潦河中源段水生条背萤生境适宜性评价

张 洁,王 凯,张 翼,严如玉,杨军飞,刘星辰,计 勇 (南昌工程学院水利与生态工程学院,江西南昌 330099)

摘要 水生条背萤是河湖湿地生态系统中珍稀物种之一,了解栖息地分布及其与环境因子的关系并进行生境适宜性评价是恢复生物多样性和栖息地保护的重要途径。根据 2019 年 6—7 月对江西濠河流域的萤火虫野外调查记录,以条背萤成虫个体分布点和生境变量数据为驱动,建立 MaxEnt 模型对潦河中源段水生条背萤精细尺度生境适宜性进行分析评价。研究发现:土地利用类型、水源距离、居民区距离是条背萤适宜生境分布的主要限制因素;适宜的土地利用类型为溪流、河滩湿地、水田,且与稳定水源距离应保持在 0~110 m、与居民区距离应大于 140 m、与道路距离大于 50 m 为适宜;潦河中源段河岸带条背萤适宜栖息地面积为 1.93 km²,约占河岸带研究区域的 16%,其中最适宜区面积仅为 0.17 km²,沿河流呈"一带多岛"的分布格局。研究不仅提供了萤火虫在潦河中源段的分布现状,也为萤火虫分布与生境因子的关系提供了一个重要科学依据。

中图分类号 X174 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)03-0052-05 **doi**:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.03.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 🖺



ZHANG Jie, WANG Kai, ZHANG Yi et al (College of Water Conservancy and Ecological Engineering, Nanchang Institute of Technology, Nanchang, Jiangxi 330099)

Abstract As one of the indicators for the wetland ecosystem, firefly habitat distribution and suitability evaluation could be used for biodiversity and habitat protection. Based on the field survey records of fireflies in Liaohe River Basin in Jiangxi Province from June to July, 2019, the MaxEnt model was then established to analyze and evaluate the habitat suitability. The results indicated that land use type, water source distance and residential area distance were the main limiting factors of the suitable habitat distribution. The suitable land use types are stream, river beach wetland and paddy field by which should be kept in 0-110 m distance from stable water source, greater than 140 m distance from residential area and 50 m distance from road. The total suitable habitat area in Zhongyuan township of Liaohe River was 1.93 km^2 in where the most suitable area was only 0. 17 km² and the distribution pattern of "one belt and many islands" was presented along the river. This study not only provides the distribution status of fireflies in Zhongyuan township of Liaohe River, but also provides an important scientific basis for the relationship between the distribution of fireflies and habitat factors.

Key words Firefly; Habitat suitability; MaxEnt model; GIS geographic information system

物种的实际分布及种群结构受自然环境条件、种间及种 类相互作用以及人为活动干扰等因素影响往往表现为复杂 多样^[1]。河岸带区域作为陆地生态系统和水生态系统的交 互界面,具有明显的环境因子、生态过程和动植物群落梯度, 维持了较高的生物多样性,同时提供了众多珍稀动植物生存 必需的生境条件^[2]。近年来,在自然因素(气候、水文情势、 河道形态、岸滩结构等)和人为因素(城镇扩张、农业种植、工 程建设强干扰等)的交互作用下,河岸带成为受威胁最严重 的物种栖息地^[3]。

当前,能够综合反映河岸带环境多维"生态位"影响的水 生生物栖息地已成为环境监测与评价、水生生物多样性保 护、河湖生态模型研究中的重点与热点^[4-5],其中,水生萤火 虫受生态系统的传输介质、水体物质与岸坡植被以及生境结 构影响,对水污染、光污染、基质污染都非常的敏感,具有非 常重要的生态环境指示作用^[6-7]。目前针对萤火虫栖息地环 境调查^[8]、栖息地选择^[9]、生境适宜性^[10]等生态学研究逐渐 受到重视。MaxEnt 生境适宜性评价模型^[11]可以量化各环境 因子对该自然环境中所有分布点位置的约束,即可得出该物 种的生态位需求,已被广泛用于物种分布预测及生境

