

文章编号: 1002-2724(2022)02-0027-06

基于 MaxEnt 模型的西双版纳保护区曼稿片区印度野牛生境适应性分析保护建议

文世荣¹, 方国¹, 张明霞², 杨建波^{3,4}, 李嘉斌⁵, 贺如川⁵, 张璐¹, 甘忠莉^{1*}

(1. 云南西双版纳国家级自然保护区管护局, 云南景洪 666100; 2. 广西师范大学生命科学学院, 广西桂林 541001; 3. 中国科学院昆明植物研究所, 云南昆明 650201; 4. 中国科学院大学, 北京 100049; 5. 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐仑 666303)

摘要:西双版纳保护区为很多珍稀物种提供了栖身之所, 其中的曼稿片区是印度野牛(*Bos gaurus*)的重要分布区域之一, 但是保护区面积小, 周边村寨较多, 面临着比较大的人口压力, 为了保证印度野牛的有效保护, 需要基于它们的栖息地要求对保护区和周边的野牛适宜生境开展研究制图, 为保护政策提供依据。本研究基于一个年度的红外相机和野外数据收集, 利用 MaxEnt 模型对曼稿保护区和周边区域的野牛适宜生境进行了制图。结果显示, 印度野牛喜欢靠近道路、坡度平缓的天然植被, 同时, 它们的出现与最湿季降雨量有关, 印度野牛的适宜生境有 61% 位于保护区内。基于模型结果, 我们建议建立保护区与布龙、纳板河保护区之间的保护廊道。

关键词: 热带; 保护廊道; 印度野牛; 旗舰种
中图分类号: S863 文献标识码: A

The Conservation Suggestions of Habitat adaptability analysis for Gaur in Mangao, Xishuangbanna, based on MaxEnt Model

WEN Shirong¹, FANG Guo¹, ZHANG Mingxia², YANG Jianbo^{3,4}, LI Jiabin⁵, HE Ruchuan⁵, ZHANG Lu¹, GAN Zhongli^{1*}

(1. Management Office of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jinghong Yunnan 666100; 2. College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin Guangxi 541001; 3. Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming Yunnan 650201; 4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 5. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Menglun Yunnan 666303)

Abstract: Xishuangbanna, lies in tropical China, harbors rich biodiversity. The Mangao protected area is a main distribution region of the Gaur (*Bos gaurus*), but the protected area is small and surrounded by villages, and an accurate habitat map of the gaur can provide good basic for efficient conservation policy. We built MaxEnt model based on camera trap and field survey data, the result shows that the gaur prefer the natural vegetation close to the road and with a gentle slope, and their presence is correlated with the precipitation of warmest quarter, 61% of gaur's suitable habitat lies within the protected area. We suggested building conservation corridors among Mangao and Bulong, Nabanhe protected areas.

Keywords: tropical; conservation corridor; Gaur; flagship species

热带地区具有非常高的生物多样性, 然而也面临着极大的人口和经济发展压力。其中最容易受到威胁的物种往往是体型较大或对生境有特殊要求的物种^[1], 所以在建立保护区时, 也会优先考虑到这些物种的需求, 并力图通过保护这些物种来维护整个生态系统的功能^[2]。

西双版纳位于我国西南边陲, 是全球 25 个热点保护区域之一^[3], 整个地区的面积仅占中国的 0.2%, 却承载了中国超过 16% 的高等植物种类和 36% 的鸟类^[4], 是很多濒危物种, 如亚洲象 (*Elephas maximus*)、印度野牛 (*Bos gaurus*)、犀鸟 (*Bucerotidae spp.*) 等的家园。其中, 印度野牛在全国的种群数量估计不足 200 只^[5,6], 在国内仅记录于云南南部西双版纳、普洱和藏南地区^[6], 是国家一级保护动物, 在 IUCN 红色名录中被列为易危 VU 级别^[7], 在中国红色脊椎动物中被列为极危级别^[8]。张忠员等 (2018) 总结了 1988—2016 年之间的西双版纳印度野牛种群变化趋势, 发现由于受到栖息地破碎化和狩猎的威胁, 它们的数量从 650~712 头减少到目前的 152~167 头^[5]; 甘宏协和胡华斌 (2008) 基于印度野牛的生境要求, 在西双版纳国家级自然保护区曼稿片

