DOI: 10.5846/stxb201811152474

黄心怡,赵小敏,郭熙,江叶枫,赖夏华.基于生态系统服务功能和生态敏感性的自然生态空间管制分区研究.生态学报,2020,40(3):1065-1076. Huang X Y, Zhao X M, Guo X, Jiang Y F, Lai X H.The natural ecological spatial management zoning based on ecosystem service function and ecological sensitivity. Acta Ecologica Sinica, 2020,40(3):1065-1076.

基于生态系统服务功能和生态敏感性的自然生态空间 管制分区研究

黄心怡1,2,赵小敏1,2,*,郭 熙1,2,江叶枫1,2,赖夏华1,2

- 1 江西农业大学国土资源与环境学院,南昌 330045
- 2 江西农业大学鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室,南昌 330045

摘要:自然生态空间分区管制是国土空间管制的重要组成部分,也是国内外生态环境研究的热点。针对国内自然生态空间用途管制暂处于试点阶段,有关管制的方法有待进一步探究的情况下,旨在通过江西省自然生态空间管制分区,为实现合理保护自然生态资源,促进自然生态系统健康有序发展提供参考。以江西省为研究对象,借助 GIS 空间分析技术,通过生态系统服务功能重要性和生态敏感性评价,构建二维关联判断矩阵,进行自然生态空间管制分区,并以此提出相关的管制建议。结果表明:江西省自然生态空间总面积为 117924.67 km²,约占全省总面积的 70.66%,从空间上可划分为高重要高敏感区、中度重要敏感区和低重要低敏感区 3 种类型区;其中,高重要高敏感区以生态保护和生态修复为主,实施严格的区域准入措施;中度重要敏感区可依托区域生态资源优势,合理开展以维护、改善生态系统服务功能为主要目的生态经营活动;低重要低敏感区允许在不破坏生态系统结构和功能的前提下,适度开展一定规模的生产建设活动,减少污染排放,增强区域生态功能。全省 16 个国家自然保护区基本位于高重要高敏感范围内。基于生态系统服务功能与生态敏感性的自然生态空间管制分区可以为自然生态空间管制提供新思路,从而有效推动管制工作的进行。

关键词:自然生态空间管制;生态系统服务功能;生态敏感性;管制分区;江西省

The natural ecological spatial management zoning based on ecosystem service function and ecological sensitivity

HUANG Xinyi^{1,2}, ZHAO Xiaomin^{1,2,*}, GUO Xi^{1,2}, JIANG Yefeng^{1,2}, LAI Xiahua^{1,2}

- $1\ \textit{College of Land Resources and Environment, Jiangxi~Agricultural~University,~Nanchang~330045\,,~China}$
- 2 Laboratory of Agricultural Resources and Ecology of Poyang Lake Basin, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China

Abstract: Natural ecological spatial management is an important part of national spatial management, and it's also a hot topic of eco-environmental research in China and abroad. Under the background of the domestic natural ecological spatial use management temporarily being in the pilot stage and the method of management needing to be further explored, this paper aims to provide a reference for the reasonable protection of natural ecological resources and promote the healthy and orderly development of natural ecosystems based on natural ecological spatial management zoning in Jiangxi province. After evaluating of ecosystem services importance and ecological sensitivity, this paper discussed methods of natural ecological spatial management zoning, in Jiangxi province by GIS spatial analysis technology. The results show that the area of the natural ecological space is 117924.67 km², accounting for 70.66% of the total area of Jiangxi province, are divided into three types by the method of two-dimensional judgment matrix analysis. Different approach of measurement is suitable for

基金项目:国家自然科学基金项目(41361049);江西省赣鄱英才"555"领军人才项目(201295)

收稿日期:2018-11-15; 网络出版日期:2019-11-20

^{*}通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaoxm889@126.com

different types of areas. Among them, the ecological protection and ecological restoration are the main task for high-importance and high-sensitivity area. In the medium-importance and medium-sensitivity area, it is expected to rely on the regionally ecological resources to carry out ecological operation activities with main purpose of maintaining and improving the ecosystem service functions. For the low-importance and low-sensitivity area, the moderate development of production and construction activities was allowed in certain scale, to reduce pollution discharge and strengthen regional ecological function. However, this can only be done without destroying the structure and function of the ecosystem. Besides, the research indicated that all 16 national nature reserves were in the range of high-importance and high-sensitivity area. The natural ecological spatial management zoning and the general land use planning of Jiangxi province complemented each other. Natural ecological spatial management zoning that based on the ecosystem service function and ecological sensitivity, could provide new ideas for natural ecological spatial management, thus effectively promoting the implementation of control work.

