

注：山东省农业科技资金项目（No. 2019LY004）

摘要：利用 RS 和 GIS 技术，依据 Landsat8 OLI 遥感数据和泰山森林调查数据，选择影响泰山森林火险区划等级划分的森林火险指标因子、季节变化、树种燃烧性以及植被覆盖度因素进行综合分析研究，划分泰山森林火险区划等级。本文重点研究分析了森林火险区域内坡度、坡向、植被覆盖度、树种燃烧性因素，确定各因素森林火险区划权重，量化出泰山森林火险区划等级，为泰山森林火灾防控提供依据。

关键词：森林火险区划等级；Landsat 8；指标因子；增强植被指数

中图分类号：S762.3+1

文献标识码：A

文章编号：1006-883X(2020)10-0017-05

收稿日期：2020-08-07

基于 Landsat 8 的泰山森林火险区划等级研究

段建国 李欣泽 吴兵 姜玉峰 马风云 齐建国

山东农业大学，山东泰安 271000

一、引言

森林火灾是一种危险性极大的人为自然灾害，一旦发生，对所在地野生动植物资源、森林生态环境以及人类居住地造成严重威胁和损失。目前，RS 和 GIS 结合的技术因对森林火险区划等级的量化在森林火灾发生前的预防有着及其重要作用而被大多数学者所采纳。杨惠等^[1]利用 RS 和 GIS 技术，运用叠合分析法来研究不同分级的海拔、坡度和坡向区间内 NDVI 值的变化情况，该研究较好的反映出泰山地区地形格局特征以及植被的空间分布；王伟^[2]利用森林资源调查资料以及 GIS，采用综合评价法计算了国家级自然保护区的森林火险指数，并划分不同等级火险区，为预防森林火灾发生提供了参考资料；祝必琴等^[3]利用 RS 和 GIS 相结合技术，基于庐山地区数字高程模型（DEM），采取小网格推算方法进行整体插值，最后采用因子加权叠置法整合所有单因子专题图，生成庐山森林火险区，其研究较为综合的反映了庐山森林火险区划，对森林火灾的预防起到积极的借鉴作用。泰山是世界自然和文化双遗产，森林防火尤为重要，

本文通过量化泰山森林火险区划等级对泰山森林可持续发展有着积极意义。

二、研究区概况

泰山位于山东省中部，隶属于泰安市泰山区，地理坐标介于东经 116°03'~117°13'，北纬 36°05'~36°20'，南北长约 28 公里，东西宽约 24 公里。泰山地区属于大陆性暖温带季风气候，降水量较为充沛，四季表现为：春季较干燥且多风，夏季呈高温多雨，秋季呈温和凉爽，冬季干燥寒冷的特点。多年平均气温 13.2℃。泰山地区地形起伏较大，海拔均在 200m 以上，而最高海拔为 1532.7m，为山东省第一高峰。泰山植被覆盖程度较好，植被覆盖率达 90% 以上，森林的覆盖率也达 80% 以上，其中森林中最主要的树种类型为油松针阔林和侧柏针阔林两种。

1、数据来源

泰山遥感图像来源于天地图以及地理空间数据云，下载 2014 年 3 月（初春）、12 月（秋冬）两期 Landsat8 OLI 传感器的遥感影像，影像空间分辨

率为 30m，该时段遥感影像质量良好，每幅影像云量均符合项目要求，采用 WGS-84 投影坐标系，数据产品已经过系统几何校正。从泰山景区管理委员会获取森林资源调查建档矢量数据，处理合成泰山地区的 DEM，以及解译的泰山范围内（不含灵岩寺、长城岭等）的林斑优势树种数据。

2、数据处理

(1) 利用 ENVI 对泰山 DEM 进行相关坡度坡向处理，获取相对应的数字图像和有关信息；

(2) 对泰山地区原始遥感影像进行辐射定标和大气校正，去除地物反射的干扰，并对遥感影像进行融合、镶嵌、裁剪等处理，获得泰山不同时期地区增强植被指数图像；

(3) 基于 ArcGIS，对相应树种数据按一定标准划分为树分，并进行重分类、裁剪等处理，得到泰山树种燃烧性等级量化图像；

(4) 最后采用因子加权叠置综合分析法，根据专家意见与相关文献确定各指标因子权重，最终获得泰山不同月份的森林火险区划等级图像和数据表。

3、研究方法

在植被指数获取方面，采用的比值指数法通常有以下几种：归一化植被指数（NDVI）、比值植被指数（RVI）、增强植被指（EVI）等，经综合分析它们各自适应性范围以及适合本研究的前提之下后，本研究选用“增强植被指数法（EVI）”进行研究。

