

引用格式:刘慧明,刘晓曼,王昌佐,等.金钟山国家级自然保护区黑颈长尾雉生境适宜性评价[J].地球信息科学学报,2016,18(4):526-536. [Liu H M, Liu X M, Wang C Z, et al. 2016. Assessment and conservation strategy on habitat suitability of *Syrnaticus humiae* in Jinzhongshan national nature reserve. Journal of Geo-information Science, 18(4):526-536.] DOI:10.3724/SP.J.1047.2016.00526

金钟山国家级自然保护区黑颈长尾雉生境适宜性评价

刘慧明,刘晓曼*,王昌佐,王 桥

环境保护部卫星环境应用中心,北京 100094

Assessment and Conservation Strategy on Habitat Suitability of *Syrnaticus humiae* in Jinzhongshan National Nature Reserve

LIU Huiming, LIU Xiaoman*, WANG Changzuo and WANG Qiao

Satellite Environment Center, Ministry to Environmental Protection, Beijing 100094, China

Abstract: To strengthen the protection of the rare animal species of *Syrnaticus humiae*, we assessed the habitat suitability of *Syrnaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve. Based on the field survey data, we selected the vegetation type, vegetation coverage, altitude and slope as the evaluation factors and built the habitat suitability model using GIS technology. The results showed that: (1) the deciduous broadleaved forest area with the altitude of 1000-1850 m, the slope of 5-25° and the vegetation coverage higher than 70% are the most suitable habitat for *Syrnaticus humiae*, so these areas should be taken as the key protection habitat; (2) there are a total of 25 kinds of habitat types for *Syrnaticus humiae* to settle, however, considering the efficiency and cost of the conservation, 15 kinds among the habitat types with bigger area are selected as the potential habitat, and 54.31% of the potential habitat is distributed in the core zone of the nature reserve, 15.75% of the potential habitat is distributed in the buffer zone, and 29.94% of the potential habitat is distributed in the experiment zone; (3) the assessment of the habitat suitability showed that the area of the suitable habitat is about 74 km² and takes almost 36.30% of the total area of Jinzhongshan Nature Reserve. Based on the habitat assessment of *Syrnaticus humiae*, a series of conservation strategy was proposed respectively.

Key words: Jinzhongshan National Nature Reserve; *Syrnaticus humiae*; habitat suitability assessment

***Corresponding author:** LIU Xiaoman, E-mail: showma79@163.com

摘要: 为加强对珍稀动物黑颈长尾雉(*Syrnaticus humiae*)的保护,本研究以广西金钟山国家级自然保护区的黑颈长尾雉野外实地调查数据为基础,在地理信息系统(GIS)技术支持下,以植被类型、植被覆盖度、海拔和坡度为评价因子,采用生境适宜性评价模型,对黑颈长尾雉潜在生境的适宜性进行了评价。研究结果表明:(1)黑颈长尾雉最适宜的生境是海拔1000~1850 m、坡度为5~25°、盖度大于70%的落叶阔叶林,这些区域应该成为重点保护的栖息地;(2)保护区内黑颈长尾雉分布的生境类型有25种,鉴于保护的有效性和成本,选择面积占主导的15种生境类型为潜在生境,其中,54.31%的潜在生境分布在核心区内,15.75%分布在缓冲区,29.94%分布在实验区;(3)生境适宜性评价结果表明,保护区适宜栖息生境的面积达74 km²,约占保护区总面积的36.30%。最后,基于黑颈长尾雉在金钟山自然保护区的生境适宜性研究范围提出了相应的保护对策。

关键词: 黑颈长尾雉;金钟山;地理信息系统;生境适宜性评价

收稿日期:2015-08-03;修回日期:2015-09-14.

基金项目:国家科技支撑计划项目“生物多样性保护与濒危物种保育技术研究及示范”(2012BAC01B00)。

作者简介:刘慧明(1982-),女,山西临县人,高级工程师,研究方向为生态遥感。E-mail: liuhm@secmep.cn

*通讯作者:刘晓曼(1979-),女,湖北宜昌人,高级工程师,研究方向为生态遥感。E-mail: showma79@163.com

1 引言

近年来动物的生境不断遭到破坏,破碎化和斑块化现象日益加重,对动物的生存繁衍造成严重影响^[1-2]。研究表明,生境丧失和破碎是生物多样性降低的主要原因^[3-4],因此生境保护是保护动物生存、维持生态系统生物多样性稳定的根本措施之一^[5]。开展动物生境适宜性评价,是分析野生动物生存状况和导致部分物种濒危的重要手段,也能为生境保护制定合理的对策提供科学依据^[6-7]。生境适宜性模型(Habitat Suitability Model)将动物分布信息与环境变量信息相结合,以评价特定物种的生境适宜性、预测潜在的适宜生境及物种的地理分布,是决策者在开展生物多样性保护、物种监测和管理中的重要工具和有效手段^[8-11]。

生境适宜性模型根据所需数据及原理的不同,可将其分为机理模型、回归模型和生态位模型^[12-14]。机理模型根据对物种生物学和生态学长期研究的结果,分析物种的生境需求,明确影响其种群及行为的限制因素或主导因素,建立相应准则进行评价^[15]。机理模型评价因子的选择和评价标准的制定都是以物种生物学、生态学研究结果为依据,根据物种的生境要求而选择。机理模型的局限性在于物种的生境选择行为难以研究清楚,且没有考虑生境的可达性^[16]。回归模型是以物种出现频率或是否出现(1/0)为因变量^[17-18],以各种生境因子为自变量,通过回归分析建立物种反应与环境变量之间的关系,据此来评价和预测物种的生境^[19]。回归模型有很多种,常用的有广义加法模型(Generalized Additive Model)和逻辑回归模型(Logistic Regression Model)。但是,回归模型对数据要求较高,要求详细的物种调查数据。在野外调查中,物种出现或者没有出现的样点很难确定,所以,获取物种有无出现的数据比较困难,进而影响了模型的应用。生态位模型是继机理模型和回归模型之后的一种新的生境预测模型,只需要物种出现点和环境变量就能对整个研究区的物种生境进行预测^[20]。常用的生态位模型有基于主成分分析的生态位因子分析模型ENFA^[21]和最大熵原理的Maxent模型^[22]。生态位模型结果充分体现物种的生境利用与生境因子之间的关系^[21],在生境评价与生境预测中得到广泛应用。但是,也有学者认为已知分布资料往往存在偏倚性,难以保证所有的区域都有足够的考察样点,因

