

DOI: 10.5846/stxb201802090351

熊善高, 秦昌波, 于雷, 路路, 关杨, 万军, 李新. 基于生态系统服务功能和生态敏感性的生态空间划定研究——以南宁市为例. 生态学报, 2018, 38(22): - .

Xiong S G, Qin C B, Yu L, Lu L, Guan Y, Wan J, Li X. Methods to identify the boundary of ecological space based on ecosystem service functions and ecological sensitivity: A case study of Nanning City. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(22): - .

基于生态系统服务功能和生态敏感性的生态空间划定研究

——以南宁市为例

熊善高, 秦昌波, 于 雷, 路 路, 关 杨, 万 军, 李 新*

环境保护部环境规划院, 北京 100012

摘要:生态空间管制是我国国土空间管制的重要内容。针对目前国内对生态空间认知有差异, 对其划定技术方法还处于探索阶段的情况下, 以生态系统服务功能和生态敏感性技术评价方法为手段, 以广西壮族自治区南宁市为研究对象, 开展了基于生态系统服务功能重要性和生态敏感性的生态空间划定方法的探索研究。结果表明: (1) 研究区域内主导的生态系统服务功能主要为生物多样性维护功能和水土保持功能, 其次为水源涵养功能。生态系统综合服务功能重要性类型以一般重要为主, 约占研究区总面积的 42.32%。(2) 研究区生态敏感性以水土流失敏感性为主, 其次为石漠化敏感类型。生态环境综合敏感类型以敏感为主, 约占总面积的 85.44%。(3) 研究区内初步划定生态空间总面积约 9325.27 km², 占研究区总面积的 42.19%, 占研究区内生态用地面积的 76.59%。土地利用类型以林地为主, 约占生态空间面积的 83.65%。划定的生态空间范围涵盖了绝大部分生态用地。本研究在一定程度上丰富了生态空间的内涵, 可为进一步理解和划定生态空间提供参考与借鉴。

关键词:生态系统服务功能; 生态敏感性; 生态空间; 空间规划

Methods to identify the boundary of ecological space based on ecosystem service functions and ecological sensitivity: A case study of Nanning City

XIONG Shangao, QIN Chanbo, YU Lei, LU Lu, GUAN Yang, WAN Jun, LI Xin*

Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing, 100012, China

Abstract: Ecological space distribution has important functions, and can provide a basis for making decisions regarding protecting the ecological security of national landscapes. How to define an ecological space has become a problem in ecological environment protection and management. Presently, ecological space delimitation technology is still in the exploration stage domestically. Ecosystem service functions and ecological sensitivity are the main indicators that reveal ecosystem health. Based on the ecosystem service functions and ecological sensitivity of ecosystem protection and decision-making management, the conflict between ecological systems and land use can be coordinated. This is conducive to restore and maintain regional ecosystem integrity and sustainability. In this study, the ecological space delimitation method was analyzed based on the importance of ecosystem service functions and ecological sensitivity in Nanning City, Guangxi Autonomous Region. Results showed that in the study area, the main ecosystem service functions were biological diversity maintenance and soil and water conservation function, followed by water conservation function. The comprehensive ecosystem service function was generally important, accounting for 42.32% of the research area. The main ecological

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0506602), 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(2110203)

收稿日期: 2018-02-09; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lixin@caep.org.cn

sensitivity of the study area was soil and water loss, followed by stony desertification. The comprehensive sensitivity level indicated the ecological environment was sensitive, accounting for 85.44% of the total area. The preliminary delineation of ecological space in the study area was about 9,325.27 km², accounting for 42.19% of the study area, and 76.59% of the area of ecological land in the study area. Forest land was the main land use type in the ecological space, accounting for 83.65% of the ecological space. The delineation of ecological space covered most of the ecological land. This method can be used in the delimitation of ecological space in space planning, which can provide auxiliary decision support for the planning scheme. In the next step, further discussion is needed to identify regional ecosystem service functions and ecological sensitivity mechanisms and capabilities from rich data sources and data accuracy. It is still necessary to combine ecological space with urban and agricultural spaces to comprehensively research the ecosystem. Further research on ecological space classification is necessary.

Key Words: ecosystem service function; ecological sensitivity; ecological space; spatial planning

改革开放以来,随着经济社会发展对生产、生活空间需求的不断增长,城镇空间、农业空间和生态空间的矛盾进一步加剧,导致生态空间不断被挤压,生态功能破坏、生态系统退化、生态环境恶化等区域生态安全问题日益突出^[1-2]。《生态文明体制改革总体方案》明确提出,“划定生产空间、生活空间、生态空间,建立空间规划体系,健全国土空间用途管制制度。”^[3]。党的十九大报告指出,“必须坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针,形成节约自然和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式”,这标志着生态空间管制已成为我国国土空间管制的重要内容和构建空间治理体系的重要组成部分。合理划定生态空间,对保障区域生态安全需求,提高区域生态环境承载力,促进人与自然和谐发展具有重要的理论和现实意义^[4-6]。

一般认为,生态空间是指具有重要生态功能、以提供生态产品和生态服务为主的区域,在保障国家或区域生态安全中发挥重要作用^[7]。随着《生态文明体制改革总体方案》逐步实施,关于生态空间的学术问题已逐渐成为研究的重点,其研究内容主要集中在生态用地需求规模量化研究^[8-9]、生态空间的现状及演化特征分析^[10-12]、生态空间规划与管控等内容^[13-15]。由于目前学术界对生态空间的理解和认知还存在差异,其划定的技术方法还处于不断探索过程中^[16-18],就生态空间划定的相关研究报道较少。如何划定生态空间?这已成为现阶段生态环境保护与管理需要解决的主要问题之一。

生态空间作为一种为人类生存和经济社会发展持续提供生态服务的重要空间形态,其数量规模和空间格局将直接影响到区域国土空间的生态安全^[19]。因此,从保障区域生态系统健康的角度出发,探索研究区域内生态空间划定方法,可为保护国土空间生态安全提供决策依据。生态系统服务功能和生态敏感性是揭示生态系统健康的主要指标。生态系统服务功能维系与支持着地球生命系统和环境的动态平衡,为人类生存和社会发展提供了基本保障。生态敏感性反映了生态系统对自然环境变化和人类活动干扰的反应程度,可反映区域生态环境问题的难易程度和可能性大小^[20]。基于生态系统服务功能和生态敏感性的生态系统保护和决策管理,能够协调生态系统与土地利用间的冲突,利于恢复或维持区域生态系统整体性和可持续性^[20]。

目前,国内外学者对生态系统服务功能研究主要集中在生态系统服务功能度量、生态系统服务功能与人类福祉的关系、多种生态系统服务功能权衡、生态系统服务功能保护规划和基于生态系统服务功能的生态补偿机制研究等方面^[21-25]。生态敏感性评价的研究主要集中在敏感机制的分析和特定生态过程的敏感性评价^[20]。怎样将生态系统服务功能与生态敏感性研究应用到生态系统管理和决策方面已成为现阶段生态学领域研究的热点,包括空间规划、三生空间划定、生态安全保障技术研究、自然资源资产政策研究等内容^[26-28]。

基于此,本文针对空间规划中划定生态空间的专业需求,以生态系统服务功能和生态敏感性技术评价方法为手段,以广西壮族自治区南宁市为研究对象,开展基于生态系统服务功能和生态敏感性的生态空间划定方法研究,以期为国土空间管控方案的制定和生态系统管理决策提供理论依据和技术支持。