Key Words: natural ecological spatial management; ecosystem service function; ecological sensitivity; spatial management zoning; Jiangxi province

生态空间是人类赖以生存、生产和生活的重要物质基础。 随着社会经济发展对自然资源需求不断增长, 城市过快扩张造成生态用地占用,生态空间与建设需求的矛盾愈发突显,生态结构破坏、功能退化、环境恶劣 等一系列生态安全问题频发[1]。自然生态空间保护作为世纪可持续发展的新目标,是国内外相关学术领域 关注的热点和趋势之一。国外许多国家通过空间规划的编制来实现对生态空间的合理分区,如德国于 20 世 纪初率先将国土空间划分为不同区域并进行空间规划[2],欧洲、美洲和亚洲的各个国家紧随其后,如美国在 20世纪初采用土地使用分区制度,其后针对不同时期的土地问题进行相应的措施制定[3-7],到21世纪颁布了 《21 世纪海洋蓝图》、《美国海洋行动计划》等法令,对自然生态空间的保护重心向海洋资源倾斜,促进了海洋 资源的保护和可持续开发利用[8-9]。在欧洲,关于生态空间分区的研究逐渐趋向定量化,如荷兰学者 Janne Soininen [10] 通过社会空间结构的分析对生态空间进行定量化研究;法国学者 Govaert Lynn [11] 以生态和进化对 人口和社区的重要性作为生态进化分区的指标。我国对自然生态空间的分区研究始于对耕地的保护,为提高 耕地质量和促进土地资源可持续利用,我国将土地分为农用地、建设用地和未利用地三种类型[12-13],之后在 对森林资源[14]、水资源[15-16]以及海洋资源[17]的保护中进行更加细致的分类管理。2017年《自然生态空间用 途管制办法(试行)》(国土资发[2017]33号)的颁布,为自然生态空间用途管制工作提供了科学的依据。自 然生态空间合理的管制是我国生态文明建设的重要内容[18],目前国内对其研究的内容主要集中在生态空间 的识别与结构优化[19-22]、生态空间的失衡与重构[23-24]、生态空间的演变与规划[25-26]等方面,已有的研究为自 然生态空间的管理提供有力的理论基础和技术支持,能为后续的研究提供较好的借鉴,但大多处于宏观层面 的考量,较少考虑空间内部生态功能重要性和生态环境敏感性的空间特点。在合理判断自然生态空间生态系 统服务功能和生态环境敏感的空间分布差异,划分空间管制区域,是实现区域生态社会可持续发展,维护生态 系统环境稳定发展的有效手段。

近年来,随着快速城市化和工业化的发展,江西省出现建设用地过快扩张、植被资源破坏、水资源质量下降和生态系统退化等生态问题,生态环境受到威胁,严重制约区域经济社会的可持续发展。江西省是我国第一批自然生态空间管制试点区域,合理划分江西省自然生态空间格局,是迫切解决当前经济发展与生态保护矛盾的有力保障。基于地理学空间分区方法^[27],以江西省为研究对象,基于江西省自然生态空间有效管理的现实需求,在实地考量研究区生态维护现状情况的基础上^[28],以生态系统服务功能重要性评价和生态敏感性评价为手段,进行自然生态空间管制分区研究,并提出管制建议,试图解决生态保护与空间开发的合理分配,以期为自然生态空间管制方案和相应管理措施的制定提供理论依据和技术支持。

1 研究区概况

江西省位于中国东南偏中部长江中下游南岸, 24°29′—30°04′N、113°34′—118°28′E, 与浙江、福建、广东、

湖南、湖北、安徽毗邻,区域总面积为 16.69 万 km²,辖管 11 个区市。江西省东、西、南面环山,中北部地势平坦,形成一个狭长向北开口的盆地。研究区属亚热带季风性气候,水热资源丰富,多年平均降雨量 1638 mm,河流以鄱阳湖流域水系为主,森林覆盖率高,生物资源类型丰富。江西省作为全国生态大省,于 2017 年开展自然生态空间用途管制试点工作。

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理

本研究生态系统服务功能重要性和生态敏感性评价所使用的评价指标数据主要包括植被净初级生产力 (Net Primary Production, NPP)数据、归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)数据、DEM 数据、气象数据、土地利用类型数据、地质灾害数据、土壤类型数据等。其中, DEM 数据来源于地理空间数据 云(http://www.gscloud.cn/),空间分辨率为 30 m; 2015 年 NDVI 数据来源于资源环境数据云平台(http://www.resdc.cn/);气象数据为 1981—2010 年中国地面累年值数据集,主要包括累年降雨量、累年气温数据,来源于中国气象科学数据共享服务网;江西省 2015 年土地利用类型数据、2015 年 NPP 数据与土壤类型数据来源于江西省自然资源厅。对空间数据进行统一的坐标投影,并重采样至 250 m×250 m 分辨率的栅格。

数据具体处理方法如下:(1)通过对 NPP 元数据进行提取、统一坐标、栅格计算等处理,得到 NPP_{mean}值空间分布图。(2)通过对江西省 87 个气象站点的平均气温与平均降水数据进行空间克里格插值处理,并将结果数据归一化得到 F_{pre} 的空间分布图,通过公式计算得到 R 值。(3)通过 AreGIS 10.2 空间分析工具对 DEM数据进行坡度、地形起伏度、海拔运算并进行归一化处理,得到 F_{slo} 、LS 的空间分布图。(4)对土壤质地数据进行提取、分类,进行归一化处理得到 F_{sle} 值,并在查询相关文献^[29]和资料的基础上,对土壤进行可蚀性赋值,得到 K 值。(5)对 NDVI 数据进行处理并归一化得到植被覆盖因子 C 的空间分布图。(6)在谢高地等^[30]制定的生物多样性服务当量的基础上,结合研究区实际情况,得到江西省耕地、园地、林地、草地、水域、湿地等地类的生物多样性服务当量。通过已有研究结果可知,NDVI 与生态系统服务存在着较好的正相关性^[31],因此根据 NDVI 数据对生物多样性服务当量予以修正,即计算不同景观类型的生物多样性服务当量和全年 NDVI 均值的乘积与不同景观类型 NDVI 的比值,作为该用地类型的生境重要性指数 S_{H} ,计算得到 S_{H} 的取值范围为0一4.51。(7)通过运用 Conefor Sensinode 2.2、Conefor Inputs for ArcGIS 10.x 以及 ArcGIS 10.2 软件计算得到研究区湖泊河流景观连通性指数 S_{H} 。