此并不能反映出全部的适宜生境分布区,导致生态位模型预测的结果出现较大的偏差^[23]。综上所述,不同的模型各有优缺点,在利用模型进行生境适宜性评价时应根据数据的特点选择模型,这样才能发挥模型的优点,得到可靠的生境适宜性评价结果,为野生动物的保护提供有力的技术支持。

黑颈长尾雉(*Syrnium humiae*)属于鸡形目鸟类,是杂食性鸟类,夏季以植物的花、果实、嫩叶芽和动物性食物为主,其他3个季节以壳斗科和裸子植物的种子为主要食物^[24],栖息地的主要植被类型是常绿阔叶林、常绿阔叶与落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、针阔混交林、针叶林,典型生境是1200~1300 m开阔的以壳斗科植物或松树为优势的森林^[25-26],分布于印度东北部、缅甸北部、泰国西北部及中国的广西西部和云南的中、西部地区,为濒危物种^[27-28],是国家一级重点保护动物。由于黑颈长尾雉数量少,分布范围狭窄,被列入国际濒危物种贸易公约附录 I (Appendix I of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora),IUCN出版的红皮书将其列入稀有种^[29]。金钟山国家级自然保护区内黑颈长尾雉种群不仅位于该物种分布区的边缘,而且其原生性、分布数量为世界少有,在遗传多样性保护方面具有重要意义。本文以分布于广西自治区金钟山国家级自然保护区内的黑颈长尾雉为研究对象,构建生境适宜性评价模型,对其潜在生境适宜性进行评价,旨在研究黑颈长尾雉的生境质量,为黑颈长尾雉的保护提供参考,同时也为其它物种的保护提供借鉴。

2 研究区地理环境与数据预处理

2.1 保护区地理环境

金钟山国家级自然保护区位于广西壮族自治区西部(东经104°46'13"~105°00'06",北纬24°32'44"~24°43'07"),云贵高原南缘,是黑颈长尾雉的重要栖息地(图1)。保护区内地形复杂,地势陡峭,海拔在1200 m以上面积约占85%,金钟山顶峰最高点海拔1836 m,最低处海拔780 m,相对高差1056 m。山体坡度一般在25°以上,整体地势东南高,西北低。保护区在气候带上处于亚热带西部,受西南季风以及来自云南高原焚风影响,具有干湿季明显的特点,年平均气温18.3℃,年降雨量1200 mm。保护区位于中国动物地理区的华南区、西南区和华

3 自然保护区物种生境适宜性综合评价

3.1 生境适宜性影响因子的筛选

一般将影响野生动物生境适宜性的因子划分为:物理环境因子、生物环境因子和人类活动因子^[15] 3类。鉴于该保护区位置偏僻,以HJ-1CCD数据(2011-02-25)为基础结合高分辨率卫星影像提取了该保护区内人为干扰因子,主要有城镇居民点、农田、人工设施、道路4类,保护区是目前中国天然林尚存比较完整的分布区,自然植被保存较好,人为干扰活动较少,占保护区面积的4.40%(图2、表1),人类活动强度低,在本研究中暂不考虑人类活动因子。在保护区野外巡查中发现,水源距离在黑颈长尾雉分布区和未分布区差异不明显,所以,未纳入黑颈长尾雉生境适宜性影响因子。这与杨月伟等^[30-31]对白颈长尾雉的栖息地研究结果一致,

主要与保护区的气候相关,保护区年降雨量充沛,能满足黑颈长尾雉的需要。

对于物理环境因子及生物环境因子的选择,主要根据野外调查数据及前人对黑颈长尾雉分布习性和生境特点研究的相关文献^[15-20]进行选择。

(1)物理环境因子:选择海拔、坡度作为反映物理环境因素的主要生境因子。

(2)生物环境因子:选择植被类型、植被覆盖度作为生物环境因子。

3.2 生境适宜性影响因子的分级

考虑生态、地理等因子对物种格局分布的影响,并参考有关文献资料^[30-32],将海拔分为700~1000 m、1000~1300 m和1300~1850 m,坡度分为0~5°、5~15°、15~25°、25~35°和35~60°,植被覆盖度分为0~30%、30%~50%、50%~70%、70%~90%和>90%。为便于各因子叠加形成生境单元,将不同的海拔、坡度、植被覆盖度,以及土地覆盖类型进行编号,其中,植被类型代码为2位数,其他因子代码均为1位,对应关系见表2,这4个因子的组合代码构成了生境适宜性单元代码。

3.3 生境适宜性赋值

通过野外采样方法可对影响目标物种生境的各个因子进行测量。因此,可利用海拔、坡度、植被覆盖度、坡位等因素出现的频次作为赋值标准(以海拔因素为例):通过样方调查,将目标物种痕迹出现频次最多的海拔阶段定为最适宜,赋值为1,其他各阶段海拔目标出现痕迹的频次与最适宜阶段的频次相比,得出适宜性系数,计算公式如式(3)所示。

$$I=r_{ni}/R_{ni} \tag{3}$$

式中: I 为生境适宜度; n 代表生境因子数量; r 为样方中第 i 因素在不同海拔等生境因子出现的频次; R 为样方中第 i 因素出现最多的频次。

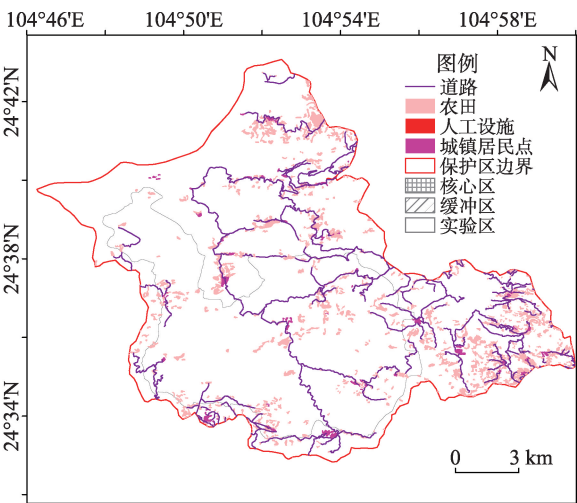


图2 金钟山黑颈长尾雉国家自然保护区人为干扰空间分布图

Fig. 2 Spatial pattern of the human-induced disturbance in Jinzhongshan Nature Reserve