1 研究区概况

南宁市地处广西壮族自治区西南部(图1),是中国西南地区出海通道的枢纽城市,地理范围介于 $107^{\circ}45'—108^{\circ}51' E$ 与 $22^{\circ}13'—23^{\circ}32' N$ 之间。区域为低山丘陵环绕的椭圆形盆地,地形以平原和丘陵为主,邕江蜿蜒曲折流经盆地中央穿过。研究区地处亚热带,属于湿润的亚热带季风气候,气候温润,降雨丰沛,年平均气温约为 $21.6^{\circ}C$,年均降雨量为 $1304.2 mm$,平均相对湿度为 79% ,境内河流属于珠江流域西江水系。研究区总面积约为 $22112 km^2$,辖青秀区、兴宁区、江南区、良庆区、邕宁区、西乡塘区、武鸣区等7区,横县、隆安县、马山县、上林县、宾阳县等5县。2016年,研究区常住人口约为706.22万人,全年地区生产总值约为3703.39亿元。区域内上林县、马山县为国家重点生态功能县,属于桂黔滇喀斯特石漠化防治生态功能区。

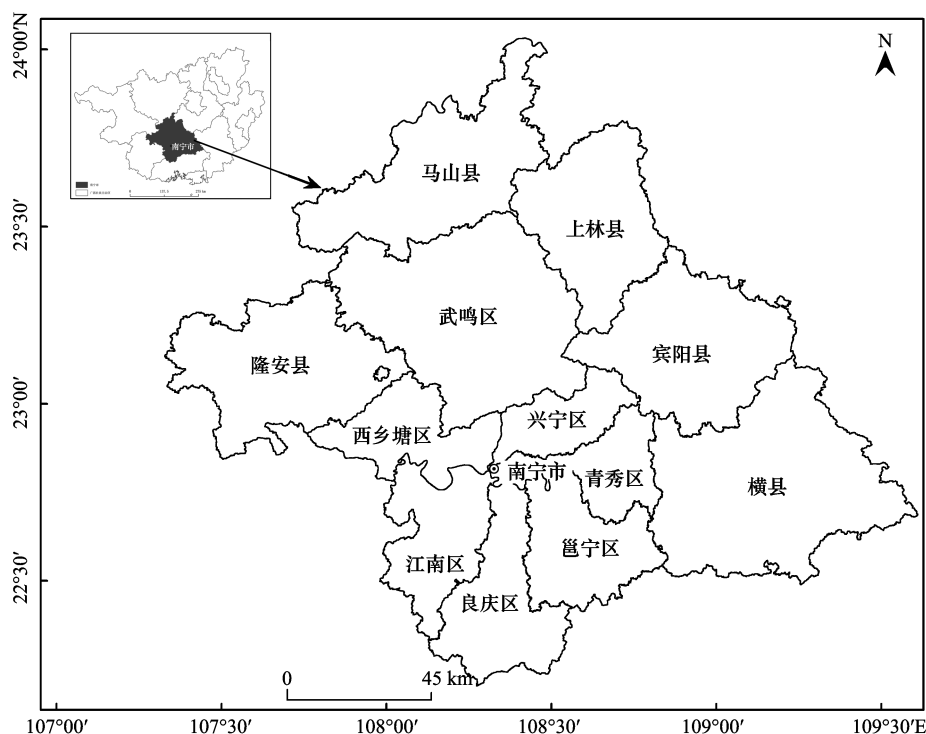


图1 研究区地理位置

Fig.1 Location of the study area

2 数据与方法

2.1 研究数据

本文使用的植被净初级生产力数据为2000—2014年的MOD17A3NPP产品,空间分辨率为 $0.0083^{\circ}C$,该产品由美国蒙大拿大学数字地球动态模拟研究发布(<http://www.ntsg.umt.edu/project/mod17>),通过ArcGIS 10.1软件进行重采样为 $100 m$ 空间分辨率数据。气象数据来源于中国气象科学数据共享服务网中的中国地面气候资料数据集(包括降雨量、气温、蒸散发等),时间为1984—2014年,通过ArcGIS 10.1软件进行空间插值生成 $100 m$ 空间分辨率数据。土地利用数据来源于地理国情监测云平台(www.dsac.cn),时间为2015年。植被覆盖数据来源于国家综合地球观测数据共享平台(<http://www.chinageoss.org/>)。高程数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>),数据分辨率为 $30 m$ 。土壤数据来源于全球土壤属性数据库中的中国土壤数据集(Harmonized World Soil Database v1.2),为第二次全国土地调查南京土壤所提供的1:100万土壤数据,通过ArcGIS 10.1软件进行重采样为 $100 m$ 空间分辨率数据。

2.2 研究思路

本文研究思路具体分为(图2):①识别区域主导的生态系统服务功能和生态敏感性特征,针对主导生态系统服务功能和生态环境敏感性特征开展生态重要性和生态敏感性的科学评估,将生态功能重要性划分为一般重要、重要和极重要3个等级。将生态敏感性划分为一般敏感、敏感和极敏感3个等级。②根据2015年南宁市土地利用数据,按照《土地利用现状分类》(GB/T21010—2007),提取南宁市生态用地^[13],主要包括林地(有林地、灌木林地、其他林地)、草地(天然牧草地、人工牧草地、其他草地)、水域(河流水面、湖泊水面、水库水面、坑塘水面、内陆滩涂、沟渠、沼泽地)和其他土地(沙地、裸地),总面积约为12174.84 km²,约占研究区国土面积的55.09%。③在生态用地的国土空间范围内,利用ArcGIS软件,经过相交叠加分析,提取生态用地范围内生态系统服务功能综合重要性(极重要和重要)和生态敏感综合性(极敏感和敏感)区域,经过边界处理,形成生态空间范围。

