

文章编号: 1004-4051(2023)03-0055-05

DOI: 10.12075/j.issn.1004-4051.2023.03.024

基于生态安全格局的国土生态保护修复 重点区域研究：以长春市九台区为例

马剑, 李淑杰, 高振君, 赵博轩

(吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061)

摘要: 在生态安全背景下,构建生态安全格局是生态文明建设的重要基础之一。本文选取长春市九台区为研究对象,基于生态服务功能重要性评价、最小累计阻力模型、电路理论确定生态源地、生态廊道和生态夹点,从而构建九台区生态格局。研究结果表明:①九台区生态源地共 829.93 hm²,占研究区总面积的 24.62%,土地利用类型为林地和水域;②九台区生态廊道共 34 条,呈辐射状分布在生态源地之间,主要分布在九台区中部和东北部;生态夹点 8 个,零散分布在九台区南部、西南部和东北部,维护生态源地之间的连通性。对九台区生态源地、生态廊道和生态夹点分类保护和修复,重点保护九台区生态源地,实施严格监管,使其更好地发挥生态功能;将生态廊道和生态夹点划入国土空间规划的生态控制区,在对生态环境不产生破坏的前提下,适当进行开发建设活动。本文研究结果对于九台区提出更具前瞻性的生态设计规划、城镇空间发展远景和土地利用空间布局的优化战略具有重要意义。

关键词: 生态安全格局; 生态保护修复; 生态廊道; 长春市九台区

中图分类号: X171; F407.1 **文献标识码:** A

Identification of key areas of ecological protection based on the pattern of ecological security: a case of Jiutai District in Changchun City

MA Jian, LI Shujie, GAO Zhenjun, ZHAO Boxuan

(College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China)

Abstract: In the context of ecological security, building an ecological security pattern is one of the important foundations for the construction of ecological civilization. This paper selects Jiutai District in Changchun City as the research object, and determines the ecological source, ecological corridor and ecological pinch based on the importance evaluation of ecological service function, minimum cumulative resistance model and circuit theory, so as to construct the ecological pattern of Jiutai District. The results show that the ecological source area of Jiutai district is 829.93 hm², accounting for 24.62% of the total area of the study area. The land use types are forest land and water area. There are 34 ecological corridors in Jiutai District, which are distributed among the ecological sources, mainly in the middle and northeast of Jiutai District; there are 8 ecological pinch points, which are scattered in the south, southwest and northeast of Jiutai District, so as to maintain the connectivity between the ecological sources. The ecological sources, ecological corridors and ecological pinch points in Jiutai District are classified, protected and restored. The ecology of Jiutai District is mainly protected source, implement strict supervision to make it better play its ecological function. The ecological

收稿日期: 2022-09-21 责任编辑: 赵奎涛

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(编号: 71303006)

第一作者简介: 马剑(1997-), 男, 吉林人, 硕士研究生, 研究方向为土地经济与管理, E-mail: majian20@mails.jlu.edu.cn.

通讯作者简介: 李淑杰(1964-), 女, 吉林长春人, 博士, 教授, E-mail: shujieli@126.com.

引用格式: 马剑, 李淑杰, 高振君, 等. 基于生态安全格局的国土生态保护修复重点区域研究: 以长春市九台区为例[J]. 中国矿业, 2023, 32(3): 55-59.

MA Jian, LI Shujie, GAO Zhenjun, et al. Identification of key areas of ecological protection based on the pattern of ecological security: a case of Jiutai District in Changchun City[J]. China Mining Magazine, 2023, 32(3): 55-59.

corridor and ecological pinch are included in the ecological control area of land spatial planning, and development and construction activities are carried out appropriately on the premise of no damage to the ecological environment. The results are of great significance for Jiutai District to put forward ecological design planning, urban spatial development preview and land use spatial layout optimization strategy.

