

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

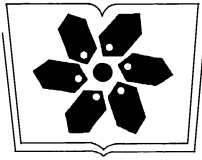
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 24 期 Vol.32 No.24 **2012**

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 32 卷 第 24 期

2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

从文献计量角度分析中国生物多样性研究现状.....	刘爱原,郭玉清,李世颖,等 (7635)
CO ₂ 浓度升高和模拟氮沉降对青川箭竹叶营养质量的影响.....	周先容,汪建华,张 红,等 (7644)
陕西中部黄土高原地区空气花粉组成及其与气候因子的关系——以洛川县下黑木沟村为例.....	吕素青,李月从,许清海,等 (7654)
长三角地区 1995—2007 年生态资产时空变化.....	徐昔保,陈 爽,杨桂山 (7667)
基于智能体模型的青岛市林地生态格局评价与优化.....	傅 强,毛 锋,王天青,等 (7676)
青藏高原高寒草地生态系统服务功能的互作机制.....	刘兴元,龙瑞军,尚占环 (7688)
北京城市绿地的蒸腾降温功能及其经济价值评估.....	张 彪,高吉喜,谢高地,等 (7698)
武汉市造纸行业资源代谢分析.....	施晓清,李笑诺,赵吝加,等 (7706)
丽江市家庭能耗碳排放特征及影响因素.....	王丹寅,唐明方,任 引,等 (7716)
基于分布式水文模型和福利成本法的生态补偿空间选择研究.....	宋晓谕,刘玉卿,邓晓红,等 (7722)
设施塑料大棚风洞试验及风压分布规律.....	杨再强,张 波,薛晓萍,等 (7730)
湖南珍稀濒危植物——珙桐种群数量动态.....	刘海洋,金晓玲,沈守云,等 (7738)
云南岩陀及其近缘种质资源群体表型多样性.....	李萍萍,孟衡玲,陈军文,等 (7747)
沙埋和种子大小对柠条锦鸡儿种子萌发、出苗和幼苗生长的影响.....	杨慧玲,梁振雷,朱选伟,等 (7757)
栗山天牛天敌花绒寄甲在栎林中的种群保持机制.....	杨忠岐,唐艳龙,姜 静,等 (7764)
基于相邻木排列关系的混交度研究.....	娄明华,汤孟平,仇建习,等 (7774)
三种回归分析方法在 Hyperion 影像 LAI 反演中的比较.....	孙 华,鞠洪波,张怀清,等 (7781)
红松和蒙古栎种子萌发及幼苗生长对升温与降水综合作用的响应.....	赵 娟,宋 媛,孙 涛,等 (7791)
新疆杨边材贮存水分对单株液流通量的影响.....	党宏忠,李 卫,张友焱,等 (7801)
火干扰对小兴安岭毛赤杨沼泽温室气体排放动态影响及其影响因素.....	顾 韩,牟长城,张博文 (7808)
不同潮汐和盐度下红树植物幼苗秋茄的化学计量特征.....	刘滨尔,廖宝文,方展强 (7818)
腾格里沙漠东南缘沙质草地灌丛化对地表径流及氮流失的影响.....	李小军,高永平 (7828)
西双版纳人工雨林群落结构及其林下降雨侵蚀力特征.....	邓 云,唐炎林,曹 敏,等 (7836)
西南高山地区净生态系统生产力时空动态.....	庞 瑞,顾峰雪,张远东,等 (7844)
南北样带温带区栎属树种种子化学组成与气候因子的关系.....	李东胜,史作民,刘世荣,等 (7857)
模拟酸雨对龙眼叶片 PS II 反应中心和自由基代谢的影响.....	李永裕,潘腾飞,余 东,等 (7866)
沈阳市城郊表层土壤有机污染评价.....	崔 健,都基众,马宏伟,等 (7874)
降雨对旱作春玉米农田土壤呼吸动态的影响.....	高 翔,郝卫平,顾峰雪,等 (7883)
冬季作物种植对双季稻根系酶活性及形态指标的影响.....	于天一,逢焕成,任天志,等 (7894)
施氮量对小麦/玉米带田土壤水分及硝态氮的影响.....	杨蕊菊,柴守玺,马忠明 (7905)
微山湖鸟类多样性特征及其影响因素.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7913)
新疆北部棉区作物景观多样性对棉铃虫种群的影响.....	刘静静,董春颖,宋英琦,等 (7925)
杭州西湖北里湖沉积物氮磷内源静态释放的季节变化及通量估算.....	郭 静,陈求稳,张晓晴,等 (7932)
基于实码遗传算法的湖泊水质模型参数优化.....	郭 静,陈求稳,张晓晴,等 (7940)
气候环境因子和捕捞压力对南海北部带鱼渔获量变动的影响.....	王跃中,孙典荣,陈作志,等 (7948)
象山港南沙岛不同养殖类型沉积物酸可挥发性硫化物的时空分布.....	颜婷茹,焦海峰,毛玉泽,等 (7958)
专论与综述	
提高植物抗寒性的机理研究进展.....	徐呈祥 (7966)
植被对多年冻土的影响研究进展.....	常晓丽,金会军,王永平,等 (7981)
凋落物分解主场效应及其土壤生物驱动.....	查同刚,张志强,孙 阁,等 (7991)
街尘与城市降雨径流污染的关系综述.....	赵洪涛,李叙勇,尹澄清 (8001)



封面图说: 永兴岛海滩植被——永兴岛是中国西沙群岛的主岛,也是西沙群岛及南海诸岛中最大的岛屿。国务院 2012 年 6 月批准设立的地级三沙市,管辖西沙群岛、中沙群岛、南沙群岛的岛礁及其海域,三沙市人民政府就驻西沙永兴岛。永兴岛岛上自然植被密布,野生植物有 148 种,占西沙野生植物总数的 89%,主要树种有草海桐(羊角树)、麻枫桐、野枇杷、海棠树和椰树等。其中草海桐也称为羊角树,是多年生常绿亚灌木植物,它们总是喜欢倚在珊瑚礁岸或是与其他滨海植物聚生于海岸沙滩,为典型的滨海植物。

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

DOI: 10.5846/stxb201203290441

傅强, 毛锋, 王天青, 杨丙丰, 吴永兴, 李静. 基于智能体模型的青岛市林地生态格局评价与优化. 生态学报, 2012, 32(24): 7676-7687.

Fu Q, Mao F, Wang T Q, Yang B F, Wu Y X, Li J. Evaluation and optimization of woodland ecological patterns for Qingdao based on the agent-based model. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(24): 7676-7687.

基于智能体模型的青岛市林地生态格局评价与优化

傅 强^{1,*}, 毛 锋¹, 王天青², 杨丙丰¹, 吴永兴¹, 李 静³

(1. 清华大学建筑学院, 北京 100084; 2. 青岛市城市规划设计研究院, 青岛 266071;

3. 环境保护部卫星环境应用中心, 北京 100029)

摘要: 设计并在 GIS 平台上开发了基于智能体的生态格局评价模型, 以青岛市及周边地区林地为研究对象, 分析不同林地空间格局及生态网络保护框架对于物种生存与扩散的影响。结果表明, 与现状相比, 不同等级的生态网络框架对物种种群数量与物种迁移都有明显提升, 且等级越高的生态网络框架提升作用越明显。然而仅仅依靠生态网络框架不足以使研究区域林地系统形成功能上的相互连通, 因此, 在分析研究区域现状土地利用格局基础上, 提出与湿地系统结合, 在胶州湾周围及大沽河干流地区增加林地的空间布局。通过模型模拟分析, 发现优化后的林地空间格局结合生态网络框架能有效提升林地之间的物种扩散。基于模拟结果, 为研究区林地生态格局构建提出如下建议: (1) 保证现有的规模较大的林地不被破坏; (2) 青岛市中部湿地系统可以作为新增林地的理想区域; (3) 生态网络框架可作为青岛市建立城市组团间生态间隔的空间参考。

关键词: 智能体模型; 生态格局评价; 物种扩散; 概念物种; 青岛市林地

Evaluation and optimization of woodland ecological patterns for Qingdao based on the agent-based model

FU Qiang^{1,*}, MAO Feng¹, WANG Tianqing², YANG Bingfeng¹, WU Yongxing¹, LI Jing³

1 School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China

2 Qingdao Urban Planning and Design Research Institute, Qingdao 266071, China

3 Satellite Environment Center, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100029, China

Abstract: Urban socio-economic development and urban spatial expansion has led to the loss and fragmentation of habitat. Global climate change adds to the gravity of these effects. The survival of wildlife species is subjected to enormous pressure due to natural environmental changes and human activities. Agent-based models (ABMs) are computer simulation models analyzing and simulating human or animal behavior through the integration of learning, adaptation, evolution and logical analysis. ABMs study the overall system characteristics by analyzing internal elements of the system (such as the interaction among individual agents, and agents with the environment) with a bottom-up approach. The agents in ABMs can complete given objectives, perceive and respond to changes of the external environment through the default logic control, and respond to stimuli from other agents and the external environment through learning and adaptation functions. This paper designed an agent-based evaluation model of an ecological pattern, which was used to analyze the impact of different woodland patterns on species survival and dispersal. The model focused on the logic control of survival and dispersal of agents, and used the dispersal strategy integrating CRW and LW models, which combines the advantages of these two models. The survival of the agent is control by the age-specified U-shaped survival curve and determination function considering their own energy and environmental risks. The model was developed on the GIS platform, realizing the seamless integration of the agent model