收稿日期: 2021-12-16

作者简介: 文世荣 (1972-), 男, 大学本科, 高级工程师, 研究方向: 自然保护, E-mail: 3545558976@qq.com

* 通信作者: E-mail: 34888435@qq.com

致谢: 本研究得到了云南西双版纳国家级自然保护区曼稿管护所的帮助和支持, 肖文武、唐金龙、王云飞、宋晓陈等同志参加了野外调查, 在此感谢他们的辛勤付出。

区和纳板河保护区之间规划了廊道;丁晨晨等(2018)则根据文献和访查数据,对全国的印度野牛适宜栖息地进行了分析^[6]。然而,以上研究工作中野牛分布数据均是基于访查或短期野外调查获得,且数据年代较久远。为了为保护印度野牛提供详实的建议,需要开展实地调查,并结合当地的植被、地形、村庄等信息,对不同地点的栖息地适宜程度进行分析。

西双版纳国家级保护区由勐仑、尚勇、曼稿、勐养、勐腊5个不相邻的保护片区组成,其中曼稿片区位于勐海县内,面积78.70 km²,是5个片区中面积最小、海拔较高一个片区。曼稿片区是目前比较稳定的印度野牛分布区之一^[9],同时,由于面积小,周边村寨较多,保护区面临的人为干扰压力较大,在这一片区开展野牛相关研究,可以帮助保护区制定参考策略,也可以为野牛分布的其它区域提供参考。

本研究主要基于2019—2020年的曼稿片区内的红外相机和实地调查数据,利用MaxEnt模型对保护区及其周边区域的印度野牛生境适宜性进行了分析,并基于分析结果,提出了保护区的管理和今后的廊道建设等方面的计划。

1 研究方法

1.1 研究地点

曼稿子保护区位于东经100°15′—100°30′,北纬22°00′—22°10′之间,海拔范围为1080—1770 m。地貌主要以浅切割中山为主,气候类型为南亚热带气候,植被为阔叶林,地势较高处有面积不大的思茅松侵入(西双版纳国家级自然保护区管理局,2010)。当地年均降雨量1400 mm左右,每年的5—10月为雨季,11月到次年4月为旱季。在本研究中,我们以曼稿保护区向外缓冲5 km的范围划定了研究区域以便包括周围的村庄和野牛的潜在扩散范围,面积共约370 km²(图1)。

1.2 印度野牛分布位点获取

在开始正式野外调查之前,我们先对整个保护区进行了访查和预调查,预调查覆盖了整个保护区范围,根据访查和预调查,我们发现野牛主要分布在保护区的边缘地带,尤其是西部,所以在这些地方着重安装了红外相机,并开展了野外调查。在2019年10月到2020年10月之间,在保护区的不同海拔带选取小路,并沿小路安放红外相机拍摄野牛和其它野生动物,每个红外相机之间距离不小于500 m,红外相机安放高度为40~120 cm,相机的拍摄模式为3张连拍,灵敏度为中。红外相机下面不设任何诱饵。并每隔4个月更换一次电池和相机存储卡。我们一共在曼稿片区内布设了23台相机。此外,我们通过样线调查记录印度野牛的痕迹,例如脚印、粪便等,具体方法为在不同海拔范围的小路内以1 km/小时的速度行走,并记录所有样线及两边50 cm范围内看到的野牛痕迹(图1)。

1.3 研究地点环境变量获取

影响印度野牛分布的主要信息包括地形、植被、海拔、气候因子例如降雨量等。我们基于2016年的遥感影像(分辨率30 m),对研究地点的地物覆盖信息进行了解译,把当地的地物分为水体、城镇和村庄、常绿阔叶林、针叶林、灌丛等类别,并在分类结束后,把水体、城镇和村庄归并为“其它”类别,分类具体过程见杨建波等(2019)^[9]。然后,我们从世界气象数据库(<http://www.worldclim.org/>)下载了19个环境因子,对它们进行相关性分析后去除了相关性高的变量,然后插值到30 m以保持和其它图层分辨率一致。同时基于30 m分辨

