

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 22 期 Vol.33 No.22 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 22 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 利用分布有/无数据预测物种空间分布的研究方法综述 刘 芳,李 晟,李迪强 (7047)
- 景观服务研究进展 刘文平,宇振荣 (7058)
- 土壤呼吸组分分离技术研究进展 陈敏鹏,夏 旭,李银坤,等 (7067)

个体与基础生态

- 平茬高度对四合木生长及生理特性的影响 王 震,张利文,虞 毅,等 (7078)
- 不同水分梯度下珍稀植物四数木的光合特性及对变化光强的响应 邓 云,陈 辉,杨小飞,等 (7088)
- 水稻主茎节位分蘖及生产力补偿能力 隗 溟,李冬霞 (7098)
- 基于辐热积法模拟烤烟叶面积与烟叶干物质产量 张明达,李 蒙,胡雪琼,等 (7108)
- 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响
..... 田慎重,王 瑜,李 娜,等 (7116)
- 不同光照强度下兴安落叶松对舞毒蛾幼虫生长发育及防御酶的影响 鲁艺芳,严俊鑫,李霜雯,等 (7125)
- 南方小花蝽在不同空间及笼罩条件下对西花蓟马的控制作用 莫利锋,邝军锐,田 甜 (7132)
- 浮游植物对溶解态 AI 的清除作用实验研究 王召伟,任景玲,闫 丽,等 (7140)
- 卧龙巴郎山川滇高山栎群落植物叶特性海拔梯度特征 刘兴良,何 飞,樊 华,等 (7148)
- 春夏季闽江口和兴化湾虾类数量特征 徐兆礼,孙 岳 (7157)
- 嗜食性端足类强壮藻钩虾对贫营养湖三种大型海藻的摄食选择性 郑新庆,黄凌风,李元超,等 (7166)

种群、群落和生态系统

- 4 种农业措施对三化螟种群动态的控制作用 张振飞,黄炳超,肖汉祥,等 (7173)
- 黄土高原沟壑区森林带不同植物群落土壤氮素含量及其转化 邢肖毅,黄懿梅,安韶山,等 (7181)
- 基于诊断学的生态系统健康评价 蔡 霞,徐颂军,陈善浩,等 (7190)
- 稻田生态系统中植硅体的产生与积累——以嘉兴稻田为例 李自民,宋照亮,姜培坤 (7197)
- 自由搜索算法的投影寻踪模型在湿地芦苇调查中的应用 李新虎,赵成义 (7204)
- 贺兰山不同海拔典型植被带土壤微生物多样性 刘秉儒,张秀珍,胡天华,等 (7211)
- 内蒙古典型草原灌丛化对生物量和生物多样性的影响 彭海英,李小雁,童绍玉 (7221)
- 黄土丘陵沟壑区 80 种植物繁殖体形态特征及其物种分布 王东丽,张小彦,焦菊英,等 (7230)
- 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价 刘振生,高 惠,滕丽微,等 (7243)
- 太湖湖岸带浮游植物初级生产力特征及影响因素 蔡琳琳,朱广伟,李向阳 (7250)

景观、区域和全球生态

艾比湖地区土壤呼吸对季节性冻土厚度变化的响应…………… 秦 璐,吕光辉,何学敏,等 (7259)

田间条件下黑垆土基础呼吸的季节和年际变化特征…………… 张彦军,郭胜利,刘庆芳,等 (7270)

资源与产业生态

光核桃遗传资源的经济价值评估与保护 …………… 张丽荣,孟 锐,路国彬 (7277)

棉花节水灌溉气象等级指标…………… 肖晶晶,霍治国,姚益平,等 (7288)

研究简报

云南红豆杉人工林萌枝特性…………… 苏 磊,苏建荣,刘万德,等 (7300)

赣中亚热带森林转换对土壤氮素矿化及有效性的影响…………… 宋庆妮,杨清培,余定坤,等 (7309)

学术信息与动态

2013 年 European Geosciences Union 国际会议述评 …………… 钟莉娜,赵文武 (7319)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 276 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说: 山坡岩羊图——岩羊属国家二级保护动物,因喜攀登岩峰而得名,又名石羊。贺兰山岩羊主要分布于海拔 1500—2300m 的山势陡峭地带,羊群多以 2—10 只小群为主。生境适宜区主要为贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)的西南部,而贺兰山西坡(内蒙古贺兰山国家级自然保护区)也有少量分布。贺兰山建立国家级自然保护区以来,随着保护区环境的不断改善,这里岩羊的数量也开始急剧增长,每平方公里的分布数量现居世界之首,岩羊的活动范围也相应扩大到低山 900 米处的河谷。贺兰山岩羊生境选择的主要影响因子为海拔、坡度及植被。

彩图及图说提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201207221041

刘振生, 高惠, 滕丽微, 苏云, 王晓勤, 孔芳毅. 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价. 生态学报, 2013, 33(22): 7243-7249.

Liu Z S, Gao H, Teng L W, Su Y, Wang X Q, Kong F Y. Habitat suitability assessment of blue sheep in Helan Mountain based on MAXENT modeling. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(22): 7243-7249.