基金项目: “十二五”科技支撑计划项目(2010BAK67B08); 国家自然科学基金项目(51178235)

收稿日期: 2012-03-29; 修订日期: 2012-10-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fuqiangfio@163.com

and GIS, which could then be applied to real geographical environment simulation. Qingdao is a city located in the eastern coastal region of China where the economy is relatively well-developed. The region is also where marine and terrestrial ecosystems meet. Woodland is mainly distributed in the Laoshan Mountains in the east, the Daze Mountains in the north, and the Dazhu, Xiaozhu and Tiejue Mountains in the south. In the study area, the ecological environment is deteriorating, and various wildlife species are being impacted, with some species being endangered or facing extinction. This paper selected the woodlands in the Qingdao district as the study object, analyzing the effect of different spatial patterns on the survival and spread of woodland species. Simulation results showed that, compared with the original state, species populations and migration have improved significantly under different levels of ecological network framework, and the higher the level of ecological network framework, the more obvious the improvement. The distance between patches had a large influence on the dispersal of simulated species because they were not able to arrive at patches that were far away from the original patch. Therefore, this paper makes the suggestion that an approach integrating wetland and woodland systems could strengthen woodland system functional contact in the study area. It is suggested that the region around Jiaozhou Bay and the mainstream of Dagu River be used to increase the spatial distribution of woodland. Based on the simulation results, suggestions for the woodland ecological pattern construction are given below: (1) ensure that the large woodland can not be destroyed; (2) the wetland system district in the middle of Qingdao is an ideal place for a new woodland construction; (3) the ecological network framework can be used as a spatial reference for an ecological barrier to prevent the spread of urban land into woodland.

Key Words: agent-based model; evaluation of the ecological pattern; species dispersal; conceptual species; woodland in Qingdao

野生动物物种生存正遭受着由自然环境变化和人类活动影响所带来的巨大压力,包括全球气候变化、环境污染、栖息地消失与破碎。特别是我国正处于快速城市化时期,城市的盲目扩张与蔓延,城市人口的迅速增长,更加剧了这一过程。这就要求在区域与城市规划过程中加强对自然环境与生态系统保护的重视,划定、预留、合理配置对维持生物多样性有重要作用的地区。有效保护规划需充分认识规划制定过程中景观及生物多样性格局与过程动态变化,并克服由此带来的复杂性,比如由于环境或景观的变化而引起的物种空间分布的变化将会影响规划的决策方案。模拟模型有助于探索野生动物对人类活动的反应^[1-2],动态分析与预测不同规划场景对生态环境的影响,进而指导人们进行科学合理的规划,为决策者制定高效且灵活的规划方案提供有力的方法^[3]。

生态网络是由栖息地及缓冲区等自然斑块及连通廊道构成的网络。自然斑块的网络化保证了物质、能量、信息在各斑块之间流通,可使物种从不适宜地区迁移到适宜地区,从而使物种数量在网络层面维持动态平衡^[4]。因此,生态网络是应对当前快速城市化、全球气候变化背景下栖息地质量下降、范围缩小以及栖息地之间联系断裂进而导致生物多样性消失的有效措施^[5]。目前生态网络的研究多集中于生态网络构建方面,而较少有关于生态网络对于物种扩散及种群持续的量化评价。

本文以青岛市及周边地区为研究区域,在空间信息技术支持下,构建基于智能体模型的生态格局评价模型,并通过模型模拟评价这一地区不同林地空间格局及生态网络框架对物种扩散及种群持续的影响。为青岛市构建相互连通的林地生态网络提供量化评价依据。

1 基于智能体的生态格局评价模型

1.1 智能体模型(Agent-based models, ABM)

智能体模型是通过整合学习、适应、进化及逻辑分析以模拟人或动物行为的一种计算机模型。ABM通过自下而上的方法,分析系统内部要素(如智能体个体之间及智能体与所处环境之间)的交互活动,进而理解由此而形成的系统整体特性^[6]。ABM模型内部的智能体通过预设的逻辑控制,完成某种既定目标,感知外部

环境变化并对此作出反应,并可通过学习与适应功能应对其他智能体以及外部环境对其刺激。智能体与环境的交互是 ABM 模型最显著的特点^[7]。ABM 模型能够整合真实的环境信息,分析、模拟及在空间上明确表达动物行为、移动扩散与动态环境变量之间的关系,并在此基础上分析评价不同场景对野生物种存续的影响,为保护规划提供有力的工具。ABM 已经应用于社会系统模拟^[8-10],生态系统中鸟类^[11-12]、鱼类^[13]、昆虫^[14]、大型草食动物^[15-16]、大型肉食动物^[17]以及大型杂食动物^[18]的行为与扩散模拟。

1.2 建模思路

本文设计基于智能体的生态格局评价模型目的是评价城市地区不同林地斑块空间配置及不同生态网络框架对物种生存与栖息地间扩散的影响,模型重点对物种在栖息地间的扩散过程和生存情况分析模拟。

1.2.1 物种扩散的模拟

物种的迁移扩散受到地形与环境要素的影响^[12,19-20]。某些物种可以根据其所处的具体环境改变其扩散搜索的策略^[21-22]。大时空范围内的物种运动通常被认为具有布朗运动和费克扩散两个基本特点,因此在建模过程中物种的运动通常假设为非相关随机行走^[23-24]。然而,这种假设忽略了动物移动过程中方向持续性问题,即物种在运动过程中有保持同样方向运动的倾向。相关随机行走(CRW)^[25]和李维行走(Lévy walks, LW)^[26]两种随机行走模型的提出一定程度上克服这一困难。CRW 和 LW 模型均通过移动长度和移动角度两个参数来控制动物的运动,移动角度由一个偏好方向和一个偏离角度构成。其中,CRW 模型中的移动长度的分布概率符合高斯分布或其他指数衰减型分布,偏离角度符合均匀角分布;LW 模型的移动长度符合幂律分布,偏离角度为均匀分布,幂律指数被称为李维指数,通过李维指数控制动物移动空间范围大小,因而 LW 模型可以表示从布朗运动到直线的多种路径形式。CRW 能够很好的处理动物移动过程中方向保持与偏离,但由于其移动长度分布函数的特点,CRW 对中短距离的动物移动有较好的模拟效果。LW 模型能够很好的处理大范围动物移动问题。本文设计的模型中,智能体的移动采用了一种综合 CRW 模型与 LW 模型方法,即在移动角度上采用 CRW 模型中移动角度(公式 1),LW 模型控制移动的步长(公式 2),以整合两种扩散模型的优点。CRW 与 LW 综合模型提供了智能体移动的基础方法框架。此外,动物内部状态、外部因素、移动能力以及目标确定能力是与动物移动基本过程相关的 4 个组成部分。这 4 个组成部分建立在一系列已有理论之上,因而动物的移动可以通过生物力学、认知、随机及优化过程模拟分析,这为基于智能体的动物扩散建模提供了坚实的理论基础^[27]。在本文模型中,智能体的内部状态表现为能量变化对物种移动的影响;外部因素表现为智能体所处的环境特点,比如不同景观类型对物种扩散过程中能量的供给以及风险影响;移动能力表现为智能体的扩散速度和最大扩散距离;目标确定表现为物种感知周围适宜栖息环境的能力,如当智能体在其视线范围内感受到理想栖息地时,则在下一步移动中向栖息地方向移动。这四个组成部分可以通过调整相应参数来表征智能体不同的扩散能力。

1.2.2 物种生存与繁衍的模拟

物种生存是主观与客观条件共同作用的结果,任何物种都有寿命的限制,对于许多物种来讲,与年龄相关的存活率是一个倒 U 型曲线^[28],即存活率是一条从出生开始随年龄增大而增大,在达到壮年后又随年龄增大而减小的曲线。通过两个正态函数的叠加可得到模拟物种存活率随年龄变化的倒 U 型曲线,并可通过调整函数中相关参数改变倒 U 型曲线的具体形状(公式 3)。物种所在的客观环境也对物种生存起到重要影响,主要表现在所处环境对其能量摄取与补给的作用,是否存在对生存不利的条件,如生存环境恶劣、大量存在天敌等^[29]。在本文设计的模型中主要体现为不同景观类型的能量补给值、风险值以及栖息地种群密度对物种生存的影响。繁衍是动物种群延续的基本行为,模拟物种在每年的一段时间内通过有性繁殖生产下一代,为了简化处理过程,每一次繁殖只产生一个幼体,幼体性别随机选择。

