

快速交通对城市郊区獐的生境影响分析

刘米兰^{1,2}, 李明阳¹, 王晓俊³

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 江苏省泗洪县洪泽湖旅游生态度假区 管理委员会, 江苏 泗洪 223900; 3. 东南大学 建筑学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 掌握城市郊区的野生动物生境动态变化, 对于制定野生动物保护策略具有重要的理论和现实意义。以南京东郊野生哺乳动物獐 *Hydropotes inermis* 为研究对象, 以 2006 年中巴资源卫星、2011 年 HJ-1A 小卫星、47 个獐物种痕迹点数据为主要信息源, 在南京东郊快速交通网络景观格局动态变化分析基础上, 采用最大熵法 Maxent 生态位模型, 进行快速交通对城市郊区大型哺乳动物生境影响分析。结果表明: 2006–2011 年, 南京东郊快速交通网络日益复杂, 道路密度从 2006 年的 $1\ 116.27\ \text{m}\cdot\text{km}^{-2}$ 增加到 2011 年 $1\ 371.95\ \text{m}\cdot\text{km}^{-2}$; 快速交通修建对獐生境产生囚笼效应, 导致獐的潜在生境呈孤岛状空间分布格局。随着快速交通网络日益复杂, 与 2006 年相比, 2011 年獐潜在生境呈缩小趋势; 獐生境概率分布冷热点分析表明, 距道路和居民点距离这 2 个人为干扰因子对獐生境概率分布影响最大。图 4 表 2 参 11

关键词: 动物学; 獐; 快速交通; Maxent 模型; 潜在生境; 热点分析

中图分类号: S718.6; Q958

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2012)06-0897-07

Impact of rapid transportation network on the potential habitat of *Hydropotes inermis* in suburban areas

LIU Mi-lan^{1,2}, LI Ming-yang¹, WANG Xiao-jun³

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 2. Administration of Hongze Lake Ecological Tourism Resort, Sihong 223900, Jiangsu, China; 3. School of Architecture, Southeast University, Nanjing 210096, Jiangsu, China)

Abstract: Knowledge of habitat dynamics could influence wildlife protection policy. The purpose of the paper is to quantify the impact of rapid transportation network on the potential habitat of wildlife in suburban areas so as to provide scientific basis for the plan making of rapid transportation network and biodiversity conservation. In this research, *Hydropotes inermis*, an endangered, wild mammal in the eastern suburbs of Nanjing City were studied with main information sources being remote sensing images from China Brazil Earth Resources Satellite (CBERS) in 2006 and Disaster and Environment Monitoring and Forecast Small Satellite Constellation A (HJ-1A) in 2011 along with 47 trace point data with geographical coordinates. Dynamic changes in landscape patterns due to high speed traffic networks in the eastern suburbs of Nanjing were analyzed first. Then, Maxent (maximum entropy) modeling for an ecological niche was applied to predict a potential habitat for *Hydropotes inermis*. Finally, impact of this high speed traffic network on the predicted potential habitat was determined. Results showed that (1) from 2006 to 2011, the high speed traffic network in the eastern suburbs of Nanjing became more complex with road density increasing from $1\ 116.27$ to $1\ 371.95\ \text{m}\cdot\text{km}^{-2}$. (2) Compared with a corridor pattern in 2006, the potential habitat for *Hydropotes inermis* in 2011 decreased showing a bird cage effect which resulted in a fragmented forest island spatial pattern. (3) Also, distance to roads and distance to

收稿日期: 2011-12-07; 修回日期: 2012-03-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50978054)

作者简介: 刘米兰, 从事风景林调查规划、森林资源监测等研究。E-mail: jssqlml@163.com。通信作者: 李明阳, 教授, 从事风景林调查规划、“3S”技术应用研究。E-mail: lmy196727@126.com

settlements were the two human disturbance factors which determined the suitable probability of potential habitat for *Hydropotes inermis*. It can be inferred from the paper that rapid developing transportation network is the enforcing factor leading to the habitat fragmentation of wildlife in suburban areas. Therefore, ecological corridors between green lands of Mount Zijin, Qinglong, Tangshan in study area should be established to mitigate the negative impact of transportation on the wildlife habitats. [Ch, 4 fig. 2 tab. 11 ref.]