2.2 研究方法

2.2.1 研究技术路线

本研究的具体思路如图 1 所示。(1)通过对研究区的实地考量,收集相应的资料,并运用 AreGIS 等软件对数据进行处理,建立空间属性数据库。为更加精确的表达研究区的空间差异性,以 250 m×250 m 的栅格为基本评价单元,进行生态系统服务功能重要性评价和生态环境敏感性评价,根据评价结果进行级别分区。(2)根据土地利用类型数据进行自然生态空间识别,按照《自然生态空间用途管制办法(试行)》(国土资发[2017]33 号)中对自然生态空间的有关定义,提取具有自然属性的土地利用类型,得到研究区自然生态空间。(3)通过对自然生态空间中生态系统服务功能重要性和生态敏感性空间分布规律的识别分析,构建二维关联判断矩阵,得到自然生态空间管制分区结果。

2.2.2 评价方法与指标选取

根据《江西省主体功能区规划》、《江西省生态功能区划》、《自然生态空间用途管制办法(试行)》(国土资发[2017]33号)、《生态保护红线划定技术指南》,确定江西省主导生态系统服务功能为水源涵养功能、水土保持功能和生物多样性保护功能,主要的生态环境敏感性类型为水土流失敏感和地质灾害敏感,生态重要性程度越高,敏感性越强,对空间开发的约束能力就越强,越有利于生态空间的保护与管制。

评价指标因子的选取需要考虑指标的可获取性、稳定性和客观性,并能充分突显出研究区生态系统服务

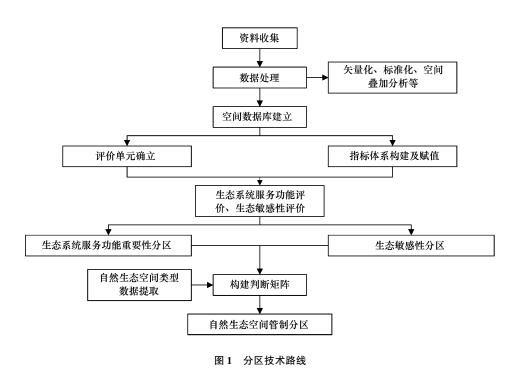


Fig.1 Technological roadmap of zoning

功能和敏感特点的空间差异性。生态系统服务功能重要性评价通常采用模型评价法^[32],但由于模型参数数量较多、要求精度较高且不适合大中尺度区域研究,因此结合研究区域的生态环境实际情况和前人研究结果^[33],确定水源涵养、水土保持功能适宜采用 NPP 定量指标评价法^[34],生物多样性保护功能在参考已有研究的基础上^[35],采用生物多样性保护综合指数法,即以植被覆盖指数、生境重要性指数、河流湖泊景观连通性指数为指标进行综合评价。生态系统服务能力指数计算法具有数据参数较少,且较易获取,能够更加客观、科学的进行评价的优点。生态敏感性评价主要从水土流失敏感和地质灾害敏感方面,选用降雨侵蚀因子、土壤可蚀性 K 值、地形起伏因子、植被覆盖因子、坡度因子以及地质灾害易发性等指标,通过水土流失方程模型和多因素综合评价法进行相应评价。

由于无法比较3种主导服务功能和两种敏感指数对总体服务功能和生态环境综合敏感度的贡献比重,因此不涉及具体的权重偏侧,为保持研究的客观性、中立性,本研究3种服务功能指数和两种敏感指数的权重一样。指标因子空间分布图(图2)与评价方法(表1)如下所示。

2.2.3 二维关联矩阵判断分析

通过对研究区进行生态系统服务功能重要性评价和生态环境敏感性评价,进行聚类归并和趋同性分析,将生态系统服务功能按其功能指数划分为极重要、重要、中等重要和一般重要 4 种类型,生态环境敏感性则划分为极敏感、敏感、中度敏感和一般敏感 4 种类型。在对自然生态空间进行生态系统服务功能重要性和生态敏感性识别的基础上,以此等级类型为基础,按其高低顺序,构建二维关联判断矩阵表(表 2)。在分析的过程中,为了更好地进行研究区自然生态空间分区管制,维护区域自然生态系统健康,分区结果遵守"短板效应"原理,将极重要、重要区域和极敏感、敏感区域确定为高重要区和高敏感区。