1.3 模型设计与实现

1.3.1 模型设计

基于建模思路,得到基于智能体的生态格局评价模型(图 1)。

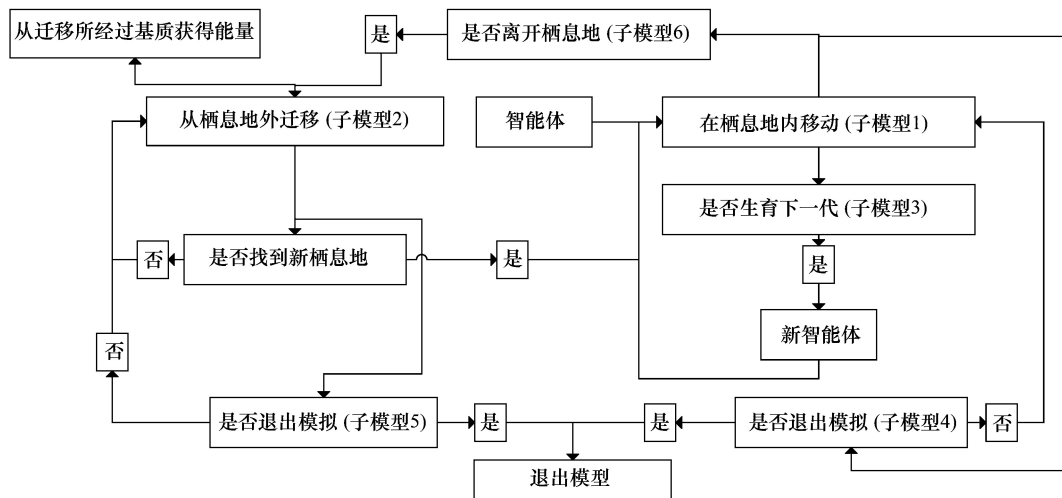


图1 智能体模型框架

Fig. 1 Framework of agent base model

子模型 1 控制智能体在栖息地内移动,每次移动距离为 1 个 Cell,随机选取其一阶诺依曼邻里 (first-order von Neumann neighborhood) 内的栖息地 Cell。

子模型 2 是模型的核心部分(图 2)。控制智能体在栖息地之间移动的方向、范围以及是否寻找到新的栖息地。栖息地之间移动的方向、范围通过 CRW 与 LW 综合模型确定。移动的方向由喜好角度和偏离角度构成,偏离角度采用包柯西分布 (wrapped Cauchy distribution)^[30] 的表达形式(公式 1),移动长度上采用 LW 模型^[31] 的表达形式(公式 2):

$$\theta = \varphi + 2\arctan\left[\left(\frac{1-\rho}{1+\rho}\right)\tan\left[\pi\left(u - \frac{1}{2}\right)\right]\right] \quad (1)$$

式中, φ 为喜好角度, ρ 为形状参数,控制与角度 φ 的偏离程度。 u 是一个取值为 0—1 的随机扰动变量。

$$l = l_0 u^{(1-\mu)^{-1}} \quad (2)$$

式中, l_0 是每次移动的最短距离, μ 是一个控制每次移动的长度范围的参数, u 是一个取值为 0—1 的随机扰动变量。

子模型 3 通过对智能体性别、年龄、是否位于栖息地内、当年是否已经产子以及在一定空间范围 L_{birth} 内是否存在雄性等条件的判断,控制雌性智能体是否产子,并使其产子的概率控制在 P_{birth} 以内。

子模型 4 与子模型 5 控制智能体是否退出模型模拟。其中子模型 4 控制在栖息地内的智能体,子模型 5 控制栖息地外的智能体。两个模型都含有一个与年龄有关的控制函数:

$$P(i)_{\text{age}} = \lambda_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_1} \cdot e^{-\frac{(\text{age}(i) - \mu_1)^2}{2 \cdot \sigma_1^2}} + \lambda_2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_2} \cdot e^{-\frac{(\text{age}(i) - \mu_2)^2}{2 \cdot \sigma_2^2}} \quad (3)$$

式中, $\text{age}(i)$ 为智能体 i 的年龄。

此外,子模型 4 中还含有一个与智能体所处栖息地中当前智能体数量与该栖息地所能承载的数量相关的函数(公式 4)。

$$P_{\text{env}} = \left(\frac{\text{patchCarrying}_i}{\text{patchCarryingCap}_i} \right)^\xi \quad (4)$$

式中, patchCarrying_i 为栖息地斑块 i 当前种群数量, $\text{patchCarryingCap}_i$ 为栖息地斑块 i 的可承载数量。

子模型 4 通过判断 P_{age} 和 P_{environ} 以及一个随机数 e_1 之和是否超过一个设定的阈值来控制栖息地内智能体是否退出模拟。子模型 5 通过判断 P_{age} 和随机数 e_2 之和是否超过设定的阈值来控制栖息地外智能体是否退出模拟。

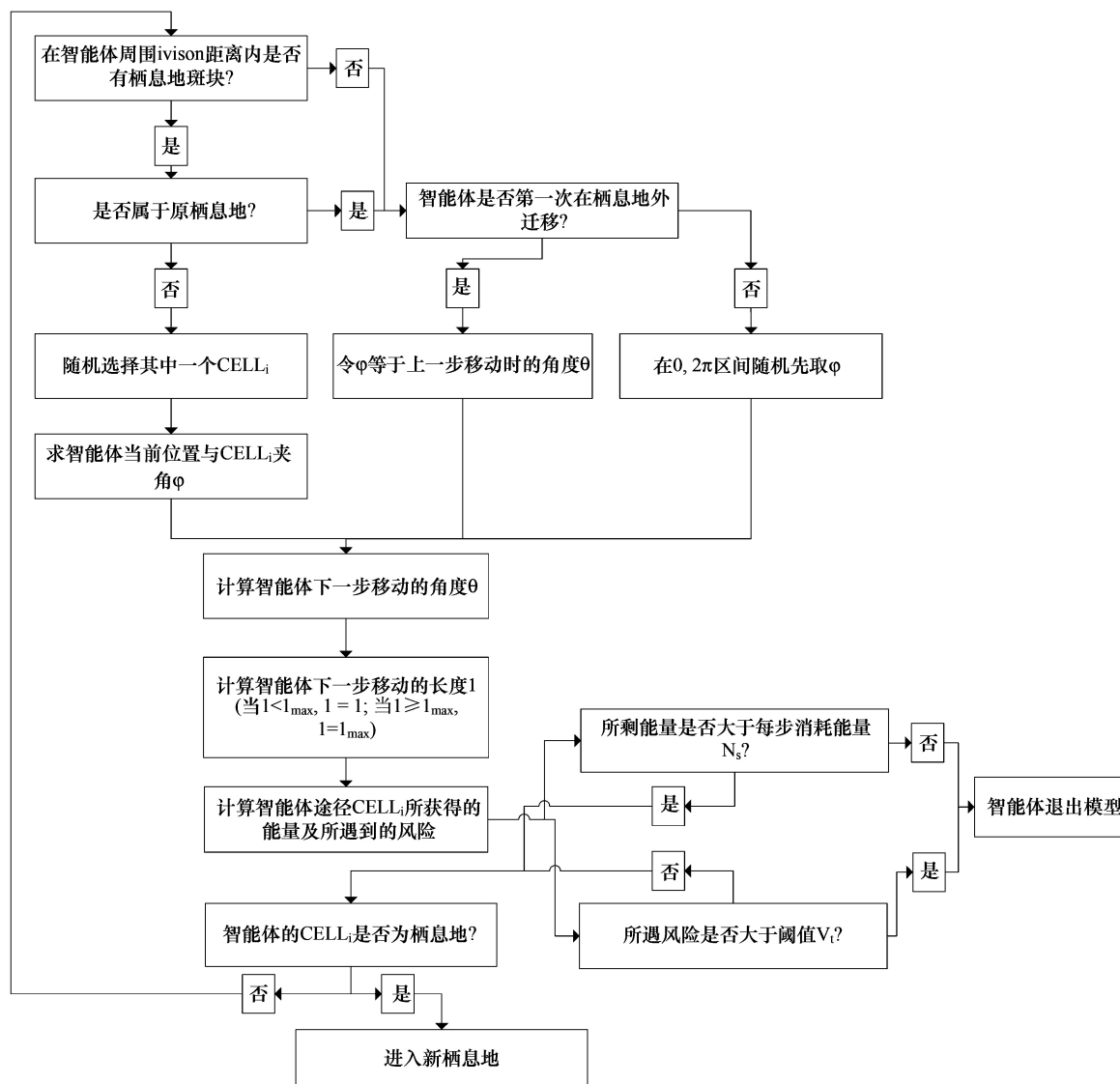


图2 智能体扩散分析图

Fig. 2 Diagram of agent diffusion analysis

子模型6通过对所处位置是否位于栖息地边缘、所处栖息地的种群密度等条件的判断控制智能体是否离开现有栖息地。智能体离开现有栖息地的概率为

$$P_{\text{out}} = \alpha \cdot \frac{N_{\text{cell-nonhabit}}}{N_{\text{cell-habit}}} + \beta \cdot \frac{\text{patchCarrying}_i}{\text{patchCarryingCap}_i} + \text{rand1} \quad (5)$$