Keywords: ecological security pattern; ecological protection and restoration; ecological corridor; Jiutai District in Changchun

0 引言

党的十八大以来,生态保护与建设提高到了国家发展战略高度,提出了先进的生态文明理念,相应的研究也应运而生。科学识别生态修复重点区域是国土空间修复的关键^[1],在传统的生态修复研究中,大多针对单一生境或单一因素的恢复,大量的生态恢复研究集中在水^[2]、森林^[3]、土壤侵蚀^[4]和废弃矿区^[5]修复方面。这些研究大多通过野外调查或仪器观测的方式进行,进而提出生态修复策略。但由于缺乏对区域尺度、生态系统、生态要素相关性的考虑,存在局部效应较好、整体效益较低甚至生态系统服务功能下降的现象。与以往研究相比,生态安全格局以更全面的方式识别生态保护修复的重要区域,受到广大学者的关注,我国也从森林、草地、湖泊等单一要素的生态修复转变为多要素综合修复^[6]。相关学者对吉林省的生态修复进行了相关研究,兰洁等^[7]对吉林省天然林生态系统进行多因素分析;徐梦瑶等^[8]对影响长春市黑土区耕地的阻力因子进行分析;张萌等^[9]将生态安全整体格局引入吉林省西部重点保护和修复的研究中。

九台区地处长白山与松辽平原过渡地带,素有“吉林腹地明珠”“风珠之城”之称。近年来,随着资源开采和建设用地扩张,致使九台区具有较大的生态风险,土地生态服务功能受到削弱。因此,需要加强对于生态环境保护的重视。本文结合九台区实际情况,按照生态源地-阻力面构建-生态廊道-生态节点的研究范式^[10],通过生态系统服务功能重要性分析识别生态源地;基于地形覆盖、地形、人类干扰构建综合阻力面,采用最小累计阻力模型、电路理论模型识别生态廊道、生态夹点。通过识别结果,以生态源地、生态廊道为重点保护区域,以生态夹点为生态修复重点区域。

1 研究区概况

1.1 地理位置

九台区位于吉林省中部,东经 125°24′50″~126°29′50″,北纬 43°50′30″~44°31′30″,属长白山与松辽平原过渡地带,四季分明,土壤肥沃,地势平坦,具有发展农业的有利条件,其中耕地占研究区总面积的比例超过 70%;九台区内建设用地分布相对集

中,有利于生态环境的治理;林地草地主要分布于研究区东部,九台区东部林地连片,山峰相接,更有景区多达 17 处;九台区水系丰富,境内河流湖泊相对分散地分布在东部、中部和南部。

1.2 数据来源与处理

土地利用数据以九台区政府部门提供的资料为数据源,将土地利用类型划分为耕地、林地、草地、建设用地、水域及未利用地。DEM 数据(30 m 分辨率)来源于地理空间数据云(www.gscloud.cn/),土壤数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<http://www.resdc.cn>),气象数据来源于中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>),植被覆盖数据来源于通过地理空间数据云(www.gscloud.cn/)下载的 Landsat 遥感影像,经过 ENVI 处理提取植被覆盖值。

2 研究方法

2.1 生态源地识别

生态源地是区域内提供良好生态服务功能的核心区域,对于维持区域的生态安全具有重要意义。本文选取《生态保护红线划定指南》生态保护红线的划分方法,选取生态服务功能重要性中的水源涵养重要性、水土保持重要性、防风固沙重要性^[11],结合评价结果,选取重要区域作为生态源地。

1) 水源涵养服务重要性:利用水量平衡法计算研究区水源涵养服务重要性,以降水量扣除蒸散量、地表径流量的值表示水源涵养量,计算公式见式(1)。

$$TQ = \sum_i^j (P_i - R_i - ET_i) \times A_i \times 10^3 \quad (1)$$

式中: TQ 为总水源涵养量; P_i 为降雨量; R_i 为地表径流量; ET_i 为蒸散发量; A_i 为*i*类生态系统面积;*i*为研究区第*i*类生态系统类型;*j*为研究区生态系统类型数。