表1 金钟山黑颈长尾雉国家自然保护区人为干扰统计表

Tab. 1 Statistical data of the pattern of the human-induced disturbance in Jinzhongshan Nature Reserve

	核心区		缓冲区		实验区	
	面积/hm ²	百分比/(%)	面积/hm ²	百分比/(%)	面积/hm ²	百分比/(%)
农田	26.64	0.14	35.72	0.19	80.83	0.39
城镇居民点	127.49	0.67	157.94	0.83	494.74	2.16
人工设施	0	0	0	0	3.60	0.02
道路	57 094	—	40 316	—	101 062	—

注:百分比为各区域内人为活动斑块面积与整个保护区的面积之比

表2 各生境适宜性因子等级和代码
Tab. 2 Ratings and codes of habitat suitability factors

因子类型	分级	代码
海拔/m	700~1000	1
	1000~1300	2
	1300~1850	3
坡度/°	<5	1
	5~15	2
	15~25	3
	25~35	4
	35~60	5
植被覆盖度	<30%	1
	30%~50%	2
	50%~70%	3
	70%~90%	4
	>90%	5
植被类型	农田和村庄	11
	山顶矮林	12
	常绿落叶阔叶混交林	13
	常绿阔叶林	14
	湿地	15
	灌丛	16
	竹林	17
	经济林	18
	草丛	19
	落叶阔叶林	20
	幼林地	21
	针叶林	22

注:生境单位代码由5位数字组成,前3位依次分别为海拔代码、坡度代码、植被覆盖度代码,最后2位为植被类型代码,如23420,即表示海拔位于1000~1300 m(代码为2)、坡度为15~25°(代码为3)、植被覆盖度在70%~90%之间(代码为4),以及植被类型为落叶阔叶林(代码为20)的生境单元类型

3.4 评价模型的建立与评价验证

根据野外调查情况,建立如下模型对保护区目标物种潜在生境适宜性进行评价。

$$S_j = \prod_{i=1}^n u_i \tag{4}$$

式中: S_j 表示不同单元针对目标物种总的生境适宜性水平,以此作为该评价单元的物种生境适宜性评价依据; u_i 表示不同生境因子对目标物种生境适宜度赋值; n 表示生境因子个数。

将海拔、坡度、植被覆盖度以及土地覆被类型4

个因子叠加形成保护区生境单元,收集保护区2008~2010年黑颈长尾雉野外巡护监测数据,确定野外分布点(图3),提取该范围内的生境单元,找出

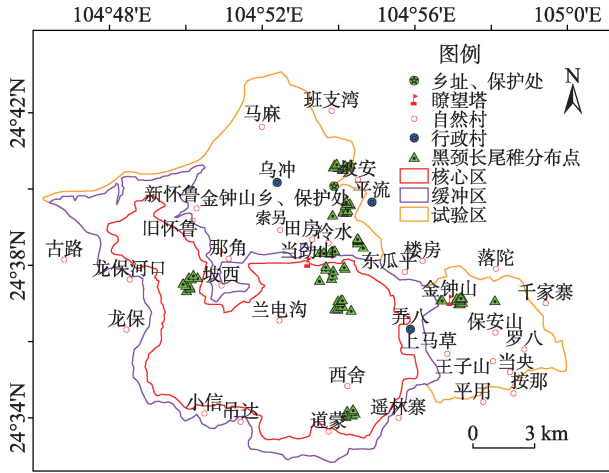


图3 金钟山自然保护区黑颈长尾雉野外分布点
Fig. 3 The distribution points of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

面积占主导的生境单元类型,基于现有的分布点及其所对应的生境条件组合,构建物种分布-生境关系模型,并在此基础上预测物种在该保护区内的潜在生境。

针对目标物种适宜性评价结果,通过从野外调查或保护区管理处获取动物巢址、粪便、足迹等物种分布点数据,以及通过遥感监测或现场调查等植物分布数据对比予以验证,以此评价该适宜性评价结果的准确度。

3.5 适宜性评价结果分析

(1)地形因素分析

黑颈长尾雉在海拔1300~1850 m和1000~1300 m出现频率较高,说明黑颈长尾雉适宜生活于这2个海拔梯度内。海拔在1300~1850 m的区域,总面积约为60.71 km²,主要分布在保护区东部及南部;海拔在1000~1300 m的区域,总面积约101.19 km²,此区域面积较大,主要分布在核心区及实验区。海拔在700~1000 m范围内,为一般适宜,主要分布在保护区西北部(表3和图4)。

表3 金钟山自然保护区黑颈长尾雉生境适宜性因子(海拔)分布统计表
Tab. 3 Statistical table of the habitat suitability factors (altitude) of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

代码	海拔范围/m	出现次数	出现频率/(%)	面积/km ²	面积百分比/(%)	密度(出现次数/km ²)
1	700~1000	1	0.68	42.94	20.96	0.02
2	1000~1300	52	35.62	101.19	49.40	0.51
3	1300~1850	93	63.70	60.71	29.64	1.53