式中, $N_{\text{cell-nonhabit}}$ 为智能体周围非栖息地斑块的数量, $N_{\text{cell-habit}}$ 为智能体周围栖息地斑块的数量。Rand1 是取值为 0—0.5 之间的随机扰动变量。

1.3.2 模型实现

在 Visual Studio Net 开发平台下, 基于 ArcGIS Engine 地理信息系统二次开发包, 对上述模型开发实现。并开发了用户界面, 用于模型参数设置以及模型模拟过程的动态展示与监控。

2 模型应用

利用基于智能体的生态格局评价模型分析青岛市及周边地区林地生态格局对于林地物种生存与扩散的影响, 检验不同条件生态网络框架对研究区域林地物种生存与扩散的改善情况, 并提出优化建议。

2.1 研究区域概况

青岛市位于山东半岛南端,北纬 $35^{\circ}35'—37^{\circ}09'$,东经 $119^{\circ}30'—121^{\circ}00'$ 区域。东部与南部濒临黄海,总面积 10654km^2 ,常住人口 871.51 万人。青岛市海拔 $0—1132.7\text{m}$ (崂山主峰),地势东高西低,南北两侧隆起,中间低凹,其中山地约占全市总面积的 15.5%、丘陵占 25.1%、平原占 37.7%、洼地占 21.7%。市域有 3 大山系:东南是崂山山脉,北部为大泽山,南部为大珠山、小珠山、铁嶺山等组成的胶南山群。青岛地处北温带季风区域,属温带季风气候。当前研究区域生态环境呈现变差趋势,部分野生动植物资源遭到不同程度的破坏,个别物种已近濒危或灭绝的境地。考虑到生态系统的完整性与模型模拟的需要,本文在研究区范围并不与青岛市行政区域完全重合,而是采用了一个包含青岛市域的矩形区域(图 3)。

2.2 主要数据来源

本文所利用的主要数据是研究区域的土地利用覆盖图。在中国 1:25 万土地覆盖遥感调查与监测数据库^[32]提供的研究区域 2005 年土地覆盖数据基础上结合 2011 年卫星影像数据修正更新为 2011 年研究区域 1:25 万土地数据。

2.3 模拟物种确定与模型参数设定

不同的物种对于景观的类型和结构有不同的反应^[33]。确定不同景观构成对物种产生影响需要采用基于物种的方法^[34]。焦点物种^[35]是其中一种方法,它首先要分析土地景观变化所影响的相关物种,从中选取最敏感的一类或几类物种。这种方法存在难于获得相关物种的全面与详细信息的问题。同时,对于景观配置较为复杂的研究区域,确定具体哪种物种作为焦点物种也是很有争议的。通用焦点物种^[36]和生态档案^[4]为解决上述问题提供了方法。通用焦点物种和生态档案的方法试图通过一种或几种概念化的或虚拟的物种来表征一系列具有相同或相似的生态要求的真实物种。在物种选择上,本文借鉴了上述方法,采用概念物种作为模拟物种。依据 Watts 等^[36]对林地相关物种研究的数据整理,绝大部分物种的最小栖息地要求在 100hm^2 以下,扩散距离在 $1—10\text{km}$ 之间,因此,模拟物种对栖息地最小面积要求设定为 100hm^2 ,扩散距离设定为 1km 。模拟物种可以表征研究区域林地系统中大部分对栖息地面积有一定要求且有较强扩散能力的物种。以林地作为模拟物种的主要栖息地生境,其栖息地空间分布如图 3 所示。

景观异质性在模型中的作用体现为不同的景观类型对模拟物种能量的补给以及模拟物种在不同景观类型中所面临的风险。研究区域中具有较长扩散能力与需求的物种以鸟类与中小型兽类为主,基于全球鸟类分布数据^[37]以及相关文献记载,得到分布于研究区域林地系统的鸟类 70 余种,兽类 7 种。通过对每一种物种生境特点分析整理,并考虑研究区数据可获得性与精度,将研究区景观分为林地、草甸草地、典型草地、灌丛草地、水田、水浇地、旱地、城镇建设用地、农村聚落、沼泽、近海湿地、内陆水体、河湖滩地、裸岩、裸地、沙漠共计 16 类(图 3)。通过对各物种生境特点的统计分析,得到各景观类型对应的能量值。不同景观对应的风险值的确定来自文献调研与专家访谈,确定过程主要体现了人为因素(如农药、化肥的使用,人类活动造成的各种干扰等)对于物种迁移的影响。不同景观的能量值及风险值如表 1 所示。

经过对智能体模型的调试,使得智能体在生存、繁衍以及扩散等行为达到模型模拟的要求,从而确定了模型中各参数的具体数值(表 2)。

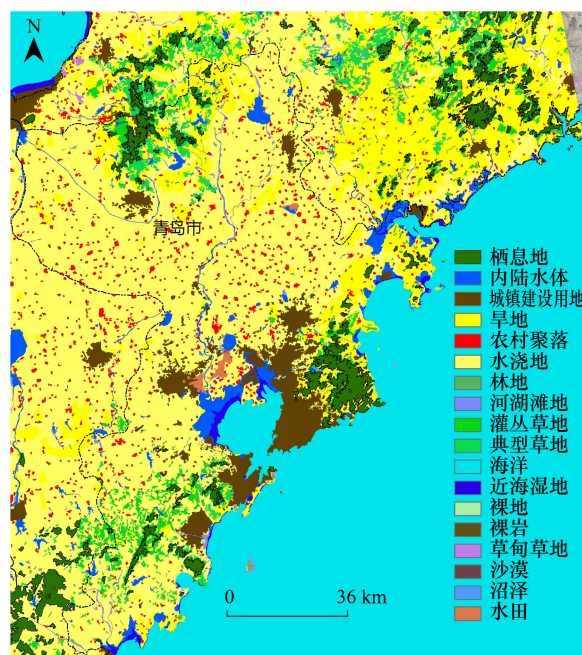


图 3 研究区域与景观类型

Fig. 3 The map of study area and landscape types area

表 1 不同景观类型的能量值与风险值
Table 1 Energy value and risk value of different landscape types

景观类型 Landscape type	能量值 Energy value	风险值 Risk value	景观类型 Landscape type	能量值 Energy value	风险值 Risk value
林地 Woodland	10	1	农村聚落 Rural settlement	4	8
草甸草地 Meadow	7	3	沼泽 Swamp	2	1
典型草地 Typical grassland	5	2	近海湿地 Coastal wetland	2	1
灌丛草地 Shrub grassland	8	2	内陆水体 Inland water	3	1
水田 Paddy field	6	5	河湖滩地 Lake Beach	4	1
水浇地 Irrigated land	5	5	裸岩 Bare rock	2	1
旱地 Dry land	6	6	裸地 Bare land	2	1
城镇建设用地 Urban built land	4	9	沙漠 Desert	1	1

表 2 模型参数值
Table 2 Parameter values of the model

参数名称 Parameter	值 Value	参数名称 Parameter	值 Value
ρ	0.95	$\sigma 2$	3
l_0	1	$\mu 1$	5
μ	1.5	$\mu 2$	4
$\lambda 1$	3.7	ξ	3
$\lambda 2$	4	α	0.5
$\sigma 1$	3	β	0.5

2.4 模拟结果分析

本文设计的模型时间精度为 1d,即模型每模拟 1 次所代表的实际时间是 1d。模型的初始条件为研究区域中每一个栖息地斑块投放密度为 0.04 个/hm² 的模拟物种,每一个栖息地斑块雌性与雄性物种数量一致。物种的年龄范围为 0—3650d(即 0—10 岁)。以此初始条件对研究区域原始情况、基本生态网络、较理想生态网络、理想生态网络^[38](图 4)4 种林地配置情况进行模拟,生态网络框架的划定一定程度上限制了人类活动对动物物种的不良影响,因此,在模型中生态网络框架作用通过改变框架覆盖地区的能量值与风险值体现。模拟次数为 182500 次,即 500a(本模拟中 365d 为 1a)。考虑到模型模拟由初始条件到稳定条件需要一定模

