

成渝地区双城经济圈生态空间区划及管控机制

骆佳玲^{1,3}, 赵伟^{1,2}, 李燕辉⁴, 张正伟⁴

(1.重庆工商大学长江上游经济研究中心,重庆 400067;2.重庆工商大学公共管理学院,重庆 400067;3.重庆工商大学环境与资源学院,重庆 400067;4.重庆市南岸区规划与自然资源局,重庆 401336)

摘要:成渝地区双城经济圈生态空间是我国西南地区生态文明建设重要组成部分。以成渝地区双城经济圈生态空间为研究对象,基于复合生态系统、山水林田湖草沙一体化保护和治理等理论,从政策目标、公众需求等方面综合选取评价指标,采用变异系数法、判断矩阵法开展生态空间区划并提出相应管控机制。结果表明:(1)10年间ESQ表现出稳中向好趋势,空间上呈中部低,四周高的“盆地型”分布格局,质量等级变化呈“中部向好、四周持稳”特点,以不变和变好为主;(2)ESQ处于弱变异和中等变异之间,且弱变异面积占比大,ESQ整体较稳定;(3)综合质量变化特征和稳定性分析,将生态空间划分为重点保护区、潜在修复区、重点修复区和生态保育区,对重点保护区重点实施原生态保护,开展封禁自然保育;重点修复区主要为人工生态系统,重点实施人工修复,开展生态修复和治理工程;潜在修复区应以保护优先,自然恢复为主,努力提升整体生态状态;生态保育区是研究区生态空间的主要类型,应实施生态保育,在生态保护的基础上,可合理进行生产开发建设,该区域可为研究区未来城市发展提供战略方向并作为发展预留空间。对生态空间分区管控研究可方便决策者对生态保护修复空间进行识别和管理,为未来成渝地区双城经济圈发展方向提供新思路。

关键词:生态空间质量评价;变异系数;判断矩阵;生态空间区划;成渝地区双城经济圈

中图分类号:X821

文献标识码:A

文章编号:1009-2242(2023)04-0327-09

DOI:10.13870/j.cnki.stbcxb.2023.04.040

Research on Ecological Spatial Zoning and Control Mechanism of Chengdu-Chongqing Economic Circle

LUO Jialing^{1,3}, ZHAO Wei^{1,2}, LI Yanhui⁴, ZHANG Zhengwei⁴

(1.Research Center for Upper Yangtze River Economy, Chongqing Technology and Business

University, Chongqing 400067; 2.School of Public Administration, Chongqing Technology and Business

University, Chongqing 400067; 3.College of Environment and Resources, Chongqing Technology and Business

University, Chongqing 400067; 4.Chongqing Nan'an District Planning and Natural Resources Bureau, Chongqing 401336)

Abstract: The ecological space of Chengdu-Chongqing Twin Cities Economic Circle is an important part of ecological civilization construction in southwest China. Taking the ecological space of Shuangcheng economic circle in Chengdu-Chongqing region as the research object, based on the theories of composite ecosystem, integrated protection and management of mountains, water forests, fields, lakes, grass and sand, this study comprehensively selected evaluation indicators from the aspects of policy objectives and public demand, used the coefficient of variation method and judgment matrix method to carry out ecological spatial zoning and proposes corresponding control mechanisms. The results showed that: (1) ESQ showed a stable and positive trend in the past 10 years, with a “basin-type” distribution pattern of low central space and high four weeks, and the quality grade change showed the characteristics of “good in the middle and stable in all around”, mainly unchanged and improving; (2) ESQ was between weak variation and medium variation, and the proportion of weak variation area was large, and ESQ was relatively stable as a whole; (3) Based on the analysis of quality change characteristics and stability, the ecological space was divided into key protected

收稿日期:2023-03-03

资助项目:重庆市社科规划重点项目(2022MZD09);重庆工商大学“学习贯彻党的二十大精神”专项研究重点项目(ctbuesd36);重庆市教委哲学社会科学重大项目(19SKZDZX10)

第一作者:骆佳玲(1998—),女,硕士研究生,主要从事环境规划与管理研究。E-mail:2362524793@qq.com

通信作者:赵伟(1982—),男,博士,教授,主要从事土地与环境规划研究。E-mail:21145291@qq.com

areas, potential restoration areas, key restoration areas and ecological conservation areas. Implemented original ecological protection in key protected areas, and carried out closed nature conservation; the key restoration areas were mainly artificial ecosystems, focusing on the implementation of artificial restoration, and carrying out ecological restoration and treatment projects; potential restoration areas should give priority to protection, focused on natural restoration, and strive to improve the overall ecological state; ecological conservation area was the main type of ecological space in the research area, ecological conservation should be implemented, on the basis of ecological protection, production development and construction could be reasonably carried out, and this area could provide strategic direction for the future urban development of the research area and reserve space for development. The study of zoning management and control of ecological space can facilitate decision-makers to identify and manage ecological protection and restoration space, and provide new ideas for the future development direction of the Chengdu-Chongqing Twin Cities Economic Circle.

Keywords: ecological space quality assessment; coefficient; judgment matrix; eco-spatial zoning; Chengdu-Chongqing Twin Cities Economic Circle

生态空间具有生态系统服务价值,对城乡生境保护有重要作用,是自然、人工和半人工生态单元的集合体^[1-2],其数量、质量和空间格局将直接影响区域国土空间生态安全^[3]。随着粗放的城市化进程,人类活动对生态空间的侵占和胁迫愈演愈烈,使得生态空间受到侵占、损害,人与自然矛盾愈发尖锐,严重阻碍社会高质量发展和可持续发展^[4-5]。成渝地区双城经济圈是我国的“第四增长极”,开展生态空间区划管控研究对完善我国生态空间战略格局意义重大^[6]。借此,亟待从区域角度出发,基于山水林田湖草沙一体化保护和系统治理理论,构建生态空间质量评价体系,科学划定生态空间分区,并实施分类管控机制,研究成果是对生态空间分区研究的有效补充,并为成渝地区双城经济圈开展生态保护修复提供现实借鉴。