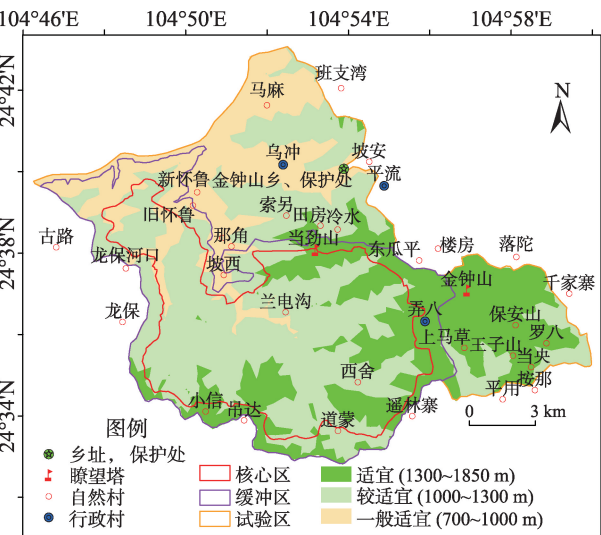


图4 金钟山自然保护区黑颈长尾雉生境适宜性因子(海拔)等级分布图

Fig. 4 Grade distribution of the habitat suitability factors (altitude) of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

表4 金钟山自然保护区黑颈长尾雉生境适宜性因子(坡度)分布统计表

Tab. 4 Statistical table of the habitat suitability factors (slope) of <i>Syrmaticus humiae</i> in Jinzhongshan Nature Reserve						
代码	坡度/°	出现次数	出现频率/(%)	面积/km ²	面积百分比/(%)	密度/(出现次数/km ²)
1	<5	6	4.11	7.48	3.65	0.80
2	5~15	38	26.03	52.41	25.58	0.73
3	15~25	92	63.01	110.19	53.79	0.83
4	25~35	9	6.16	33.49	16.35	0.27
5	35~60	1	0.68	1.27	0.62	0.79

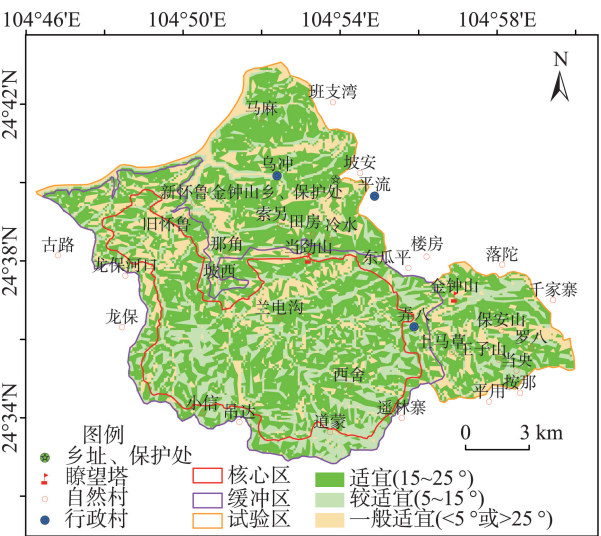


图5 金钟山自然保护区黑颈长尾雉生境适宜性因子(坡度)等级分布图

Fig. 5 Grade distribution of the habitat suitability factors (slope) of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

黑颈长尾雉在坡度为5~25°出现频率较高,其中在15~25°的区域出现频率达到了63%,此区域为适宜区,总面积约为110.19 km²,分布在保护区大部分地区;坡度在5~15°的区域较适宜,此区域面积约为52.41 km²;而坡度小于5°或大于25°的区域为一般适宜(表4和图5)。

(2) 植被因素分析

黑颈长尾雉在落叶阔叶林中出现频率最高,此区域总面积约为93.03 km²,主要分布在核心区及缓冲区,是黑颈长尾雉适宜生活区域;其次是经济林、幼林地、常绿落叶阔叶混交林,主要位于保护区核心区东部以及实验区,总面积约55.17 km²,为较适宜区;在灌丛、常绿阔叶林、针叶林区域也有少量黑颈长尾雉分布,此区域主要分布在实验区,总面积约36.68 km²,为一般适宜区;而在山顶矮林、竹林、草丛、农田和村庄、湿地等区域未有黑颈长尾雉分布,其主要分布在保护区西部实验区,此区域不适

宜黑颈长尾雉生存(表5和图6)。

黑颈长尾雉在植被覆盖度为70%~90%的区域出现频率最高,其次是覆盖度大于90%的区域,说明黑颈长尾雉适宜生活在植被覆盖度为70%~90%的区域,此类地区总面积约为143.66 km²,植被覆盖度大于90%的区域较适宜,此类地区面积约为53.09 km²,主要分布在核心区;在植被覆盖度在50%~70%的区域也有分布,此类地区为一般适宜;而植被覆盖度小于50%的地区不适宜黑颈长尾雉生存(表6和图7)。

(3) 潜在生境的分布

通过对海拔、坡度、植被覆盖度、植被类型等生境适宜性因子进行GIS叠加分析,构建物种-生境关系模型,提取黑颈长尾雉潜在生境单元。为更有效地保护潜在生境,同时减少过高的保护成本,选定生境面积从大到小顺序进行累加,总和大于90%的生境单元类型为该物种的潜在生境,从而获

表5 金钟山自然保护区黑颈长尾雉生境适宜性因子(植被类型)分布统计表
Ta. 5 Statistical table of the habitat suitability factors (vegetation types) of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

代码	植被类型	出现次数	出现频率/(%)	面积/km ²	面积百分比/(%)	密度(出现次数/km ²)
11	农田和村庄	0	0.00	1.14	0.56	0
12	山顶矮林	0	0.00	0.08	0.04	0
13	常绿落叶阔叶混交林	20	13.70	4.01	1.96	4.99
14	常绿阔叶林	5	3.42	4.54	2.21	1.10
15	湿地	0	0.00	9.32	4.55	0
16	灌丛	9	6.16	17.70	8.64	0.51
17	竹林	0	0.00	0.11	0.05	0
18	经济林	33	22.60	19.34	9.44	1.71
19	草丛	0	0.00	9.37	4.57	0
20	落叶阔叶林	52	35.62	93.03	45.40	0.56
21	幼林地	24	16.44	31.82	15.53	0.75
22	针叶林	3	2.05	14.44	7.05	0.21