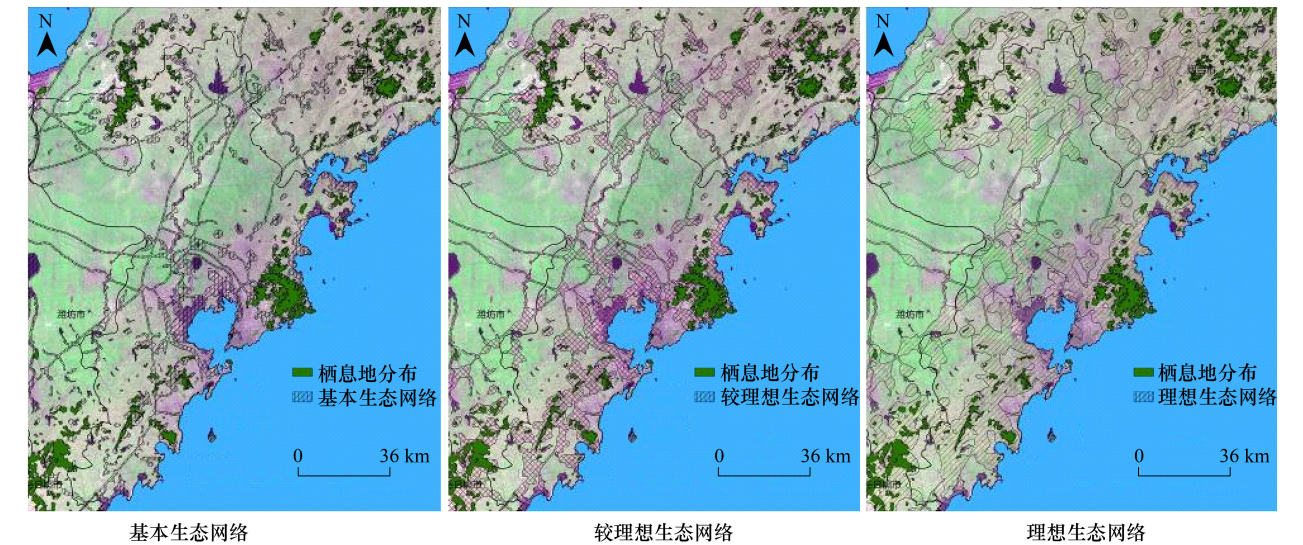


图 4 不同条件生态网络图
Fig. 4 Ecological network map of different conditions

拟次数,从模拟结果中选择 100—500a 这段时间的数据进行分析。

2.4.1 不同网络条件下研究区域模拟物种种群数量的变化情况。

以每一年模拟结果的第 1 天为采样时间点,研究区域不同条件下种群总数量变化如图 5 所示,栖息地内部种群数量变化如图 6 所示。从图中可以看出 3 种生态网络框架对于研究区域以及栖息地内部种群总数量提升起到了明显的作用;较理想生态网络条件下数量略多于基本生态网络,理想生态网络种群总数量明显高于其他 3 种情况。种群数量是反映一个地区物种存续的重要指标,由模拟结果可知,生态网络框架的划定,整体上有利于研究区域种群数量的提升,且高等级生态网络空间作用更加明显。

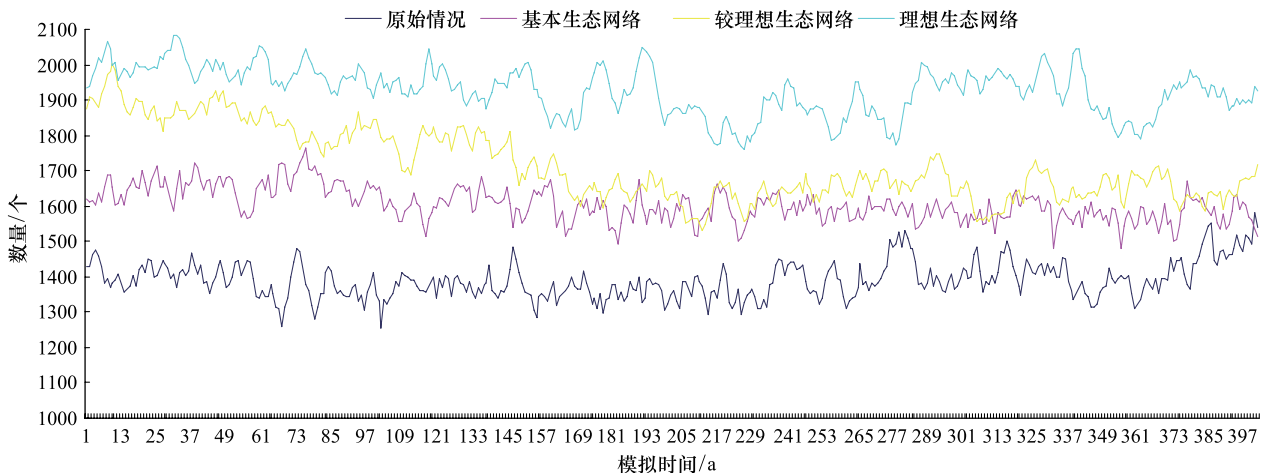


图 5 不同条件下研究区域模拟物种总数量变化图

Fig. 5 Diagram of simulated species total populations change under different ecological patterns

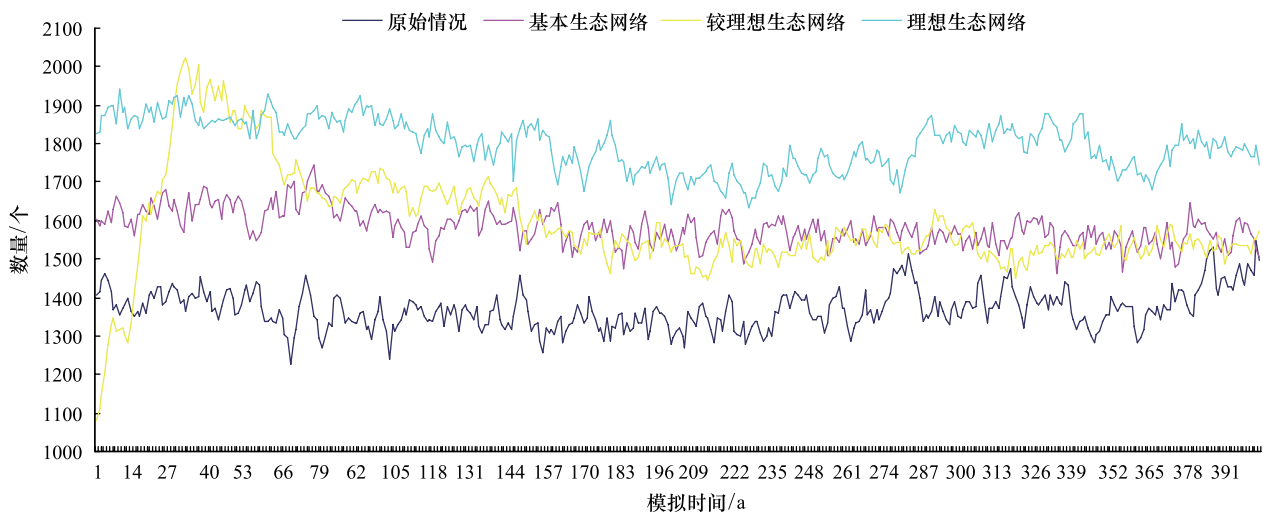


图 6 不同条件下研究区域栖息地中模拟物种总数量的变化情况

Fig. 6 Diagram of simulated species total populations change in habitats under different ecological patterns

2.4.2 不同条件下研究区域模拟物种斑块间扩散情况

不同情况下物种在斑块间扩散情况如表 3 所示。从表中可以看出模拟物种迁入新栖息地的成功率随生态条件的完善呈增加的趋势,在扩散过程中死亡率则呈下降趋势。这说明了研究区域生态网络框架为物种在斑块间的扩散提供了保障。

2.4.3 不同条件下研究区域模拟物种斑块间连接情况

图 7—图 10 分别表示物种不同条件下斑块间扩散的情况,图中连线表示物种成功地从连线一端的斑块

扩散至连线的另一端。连线的宽度则表示连线所连接的两个斑块间物种成功扩散的数量。对比图 7—图 10 可以发现,随着生态条件的改善,图中连线的数量以及宽度逐渐增加。说明生态网络框架的划定对于栖息地之间物种的流动产生有利影响。

表 3 不同条件下物种扩散成功率与存活率

Table 3 Disperse success rate and survival rate of species under different conditions

	原始情况 Original condition	基本生态网络 Basic ecological network	较理想生态网络 Medium ecological network	理想生态网络 ideal ecological network
迁出 Emigration/个	87379	117062	130933	135033
迁入 Immigration/个	21395	58747	80343	96374
迁出死亡 Death while dispersing/个	64856	57466	44860	31372
迁入占迁出比率 Ratio between immigration and emigration/%	24. 49	50. 18	61. 36	71. 37
死亡占迁出比率 Ratio between Death and emigration/%	74. 22	49. 09	34. 26	23. 23

