.
- [3] 莫伟华,马轮基,何立,等. 基于 GIS 的广西卫星遥感林火监测系统介绍[J]. 广西气象,2001,22(3):56-57.
- [4] 唐尧,王立娟,赵娟,等. 基于遥感技术的“3·28”四川木里森林火灾应急灾情监测[J]. 国土资源信息化,2021(1):12-18.
- [5] 卿清涛. NOAA/AVHRR 遥感监测森林火灾的准确性研究[J]. 四川气象,2004(4):30-32.
- [6] 张顺谦,郭海燕,卿清涛. 利用遥感监测亚像元分解遗传算法估算森林火灾面积[J]. 中国农业气象,2007,28(2):198-200.
- [7] 付迎春,速云中,钟小君. 基于 MODIS 遥感影像的森林火灾火点检测方法[J]. 华南师范大学学报(自然科学版),2008(3):112-118.
- [8] 张兵,韦锐,宋昆仑,等. 基于 TM8 遥感影像的森林火灾监测与过火面积测算[J]. 矿山测量,2015(3):75-84.
- [9] 郑江杰,王有志,穆振娟,等. 基于遥感数据的林火监测与过火面积估算方法研究[J]. 价值工程,2017,36(12):219-222.
- [10] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [11] 游先禅. 遥感原理及在资源环境中的应用[M]. 北京:中国林业出版社,2003.
- [12] 武永峰,李茂松,宋吉青. 植物物候遥感监测研究进展[J]. 气象与环境学报,2008,24(3):51-58.

责任编辑:杨竣熔