2) 水土保持服务重要性:采用修正通用水土流失方程的水土保持服务模型开展评价,计算公式见式(2)。

$$A = R \times K \times L \times S \times (1 - C) \quad (2)$$

式中: A 为水土保持量; R 为降水侵蚀力因子; K 为土壤可蚀性因子; L 、 S 为地形因子; C 为植被覆盖

因子。

3) 生物多样性功能重要性: Invest 模型利用生境质量表征生物多样性维持功能。生境质量模块结合土地覆被、生物多样性威胁因素生成生境质量地图,计算公式见式(3)。

$$Q_{x,j} = H_i \times \left(1 - \frac{D_{x,j}}{D_{x,j} + k}\right) \quad (3)$$

式中: $Q_{x,j}$ 为土地利用与土地覆盖 j 中栅格 x 的生境质量; H_j 为生物适应性; $D_{x,j}$ 为生境类型 j 栅格 x 的生境胁迫水平。

2.2 生态廊道模拟

2.2.1 阻力面构建

物种从“源”向其他景观单元扩张的过程中,需要克服一定的“阻力”,“阻力”越低,扩张到达的可能性越高^[12]。计算各源地间的最小阻力值,由此判断各源地之间的可达性和连通性。本文结合九台区实际情况,参考杨志广等^[13]、于成龙等^[14]研究,选取坡度、高程、植被覆盖度以及土地利用类型四个阻力因子,并对每个因子进行分类并赋值(建设用地分为交通用地与其他建设用地,并分别赋值),通过层次分析法确定九台区阻力因子权重(根据公式检验一致性 $CR=0.045<0.1$,满足一致性),得到九台区生态阻力面。九台区各个阻力因子分级与赋值见表1。

表1 九台区生态阻力面评价指标体系
Table 1 Evaluation index system of ecological resistance surface in Jiutai District

阻力因子	权重	分等/分类	阻力值
坡度	0.263	<2°	10
		2°~6°	30
		6°~15°	50
		15°~25°	70
		>25°	90
高程	0.057	<200 m	10
		200~300 m	30
		300~400 m	50
		400~500 m	70
		>500 m	90
植被覆盖指数 (NDVI)	0.122	>0.8	10
		0.6~0.8	30
		0.4~0.6	50
		0.2~0.4	70
		<0.2	90
土地利用类型	0.558	林地	1
		草地	5
		水域	30
		耕地	50
		交通用地	60
		未利用地	80
		除交通用地以外其他建设用地	100

2.2.2 生态廊道模拟

生态廊道是不同生态源地间存在的生态连接路线,对物质和能量具有重要的连通作用。生态廊道模拟选取最小累计阻力模型,依据上文构建的阻力面,将生态源地间阻力最低的路径提取为生态廊道^[15]。最小累计最小阻力模型见式(4)。

$$MCR = f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i) \quad (4)$$

式中: MCR 为最小累计阻力值; f 为与距离和阻力系数呈正相关的函数; D_{ij} 为源地 j 到达空间栅格 i 的距离; R_i 为空间栅格 i 的阻力系数。

2.2.3 生态夹点辨识

运用 Linkage Mapper 工具箱中 Pinchpoint mapper 模块调用 Circuitscape 程序,以实现电路理论中生态夹点的提取。基于电路理论对不同的景观进行连接建模,利用电荷的随机游走性,将电路理论与运动生态学联系在一起^[16]。物种的流动模拟成电荷的运动,上文提到阻力的高低在软件中被转化为电阻的大小,基于不同的阻力识别出电荷流动的节点。模拟出的生态廊道分配着不同电阻大小的区域。总体而言,电阻大的区域, Circuitscape 软件识别出的节点分布相对密集;反之,识别出的节点分布相对稀疏。廊道中存在着生态源地之间连通的“瓶颈”区域,即生态夹点。本文研究软件运行中采用默认的“all-to-one”模式,识别生态夹点。

3 结果分析

3.1 生态系统服务重要性

通过对各类生态系统服务功能进行叠加分析,采用自然断点法将九台区生态系统服务重要性划分为极重要区、高度重要区、中等重要区、比较重要区、一般重要区5个评价等级。九台区生态系统服务重要性空间分布如图1所示。