基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价

刘振生^{1,2}, 高惠¹, 滕丽微^{1,*}, 苏云³, 王晓勤³, 孔芳毅³

(1. 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040; 2. 国家林业局野生动物保护学重点开放实验室, 哈尔滨 150040;

3. 内蒙古贺兰山国家级自然保护区管理局, 巴彦浩特 750300)

摘要: 生境评价对物种保护具有非常重要的意义。在 GIS 空间技术的支持下, 于 2010 年到 2011 年间, 在贺兰山岩羊分布区采集其地理分布点数据以及环境变量数据, 并运用 MAXENT 模型对贺兰山区域岩羊的生境适宜性进行评价分析。模型的评价结果达到优秀水平, 研究表明: 岩羊生境选择的主要影响因子为矿区、坡度、海拔和道路, 生境适宜区主要分布于贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)的西南部, 而西坡(内蒙古贺兰山国家级自然保护区)有少量分布, 适宜生境面积总和为 1006.9 km², 占研究区域面积的 28%。岩羊偏爱于海拔 1500—2300 m 的山势陡峭地带, 建议对矿区和道路这两种人为干扰因素采取相应的措施, 以提高岩羊的生境质量, 促进其种群发展。

关键词: 岩羊 (*Pseudois nayaur*); 最大熵模型; 生境适宜性评价

Habitat suitability assessment of blue sheep in Helan Mountain based on MAXENT modeling

LIU Zhensheng^{1,2}, GAO Hui¹, TENG Liwei^{1,*}, SU Yun³, WANG Xiaoqin³, KONG Fangyi³

1 College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

2 Key Laboratory of Conservation Biology, State Forestry Administration, Harbin 150040, China

3 Helan Mountains National Nature Reserve of Inner Mongolia, Bayanhaote 750300, China

Abstract: Habitat evaluation has an important significance for management of wildlife populations and conservation planning. Geographic Information Systems (GIS) and abundant landscape-level data provide new opportunities for biologists to evaluate wildlife habitat quality. Maximum Entropy (MAXENT) is a recently introduced modeling technique, achieving high predictive accuracy and enjoying several additional attractive properties. With the purpose of predicting habitat for blue sheep (*Pseudois nayaur*) in the Helan Mountain Range, we collected the occurrence records for this species and the environmental factors, the occurrence records were collected from the study area from 2010 to 2011, and the data of environmental factors were extracted from the Thematic Mapper (TM) image of Helan Mountain in 2007. The method relies on the combined use of GIS and Maximum Entropy (MAXENT) model in this research. GIS was used to produce the data needed in the model, MAXENT can model species geographic distributions with presence-only data, and is suitable for the research because absence data are not available for blue sheep. A map indicated the distribution of habitat suitability of blue sheep in Helan Mountain generated from the data and software. In this paper, the method of Receiver Operating Characteristic (ROC) curve analysis was used to assess the accuracy of MAXENT model, the area under ROC curve (AUC) of the model was 0.915, indicating that the result of assessment was excellent, and the results showed the

基金项目: 中央高校基本科研业务费资助项目 (DL13EA01); 国家新世纪优秀人才支持计划资助项目 (NCET-08-0753); 国家自然科学基金资助项目 (30970371); 国家林业局野生动植物保护与自然保护司管理司资助项目; 宁夏回族自治区林业局自选资助项目 (2011-017)

收稿日期: 2012-07-22; 修订日期: 2012-10-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tenglw@gmail.com

relationships between the distribution of blue sheep and the environmental factors, the result of Jackknife test indicated that the mining, slope, altitude and road were the main factors influencing habitat selection of blue sheep. Along with the increase of slope, distance from mine and road, the habitat suitability increased gradually, and habitat suitability decreased gradually with the increasing distance from water. Suitable habitat was mainly distributed in southwest of Ningxia Helan Mountain National Nature Reserve (east part) and lesser distributed in the Inner-Mongolia Helan Mountain National Nature Reserve (west part), with the total area of 1 006.9 km², accounting for 28% of the total assessment area. Blue sheep preferred to use montane savanna dominated and the rugged slopes at elevations of 1 500—2 300 m. There were two factors interfered in achieving accurate results, one was difficult to reach occurrence points for the steep terrain, and the other was that we could not get the information of traffic flow on every road. During the research, we reduced the error by recording the nearest position to the target point and choosing the main road on the maps. The results showed that the most serious human interferences were mining and road, more regulatory actions are needed to be taken in those aspects to improve the habitat's quality as well as promote the progress of the population.

Key Words: blue sheep (*Pseudois nayaur*); MAXENT; habitat suitability assessment

生境为野生动物提供了生存、繁衍及种群发展所必须的资源^[1],生境适宜度是指生境能支持一个特定物种的潜在能力^[2],是影响野生动物生存和发展的重要因素,对物种进行生境评价是对野生动物进行有效保护和管理的第一步,并且能够为相关部门制定有效的物种保护对策提供科学依据。

岩羊(*Pseudois nayaur*)属偶蹄目、牛科、羊亚科、岩羊属,是青藏高原的特有种,也是青藏高原分布最广的有蹄类之一,被世界自然保护联盟(IUCN)收录为低危种^[3],在我国被列为国家Ⅱ级重点保护野生动物^[4]。国内主要分布于西藏、云南、四川、内蒙古、新疆、甘肃、青海、宁夏和陕西等省区^[5]。目前,专家学者已对其行为生态学^[6-7]、食性^[8]、种群动态^[9-10]和家域^[11]等方面做了大量研究。刘振生等采用直接观察法对该区域岩羊冬春季的取食生境选择进行了研究^[12]。刘振生等对贺兰山地区岩羊的种群数量及分布做了调查和报道,2003年岩羊种群数量约为10 000只,东坡是岩羊的主要分布区^[13]。刘振生等利用距离取样法对贺兰山地区不同季节岩羊的种群密度进行了估测^[14]。在岩羊的生境评价方面,尚缺乏相关的报道。