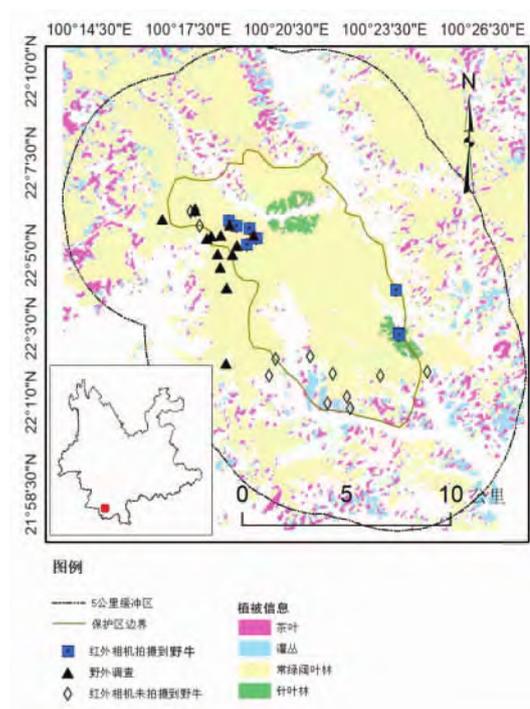


图1 研究地点的植被和野牛的野外调查点分布情况
Figure 1 The position of study region in Yunnan province, the vegetation map and survey sites of Gaur in study area

率的等高线提取了当地的坡度、坡向等数据,并计算了当地的道路、水体的密度和每个像素距离居民点的距离(表 1)。

表 1 野牛栖息地预测模型中用到的环境变量

Table 1 The environmental variables used in the MaxEnt model for gaur's habitat prediction

名称	描述	来源
Road	每个像素内的道路密度	1:25 万数字地图
Vegetationbanna	地物覆盖类型	利用遥感影像解译
Water	每个像素内的河流	1:25 万数字地图
Slopebanna	坡度	基于地理空间数据云网站 DEM 提取 (http://www.gscloud.cn/sources/accessdata/310?pid=302)
Aspectbanna	坡向	基于地理空间数据云网站 DEM 提取 (http://www.gscloud.cn/sources/accessdata/310?pid=302)
DEM	海拔高度	地理空间数据云网站 (http://www.gscloud.cn/sources/accessdata/310?pid=302)
Grid30m	每个像素距离最近居民点的距离	1:25 万数字地图
Bio1	年均温	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)
Bio2	日均温度变化值	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)
Bio3	等温线	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)
Bio4	季节温度变化	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)
Bio7	气温年较差	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)
Bio8	最湿季均温	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)
Bio12	年均降雨量	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)
Bio13	最湿月的降雨量	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)
Bio14	最干月的降雨量	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)
Bio15	季节降雨量(变异系数)	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)
Bio18	最湿季的降雨量	世界气象数据库 (https://www.worldclim.org/)

1.4 预测模型的建立

我们运用 MaxEnt 软件对研究地点的印度野牛栖息地适宜性进行了分析^[10],MaxEnt 是现今常用的一种栖息地分析软件,它的运行只需要物种的分布点(presence only),而且操作简单,可信度高,近年来在物种栖息地预测方面取得了广泛的运用^[11-13]。我们在模型中输入了 24 个印度野牛的野外分布位点,其中 10 个基于红外相机调查获取的照片确认,14 个来源于痕迹观察,在运行过程中,选取 75%的数据用于模型运行,25%的数据用于检验;模型中的环境变量包括表 1 中的各个因子。获得运行结果后,通过模型 AUC 值判定模型的效果,并利用 Jackknife 刀切法探讨各个环境因子的贡献;并选取相等灵敏度和特异度(Equal training sensitivity and specificity)的 cloglog 阈值对结果进行了重分类,大于这一阈值设为野牛的适宜生境,小于这一阈值设为不适宜区域。

2 结果与分析

2.1 当地环境变量

经过解译遥感影像,我们获得了当地土地覆盖类型图。对 19 个气候因子进行相关分析后,我们保留了其中的 11 个,最后输入到模型中的环境变量见表 1。

2.2 模型运行结果

模型 AUC 值为 0.987,效果很好。对印度野牛分布影响最大的几个因素包括最湿季降雨量、道路密度、坡度、植被类型等,它们的贡献率依次为 20.5%、20.3%、12.9%和 10.2%,可以看到,印度野牛的出现率随最湿季降雨量的增加而上升,同时它们偏好靠近道路、平缓的常绿阔叶林和灌丛(图 2)。基于 Jackknife 刀切法