Key words: zoology; *Hydropotes inermis*; rapid transportation network; Maxent (maximum entropy) model; potential habitat; hot spot analysis

近年来,随着中国城市化建设的加速发展,城市中心不断向城市郊区扩张,导致城市郊区土地利用和生态环境等受到严重影响,特别是快速交通的兴建,对城市郊区生态环境的影响日益显现。交通建设和运营期间会引起地貌、植被、径流和小气候等环境特征发生显著变化,从而对野生动物造成干扰,迫使其改变原有的生活习性和活动规律;四通八达的交通网络还会造成野生动物栖息地破碎化,阻隔种群间的基因交流,导致生物种群的退化和灭绝^[1]。由于野生动物活动范围较广,行动较为隐秘,它们在路域生态中的作用经常被人们所忽视。野生动物作为自然生态系统的有机组成部分,对于维持生态平衡发挥着不可替代的作用,并具有利用价值和内禀价值。它们是生态环境的“晴雨表”(指示生物),其活动规律的异常往往能够反映所处的路域甚至区域生态环境的变化。掌握城市郊区的野生哺乳动物生境动态变化,对于制定野生动物保护策略具有较为重要的理论和现实意义^[2]。南京东郊是宁镇山脉向西延伸的余脉与南京城的交汇地带,作为城市内外自然生态系统的“中转站”,紫金山、青龙山、汤山等近郊大型绿地因其有利的空间位置和同时起到“源”与“汇”的生物资源优势,在维持城市生物多样性上具有重要意义。随着郊区城市化进程的加速,南京绕城高速、沪宁高速、宁杭公路、312 国道、沪宁铁路、皖赣铁路等众多快速交通干线的建设,对区域野生动物的负面影响日益显著^[3]。通过分析南京东郊快速交通对獐潜在生境动态变化的影响,可以为快速交通建设中野生动物景观安全格局的构建提供理论依据。在国外,对道路的生态学影响已进行了大量的研究。在中国,对公路工程建设所造成的生态学影响也进行过一些初步的评价,但目前有关道路交通对野生动物影响的研究较少,且都停留在研究综述方面。因此,本研究以南京东郊中型哺乳动物獐 *Hydropotes inermis* 为研究对象,采用最大熵法(Maxent)生态位模型,建立潜在生境预测模型。在此基础上,进行快速交通对动物生境的影响的量化分析,可以为城市郊区快速交通网络规划和城市生物多样性保护规划提供科学依据。

1 研究区概况

南京东郊地理范围为 31°55′33″~32°11′8″N, 118°48′29″~119°5′44″E, 东西长 25.73 km, 南北宽 28.03 km。西临紫金山, 东部为宝华山, 南部是青龙山, 北达长江边, 总面积为 721.328 km²。该区属于北亚热带季风气候, 雨水充沛, 全年降水量为 900~1 000 mm, 四季分明, 年平均气温为 15.4 ℃。区内自然条件优越, 人文景观丰富, 有中山陵、明孝陵、燕子矶、栖霞寺、阳山碑材、汤山温泉等风景名胜和古迹遗址 200 余处, 其中明孝陵为世界文化遗产。区内农田、蔬菜等农业用地占 38.74%, 针叶林、阔叶林、苗圃等林业用地占 28.09%, 人工和天然草地占 0.73%, 湖泊、水库等水体占 3.39%, 道路、桥梁、住宅等建筑用地占 29.06%。林业用地中, 主要树种有马尾松 *Pinus massoniana*, 黑松 *Pinus thunbergii*, 麻栎 *Quercus acutissima*, 枫香 *Liquidambar formosana*, 黄连木 *Pistacia Chinensis* 等树种及竹林分布。在湖泊、泉水、水库等水体中, 小的点状的天然泉水有一人泉、黑龙潭、八功德水, 面积较大的天然湖泊有前湖、琵琶湖, 人工构筑的湿地主要有流徽湖、紫霞湖、军民友谊水库、黄马水库、横山水库等。