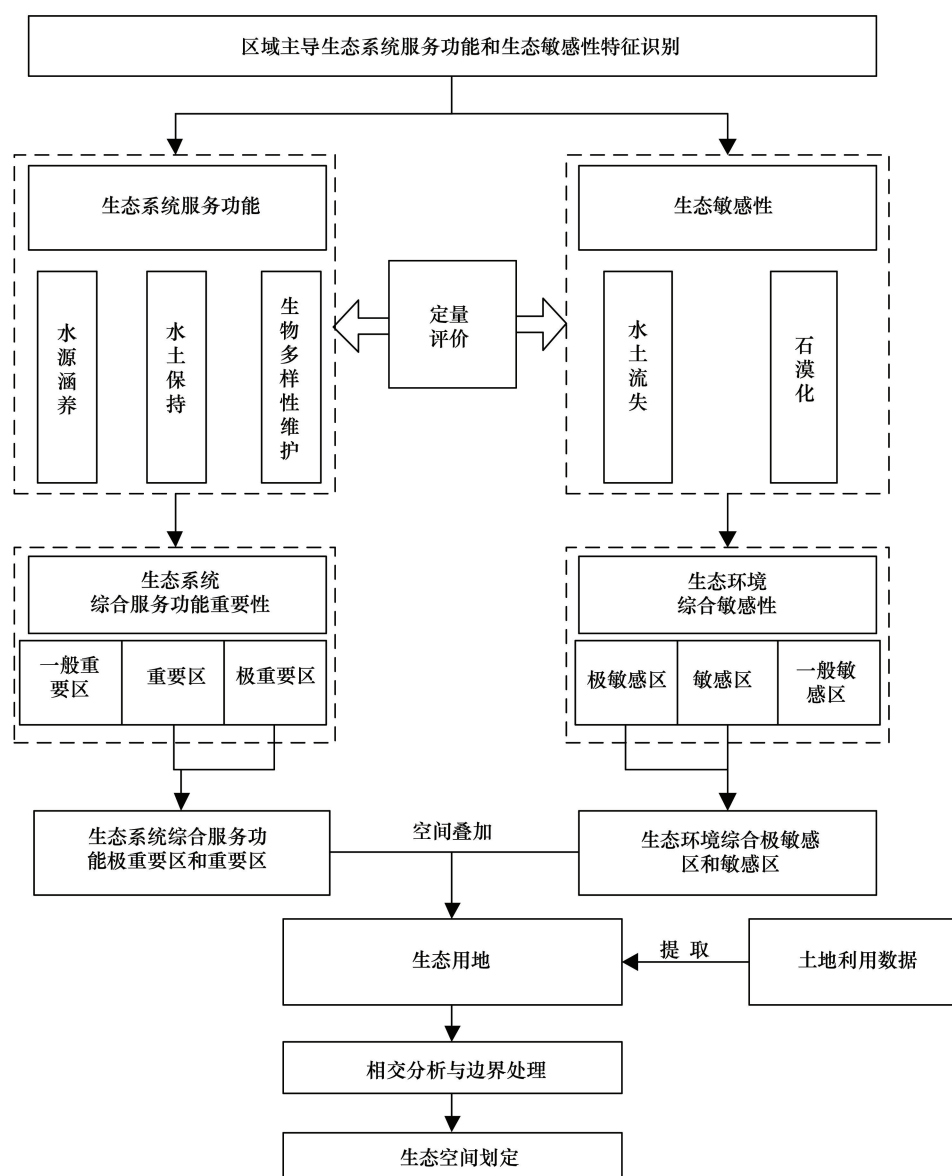


图2 生态空间划定技术路线图

Fig.2 The technical route to locate the boundary of the ecological space

2.3 评价方法

2.3.1 评价方法

根据《广西壮族自治区主体功能区规划》、《广西壮族自治区生态功能区划》、《广西壮族自治区生物多样性保护战略与行动计划(2013—2030 年)》、《南宁市生态功能区划》,得出研究区主导的生态系统服务功能为水源涵养、水土保持、生物多样性维护,主要的生态环境敏感特征为水土流失和石漠化。根据《生态保护红线划定指南》^[29]中推荐的方法,结合南宁市生态环境实际情况,水源涵养功能重要性评估采用水量平衡方程模型评估法,水土保持功能重要性评估采用修正通用的水土流失方程模型评估法,生物多样性维护功能采用净初级生产力(NPP)定量指标评估法。水土流失敏感性评估选取降水侵蚀力、土壤可蚀性、坡长坡度、地表植被覆盖等指标构成的评估模型。石漠化评估选取碳酸岩面积百分比、地形坡度、植被覆盖度因子等指标构成的评估模型(表 1 和图 3)。

表 1 生态系统服务重要性评价和生态环境敏感性评价方法
Table 1 Evaluations of ecosystem service and ecosystem sensitivity

评价类型 Evaluation types	计算公式 Formula	参数 Parameters
生态系统服务功能重 要性 Importance of ecosystem services	水源涵养 $TQ = \sum_{i=1}^j (P_i - R_i - ET_i) \times A_i \times 10^3$	TQ 为总水源涵养量(m^3), P_i 为降雨量(mm), R_i 为地表径流量(mm), ET_i 为蒸散发(mm), A_i 为 <i>i</i> 类生态系统面积(km^2), <i>i</i> 为研究区第 <i>i</i> 类生态系统类型
	水土保持 $A_c = R \times K \times L \times S \times (1 - C)$	A_c 为水土保持量($t\ hm^{-2}\ a^{-1}$); R 为降雨侵蚀力因子($MJ\ mm\ hm^{-2}\ h^{-1}\ a^{-1}$); K 为土壤可蚀性因子($t\ hm^2\ h\ hm^{-2}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$); L 、 S 为地形因子, L 表示坡长因子, S 表示坡度因子; C 为植被覆盖因子
	生物多样性维护 $S_{bio} = NPP_{mean} \times F_{pre} \times F_{tem} \times (1 - F_{alt})$	S_{bio} 为生物多样性维护服务能力指数, NPP_{mean} 为多年植被净初级生产力平均值($gC\ m^{-2}$), F_{pre} 为多年平均降水量(mm), F_{tem} 为多年平均气温($^{\circ}C$), F_{alt} 为海拔因子
生态环境敏感性 Environmental sensitivity	水土流失 $SS_i = \sqrt[4]{R_i \times K_i \times LS_i \times C_i}$	SS_i 为 <i>i</i> 空间单元水土流失敏感性指数,评估因子包括降雨侵蚀力(R_i)、土壤可蚀性(K_i)、坡长坡度(LS_i)、地表植被覆盖(C_i)
	石漠化 $S_i = \sqrt[3]{D_i \times P_i \times C_i}$	S_i 为 <i>i</i> 评估区域石漠化敏感性指数; D_i 、 P_i 、 C_i 分别为 <i>i</i> 评估区域碳酸岩出露面积百分比、地形坡度和植被覆盖度

2.3.2 分级标准

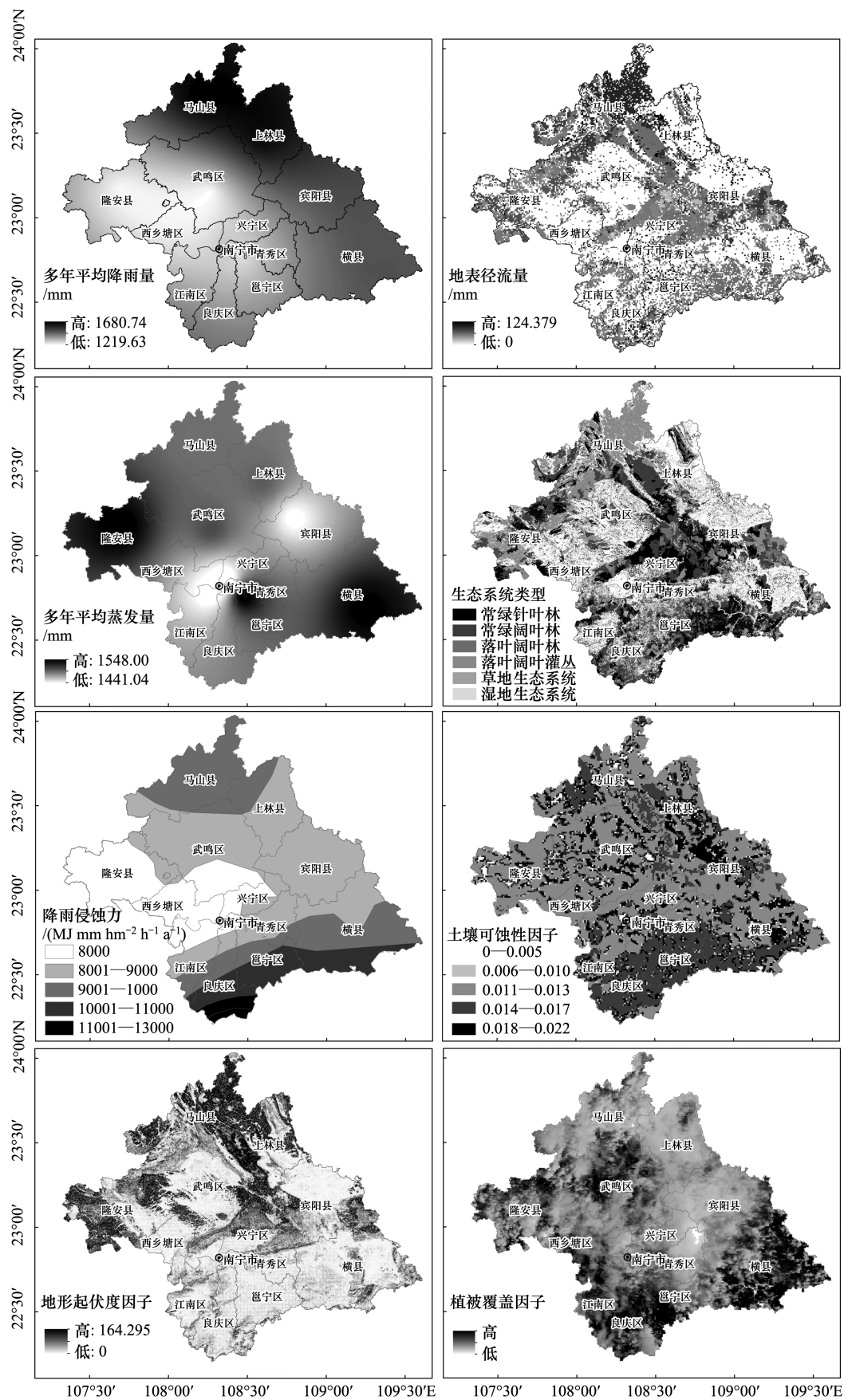
生态系统服务功能重要性评价分级和生态敏感性分级标准采用《生态保护红线划定指南》^[29]中分级标准:

(1) 生态系统服务功能重要性评价分级

通过模型计算,得到不同类型生态系统服务功能值栅格图。在 ArcGIS 中,运用栅格计算器,输入公式“Int([某一功能的栅格数据]/[某一功能栅格数据的最大值]×100)”,得到归一化后的生态系统服务功能值栅格图。导出栅格数据属性表,属性表记录了每一个栅格像元的生态系统服务功能值,将服务功能值按从高到低的顺序排列,计算累加服务功能值。将累加服务功能值占生态系统服务功能总值比例的 50%与 80%所对应的栅格值,作为生态系统服务功能评估分级的分界点,利用 ArcGIS 软件的重分类工具,将生态系统服务功能重要性分为 3 级,即极重要、重要和一般重要(表 2)。

表 2 生态系统服务功能评估分级
Table 2 Classification of ecosystem service function

重要性等级 Importance level	极重要 Very important	重要 Important	一般重要 General important
累积服务值占服务总值比例 Cumulative service value/%	50	30	20



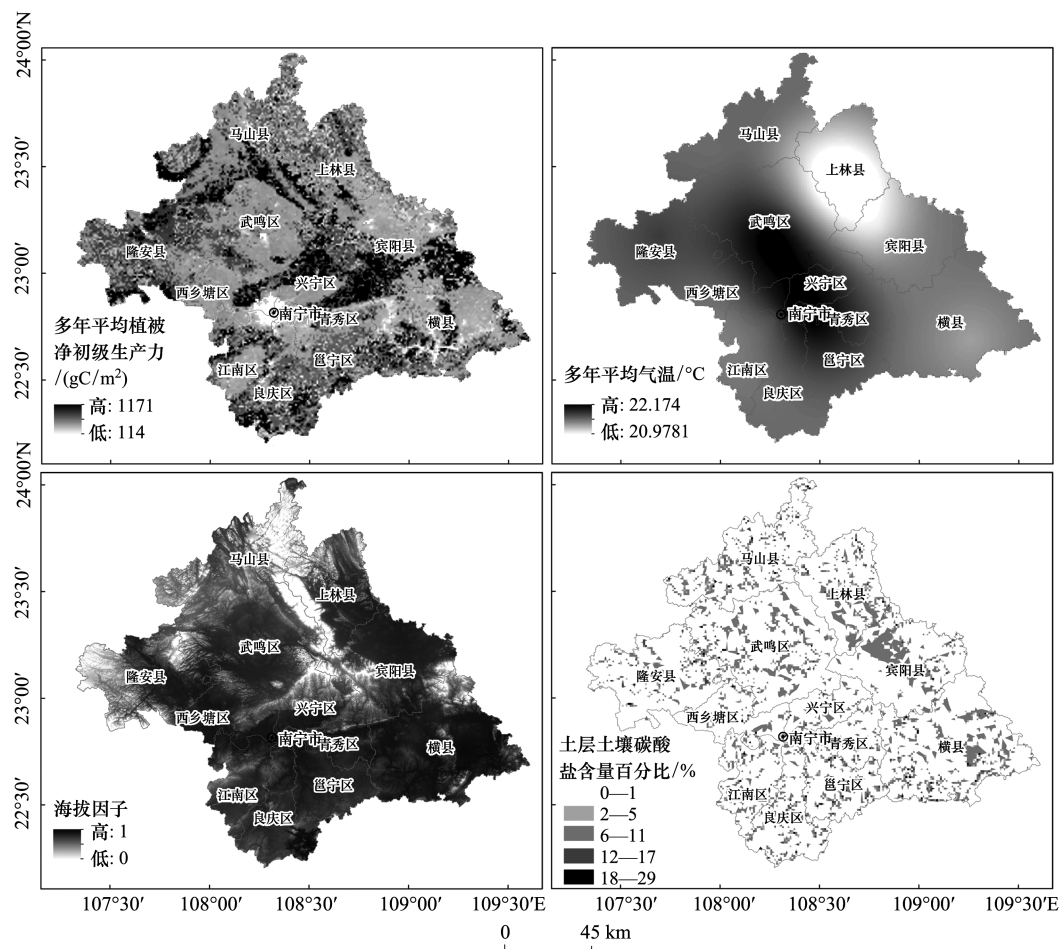


图3 参数空间分布图

Fig.3 Spatial distributions of indexes

(2) 生态环境敏感性评价分级

利用 ArcGIS 的重分类模块,将生态环境敏感性评估结果分为 3 级,即一般敏感、敏感和极敏感,具体分级赋值及标准见表 3。

表 3 生态环境敏感性评估分级

Table 3 Classification of ecosystem sensitivity

敏感性等级 Sensitivity level	一般敏感 General sensitive	敏感 sensitive	极敏感 Very sensitive
分级赋值 Classification assignment	1	3	5
分级标准 Classification standard	1.0—2.0	2.1—4.0	>4.0

2.3.3 综合评价

(1) 生态系统综合服务功能重要性评价

根据前节对水源涵养、水土保持、生物多样性维护功能进行的评价分级,采用析取运算进行生态系统综合服务功能重要性评价^[30],计算公式为:

$$ESI = \text{Max} \{ ESI_w, ESI_s, ESI_b \}$$

式中,ESI 代表生态系统综合服务功能重要性评价结果,ESI_w 代表水源涵养功能重要性评价结果,ESI_s 代表水土保持功能重要性评价结果,ESI_b 代表生物多样性维护功能重要性评价结果。