增强植被指数 EVI 可以通过加入蓝色波段增强植被信号，极大地提高信号的利用率，且能更有效地矫正和解决土壤背景和大气气溶胶对茂密植被的影响，计算公式如下：

$$EVI = \frac{2.5(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{\rho_{NIR} + 6\rho_{RED} - 7.5\rho_{BLUE} + 1.0} \quad (1)$$

其中， ρ_{NIR} —近红外波段的反射率；

ρ_{RED} —红光波段的反射率；

ρ_{BLUE} —蓝光波段的反射率。

EVI 的取值范围在 -1~1 之间，而其中绿色植被区域的范围在 0.2~0.8 之间。

研究泰山地区主要依据 DEM 数据与 Landsat8 遥感影像数据，通过对泰山植被覆盖度、坡度、坡向以

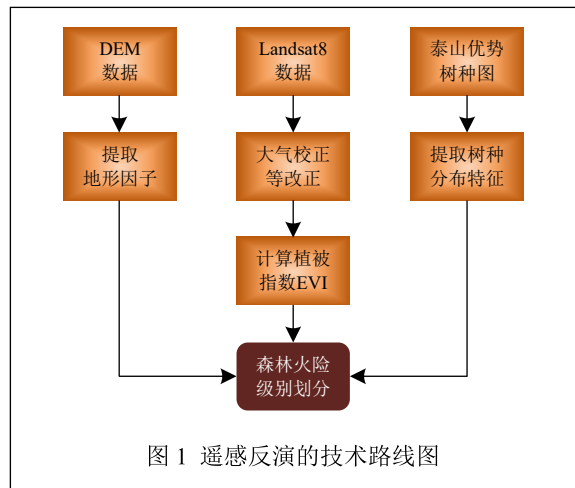


图 1 遥感反演的技术路线图

及泰山优势树种等指标因子进行定量分析，最终利用遥感手段反演出泰山植被状态，按照因子加权叠置综合分析法计算森林火险指数，为最终进行森林火险区划等级划分提供可靠依据，遥感反演的技术路线图如图 1 所示。

三、研究结果与分析

1、森林火险指标因子

(1) 坡度

首先对已有的数字高程信息预处理，再对预处理获得的 DEM 图像进行坡度处理，同时统计分析得到坡度分级占比表，如表 1 所示，从表中得到泰山地区坡度较缓的斜坡和陡坡占据坡度因素的主要部分，占比 70%，而坡度较大的急坡和险坡仅占 20% 左右。

表 1 坡度分级占比表

坡度等级	缓坡	斜坡	陡坡	急坡	险坡
坡度范围 (°)	0~10	10~20	20~30	30~40	>40
百分比 (%)	9.7	31.9	38.1	17.2	3.1

坡度主要影响森林火灾的蔓延，随着坡度增大，辐射热能增加，火焰燃烧时间减少，但火焰高度增高，因此森林火灾蔓延速度也相应加快。如果地面物体易燃性较高的话，危险程度也会随之提高，尤其当坡度达到急坡以上时，在风的作用下，火势加大，加热局部空气，形成对流，那么森林火灾将会造成大面积火灾，但因火焰蔓延速度加快，对植被的燃烧不够充分，

反而森林植被的损失相对降低。从表 1 可知, 研究区林地大多是斜坡和陡坡, 占了总林地面积的 70% 以上, 一旦着火, 森林火灾迅速蔓延, 极易造成大面积的森林火灾, 同时对灾后的救灾和恢复将会造成极大干扰和困难。

(2) 坡向

对预处理获得的 DEM 图像进行坡向处理, 根据坡向角范围划分为半阴坡 (45~90/270~315) (方位角, 下同)、阴坡 (315~45)、半阳坡 (90~135/225~270) 和阳坡 (135~225) 四个坡向等级, 并处理得到坡向量化分级图, 如表 2 所示。

坡向主要是直接影响地面接收太阳辐射广度, 而阳坡、半阳坡的太阳辐射量比阴坡、半阴坡大, 其地面温度高, 空气较为干燥, 且阳坡、半阳坡都是以油松为优势树种的可燃性更高的植被, 在干燥、高温环境中极易引发森林火灾^[4-5]。根据表 2 统计结果呈现阳坡、半阳坡与阴坡、半阴坡的占比基本是 3:2。