作为宁镇山脉向西延伸的余脉与南京城的交汇地带, 南京东郊快速通道纵横交错, 如南京绕城高速、沪宁高速、宁杭公路、312 国道、沪宁铁路等众多快速交通干线。原本相互连接的紫金山、青龙山、栖霞山等自然山林被肢解为一个个孤立的森林岛屿, 对城市郊区野生哺乳动物形成了严重的空间囚笼效应。除紫金山外, 南京东郊缺乏基本的野生动物本底调查数据。1982 年, 中山陵园管理局组织的第 1 次生物多样性普查结果显示, 紫金山当时的哺乳动物种类有獐, 草兔 *Lepus capensis*, 黄鼬 *Mustela sibirica*, 獾 *Meles meles*, 刺猬 *Erinaceus europaeus*, 灵猫 *Viverricula indica* 等 20 多种。20 多年后的

2004–2010 年的第 2 次生物多样性普查则表明,紫金山上仅存 9 种中、小型哺乳动物,它们分别是獐,艾鼬 *Mustela eversmanni*,鼬獾 *Melogale moschata*,黄鼬,刺猬,草兔,草狐 *Vulpes vulpes*,穿山甲 *Malayan pangolin* 和灵猫,主要分布在紫金山北坡、东北坡 17 个林班。在 9 种哺乳动物中,以獐的体型最大。獐,又称獐子,露牙獐,是长江下游唯一残存的野生鹿科 *Cervidae* 动物。紫金山生态环保志愿大队、自然之友南京会员组、江苏绿石环境行动网络、江苏绿色之友 4 大环保组织的调查表明:在南京东郊的青龙山、汤山獐虽有零星分布,但獐最大的种群位于紫金山,大小为 10~20 只;獐的生存环境为低海拔山地灌丛和落叶林区,它们白天隐蔽在陡坡和林木、灌丛茂密的沟谷内,夜晚及黎明到水源地饮水,到山下或山上路边寻食。作为南京东郊指示物种,獐种群大小及空间动态变化,反映了区域生态环境的变迁。

2 数据来源与方法

2.1 数据来源

本研究所用的主要数据有:①2006 年 3 月中巴资源卫星遥感数据;②2011 年 8 月 HJ-1A 环境与灾害监测预报小卫星数据;③研究区域 2000 年由美国太空总署(NASA)和国防部国家测绘局(NIMA)联合测量的 SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)高程数据,空间分辨为 90 m;④2004–2010 年中山陵獐物种分布调查数据,在中山陵园管理局组织的第 2 次生物多样性普查基础上,课题组深入紫金山北坡、东北坡的落叶阔叶林小班,通过对栖息卧迹、水源处足迹、粪便等獐活动痕迹点进行全球定位系统(GPS)定位,并记录经纬度坐标,在此基础上对数据进行整理和筛选,主要剔除重复点或空间距离太近的点。经过筛选处理后,得到具有地理坐标的露牙獐痕迹点 47 个。

2.2 廊道景观格局分析方法

景观指数能反映景观格局结构和空间配置的定量指标,被广泛应用。本研究的重点为南京东郊快速交通网络,采用道路密度(D_R),环度(α 指数)、节点路径比(β 指数)、连接度(γ 指数)、成本比 5 个指标进行快速交通网络结构评价。在一系列测度指标中, α 指数、 β 指数和 γ 指数经常被用来评价网络连接度^[4];成本比则考虑廊道的长度,主要反映网络的有效性^[5]。

为了计算廊道景观格局指数,首先,在遥感影像处理软件 ERDAS IMAGINE 9.2 环境下,分别对 2006 年和 2011 年的遥感影像进行辐射校正、几何精校正、空间子集运算等预处理。其次,在 ArcGIS 9.3 环境支持下,通过鼠标屏幕跟踪,形成研究区交通网络矢量文件,并进行拓扑处理。在此基础之上,统计交通廊道的边数和节点数,计算格局指数。