(2) 生态环境综合敏感性评价

根据前节对水土流失、石漠化的评价分级,采用析取运算进行生态环境综合敏感性评价,计算公式为:

$$ES = \text{Max}\{ES_s, ES_r\}$$

式中,ES 代表生态环境综合敏感性评价结果, ES_s 代表水土流失敏感性评价结果, ES_r 代表石漠化评价结果。

3 结果与分析

3.1 生态系统服务功能重要性评价

(1) 水源涵养功能重要性

水源涵养是指森林、灌丛、草地、湿地等生态系统通过其特有的结构与水相互作用,对降水进行截留、蓄积,并通过蒸散发实现对水流、水循环的调控。因此,本文重点针对研究区内森林、灌丛、草地、湿地生态系统,评价水源涵养能力。结果表明(图4),研究区水源涵养功能重要性类型以一般重要为主,面积约为 10005.6 km²,约占总评估面积的 89.12%,主要分布在研究区的武鸣区、宾阳县、兴宁区、隆安县、横县等东部、西部和南部地区。其次为极重要地区,面积约为 662.29 km²,约占总评估面积的 5.9%,主要分布在马山县东北部地区和上林县北部的局部地区,主要原因为区域内降雨量相对较高,植被覆盖度较高,蒸散能力相对适中。水源涵养重要区域面积较小,约为 559.11 km²,约占总评估面积的 4.98%,主要分布在极重要区域周边外围地带。

(2) 水土保持功能重要性

水土保持是生态系统通过结构与过程作用来减少由于水蚀所导致的土壤侵蚀的功能。结果表明(图5),研究区内水土保持功能重要性类型以一般重要为主,面积约为 14478.85 km²,约占研究区总面积的 65.50%,主要分布在南部的良庆区、江南区、邕宁区、横县等。其次为水土保持功能重要区域,面积约为 4399.78 km²,约占研究区总面积的 19.92%,主要分布在研究区北部和中部地区。水土保持功能极重要区域面积约为 3223.17 km²,约占研究区总面积的 14.58%,主要分布在马山东北部岩溶山地区域、大明山区域、隆安西部区域、研究区中部的高峰岭-白花山-三状岭等山地区域。

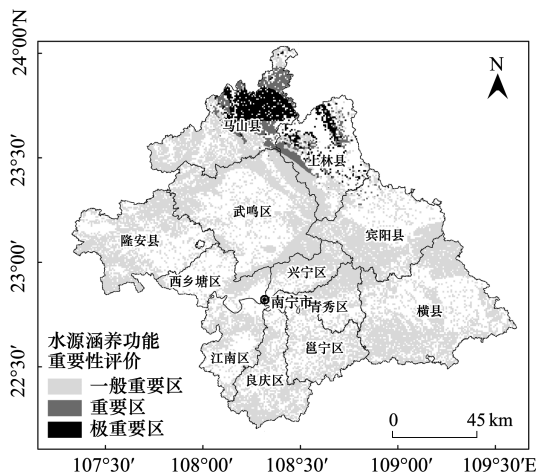


图4 水源涵养功能评估结果图

Fig.4 Result of water conservation evaluation function

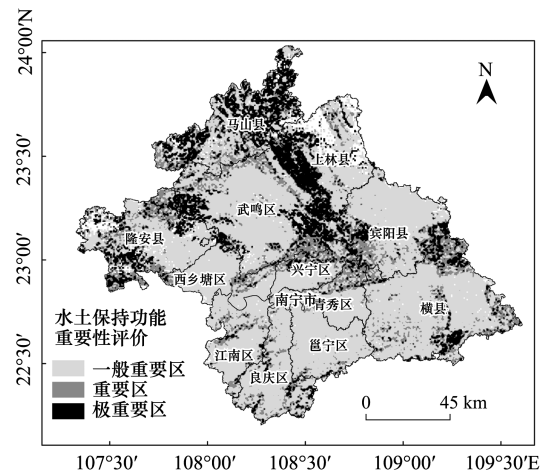


图5 水土保持功能评估结果图

Fig.5 Result of soil and water conservation function

(3) 生物多样性维护功能重要性

生物多样性维护功能是生态系统在维持基因、物种、生态系统多样性发挥的作用。结果表明(图6),研究区域生物多样性维护功能重要性类型以一般重要为主,面积约为 10991.23 km²,约占研究区总面积的49.73%,主要分布在研究区中西部的西乡塘区、隆安县、江南区等。极重要区域和重要区域面积大小基本相当,分别为 5569.65 km²和 5540.92 km²,占研究区面积的 25.2%和 25.07%。极重要区域和重要区域主要分布在研究区北部的马山县、东南部的横县等地区。该区域生物多样性维护功能相对较高,涵盖了大明山国家级自然保护区、

上林龙山自治区级自然保护区、三十六弄-陇均自治区级自然保护区、九龙瀑布群国家森林公园。

(4) 生态系统综合服务功能综合性评价

研究表明(表 4),研究区内主要的生态系统服务功能为生物多样性维护功能和水土保持功能,二者极重要区和重要区分别占研究区国土面积的 50.27%和 34.5%。其次为水源涵养功能。将水源涵养功能、水土保持功能、生物多样性维护功能进行空间叠加综合评价(图 7),发现研究区内生态系统综合服务功能重要性类型以一般重要为主,面积约为 9353.98 km²,约占研究区总面积的 42.32%,主要分布在研究区的中西部地区,区域内地势较为平缓,是研究区内人类开发建设活动的主要分布区域。重要区域面积约为 6471.57 km²,约占研究区总面积的 29.28%,主要分布在研究区东部地区,该地区的横县、宾阳等是未来人口开发建设活动的重点区域。极重要区域面积约为 6276.25 km²,约占研究区总面积的 28.40%,主要分布在研究区的北部和东部地区,该区域内海拔较高,山地众多,林、灌、草植被生态系统较为丰富,对维护桂西南石山区、右江流域以及左江流域的生态安全都具有重要作用,同时也是桂西南岩溶地区重要物种贮存库。

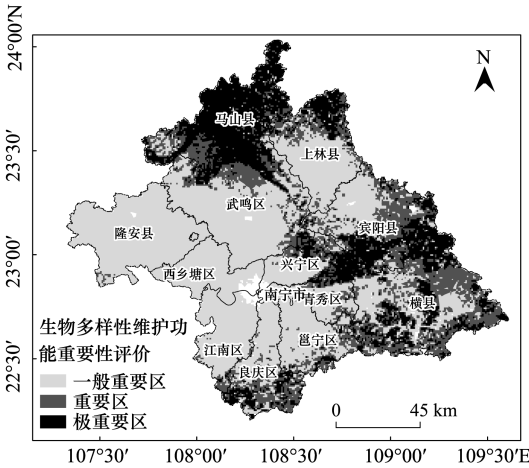


图 6 生物多样性维护功能评估结果图
Fig.6 Result of biodiversity maintenance function

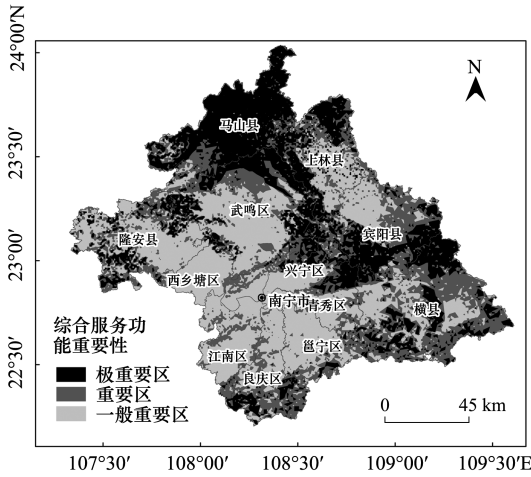


图 7 生态系统综合服务功能重要性评价图
Fig. 7 Evaluation of the importance of comprehensive ecosystem service

