

宁明县生态安全格局的构建

谢坤坚¹, 蒙 静^{2,3}, 段正松¹

(1. 广西壮族自治区国土测绘院, 南宁 530015; 2. 广西开放大学, 南宁 530023;

3. 广西信息职业技术学院, 南宁 530007)

摘要:基于 MSPA 方法提取景观核心区, 基于生态评价提取生态保护极重要区, 结合人工商品林、生态保护红线、公安河源头水保护区等要素叠加修正后提取宁明县生态源地。再结合其他生态用地、非生态用地, 并结合最小累积模型初步形成宁明县生态安全格局。通过对生态安全格局进行空间布局优化, 形成“一轴三核五区”生态安全格局, 并就其格局提出相关空间发展建议, 为地方发展提供参考。

关键词:形态学空间格局分析(MSPA); 最小累积模型; 生态安全格局; 空间发展

中图分类号: TU984.183 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2023)03-0239-06

生态安全是国家安全的重要组成部分。中国生态本底较为脆弱, 资源环境禀赋与生态状况空间差异显著, 许多区域产业发展、城镇布局、资源开发强度与生态承载能力不相匹配, 导致生态系统功能退化严重, 生态安全面临严重威胁。土地承载着重要的生态过程和生态系统服务功能, 是人类社会经济发展的基础。因此, 构建科学合理的生态安全格局, 对保障区域生态安全和人类福祉具有关键作用^[1], 同时也是建设生态文明和美丽中国的内在要求^[2]。为此, 学者们展开了大量探索研究与创新, 国家也出台了相关政策, 为生态安全格局构建提供了理论与实践支撑。

目前对于生态网络的研究在中国已日趋成熟, 形成了以“斑块-廊道-基质”理论体系^[3]为基础, 综合形成以结合地理信息系统(GIS)和运用情景分析方法构建生态网络的思路^[4]。当前中国学者关于生态网络构建的研究尺度已贯穿省域、城市、县域、流域等众多尺度; 在生态源地的确定上, 当前的研究大都较为主观, 在确定的过程中客观性有待进一步提升^[5], 如孔繁花等以重要的绿地斑块作为济南市生态源地构建生态网络^[6], 古璠等以 1 000 hm² 以上的自然保护区作为源地斑块构建福建省生态廊道体系^[7]。在生态廊道的构建上, 主要是使用最小累积阻力模型和最小成本路径法综合判定研究区生态廊道^[8]。

本文以广西壮族自治区崇左市宁明县为研究区来进行生态安全格局构建研究。宁明县为崇左市经济较为靠前的县之一, 城镇化进程所导致的人口增加与工业协同发展, 社会经济逐步发展的同时, 对生态空间压缩, 对水源涵养、生态多样性等造成生态安全威胁等问题日益严峻, 亟须以生态安全格局的构建来解决人与环境的协调发展问题。因此, 本文结合宁县生态资源禀赋现状, 通过生态服务重要性评价与生态环境敏感性评价确定生态源地, 并从物种占据生态位的角度出发, 进行宁明县生态安全格局的构建, 以期对地方国土全域综合整治与生态修复、生态文明建设常态化治理下空间发展提供借鉴与参考。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

宁明县地处桂西南边陲, 是广西八大边境县之一, 也是崇左市面积最大的县, 与越南接壤, 边境线长 212 km, 自然资源丰富、生态优良, 交通便捷, 湘桂铁路、南友高速公路和 322 国道贯穿县境。宁明县历史悠久、山川秀丽, 拥有中国第一处岩画类为核心的骆越文化是壮族文化、岭南民族文化和东南亚民族文化同生共源。北距广西首府南宁 130 km, 南距越南谅山市 63 km, 总面积 3 704.47 km²。宁明县以盆地、丘陵为主, 总体上呈以宁明-明江为中