从空间分布上看,研究区水源涵养服务重要性极重要区主要分布在九台区东部和东南部的大黑山、凤凰山、牛头山、马鞍山、杏花山和新开岭等,以及北部的长春四棱山国家森林公园、桃山和关马山等。水土保持服务功能重要性极重要区主要分布在九台区南部的石头口门水库、双顶山和庙香山。防风固沙服务功能极重要区分布相对集中,主要分布在东部的庙香山和南天门等。

将水源涵养、水土保持、防风固沙功能重要性极重要区进行空间融合。为了便于下一步廊道模拟,需要剔除掉面积较小的斑块,参考吴茂全等^[17]研究,结合九台区实际情况,本文选取大于 5 km^2 的斑块作为生态源地,能够代表研究区整体生态格局。

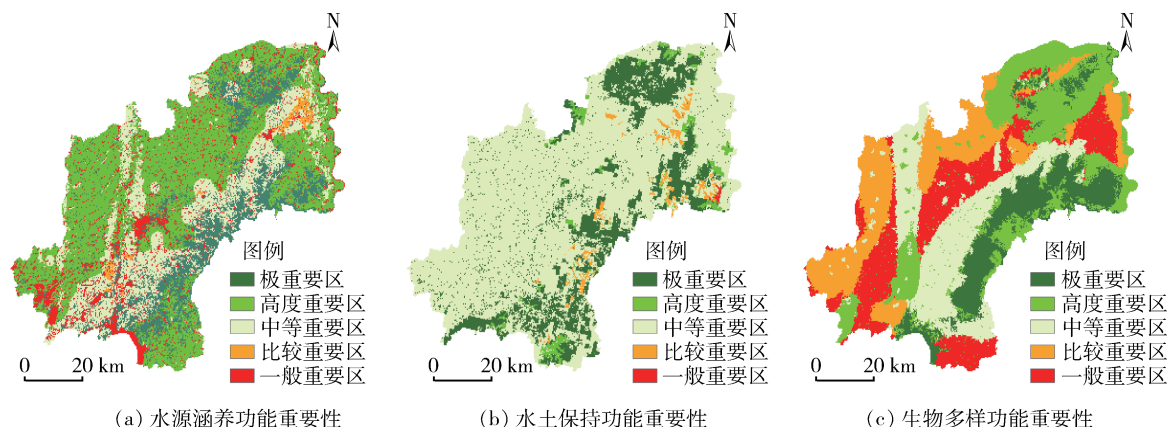


图1 九台区生态服务功能重要性评价结果

Fig. 1 Evaluation results of ecological service function importance in Jiutai District

最终得到生态源地 13 个斑块,总面积 829.93 km²,占研究区总面积的 24.62%(图 2),研究区内生态源地整体呈半包围状围住九台区广袤的耕地。从空间分布来看,九台区生态源地主要分布在波泥河镇、土门岭镇、沐石河镇、城子街镇,表明以上几个城镇具有良好的生态服务功能;九台街道、九郊街道和营城街道生态源地较少,以上地区建设用地较多,受人类活动影响较大。从土地利用类型来看,研究区生态源地以林地为主,面积为 670.17 km²,主要分布在九台区东部和北部;分布在研究区中部和西南部的生态源地主要为河流和湖泊,目前已划为自然保护区,实施严格管控。

3.2 生态廊道

利用 GIS 软件 Linkage mapper 模块识别得到研究区潜在生态廊道共 34 条,总长度 179.08 km,相对集中地分布于研究区中部和东北部。位于城子街镇、沐石河镇和上河湾镇的生态廊道将东部和北部的生态源地连通起来,这些区域林地相对集中,物质流动受到的阻力小,廊道数量多、密度大,物种活动相对频繁。九台区西部生态廊道主要分布在东湖镇、苇子沟镇和西营城镇,廊道长度相对较长,研究区中部和西南部的生态源地与其他生态源地距离较远,连通性差。而九台区纪家镇、兴隆镇以及波泥河镇西南部生态源地斑块少,阻力较大,缺少生态廊道的连接。