2.3 Maxent 生态位模型

獐潜在生境建模采用 Maxent 模型。Maxent 模型的基本思想是为所有已知的因素建立模型,而把所有未知的因素排除在外。也就是说,要找到这样一个满足最大熵的概率分布,它满足所有已知的事实,且不受任何未知的因素的影响^[6]。Maxent 模型的一个最显著的特点是其不要求具有条件独立的特征,因此人们可以相对任意地加入对最终分类有用的特征,而不用顾及它们之间的相互影响。另外,Maxent 模型能够较为容易地对多类分类问题进行建模,且能够给各个类别输出结果一个相对客观的概率值,便于后续推理步骤使用^[7]。同时,Maxent 的训练效率相对较高。上述优点使它成功地应用于图像重建、投资组合优化、统计物理学、信号处理、生态位空间建模领域。当 Maxent 模型应用于物种潜在生境生态位建模时,研究区域的栅格图像所包含的空间范围构成了 Maxent 概率分布定义的总体,具有全球定位系统(GPS)地理坐标的研究对象痕迹点数据集合构成了总体的一个抽样样本,而每个发生点(样本单元)的环境因子,如气候变量、海拔高度、土壤类型、太阳辐射构成了样本单元特征^[8]。

根据环保组织志愿者野外观察,獐的栖息环境与植被、地形密切相关,受到水文因子的影响,并与道路、居民地距离等人为因素有关。本研究使用的生态环境变量包括:根据 2000 年 SRTM 高程数据处理获得的海拔、坡度及坡向 3 个地形变量;根据快速交通缓冲分析生成的距离快速交通道路距离、距离居民点距离 2 个人为干扰因子;距离水源距离 1 个水文因子;根据遥感数据提取的研究区归一化植被指数(NDVI),共计 7 个生态环境变量。其中,坡度和坡位的生成、缓冲分析借助于 ArcGIS 9.3 的空间分析 Spatial Analyst 模块实现,遥感图像的几何精校正、归一化植被指数计算是通过 ERDAS 9.2 的光谱增

强 Spectral Enhancement 模块实现。

2.4 生境变化情景分析

将 2004–2010 年獐物种分布调查数据, 连同海拔、坡度、坡向、距离居民点距离、距离水源距离、2006 年 NDVI 和 2006 年距道路距离 7 个生态环境因子, 代入 Maxent 模型, 生成 2006 年獐潜在生境概率空间分布图。在此基础上, 进行情景分析: 在快速交通网络密度加大情景下, 假定坡度、坡向、海拔、NDVI 指数、距水源和居民点距离 6 个因子不变, 将 2011 年距道路距离因子代入 Maxent 模型, 重新进行生态位建模, 并将生成的 2011 年獐适生概率图与 2006 年相减, 得到快速交通网络密度加大情境下的潜在生境变化。

2.5 空间热点分析

空间热点探测试图在研究区域内寻找属性值显著异于其他地方的子区域, 视为异常区, 如犯罪高发区、灾害高风险区等。本研究采用 ArcGIS 9.3 空间统计工具箱中的聚集及特例分析工具(Cluster and Outlier Analysis-Anselin Local Moran's I), 通过对输入要素进行焦点聚集性检验来进行研究属性空间热点探测^[9]。通过 ArcGIS 平台上 Spatial Analyst 中的栅格转矢量工具, 将 2006 年生境概率分布栅格图层转化为点矢量文件, 提取其异常大值(热点)、异常小值(冷点), 借助于 ArcGIS 9.3 插件 Hawth's Tools 工具箱中的 Intersect Point Tool 工具, 与獐生境概率分布 7 个影响因子栅格图层进行相交运算, 分析影响獐生境概率分布的生态环境因子。

3 结果与分析

3.1 2006–2011 年快速交通网络景观格局动态变化

廊道密度是指廊道景观在研究区单位面积内的长度, 是反映廊道空间结构的一个重要指标, 用公式表示为: $D_R=L/A$ 。其中: L 为廊道的长度(km), A 为廊道景观面积(km²)。从表 1 可以看出, 随着城市化进程的加速, 2006–2011 年间, 南京东郊的道路密度呈逐渐增加趋势。