3 结果与分析

3.1 生态系统服务功能重要性

3.1.1 水源涵养功能重要性

水源涵养功能是指陆地生态系统如森林、草地、湿地等对水资源调节和供给功能,主要表现为对地表径流

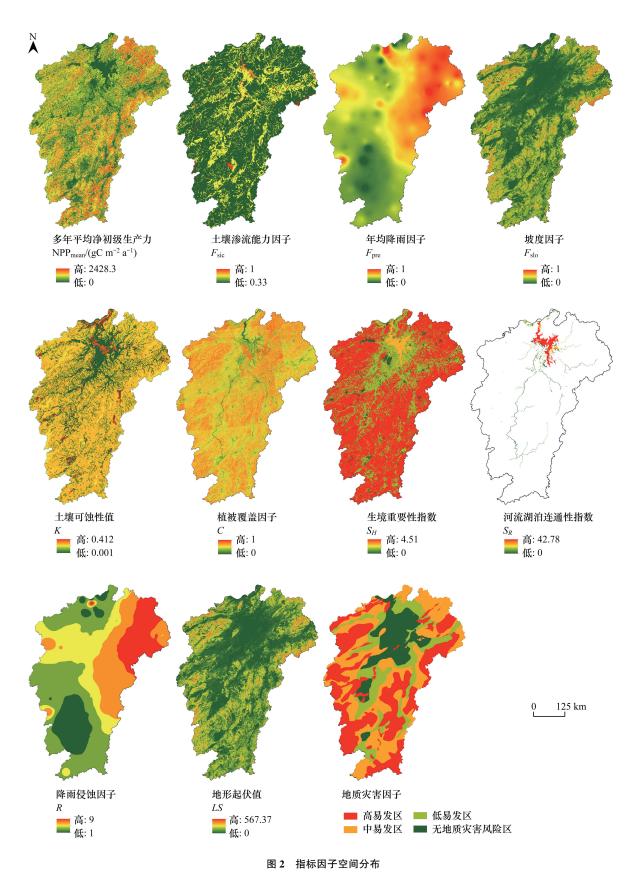


Fig.2 Spatial distribution of index factors

的缓和、补充地下水、减缓河流季节波动等方面,水源涵养功能是生态系统水文服务的核心^[36]。水源涵养功能重要性指数越高,对生态系统服务功能的要求和价值就越高,对建设开发的约束强度就越大。水源涵养功能重要性结果基本呈东部高、西部低的空间分布趋势(图 3),其中,高值区主要分布在景德镇市北部、上饶市西北部、鹰潭市东南部和抚州市东部等地区,面积较小,约为 5341.33 km²,约占研究区总面积的 3.20%,这是由于该区域降雨量高、植被覆盖程度高,水热均衡条件较好,对水资源的调节和控制起着重要作用。低值区面积最大,约为 80152.00 km²,约占研究区总面积的 48.02%,主要分布在南昌市西部、九江市北部、吉安市南部和赣州市的大部分地区,这是由于该区域经济建设活动较为频繁或由于地势较为险峻,不利于涵养水源。

表 1 生态系统服务功能重要性评价模型和生态敏感性评价模型

Table 1 The estimated models of ecosystem service function importance and ecological sensitivity

评价类型 Evaluation type		计算公式 Calculation formula	参数 Parameter	
生态系统服务功能 重要性 The importance of ecosystem services	水源涵养功能重要 性指数	$WR = \text{NPP}_{\text{mean}} \times F_{\text{sic}} \times F_{\text{pre}} \times (1 - F_{\text{slo}})$	NPP_{mean} 多年平均净初级生产力, F_{sic} 为土壤渗流能力因子, F_{pre} 为年均降雨因子, F_{slo} 为坡度因子	
	水土保持功能重要 性指数	$S_{\text{pro}} = \text{NPP}_{\text{nean}} \times (1 - K) \times (1 - F_{\text{slo}})$	NPP_{mean} 多年平均净初级生产力, K 为土壤可蚀性值, F_{slo} 为坡度因子	
	生物多样性保护功 能指数	$S_{\rm bio} = C + S_H + S_R$	C 为植被覆盖指数, S_H 为生境重要性指数, S_R 为河流湖泊景观连通性指数	
	生态系统服务功能 综合指数	${\rm IESE = WR} + S_{\rm pro} + S_{\rm bio}$	WR 为水源涵养功能重要性指数, S_{pro} 为水土保持功能重要性指数, S_{hio} 为生物多样性保护功能指数	
生态环境敏感性 Ecosystem Sensitivity	水土流失敏感性指数	$SS_w = \sqrt[4]{Ri \times Ki \times LSi \times Ci}$	SS_w 为水土流失敏感性指数; R 为降雨侵蚀因子、 K 为土壤可蚀性值, LS 为地形起伏因子、 C 为植被覆盖因子; i 为空间单元($i=1,2,\cdots n$)	
	地 质 灾 害 敏 感 性 指数	$SS_g = 0.2F_{\rm slo} \times 0.3 \text{GHS}$	SS_g 为地质灾害敏感性综合指数; F_{slo} 为坡度因子, GHS 为地质灾害易发性因子, $0.2 \cdot 0.3$ 为影响因素对应的权重(由 AHP 法确定权重), i 为空间单元($i=1,2,\cdots n$)	
	生态敏感性综合 指数	$SSI = SS_w + SS_g$	SSI 为生态敏感性综合指数, SS_w 为水土流失敏感性指数, SS_g 为地质灾害敏感性综合指数。	

表 2 分区结果

Table 2 The zoning results

	生态服务功能一般重要区 Ecological service function general important area	生态服务功能中等重要区 Ecological service function medium-important area	生态服务功能极重要、重要区 Ecological service function extremely important and important area
生态敏感—般区 Ecologically sensitive general area	低重要低敏感区	低重要低敏感区	中度重要敏感区
生态敏感中度区 Ecologically sensitive moderate area	低重要低敏感区	中度重要敏感区	中度重要敏感区
生态极敏感、敏感区 Ecological extremely sensitive and sensitive areas	中度重要敏感区	中度重要敏感区	高重要高敏感区