3.3 生态夹点

利用 Pinchpoint mapper 计算得到廊道上各点的电流密度。夹点是生态廊道中电流密度较大的区域^[18]。由此可见,九台区生态夹点共 8 个,零散分布在九台区南部、西北部和东北部:①龙嘉镇任家村附近;②苇子沟镇胜利村附近;③苇子沟镇富民村附近;④九郊街道双桥子村附近;⑤其塔木镇纪家村附

近;⑥其塔木镇三兴村附近;⑦西营城镇石人沟村;⑧东湖镇放牛沟村。生态夹点的现状用地主要为耕地和公路用地,可见生态廊道也受到人类活动影响,优先对生态夹点进行保护对于保障生态廊道的完整性具有重大意义。



图2 九台区生态安全格局

Fig. 2 Ecological security pattern in Jiutai District

4 结论与不足

4.1 结论

1) 九台区生态源地共 829.93 hm²,占研究区总面积的 24.62%,土地利用类型为林地和水域,这与九台区相对集中的林地和水资源有关,少量为草地和耕地,主要分布在波泥河镇、土门岭镇、沐石河镇、城子街镇。

2) 九台区生态廊道共 34 条,呈辐射状分布在生态源地之间,主要分布在九台区中部和东北部;生态夹点 8 个,零散分布在九台区南部、西南部和东北部,维护生态源地之间的连通性。

3) 针对九台区现状提出如下建议:九台区卡伦湖、石头口门水库、四棱山国家森林公园和八台岭等

核心区域均划入生态源地中,应当重点保护九台区生态源地,实施严格监管,使其更好地发挥生态功能;九台区耕地占总面积的比例超过70%,因此提升耕地的生态服务功能对于减小物种活动阻力、优化九台区整体生态格局至关重要;将生态廊道划入国土空间规划的生态控制区,在对生态环境不产生破坏的前提下,适当进行开发建设活动。