当前生态空间区划研究主要集中在主体功能区划、生态红线划定及生态空间保护修复和其他类型划分^[7]等方面,方法上可分为 3 类:一是基于土地利用和自然资源现状,因地制宜,对区域生态空间进行多级多类划分^[1,8],但农田是否应纳入生态空间范畴一直是该分类方式的争论点^[9];二是依据国家相关划定指南,通过整合主体功能区、生态功能区划等,识别重要生态功能区进而将生态区域划分为水土保持、维护生物多样性、水源涵养等类型^[7];三是从生态功能或环境功能视角出发,考虑区域生态现状,评估区域生态系统服务功能^[10]、生态系统服务重要性与生态敏感性^[11-14]、RSEI 指数^[15-17]和生态环境质量指数^[7,18-20],采用模糊综合评价^[21]、主成分分析法^[17]、层次分析法^[1,22]等方法进行生态空间定量识别并基于此划分为关键性生态空间^[10,12]、限制开发区与禁止开发区^[11]、保护和修复生态空间^[8,23]等生态空间类型。研究尺度多以流域^[10]、省^[13,23]、市^[19,24]、县^[11]等中小尺度为主,以珠三角^[1]、京津冀^[25]等城市群尺度开展的研究鲜有。

综上,已有研究为生态空间区划提供有力的理论基础、技术支持和成果借鉴,但依然存在几点不足:一是研究空间尺度集中于中、小尺度,缺乏大尺度跨区域的相关研究;二是时间尺度多基于现状生态问题,较少考虑长时间序列下生态空间自身质量状况的时序和空间变化特征。因此,在成渝地区双城经济圈这一大尺度范围内,如何通过构建合理的生态空间区划管控机制,实现不同类型生态空间的高效修复与保护,并从中探寻未来发展方向,是亟待研究的重要问题。

本研究在国内外相关研究基础上,界定具有生态系统服务价值,对生境保护有重要作用的区域为生态空间,参考《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2017)^[26],结合研究区实际情况,选取耕地、林地、草地、水域和未利用地 5 个一级地类作为生态空间范围,考虑研究区生态空间多维特征,从政策目标、公众需求等角度出发构建适宜研究区本底生态空间特色的评价指标体系,合理评价生态空间质量,并借鉴王文静等^[23]构建的国土空间生态保护与修复识别体系,以 10 年为研究时段,采用变异系数法、判断矩阵法,分析其时空演变特征及稳定性,划定生态空间分区范围,提出相应管控对策,以期为区域生态空间规划调控提供思路和参考。

1 研究区概况

成渝地区双城经济圈位于长江上游,地处四川盆地,东邻湘鄂、西通青藏、南连云贵、北接陕甘。包括重庆中心城区、万州、忠县等 27 个区(县)以及开州、云阳等部分区县,四川省的成都市、自贡市、资阳市等 16 个地级市,总面积约 185 000 km²(图 1)^[17]。区域地形以盆地和山地为主,生态系统复杂多变,植被种类繁多,生态空间总量丰富,生态禀赋优良,气候温和,属于亚热带季风气候,年均气温 16~18℃,年均降水量 900~1 200 mm^[16]。

2 研究方法 with 数据处理

2.1 研究方法

2.1.1 生态空间质量评价体系构建 基于复合生态系统、山水林田湖草沙一体化保护和系统治理理论,以成渝地区双城经济圈生态空间为研究对象,从政策目标、公众需求等方面综合选择评价指标,结合现有评价模型,构建生态空间质量评价指标体系^[1,8](表 1)。

(1)生物丰度指数(OI),计算公式^[14]为:

$$OI = \frac{BI + HQ}{2}$$

式中:BI 为生物多样性指数,借鉴已有研究^[27],确定各土地利用类型下生物多样性指数;HQ 为生境质量指数,参照中国环境保护部生境质量指数(表 2)。

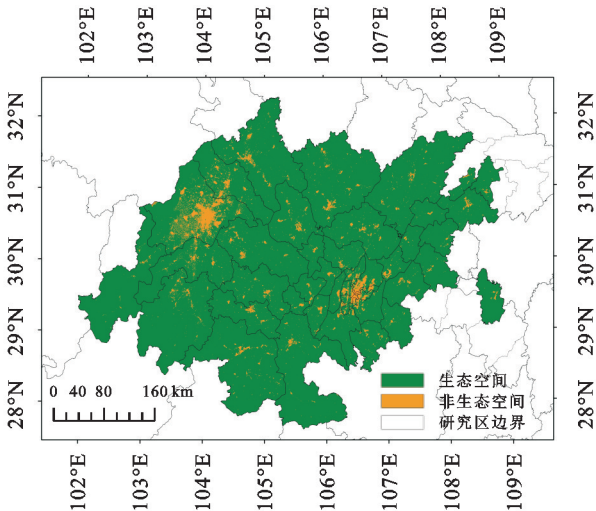


图 1 研究区位置

表 1 生态空间质量评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标说明
生态空间质量	生物丰度指数(+)	生物多样性 生境质量	表征区域生物丰贫程度,对维护和增强区域生物多样性具有重要意义
	植被覆盖度指数(+)	NDVI	代表植被覆盖度,对区域绿地建设具有重要意义
	水资源指数(+)	水体面积 河流长度 年降雨量	代表水资源丰富程度,对统筹区域水资源调配与防洪减灾能力具有重要意义
	干燥度指数(+)	年均气温 年降雨量	代表气候干燥程度,对预测区域干湿度及开展生态治理工程具有重要意义
	地形地貌指数(+)	坡向 地形位指数	表征地形地貌情况,是影响区域景观及植被和土地利用方式的重要因子,对因地制宜开展生态保护和修复具有重要意义
	景观格局指数(+)	景观连通性 景观异质性 林地和湿地景观特征	表征景观格局情况,评价区域景观连通性和多样性,对构建区域山水林田湖草沙连通性格局、丰富景观多样性,增强区域生态系统连通性和多样性具有重要意义
	生态敏感性指数(-)	土壤侵蚀敏感性 石漠化敏感性	代表生态空间对外界压力的变异程度,对生态脆弱区治理及地质灾害防治具有重要意义