作者简介 张洁(1980—),女,江西南昌人,副教授,硕士生导师,从事 生态水利环境保护研究。

收稿日期 2022-03-22;修回日期 2022-04-16

评价[12-13]。

潦河中源段是鄱阳湖流域"五河源区"之一,属于典型的 丘陵河流湿地生态系统,其间河谷平原分布广泛,是萤火虫 潜在适宜栖息场所。根据 2019 年 6—7 月对潦河流域的萤 火虫野外调查记录,以水生条背萤成虫个体分布点数据和生 境变量数据为驱动,建立 MaxEnt 模型对潦河中源段水生条 背萤精细尺度生境适宜性进行分析评价,分析影响水生条背 萤分布的主要环境因素,以及环境因子的适宜性曲线,并预 测潦河中源段水生条背萤适宜生境地潜在分布。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况 潦河中源段为北潦河上游发源地之一,位于江西省西北部,属于亚热带湿润季风气候,年平均气温14~15℃。河道水量受季节影响显著,降水集中在春末及夏季,此时径流量较大,流速0.3~1.5 m/s,雨季过后,河道逐渐进入枯水期,枯水期径流主要依靠山地森林植被涵养的水源补给,此时径流有限。通过前期对潦河中源段水质进行检测分析,月平均水质均能达到地表水Ⅱ类水标准,整个河段水质条件较好。受山地河谷地形限制,居民建筑多沿河分布,水田耕地是该地区河岸带中主要土地覆盖类型,植被覆盖度较高。尽管潦河中源段拥有较高的生物多样性,生态环境总体质量较好,但近些年,该地区大力发展乡村旅游业,带来人口的急剧增加,以及建筑、道路、农业用地等快速扩张,导致河岸带中原生自然生境消失,物种直接暴露在高度威胁之下。



基金项目 江西省教育厅项目(GJJ180927);江西省千人计划(jxsq-2019201021);国家自然基金项目(51769015);江西省研究 生创新基金项目(YC2020-S628,YC2020-S631)。

1.2 萤火虫监测 根据研究区域地形条件、植被覆盖类型 及人为影响等因素,结合以往研究报道的水生条背萤生境特征^[14],在水生条背萤可能分布的区域布置5条固定样线,每条样线尽可能地穿越多种地形和植被覆盖类型,样线总长度为11 km。2019年6—7月,对每条样线进行重复观测,观测时间从傍晚天黑开始,持续2~3h,统计条背萤出现数量,并

使用麦哲伦探险家 610 全球定位系统记录地理坐标。

为了避免模型的过度拟合,在 ArcGIS10.2 中对条背萤 成虫出现点生成 50 m 半径的家域缓冲区,随机保留相互重 叠缓冲区中一个,其余剔除。最终获得 36 个有效条背萤分 布点数据。



图 1 萤火虫分布点位置及研究区域环境 Fig. 1 Location of fireflies and environment of the study area

1.3 环境变量数据 根据研究区域、物种分类、模型分辨 率、数据可用性和变量之间的相关性,现有模型在用于分析 环境变量的数据和类型选取上存在一定差异,通常包括气 候、地形地貌、植被覆盖、人为干扰等^[11,15]。在该研究中,根 据前期对潦河中源段萤火虫栖息地现场调研及文献查阅,选 择土地利用类型、居民区距离、水源距离、道路距离、海拔、坡 度、坡向7个环境变量。