3.1.2 水土保持功能重要性

水土保持功能是指生态系统过程中,通过其自身结构和过程的相互作用得以减少水流侵蚀导致的土壤侵

蚀的功能^[37]。从评价结果可以看出,高值区域分布较为零散,面积约为 16377.74 km²,约占研究区域总面积的 9.81%,主要分布在研究区的东北部、中部和东南部,基本与高坡度走势一致,坡度越大,水土流失敏感性越明显。低值区面积约为 51372.10 km²,约占研究区域总面积的 30.78%,主要分布在上饶市南部、吉安市东部和赣州市北部等地势较为平缓的区域(图 3)。

3.1.3 生物多样性保护功能重要性

生物多样性保护功能反映生态系统在维护物种、生态系统多样性等方面的能力,生物多样性保护功能重要性评价是指研究区对生态系统和物种保护重要性的评价^[38]。从总体空间上看,高值区分布面积最广,约为86361.58 km²,约占研究区总面积的51.74%,这是由于高值区域内多森林、湖泊分布,植被覆盖指数的大小可以有效反映出生物量大小和植被种植特点。一般来说,植被覆盖度指数越高,生物活动越频繁,生物多样性程度越高,而湖泊作为自然生态空间中的重要景观,能为生物提供良好的生存环境,有利于动植物的迁徙、繁衍以及生物物质和能量的转换,在生物多样性保护中具有不可替代的作用。低值区域面积最小,约为12608.08 km²,约占研究区总面积的7.55%,主要为经济建设活动频繁的城区、镇区或靠近人口聚集程度较高的地区(图3)。

通过将水源涵养功能重要性指数、水土保持功能重要性指数和生物多样性保护功能重要性指数进行空间 叠加,得到研究区生态系统服务功能综合指数,然后采用聚类分析的方法按其指数的高低划分为极重要、重 要、中等重要和一般重要 4 个等级。总体上,鄱阳湖核心湖体、景德镇市北部、上饶市北部、鹰潭市南部、抚州 市、赣州市东南部等地区生态服务功能指数最高,因此,极重要区域分布面积最广。此外,吉安市、萍乡市、新 余市、宜春市和九江市的部分地区也有分布(图 3)。

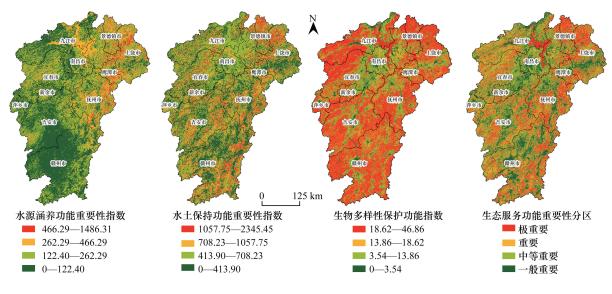


图 3 生态系统服务功能重要性评价

Fig.3 Evaluation of the importance of ecosystem services

3.2 生态环境敏感性

3.2.1 水土流失敏感性

反映研究区水土流失的敏感程度和空间分布特征,采用水土流失方程模型进行综合评价,结果表明:敏感性高值区主要分布在景德镇市、上饶市、鹰潭市、抚州市,吉安市、宜春市和九江市有少量分布(图 4),高值区面积约为 16300.19 km²,约占研究区总面积的 9.77%。敏感性低值区主要分布在研究区中西部地势较为平坦区域,以南昌市中部、新余市东部、吉安市东部和赣州市西北部等区域为主,面积约为 55711.6 km²,约占研究区总面积的 33.38%。

3.2.2 地质灾害敏感性

研究区地形多为丘陵区,土壤以红壤为主,土层较薄,加之处于亚热带季风气候区,易发生洪水、滑坡、泥石流等地质灾害。从地质灾害敏感性空间分布结果可以看出,敏感性高值区分布较广(图 4),主要分布在易发生洪涝灾害的鄱阳湖核心湖体区和其他坡度较大,易发生地质灾害风险的地区,高值区域面积约为71849.97 km²,约占研究区总面积的43.05%。敏感性低值区主要集中在研究区中北部鄱阳湖平原一带和吉安市、赣州市部分区域,这些区域多为平原,地势平缓且地质结构稳定,多为无地质灾害风险区。

通过对水土流失敏感性和地质灾害敏感性的空间叠加分析,得到生态环境综合敏感性评价结果,按其生态敏感综合指数的高低划分为极敏感、敏感、中度敏感和一般敏感 4 个等级。从生态敏感性空间分布结果可以看出,研究区除中部鄱阳湖平原和南部部分平原的敏感性较低,极敏感地区基本集中在研究区四周地势起伏较大的区域,其余地区则呈过渡状分布(图 4)。