注: + 表示正向指标; - 表示负向指标。下同。

表 2 生物丰度指数

指标	水田	旱地	林地	灌木	其他 林地	高覆盖 草地	中覆盖 草地	低覆盖 草地	河流	湖泊及 水库坑塘	湿地	荒漠	裸地及 其他土地
BI	0.210	0.130	2.410	1.570	1.570	1.640	0.820	0.270	2.430	2.430	2.550	0.120	0.020
HQ	0.066	0.044	0.263	0.088	0.088	0.126	0.063	0.021	0.028	0.084	0.168	0.005	0.005

(2)植被覆盖度指数(VI),以 NDVI^[1]表征,采用前后相邻年份共 3 年均值计算得到,以消除 NDVI 值突变性。

(3)水资源指数(WI),计算公式^[18]为:

$$WI = \frac{W + WR + WL}{3}$$

式中:W 为研究区内水体面积(m²);WR 为年均降雨量(mm);WL 为河流长度(m)。

(4)干燥度指数(AI),采用 de Martonne 的干燥度计算方法^[28],公式为:

$$AI = \frac{P}{T + 10}$$

式中:P 为年降雨量(mm);T 为年均气温(℃)。

(5)地形地貌指数(PI),采用地形位指数与坡向表示,计算公式^[29]为:

$$PI = \frac{P + T}{2}$$

式中:P 为坡向,采用周文英等^[29]对坡向标准的划分,分为平地、阴坡、半阴坡、半阳坡和阳坡,并赋值为 1,2,3,4,5;T 为地形位指数,计算公式^[29]为:

$$T = \lg \left[\left(\frac{E}{E_1} + 1 \right) \times \left(\frac{S}{S_1} + 1 \right) \right]$$

式中:E 为高程值(m);E₁为平均高程(m);S 为坡度值(°);S₁为平均坡度(°)。

(6)景观格局指数(FL),选用景观连通性、景观异质性、林地和湿地景观特征综合表征^[1],运用 Fragstats 4.2 移动窗口法计算得到,计算公式为:

$$FL = 0.4 \times F_1 + 0.3 \times F_2 + 0.3 \times F_3$$

$$FL = 0.1 \times AWMSI + 0.15 \times COHESION + 0.15 \times$$

$$PD + 0.15 \times SHDI + 0.1 \times MSIPI + 0.05 \times$$

$$CONTNG + 0.1 \times COHESION_1 + 0.05 \times$$

$$PD_1 + 0.1 \times COHESION_2 + 0.05 \times PD_2$$

式中: F_1 为景观连通性; F_2 为景观异质性; F_3 为林地和湿地景观特征; $AWMSI$ 为面积加权的平均形状指数; $COHESION$ 为整体性; PD 为景观破碎度; $SHDI$ 为香农多样性指数; $MSIPI$ 为修正 simpson 多样性指标; $CONTNG$ 为景观蔓延度; $COHESION_1$ 为林地景观整体性; PD_1 为林地景观破碎度; $COHESION_2$ 为湿地景观整体性; PD_2 为湿地景观破碎度。

(7)生态敏感性指数(ES),研究区以土壤侵蚀和石漠化为主要生态敏感性因素,故本研究以土壤侵蚀敏感性(S_1)、石漠化敏感性(S_2)综合表征,公式^[13]为:

$$ES = \sqrt{(S_1 + S_2)}$$

土壤侵蚀敏感性(S_1),按侵蚀类型分为剧烈/极强度侵蚀、强度侵蚀、中度侵蚀和其他土地压力四类,其敏感性指数分别为 0.6,0.4,0.2,0.1^[1];

石漠化敏感性(S_2),计算公式^[4]为:

$$S_2 = \sqrt[3]{(D \times P \times C)}$$

式中: D 为碳酸岩出露面积百分比(%); P 为地形坡度(°); C 为植被覆盖度指数。

(8)指标权重计算。采用主客观相结合的熵权—

层次分析法确定指标权重(表 3)。

表 3 评价指标权重

一级指标	二级指标	商权法 权重	层次分析 法权重	最终 权重
生态空间质量	生物丰度指数(+)	0.349	0.263	0.323
	植被覆盖度指数(+)	0.110	0.236	0.171
	水资源指数(+)	0.090	0.191	0.140
	干燥度指数(+)	0.033	0.118	0.066
	地形地貌指数(+)	0.176	0.065	0.113
	景观格局指数(+)	0.114	0.071	0.096
	生态敏感性指数(-)	0.128	0.056	0.091

(9)生态空间质量(ESQ)计算。采用加权求和法计算生态空间质量,计算公式^[17]为:

$$ESQ = \sum_{j=1}^n W_j x'_{ij}$$

式中: ESQ 为生态空间质量; W_j 为第 j 项的指标权重; x'_{ij} 为归一化后的指标。

根据 ESQ 评价模型,采用自然断点法进行质量等级划分,并以 2020 年分级结果作为分类标准(表 4)。

表 4 ESQ 分类标准

序号	级别	ESQ
1	差	<0.314
2	较差	$0.314 \sim 0.362$
3	一般	$0.362 \sim 0.433$
4	良	$0.433 \sim 0.542$
5	优	>0.542

2.1.2 生态空间质量演变特征分析 运用 ArcGIS 软件,统计分析 2010 年、2015 年、2020 年 3 期生态空间面积及分布特征,并采用编码方式对 ESQ 等级变化特征进行分析,通过制定分区标准将 ESQ 等级变化划分为 2 种模式^[30](表 5)。

表 5 ESQ 变化模式分区标准

分区域别	变化模式	分区标准
ESQ 等级不变区	常年差	2010—2020 年编码值不变且为 1
	常年较差	2010—2020 年编码值不变且为 2
	常年一般	2010—2020 年编码值不变且为 3
	常年良	2010—2020 年编码值不变且为 4
	常年优	2010—2020 年编码值不变且为 5
ESQ 等级波动变化区	质量等级波动上升区	2010—2020 年编码值出现波动且 2020 年编码值大于等于 2010—2020 年编码值的最大值(设置编号为 6)
	质量等级波动下降区	2010—2020 年编码值出现波动且 2020 年编码值小于 2010—2020 年编码值的最大值(设置编号为 7)