(3) 植被指数

对通过 Landsat8 OLI 获取的泰山地区原始遥感图像采取增强植被指数进行处理, 得到不同月份的泰山地区增强植被指数时序图, 如图 2 所示。结合泰山地区相关地形数据与泰山树种分布图像对处理得到的增强植被指数进行划分等级并最终得到 EVI 量化等级表, 如表 3 所示。根据处理后 EVI 数值量化为五个等级, EVI 数值植被覆盖程度最为直接的体现, 同时也方便更为直观的了解不同月份植被覆盖的变化。

从图 2 中可以看出, 不同月份泰山地区植被指数显著变化。分析表 3 数据, 可以看出, 泰山地区春秋冬季植被覆盖程度以植被茂密程度较大的指数等级占比最大, 且增强植被指数等级偏高多集中在泰山四周区域, 尤其是泰山南部区域, 因此这些地区引起森林火灾可能性更大, 需要加大森林火灾防护力度。

(4) 树种燃烧性等级

树种的燃烧性等级是森林火险等级划分的重要组成部分。通过分析树种可燃性, 对研究区内的林分进行燃烧性等级划分, 可归并为低燃烧、

可燃烧、较高燃烧、高燃烧和极高燃烧五种类型。

依据树种组成不同对研究区范围内的林班进行林分划分, 以各类树木的蓄积量为标准, 在各类蓄积量中大于 50% 部分, 确定该区界的林分种类, 若各类蓄积量均小于 50%, 则重新划界, 从而得出泰山研究区的主要林分类型有华山松林、赤松林、黑松林、油松林、侧柏林、栓皮林、刺槐林和麻栎林 8 类。

其中华山松、赤松、黑松、油松和侧柏均为针叶树, 栓皮、刺槐和麻栎为阔叶树, 针叶树是易燃树种, 而阔叶树不易燃, 前者较后者有较高易燃性。利用森林燃烧性评估模型在研究中所分出的森林地表燃烧性评估模型和森林树冠燃烧性模型指数相加即为森林燃烧性指数^[6]。研究结果结合泰山地区优势树种特性, 将泰山的林分燃烧性分为以下几类:

- (1) 低燃烧性: 刺槐林;
- (2) 可燃烧性: 麻栎林;
- (3) 较高燃烧性: 栓皮林;
- (4) 高燃烧性: 侧柏林、油松林;
- (5) 极高燃烧性: 华山松林、赤松林、黑松林。

表 2 坡向分级占比表

坡向类型	半阴坡	阴坡	半阳坡	阳坡
坡向范围 (°)	45~90/270~315	315~45	90~135/225~270	35~225
百分比 (%)	22.9	19.6	30.4	27.1