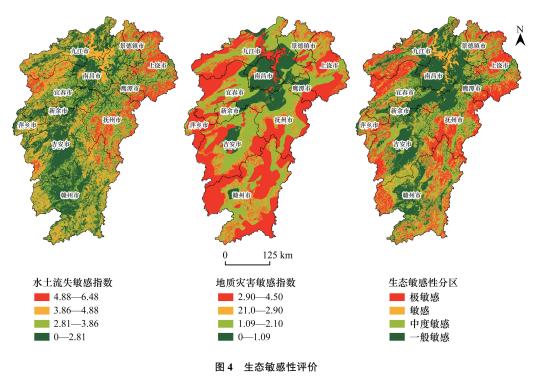


Fig.4 Evaluation of ecological sensitivity

3.3 自然生态空间管制分区

根据《自然生态空间用途管制办法(试行)》(国土资发[2017]33号)中对自然生态空间的相关定义,对土地利用数据中具有自然属性的地类进行提取,主要为森林、草地、湿地、河流、湖泊、滩涂等自然生态空间类型,构成研究区自然生态空间(图5),面积约为117924.67 km²,约占研究区总面积的70.66%。通过ArcGIS 10.2软件中的Identify Task 功能,得到自然生态空间的生态服务功能重要性和生态敏感性分布结果(图5),并构建二维关联矩阵进行分析,将自然生态空间划分为高重要高敏感、中度重要敏感和低重要低敏感3种类型区。

3.3.1 高重要高敏感区

指生态服务功能重要程度和生态敏感程度都极高的区域,各市均有所分布,主要集中在鄱阳湖核心湖体区以及研究区东部地区(图 5),区域总面积 43570.38 km²,占自然生态空间总面积的 36.95%。本区生态系统服务功能状况极佳,水源涵养、水土保持和生物多样性保护功能显著,涵盖大量国家级自然保护区、一级水源涵养区和重要湿地,且生态环境极其敏感,是维护生态安全的核心区域,因此,该区内应严禁一切人为因素对自然生态的干扰,禁止一切与生态保护和提升生态系统质量无关的人为活动[39],除保留必要的生态设施之外,严格禁止与生态保护不符的建设用地占用,严格控制农业产业活动,实现"零污染、零排放",对区域内现

有居民可实施生态移民工程,建立相应的生态补偿机制,减少人类活动对该区域的影响。该区未来发展的重点应着眼于加强林地保护、水域保护、湿地保护、水源涵养、生物多样性保护和实施严格的区域准入措施。

3.3.2 中度重要敏感区

指生态服务功能重要程度和生态敏感程度总体处于中等水平的区域。主要集中在研究区中南部,以赣州市和吉安市为主(图 5),此外,基本围绕高重要高敏感区分布,区域总面积为 59316.3 km²,占自然生态空间总面积的 50.30%。该区总体生态状况较好,对高重要高敏感区生态系统起着不可替代的保障功能,因此,区域应以生态保护为主,严格控制建设用地的占用规模和开发强度,除必要的基础设施、民生工程和生态保护项目建设之外,应禁止其他建设开发活动,对区域内现有的居民点,应明确生产、生活活动范围,禁止居民点的开发再建。该区未来应以优化森林生态系统结构,提高林地生态系统功能,开展流域综合治理、加强生态保护,依托区域现有生态资源优势,合理开展以维护、改善生态系统服务功能为主要目的的生态经营活动。

3.3.3 低重要低敏感区

指生态系统服务功能重要程度和生态敏感程度均较低的区域。该区主要分布在自然生态空间靠近建设空间的边缘地带(图 5),区域总面积为 15037.99 km²,占自然生态空间总面积的 12.75%。该区与人类活动区域联系较为密切,受到经济建设活动影响较大,原则上禁止建设工业项目和与生态保护相悖的建设项目,允许在生态系统结构和功能不受破坏的前提下,适度开展一定规模农业生产建设活动,减少污染排放,实现生态农业产业集约发展,增强区域生态功能。

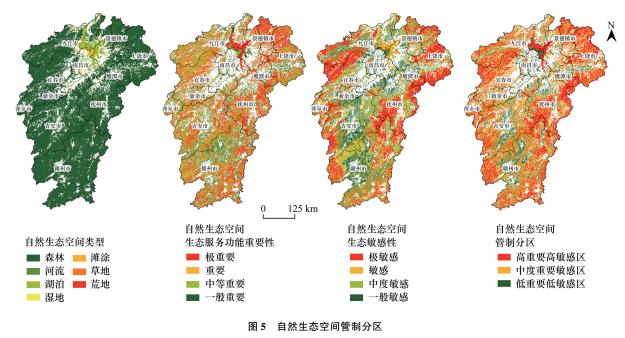


Fig.5 Natural ecological space management zoning

4 讨论与结论

4.1 讨论

目前,关于自然生态空间涵义的认知主要是依据自然资源部下发的《自然生态空间用途管制办法(试行)》(国土资发[2017]33号),认为自然生态空间是具有自然属性,能够提供生态产品或以生态功能为主导功能的空间^[40]。实施自然生态空间管制的目的在于合理保护自然生态资源,改善生态环境,实现资源可持续利用,缓解建设空间过快扩张过程中与生态保护之间的矛盾,促进城市的可持续发展。因此,自然生态空间管制分区可以作为生态保护规划、土地利用规划和城市发展规划的有力支撑,确保研究区在经济转型时期生态