2.1.3 生态空间质量稳定性分析 本文引入变异系数来探讨 ESQ 的稳定性。变异系数大小反映数据序列波动程度。计算公式^[31]为:

$$C = \frac{\sigma}{\bar{C}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n}}$$

式中: $\bar{C}$ 为研究期内多年平均生态空间质量指数。根

据变异系数的分类,将变异系数 CV 分为弱变异($CV < 0.1$)、中等变异($0.1 \leq CV < 1$)和强变异($CV \geq 1$)。

2.1.4 研究区生态空间区划 为科学开展生态空间区划,强化空间管控有效性,利用 ArcGIS 空间分析,基于生态空间质量稳定性与 ESQ 等级变化特征进行空间综合叠加处理,构建判断矩阵^[13],将研究区生态空间划分为重点保护区、生态保育区、潜在修复区和重点修复区(表 6)。

表 6 二维关联矩阵判断

稳定性	ESQ 等级变化模式						
	常年差	常年较差	常年一般	常年良	常年优	质量等级波动	质量等级波动
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	上升区(6)	下降区(7)
弱变异(1)	重点修复区(1,1)	潜在修复区(1,2)	生态保育区(1,3)	重点保护区(1,4)	重点保护区(1,5)	生态保育区(1,6)	潜在修复区(1,7)
中等变异(2)	重点修复区(2,1)	潜在修复区(2,2)	生态保育区(2,3)	生态保育区(2,4)	重点保护区(2,5)	生态保育区(2,6)	重点修复区(2,7)
强变异(3)	重点修复区(3,1)	重点修复区(3,2)	潜在修复区(3,3)	生态保育区(3,4)	重点保护区(3,5)	生态保育区(3,6)	重点修复区(3,7)

2.2 数据来源

本文所用数据包括:土地利用数据、NDVI、土壤侵蚀数据、气象数据、土壤数据及 DEM 数据,数据来源见表 7。本文将所有空间数据重采样至 30 m 的空间分辨率。

表 7 数据来源

数据类型	空间分辨率/m	数据来源
土地利用类型	30	中国科学院资源环境科学数据中心
NDVI	1000	中国科学院资源环境科学数据中心
土壤侵蚀数据	1000	中国科学院资源环境科学数据中心
年降雨量	1000	国家青藏高原科学数据中心
年均气温	1000	国家青藏高原科学数据中心
土壤数据	—	世界土壤数据库
DEM	30	地理空间数据云

3 结果与分析

3.1 研究区生态空间质量总体变化

由图 2 可知,研究区 2010—2020 年 ESQ 总体呈上升趋势,空间上呈现中部低、四周高的“盆地型”分

布格局。其中“优”等级主要位于西南、西北及东部地区,而“一般、较差和差”等级主要在中部连片分布,且中部“差”等级表现出东南向西北方向缩减趋势。分时段来看:(1)2010—2015 年,ESQ 整体有所提升,表现为中部“差”等级范围明显缩减,面积占比由 51.45%降至 27.94%，“较差”等级面积占比由 21.12%升至 36.35%,同时“一般、良和优”质量等级面积占比均有不同程度上升;(2)2015—2020 年,ESQ 仍呈上升趋势,“差”等级面积占比由 27.94%降至 18.70%，“较差、一般和优”等级面积占比均有不同程度增加,而“良”等级面积占比略有下降。

3.2 研究区生态空间质量演变分析

为进一步分析 ESQ 在 10 年间动态变化过程,对不同年份 ESQ 进行差值处理,并将处理结果分为 5 个等级,划分依据为:差值绝对值为 3,4 级为明显变化;差值绝对值为 1,2 级为一般变化;差值为 0 为无变化。因此,研究区生态空间质量等级变化分为明显变差、变差、不变、变好、明显变好 5 个等级。

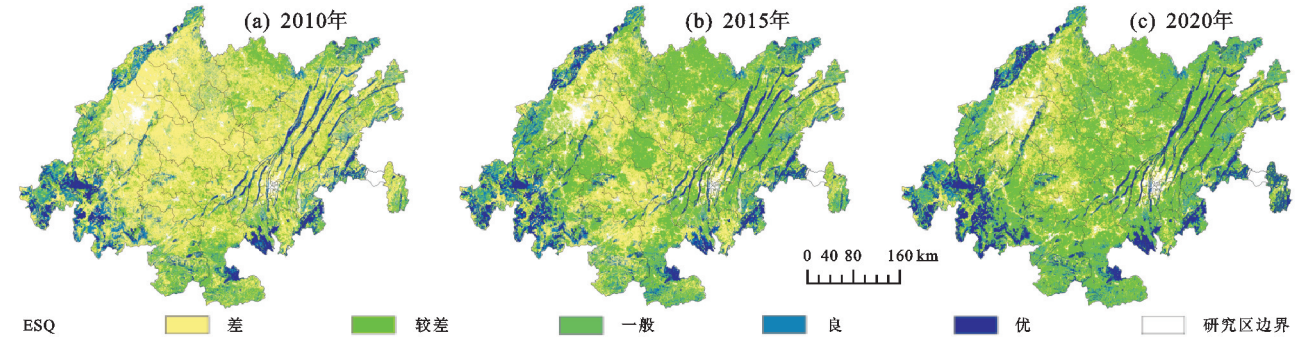


图 2 ESQ 总体变化分析

由图 3 可知,研究期内研究区 ESQ 呈现稳中向好趋势,等级不变的面积占比 47.40%,等级提升和下降占比分别为 48.45%和 4.15%,质量等级变化以变好为主。从时段来看:(1)2010—2015 年,ESQ 处于稳中上升趋势,等级不变面积占 56.68%,提升的面积占比为 38.87%,其中变好面积占比 38.73%,表明此阶段 ESQ 的提升以等级变好为主;(2)2015—2020 年,仍处于稳中上升趋势但上升趋势较前一阶段有所放缓,等级不变面积占比 59.88%,变好和变差的面积占比分别为 24.83%和 13.88%,虽然较 2010—2015 年分别减少 13.90%和增加 9.48%,但明显变好占比增幅大于明显变差的增幅,故整体上该阶段质量仍呈现上升趋势。总体来看,由于不同