表 1 南京东郊公路廊道景观格局指数

Table 1 Landscape metrics at the corridor level of rapid traffic network in eastern suburb of Nanjing

年份	廊道密度 $D_R/(m \cdot km^{-2})$	连接度 γ	环度 α	节点率 β	成本比
2006	1 116.27	0.780	0.667	2.245	0.696
2011	1 371.95	0.781	0.669	2.269	0.678

从廊道网络结构指数来看, 节点率 β 指数从 2.245 增加到 2.269, 说明网络中每个节点连接的廊道达到 2 条以上, 且 2006 到 2011 年间呈增多的趋势。连接度 γ 指数说明网络中各节点被连接程度, 2006 年到 2011 年被快速交通廊道连接的节点达 78% 以上并略有增大。环度 α 说明快速交通网络中回路的丰富度, α 值从 2006 年的 0.667 增加到 2011 年的 0.669, 表明快速交通网络可提供选择的线路增多。从表 1 还可以看出, 2006–2011 年, 研究区域快速交通廊道的成本比较高。成本比是用来量化网络的平均消费成本, 反映网络有效性。随着南京东郊快速交通廊道数量的增多, 研究区域的成本效率比从 2006 年的 0.696 逐渐降低到 0.678, 网络的有效性有所提高。

由此可见: 2006–2011 年间南京东郊快速交通廊道网络结构日趋复杂, 快速交通网络对研究区域野生动物生境的破碎化作用趋于强化, 网络化交通对野生动物生境形成的囚笼效应呈增强趋势。

3.2 南京东郊獐潜在生境动态变化分析

3.2.1 预测模型的建立 将 47 个獐全球定位系统定点发生数据分成 2 部分: 38 个 (80%) 用于建模, 9 个 (20%) 用于模型验证, 连同筛选出的 7 个生态环境因子代入 Maxent 模型, 进行空间建模, 最后输出的 ASCII 文件转换成浮点栅格数据, 得到 2006 年和 2011 年獐潜在生境预测概率空间分布图(图 1 和图 2)。

采用受试者工作特征曲线(ROC)下面积(AUC)来评价预测模型的性能。AUC 是一个与参考阈值无关的统计量, 通过百分比的方法计算提升置信区间(bootstrap confidence interval), 来评价模型区分存在点和背景点的诊断性能^[10]。一般认为 AUC 值为 0.5~0.7 时模型诊断价值较低; 为 0.7~0.9 时诊断价值中等; 大于 0.9 时诊断价值优秀。采用 AUC 对模型的性能进行评价, 模型的拟合精度为 0.995, 预测精度

为 0.856，说明模型的拟合精度较高，预测精度良好。

从 Maxent 模型运行产生的獐潜在生境预测概率空间分布图可以看出，獐分布在紫金山、栖霞山、青龙山、汤山等多个互不相连的森林孤岛上。对比图 1 和图 2 可以看出，2006–2011 年间，獐潜在生境呈缩小趋势。