收稿日期: 2022-08-30

基金项目: 广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(2021KY1919)。

作者简介: 谢坤坚(1992—), 男, 广西梧州人, 广西壮族自治区国土测绘院, 工程师, 硕士, 研究方向为土地工程与技术、GIS 与遥感应用; 蒙静(1992—), 女, 广西柳州人, 广西开放大学, 助理研究员, 硕士, 研究方向为遥感与生态环境; 通信作者 段正松(1984—), 男, 甘肃民勤人, 广西壮族自治区国土测绘院, 高级工程师, 研究方向为土地资源管理与空间地理信息技术。

心的盆地形态,地势自东南向西北倾斜,中部偏北低平。宁明县地处北回归线以南,纬度低,接受太阳辐射热量多,离北部湾海洋较近,受季风影响大,因而高温多雨,半年温凉少雨,半年高温多雨,干湿季节明显,无霜期长。县境内历年平均气温 22.20℃,年终积温 7 200~8 100℃,全县年平均降雨量 1 177.20 mm,其特点是自东南往西北递减。

1.2 数据来源与预处理

采用的数据主要包括土地利用数据、气象数据、MODIS 蒸散数据、MODIS 植被净初级生产力数据(NPP),数字高程模型(DEM),土壤数据,自然保护区空间分布等数据。其中土地利用数据、生态保护红线来源于自然资源主管部门,人工商品林、自然保护地数据来源于林业主管部门,降水数据源自中国气象科学数据共享网,MODIS 数据集来源于美国国家航空航天局地球科学数据,数据高程模型来源于地理空间数据云,土壤数据来自中国土壤数据库。

1.3 研究方法

本研究主要通过生态源地提取、阻力面建立、识别生态廊道来构建生态安全格局。首先通过形态学空间格局分析(MSPA)方法得到形态学上景观核心区域;通过水源涵养、水土保持、生物多样性维护等 3 个部分评价生态服务重要性,结合水土流失、石漠化评价宁明县生态脆弱性,集成得到宁明县生态保护极重要区;并以生态保护红线、人工商品林、江河源头水保护区进行修正,叠加选取特殊重要生境斑块作为生态源地。然后采用土地利用类型、坡度、起伏度建立阻力面,使用最小累积阻力模型识别生态廊道。对由生态源地和生态廊道所构成的生态网络进行优化布局,形成生态安全格局。

2 数据处理分析

2.1 生态源地的识别

2.1.1 MSPA 方法

根据土地利用分类,将乔木林地、竹林地、其他林地、灌木林地、坑塘水面、河流水面、水库水面、其他草地等生态用地确定为前景要素,标识其生态空间要素,其他地类为背景要素,并运用 Guidios Toolbox 软件得到 6 类景观类型,包括核心区、环、穿孔、边缘、连接桥、边缘。生态用地核心区是宁明县的主导景观类型,占县域总面积的 66.21%(表 1),其空间分布如图 1 所示。据图 1 可知,宁明生态空间核心区分布存在南北聚集、中部明江河谷偏低的特点,提取其核心区域作为生态源地的初选方案。

表 1 宁明县 MSPA 分类统计

景观类型	面积/hm ²	占比/%
核心区	245 321.46	66.21
边缘	10 280.49	2.77
穿孔	11 562.49	3.12
环	342.56	0.09
连接桥	280.24	0.08
背景	102 710.45	27.72