地区生态空间本底、城市化水平的不同,使得研究区 ESQ 具有一定的空间分异特征;而不同研究时段,生产建设需求和生态管理措施的不同,使研究期内研究区 ESQ 呈先显著提升后缓慢提升的变化趋势。

空间分布上,质量等级变化整体呈“中部向好、四周持稳”特点。ESQ 提升区域主要连片分布于中部低海拔区,其中明显变好区域主要位于东部的黔江区;下降区域主要位于西南局部、北部局部地区;不变区域主要位于北部、南部和西南大部分地区,呈现小区域集中分布。从研究时段来看:(1)2010—2015 年,ESQ 等级以不变和变好为主,变好地区主要位于中部、西部和东北部;变差区主要位于南部、西南和东

南局部地区且空间上较为分散,未出现集中变差区域。(2)2015—2020年,ESQ仍以不变和变好为主,此阶段变好区域多位于研究区中部和南部,同时黔江

区存在明显变好汇集区;变差区则分布在研究区北部局部和西部,且在西部地区呈现小范围集中态势,不变区主要在北部呈现连片分布。

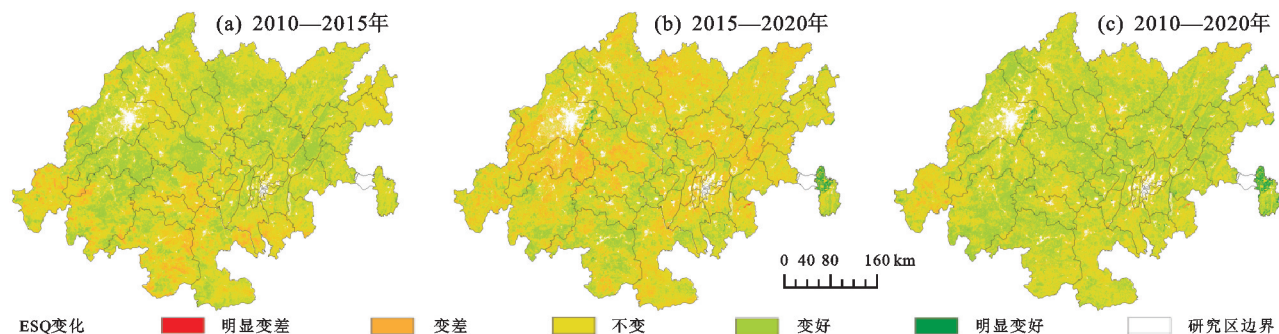


图3 ESQ变化特征

表8为ESQ等级各变化模式面积占比情况。整体而言,波动变化区面积大于常年不变区,表明研究区ESQ整体变化较为活跃。从变化模式来看:(1)不变区面积占生态空间总面积34.75%,其中常年差等级占常年不变区面积的34.24%,是不变区中面积最大的区域;其次是常年较差等级,占比22.21%;其他3类占比略低。(2)波动变化区占生态空间总面积65.25%,且波动上升区面积约是波动下降区的3倍,反映出研究期内ESQ有所提升。

空间分布上(图4),不变区主要位于研究区四周及西北局部地区,波动变化区主要位于中部且波动上升区在中部呈聚集趋势,验证了上文中研究期内ESQ呈“中部向好、四周持稳”分布特征。从变化模式来看:(1)常年优和良等级主要分布于西南局部、东部局部等高海拔地区,受人类活动影响较小,植被覆盖度高,生物资源丰富,是研究区主要的生态源地;常年差、较差等级主要

位于中部低海拔地区,受人类活动影响,生态系统存在受损现象。(2)波动上升区主要分布在中部低海拔及南部局部地区,主要是因为近年来开展生态修复工程,植被覆盖度提升,生态质量逐渐向好;波动下降区主要位于西部、北部、东部等局部地区,主要受建成区扩张和生态敏感性提升的影响。

表8 ESQ等级变化模式

分区类别	变化模式	面积/km ²	占比/%
ESQ等级不变区	常年差	20742.15	34.24
	常年较差	13453.65	22.21
	常年一般	5980.93	9.86
	常年良	10037.54	16.57
	常年优	10370.98	17.12
	总计	60585.26	34.75
ESQ等级波动变化区	质量等级波动上升区	87609.13	77.00
	质量等级波动下降区	26172.71	23.00
	总计	113781.84	65.25