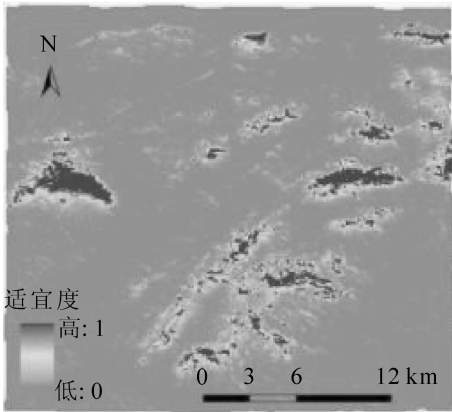


图 1 2006 年潜在生境概率空间分布图
Figure 1 Suitable probability of potential habitat in 2006

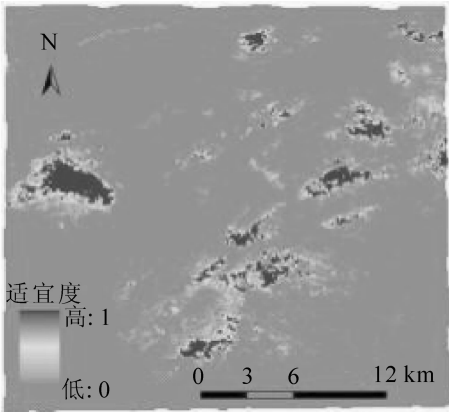


图 2 2011 年潜在生境概率空间分布图
Figure 2 Suitable probability of potential habitat in 2011

3.2.2 潜在生境动态情景分析 在 2011 年潜在生境概率栅格图层与 2006 年概率栅格图层“相减”运算基础上，进行数据重分类，将 2006–2011 年潜在生境概率变化栅格图层像素分为 3 类：减少(−0.735 839 ~ 0.125 490)，不变(−0.125 490~0.060 475)，增加(0.060 475~0.484 858)，得到图 3。

2006–2011 年，随着南京东郊快速交通的进一步发展，大量低海拔山地、林地被征占，导致獐的生境面积减少。与此同时，随着快速交通网络的日趋复杂化，原来地理上相互贯通的大面积林地和山地被分隔成彼此孤立、边缘面积比例大的小块状森林岛。作为一个对生境破碎化较为敏感的内部种，獐主要分布在森林岛的核心区。在斑块边缘效应作用下，随着生境斑块数量的增加和面积的缩小，适合保护对象栖息的稳定的森林斑块内部生境比例呈下降趋势^[11]。在面积减少、内部生境比例降低的双重作用下，2006–2011 年，獐适生生境概率的空间分布，发生了较为明显的改变。从图 3 可以看出：以快速通道干扰廊道为中心，距离越近，生境减少的概率越大；随着距离的增加，适生概率有增加趋势；快速交通的兴建对獐栖息生境的影响主要体现在囚笼效应，使獐的潜在生境从栖息地外围向栖息地中心区域退缩。

3.3 生境适生概率分布热点分析

采用 ArcGIS 9.3 空间统计工具箱中的聚集及特例分析工具，在将 2006 潜在生境概率分布栅格图层进行矢量转换的基础上，通过对输入要素进行焦点聚集性检验来进行研究属性空间热点探测，提取生境概率高值点(热点)、低值点(冷点)。将热点、冷点与 2006 年研究区域中巴资源卫星图像进行叠加，形

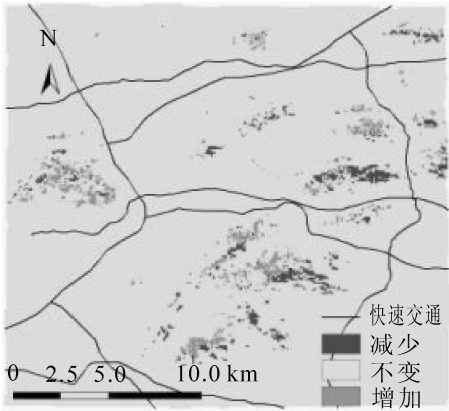


图 3 2006–2011 年潜在生境变化分布图
Figure 3 Suitable probability change of potential habitat from 2006 to 2011

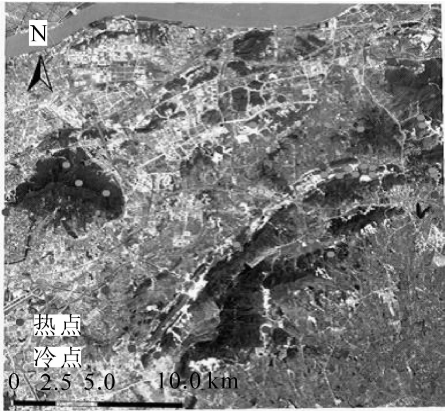


图 4 2006 年潜在生境概率冷热点分布图
Figure 4 Hot/cold spots analysis of suitable probability of potential habitat in 2006

成 2006 年生境概率分布冷热点空间分布图(图 4)。从图 4 可以看出: 2006 年生境概率高值的热点主要集中在紫金山、青龙山、汤山这几个面积较大、植被覆盖率较高的地区, 概率低值的点则集中在靠近交通廊道、靠近居民点的区域以及山体外围边缘地带。