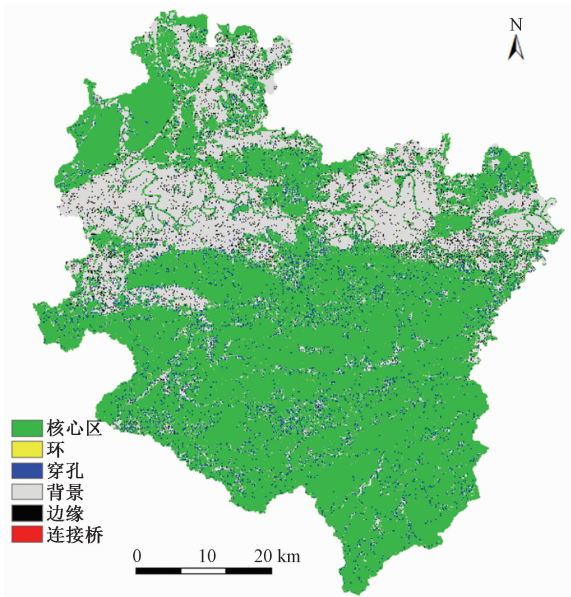


图 1 宁明县 MSPA 要素分布

2.1.2 生态评价分析

根据《资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价技术指南(试行)(2021 年 1 月)》开展生态评价,生态评价的目的主要是识别生态保护极重要区和重要区,通过生态系统服务功能重要性和生态脆弱性评价集成得到生态保护重要性。从水源涵养、水土保持、生物多样性维护集成生态服务功能重要性评价,从水土流失、石漠化集成生态脆弱性评价,再在生态系统完整性、生态廊道的连通性基础上,综合评价生态保护重要性。提取其生态保护重要级别以上区域作为生态源地的第二方案,其评价结果如表 2、图 2 所示。由图 2 可知,宁明县的生态保护重要区域与 MSPA 方法提取的核心区基本一致。