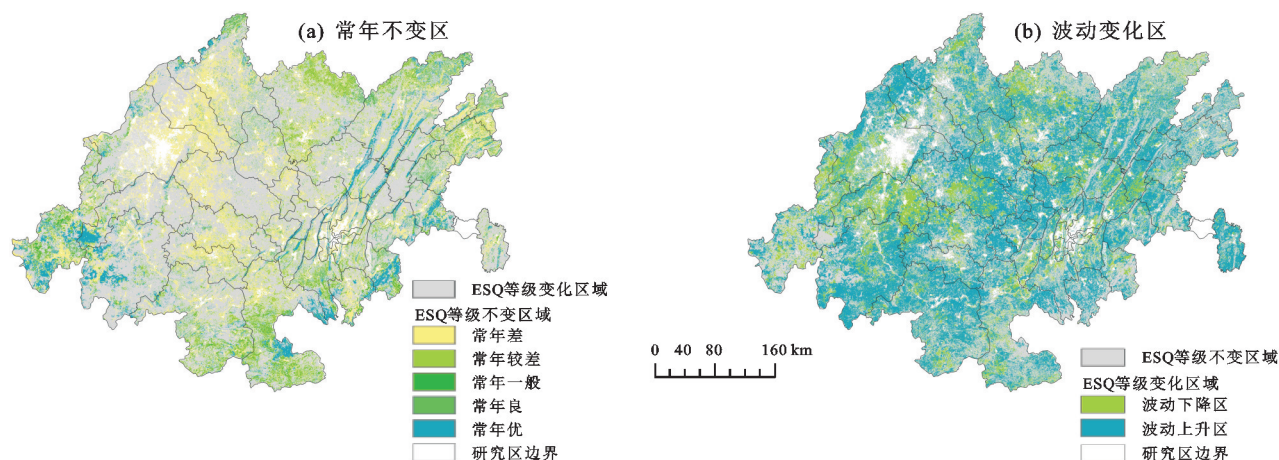


图4 ESQ等级变化模式分布

3.3 生态空间质量稳定性分析

对ESQ稳定性分析(图5)可知,研究区ESQ稳定性主要处于弱变异和中等变异之间,研究区ESQ相对稳定。其中弱变异区域面积占比81.90%,主要集中连片分布在北部、南部及东部区域;中等变异区域占比18.10%,主要分布于成都及周边的德阳、眉

山、资阳等地区。

3.4 生态空间类别划分及分类管控机制

综合稳定性分析结果与ESQ等级变化特征,构建判断矩阵,对研究区生态空间进行类别划分(图6),并提出相应管控机制。生态空间重点保护区集中于研究区西南部、东南部、东部局部等区域,主要包括南

川区、丰都县、忠县及雅安市等地区(图7),面积为20 408.26 km²,占生态空间总面积的11.70%。该区域ESQ优,且长时间序列内ESQ较稳定,区域内主要是生态源地,应实施原生态保护,开展封禁自然保育,禁止一切开发建设行为,加强生态建设和生物多样性保护,提升研究区整体生态系统连通性和生态系统服务。

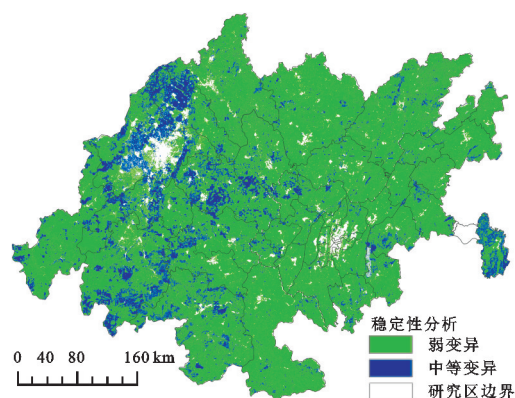


图5 稳定性分析

生态空间重点修复区主要分布于研究区西部、中部和东北部等区域,主要包括德阳市、成都市、资阳市、内江市、自贡市及开州区等地区(图7),且多分布在建设用地周边,面积为26 675.42 km²,占生态空间总面积15.30%。该区域以人工生态系统为主,耕地面积占75.39%,ESQ常年差,且稳定性较差,受人为干扰程度较大,生态空间存在严重退化或受损情况,生态韧性减弱,亟待开展生态修复和生态治理工程,如鼓励实行人工修复,开展土地整治和生态修复工程。

生态空间潜在修复区分布于研究区北部、西南部、东南部等区域,主要包括南充市、永川区、眉山市、长寿区及璧山区等地区(图7),且主要分布在重点修复区周围,面积为33 693.10 km²,占生态空间总面积19.32%。区域ESQ常年较差或稳定性较差,生态空间状况一般,生态空间存在受损现象。应限制开展生产建设活动,以保护优先,自然恢复为主,争取向生态保育区等级靠拢,如规划建设生态公园、生态湿地以此提升ESQ到达生态保育区级别从而扩充保育区范围,拓展研究区生态资源的丰富性。

生态空间生态保育区生态质量状况常年较好或呈上升趋势,是成渝地区双城经济圈主要生态空间类型,主要包括黔江区、荣昌区、铜梁区、合川区及宜宾市等地区(图7),面积为93 590.32 km²,占生态空间总面积53.68%。该区域ESQ等级略低于重点保护区,生态景观较完善,是发挥生态系统服务和保障研究区生态安全和稳定的主要区域。应实施生态保育,修复和提升生态系统,同时在生态保护的基础上,可合理开展生产开发建设。未来成渝地区双城经济圈在提高城市间的发展连通性和扩展城市建成区范围时,可作为相对适宜和高效的土地利用空间,是满足

未来研究区城市发展需求的主要区域。

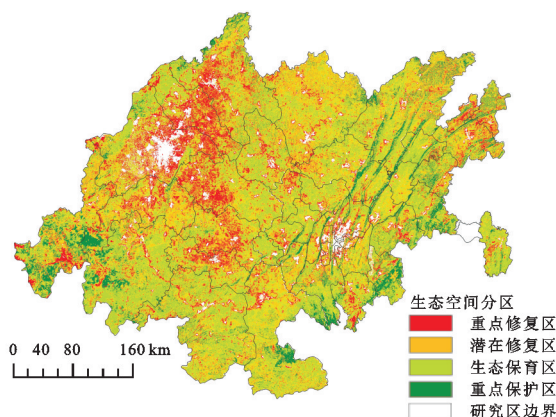


图6 生态空间分区

4 讨论

整体来看,研究期内(2010—2020年)研究区ESQ总体呈稳中向好趋势,经历快速向好(2015—2020年)和缓慢向好(2010—2015年)2个阶段。主要原因在于自2012年生态文明建设出台,各地加大生态环境治理投入,陆续关闭高排放高污染工厂,同时自然保护区数量开始增加,使原来生态质量较差的区域快速变好。但从2015年开始,ESQ提升变缓,由于部分区域尤其是建成区周边人类经济活动频繁,对生态空间的干扰较大,使生态系统遭受损伤,生态韧性减弱,导致该区域ESQ退化。局部来看,研究区中部和西部ESQ等级低,主要是受地形及人类高强度经济活动影响,但研究初期力推生态文明建设以来,长期积极实施退耕还林还草、水土流失治理等生态工程使得中部ESQ得到明显提升;研究区外围及东部局部区域ESQ等级较高,主要是该区域海拔较高,植被覆盖度高,受人类活动影响较小,生态系统较完整,故该区域研究期内生态空间质量等级常年保持高等级水平。