环境健康发展。

总体上,江西省自然生态空间整体生态服务功能重要程度与生态敏感程度较高,三类管制区中,森林占比最高(表3),因此,均不适宜大规模的开发建设,根据不同分区类型,因地制宜的制定相应的管理措施,同时加强生态修复和生态保护,维护自然生态系统结构完整性和功能稳定性。将江西省生态环境厅公布的16个国家级自然保护区与管制分区结果进行空间叠加,可以发现,自然保护区基本落入高重要高敏感区域范围(图6),由此可见,自然生态空间管制分区结果较为可靠。同时,《江西省土地利用总体规划(2006—2020)》要求重点加强国家自然保护区的保护,加强对生态敏感脆弱区域的保护,自然生态空间管制分区与江西省土地利用总体规划的相关布局相辅相成,也进一步验证了自然生态空间分区管制的合理性。研究可为江西省实施生态规划提供相应的理论基础,有利于建设开发和生态保护之间的协调发展,也是省级尺度自然生态空间管制分区的有益探索,但从分区方法看,还存在许多不足,自然生态空间是一个复杂的综合体,合理科学的分区与影响因素选择息息相关,由于受知识体系和指标可获取性的限制,评价指标体系有待完善,特别是在生态系统服务功能评价中还应考虑生态服务产品供给功能和文化服务功能的指标选取,使生态系统服务功能更加全面,此外,有关管制分区的方法还须进一步深入探索与完善。

表 3 分区类型统计

	高重要高敏感区 High-importance and high-sensitivity area		中度重要敏感区 Medium- importance and medium-sensitivity area		低重要低敏感区 Low-importance and low-sensitivity area	
自然生态类型						
Natural ecological type						
	面积/km²	占比/%	面积/km²	占比/%	面积/km²	占比/%
草地 Grassland	7.16	0.01	173.57	0.15	361.88	0.31
河流 River	25.89	0.02	94.18	0.08	1220.31	1.03
湖泊 Lake	2353.16	2.00	904.01	0.77	1.22	0.00
荒地 Wasteland	1.03	0.00	10.38	0.01	43.72	0.04
森林 Forest	41125.73	34.87	58036.27	49.21	12299.47	10.43
湿地 Wetlands	18.65	0.02	33.97	0.03	317.10	0.27
滩涂 Beach	38.76	0.03	63.92	0.05	794.29	0.67
合计 Total	43570.38	36.95	59316.30	50.30	15037.99	12.75

Table 3 Type statistics of zoning

4.2 结论

自然生态空间管制分区着眼于自然生态环境的改善和自然资源的合理利用,通过对区域进行级别分区, 为区域生态系统服务和生态环境提供相应的保障。因此,对自然生态空间进行相应的生态服务功能重要性和 生态敏感性评价,是实现管制分区的重要手段,但级别分区也并非仅仅是自然生态空间的一种管制方式,而是 在分区的基础上,关注不同类型区域生态环境问题的发生作用机制,以维护生态系统结构和功能稳定为原则, 通过人为干预等手段来寻求区域生态环境可持续健康发展的空间途径。

本研究以江西省为研究对象,运用 GIS 空间技术手段,以栅格为评价单元,进行生态系统服务功能重要性和生态敏感性识别下的自然生态空间管制分区研究。研究结果表明:江西省自然生态空间总面积为117924.67 km²,约占全省总面积的70.66%,从空间上可划分为高重要高敏感区、中度重要敏感区和低重要低敏感区3种类型区;其中,高重要高敏感区以生态保护和生态修复为主,实施严格的区域准入措施;中度重要敏感区可依托区域生态资源优势,合理开展以维护、改善生态系统服务功能为主要目的的生态经营活动;低重要低敏感区允许在不破坏生态系统结构和功能的前提下,适度开展一定规模的生产建设活动,减少污染排放,增强区域生态功能。基于生态系统服务功能和生态敏感性评价的自然生态空间管制分区相较于传统方法具有更强的客观性和科学性,并且,江西省16个国家自然保护区基本落入高重要高敏感区域范围内,也充分说明基于生态系统服务功能重要性与生态敏感性自然生态空间管制分区方法的适用性。自然生态空间管制分区是实现自然生态空间用途管制的新探索,然而,理论能否运用在实践工作中,能否产生预期效应,还须经过