表 2 宁明县生态评价统计

生态评价	面积/hm ²	占比/%
极重要	192 380.94	51.93
重要	69 864.07	18.86
一般	108 201.97	29.21

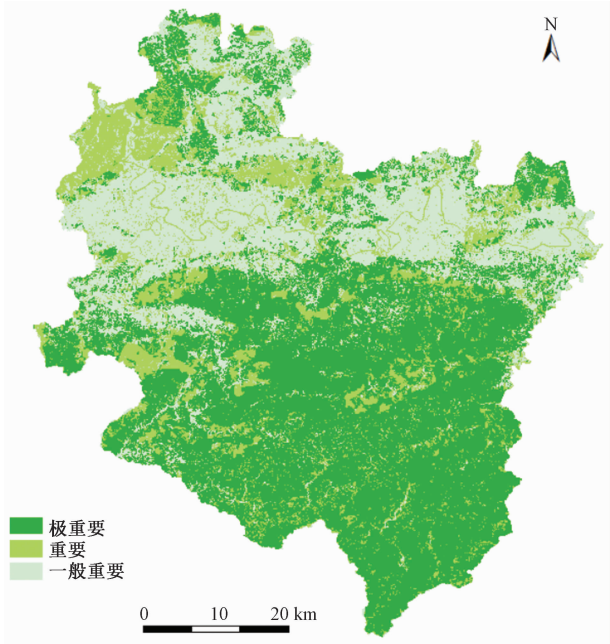


图2 生态评价空间分布

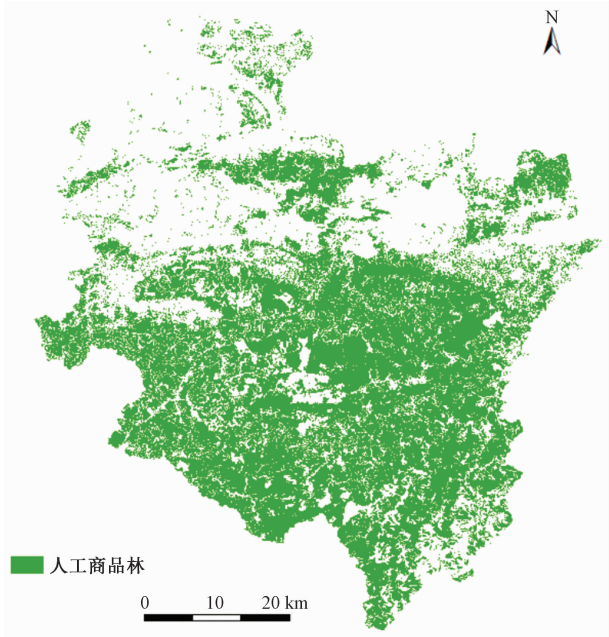


图3 人工商品林分布

2.1.3 综合评价识别生态源地

基于生态保护极重要区与 MSPA 核心区的重合区的基础上,结合宁明县是林业大县,兼顾宁明县乃至崇左市林业开发重任,人工商品林占据宁明县半壁江山,商品林空间分布如图 3 所示;并结合南部公安河源头水保护区(图 4)、生态保护红线(图 5)、细碎不规则图形等要素进行修正,综合评价得到宁明县的生态源地空间分布情况,如图 6 所示,主要由南北部关键生态片区组成,其中北部依托花山风景名胜区、弄岗国家级自然保护区形成的关键生态源地,南部依托公安河源头水保护区形成的关键生态源地,中部生态源地为依托派阳山森林公园的生态源地,东部主要依托生态红线中的白头叶猴国家级自然保护区形成的生态源地;按照乡镇分主要分布在城中镇、亭亮镇、桐棉镇、那楠乡等乡镇。

2.2 最小累积阻力面

生态用地在空间上需通过克服其他因素形成的阻力来实现相互连通与联系。一般地以阻力值的大小反映生态源地向外克服其覆盖景观连通的难易程度,主要受自然条件和人类活动的影响。本文选取土地利用覆盖类型、坡度、地形起伏度 3 项阻力因子,结合层次分析法分别设置相对阻力值和权重,具体详见表 3。一般情况下,地形起伏度越大、坡度越陡、生态用地覆盖程度越高,其人类活动因素影响越小,其累积阻力系数也越小,越有利于生态扩张、越有利于促进物质能量迁移等生态过程。

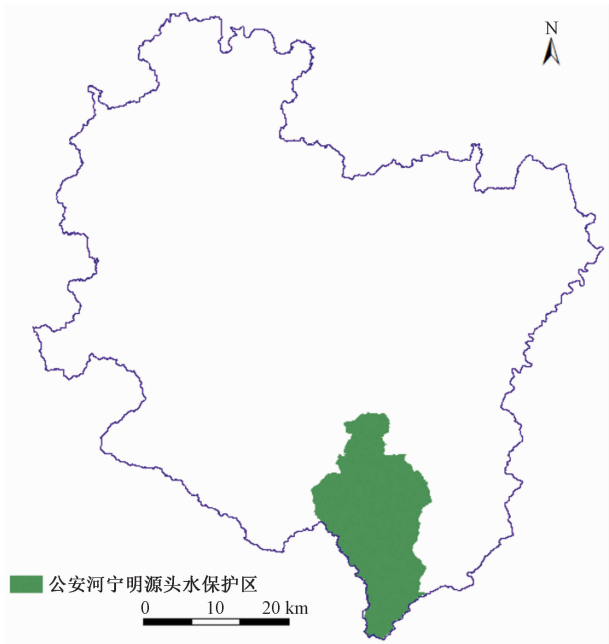


图4 公安河源头水保护区

依据表 3 中的阻力因子权重和各生态阻力因子的相对阻力系数,本文运用 ArcGIS 空间分析模块中栅格计算器功能计算综合各阻力因子的阻力面空间分布,如图 7 所示。利用 ArcGIS10.2 软件生成的最小成本距离提取宁明县最小累积阻力面,如图 8 所示。从图中可以看出,生态阻力值的空间分布呈中部高、南北部稍低的特点。按行政区分,高值区分布在城中镇、明江镇、寨安乡、东安乡、北江乡、