近年来,随着3S(GIS,RS,GPS)技术的发展,从大尺度上对野生动物进行生境研究成为热点^[15-16]。国内外的众多学者利用机理模型、回归模型和生态位模型结合3S技术来对目标物种进行生境适宜性评价^[17-19]。最大熵模型是生态位模型的一种,近年来已广泛应用于保护动物的生境分布预测。李明阳等基于WEB数据库和MAXENT模型,对白头叶猴的潜在生境进行评价研究^[20]。齐增湘等利用MAXENT模型,进行秦岭山系黑熊潜在生境预测^[21]。徐卫华等采用MAXENT模型,对秦岭地区的川金丝猴的生境进行评价^[22]。本文应用GIS技术和MAXENT模型对贺兰山岩羊生境适宜性进行评价,分析影响岩羊生存的主要生境因子并模拟其空间分布区域,以期对贺兰山国家级自然保护区的合理规划及岩羊的保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

贺兰山位于银川平原与阿拉善高原之间,地理坐标为N38°21'—39°22',E105°49'—106°42',海拔一般是2 000—3 000 m,由内蒙古贺兰山国家级自然保护区和宁夏贺兰山国家级自然保护区两部分组成,是岩羊的一个重要的集中分布区。贺兰山具有典型的大陆性气候特征,地处荒漠与半荒漠地带,主要特点是干旱、高寒。年平均气温为-0.9℃,平均年降水量在200—400 mm之间^[23]。冬季长达5个月,降雪较少。贺兰山是典型的温带山地森林系统,其植被垂直分布明显:山地草原带(1400—1600 m),山地疏林草原带(1600—2000 m),山地针叶林带(1900—3000 m),亚高山灌丛和草甸带(3000—3556 m)^[24]。

1.2 模型介绍

最大熵原理(MAXENT)起源于信息科学,最早由Jaynes提出,在许多学科中有广泛应用,近年来引起了

生态学家们的关注^[25]。MAXENT 是一种基于生态位原理的模型,根据物种“出现点”的环境变量特征得出约束条件,探寻此约束条件下最大熵的可能分布,以此来预测目标物种在研究地区的生境分布^[26]。2004 年,Phillips 等人开发了 MAXENT 软件,近来广泛用于物种生境适宜区的预测和评价,表现出了良好的预测能力^[27]。该模型提供了自检验功能,可以自动生成 ROC 曲线进行模型的模拟预测自检,且在对动物生境进行评价与预测时,只需动物“出现点”的数据,并且具有较高的精度^[28-30]。在岩羊“未出现点”的数据难以准确采集的实际情况下,MAXENT 模型相比其他模型具有更大的优势。

1.3 数据来源及预处理

应用 MAXENT 模型对岩羊进行生境适宜性评价需要两方面数据:一是岩羊的现实地理分布点数据,二是贺兰山地区的环境变量数据。其中岩羊分布点数据来源于野外调查以及贺兰山保护区各管理站的野外监测,自 2010 年至 2011 年,根据贺兰山各个沟段的实际情况,分别在宁夏贺兰山国家级自然保护区的马莲口、苏峪口、大水沟、红果子 4 个管理站和内蒙古贺兰山国家级自然保护区的腰坝、哈拉乌、水磨沟、古拉本 4 个管理站的 25 条沟系,按春、夏、秋、冬 4 个季节以步行的方法对岩羊进行调查。这些沟系分布于不同的海拔高度,覆盖了贺兰山岩羊栖息的全部生境类型,保证了分布点数据的代表性和准确性。用 GPS 对所观察到的岩羊实体或岩羊利用痕迹的位置进行定点记录,在贺兰山与岩羊同域分布的有蹄类还有马麝 (*Moschus chrysogaster*) 和马鹿 (*Cervus elaphus*),可根据体形大小和形态特征对它们进行区分,共得到了 317 个岩羊出现的 GPS 坐标点。环境变量数据包括:①地形因子数据,包括海拔、坡度和坡向,由中国科学院科学数据库 30 m 分辨率的 DEM (数字高程图) 计算提取得到;②植被因子数据,利用 ERDAS 9.1 遥感影像处理软件,采用监督分类方法对 2007 年贺兰山的 TM 影像进行分类处理,将其分为针叶林、阔叶林、灌丛、草甸、草地、荒漠和 水体等 7 种类型;③其他数据,包括护林点、矿区、道路及水源因子,从贺兰山 1:50000 的矢量化地图中提取获得,利用 ARCGIS 的空间分析求算到各因子的距离栅格图层。

以 ARCGIS 为平台,去除边界之外的 GPS 坐标点,将所有环境变量的图层统一边界,坐标系统统一为 WGS-1984-UTM-Zone-48N,栅格大小统一为 30×30 m,并转化成 MAXENT 软件所要求的 ASCII 格式的文件。