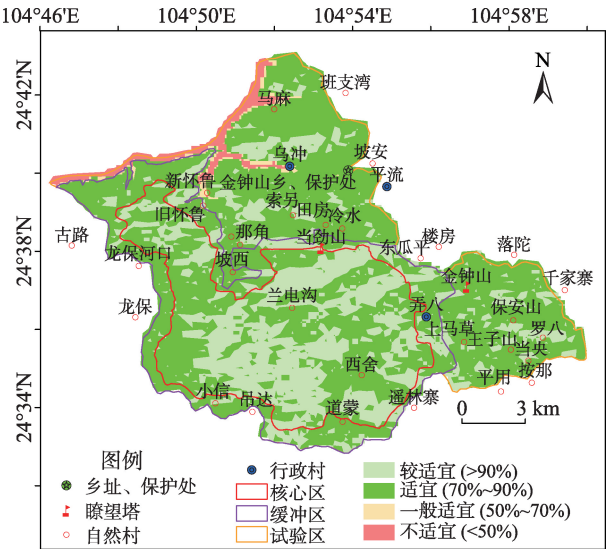


图6 金钟山自然保护区黑颈长尾雉生境适宜性因子(植被类型)等级分布图
Fig. 6 Grade distribution of the habitat suitability factors (vegetation types) of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

得黑颈长尾雉潜在生境类型(图8)。表7列出了黑颈长尾雉25种类型分布生境单元中面积自大而小累加达到90%的生境类型中的前15种偏好的潜在生境类型。

通过叠加保护区功能区划,对潜在生境进一步分析。由表8可知,54.31%的潜在生境分布在核心区范围内,15.75%的潜在生境分布在缓冲区,29.94%的潜在生境分布在实验区。

(4)潜在生境适宜性评价与分级

选取海拔、坡度、植被类型、植被覆盖度4个生境因子构建物种生境适宜性多因子综合评价模型。在上述对保护区海拔、坡度、植被等因子适宜性分析的基础上,确定各因子适宜性等级。最后对各因子适宜等级相乘,得到保护区重点保护物种生境适宜性综合评价图(图9)。

由评价结果可知(图10),保护区适宜生境(包括适宜、较适宜和一般适宜生境)面积达73.97 km²,约占保护区总面积的36.30%。其中适宜生境面积

表6 金钟山保护区黑颈长尾雉生境适宜性因子(植被覆盖度)分布统计表
Tab. 6 Statistical table of the habitat suitability factors (vegetation coverage) of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

代码	植被覆盖度/(%)	出现次数	出现频率/(%)	面积/km ²	面积百分比/(%)	密度/(出现次数/km ²)
1	<30	0	0.00	3.08	1.51	0
2	30~50	0	0.00	2.69	1.31	0
3	5~70	1	0.68	2.37	1.16	0.42
4	70~90	81	55.48	143.66	70.12	0.56
5	>90	64	43.84	53.09	25.91	1.21

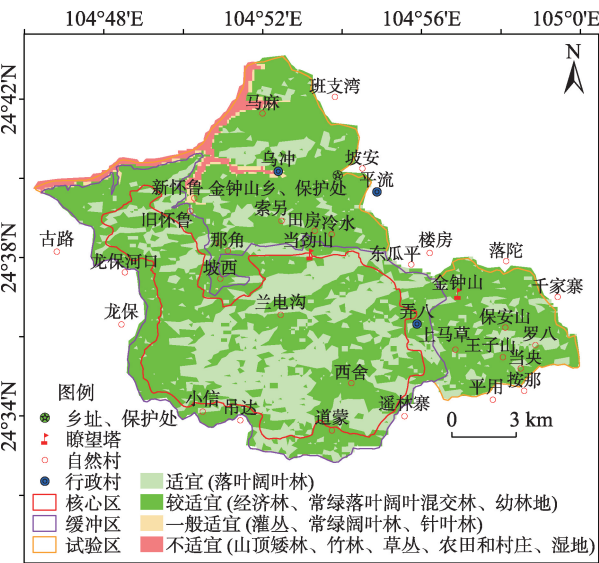


图7 金钟山自然保护区黑颈长尾雉生境适宜性因子(植被覆盖度)等级分布图

Fig. 7 Grade distribution of the habitat suitability factors (vegetation coverage) of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

达 13.53 km², 占保护区总面积的 6.64%, 主要分布在保护区中高海拔区域, 如当劲山、金钟山附近, 坡度较缓, 大约位于 15~25° 范围, 以双皮栎、白栎林等落叶阔叶林和油桐林为主, 植被覆盖度大于 90%; 较适宜生境面积 19.67 km², 占保护区总面积的 9.65%, 主要分布在保护区中海拔区域, 植被类型以落叶栎林、油桐经济林为主, 坡度平缓, 植被覆盖度较高, 如坡西乡的东北边; 一般适宜生境面积

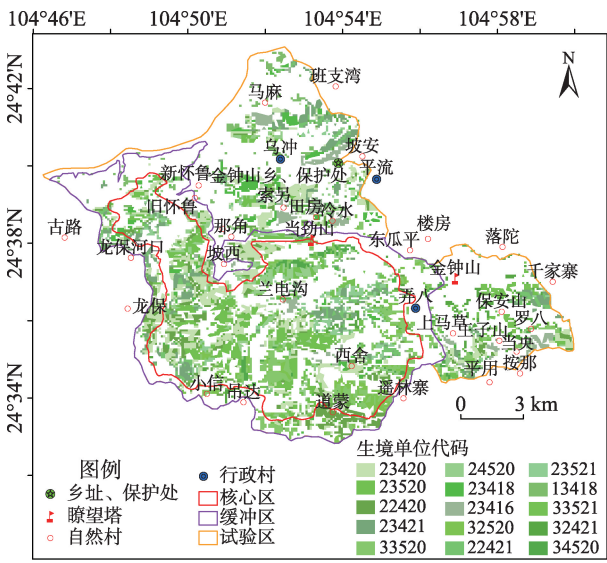


图8 金钟山自然保护区黑颈长尾雉潜在生境分布图

Fig. 8 Grade distribution of the potential habitat of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