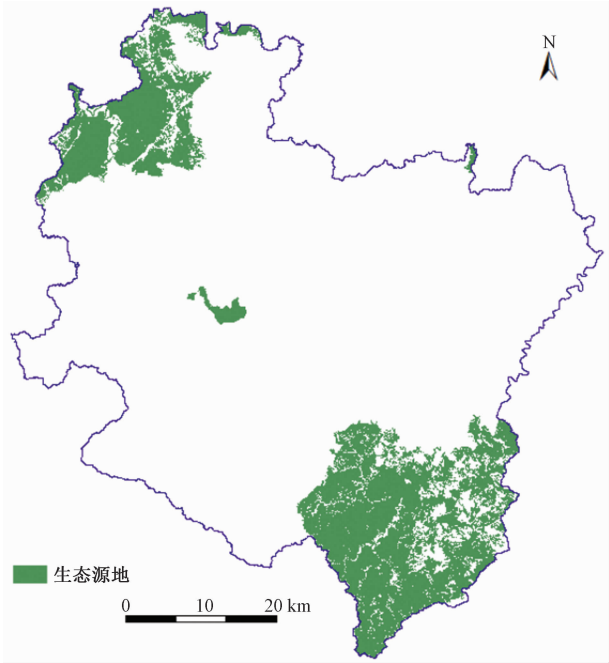


图 5 生态保护红线分布

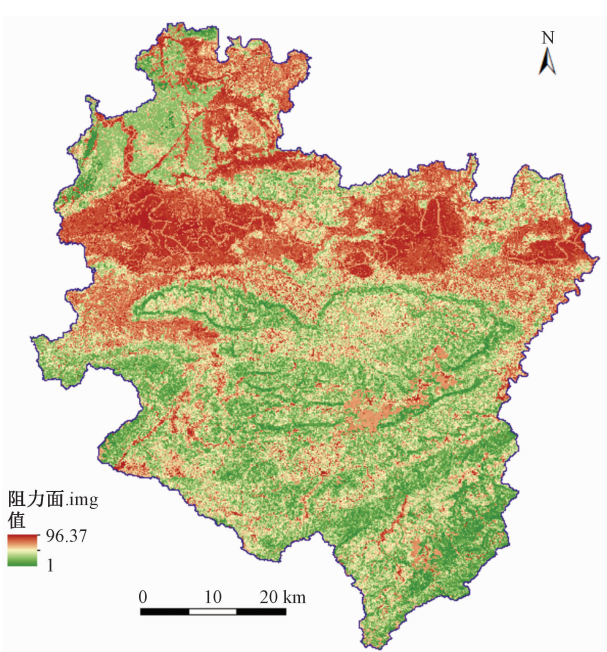


图 7 阻力面空间分布

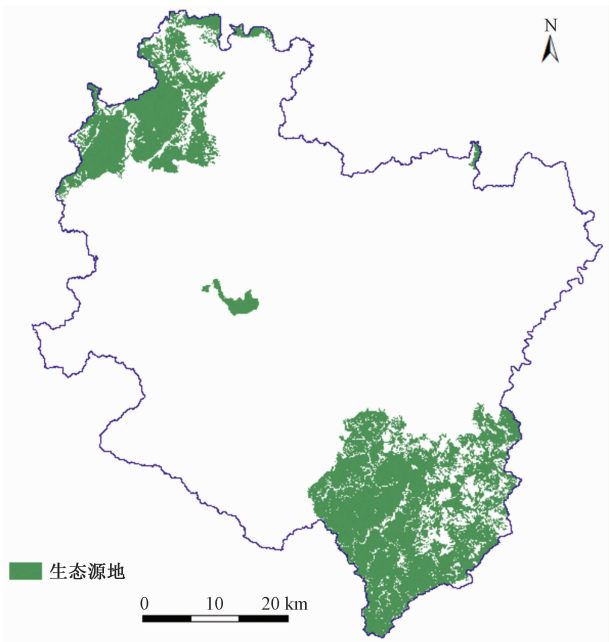


图 6 生态源地空间分布

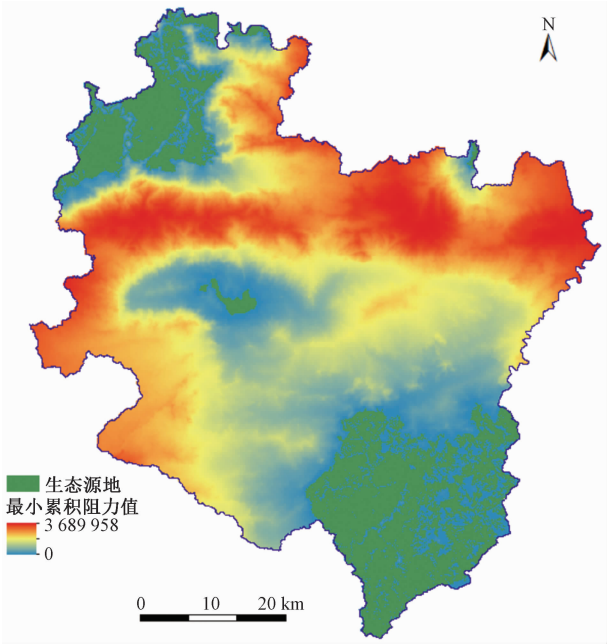


图 8 最小累积阻力面分布

表 3 模型阻力因子权重和阻力系数

阻力因子	因子分级							权重
土地利用	森林、水体、 湿地	灌木林地	草地	园地	耕地	裸地	建设用地	0.637
	1	10	30	40	50	90	100	
坡度	≤3°	3°~8°	8°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°		0.258 3
	90	70	50	30	10	1		
起伏度	≤8 m	8~17 m	17~27 m	27~37 m	37~50 m	>50 m		0.104 7
	90	70	50	30	10	1		

亭亮镇、板棍乡、海渊镇、那堪镇集镇及周边耕地聚集区域,低值区则分布城中镇、亭亮镇北部花山风景名胜区一弄岗国家级自然保护区区域、南部的桐棉镇与那楠乡、峙浪乡等乡镇。