在实施生态空间保护与修复过程中,针对生态空间受损区域亟待修复的迫切性,应优先对重点修复区开展生态修复,该区域主要位于西部、中部低海拔区,以人工生态系统为主。主要是由于农村地区注重粮食生产而忽略生态建设,故可因地制宜积极推行生态农旅“三位一体”融合的发展模式。结合各地区农业特色产业,进行产业升级,发展农业生态旅游,既促进当地经济发展,又可实现保障农业生产的同时改善当地生态空间质量,广泛推广此模式,可以有效提高区域中部生态空间质量^[32]。

本文以生态空间为研究对象,构建质量评价体系,分析时空演变特征,进行生态空间类别划分及分类管控机制研究。从研究结果来看ESQ演变趋势、分布特征与吴小波等^[16]的研究结果存在一致性。在评价体系构建中AQI作为居民普遍关注的环境问题未将其纳入,因为AQI于2012年3月国家发布的

新空气质量评价标准中首次被提出并逐渐开始使用,故本文为保证各研究时期指标统一性未将此指标纳入。此外,本文虽然通过 ESQ 演变特征和稳定性分析,构建判断矩阵的方法进行生态空间区划,

但是基于地理空间数据所得的成果在具体生态空间保护修复过程中是否准确需要更多探讨,因此,结合 ESQ 演变特征的大尺度生态保护修复研究值得进一步关注。

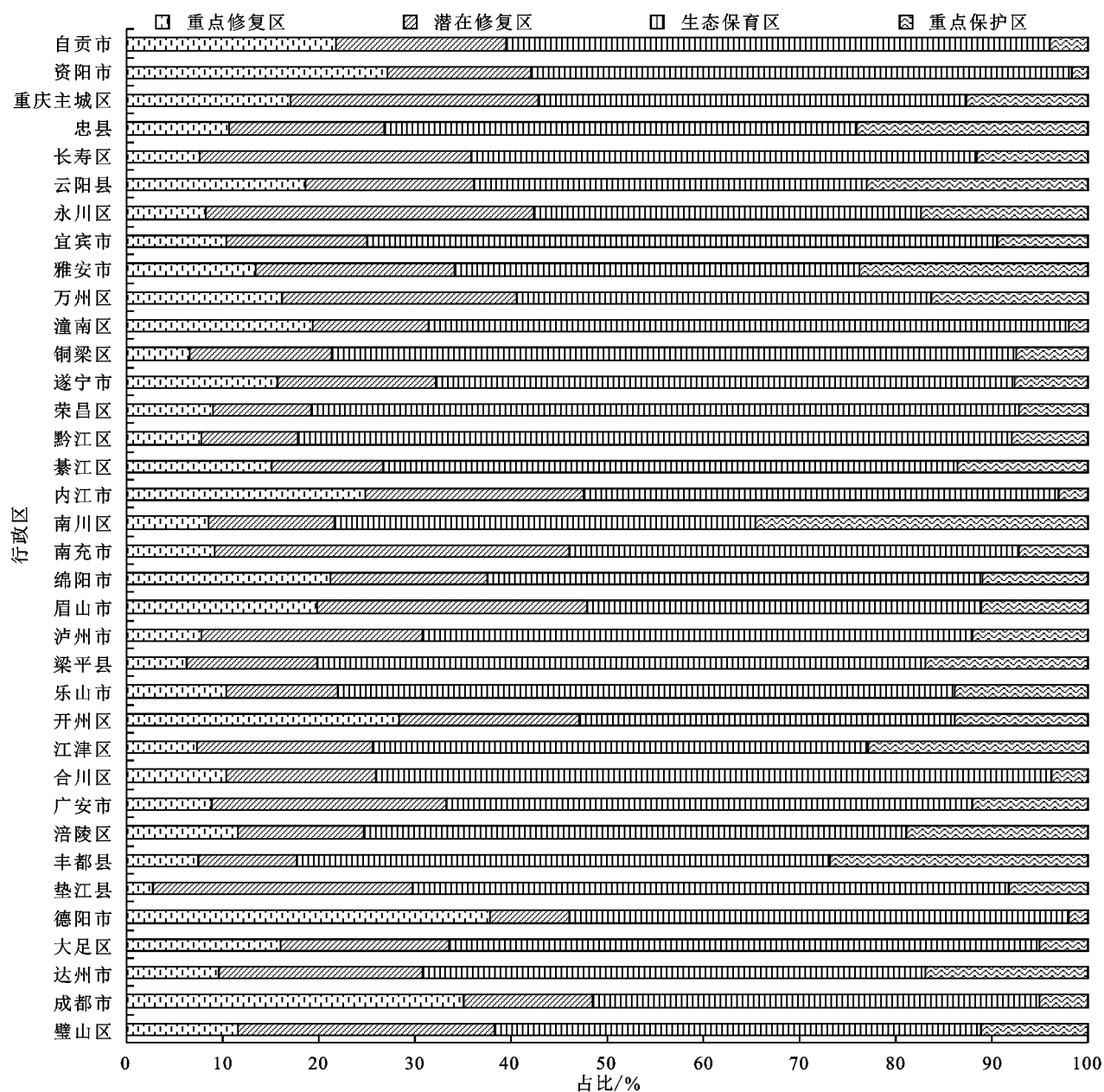


图 7 各行政区内 4 类生态空间

5 结论

本文从区域角度分析研究区 ESQ 状况,并基于此从全局出发开展生态空间区划,提出生态空间保护修复管控对策,为探寻成渝地区双城经济圈未来发展方向提供新思路。研究得出主要结论:(1)2010—2020 年研究区 ESQ 总体表现出稳中向好趋势,呈中部低、四周高的“盆地型”空间分布格局;(2)ESQ 变化特征呈“中部向好、四周持稳”格局,以质量等级不变和变好为主;(3)研究区 ESQ 整体较稳定,变异系数处于弱变异和中等变异之间;(4)将研究区生态空间划分为 4 类,占生态空间面积排序为重点保护区 <

重点修复区 < 潜在修复区 < 生态保育区,对 4 类生态空间分别采取相应管控措施:重点保护区实施原生态保护,开展封禁自然保育;重点修复区重点实施人工修复,开展生态修复和治理工程;潜在修复区以保护优先,自然恢复为主;生态保育区实施生态保育,修复和提升生态系统,同时在生态保护的基础上,可合理开展生产开发建设,为研究区未来城市发展提供战略方向并作为发展预留空间。

参考文献:

- [1] 陈新闻,李锋,李小倩,等.珠三角城市群生态空间分区方法与管控对策[J].生态学报,2021,41(13):5233-5241.