达 40.77 km², 占保护区总面积的 20.01%, 主要分布在保护区中高海拔区域, 坡度较大, 植被类型以落叶阔叶林及幼林地为主, 灌丛亦有少量分布, 植被覆盖度相对较低, 如道蒙沟区域; 不适宜区域主要分布在保护区西北侧天生桥水库周边区域, 湿地区域不适宜雉类生存, 保护区兰电沟乡东侧分布有大片杉木林区域, 亦不适宜雉类生存。通过叠加保护区功能区划, 对保护区物种潜在生境进一步分析。核心区生境(包括适宜、较适宜和一般适宜生境)面积最大, 达 35.85 km², 占保护区总适宜生境面积的

表7 黑颈长尾雉主要潜在生境类型表

Tab. 7 The main potential habitat types and distribution of *Syrmaticus humiae*

生境单元代码	海拔/m	坡度/(°)	植被覆盖度/(%)	植被类型	面积/hm ²	比例/(%)
23420	1000~1300	15~25	70~90	落叶阔叶林	1546.29	18.49
23520	1000~1300	15~25	>90	落叶阔叶林	1102.41	13.18
22420	1000~1300	5~15	70~90	落叶阔叶林	816.48	9.76
23421	1000~1300	15~25	70~90	幼林地	672.30	8.04
33520	1300~1850	15~25	>90	落叶阔叶林	626.13	7.49
24520	1000~1300	25~35	>90	落叶阔叶林	434.16	5.19
23418	1000~1300	15~25	70~90	经济林	402.57	4.81
23416	1000~1300	15~25	70~90	灌丛	358.83	4.29
32520	1300~1850	15~25	>90	落叶阔叶林	358.02	4.28
22421	1000~1300	5~15	70~90	幼林地	295.65	3.54
23521	1000~1300	15~25	>90	幼林地	293.22	3.51
13418	700~1000	15~25	70~90	经济林	191.97	2.30
33521	1300~1850	15~25	>90	幼林地	191.16	2.29
32421	1300~1850	15~25	70~90	落叶阔叶林	165.24	1.98
34520	1300~1850	25~35	>90	落叶阔叶林	165.24	1.98

表8 潜在生境功能分区

Tab. 8 Function zones of the potential habitat

功能区	潜在生境面积/hm ²	面积比例/(%)
核心区	4139.14	54.31
缓冲区	1200.21	15.75
实验区	2281.67	29.94

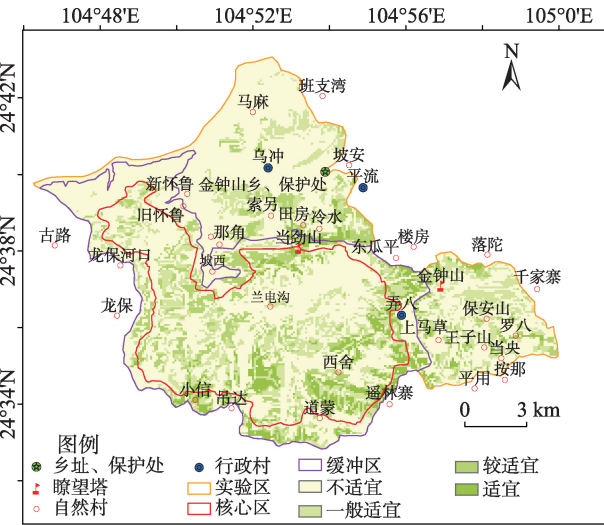


图9 金钟山自然保护区黑颈长尾雉潜在生境适宜性等级分布图

Fig. 9 Grade distribution of the potential habitat suitability of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

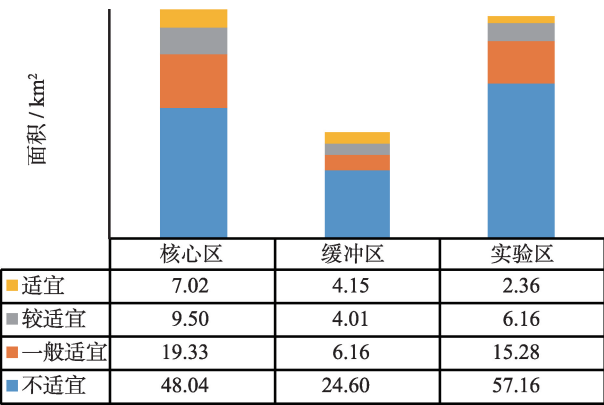


图10 金钟山自然保护区各功能区黑颈长尾雉潜在生境适宜性对比图

Fig. 10 Comparison diagram of the potential habitat suitability of *Syrmaticus humiae* in Jinzhongshan Nature Reserve

48.47%。其中,适宜等级面积在3个功能区占比最大,占保护区适宜等级面积的51.88%;缓冲区生境面积达14.32 km²,约占保护区总适宜生境面积的19.36%,其中适宜等级面积占保护区总适宜等级面积的30.67%;实验区生境面积达23.80 km²,占保护区总适宜生境面积的32.18%,其中适宜等级面积占

保护区总适宜等级面积的17.44%。

4 结论与建议

本文通过生境适宜性评价模型,对分布于广西壮族自治区金钟山国家级自然保护区内的黑颈长尾雉潜在的生境适宜性进行了评价,得到如下结论:

(1)植被为动物提供食物以及栖息地,是影响动物生境适宜性的重要因素;地形要素能客观、真实地反映黑颈长尾雉的生物学特性及生境选择特点,可提高野生动物生境描述的准确性^[9,15,20]。另外,地形间接影响了黑颈长尾雉的食物和栖息地的分布格局^[7]。因此,本文中生物要素选择了植被类型、植被覆盖度,非生物要素选择了海拔、坡度等地形要素,以期能准确、客观地反映黑颈长尾雉的生境质量。

本文适宜性评价未涉及人为干扰因子,原因在于金钟山国家级自然保护区是目前中国天然林保存比较完整的区域,原始植被保存较好,且大多分布在山区,而山区主要是少数民族地区,人口稀少,大多以村屯方式散居,对森林生态系统干扰强度较小。保护区中道路较少,很难进入,而且在野外调查研究中发现黑颈长尾雉对道路、居民点等人为活动区没有明显的避退现象^[33]。