2.3 生态廊道提取和安全格局构建

生态廊道连接生态源地,是生态功能流动和物种空间运动的载体通道,对保证区域间生态流、物质流、能量流起到关键作用。基于生态源地的识别与最小累积阻力面的建立,利用 ArcGIS 软件的成本距离、成本路径分析工具,识别出生态源地之间的重要生态廊道。以林地、水体为主的生态源地由多条基于最小阻力的廊道连接,构成了宁明县生态安全格局,如图 9 所示。由图 9 可知,宁明县生成 16 条重要潜在生态廊道,生态源地与其他生态用地分布较为集中,体现在北部、南部、中部生态源地链接较为紧密,且廊道距离不大,跨越县域幅度相对较小。生态源地两两间有多条重要生态廊道,有利于物种空间运动的多种选择,物种空间运动选择仍以其他生态用地人工商品林为主,利于其空间运动物种栖息、觅食等活动。

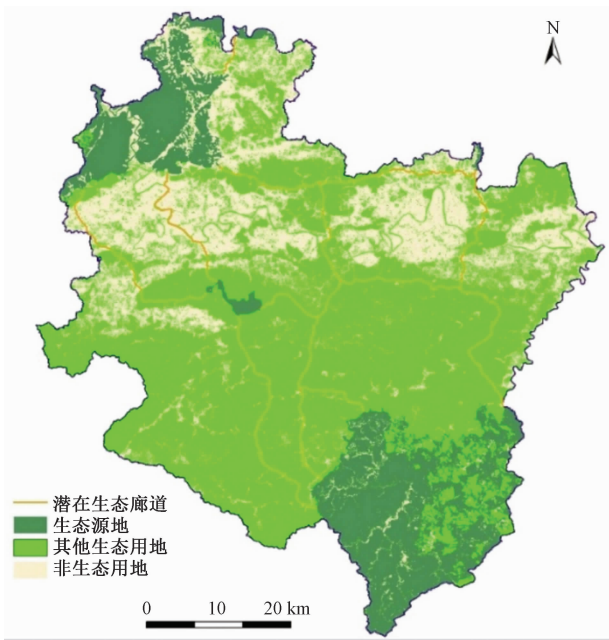


图 9 生态安全格局

2.4 生态格局优化与空间发展建议

本文以宁明县为研究区,通过生态评价确定研究区生态保护重要性分级空间格局,通过结合 MSPA 方法提取核心区,结合人工商品林分布、生态保护红线碎区等要素修正,从而确定宁明县的生态源地,基于其主要关键生态贡献率,并通过基于地形、地貌、边界