表 4 生态系统服务功能评估统计结果

服务功能 Ecosystem services	重要性分级 Importance level	面积/km ² Area	占总面积百分比/% Percentage of total area	累积百分比/% Cumulative percentage
水源涵养 Water conservation	极重要	662.29	5.90	5.90
	重要	559.11	4.98	10.88
	一般重要	10005.60	89.12	100
水土保持 Soil and water conservation	极重要	3223.17	14.58	14.58
	重要	4399.78	19.92	34.50
	一般重要	14478.85	65.50	100
生物多样性维护 Biodiversity maintenance	极重要	5569.65	25.20	25.20
	重要	5540.92	25.07	50.27
	一般重要	10991.23	49.73	100
综合服务功能 Comprehensive services	极重要	6276.25	28.40	28.40
	重要	6471.57	29.28	57.68
	一般重要	9353.98	42.32	100

3.2 生态环境敏感性评价

(1) 水土流失敏感性评价

结果表明(图8),研究区水土流失敏感性类型主要以敏感类型为主,面积约为 19065.01 km²,约占研究区总面积的 86.26%,主要分布在马山县、上林县、宾阳县、兴宁区、隆安县、青秀区等区域,主要为坡耕地相对集中和崩岗相对密集区域。其次以一般敏感为主,面积约为 3005.8 km²,约占研究区总面积的 13.6%,主要分布在武鸣区、西乡塘区、横县、江南区、邕宁区、良庆区等。水土流失极敏感区域面积较少,总面积约为 30.9 km²,约占研究区总面积的 0.14%,主要以零星点状的形式分布在马山县、上林县、宾阳县等地区。

(2) 石漠化敏感性评价

南宁属于滇桂黔石漠化区,特别是马山县、上林县、隆安县为岩溶峰丛山地,土地石漠化较为明显。研究结果表明(图9),研究区石漠化敏感性类型主要以石漠化一般敏感为主,面积约为 14363.96 km²,占研究区面积的 64.99%,主要分布在研究区内的马山县、上林县、隆安县、大明山区域。其次是敏感区域,面积约为 7689.22 km²,占研究区面积的 34.79%,主要分布在南部地区的良庆区、邕宁区、江南区、横县等。极敏感区域较少,约为 48.62 km²,约占研究区面积的 0.22%,以零星的形式分布在研究区北部的马山县、上林县、隆安县等地区。

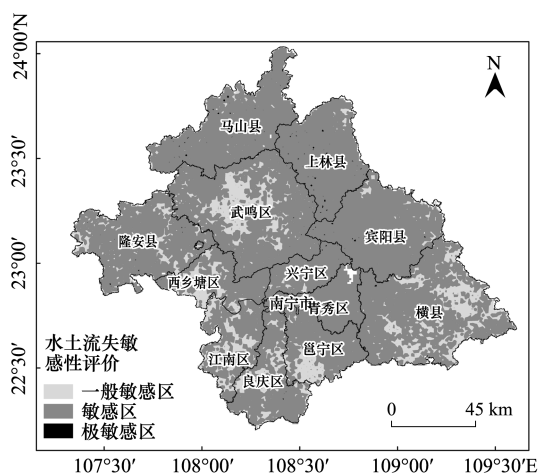


图8 水土流失敏感性评价图

Fig.8 Result of soil and water loss

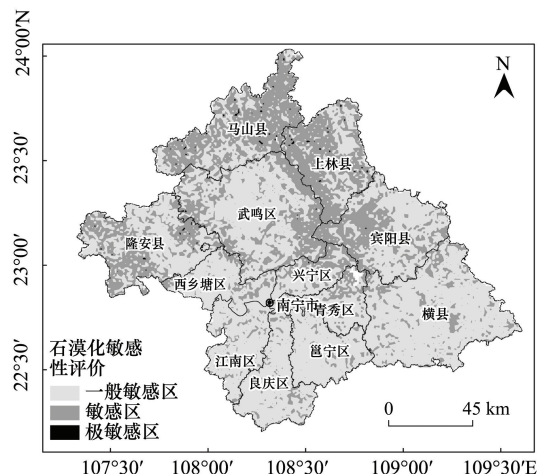


图9 石漠化敏感性评价图

Fig.9 Result of stony desertification

(3) 生态环境综合敏感性评价

研究表明(表5),研究区生态敏感性以水土流失敏感性为主,其次为石漠化敏感类型。将水土流失和石漠化空间分布进行叠加综合评价(图10),结果表明研究区域内生态环境综合敏感类型以敏感为主,面积约为 18884.46 km²,约占总面积的 85.44%,主要分布在马山县、上林县、宾阳县、兴宁区、隆安县、青秀区等区域。其次为一般敏感区,面积约为 3150.89 km²,约占总面积的 14.26%,主要分布在武鸣区、西乡塘区、横县、邕宁区。极敏感区域较少,面积约为 66.45 km²,约占总面积的 0.30%,主要分布在马山县、上林县、隆安县等岩溶山地区域,其空间分布较为破碎。

3.3 生态空间划定

利用 ArcGIS 10.1 软件将研究区生态系统综合服务功能重要性和生态环境综合敏感性评估数据转换为 shape 格式数据,对生态系统综合服务功能极重要区和重要区、生

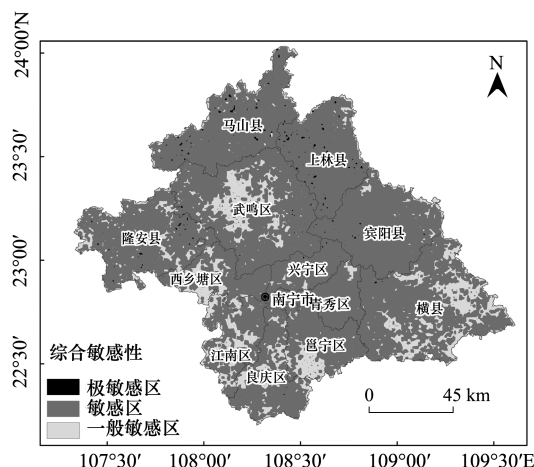


图10 生态环境敏感性综合评价图

Fig.10 Evaluation of comprehensive ecological sensitivity

表 5 生态环境敏感性评价结果
Table 5 Calculation result of ecological sensitivity

敏感类型 Sensitive type	敏感性分级 Sensitivity level	面积/km ² Area	占总面积百分比/% Percentage of total area	累积百分比/% Cumulative percentage
水土流失 Soil and water loss	极敏感	30.9	0.14	0.14
	敏感	19065.01	86.26	86.40
	一般敏感	3005.8	13.6	100
石漠化 stony desertification	极敏感	48.62	0.22	0.22
	敏感	7689.22	34.79	35.01
	一般敏感	14363.96	64.99	100
综合敏感性 comprehensive ecological sensitivity	极敏感	66.45	0.30	0.30
	敏感	18884.46	85.44	85.74
	一般敏感	3150.89	14.26	100