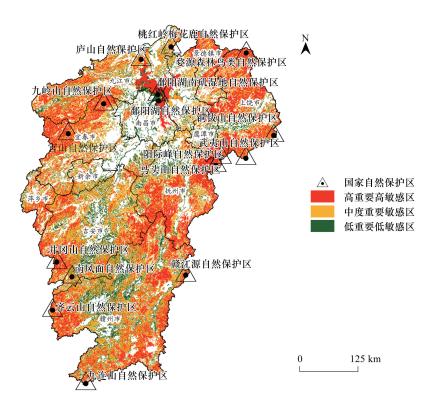


图 6 江西省国家自然保护区分布

Fig.6 Distribution of national nature reserves in Jiangxi province

实践的验证。分区管制的实现不仅需要有关部门进行组织、管理,还需要建立监督反馈机制,如何使分区管制得到有效的实施并产生预期的效果,是研究的重点。

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] 文兰娇, 张晶晶. 国土空间管制、土地非均衡发展与外部性研究: 回顾与展望. 中国土地科学, 2015, 29(7): 4-12.
- [3] Ellickson R C. Alternatives to zoning: covenants, nuisance rules, and fines as land use controls. The University of Chicago Law Review, 1973, 40 (4): 681-781.
- [4] Ferguson C A, Bowen R L, Kahn M A. A statewide LESA system for Hawaii. Journal of Soil and Water Conservation, 1991, 46(4): 263-267.
- [5] Chapman M R, Kramer D L. Gradients in coral reef fish density and size across the Barbados Marine Reserve boundary: effects of reserve protection and habitat characteristics. Marine Ecology Progress Series, 1999, 181(3): 81-96.
- [6] 张雪雪. 关于土地用途管制的比较研究及借鉴意义. 长春教育学院学报, 2015, 31(12): 18-20.
- [7] Rosenberg A A. Changing U.S. ocean policy can set a new direction for marine resource management. Ecology and Society, 2009, 14(2): 6.
- [8] Donohew Z. Property rights and western United States water markets. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 2009, 53 (1); 85-103.
- [9] Crowder L B, Osherenko G, Young O R, Airamé S, Norse E A, Baron N, Day J C, Douvere F, Ehler C N, Halpern B S, Langdon S J, McLeod K L, Ogden J C, Peach R E, Rosenberg A A, Wilson J A. Resolving mismatches in U.S. ocean governance. Science, 2006, 313 (5787): 617-618.
- [10] Soininen J. Spatial structure in ecological communities-a quantitative analysis. Oikos, 2016, 125(2): 160-166.
- [11] Govaert L, Pantel J H, De Meester L. Eco-evolutionary partitioning metrics: assessing the importance of ecological and evolutionary contributions to population and community change. Ecology Letters, 2016, 19(8): 839-853.
- [12] 史京文. 土地利用总体规划的变迁与演进. 广东土地科学, 2009, 8(3): 4-8.
- [13] 潘辉. 违反土地利用总体规划的判断与防范. 中国土地, 2003, (9): 21-24.
- [14] 翟洪波, 赵中南, 张又水, 张纪元, 赵鹏武. 森林资源资产用途管制制度改革研究. 林业资源管理, 2014, (6): 16-20.

- [15] 翁秀明. 杭州市水资源管理体制的现状和问题研究[D]. 上海: 复旦大学, 2009.
- [16] 洪海生. 我国水资源管理现状及对策. 科技创新与应用, 2017, (31): 141-141, 143-143.
- [17] 黄沛,丰爱平,赵锦霞,王晶.海洋功能区划实施评价方法研究.海洋开发与管理,2013,30(4):26-29.
- [18] 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.
- [19] 王智勇, 李纯, 黄亚平, 杨柳, 郑志明. 城市密集区生态空间识别、选择及结构优化研究. 规划师, 2017, 33(5): 106-113.
- [20] Saiz H, Gómez Gardeñes J, Nuche P, Girón A, Pueyo Y, Alados C L. Evidence of structural balance in spatial ecological networks. Ecography, 2017, 40(6): 733-741.
- [21] 谢花林,李秀彬. 基于 GIS 的区域关键性生态用地空间结构识别方法探讨. 资源科学, 2011, 33(1): 112-119.
- [22] Tilley D R. Industrial ecology and ecological engineering. Journal of Industrial Ecology, 2003, 7(2): 13-32.
- [23] 宁云中. 生态空间失衡与重构: 大学课堂的微观思考. 大学教育科学, 2016, (4): 76-80.
- [24] Hagerthey S E, Newman S, Xue S. Periphyton-based transfer functions to assess ecological imbalance and management of a subtropical ombrotrophic peatland. Freshwater Biology, 2012, 57(9): 1947-1965.
- [25] 周锐, 胡远满, 王新军, 苏海龙, 王燚. 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.
- [26] 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.
- [27] 赵海霞, 蒋晓威, 刘燕. 基于水生态健康维护的空间开发管制分区研究——以巢湖环湖地区为例. 生态学报, 2018, 38(3): 866-875.
- [28] 谢冬明,金国花.鄱阳湖湿地生物多样性保护生态功能重要性评价.江西农业大学学报,2015,37(5):932-937.
- [29] 梁音, 史学正. 长江以南东部丘陵山区土壤可蚀性 K 值研究. 水土保持研究, 1999, 6(2): 47-52.
- [30] 谢高地,甄霖,鲁春霞,肖玉,陈操.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法.自然资源学报,2008,23(5):911-919.
- [31] 刘洋,蒙吉军,朱利凯. 区域生态安全格局研究进展. 生态学报, 2010, 30(24):6980-6989.
- [32] 刘智方, 唐立娜, 高莉洁, 许通. 生态系统服务模型应用的研究. 环境科学与技术, 2016, 39(S1): 387-392.
- [33] 陈涛,叶有华,孙芳芳,赵丽娅,侯邦飞,曾祉祥.基于 SPOT 数据的深圳市生态系统服务功能重要性评价.生态经济,2018,34(2): 151-157.
- [34] 张立伟,傅伯杰,吕一河,董治宝,李英杰,曾源,吴炳方.基于综合指标法的中国生态系统服务保护有效性评价研究.地理学报,2016,71(5):768-780.
- [35] 李昭阳,宋明晓,张赢月,高镜婷,王孟.基于生物多样性保护的生态空间辨识研究——以吉林省辽河流域为例. 江苏农业科学, 2017, 45(7); 220-224.
- [36] 陈姗姗. 南水北调水源区水源涵养与土壤保持生态系统服务功能研究[D]. 西安: 西北大学, 2016.
- [37] 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.
- [38] 凡非得, 罗俊, 王克林, 陈洪松, 张伟. 桂西北喀斯特地区生态系统服务功能重要性评价与空间分析. 生态学杂志, 2011, 30(4): 804-809.
- [39] 李枋燕. 临安区自然生态空间划定研究[D]. 杭州:浙江大学, 2018.
- [40] 朱立晨,王豪伟,唐立娜. 闽三角区域生态系统服务重要性评价及其空间分布. 生态学报, 2018, 38(20): 7254-7268.