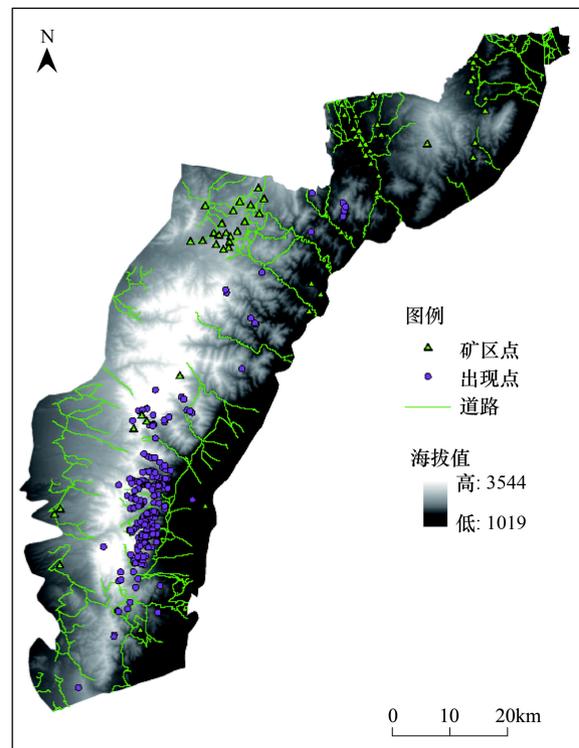


图 1 贺兰山概况及样点分布图

Fig. 1 The overview of Helan Mountain and distribution of sample points

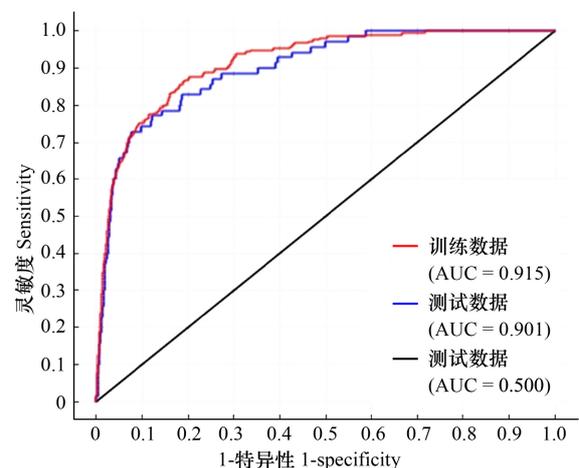


图 2 贺兰山岩羊生境评价结果的 ROC 曲线验证

Fig. 2 ROC curve verification of blue sheep in the Helan Mountains, China

1.4 模拟方法

将岩羊现实分布点的数据和环境变量数据导入 MAXENT 3.3 中,随机选取 75%的岩羊分布点用于建立模型,其余 25%的岩羊分布点用于模型验证,选择利用 Jackknife 来检测变量的重要性,并对各生境因子进行敏感性分析,其它参数均为模型的默认值,结果以 Logistic 格式输出。模型的预测结果利用受试者工作特征曲线下的面积值进行检验,其评价标准为:曲线下的面积的值在 0.5—0.6,不及格;0.6—0.7,较差;0.7—0.8,一般;0.8—0.9,良好;0.9—1.0,优秀^[31]。将模型输出结果放入 ArcGIS 中进行进一步分析,按照专家经验法^[32],对模型预测的贺兰山岩羊分布图进行重新分类。

2 结果与分析

2.1 MAXENT 预测结果检测

ROC 曲线评价结果为:训练集与验证集的 AUC 值分别为 0.915 和 0.901,表明 MAXENT 模型的预测结果达到优秀水平(图 1)。

2.2 岩羊分布与环境因子的关系

Jackknife 检验结果表明:坡度、距矿区距离、海拔、距道路距离、距水源距离是影响岩羊生境分布的主要环境因子。环境变量对 MAXENT 模型的贡献率说明:距矿区距离(35.5%)、坡度(27.8%)、海拔(12.6%)、距道路距离(10.2%)和距水源距离(7.3%)5 个环境变量的累积贡献率达 86%,对岩羊的生境选择具有重要影响,矿区和道路是对岩羊影响最大的 2 个人为干扰因子;针叶林、灌木、水体和荒漠等因子的贡献率为零,对岩羊的生境选择没有影响;其余因子的影响率较小,贡献值由大到小排序依次为坡向、护林点、草地、草甸和阔叶林,坡向对岩羊的生境选择具有一定影响,岩羊的主要食物为草本科植物和灰榆,灰榆主要分布于阔叶林中,因此草地、草甸和阔叶林对岩羊的选择具有影响。各生境因子的敏感性分析表明,随着坡度、距矿区的距离、距道路的距离的增大,生境适宜度逐渐增加,表明岩羊偏爱崎岖陡峭地带,躲避存在人为干扰的区域,在道路分析中,距其约 100 m 的范围内干扰值最大,超过 100 m 后,道路对岩羊的干扰逐渐减少;随着距水源距离的增加,生境适宜度逐渐减小;适宜度在 1500—2300 m 之间随着海拔增加而增大,超过 2 300 m 之后随着海拔的增加而逐渐减小。

2.3 贺兰山岩羊生境适宜性分布

利用 MAXENT 模型对贺兰山区域岩羊的生境适宜性进行评价,将模型输出的 ASCII 文件导入到 ArcGIS 10 中,转换成浮点型栅格数据,按照专家经验法将生境适宜图重新分为 3 个适宜等级:0.00—0.12 为不适宜等级,0.12—0.40 为较适宜等级,0.40—1.00 为最适宜等级,最终得到贺兰山地区岩羊的生境适宜性分布图(图 2)。

从图中可以看出,贺兰山岩羊的适宜生境主要分布于贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)西南部及西坡(内蒙古贺兰山国家级自然保护区)的山地疏林草原带。其中最适宜生境的面积为 262.3 km²;较适宜生境面积为 744.6 km²,总的适宜性生境面积占研究区域面积的 28%;不适宜生境面积为 2649.1 km²。