态环境综合极敏感区和敏感区进行空间叠加分析,按照生态系统完整性和连续性保护的原则,删除评估时产生的破碎及细小斑块(以 1 km²为细小斑块阈值)^[31],消除细小斑块的影响。在此基础上,与从土地利用数据中提取的生态用地进行相交分析(图 11),得出在生态用地空间范围内具有生态系统综合服务功能(极重要和重要)和生态综合敏感性(极敏感和敏感)的区域。然后,与高精度遥感影像、土地规划等资料进行校核,按照保护需要和开发利用现状,依据地形地貌或生态系统完整性确定的自然边界,通过边界处理划定生态空间范围^[31](图 12 和表 6)。结果表明,研究区生态空间总面积约 9325.27 km²,占研究区总面积的 42.19%,主要分布在马山县、上林县、隆安县、武鸣区、宾阳县、兴宁区、横县等区域。生态空间范围内土地利用类型以林地为主,面积约为 7800.60 km²,约占生态空间面积的 83.65%,其次为其他土地和湿地。分析发现,划定的生态空间范围占研究区内生态用地面积的 76.59%,其中林地占研究区生态用地内林地总面积的 80.19%,草地占研究区生态用地内草地总面积的 41.11%,湿地占生态用地内湿地总面积的 53.69%。表明划定的生态空间范围涵盖了绝大部分生态用地,其面积规模能够发挥一定的生态效益,支撑和维护研究区内生态安全。

4 结论与讨论

生态空间是重构我国空间规划秩序,提高城市空间治理水平的重要组成部分^[32]。其边界划定内容既属于学术研究问题,也是协调保护和发展的的重要社会实践问题。在目前国内对生态空间划定技术方法还不够完善和存在争议的情况下,本文从保障区域生态系统健康的角度出发,基于生态系统服务功能和生态敏感性,探索

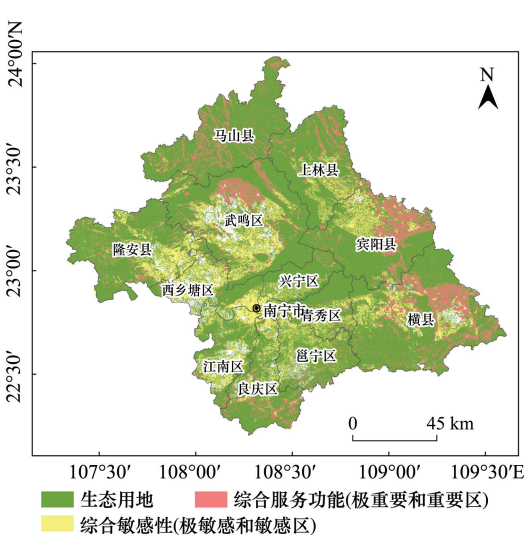


图 11 研究区生态用地、综合服务功能、综合敏感性叠加图
Fig. 11 Result of ecological land, comprehensive service function, comprehensive sensitivity

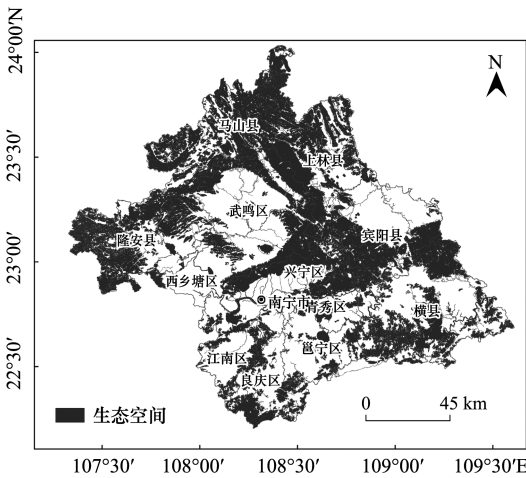


图 12 生态空间分布结果图
Fig.12 Result of ecological space

和实践了生态空间的划定方法,有利于实现土地利用和区域生态系统保护之间的协调。其研究可为促进和完善生态空间划定提供方法借鉴。

表 6 生态空间土地利用类型统计结果
Table 6 Result of ecological space land use type

生态空间土地利用类型 Land use type of ecological space		面积/km ² Area	占生态空间 总面积比例/% Proportion of the total area	占生态用地相应土地 利用类型比例/% Proportion of land use for ecological land	占研究区面积比例/% Proportion of the total area in the study area
林地 Forest	有林地、灌木林地、其他林地	7800.60	83.65	80.19	35.29
草地 Grass land	天然牧草地、人工草地、其他草地	193.22	2.07	41.11	0.87
湿地 Wetland	河流水面、湖泊水面、水库水面、坑塘水面、内陆滩涂、沟渠、沼泽地	567.98	6.09	53.69	2.57
其他土地 Other land	沙地、裸地	763.47	8.19	83.05	3.45
合计	9325.27	100	76.59	42.19	

研究结论表明:(1)研究区域内生态系统服务主导功能为生物多样性维护功能和水土保持功能,其次为水源涵养功能。生态系统综合服务功能重要性类型以一般重要为主,约占研究区总面积的 42.32%。(2)研究区生态敏感性以水土流失敏感性为主,其次为石漠化敏感类型。生态环境综合敏感类型以敏感为主,约占总面积的 85.44%。(3)研究区生态空间总面积约 9325.27 km²,占研究区总面积的 42.19%,占研究区内生态用地面积的 76.59%,土地利用类型以林地为主,约占生态空间面积的 83.65%。划定的生态空间范围涵盖了绝大部分生态用地。

目前,生态空间的界定主要基于生态用地论和生态功能论 2 种视角^[18]。生态用地论强调生态空间是所有绿色植被覆盖或者水体占有的土地类型,包括林地、草地、湿地、未利用土地等^[33]。生态功能论强调生态空间是指具有自然属性、以发挥生态系统服务功能为主的国土空间,包括森林、草原、湿地、河流等^[34]。本研究借鉴以上概念,认为生态空间应是在生态用地范围内能够发挥重要和极重要的生态系统服务功能或者生态环境敏感和极敏感的区域组成的国土空间,所以认为生态空间的范围应小于生态用地的范围。如城市建成区内小型绿地属于生态用地,但是可能就不属于生态空间。因此本文对生态空间的理解,并基于此开展的划定方法研究在一定程度上丰富了生态空间的内涵。另外,生态空间包括了“地域空间”的含义,不同的空间尺度下,划定识别的结果会有较大差异。在流域、区域等大尺度下,生态空间一般为具备相对完整的生态系统或具有均质性生态系统服务功能或生态环境敏感特征的区域。在城市、区县等中小尺度上,特别是在地形地貌多样复杂的山区或者水陆、海陆地带,生态空间往往与城镇空间、农业空间错落交织,辨识度较低。所以,更为科学合理、符合实际的生态空间划分研究还有待进一步深入^[16]。

本文研究采用的基础数据大部分由遥感影像解译或者经过数据加工得到,数据处理存在的误差必然会影响到分析结果的准确性。此外,在进行生态系统服务功能重要性和生态敏感性识别中涉及多种自然要素数据,数据标准化和分级标准绝大多数参考了《生态保护红线划定指南》^[29]中相关参数标准化和分级要求,这些数据标准化分级可能更适宜于区域、流域、省域等大尺度区域,而针对中小尺度,数据分级标准和数据空间精度要求可能不太适宜,在一定程度上影响了分析结果的准确性。特别是水土流失和石漠化敏感性评价中土壤质地类型数据和碳酸盐分布数据是根据全国 1:100 万土壤类型数据加工而成,数据精度较粗,导致水土流失和石漠化敏感性评估结果可能不够准确。因此,丰富数据来源,提供数据精度,进一步辨识区域生态系统服务功能和生态敏感性机制和能力还有待更深入的探讨。