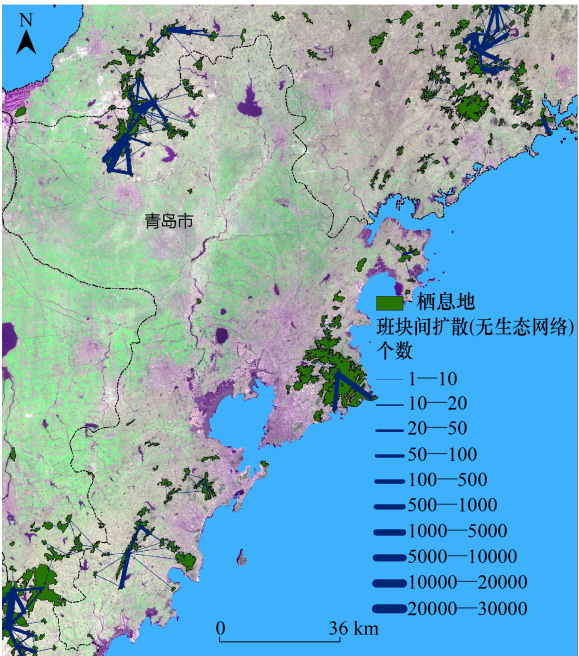


图 7 原始条件下模拟物种栖息地间扩散情况

Fig. 7 Disperse of simulated species among habitats under original conditions

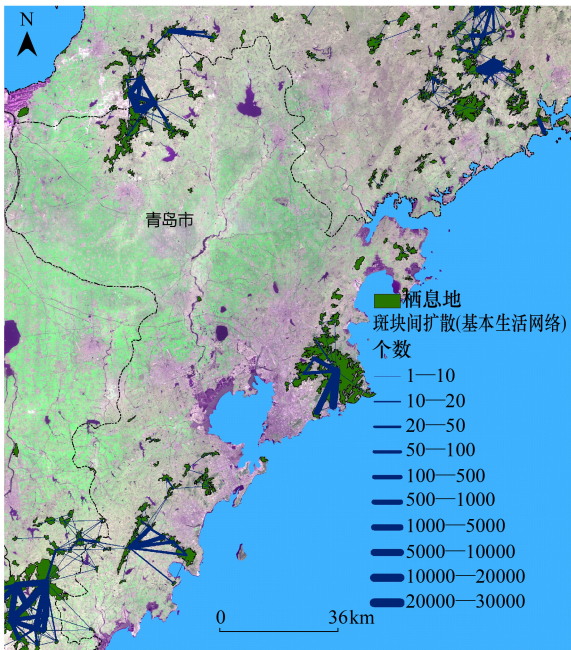


图 8 基本生态网络条件下模拟物种栖息地间扩散情况

Fig.8 Disperse of simulated species among habitats under basic ecological network

2.5 生态格局的优化与模型检验

通过模拟结果分析可以发现:(1)在不同的生态网络框架条件下,模拟物种在斑块间的扩散成功率、扩散范围以及种群存活数量总体上随生态网络等级升高而增加,说明生态网络框架保护作用明显,智能体模型各项参数可以很好的反映不同生态网络框架对物种生存与扩散的影响;(2)除东部崂山的林地系统没有与青岛市域以外的林地系统相连接外,北部林地以及南部林地均与青岛市域外区域有物种移动连接。这说明生态系统保护应打破行政区划界限,构建区域层面的生态空间格局,为区域与城市可持续发展划定生态框架;(3)由于研究区域林地分布集中于北、东、南三个方向,且之间距离较远,即使是理想的生态网络框架,如不采取增加栖息地或歇脚石斑块措施仍旧无法使研究区域中三个部分的林地之间形成有效的连接。

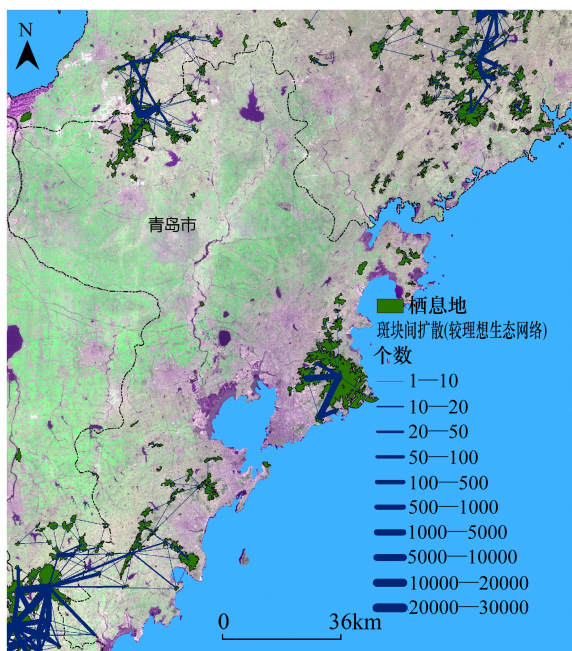


图9 较理想生态网络条件下模拟物种栖息地间扩散情况

Fig. 9 Disperse of simulated species among habitats under medium ecological network

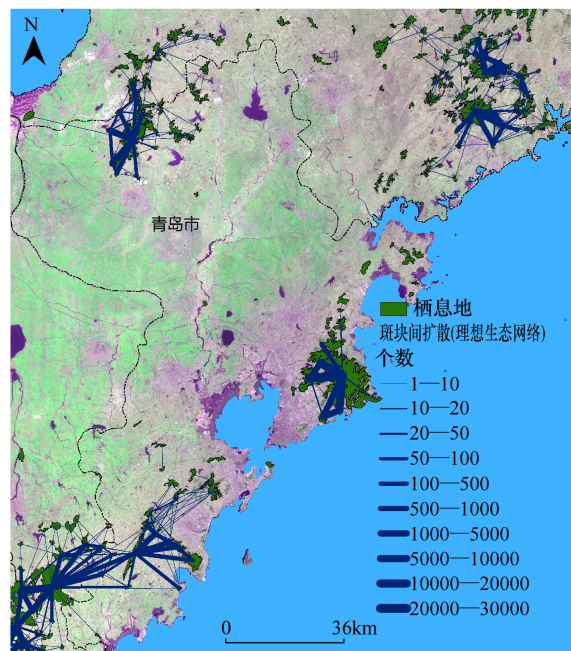


图10 理想生态网络条件下模拟物种栖息地间扩散情况

Fig. 10 Disperse of simulated species among habitats under ideal ecological network

为有效构建青岛区域林地系统网络化生态格局,采用林地生态系统与湿地生态系统综合构建的方法。通过在湿地网络系统中具有重要作用的河湖湿地周围构建林地缓冲区,有效保护研究区域的湿地生态系统同时,为林地系统物种扩散提供栖息地与歇脚石。青岛中部胶州湾沿岸的青、黄、红岛地区是青岛市城市开发最为密集的区域,胶州湾底部还分布有该区域面积最大、生态作用最为重要的胶州湾湿地系统^[39],青岛中部经受社会经济发展与生态环境保护双重压力。在胶州湾周围配置构建集河湖湿地防护与林地功能连接为一体的林地,可有效的控制城市盲目扩张所带来的生态、环境破坏的不良影响,也为这一人口密集地区的人居环境改善提供了必要的支撑。大沽河位于青岛中部与北部,连接胶州湾与青岛市北部山区林地系统。大沽河是青岛的“母亲河”,关乎青岛市城市发展、生态保护、农业生产、历史与文化遗产等众多方面。依托大沽河这条“蓝色”生态带,配置滨河防护林带,形成连接胶州湾与北部山区的“绿色”生态带,构建蓝绿结合、功能完善的生态区。由此建议在胶州湾周围山洲、林子水库,以及北部地区大沽河干流与支流两岸、大沽河流域中下游的棘洪滩、挪城、石棚、书院、崂山水库,上游地区的黄山、黄同、双庙水库等地区结合库岸防护林、水源涵养林构建一定规模的林地(图11)。形成以生态网络框架为保护范围,以上述新增林地具体措施为青岛市的林地生态格局。基于优化后的生态格局,通过以相同参数的模型进行模拟,得到物种在优化后的生态格局下扩散的

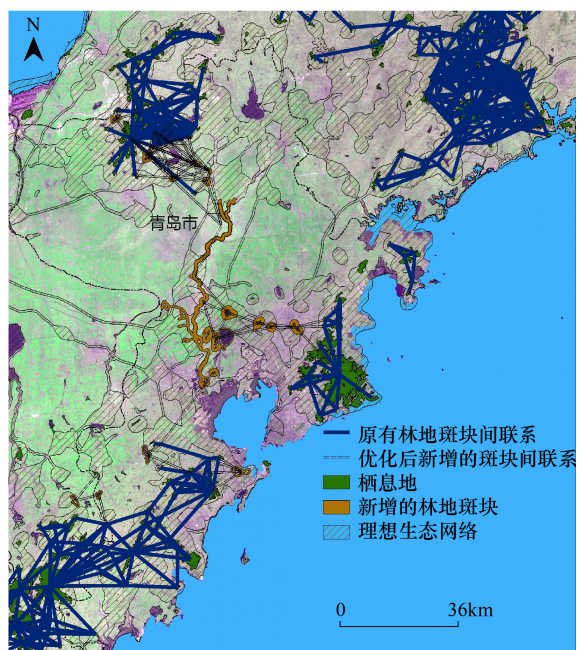


图11 研究区域生态格局优化及模拟结果

Fig. 11 Optimization results of ecological pattern of study area

由此建议在胶州湾周围山洲、林子水库,以及北部地区大沽河干流与支流两岸、大沽河流域中下游的棘洪滩、挪城、石棚、书院、崂山水库,上游地区的黄山、黄同、双庙水库等地区结合库岸防护林、水源涵养林构建一定规模的林地(图11)。形成以生态网络框架为保护范围,以上述新增林地具体措施为青岛市的林地生态格局。基于优化后的生态格局,通过以相同参数的模型进行模拟,得到物种在优化后的生态格局下扩散的