于 2019 年 7 月 3—6 日,使用大疆 Manic2 无人机获得 8 400 张研究区域倾斜影像图片,使用 Pix4D Mapper 软件进 行图像处理,获得研究区域空间分辨率为 0.5 m/pixel 的高 分辨率正射影像地图 DOM 和数字地表模型 DSM。使用 ArcGIS10.2 对正射影像进行图像配准及定义投影坐标系,采 用目视解译与监督分类方法,将区域土地利用类型划分为水 田耕地、河滩湿地、河流水域、居民建筑、道路、林地、草地、裸 地 8 个类型;利用 ArcGIS10.2 中空间分析工具分别提取居民 区、水源、道路以及海拔、坡度、坡向信息图层,由距离制图功 能,得到各距离因子图层。最后利用 ArcGIS10.1 将所有环 境因子图层的坐标统一为 GS1984 UTM ZONE50N,像元大小 统一为 0.5 m×0.5 m,并转化为 MaxEnt3.4.1 软件要求的 ASCII 格式。

1.4 模型构建研究采用 Phillips 等^[11]开发的 MaxEnt3.4.1 软件对潦河中源段河岸带条背萤成虫期的生境范围和适宜性进行模拟。将 CSV 格式的条背萤分布点数据和 ASCII 格式的环境数据分别导入 MaxEnt 软件中,环境因子中土地利

用类型设置为分类变量,居民区距离、水源距离、道路距离、海拔、坡度、坡向因子设置为连续变量。模型将从条背萤出现点数据中随机选取 75%的条背萤出现点数据作为模型训练集,25%的数据模型测试集,选择刀切法(jackknife)测定各变量的权重,并创建每个环境变量的响应曲线,分析模型中各环境变量的相对重要性及其对萤火虫栖息地适宜性的影响,模型最终预测得到的是物种出现的综合概率值。将模型预测输出的 ASCII 文件导入 ArcGIS10.2 中,使用系统工具中转换工具,将 ASCII 文件转换为浮点型栅格文件显示,并根据专家经验法^[16-17],按4个等级对条背萤分布图进行重分类,分别为高适宜区(0.7~1.0);次适宜区(0.4~<0.7);低适宜区(0.2~<0.4);非适宜区(0~<0.2),最后得到潦河中源 段条背萤生境适宜性分布图。

MaxEnt 模型软件提供了自检验功能,能够生成基于"刀 切法"检验的受试者工作特征曲线 ROC 对模型预测结果进 行检验,依据 ROC 曲线与横坐标围成的面积即 AUC 值作为 评估模型验证和预测能力的衡量指标,AUC 值越大表明预测 效果越好^[18],已在物种潜在分布预测及生境适宜性评价方 面得到了广泛的应用。

2 结果

2.1 模型表现评估 图 3 为 MaxEnt 模型输出的 ROC 曲线, 由图 3 可知,训练数据集和验证数据集的 AUC 值为 0.940 和 0.910,表明模型输出与试验数据拟合良好,能够较为准确地 反映研究区域内的水栖萤火虫条背萤栖息地质量现状。





图 2 环境因子 Fig. 2 Environmental factor diagram





2.2 环境因子重要性分析 基于 AUC 值的刀切法检验各 环境因子对物种分布影响的重要性结果(图4)。图4中对 应环境因子的 AUC 值越大说明该环境因子对模型预测准确 率起到的作用越大,即该环境因子越重要;相反,AUC 值越小 说明其对模型预测准确率起到的作用越少,即该环境因子重 要性较低。从图4可以看出,当单独使用某一环境因子建模 时,AUC 值由大到小的顺序为土地利用类型、与水源距离、与 居民区距离、与道路距离、海拔、坡度、坡向,分别为0.86、 0.81、0.79、0.71、0.66、0.56、0.51。其中土地利用类型、与水 源距离的 AUC 值均大于0.80,说明对模型准确率贡献较高, 而与居民区距离、与道路距离的 AUC 值大于0.70,表现一 般,海拔、坡度、坡向的 AUC 值小于0.70,对模型贡献相对较 小。另外当忽略某项环境变量时,土地利用类型、与水源距 离、与居民区距离 AUC 值相较其他环境因子明显降低。因 此表明土地利用类型、与水源距离、与居民区距离对模型预 测最具有价值,包含了比其他变量更多的有用信息,是其他 环境因子不可代替的。