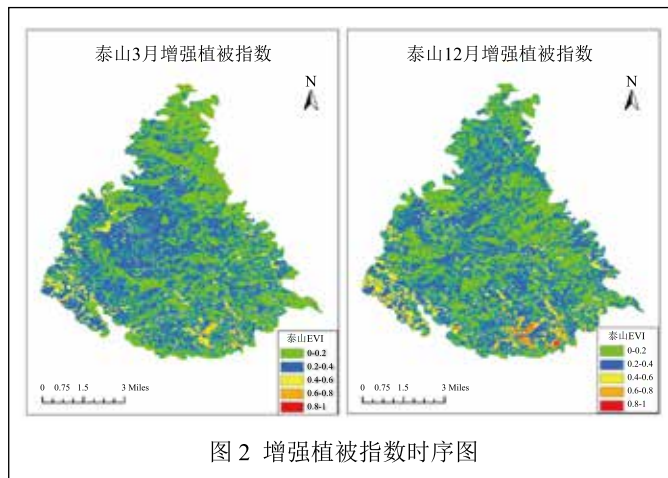


图 2 增强植被指数时序图

表 3 EVI 量化等级表

EVI	<0	0~0.15	0.15~0.3	0.3~0.45	>0.45
植被变化	水体或裸土	植被稀疏	植被较稀疏	植被较密集	植被密集

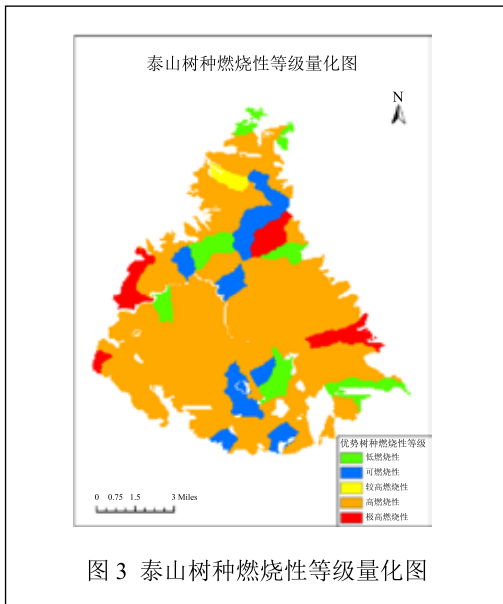


图3 泰山树种燃烧性等级量化图

表4 泰山树种燃烧性分级占比表

燃烧性等级	低燃烧性	可燃燃烧性	较高燃烧性	高燃烧性	极高燃烧性
百分比 (%)	8.4	10.1	1.1	73.9	6.5

通过对处理后得到的泰山树种燃烧性等级量化图(图3)和泰山树种燃烧性分级占比表(表4), 对其分析可知, 在泰山地区高易燃性树种分布最广, 占整个研究区的73.9%, 其余四类燃烧性不同的树种综合占比只占整个研究区的四分之一左右, 其中较高燃烧性分布占比仅占极小一部分。树种的燃烧性是森林火险等级划分的重要因素, 燃烧性级别越高, 发生林火可能性越大, 研究森林树种的燃烧性对森林火险的预防有着十分重要的作用。

2、森林火险等级区划

对影响森林火险等级区划的各指标因子划分为不同层次, 按照各因子之间的相互关系形成一个多层次模型, 最终分析确定各层次的相对重要权值, 并结合专家意见, 各指标因子权重分别确定为坡度0.18, 坡向0.12, 树种可燃物载量0.36, 植被覆盖度0.34。研究采用因子加权叠置综合分析法计算森林火险指数。其计算公式如下:

$$FFR = \sum_{i=1}^4 W_i X_j \quad (2)$$

其中, FFR —森林火险指数;

W_i —森林火险指标因子;

X_j —各指标因子权重。

按照因子加权叠置综合分析法计算得到综合的森林火险综合区划数据图层^[7-8]。根据计算出来的 FFR 可以将研究区域划分为无火险区($FFR < 1$)、低火险区($1 \leq FFR < 3$)、中火险区($3 \leq FFR < 5$)、高火险区($5 \leq FFR < 7$)、极高火险区($FFR \geq 7$)这五个等级火险区域。I级火险区域发生森林火灾可能性最低, V级火险区域森林火灾可能性则是最高, 得到泰山森林火险区划等级时序图, 如图4所示。

此研究所采用的遥感数据影像是Landsat8 OLI传感器的空间分辨率为30m的原始遥感影像, 1像元数代表1.35亩土地面积, 不同月份的不同森林火险区划等级中各自森林占地面积能较为直接的反映火险区划等级的量化程度及其覆盖范围, 以便后续详细分析, 处理得到的泰山森林火险区划等级时序占亩表如表5所示。

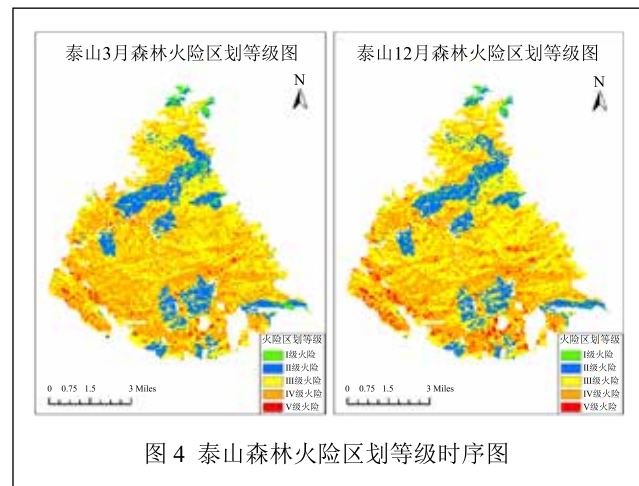


图4 泰山森林火险区划等级时序图

表5 泰山森林火险区划等级时序占亩表

火险等级 \ 月份	月份	
	3月	12月
I级火险	966.60	837.00
II级火险	6797.22	1129.93
III级火险	19894.85	20945.15
IV级火险	19388.60	18119.61
V级火险	828.90	1495.79

四、结论

结合研究和实地调查,通过对泰山森林火险指标因子以及其他一些因子进行权重分析,对反映出泰山森林两个时期的可燃物载量数据比较,得到泰山森林火险区划等级时序图以及泰山森林火险区划等级时序亩表,从中分析可得到以下结论:

(1) 表5数据显示出泰山地区3月以及12月森林火险区划等级明显偏向于更高等级的III级火险、IV级火险,其所占亩数远多于I级火险和II级火险区域所占亩数,因此泰山森林在该时期更容易发生火险,侧面也反映出了每年11月到来年3月泰山森林发生火灾可能性是一年中最大,森林火险隐患较大,应作为火险监测重点时间段。

(2) 随着坡度坡向的不断增加,造成森林火险指数因子所占比重的增加,随着研究区域中的树种燃烧性越高,则森林植被可燃物载量越大。泰山森林火险区划等级则会相应地提高,那么发生火灾的可能性则会提高。

本研究客观分析了影响泰山森林火灾的各种指标因子,并最终建立了泰山森林火险区划等级,但因量化森林火险等级的研究过程中未能充分考虑增强植被指数与优势树种之间的相关关系以及尚有未完全考虑在内的人为、气象、研究区海拔等众多影响因素,因此不可避免的会出现一定的误差,所以该研究仍需要继续深入探索,可采用加入最小二乘分析等方法来进一步完善泰山森林火险区划等级体系。

通过运用遥感技术手段量化泰山森林火险区划等级,对火险区划级别偏大的研究区域投入更多精力和资源,级别偏小的区域适当减少投入,做到资源的有效利用和配置,能更大程度上进行统筹兼顾,降低森林火灾发生可能性,维持泰山地区森林生态环境的可持续发展。

参考文献

- [1] 杨惠,董彦锋,胡伍生,龙凤阳,陈阳.基于Landsat8的泰山地区植被指数与地形因子关系分析[J].现代测绘,2018,41(2):20-21.
- [2] 王伟.基于森林火险指数的森林火险区划研究[J].林业资源管理,2015,(4):80-81.
- [3] 祝必琴,张丽霞,彭家武,黄淑娥,蔡哲,肖金香.基于RS与GIS的庐山森林火险区划研究[J].江西农业大学学报,2009,31(3):445-447.
- [4] 吴柳熙.基于森林资源数据的ArcGIS森林火险区划研究[J].安徽农学通报,2018,24(18):94-96.

[5] 刘祖军,刘健,余坤勇,等.基于RS和GIS的森林火险区划[J].福建农林大学学报(自然科学版),2008,37(6):607-609.

[6] 王晓丽.北京山区森林燃烧性研究[D].北京:北京林业大学,2010

[7] 谭三清,张贵,肖化顺.广州市森林火险性天气预报研究[J].湖南林业科技,2005,32(3):19-21.

[8] 傅泽强,孙启宏,蔡运龙,等.基于灰色系统理论的森林火灾预测模型研究[J].林业科学,2002,38(5):95-100.

Study on Forest Fire Risk Regionalization in Tai Shan Mountain Based on Landsat 8

DUAN Jian-guo, LI Xin-ze, WU Bing, JIANG Yu-feng, MA Feng-feng, QI Jian-guo

(Shandong Agricultural University, Tai'an 271000, China)

Abstract: Based on RS and GIS technology and Landsat8 OLI remote sensing data and forest survey data of Mount Tai, forest fire risk index factors, seasonal changes, tree species combustivities and vegetation coverage factors that affect forest fire risk zoning classification of Mount Tai were selected for comprehensive analysis and study to determine forest fire risk zoning classification of Mount Tai. This study focuses on analyzing the factors of slope, slope direction, vegetation coverage and tree species flammability in forest fire risk areas, determining the weight of forest fire risk regionalization of each factor, and quantifying the forest fire risk regionalization grade of Taishan Mountain, so as to provide a basis for forest fire prevention and control of Tai Shan Mountain.

Key words: forest fire hazard regionalization grade; Landsat 8; index factor; enhanced vegetation index

作者简介

段建国:山东农业大学,本科,研究方向为测绘遥感应用。

李欣泽:山东农业大学,本科,研究方向为测绘遥感应用。

吴兵:山东农业大学,本科,研究方向为测绘遥感应用。

姜玉峰:山东农业大学,研究生,研究方向为3S技术及应用。

马风云:山东农业大学,副教授,研究方向为森林防火。

齐建国(通讯作者):山东农业大学,副教授,研究方向为测绘遥感应用。

通信地址:山东农业大学岱宗大街61号

邮编:271018

邮箱:jgqi18@sdau.edu.cn