- [2] 张磊,马超前,王艳霞,等.适宜性与冲突双重约束下生态空间管制分区研究:以天津市宝坻区为例[J].地理与地理信息科学,2022,38(2):96-102.
- [3] 熊善高,秦昌波,于雷,等.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[J].生态学报,2018,38(22):7899-7911.
- [4] 王甫园,王开泳,陈田,等.城市生态空间研究进展与展望[J].地理科学进展,2017,36(2):207-218.
- [5] 王世豪,黄麟,徐新良,等.特大城市群生态空间及其生态承载状态的时空分异[J].地理学报,2022,77(1):164-181.
- [6] 赵伟,邹欣怡,蒲海霞.成渝地区双城经济圈生态安全格局构建[J].中国环境科学,2021,41(5):2423-2433.
- [7] 田立鑫.莱州湾海岸带生态空间划分及其时空演变研究[D].济南:山东师范大学,2021.
- [8] 陈新闯,李小倩,吕一河,等.区域尺度生态修复空间辨识研究进展[J].生态学报,2019,39(23):8717-8724.
- [9] 孙新章,周海林,谢高地.中国农田生态系统的服务功能及其经济价值[J].中国人口·资源与环境,2007,17(4):55-60.
- [10] 李恒凯,李淑芳,郑春燕,等.基于生态系统服务功能的东江流域关键性生态空间识别[J].农业工程学报,2022,38(3):257-266,323.
- [11] 王李睿,邓西鹏,王晨,等.基于生态系统服务重要性与生态敏感性的生态空间划设:以福建省永春县为例[J].生态学杂志,2022,41(1):166-173.
- [12] 田浩,刘琳,张正勇,等.天山北坡经济带关键性生态空间评价[J].生态学报,2021,41(1):401-414.
- [13] 黄心怡,赵小敏,郭熙,等.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[J].生态学报,2020,40(3):1065-1076.
- [14] Chen J, Wang S S, Zou Y T. Construction of an ecological security pattern based on ecosystem sensitivity and the importance of ecological services: A case study of the Guanzhong Plain urban agglomeration, China[J].Ecological Indicators,2022,136:e108688.
- [15] 张斯源,樊逸飞,颜礼,等.基于长时序 MODIS 的陕西省近 20 年生态质量时空变化及其驱动力研究[J].水土保持学报,2023,37(2):111-119,198.
- [16] 吴小波,范晓雨,刘晓敬,等.基于 Google Earth Engine 云平台的成渝城市群生态环境质量时空变化[J].生态学杂志,2023,42(3):759-768.
- [17] 李佳,赵伟,骆佳玲.成渝地区双城经济圈人口—经济—环境系统协调发展时空演化[J].环境科学学报,2023,43(2):528-540.
- [18] Chen X C, Li F, Li X Q, et al. Mapping ecological space quality changes for ecological management: A case study in the Pearl River Delta urban agglomeration, China[J].Journal of Environmental Management, 2020,267:e110658.
- [19] Dai X A, Gao Y, He X W, et al. Spatial-temporal pattern evolution and driving force analysis of ecological environment vulnerability in Panzhihua City[J].Environmental Science and Pollution Research International,2020,28:7151-7166.
- [20] Ouyang X H, Wang J B, Chen X, et al. Applying a projection pursuit model for evaluation of ecological quality in Jiangxi Province, China[J]. Ecological Indicators,2021,133:e108414.
- [21] 王煦然,邹琴英,师学义.基于生态系统服务功能及生态敏感性的遵化市生态空间划定研究[J].山西大学学报,2022,45(1):247-256.
- [22] Han X Y, Cao T Y. Study on ecological environment quality evaluation of the energy consumption pollution treatment in industrial parks[J].Environmental Science and Pollution Research,2021,28:28038-28057.
- [23] 王文静,逯非,欧阳志云.国土空间生态修复与保护空间识别:以北京市为例[J].生态学报,2022,42(6):2074-2085.
- [24] Yan Y, Chai Z, Yang X, et al. The temporal and spatial changes of the ecological environment quality of the urban agglomeration on the northern slope of Tianshan Mountain and the influencing factors[J].Ecological Indicators,2021,133(2):e108380.
- [25] 仇实,于强,杨林哲,等.甘肃省土地沙化敏感性及其生态空间网络优化[J].水土保持通报,2022,42(5):114-122,150.
- [26] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 21010—2017,土地利用现状分类[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [27] 王国玉,白伟岚,熊筱,等.京津冀城市群生态空间受损识别研究[J].城市规划,2021,45(8):9-19,41.
- [28] 孟猛,宗美娟.利用 de Martonne 方法对我国 20 世纪干旱化趋势的研究[J].水土保持研究,2018,25(3):128-132.
- [29] 周文英,何彬彬.四川省若尔盖县生态环境质量评价[J].地球信息科学学报,2014,16(2):314-319.
- [30] 赵海乐,徐艳,周翼,等.生态空间定量识别及时空演变特征分析:以呼伦贝尔市为例[J].自然资源学报,2022,37(8):2153-2168.
- [31] Kang P, Chen W P, Hou Y, et al. Linking ecosystem services and ecosystem health to ecological risk assessment: A case study of the Beijing Tianjin-Hebei urban agglomeration[J].Science of the Total Environment, 2018,636:1442-1454.
- [32] 林文豪,温兆飞,吴胜军,等.成渝地区双城经济圈生态安全格局识别及改善对策[J].生态学报,2023,43(3):973-985.