图 4 基于刀切法的环境因子重要性分析

Fig. 4 Importance analysis of environmental factors based on knife cutting method

由导入模型的环境变量对生境适宜性评价的比重不同, 可由 MaxEnt 模型内给出的综合贡献率来表示,环境因子的 贡献率越大,表明该因子在模型分析中提供的信息越多,即 间接表明该环境因子对盛行适宜性影响的重要性大小。各 环境变量对模型的综合贡献率结果和重要性排名如表1所

55

示,结果表明,有3个环境变量对模型的贡献率超过20%,累 计对条背萤栖息地适宜性产生了85.6%的贡献率,其中土地 利用类型贡献率最高(36.1%),其次是与水源距离 (27.5%)、与居民区距离(22.0%),而与道路距离、海拔、坡 度、坡向的贡献率均小于10%。土地利用类型的重要性 (33.2%)排名第一,是对水生条背萤栖息地适宜度最具影响 力的环境因子。

综合上述,可以得出各环境因子对条背萤生境适宜性影响由大到小分别为:土地利用类型、与水源距离、与居民区域 距离、与道路距离、海拔、坡度、坡向。

表1 各环境因子对模型预测的相对贡献率和重要性排名

Table 1 Relative contribution rate and importance ranking of environmental factors to the model 单位:%

		1 1		
序号 No.	环境变量 Enviroment variable	相对贡献率 Relative contribution rate	重要性 Importance	
1	土地利用类型	36.1	33.2	
2	与水源距离	27.5	31.5	
3	与居民区距离	22.0	24.9	
4	与道路距离	7.4	3.0	
5	海拔	4.0	2.6	
6	坡度	1.7	2.5	
7	坡向	1.4	2.3	

2.3 环境因子对适宜度的影响 图 5 所示的各环境变量因 子对条背萤分布概率的响应曲线可以反映条背萤生境适宜 性随各环境变量因子数值变化的趋势,其横坐标表示环境变 量范围,纵坐标表示适宜性指数(条背萤出现概率)取值。

坡度响应曲线显示(图 5a),随着坡度的增加,出现概率 逐渐降低,表明条背萤更喜欢选择地形平坦的区域,最适宜 分布的坡度范围是0~20°。海拔响应曲线显示(图5b),随着 海拔的增加,出现概率逐渐降低,中源地区相对低海拔地区 主要反映的是河谷平原,与图 5a 反映结论一致,表明条背萤 更适宜在相对低海拔处的平缓地区。坡向响应曲线(图 5c) 中条背萤出现概率保持稳定,表明条背萤分布受坡向影响较 小。与居民区距离(图 5d)、与道路距离(图 5e)响应曲线显 示,当居民区距离、道路距离分别在140、50m以内时,条背 萤出现概率随着距离的增加快速增加,表明在此范围内萤火 虫分布受人为活动干扰影响较大;当距离大于该临界值时, 条背萤出现概率增加缓慢,并趋于稳定或有部分下降,表明 当距离增加到一定值时人为活动对萤火虫分布影响逐渐减 小,此时其他环境因子对条背萤分布的影响将起到主要作 用;另外居民区距离的临界值远大于道路距离的临界值,表 明居民区人为干扰较道路对条背萤适宜生境选择干扰更加 强烈。与水源距离响应曲线(图5g)显示,条背萤出现概率



图 5 条背萤出现概率的环境因子响应曲线

随与水源距离的增加而急剧减小,最终出现概率趋于零,表 明随着与稳定水源的距离增加萤火虫的适宜性越低,条背萤 分布受水源条件限制明显,适宜距离范围约在 0~110 m。土 地利用类型适宜性(图 5f)显示,条背萤适宜的土地利用类型 依次为河滩湿地、水面、水田耕地,其他区域均表现为不 适宜。