分析所确定的最小累积阻力面,识别重要生态廊道,对由生态源点与生态廊道所构成的生态网络进行空间布局优化,从而形成宁明县生态安全总体格局。空间布局优化主要考虑体现生态源地在北部、南部、中部生态源地链接较为紧密,且廊道距离不大,跨越县域幅度相对较小;生态源地南北部关键生态源地占总生态源地的 97.80%,生态关键贡献率以南北关键生态用地为主,形成南北关键生态片区,并结合其他生态用地、非生态用地、地表覆盖、地形地貌与沿边因素综合考虑,细分农田生态片区、中部生态片区、沿边生态片区。并依托花山风景名胜区、弄岗国家级自然保护区、公安河源头水保护区、派阳山自治区级森林公园等核心保护资源,优化形成“一轴三核五区”生态空间格局(图 10)。其中“一轴”为贯穿南北部关键生态片区的重要生态保护轴;“三核”为花山一弄岗自然保护绿核、派阳山自然保护绿核、十万大山水源涵养保护绿核;“五区”为北部关键生态片区、农田生态片区、沿边生态片区、中部生态片区、南部关键生态片区。

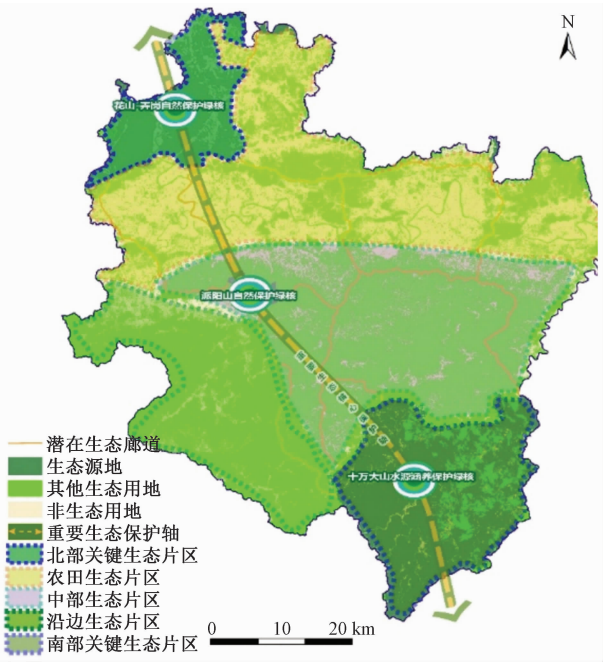


图 10 生态安全格局优化空间分布

北部关键生态片区位于宁明县亭亮镇和城镇北部区域,与龙州县和江州区相邻。该区域是左江上游支流明江河的水源涵养区,区内有国家级自然保护区(广西弄岗国家级自然保护区)、花山风景名胜区,生态功能主要以生物多样性保护为主。该片区主要通过严格的封山育林,保护现有集中连片公益林与天然林,恢复阔叶林,提高森林质量,加快水土保持林与生物多样性建设,合理布局林业产

业,适当提供林产品。提倡“生态+旅游”发展模式,在保护生态前提下适当发展旅游。

农田生态片区位于宁明县明江河谷及两岸区域,主要包含城中、明江、东安、北江、海渊和那堪等乡镇。该片区主要以明江河为重要生态保护要素,加强水质和土壤污染防治,保护和改善明江流域的生态环境,充分发挥该片区水源涵养和土壤保持的生态功能,巩固生态优势与农业优势,重点发展生态特色农业。

中部生态片区位于宁明县中部峙浪、明江、东安、板棍、那楠和桐棉等区域。作为宁明县的生态保护腹地,片区内有广西崇左派阳山自治区级森林公园。该片区通过对派阳山林场长期的生态建设和环境保护,培育健康的生态过程和良性的生态系统,提高水源涵养、水土保持、维护生物多样性等生态功能,保障中越边境和宁明的生态安全。