情况(图 11)。

3 讨论与结论

模型分析可以克服直接调查和观测的方式在较大空间和时间尺度上数据获取存在难度的问题^[40]。景观格局与生态过程之间关系的研究便于人们认识当前快速城市化过程中人类活动对自然生态环境造成的不良影响。通过基于智能体模型模拟的生态格局评价可以为生物保育、保护区规划以及城市化进程中城乡绿地系统规划与建设提供研究方法 with 科学参照。

本文设计了基于智能体的生态格局评价模型,模型重点体现对智能体生存与扩散的逻辑控制,引入综合 CRW 模型与 LW 模型的智能体扩散策略。模型开发基于 GIS 平台,实现智能体模型与 GIS 的无缝集成,使智能体模型应用于真实地理环境模拟。基于模型对青岛市及周边区域林地系统进行了应用研究,引入了针对研究区域的概念物种作为模型模拟的物种,这一方法简化了模型分析对于相关真实物种的信息需求,同时在很大程度上满足了模型模拟的要求。模型评价了研究区域不同林地空间格局与生态网络框架对模拟物种扩散与生存的影响。通过分析发现:高等级生态网络框架对物种种群数量以及在斑块间扩散起到了很好的保护作用;物种扩散受斑块间距离影响很大,模拟物种无法实现在相距较远的斑块间扩散。因此,本文提出了湿地系统与林地系统相结合以加强研究区域林地系统空间联系的优化措施,通过模型检验发现优化后的林地空间格局能够有效支撑模拟物种在研究区域的扩散。基于模拟评价结果,为研究区林地生态格局构建提出如下建议:(1)保证现有的规模较大的林地不被破坏;(2)考虑在青岛市中部平原地区结合湿地系统新增林地,一方面有利于研究区域林地系统的功能连通,另一方面也有利于湿地系统质量的提高;(3)生态网络框架可以作为青岛市建立城市组团间生态间隔的空间参考,在城市开发建设时应注意避让生态网络框架覆盖区域,并重点在生态网络框架空间内进行生态系统的恢复。

智能体模型十分适合分析人类社会及生态环境中个体自身行为以及个体与个体之间、个体与所处环境之间的相互影响。智能体模型发挥其更大的作用取决于如下方面:汲取生态学领域对动物生境选择、社会行为、迁徙扩散等实证研究的成果;集成空间信息技术领域的最新研究成果,以获得数据获取、处理、表达等方面有力的技术支持;计算机信息技术提供诸如并行计算等高性能数据处理软硬件的支持。

References:

- [1] West A D, Caldw R W G. The development and use of individuals-based models to predict the effects of habitat loss and disturbance on waders and waterfowl. *Ibis*, 2006, 148(s1):158-168.
- [2] Beissinger S R, Walters J R, Catanzaro D G, Smith K G, Dunning J B Jr, Haig S M, Noon B R, Stith B M. Modeling approaches in avian conservation and the role of field biologists. *Ornithological Monographs*, 2006, 59:105-113.
- [3] Peterson G D, Cumming G S, Carpenter S R. Scenario planning: a tool for conservation in an uncertain world. *Conservation Biology*, 2003, 17(2): 358-366.
- [4] Opdam P, Steingrover E, van Rooij S. Ecological networks: a spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and urban planning*, 2006, 75(3/4):322-332.
- [5] Jongman R H G, Bouwma I M, Griffioen A, Jones-Walters L, van Doorn A M. The pan European ecological network; PEEN. *Landscape Ecology*, 2011, 26(3): 311-326.
- [6] Grimm V, Railsback S F. *Individual-based Modeling and Ecology*. Princeton: Princeton University Press, Princeton, 2005.
- [7] Marceau D J. What can be learned from multi-agent systems? // Gimblett R, eds. *Monitoring, Simulation and Management of Visitor Landscapes*. Tucson: University of Arizona Press, 2008:411-424.
- [8] O'Sullivan D. Geographical information science: Agent-based models. *Progress in Human Geography*, 2008, 32(4):541-550.
- [9] Quan Q, Tian G J, Sha M Q. Dynamic simulation of Shanghai urban expansion based on multi-agent system and cellular automata models. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(10): 2875-2887.
- [10] Long Y, Mao Q ZH, Yang D F, Wang J W. A Multi-agent Model for Urban Form, Transportation Energy Consumption and Environmental Impact Integrated Simulation. *Geographica Sinica*, 2011, 66(08):1033-1044.
- [11] Alderman J, McCollin D, Hinsley S A, Bellamy P E, Picton P, Crockett R. Modelling the effects of dispersal and landscape configuration on population distribution and viability in fragmented habitat. *Landscape Ecology*, 2005, 20(7): 857-870.
- [12] Alderman J, Hinsley S A. Modelling the third dimension: incorporating topology into the movement rules of an individual-based spatially explicit

- population model. *Ecological Complexity*, 2007, 4(4):169-181.
- [13] Okunishi T, Yamanaka Y, Ito S. A simulation model for Japanese sardine migrations in western north Pacific. *Ecological Modelling*, 2009, 220(4): 462-479.
- [14] Linard C, Poncon N, Fontenille D, Lambin E. A multi-agent simulation to assess the risk of malaria re-emergence in southern France. *Ecological Modelling*, 2009, 220(2): 160-174.
- [15] Metsaranta J M. Assessing factors influencing the space use of a woodland caribou *Rangifer tarandus caribou* population using an individual-based model. *Wildlife Biology*, 2008, 14(4): 478-488.
- [16] Rupp S P, Rupp P. Development of an individual-based model to evaluate elk (*Cervus elaphus nelsoni*) movement and distribution patterns following the Cerro Grande Fire in north central New Mexico, USA. *Ecological Modelling*, 2010, 221(12): 1605-1619.
- [17] Musiani M, Morshed A S, McDermid G J, Hebblewhite M, Marceau D J. How humans shape wolf behavior in Banff and Kootenay National Parks, Canada. *Ecological Modelling*, 2010, 221(19): 2374-2387.
- [18] Sellers W I, Hill R A, Logan B S. An agent-based model of group decision making in baboons. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 2007, 362(1485):1699-1710.
- [19] Kindlmann P, Aviron S, Burel F. When is landscape matrix important for determining animal fluxes between resource patches? *Ecological Complexity*, 2005, 2(2): 150-158.
- [20] Pe'er G, Saltz D, Thuckler H, Motro U. Virtual corridors for conservation management. *Conservation Biology*, 2005, 19(6): 1997-2003.
- [21] Zollner P A, Lima S L. Behavioural tradeoffs when dispersing across a patchy landscape. *Oikos*, 2005, 108(2):219-230.
- [22] Heinz S K, Strand E. Adaptive patch searching strategies in fragmented landscapes. *Evolutionary Ecology*, 2006, 20(2): 113-130.
- [23] Okubo A. *Diffusion and ecological problems: mathematical models*. Berlin; Springer-Verlag, 1980.
- [24] Berg H C. *Random walks in biology*. Princeton; Princeton University Press, 1983.
- [25] Kareiva P M, Shigesada N. Analyzing insect movement as a correlated random walk. *Oecologia*, 1983, 56(2/3):234-238.
- [26] Ramos-Fernández G, Mateos J L, Miramontes O, Cocho G, Larralde H, Ayala-Orozco B. Lévy walk patterns in the foraging movements of spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). *Behavioural Ecology and Sociobiology*, 2004, 55(3): 223-230.
- [27] Nathan R. An emerging movement ecology paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105(49): 19050-19051.
- [28] Cyrus C C Y, Hung-Ken C, Ronald D. L. Explaining the optimality of U-shaped age-specific mortality. *Theoretical Population Biology*, 2008, 73(2):171-180.
- [29] Sears M W, Angilletta M J Jr. Body size clines in sceloporus lizards: proximate mechanisms and demographic constraints. *Integrative and Comparative Biology*, 2004, 44(6):433-442.
- [30] Haefner J W, Crist T O. Spatial model of movement and foraging in harvester ants (*Pogonomyrmex*) (I): The role of memory and communication. *Journal of Theoretical Biology*, 1994, 166(3):299-313.
- [31] Bartumeus F, da Luz M G E, Viswanathan G M, Catalan J. Animal search strategies: a quantitative random-walk analysis. *Ecology*, 2005, 86(11):3078-3087.
- [32] Data sharing infrastructure of earth system science. [2011-07-20]. <http://www.geodata.cn>
- [33] Tischendorf L, Fahrig L. On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos*, 2000, 90(1):7-19.
- [34] Fagan W F, Calabrese J M. Quantifying connectivity: balancing metric performance with data requirements//Crooks K R, Sanjayan M, eds. *Connectivity conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [35] Lambeck R J. Focal species: a multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biology*, 1997, 11(4):849-856.
- [36] Watts K, Eycott A E, Handley P, Ray D, Humphrey J W, Quine C P. Targeting and evaluating biodiversity conservation action within fragmented landscapes: an approach based on generic focal species and least-cost networks. *Landscape Ecology*, 2010, 25(9): 1305-1318.
- [37] BirdLife International and NatureServe. Bird species distribution maps of the world. BirdLife International, Cambridge, UK and NatureServe, Arlington, USA, 2011.
- [38] Qingdao urban planning and design institute. Evaluation of non construction land based on ecological network. Qingdao, 2012.
- [39] Fu Q, Song J, Mao F, Wu Y X, Yao H, Tang J B. Evaluation and construction of wetland ecological network in Qingdao City. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(12):3670-3680.
- [40] Xu Y D, Fu B J, Lu Y H. Research on landscape pattern and ecological processes based on landscape models. *Ecologica Sinica*, 2010, 30(1): 0212—0220.