从表 2 可以看出: 在地形因子选择上, 獐更趋向于栖息在海拔较高、坡度较高、坡位为东南方向的低山, 热点的坡度和海拔分别比冷点高 7° 和 75.75 m。在环境因子选择上, 水源供给和植被生长状况对獐分布有一定影响, 距离水源越近、植被覆盖度较高的区域, 獐适生概率较大, 热点的归一化植被指数比冷点高 0.01, 距水源热点比冷点平均近 78.22 m。在人类干扰活动方面, 冷点、热点类型不同, 离道路和居民点距离的差值较大, 分别为 198.66 m 和 479.24 m, 说明獐的生境受人为干扰因素影响较大, 且离道路和居民点距离越大, 獐适生概率越高。

表 2 2006 年冷热点生态环境因子对比分析

Table 2 Comparison of the environmental factors between hot and cold points in 2006

影响因子	地形因子			环境因子		人为因子	
	坡度/ $(^{\circ})$	坡向/ $(^{\circ})$	海拔/m	归一化植被指数	距水源距离/m	距居民点距离/m	距道路距离/m
热点	11.89	169.28	117.75	0.33	803.41	797.71	1 750.88
冷点	4.89	178.20	42.00	0.32	881.63	318.47	1 552.22
差值	7.00	-8.92	75.75	0.01	-78.22	479.24	198.66

4 结论与讨论

由于大区域及长时间尺度上土地利用、气候变化、物种分布综合监测数据的缺乏, 以少量獐痕迹野外全球定位系统调查数据、遥感数据为主要信息源, 在建立研究区獐潜在生境预测模型基础上, 对 2006 年到 2011 年快速交通影响增强情景下, 分析獐生境动态变化, 可以为野生动物的保护和快速交通网络规划建设提供科学依据。

2006–2011 年间, 南京东郊快速交通网络的密度逐渐增大, 结构日趋复杂, 网络的连通性闭合度提高, 囚笼效应越来越明显。在囚笼效应的作用下, 研究区域的指示物种——獐的潜在生境呈孤岛状空间分布格局。獐生境变化情景分析表明, 靠近交通网络的地区, 生境概率在减少, 远离增加。獐生境概率分布冷热点分析表明, 距道路距离、居民点距离这两个人为干扰因子对獐生境概率分布影响较大。

本研究表明: 日益扩展的快速交通网络是导致城市郊区野生动物生境破碎化的主要原因。因此, 在研究区域紫金山、青龙山、汤山等几个绿地之间应该建立生态廊道, 以减缓快速交通网络对野生动物生境的负面影响。对于研究区域现有的快速交通通道, 采取架高或入地的方式加以迁移, 降低快速交通对野生动物生境的破碎化影响。对于研究区域规划新建的快速通道, 应尽可能地绕开紫金山、青龙山、汤山等核心绿地, 或采取桥隧穿越方式, 以维持郊区绿地系统生态过程与格局上的连续性。

野生动物的生境变化受气候、人类干扰、植被覆盖等诸多因素影响。本研究结论是建立在除交通网络外, 研究对象的其他生态环境因素在短时间尺度上不发生改变的假设前提下的。在生态位模型的选择上, 缺乏多种生态位模型的比较和精度分析。在人类长期干扰机制下, 野生动物有可能在生境选择、觅食习惯上发生适应性改变。与此同时, 长时间尺度上, 随着郊区城市化进程的加速, 水体的面积、植被覆盖度、居民点的空间分布也会发生较大幅度的变化。如何研究长时间尺度下快速交通对区域野生动物生境的影响, 有待进一步深入分析。

参考文献:

- [1] 胡志军, 于长青, 许宏发, 等. 道路对陆栖野生动物的生态学影响[J]. 生态学杂志, 2005, **24** (4): 433 – 437.
HU Zhijun, YU Changqing, XU Hongfa, et al. Ecological effects of roads on terrestrial animals [J]. *Chin J Ecol*, 2005, **24** (4): 433 – 437.
- [2] 马武昌, 宋子炜. 生态公路建设中野生动物保护意义与对策[J]. 野生动物杂志, 2008, **29** (6): 308 – 311.
MA Wuchang, SONG Ziwei. Significance of wildlife protection in ecological highway construction and its strategy [J].