沿边生态片区是以中越边境国防林为核心、以公母山为依托的生态保护片区,主要包括爱店镇、桐棉镇、峙浪乡、寨安乡,均与越南交界,国境线全长126.58 km。该区域地貌以山地丘陵为主体,气候干热,森林以天然阔叶林、马尾松林、灌木林为主,是水源涵养重要功能区、生物多样性保护服务功能区,对宁明县生态环境保护有着重要的作用。该片区适宜发展林业产业,包括速丰林、特色经济林、林下经济等。

南部关键生态片区位于宁明县东南部桐棉镇、那楠乡等区域,与上思县、防城区相邻。该片区紧挨十万大山,依托天然形成的十万大山山脉以及广西十万大山国家级自然保护区的建设,是宁明县东南部的重要生态功能区,是公安河、明江河的重要水源涵养和生物多样性保护区。该片区宜适度发展生态旅游、生态林业、生态种养业,限制大规模工业化、城镇化开发,限制矿产资源开发,禁止各类破坏性开发建设活动。

3 结论与讨论

宁明县属十万大山水源涵养与生物多样性保护重要区,是重要的水源涵养与土壤保持区,对保护县内的流域和水库生态安全具有重要作用。本文基于 MSPA 方法提取景观核心区,基于生态评价提取生态保护极重要区,基于人工商品林、生态保护红线、公安河源头水保护区等要素叠加修正后提取宁明县生态源地。再结合其他生态园地、非生态园地,并结合最小累积模型初步形成宁明县生态安全格局。并通过关键生态用地、其他生态用地空间布局、地表覆盖、地形地貌、沿边等因素对生态安全格局进行空间布局优化,形成“一轴三核五区”生态安全格局。并就其格局提出了一些区域空间发展建议,可为地方国土全域综合整治与生态修复、生态文明建设常态化治理下空间发展提供借鉴与参考。

参考文献

- [1] 杨天荣,匡文慧,刘卫东,等.基于生态安全格局的关中城市群生态空间结构优化布局[J].地理研究,2017,36(3):441-452.
- [2] 傅伯杰.地理学:从知识、科学到决策.地理学报,2017,72(11):1923-1932.
- [3] 卿凤婷,彭羽.基于 RS 和 GIS 的北京市顺义区生态网络构建与优化[J].应用与环境生物学报,2016,22(6):1074-1081.
- [4] 尹海伟,孔繁花,祈毅,等.湖南省城市群生态网络构建与优化[J].生态学报,2011,31(10):2863-2874.
- [5] 陈竹安,况达,危小建,等.基于 MSPA 与 MCR 模型的余江县生态网络构建[J].长江流域资源与环境,2017,26(8):1199-1207.
- [6] 孔繁花,尹海伟.济南城市绿地生态网络构建[J].生态学报,2008,28(4):1711-1719.
- [7] 古璠,黄义雄,陈传明,等.福建省自然保护区生态网络的构建与优化[J].应用生态学报,2017,28(3):1013-1020.
- [8] 许峰,尹海伟,孔繁花,等.基于 MSPA 与最小路径方法的巴中西部新城生态网络构建[J].生态学报,2015,35(19):6425-6434.

The Construction of Ecological Security Pattern in Ningming County

XIE Kunjian¹, MENG Jing^{2,3}, DUAN Zhengsong¹

(1. Guangxi Zhuang Autonomous Region Land Surveying & Mapping Institute, Nanning 530015, China;

2. Guangxi Open University, Nanning 530023, China; 3. Guangxi University of Information Engineering, Nanning 530007, China)

Abstract: The core area of landscape is extracted based on MSPA method, the extremely important area of ecological protection is extracted based on ecological evaluation, and the ecological source area of Ningming County is extracted after superposition and correction of artificial commercial forest, ecological protection red line, public security Headwater conservation area and other elements. Then the ecological security pattern of Ningming County is preliminarily formed by combining other ecological land, non-ecological land and the minimum accumulation model. By optimizing the spatial layout of ecological security pattern, the ecological security pattern of “one axis, three cores and five regions” was formed, and relevant spatial development suggestions are put forward to provide reference for local development.

Keywords: morphological spatial pattern analysis(MSPA); minimum cumulative model; ecological security pattern; spatial development