3 讨论

生境评价模型目前可以分为 3 种类型:机理模型、回归模型和生态位模型。机理模型并不需要物种分布点数据,而是根据生境因子对物种分布的影响建立相应的评价准则,进而模拟得到物种的适宜性生境,但因其没有考虑生境的可达性,且在对因子划分等级及确定权重上存在主观性,因此具有一定局限性。相比回归模型,生态位模型只需动物“出现点”的数据而不需要“未出现点”的数据,根据在贺兰山野外调查的实际经验,发现在某个地点未发现岩羊的踪迹并不代表岩羊未曾在此出现过,因此所记录的“未出现点”的数据并非十分准确,相比较而言,利用生态位模型可信度更高。本次研究利用 MAXENT 模型对贺兰山岩羊生境适宜性进行评价,所取得的结果较为理想。

岩羊“出现点”数据的收集方法是对发现岩羊实体或者岩羊利用痕迹的位置用 GPS 进行定点记录,但是由于贺兰山山势起伏较大,多陡坡和断崖等地形,影响了一些出现点的可达性,部分出现点数据不能精确记

录,如岩羊行走的险峻山崖,无法进行准确定点。实际的野外调查中,记录者在能够到达的最接近目标地位置进行定点记录,以对评估结果造成的影响降到最小。此外,道路数据是从贺兰山 1:50000 的矢量化地图中提取获得,道路对岩羊影响力的大小与其车流量和宽度有关,而每条道路的建路时间以及车流量等具体信息并不明确,在数据提取过程中,忽略了山间小路这些干扰性小的数据信息,以减少误差。对于采集数据点达到精确以及提高道路信息准确度的方法仍需进一步的研究改进,以期取得更准确的评价结果。

已有研究表明岩羊偏爱靠近裸岩及悬崖的生境^[33],选择山势陡峭的山地疏林草原带,避免选择山地针叶林带^[34]。模型分析结果表明,自然生境因子中贡献率最大的为坡度和海拔。随着坡度的增大,地势陡峭度增加,生境适宜性逐步提高。海拔高度决定了贺兰山植被的分布,在 1 500—2 300 m 海拔内,主要为山地疏林草原带,生境适宜性逐步增加,其后随着海拔增高,进入山地针叶林带,生境适宜性逐渐降低,这些分析结果与之前的研究相符。模型预测结果显示贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)的岩羊适宜分布区的面积要远大于西坡(内蒙古贺兰山国家级保护区),这主要是因为东坡山势陡峭狭短,沟谷深切,地面较破碎,崎岖度较大,且有大面积的山地疏林草原带,而西坡的坡面平缓,山地针叶林带较多^[13],因此相比较西坡,东坡具有更广阔的岩羊适宜生境。

贺兰山是岩羊的一个重要集中分布区域,也是岩羊分布的最北缘^[35]。自 20 世纪 80 年代保护区建立以来,保护和管理力度逐年加强,采取了禁止和限制家畜放牧等一系列保护措施^[36],使贺兰山植被得以恢复,环境承载力得到提高。从本研究结果来看,目前最重要的 2 个人为干扰因素是矿区和道路。针对矿业开采对岩羊造成的影响,保护区应采取相应措施,严格控制岩羊生境内矿区的范围和数量,使其对岩羊的干扰降到最低。同时应该加强贺兰山地区道路的规划和管理,新建道路的选线应尽量避免岩羊频繁出没的地段。此外,在对贺兰山开发建设的同时,应加强对周围居民的宣传教育,使人们充分认识到岩羊作为贺兰山的优势种具有重要的意义和价值,提高居民的野生动物保护意识,以期对岩羊种群的稳步发展有一定的积极作用。

致谢:感谢宁夏贺兰山国家级保护区的胡天华科长、王继飞副科长及全体员工的大力支持,在软件的使用中得到东北林业大学姜广顺教授和中国科学院生态环境研究中心的徐卫华副研究员的帮助,英文摘要经 Tom Dahmer 博士修改润色,特此致谢。

References:

- [1] Wang J L, Chen Y. Applications of 3S technology in wildlife habitat researches. *Geography and Geo-Information Science*, 2004, 20 (6): 44-47.
- [2] Wang X L. Landscape Dynamics and Suitability Assessment of Przewalski's Gazelle Habitat [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2004.
- [3] Baillie J, Groombridge B. IUCN red list of threatened animals. Gland, Switzerland: World Conservation Union, 1996.
- [4] Liu Z S. Ecology of Blue Sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains, China [D]. Shanghai: East China Normal University, 2006.
- [5] Sheng H L. Handbook of Fur-bearing Animal. Shanghai: Shanghai Lexicographical Publishing House, 1994: 218-219.
- [6] Oli M K, Rogers M E. Seasonal Patten in group size and population composition of blue sheep in Manang, Nepal. *Journal of Wildlife Management*, 1996, 60 (4): 797-801.