2.4 条背萤适宜生境分布特征 基于条背萤适宜生境分布 (图 6),统计出各分区的面积,高适宜区、次适宜区、低适宜 区、非适宜区面积分别为 0. 17、0. 44、1. 32、9. 99 km²,分别占 潦河 中源 段 河岸带总面积的 1. 43%、3. 69%、11. 07%、 83. 81%。条背萤的适宜栖息地沿着河流呈条带状分布,其中 最适宜栖息地主要覆盖了自上游垴上村至下游山下村段河 道两岸的原生河滩湿地生境,形成多个独立的最适宜栖息地 斑块;而次适宜区和低适宜区覆盖了最适宜栖息地外围水田 生境,将多个最适宜区斑块串联起来,增强了条背萤栖息地 的连通性。而在三坪村河段,仅有零星分布的低适宜区。就 整个研究区域而言,条背萤适宜生境分布沿河流呈"一带多 岛"的聚集分布格局,河岸带条背萤生境表现出一定程度的 破碎化,以三坪村河段破碎化最为严重。







3 讨论

 加,条背萤出现概率急剧下降,即适宜性的下降。

人为干扰也是条背萤分布的重要胁迫因素之一。近些 年来,当地大力发展旅游业,人口膨胀和工程建设扩张对河 岸带的干扰越来越频繁,河岸带自然生境的缩减给条背萤的 生存带来威胁。条背萤出现概率与距居民区距离、距道路距 离呈显著负相关关系。除了居民建筑及道路带来土地利用 等生境结构的改变带来干扰,在居民区及道路附近另一明显 的特征是灯光的干扰,萤火虫之间的交流主要是依靠其腹部 的闪光信号,夜晚明亮的灯光会严重的阻碍萤火虫之间的交 流^[20],因此萤火虫会选择避开有光环境。即随着距离的增 加,人为活动对生境结构的扰动也就越小,适宜度也就越高。

在潦河中源段水生条背萤适宜生境分布区面积相对狭 小,约占河岸带面积的 16.0%,其中最适宜区仅占 1.7%。人 为干扰和自然环境通过共同作用影响着条背萤的分布格局。 在三坪村段居民区及道路紧邻河道,且河道岸坡全部采用浆 砌石结构,使得原生态的河滩湿地消失、植被覆盖锐减,人为 干扰最为严重,导致该河段萤火虫为零星分布(实地踏查发 现)。在除三坪段以外,其余河段条背萤适宜区主要覆盖了 沿河原生态河滩湿地及邻近水田区域,但受到沿河居民区分 布及部分河流整治工程建设干扰,条背萤适宜分布区被多次 分隔、隔离,在整体上呈现为"一带多岛"的分布格局,而这种 分布格局是物种分布范围收缩破碎化的表现,是种群衰退的 标志。

4 结论

该研究基于野外实地调查发现的条背萤分布点数据,应 用 MaxEnt 生态位模型并结合 AreGIS 方法,绘制典型河岸带 区域内水生条背萤的精细空间尺度繁殖生境。分析表明, MaxEnt 模型成功识别了研究区域内适宜条背萤繁殖的生境 分布,其位置与实地调查分布相匹配。进一步研究发现土地 利用类型、水源距离、居民区距离是条背萤适宜生境分布的 主要限制因素。此外,根据环境变量对条背萤发生概率的响 应曲线,适宜条背萤栖息的环境条件如下:①适宜的土地利 用类型为溪流、河滩湿地、水田;②地形以坡度小于 20°的平 缓地形为适宜;③与水源距离应保持在 0~110 m 为适宜;④ 与居民区距离应大于 140 m;⑤与道路距离应大于 50 m。