判定的各个因子的重要性见图3。

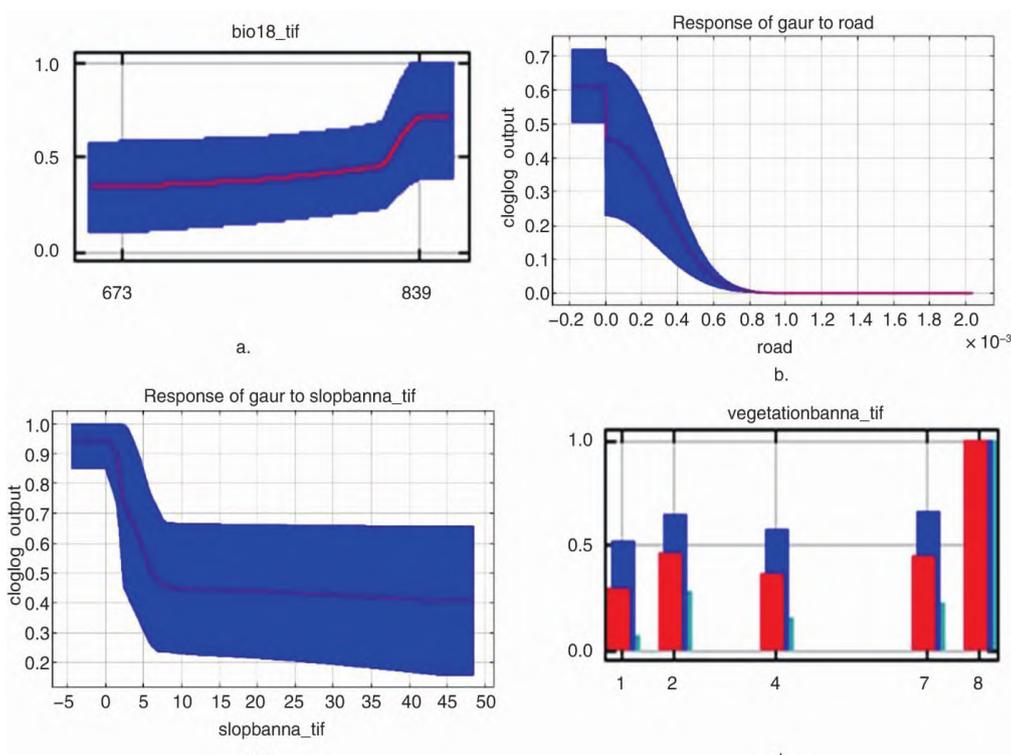


图2 模型中贡献率最高的四个环境变量对野牛出现率的影响情况 a:最湿季降雨量;b:道路密度;c:坡度;d:地物覆盖类别 (1为其它,2为茶叶,4为灌丛,7为常绿阔叶林,8为针叶林)。红色为模型均值,蓝色为加减一个标准差后的数值。

Figure 2 The effect of most important four variables to the presence of Gaur. a: Precipitation of Warmest Quarter; b: Road density; c:slope; d:vegetation type

(1:others,2:tea plantation; 4:shrub;7:evergreen broadleaf forest;8:conifer forest). The red is mean, and blue shows the number with ± one standard deviation.

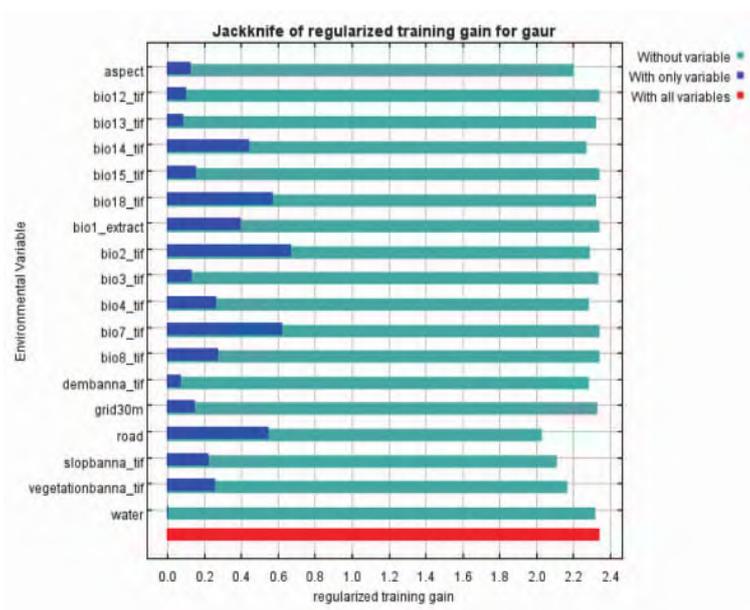


图3 基于 Jackknife 刀切法对各个环境变量重要性的评估

Figure 3 The results of the jackknife test of variable importance.