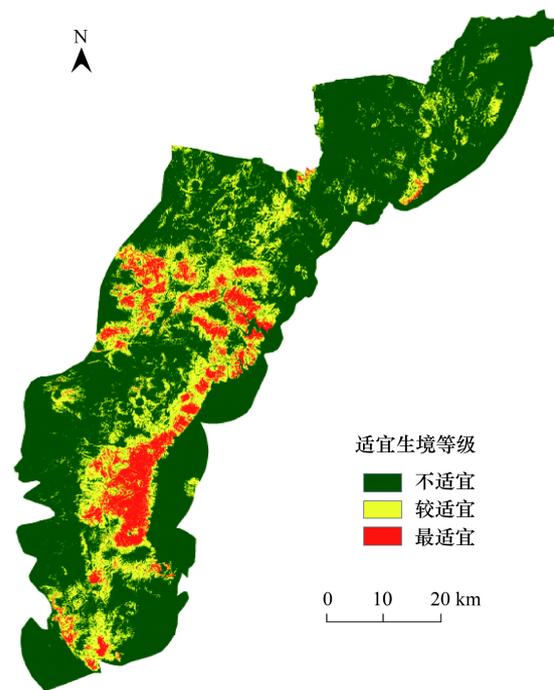


图 3 贺兰山岩羊生境适宜性分布

Fig. 3 The distribution of habitat suitability of blue sheep in Helan Mountains, China

- [7] Liu G K, Zhou C Q, Yang Z S, Long S, Pan L, Wang W K, You Y Q, Zeng G W, Geng S S. Diurnal activity rhythm and time budgets of the dwarf blue sheep (*Pseudois schaeferi*) in Zhubalong Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31 (4): 972-981.
- [8] Chang Y, Liu Z S, Zhang M M, Li Z G, Hu T H. Summer diets of sympatric blue sheep (*Pseudois nayaur*) and red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in the Helan Mountains, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30 (6): 1486-1493.
- [9] Wilson P. Ecology and habitat utilization of blue sheep *Pseudois nayaur* in Nepal. *Biological Conservation*, 1981, 21 (1): 55-74.
- [10] Wang X M, Liu Z X, Xu H F, Li M, Li Y G. The blue sheep population ecology and its conservation in Helan Mountain, China. *Biodiversity Science*, 1998, 6 (1): 1-5.
- [11] Harris R B, Miller D J. Overlap in summer habitats and diets of Tibetan Plateau ungulates. *Mammalia*, 1995, 59 (2): 197-212.
- [12] Liu Z S, Wang X M, Li Z G, Cui D Y, Li X Q. Comparison of seasonal feeding habitats by blue sheep (*Pseudois nayaur*) during winter and spring in Helan Mountain, China. *Zoological Research*, 2005, 26 (6): 580-589.
- [13] Liu Z S, Wang X M, Li Z G, Zhai H, Hu T H. Distribution and abundance of blue sheep in Helan Mountains, China. *Chinese Journal of Zoology*, 2007, 42 (3): 1-8.
- [14] Liu Z S, Wang X M, Teng L W, Cui D Y, Li X Q. Estimating seasonal density of blue sheep (*Pseudois nayaur*) in the Helan Mountain region using distance sampling methods. *Ecological Research*, 2008, 23: 393-400.
- [15] Xu W H, Ouyang Z Y, Li Y, Liu J G. Habitat assessment on giant panda's in Qinling Mountain Range based on RS and GIS. *Remote Sensing Technology and Application*, 2006, 21 (3): 239-242.
- [16] Ward D F. Modelling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand. *Biological Invasions*, 2007, 9 (6): 723-735.
- [17] Steven J P, Miroslav D, Robert E S. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modelling. Banff, Alberta; Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, 2004: 655-662.
- [18] Li H M, Han H X, Xue D Y. Prediction of potential geographic distribution areas for the pine bark scale, *Matsucoccus matsumurae* (Kuwana) (Homoptera; Margarodidae) in China using GARP modelling system. *Acta Entomologica Sinica*. 2005, 48 (1): 95-100.
- [19] Brotons L, Thuiller W, Miguel B A, Alexandre H H. Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography*, 2004, 27 (4): 437-448.
- [20] Li M Y, Xi Q, Xu H G. Evaluation of potential habitat for white-headed langur based on WEB dataset and Maxent model. *Forest Resources Management*, 2010, (4): 31-36.
- [21] Qi Z X, Xu W H, Xing X Y, Ouyang Z Y, Zheng H, Gan D X. Assessment of potential habitat for *Ursus thibetanus* in the Qingling Mountains, *Biodiversity Science*, 2011, 19 (3): 343-352.
- [22] Xu W H, Luo C. Application of MAXENT model in *Rhinopithecus roxllanae* habitat assessment in Qinling Mountain. *Forest Engineering*, 2010, 26 (2): 1-4.
- [23] Liu Z S, Li X Q, Wang X M, Li Z G, Hu T H, Zhai H. Seasonal variations in group types and sizes of blue sheep (*Pseudois nayaur*) in the Helan Mountains, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29 (6): 2782-2788.
- [24] Cui D Y, Liu Z S, Wang X M, Zhai H, Hu T H, Li Z G. Winter food-habits of red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in Helan Mountains, China. *Zoological Research*, 2007, 28 (4): 383-388.
- [25] Xing D L, Hao Z Q. The principle of maximum entropy and its applications in ecology. *Biodiversity Science*, 2011, 19 (3): 295-302.
- [26] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 2006, 190 (3/4): 231-259.
- [27] Luo C, Xu W H, Zhou Z X, Ouyang Z Y, Zhang L. Habitat prediction for forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in Qinling mountain range based on niche model. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31 (5): 1211-1229.
- [28] Stachura-Skierczynska K, Tumił T, Skierczyński M. Habitat prediction model for three-toed woodpecker and its implication for the conservation of biologically valuable forests. *Forest Ecology and Management*, 2009, 258 (5): 697-703.
- [29] Haegeman B, Etienne R S. Entropy maximization and the spatial distribution of species. *The American Naturalist*, 2010, 175 (4): 74-90.
- [30] Li M Y, Ju Y W, Kumar S, Stohlgren T J. Modelling potential habitat for alien species of *Dreissena polymorpha* in the continental USA. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28 (9): 4253-4258.
- [31] Swets J A. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 1988, 240: 85-93.
- [32] Xi Q. Research on Potential Distribution of the White-headed Langur Based on GIS Technology [D]. NanJing: Nanjing Forestry University, 2010.
- [33] Oli M K. Seasonal patterns in habitat use of blue sheep *Pseudois nayaur* (Artiodactyla, Bovidae) in Nepal. *Mammalia*, 1996, 60 (2): 187-193.
- [34] Liu Z S, Cao L R, Wang X M, Li T, Li Z G. Winter bed-site selection by blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains, Ningxia, China. *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25 (1): 1-8.
- [35] Wang X M, Schaller G B. Status of large mammals in Inner Mongolia, China. *Journal of East China Normal University: Special Issue of Mammals*.