(2)黑颈长尾雉最适宜的生境是海拔1000~1850 m、坡度为5~25°、盖度大于70%的落叶阔叶林,是需要重点保护的生境。保护区内的黑颈长尾雉分布的生境类型有25种,但是,为了更有效地保护潜在生境,减少过高的保护成本,应选择面积占主导的15种生境类型分布区为潜在生境。黑颈长尾雉潜在生境的54.31%分布在核心区,15.75%的潜在生境分布在缓冲区,29.94%分布在实验区。生境适宜性综合评价结果表明,保护区适宜生境(包括适宜、较适宜和一般适宜生境)面积达73.97 km²,约占保护区总面积的36.30%。其中,适宜面积占保护区总面积的6.64%,较适宜面积占9.65%,一般适宜生境面积占20.01%。核心区适宜生境(包括适宜、较适宜和一般适宜生境)分布最广,占保护区总适宜生境面积的48.47%,实验区适宜生境占32.18%,缓冲区占19.36%。

(3)金钟山自然保护区是黑颈长尾雉重要的栖息地,该保护区对于黑颈长尾雉的种群保存及繁衍具有重要的意义。

为进一步加强保护黑颈长尾雉的栖息地,结合本研究对不同生境因子的分析和生境适宜性的评价,提出如下建议:

(1)海拔、植被覆盖度与黑颈长尾雉的分布点之间的相关性较坡度和植被类型更为显著(图4-7)。从图4、7可看出,海拔、植物覆盖度的生境适宜因子等级分布图中处于适合的部分虽然所占面积较小,但与目前黑颈长尾雉的分布点却较为吻合。因此,加强该范围内生境因子,尤其是植被的保护,对于提高黑颈长尾雉的生境质量具有重要的意义。

(2)分布于“当劲山”附近的种群恰好是处于植被覆盖度从70%~90%向小于70%的过渡区域,可推测在适宜的海拔范围内,植被覆盖度的过渡也预示着植被类型或群落结构的变化,而这种变化进一步丰富了黑颈长尾雉的栖息地的条件,从而使得一定居群数量的黑颈长尾雉栖息于此。

(3)历史上广西隆林县以植物覆盖度高而著称,尤其是境内的金钟山,直至20世纪50、60年代,金钟山附近的森林植被一直很好,隆林县城附近的德峨、长发等地森林植被均十分繁茂。但20世纪50、60年代的“大炼钢铁”和70年代的林权变更,致使植被一次次遭到毁坏,而且隆林县境内的“金钟山黑颈长尾雉国家级自然保护区”前身为林场^[24],因此,建议相关部门进一步加强植被及生境的保护,尤其是加强植被的动态监测,这对于黑颈长尾雉的种群恢复及繁衍具有重要的意义。

致谢:野外工作得到了广西金钟山黑颈长尾雉国家级自然保护区全体工作人员的支持和帮助,在此表示感谢。

参考文献(References):

- [1] Henley S R, Ward D, Schmidt I. Habitat selection by two desert-adapted ungulates[J]. *Journal of Arid Environments*, 2007,70(1):39-48.
- [2] 刘雪华.3S技术与中国野生动物生境评价[M].北京:中国林业出版社,2011. [Liu X H. 3S technology and habitat assessment of wild life in China[M]. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 2011.]
- [3] Laurance W F, Lovejoy T E, Vasconcelos H L. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: A 22-year investigation[J]. *Conservation Biology*, 2002,16(3):605-618.
- [4] 武正军,李义明.生境破碎化对动物种群存活的影响[J].生态学报,2003,23(11):2424-2435. [Wu Z J, Li Y M. Effects of habitat fragmentation on survival of animal populations[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003,23(11):2424-2435.]
- [5] Boyce M S, McDonald L L. Relating populations to habitats using resource selection function[J]. *Trends of in Ecology & Evolution*,1999,14(7):268-272.
- [6] Klar N, Fernández N, Kramer-Schadt S, *et al.* Habitat selection models for European wildcat conservation[J]. *Biological Conservation*, 2008,141(1):308-319.
- [7] 林杰,徐文轩,杨维康,等.亚洲野驴生态生物学研究现状[J].生物多样性,2012,20(4):411-419. [Lin J, Xu W X, Yang W K, *et al.* Present situation of eco-biological study on *Equus hemionus*[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(10):2351-2358.]
- [8] Boyce M S, Vernier P R, Nielsen S E, *et al.* Evaluating resource selection functions[J]. *Ecological Modeling*, 2002, 157(2/3):281-300.
- [9] Peterson J T, Dunham J A. Combining inferences from models of capture efficiency, detectability, and suitable habitat to classify landscapes for conservation of threatened bull trout[J]. *Conservation Biology*, 2003,17:1070-1077.
- [10] Hemami M R, Watkinson A R, Dolman P M. Habitat selection by sympatric muntjac (*Muntiacus reevesi*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) in a lowland commercial pine forest[J]. *Forest Ecology and Management*, 2004,194:49-60
- [11] 王秀磊,李迪强,吴波.青海湖东——克图地区普氏原羚生境适宜性评价[J].生物多样性,2005,13(3):213-220. [Wang X L, Li D Q, Wu B. Habitat suitability assessment of *Przewalski's gazelle* in the Hudong- Ketu area, Qinghai, China[J]. *Chinese Biodiversity*, 2005,13(3):213-220.]
- [12] Store R, Jokimaki J. A GIS-based multi-scale approach to habitat suitability modeling[J]. *Ecological modelling*, 2003,169:1-15.
- [13] 王金亮,陈姚.3S技术在野生动物生境研究中的应用[J].地理与地理信息科学,2004,20(6):44-47. [Wang J L, Chen Y. Applications of 3S technology in wildlife habitat researches[J]. *Geography and Geo- Information Science*, 2004,20(6):44-47.]
- [14] Romero- Calcerrada R, Luque S. Habitat quality assessment using weights- of- Evidence based GIS modeling: The case of *Picoides tridactylus* as species indicator of the biodiversity value of the Finnish forest[J]. *Ecological modelling*, 2006,196:62-76.
- [15] 欧阳志云,刘建国,肖寒,等.卧龙自然保护区大熊猫生境评价[J].生态学报,2001,21(11):1869-1874. [Ouyang Z Y, Liu J G, Xiao H, *et al.* An assessment of giant panda habitat in Wolong Nature Reserve[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001,21(11):1869-1874.]
- [16] Dettki H, Lofstand R, Edenius L. Modeling habitat suit-