4.2 不足

1) 在生态源地的识别中,部分研究考虑通过生态敏感性和MSPA法进行斑块重要性评价判识生态源地,未来研究将采用多种方法结合提取生态源地。

2) 本文在生态廊道的构建中,仅局限于研究区地理边界内部的土地,未考虑研究区与其他地区的整体连通性。

参考文献

- [1] 叶艳妹,陈莎,边微,等.基于恢复生态学的泰山地区“山水林田湖草”生态修复研究[J].生态学报,2019,39(12):8878-8885.
YE Yanmei, CHEN Sha, BIAN Wei, et al. Ecological restoration strategies of mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands Life Community in Mountain Tai region based on the principle of restoration ecology[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(12): 8878-8885.
- [2] 闵忠荣,张类昉,张文娟,等.城市水生态修复方法探索:以南昌水系连通为例[J].规划师,2018,34(5):71-75.
MIN Zhongrong, ZHANG Leifang, ZHANG Wenjuan, et al. Recovering urban water ecology: Nanchang water network case[J]. Planners, 2018, 34(5): 71-75.
- [3] 汤旭,宋璇,曾玉林,等.长江经济带森林生态安全评价及时空演变研究[J].生态学报,2021,41(5):1693-1704.
TANG Xu, SONG Xuan, ZENG Yulin, et al. Evaluation and spatio-temporal evolution of forest ecological security in the Yangtze River Economic Belt[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(5): 1693-1704.
- [4] 李月臣,刘春霞,赵纯勇,等.三峡库区(重庆段)土壤侵蚀敏感性评价及其空间分异特征[J].生态学报,2009,29(2):788-796.
LI Yuechen, LIU Chunxia, ZHAO Chunyong, et al. Assessment and spatial differentiation of sensitivity of soil erosion in Three Gorges Reservoir area of Chongqing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(2): 788-796.
- [5] 晏闻博,柳丹,彭丹莉,等.重金属矿山生态治理与环境修复技术进展[J].浙江农林大学学报,2015,32(3):467-477.
YAN Wenbo, LIU Dan, PENG Danli, et al. Technology advances of ecological restoration and environmental remediation of heavy metal mines[J]. Journal of Zhejiang A&F University, 2015, 32(3): 467-477.
- [6] 唐立娜,欧阳静怡,徐焯,等.基于景感生态学对生态修复的再思考[J].生态学报,2022,42(4):1639-1644.
TANG Lina, OUYANG Jingyi, XU Ye, et al. Rethinking ecological restoration based on land senses ecology[J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(4): 1639-1644.
- [7] 兰洁,雷相东,何潇.吉林省天然阔叶混交林生态系统多功能性及驱动因素[J].生态学报,2021,41(13):5128-5141.
LAN Jie, LEI Xiangdong, HE Xiao, et al. Multi-functionality of natural mixed broad-leaved forests and driving forces in Jilin Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(13): 5128-5141.
- [8] 徐梦瑶,张正峰.典型黑土区耕地生态安全评价及阻力分析:以长春市为例[J].中国农学通报,2018,34(24):101-109.
XU Mengyao, ZHANG Zhengfeng. Ecological security assessment and obstacle factors analysis of cultivated land in typical black soil region: a case study of Changchun[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(24): 101-109.
- [9] 张萌,刘吉平,赵丹丹.吉林省西部生态安全格局构建[J].干旱区地理,2021,44(6):1676-1685.
ZHANG Meng, LIU Jiping, ZHAO Dandan. Construction of ecological security pattern in western Jilin Province[J]. Arid Land Geography, 2021, 44(6): 1676-1685.
- [10] 彭建,赵会娟,刘焱序,等.区域生态安全格局构建研究进展与展望[J].地理研究,2017,36(3):407-419.
PENG Jian, ZHAO Huijuan, LIU Yanxu, et al. Research progress and prospect on regional ecological security pattern construction[J]. Geographical Research, 2017, 36(3): 407-419.
- [11] 环境保护部.关于印发《生态保护红线划定技术指南》的通知[EB/OL]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201505/t20150518_301834.htm.
- [12] 何欣昱.城市化生态安全格局构建优化及实证研究:以上海市奉贤区为例[D].上海:华东师范大学,2020.
- [13] 杨志广,蒋志云,郭程轩,等.基于形态空间格局分析和最小累积阻力模型的广州市生态网络构建[J].应用生态学报,2018,29(10):3367-3376.
YANG Zhiguang, JIANG Zhiyun, GUO Chengxuan, et al. Construction of ecological network using morphological spatial pattern analysis and minimal cumulative resistance models in Guangzhou City[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2018, 29(10): 3367-3376.
- [14] 于成龙,刘丹,冯锐,等.基于最小累积阻力模型的东北地区生态安全格局构建[J].生态学报,2021,41(1):290-301.
YU Chenglong, LIU Dan, FENG Rui, et al. Construction of ecological security pattern in Northeast China based on MCR model[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(1): 290-301.
- [15] 俞孔坚.生物保护的景观生态安全格局[J].地理研究,1999,19(1):8-15.
YU Kongjian. Landscape ecological security patterns in biological conservation[J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(1): 8-15.
- [16] 刘世梁,侯笑云,尹艺洁,等.景观生态网络研究进展[J].生态学报,2017,37(12):3947-3956.
LIU Shiliang, HOU Xiaoyun, YIN Yijie, et al. Research progress on landscape ecological networks[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(12): 3947-3956.
- [17] 吴茂全,胡蒙蒙,汪涛,等.基于生态安全格局与多尺度景观连通性的城市生态源地识别[J].生态学报,2019,39(13):4720-4731.
WU Maoquan, HU Mengmeng, WANG Tao, et al. Recognition of urban ecological source area based on ecological security pattern and multiscale landscape connectivity[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(13): 4720-4731.
- [18] 宋利利,秦明周.整合电路理论的生态廊道及其重要性识别[J].应用生态学报,2016,27(10):3344-3352.
SONG Lili, QIN Mingzhou. Identification of ecological corridors and its importance by integrating circuit[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(10): 3344-3352.