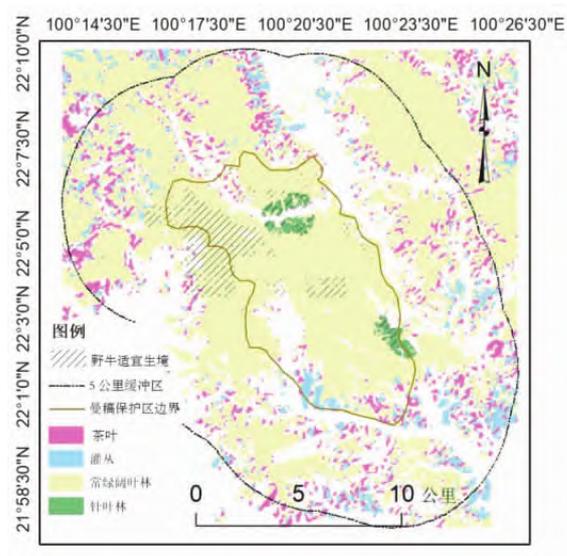


图4 西双版纳曼稿保护区及其周边区域印度野牛的适宜生境图

Figure 4 The suitable habitat map of Gaur in Mangao protected area and surrounded region.

在模型中,取相等灵敏度和特异度阈值为 0.272,我们把大于 0.272 的区域设为野牛的适宜生境,其它区域则设为不适宜区域。所得结果见图 4。在研究区域内,野牛的适宜生境总面积为 21 km²,其中 61%位于保护区内。

3 讨论

我们利用一年时间的样线和红外相机调查,获得了西双版纳国家级自然保护区曼稿片区印度野牛分布点,并对它们的适宜生境进行了分析。虽然由于受到人力物力的影响,我们的红外相机只能覆盖保护区的部分地区,但是 MaxEnt 是基于出现数据(Presence data)进行预测的模型,而且所获取的结果 AUC 值为 0.987,所以我们认为有限的野外数据并没有很严重影响模型效果。丁晨晨等(2018)认为西双版纳勐海县和勐腊南部具有印度野牛的高适宜性栖息地^[6]。本研究结果与这一研究结论大致相同,但是我们的模型显示,最湿季的降雨量对野牛的栖息地选择有比较重要的影响,同时野牛更倾向于选择靠近道路的区域活动,并且喜欢在坡度平缓的天然植被活动(图 3),而甘宏协和胡华斌(2008)认为野牛主要活动于天然的灌丛和林地、坡度陡峭的区域。在过去 50 年来,西双版纳的天然林一直受到橡胶种植的威胁,在低海拔和坡度平缓的地方,大片天然林被橡胶林替代^[14,15],由于对天然植被的依赖性,野牛很可能被迫选择到坡度更陡峭的天然林中活动,基于本研究的模型数据,在分布有天然植被的地方,野牛会优先选择更平缓的地带;模型中另外一个比较重要的变量是道路,从图 3 可以看出,野牛喜欢在靠近道路的地方活动,这一方面可能是由于近年它们在研究地点的道路附近不会受到狩猎威胁,另外一方面可能是因为道路的林缘开阔生境更为适合野牛^[16]。

在现期野牛的适宜生境中,有 61%位于保护区内,从图 3 中可以看出,野牛并不会明显的回避人类居民点,而保护区外也存在有大量的天然植被,可以为野牛提供栖息地,所以在保护区的管理中,需要注意防范偷猎,在保护区内部和周边的村寨开展足够的宣传教育,以保证野牛在保护区内外的栖息地中自由活动;另外一方面,保护区周边和内部都有村寨,保护区内的人为活动几乎不可避免,所以社区工作在曼稿保护区的管理中非常重要,在保障当地村民合法合理活动的同时,也要加强巡护和宣传,并在未来基于现有的野牛适宜生境分布状况制定计划,才能保证保护效果。

曼稿保护区所在的勐海县,是整个西双版纳州印度野牛分布比较集中的区域,在曼稿东北面的纳板河保护区,和南面的布龙保护区,都有印度野牛的记录^[5]。在未来,可以考虑通过建立廊道规划对勐海的野牛栖息地进行联通和恢复,尤其是恢复低海拔和坡度平缓地带的天然林,恢复结果不仅可以使野牛受益,也可以同时保护很多生活在常绿阔叶林和热带雨林中的其它野生动物。

参考文献:

- [1] Milner-Gulland EJ, Bennett ELJ. Wild meat: the bigger picture[J]. Trends in Ecology and Evolution, 2003, 18(7):351-357.
- [2] Jepson P, Barua MJC. Society: A theory of flagship species action[J]. Conservation and Society, 2015, 13(1): 95-104.
- [3] Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities [J]. Nature, 2000, 403(6772): 853-858.
- [4] Zhang J, Cao M. Tropical forest vegetation of Xishuangbanna, SW China and its secondary changes, with special reference to some problems in local nature conservation[J]. Biological Conservation, 1995, 73(3): 229-238.
- [5] 张忠员,杨鸿培,罗爱东,西双版纳印度野牛种群数量,分布和保护现状[J]. 林业调查规划, 2016, 41(2): 115-119.
- [6] 丁晨晨,胡一鸣,李春旺,等. 印度野牛在中国的分布及其栖息地适宜性分析[J]. 生物多样性, 2018, 9: 951-961.
- [7] Duckworth JW, Sankar K, Williams AC, et al. Bos gaurus. The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org/details/2891/0>. 2016, (accessed on 2021-10-21)
- [8] 蒋志刚,江建平,王跃招,等. 中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性, 2016, 24(5): 500.
- [9] 杨建波,马友鑫,白杨,等. 西双版纳地区主要森林植被乔木多样性的时间变化[J]. 广西植物, 2019, 39(9): 1243-1251.
- [10] Phillips SJ, Dudík MJE. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation

(下转第 38 页)

- 2020,36(01):93-99.
- [11] Zhang X, Zheng Q, Zhou L, et al. Nonpoint Pollution Source-Sink Landscape Pattern Change Analysis in a Coastal River Basin in Southeast China.[J]. International journal of environmental research and public health,2018,15(10):1-3.
- [12] 俞飞,李智勇. 天目山自然保护区景观尺度美学质量时空变化特征探析[J]. 中南林业科技大学学报,2019,39(02):79-85.
- [13] 苏凯,王茵然,孙小婷,等. 基于GIS与RS的东北森林带景观格局演变与模拟预测[J]. 农业机械学报,2019,50(12):195-204.
- [14] 赵昊天. 眉山市土地利用动态变化及趋势预测研究[D]. 成都理工大学,2020.
- [15] 庞敏. 特大山地都市区景观格局变化及生态服务价值研究[D]. 重庆工商大学,2020.
- [16] 陈佳楠,唐代生,贾剑波. 基于MCE-CA-Markov模型的森林景观格局演变和模拟预测—以宁乡市为例[J]. 中南林业科技大学学报,2021,41(09):127-137.
- [17] 岳东霞,杨超,江宝骅,等. 基于CA-Markov模型的石羊河流域生态承载力时空格局预测[J]. 生态学报,2019,39(06):1993-2003.
- [18] 王宇航. 基于MCE-CA-Markov模型的包头市土地利用变化及模拟研究[D]. 北京林业大学,2019.
- [19] 刘园. 基于CA-Markov的县城土地利用动态模拟及生态系统服务价值测算[D]. 华中师范大学,2019.
- [20] 林沛锋. 花都区土地利用现状评价及多情景模拟研究[D]. 广东工业大学,2019.
- [21] 张杰,周寅康,李仁强,等. 土地利用/覆盖变化空间直观模拟精度检验与不确定性分析—以北京都市区为例[J]. 中国科学(D辑:地球科学),2009,39(11):1560-1569.

(上接第31页)

- [J]. Ecography, 2008, 31(2): 161-175.
- [11] 黎运喜,陈佑平,余凌帆,等. 基于MaxEnt模型的二郎山廊道大熊猫栖息地适宜性评价[J]. 四川动物,2016,35(6):833-837.
- [12] 崔绍朋,罗晓,李春旺,等. 基于MaxEnt模型预测白唇鹿的潜在分布区[J]. 生物多样性,2018,26(2):171.
- [13] 林源,徐雪怡,伊剑锋. 基于MaxEnt模型的广西黑颈长尾雉潜在栖息地预测与保护空缺分析[J]. 四川动物,2017,36(3):328-333.
- [14] 李增加,马友鑫,李红梅,等. 西双版纳土地利用/覆盖变化与地形的关系[J]. 植物生态学报,2008,32(5):1091-1103.
- [15] Chen H, Yi Z-F, Schmidt-Vogt D, Ahrends A, et al. Pushing the limits: The pattern and dynamics of rubber monoculture expansion in Xishuangbanna, SW China[J]. Plos One,2016, 11(2): e0150062.
- [16] 李明阳. 第八届中国林业青年学术年会. 濒危野生动物潜在生境空间建模方法研究——以印度野牛 *Bos gaurus* 为例. In: 第八届中国林业青年学术年会 2010, pp19-22.