- ability for moose in coastal northern Sweden: empirical vs. process-oriented approaches[J]. *AMBIO*, 2003,32(8):549-556.
- [17] Boyce M S, Vernier P R, Nielsen S E, *et al.* Evaluating resource selection functions[J]. *Ecological Modelling*, 2002, 157:281-300.
- [18] 李石华,王金亮,陈姚.高黎贡山羚牛生境选择初步研究[J]. *四川动物*,2007,26(1):51-55. [Li S H, Wang J L, Chen Y. A Primary Study on Habitat Selection of Gaoligong Mountain Takin[J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2007,26(1):51-55.]
- [19] Lehmann A, Overton J M, Leathwick J R. GRASP: Generalized regression analysis and spatial prediction[J]. *Ecological Modelling*, 2003,160:165-183.
- [20] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maxemum entropy modeling of species geographic distributions[J]. *Ecological Modelling*, 2006,190:231-259.
- [21] Hirzel A H, Hausser J, Chessel D, *et al.* Ecological niche factor analysis: How to compute habitat suitability maps without absence data?[J]. *Ecology*, 2002,83(7):2027-2036.
- [22] 姚小刚,李明会,周伟,等.哀牢山自然保护区南华片黑颈长尾雉生境适宜性评价[J].*西南林业大学学报*,2012,32(2):68-72. [Yao X G, Li M H, Zhou W, *et al.* Habitat Suitability Assessment for Hume's Pheasant (*Syrmaticus humiae*) in Nanhua Part of Ailaoshan National Nature Reserve[J]. *Journal of Southwest Forestry University*, 2012, 32(2):68-72.]
- [23] Arriaga L, Castelanos V A E, Moreno E, *et al.* Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: A case study of bufel grass in arid regions of Mexico[J]. *Conservation Biology*, 2004,18(6):1504-1514.
- [24] 刘小华,周放,潘国平,等.广西黑颈长尾雉的分布与生态[J].*广西林业*,1990(4):25-26. [Liu X H, Zhou F, Pan G P, *et al.* The distribution and ecology of syrmaticus humiae in Guangxi[J]. *Forestry of Guangxi*,1990,4:25-26.]
- [25] 刘小华,周放,潘国平,等.黑颈长尾雉繁殖习性的初步研究.*动物学报*,1991,37(3):332-333. [Liu X H, Zhou F, Pan G P. *et al.* Liu X H, Zhou F, Pan G P. *et al.*Breeding habits of syrmaticus humiae burm annicus[J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1991,37(3):332-333.]
- [26] 贝永建,陈伟才,李汉华,等.再引入黑颈长尾雉育雏行为和育雏地选择[J].*四川动物*,2008(1):92-94. [Bei Y J, Chen W C, Li H H, *et al.* Brooding behavior and brooding habitat election of reintroduced syrmaticus humiae[J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2008,1:92-94.]
- [27] 广西金钟山黑颈长尾雉自然保护区综合科学考察.国家林业局中南林业调查规划设计院,2006(1):1-9. [Scientific investigation of *Syrmaticus humiae* in Guangxi Jingzhongshan National Nature Reserve. Central South Forest Bureau Survey Scheme Designing Institute,2006,1:1-9.]
- [28] 韩联宪.云南黑颈长尾雉(*Syrmaticus humiae*)分布及栖息地类型调查[J].*生物多样性*,1997,5(3):185-189. [Han L X. The distribution and habitat selection of the Hume's pheasant in Yunnan[J]. *Chinese Biodiversity*, 1997,5(3): 185-189.]
- [29] 郑光美,王岐山.中国濒危动物红皮书——鸟类[M].北京:科学出版社,1998:180-181. [Zheng G M, Wang Q S. China red data bood of endangerde animals: Aves[M]. Beijing: Sciece Press, 1998:180-181.]
- [30] 杨月伟,丁平,姜仕仁,等.针阔混交林内白颈长尾雉栖息地利用的影响因子研究[J].*动物学报*,1999,45(3):279-286. [Yang Y W, Ding P, Jiang S R, *et al.* Factors affecting habitat used by blliot's pheasant (*Syrmaticus humiae*) in mixed coniferous and broadleaf foresrs[J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1999,45(3):279-286.]
- [31] 丁平,杨月伟,李智,等.白颈长尾雉栖息地的植被特征研究[J].*浙江大学学报(理学版)*,2001,28(5):557-562. [Ding P, Yang Y W, Li Z, *et al.* Vegetation characteristics of habitats used by Elliot's pheasant[J]. *Journal of Zhejiang University (Sciences Edition)*, 2001,28(5):557-562.]
- [32] 刘钊,周伟,张庆,等.哀牢山自然保护区南华片黑颈长尾雉春季觅食地植物群落特征与选择[J].*动物学研究*, 2006,29(6):646-652. [Liu Z, Zhou W, Zhang Q, *et al.* Selection and Plant Community Characteristics of Foraging Sites for Hume's Pheasant (*Syramticus humiae*) in Nanhua Part of Ailaoshan National Nature Reserve[J]. *Zoological Research*, 2006,29(6):646-652.]
- [33] 李伟,周伟,纪德,等.哀牢山自然保护区南华分区黑颈长尾雉春季栖息地利用[J].*浙江林学院学报*,2006,23(2): 153-158. [Li W, Zhou W, Ji D, *et al.* Habitat use of *Syrmaticus humiae* in Nanhua Part of Ailaoshan National Nature Reserve in spring [J]. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2006,23(2):153-158.]