参考文献

- [1]曹铭昌,周广胜,翁恩生.广义模型及分类回归树在物种分布模拟中的 应用与比较[J].生态学报,2005,25(8):2031-2040.
- [2] 李丽娟,崇祥玉,盛楚涵,等.太子河大型底栖动物摄食功能群对河岸 带土地利用类型的响应[J].生态学报,2019,39(22):8667-8674.
- [3] 黄凯,郭怀成,刘永,等. 河岸带生态系统退化机制及其恢复研究进展 [J]. 应用生态学报,2007,18(6):1373-1382.
- [4] JI Y,ZHANG J,LIU Y, et al. Environmental behavior of and gastropod biomarker response to trace metals from a backwater area of Xian' nv Lake [J]. Ecotoxicology and environmental safety,2020,194:1–9.
- [5] 王香莲,高桂青,刘博,等. 鄱阳湖流域浮萍种质资源分布及其对水环 境因子的响应[J]. 应用与环境生物学报,2020,26(4):999-1008.
- [6] 付新华,OHBA NOBUYOSHI,雷朝亮. 条背萤的形态和生物学研究[J]. 昆虫学报,2004,47(3):372-378.
- [7] 王彤.都市中萤火虫栖地微气候与水文之调查:以木栅永建生态园区 为例[D].台北:台湾大学,2014.
- [8] 何华,刘玉升,王振鹏,等. 台湾地区萤火虫资源及其开发利用情况 [J].华东昆虫学报,2007,16(2):156-158.

(下转第61页)

比较关注学校数量与质量,人禽粪便处理也还未推广和有待 提高。

表 2 农村人居环境评价指标统计性描述

Table 2 Statistical description of assessment indicators of rural human settlements

评价对象 Evaluation object	非常满意 Very satisfied %	比较满意 More satisfactory %	一般 Generally %	不太满意 Not very satisfied//%	不满意 Dissatisfied %	总体满意度评价 Overall satisfaction rating
自然生态环境 Natural ecological environment	5.6	20.2	26.5	24.2	23.5	一般
农村基础设施 Rural infrastructure	21.8	27.4	24.7	20.9	5.3	比较满意
建筑质量与设计 Building quality and design	24.7	24.7	26.8	14.9	8.8	一般
社会关系及服务 Social relations and services	15.7	30.6	36.3	13.3	4.1	一般
农村人居环境 Rural residential environment	14.4	24.7	27.9	20.0	13.0	一般

沱江流域农村人居环境整治过程中,第一,应明确其主体国家、基层政府、农户和企业扮演的角色,其功能和作用的不同,提倡主体博弈行为研究,推动可持续发展。第二,以村庄规划为导向,推进农村环境整治。人居环境整治实践层面来看,明确具体目标及重点任务,地域环境、社会条件、风土人情以及民族特色差异,提出整治内容的优先序,避开"千篇一律",专区专项专治的针对性整治方案。第三,提高农村人居环境整治保障,落实所需政策、技术、资金等。经济是发展的基础,政策是建设的依托,技术是实践的手段,持续推进强村富民。第四,加强农村人居环境整治效果评价方法,正确、精准地评价整治效果,及时纠偏补救。

参考文献

- [1] 李陈,赵锐,汤庆园.基于分省数据的中国农村人居环境时空差异[J]. 生态学杂志,2019,38(5):1472-1481.
- [2] 彭超,张琛.农村人居环境质量及其影响因素研究[J].宏观质量研究, 2019,7(3):66-78.
- [3] 闵师,王晓兵,侯玲玲,等.农户参与人居环境整治的影响因素:基于西南山区的调查数据[J].中国农村观察,2019(4):94-110.
- [4] 谭少华,高银宝,杨林川,等. 基于行动者网络的农村人居环境综合整治研究:以重庆市垫江县毕桥片区为例[J]. 规划师,2019,35(19): 54-61.