1996, 6 (1): 94-104.

- [36] Wang X M, Liu Z S, Li X Q, Li Z G. Comparison of age structures of male blue sheep (*Pseudois nayaur*) on Helan Mountain in two periods, 1995 and 2004. *Zoological Research*, 2005, 26 (5): 467-472.

参考文献:

- [1] 王金亮, 陈姚. 3S 技术在野生动物生境研究中的应用. *地理与地理信息科学*, 2004, 20 (6): 44-47.
- [2] 王秀磊. 普氏原羚生境的景观动态与适宜性评价研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2004.
- [4] 刘振生. 岩羊 (*Pseudois nayaur*) 生态学研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2006.
- [5] 盛和林. 毛皮动物手册. 上海: 上海辞书出版社, 1994: 218-219.
- [7] 刘国库, 周材权, 杨志松, 龙帅, 潘立, 王维奎, 游于群, 曾国伟, 耿山山. 竹巴笼矮岩羊昼间行为节律和时间分配. *生态学报*, 2011, 31 (4): 972-981.
- [8] 昶野, 刘振生, 张明明, 李志刚, 胡天华. 贺兰山同域分布岩羊和马鹿的夏季食性. *生态学报*, 2010, 30 (6): 1486-1493.
- [10] 王小明, 刘志霄, 徐宏发, 李明, 李元广. 贺兰山岩羊种群生态及保护. *生物多样性*, 1998, 6 (1): 1-5.
- [12] 刘振生, 王小明, 李志刚, 崔多英, 李新庆. 贺兰山岩羊冬春季取食生境的比较. *动物学研究*, 2005, 26 (6): 580-589.
- [13] 刘振生, 王小明, 李志刚, 翟昊, 胡天华. 贺兰山岩羊的数量与分布. *动物学杂志*, 2007, 42 (3): 1-8.
- [15] 徐卫华, 欧阳志云, 李宇, 刘建国. 基于遥感和 GIS 的秦岭山系大熊猫生境评价. *遥感技术与应用*, 2006, 21 (3): 239-242.
- [18] 李红梅, 韩红香, 薛大勇. 利用 GARP 生态位模型预测日本松干蚧在中国的地理分布. *昆虫学报*, 2005, 48 (1): 95-100.
- [20] 李明阳, 席庆, 徐海根. 基于 WEB 数据库和 Maxent 模型的白头叶猴潜在生境评价研究. *林业资源管理*, 2010, (4): 31-36.
- [21] 齐增湘, 徐卫华, 熊兴耀, 欧阳志云, 郑华, 甘德欣. 基于 MAXENT 模型的秦岭山系黑熊潜在生境评价. *生物多样性*, 2011, 19 (3): 343-352.
- [22] 徐卫华, 罗翀. MAXENT 模型在秦岭川金丝猴生境评价中的应用. *森林工程*, 2010, 26 (2): 1-4.
- [23] 刘振生, 李新庆, 王小明, 李志刚, 胡天华, 翟昊. 贺兰山岩羊 (*Pseudois nayaur*) 集群特征的季节变化. *生态学报*, 2009, 29 (6): 2782-2788.
- [24] 崔多英, 刘振生, 王小明, 翟昊, 胡天华, 李志刚. 贺兰山马鹿冬季食性分析. *动物学研究*, 2007, 28 (4): 383-388.
- [25] 刑丁亮, 郝占庆. 最大熵原理及其在生态学研究中的应用. *生物多样性*, 2011, 19 (3): 295-302.
- [27] 罗翀, 徐卫华, 周志翔, 欧阳志云, 张路. 基于生态位模型的秦岭山系林麝生境预测. *生态学报*, 2011, 31 (5): 1211-1229.
- [30] 李明阳, 居云为, Kumar S, Stohlgren T J. 美国大陆外来入侵物种斑马纹贻贝 (*Dreissena polymorpha*) 潜在生境预测模型. *生态学报*, 2008, 28 (9): 4253-4258.
- [32] 席庆. 基于 GIS 技术的白头叶猴潜在分布研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2010.
- [34] 刘振生, 曹丽荣, 王小明, 李涛, 李志刚. 贺兰山岩羊冬季对卧息地的选择. *兽类学报*, 2005, 25 (1): 1-8.
- [36] 王小明, 刘振生, 李新庆, 李志刚. 贺兰山雄性岩羊两个时期生命表的比较. *动物学研究*, 2005, 26 (5): 467-472.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.22 Nov., 2013 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The review of methods for mapping species spatial distribution using presence/absence data
..... LIU Fang, LI Sheng, LI Diqiang (7047)
- A research review of landscape service LIU Wenping, YU Zhenrong (7058)
- Progress on techniques for partitioning soil respiration components and their application in cropland ecosystem
..... CHEN Minpeng, XIA Xu, LI Yinkun, MEI Xurong (7067)