参考文献:

- [9] 全泉,田光进,沙默泉. 基于多智能体与元胞自动机的上海城市扩展动态模拟. *生态学报*, 2011, 31(10): 2875-2887
- [10] 龙瀛,毛其智,杨东峰,王静文. 城市形态、交通能耗和环境影响集成的多智能体模型. *地理学报*, 2011, 66(08):1033-1044.
- [32] 地球系统科学数据共享网. [2011-07-20]. <http://www.geodata.cn>
- [38] 青岛市城市规划设计研究院. “基于生态网络的非建设用地评价”研究报告. 青岛, 2012.
- [39] 傅强,宋军,毛锋,吴永兴,姚涵,唐剑波. 青岛市湿地生态网络评价与构建. *生态学报*, 2012, 32(12):3670-3680.
- [40] 徐延达,傅伯杰,吕一河. 基于模型的景观格局与生态过程研究. *生态学报*, 2010, 30(1):212-220.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 24 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

A bibliometric study of biodiversity research in China	LIU Aiyuan, GUO Yuqing, LI Shiying, et al (7635)
Effects of elevated CO ₂ and nitrogen deposition on leaf nutrient quality of <i>Fargesia rufa</i> Yi	 ZHOU Xianrong, WANG Jianhua, ZHANG Hong, et al (7644)
Airborne pollen assemblages and their relationships with climate factors in the central Shaanxi Province of the Loess Plateau: a case in Xiaheimugou, Luochuan County	LÜ Suqing, LI Yuecong, XU Qinghai, et al (7654)
Spatial and temporal change in ecological assets in the Yangtze River Delta of China 1995—2007	 XU Xibao, CHEN Shuang, YANG Guishan (7667)
Evaluation and optimization of woodland ecological patterns for Qingdao based on the agent-based model	 FU Qiang, MAO Feng, WANG Tianqing, et al (7676)
Interactive mechanism of service function of alpine rangeland ecosystems in Qinghai-Tibetan Plateau	 LIU Xingyuan, LONG Ruijun, SHANG Zhanhuan (7688)
Preliminary evaluation of air temperature reduction of urban green spaces in Beijing	 ZHANG Biao, GAO Jixi, XIE Gaodi, et al (7698)
Resources metabolism analysis for the pulp and paper industry in Wuhan, China	 SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, ZHAO Linjia, et al (7706)
The characteristics and influential factors of direct carbon emissions from residential energy consumption: a case study of Lijiang City, China	WANG Danyin, TANG Mingfang, REN Yin, et al (7716)
Spatial targeting of payments for ecosystem services Based on SWAT Model and cost-benefit analysis	 SONG Xiaoyu, LIU Yuqing, DENG Xiaohong, et al (7722)
The wind tunnel test of plastic greenhouse and its surface wind pressure patterns	 YANG Zaiqiang, ZHANG Bo, XUE Xiaoping, et al (7730)
Population quantitative characteristics and dynamics of rare and endangered plant <i>Davidia involucrata</i> in Hunan Province	 LIU Haiyang, JIN Xiaoling, SHEN Shouyun, et al (7738)
Phenotypic diversity in populations of germplasm resources of <i>Rodgersia sambucifolia</i> and related species	 LI Pingping, MENG Hengling, CHEN Junwen, et al (7747)
Effects of sand burial and seed size on seed germination, seedling emergence and growth of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. (Fabaceae) ...	 YANG Huiling, LIANG Zhenlei, ZHU Xuanwei, et al (7757)
Population-keeping mechanism of the parasitoid <i>Dastarcus helophoroides</i> (Coleoptera: Bothrideridae) of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) in oak forest	YANG Zhongqi, TANG Yanlong, JIANG Jing, et al (7764)
Study of mingling based on neighborhood spatial permutation	LOU Minghua, TANG Mengping, QIU Jianxi, et al (7774)
Comparison of three regression analysis methods for application to LAI inversion using Hyperion data	 SUN Hua, JU Hongbo, ZHANG Huaiqing, et al (7781)
Response of seed germination and seedling growth of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Quercus mongolica</i> to comprehensive action of warming and precipitation	ZHAO Juan, SONG Yuan, SUN Tao, et al (7791)
Impacts of water stored in sapwood <i>Populus bolleana</i> on its sap flux	DANG Hongzhong, LI Wei, ZHANG Youyan, et al (7801)
Dynamics of greenhouse gases emission and its impact factors by fire disturbance from <i>Alnus sibirica</i> forested wetland in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	GU Han, MU Changcheng, ZHANG Bowen (7808)
Different tide status and salinity alter stoichiometry characteristics of mangrove <i>Kandelia candel</i> seedlings	 LIU Biner, LIAO Baowen, FANG Zhanqiang (7818)
Effects of shrub encroachment in desert grassland on runoff and the induced nitrogen loss in southeast fringe of Tengger Desert	 LI Xiaojun, GAO Yongping (7828)
Community structure and throughfall erosivity characters of artificial rainforest in Xishuangbanna	 DENG Yun, [TANG Yanlin], CAO Min, et al (7836)
Temporal-spatial variations of net ecosystem productivity in alpine area of southwestern China	 PANG Rui, GU Fengxue, ZHANG Yuandong, et al (7844)

Relationships between chemical compositions of <i>Quercus</i> species seeds and climatic factors in temperate zone of NSTEC	LI Dongsheng, SHI Zuomin, LIU Shirong, et al (7857)
Effects of simulated acid rain stress on the PS II reaction center and free radical metabolism in leaves of longan	LI Yongyu, PAN Tengfei, YU Dong, et al (7866)
Assessment of organic pollution for surface soil in Shenyang suburbs	CUI Jian, DU Jizhong, MA Hongwei, et al (7874)
The impact of rainfall on soil respiration in a rain-fed maize cropland	GAO Xiang, HAO Weiping, GU Fengxue, et al (7883)
Effects of winter crops on enzyme activity and morphological characteristics of root in subsequent rice crops	YU Tianyi, PANG Huancheng, REN Tianzhi, et al (7894)
Dynamic changes of soil moisture and nitrate nitrogen in wheat and maize intercropping field under different nitrogen supply	YANG Ruiju, CHAI Shouxi, MA Zhongming (7905)
Characteristics of the bird diversity and the impact factors in Weishan Lake	YANG Yuewei, LI Jiuen (7913)
The effect of cropping landscapes on the population dynamics of the cotton bollworm <i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera, Noctuidae) in the northern Xinjiang	LU Zhaozhi, PAN Weilin, ZHANG Xin, et al (7925)
The seasonal variations of nitrogen and phosphorus release and its fluxes from the sediments of the Beili Lake in the Hangzhou West Lake	LIU Jingjing, DONG Chunying, SONG Yingqi, et al (7932)
Optimization of lake model salmo based on real-coded genetic algorithm	GUO Jing, CHEN Qiuwen, ZHANG Xiaoqing, et al (7940)
The influence of climatic environmental factors and fishing pressure on changes of hairtail catches in the northern South China Sea	WANG Yuezhong, SUN Dianrong, CHEN Zuozhi, et al (7948)
Seasonal and spatial distribution of acid volatile sulfide in sediment under different mariculture types in Nansha Bay, China	YAN Tingru, JIAO Haifeng, MAO Yuze, et al (7958)
Review and Monograph	
Research progress on the mechanism of improving plant cold hardiness	XU Chengxiang (7966)
Influences of vegetation on permafrost: a review	CHANG Xiaoli, JIN Huijun, WANG Yongping, et al (7981)
Home-field advantage of litter decomposition and its soil biological driving mechanism: a review	ZHA Tonggang, ZHANG Zhiqiang, SUN Ge, et al (7991)
Research progress on the relationship of pollutants between road-deposited sediments and its washoff	ZHAO Hongtao, LI Xuyong, YIN Chengqing (8001)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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,300 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

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 32 卷 第 24 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 24 (December, 2012)

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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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 70.00 元