(上接第56页)

+ • + • + • + • + • + • +

- [9] 赵于震. 屏东九如地区黄缘董栖息地环境调查研究[D]. 屏东:国立屏 东科技大学,2012.
- [10] KAZAMA S, MATSUMOTO S, RANJAN S P, et al. Characterization of firefly habitat using a geographical information system with hydrological simulation[J]. Ecological modelling, 2007, 209(2/3/4):392-400.
- [11] PHILLIPS S J, ANDERSON R P, SCHAPIRE R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions [J]. Ecological modelling, 2006, 190(3/4):231–259.
- [12] WIDYASTUTI S, PERWITASARI-FARAJALLAH D, PRASETYO L B, et al. Maxent modelling of habitat suitability for the endangered javan gibbon(*Hylobates moloch*) in less-protected Dieng Mountains, Central Java
 [J]. IOP conference series; Earth and environmental science, 2020, 457; 1–10.
- [13] 刘振生,高惠,滕丽微,等. 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜 性评价[J]. 生态学报,2013,33(22):7243-7249.

- [5] 于法稳,郝信波.农村人居环境整治的研究现状及展望[J].生态经济, 2019,35(10):166-170.
- [6] 闫新宇,唐千惠. 沱江水污染治理的"四川行动"[J]. 经营管理者,2018 (9):60-62.
- [7]于会文.打好沱江污染治理攻坚战的探索与实践[J].环境保护,2018, 46(24):37-39.
- [8] 熊勇.森林资源规划设计调查[M]//《成都年鉴》编辑部. 2018 成都年 鉴. 北京:新华出版社,2019.
- [9] 肖德如. 自贡市森林资源管理暂行办法[M]//《自贡年鉴》编辑部. 2000 自贡年鉴. 成都:巴蜀书社,2001.
- [10] 杨震.森林资源保护[M]//《德阳年鉴》编辑部.2016 德阳年鉴.北京: 新华出版社,2017.
- [11] 余正道.森林资源管护[M]//《绵阳年鉴》编辑部. 2017 绵阳年鉴. 北京:方志出版社,2018.
- [12] 余崇威.森林病虫害防治[M]//《内江年鉴》编辑部.2017 内江年鉴. 成都:四川科学技术出版社,2018.
- [13] 杨文,刘光伟.国家森林城市创建[M]//《眉山年鉴》编辑部.2018 眉 山年鉴.北京:新华出版社,2019.
- [14] 原超,黄天梁.使乡村运转起来:乡村振兴战略的理论内核与行动框架[J].中共党史研究,2019(2):15-23.
- [15] 李涛,尹维杰."五水共治"的文化内涵及其战略意义[J].中共浙江省 委党校学报,2017,33(5):70-76.
- [16] BECKER W, SAISANA M, PARUOLO P, et al. Weights and importance in composite indicators; Closing the gap[J]. Ecological indicators, 2017, 80: 12-22.
- [17] 孙宏才,田平,王莲芬. 网络层次分析法与决策科学[M]. 北京:国防工业出版社,2011.
- [14] 何健镕. 台湾 21 种萤科幼虫之形态及生物学[D]. 台中:国立中兴大学,2002.
- [15] 罗翀,徐卫华,周志翔,等.基于生态位模型的秦岭山系林麝生境预测 [J].生态学报,2011,31(5):1221-1229.
- [16] MANEL S, WILLIAMS H C, ORMEROD S J. Evaluating presence-absence models in ecology; The need to account for prevalence [J]. Journal of applied ecology, 2010, 38(5):921–931.
- [17] 唐书培,穆丽光,王晓玲,等.基于 MaxEnt 模型的赛罕乌拉国家级自然 保护区斑羚生境适宜性评价[J].北京林业大学学报,2019,41(1):102 -108.
- [18] 王运生,谢丙炎,万方浩,等. ROC 曲线分析在评价入侵物种分布模型 中的应用[J]. 生物多样性,2007,15(4):365-372.
- [19] 付新华.中国大陆两种水栖萤火虫生物学及行为学研究[D].武汉:华 中农业大学,2005.
- [20] 付新华,OHBA NOBUYOSHI,王余勇,等.条背萤的闪光求偶行为[J]. 昆虫学报,2005,48(2):227-231.