Autecology & Fundamentals

- Effect of different stubble height treatments on the annual growth index and physiological characteristics of *Tetraena mongolica*
in two growing seasons WANG Zhen, ZHANG Liwen, YU Yi, et al (7078)
- Photosynthetic characteristics of an endangered species *Tetrameles nudiflora* under different light and water conditions
..... DENG Yun, CHEN Hui, YANG Xiaofei, et al (7088)
- The compensation capacity of tillering and production of main stem nodes in rice WEI Ming, LI Dongxia (7098)
- Simulation of leaf area and dry matter production of tobacco leaves based on product of thermal effectiveness and photosynthetically
active radiation ZHANG Mingda, LI Meng, HU Xueqiong, et al (7108)
- Effects of different tillage and straw systems on soil water-stable aggregate distribution and stability in the North China Plain
..... TIAN Shenzhong, WANG Yu, LI Na, et al (7116)
- Effects of the *Larix gmelinii* grown under different light intensities on the development and defensive enzyme activities of *Lymntria*
dispar larvae LU Yifang, YAN Junxin, LI Shuangwen, et al (7125)
- Biological control efficiency of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under
different spatial and caged conditions MO Lifeng, ZHI Junrui, TIAN Tian (7132)
- Preliminary study on scavenging mechanism of dissolved aluminum by phytoplankton
..... WANG Zhaowei, REN Jingling, YAN Li, et al (7140)
- Leaf-form characteristics of plants in *Quercus aquifolioides* community along an elevational gradient on the Balang Mountain in
Wolong Nature Reserve, Sichuan, China LIU Xingliang, HE Fei, FAN Hua, et al (7148)
- Comparison of shrimp density between the Minjiang estuary and Xinhua bay during spring and summer
..... XU Zhaoli, SUN Yue (7157)
- The feeding selectivity of an herbivorous amphipod *Ampithoe valida* on three dominant macroalgal species of Yundang Lagoon
..... ZHENG Xinqing, HUANG Lingfeng, LI Yuanchao, et al (7166)

Population, Community and Ecosystem

- Effects of four different agricultural prevention and control measures on rice yellow stem borer *Tryporyza incertulas* (Walker)
(Lepidoptera: Pyralidae) ZHANG Zhenfei, HUANG Bingchao, XIAO Hanxiang, et al (7173)
- Soil nitrogen concentrations and transformations under different vegetation types in forested zones of the Loess Gully Region
..... XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (7181)
- Ecosystem health assessment based on diagnosis CAI Xia, XU Songjun, CHEN Shanhao, et al (7190)
- The production and accumulation of phytoliths in rice ecosystems; a case study to Jiaxing Paddy Field
..... LI Zimin, SONG Zhaoliang, JIANG Peikun (7197)
- Application of a free search-based projection pursuit model in investigating reed in wetlands LI Xihu, ZHAO Chengyi (7204)

- Soil microbial diversity under typical vegetation zones along an elevation gradient in Helan Mountains
 LIU Bingru, ZHANG Xiuzhen, HU Tianhua, et al (7211)
- Effects of shrub encroachment on biomass and biodiversity in the typical steppe of Inner Mongolia
 PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (7221)
- Research on diaspore morphology and species distribution of 80 plants in the hill-gully Loess Plateau
 WANG Dongli, ZHANG Xiaoyan, JIAO Juying, et al (7230)
- Habitat suitability assessment of blue sheep in Helan Mountain based on MAXENT modeling
 LIU Zhensheng, GAO Hui, TENG Liwei, et al (7243)
- Characteristic of phytoplankton primary productivity and influencing factors in littoral zone of Lake Taihu
 CAI Linlin, ZHU Guangwei, LI Xiangyang (7250)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Responses of soil respiration to changes in depth of seasonal frozen soil in Ebinur Lake area, arid area of Northwest China
 QIN Lu, LV Guanghui, HE Xuemin, et al (7259)
- Seasonal and annual variation characteristic in basal soil respiration of black loam under the condition of farmland field
 ZHANG Yanjun, GUO Shengli, LIU Qingfang, et al (7270)
- Resource and Industrial Ecology**
- Economic evaluation and protection of *Amygdalus mira* genetic resource ZHANG Lirong, MENG Rui, LU Guobin (7277)
- Meteorological grading indexes of water-saving irrigation for cotton XIAO Jingjing, HUO Zhiguo, YAO Yiping, et al (7288)
- Research Notes**
- Sprouts characteristic structure of *Taxus yunnanensis* plantation SU Lei, SU Jianrong, LIU Wandu, et al (7300)
- The effects of forest conversion on soil N mineralization and its availability in central jiangxi subtropical region
 SONG Qingni, YANG Qingpei, YU Dingkun, et al (7309)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 杨志峰 编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 33 卷 第 22 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 33 No. 22 (November, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许可证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元