城镇空间、农业空间、生态空间共同构成了国土开发格局的空间体系。《省级空间规划试点方案》提出了要求“划定城镇、农业、生态空间,建立健全统一衔接的空间规划体系,合理整合协调各部门空间管控手段,绘

制形成空间规划底图,形成协调一致的空间管控分区”^[35]。因此,生态空间的划定在一定程度应与城镇空间、农业空间划定同步开展,并在划定过程中不断衔接和协调,而不是其中某一个空间单独孤零的划定。因此,深入探究生态空间划定技术方法,仍需要与城镇空间、农业空间统筹结合,开展系统的综合研究。

参考文献 (References):

- [1] 方创琳. 改革开放 30 年来中国的城市化与城镇发展. 经济地理, 2009, 29(1): 19-25.
- [2] Niu Z G, Zhang H Y, Wang X W, Yao W B, Zhou D M, Zhao K Y, Zhao H, Li N N, Huang H B, Li C C, Yang J, Liu C X, Liu S, Wang L, Li Z, Yang Z Z, Qiao F, Zheng Y M, Chen Y L, Sheng Y W, Gao X H, Zhu W H, Wang W Q, Wang H, Weng Y L, Zhuang D F, Liu J Y, Luo Z C, Cheng X, Guo Z Q, Gong P. Mapping wetland changes in China between 1978 and 2008. Chinese Science Bulletin, 2012, 57(22): 2813-2823.
- [3] 中共中央, 国务院. 生态文明体制改革总体方案. 北京: 中共中央国务院, 2015.
- [4] 纪涛, 杜雯翠, 江河. 推进城镇、农业、生态空间的科学分区和管治的思考. 环境保护, 2017, 45(21): 70-71.
- [5] 马世发, 裴新生, 姚凯, 胡国华. 基于生态空间胁迫的大都市区增长情景模拟. 地球信息科学学报, 2017, 19(1): 20-27.
- [6] 李岁月. 论习近平系列重要讲话的生态空间思想. 内蒙古大学学报: 哲学社会科学版, 2017, 49(5): 15-20.
- [7] 欧阳志云, 李小马, 徐卫华, 李煜珊, 郑华, 王效科. 北京市生态用地规划与管理对策. 生态学报, 2015, 35(11): 3778-3787.
- [8] 袁家根. 区域生态用地识别及空间管理策略研究——以安康市为例. 兰州: 西北大学, 2016.
- [9] 彭建, 汪安, 刘焱序, 马晶, 吴健生. 城市生态用地需求测算研究进展与展望. 地理学报, 2015, 70(2): 333-346.
- [10] 姚娜, 马履一, 杨军, 贾黎明, 段劫, 黄从红. 北京市平原地区 1992-2013 年生态空间演变. 生态学杂志, 2015, 34(5): 1427-1434.
- [11] 陈爽, 刘云霞, 彭立华. 城市生态空间演变规律及调控机制——以南京市为例. 生态学报, 2008, 28(5): 2270-2278.
- [12] 李锋, 叶亚平, 宋博文, 王如松. 城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例. 生态学报, 2011, 31(19): 5623-5631.
- [13] 周锐, 胡远满, 王新军, 苏海龙, 王隼. 快速城镇化地区生态用地演变及驱动力分析. 长江流域资源与环境, 2015, 24(6): 1012-1020.
- [14] 吴艳娟, 杨艳昭, 杨玲, 张超, 游珍. 基于“三生空间”的城市国土空间开发建设适宜性评价——以宁波市为例. 资源科学, 2016, 38(11): 2072-2081.
- [15] 许尔琪, 张红旗. 中国核心生态空间的现状、变化及其保护研究. 资源科学, 2015, 37(7): 1322-1331.
- [16] 王传胜, 朱珊珊, 党丽娟. 辽宁海岸带重点生态空间分类研究. 资源科学, 2014, 36(8): 1739-1747.
- [17] 王如松, 李锋, 韩宝龙, 黄和平, 尹科. 城市复合生态及生态空间管理. 生态学报, 2014, 34(1): 1-11.
- [18] 王甫园, 王开泳, 陈田, 李萍. 城市生态空间研究进展与展望. 地理科学进展, 2017, 36(2): 207-218.
- [19] 陈永林, 谢炳庚, 钟典, 吴亮清, 张爱明. 基于微粒群-马尔科夫复合模型的生态空间预测模拟——以长株潭城市群为例. 生态学报, 2018, 38(1): 55-64.
- [20] 尤南山, 蒙古军. 基于生态敏感性和生态系统服务的黑河中游生态功能区划与生态系统管理. 中国沙漠, 2017, 37(1): 186-197.
- [21] 邵小云, 张则飞, 刘中, 荆长伟, 齐家国, 蒋锦刚, 蔡秀敏, 刘乾坤. 土地利用变化及规划结构对海岛生态系统服务价值的影响——以舟山市普陀区为例. 生态学杂志, 2018, 37(2): 514-522.
- [22] Lautenbach S, Kugel C, Lausch A, Seppelt R. Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data. Ecological Indicators, 2011, 11(2): 676-687.
- [23] Polasky S, Nelson E, Pennington D, Johnson K A. The impact of land-use change on ecosystem services, Biodiversity and returns to landowners: a case study in the state of Minnesota. Environmental and Resource Economics, 2011, 48(2): 219-242.
- [24] Kim J, Lim S Y, Yoo S H. Public willingness to pay for restoring destroyed tidal flats and utilizing them as ecological resources in Korea. Ocean & Coastal Management, 2017, 142: 143-149.
- [25] Ndebele T, Forgie V. Estimating the economic benefits of a wetland restoration programme in New Zealand: a contingent valuation approach. Economic Analysis and Policy, 2017, 55: 75-89.
- [26] 丁雪, 雷国平, 许端阳, 李达净, 王子玉. 1981-2010 年内蒙古沙漠化演变对区域生态系统服务价值的影响. 水土保持研究, 2018, 25(1): 298-303.
- [27] 杨天荣, 匡文慧, 刘卫东, 刘爱琳, 潘涛. 基于生态安全格局的关中城市群生态空间结构优化布局. 地理研究, 2017, 36(3): 441-452.
- [28] 熊振兴, 王克强, 刘红梅. 基于自然生态空间的中国资源税费框架改革. 资源科学, 2017, 39(5): 945-953.
- [29] 环境保护部, 国家发展和改革委员会. 生态保护红线划定指南. 北京: 环境保护部, 国家发展和改革委员会, 2017.
- [30] 付奇, 李波, 杨琳琳, 张新时. 西北干旱区生态系统服务重要性评价——以阿勒泰地区为例. 干旱区资源与环境, 2016, 30(10): 70-75.
- [31] 王丽霞, 邹长新, 王燕, 林乃峰, 吴丹, 姜宏, 徐德琳. 基于 GIS 识别生态保护红线边界的方法——以北京市昌平区为例. 生态学报, 2017, 37(18): 6176-6185.
- [32] 黄金川, 林浩曦, 漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展. 地理科学进展, 2017, 36(3): 378-391.
- [33] Nutsford D, Pearson A L, Kingham S, Reitsma F. Residential exposure to visible blue space (but not green space) associated with lower psychological distress in a capital city. Health & Place, 2016, 39: 70-78.
- [34] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 关于划定并严守生态保护红线的若干意见. 北京: 中共中央办公厅, 国务院办公厅, 2017.
- [35] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 省级空间规划试点方案. 北京: 中共中央办公厅, 国务院办公厅, 2017.