- Chin J Wildlife*, 2008, **29** (6): 308 – 311.
- [3] 宗跃光, 周尚意, 彭萍, 等. 道路生态学研究进展[J]. 生态学报, 2003, **23** (11): 2396 – 2405.
ZONG Yueguang, ZHOU Shangyi, PENG Ping, *et al.* Perspective of road ecology development [J]. *Acta Ecol Sin*, 2003, **23** (11): 2396 – 2405.
- [4] FORMAN R T T, GODRON M. *Landscape Ecology* [M]. New York: Wiley, 1986.
- [5] DALTON R, GARLICK J, MINSHULL R, *et al.* *Networks in Geography* [M]. London: Phillip, 1973.
- [6] PHILLIPS S J, ANDERSON R P, SCHAPIRE R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions [J]. *Ecol Model*, 2006, **190**: 230 – 259.
- [7] PHILLIPS S J, DUD'IK M, SCHAPIRE R E. A maximum entropy approach to species distribution modeling [C]. [n. s.]. *Proceedings of the 21st Conference on Machine Learning*. New York: ACM, 2004: 655 – 662.
- [8] 李明阳, 王晓俊, 刘米兰, 等. 基于 GIS 的野生哺乳动物空间平衡抽样方法研究——以南京东郊为例[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, **31** (1): 98 – 103.
LI Mingyang, WANG Xiaojun, LIU Milan, *et al.* Spatial balanced sampling for wildmammals based on GIS: A case study in the eastern suburbs of Nanjing [J]. *J Cent South Univ For & Technol*, 2011, **31** (1): 98 – 103.
- [9] BESAG J, NEWELL J. The detection of clusters in rare diseases [J]. *J Roy Stat Soc Ser A*, 1991, **154**: 143 – 155.
- [10] HANLY J A, MCNEIL B J. The meaning and use of the area under a Receiver Operating Characteristic (ROC) curve [J]. *Radiology*, 1982, **143**: 29 – 36.
- [11] LAURANCE W F, YENSEN E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats [J]. *Biol Consev*, 1991, **55**: 77 – 92.

欢迎订阅 2013 年《林业科技》杂志

《林业科技》杂志是中国林业科学研究院黑龙江分院、黑龙江省林业科学院主办的综合性林业科技期刊。

该刊曾多次入选全国中文核心期刊和“中国生物学文献数据库”，被评为全国优秀科技期刊和黑龙江省优秀科技期刊；现被《中国学术期刊(光盘版)》“万方数据-数字化期刊群”《中国核心期刊(遴选)数据库》《中文科技期刊数据库》等数据库收录，在国内乃至国际上享有较高的知名度。

《林业科技》及时报道林业科研前沿动态，广泛介绍结合生产实际的应用技术，报道内容涵盖了国内外林业科研与生产实践的全过程，以及相关的边缘学科。适于高等院校、科研单位、管理部门、林业企业的管理及技术人员阅读。

《林业科技》杂志为双月刊，国内外公开发行，ISSN 1001-9499，CN 23-1183/S。全年 6 期，逢单月 25 日出版，大 16 开本，64 页，单册订价 6.00 元，全年订价 36.00 元。欢迎广大读者到各地邮政局、所或直接向该刊编辑部订购，发行代号：14-27。

为回馈广大作者多年来对该刊的支持，进一步促进科技进步和成果转化，提高期刊水平，该刊将在 2013 年度，对依托省、国家自然科学基金，国家行业公益性专项，国家科技支撑计划项目取得的科研成果，以及青年科技创新创业人才撰写的具有重要创新和发现的内容详实的科研论文予以免费刊登。

编辑部地址：150081 黑龙江省哈尔滨市哈平路 134 号，联系电话：0451-86602476，E-mail: lykj@chinajournal.net.cn 或 lykj86602476@163.com。