

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.06.017

西南喀斯特地区耕地破碎化与石漠化空间格局及耦合关系研究

何鑫, 钟九生, 林双双, 代仁丽, 何志远

贵州师范大学地理与环境科学学院(喀斯特研究院), 贵阳 550025

摘要: 为探究喀斯特地区耕地破碎化与石漠化的空间关系, 以贵州省安顺市为研究区域, 各乡镇(街道)为研究单元, 通过构建耕地景观破碎化评价指标体系获得研究单元耕地破碎化指数, 并运用空间自相关和耦合度与耦合协调度模型, 分析安顺市耕地破碎化与石漠化空间分布格局及耦合关系。结果表明: ① 安顺市耕地破碎化程度以中度、重度破碎化为主, 石漠化程度主要表现为中度石漠化。② 乡镇(街道)间耕地破碎化指数与石漠化指数都表现出明显的空间聚集性。③ 各种耦合类型的乡镇(街道)数目相差较大, 耦合类型以高水平耦合为主, 协调类型以中度协调为主, 耦合协调度表现出明显的空间聚集性。④ 研究区内耕地破碎化与石漠化程度耦合关系类型数量从大到小依次为同步型、石漠化滞后型、破碎化滞后型。

关键词: 破碎化; 耕地; 空间自相关; 耦合协调; 安顺市

中图分类号: P931.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2022)06-0160-11

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on Spatial Pattern and Coupling Relationship between Fragmentation and Rocky Desertification of Cultivated Land in Southwestern Karst Area

HE Xin, ZHONG Jiusheng, LIN Shuangshuang,
DAI Renli, HE Zhiyuan

College of Geography and Environmental Sciences (Karst Research Institute), Guizhou Normal University,
Guiyang 550025, China

Abstract: In order to explore the spatial relationship between the fragmentation and rocky desertification of cultivated land in karst areas, this paper takes Anshun City, Guizhou Province as the research area, and each town (street) as the research unit, and uses the spatial autocorrelation and coupling degree and cou-

收稿日期: 2021-04-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(41661081); 贵州省科技计划项目([2017]5726-56).

作者简介: 何鑫, 硕士研究生, 主要从事地理信息系统与遥感的研究。

通信作者: 钟九生, 博士, 副教授。

pling coordination degree model to analyze the spatial distribution pattern and coupling relationship between the fragmentation and rocky desertification of cultivated land in Anshun City. The results show that: (1) The degree of arable land fragmentation in Anshun City is mainly moderate and severe fragmented, and the degree of rocky desertification is mainly manifested as moderate rocky desertification. (2) Both the farmland fragmentation index and the rocky desertification index between townships (streets) show obvious spatial agglomeration. (3) The number of towns (streets) of various coupling types is quite different. The coupling type is mainly high-level coupling, and the coordination type is mainly medium coordination. The degree of coupling coordination shows obvious spatial aggregation. (4) The number of types of coupling relationship between the fragmentation of cultivated land and the degree of rocky desertification in the study area is synchronous type, rocky desertification lag type, and fragmentation lag type in descending order.

Key words: fragmentation; arable land; spatial autocorrelation; coupling and coordination; Anshun City

耕地是人类赖以生存和发展的基础,在保障人民生活、保持社会稳定中发挥着重要作用^[1]。然而,面对社会经济的蓬勃发展,耕地资源的不合理利用与生态保护的不到位导致耕地破碎化程度不断加深^[2],尤其在岩溶地区,耕地所受外力影响较大,耕地破碎化现象严重。耕地破碎化不利于农户规模化经营,阻碍着农业现代化的发展,使得耕地利用效率低下,耕地资源浪费严重^[3];而石漠化是造成耕地破碎化的原因之一,特别在喀斯特地貌发育成熟地区,耕地石漠化严重,破碎化现象突出,耕地保护与利用的矛盾也逐渐凸显^[4]。面对社会经济的快速发展和转型,改善耕地破碎化程度,有针对性地治理石漠化,优化耕地利用格局,提高耕地资源利用效率,具有重要的社会价值。

耕地破碎化是农业生产中普遍存在的现象,目前,国内外众多学者从不同尺度^[5]、不同角度^[6]、采用多种方法^[7-9]对耕地破碎化的驱动力^[10-11]、影响因素^[12-15]、时空演变^[16-18]、空间分布格局等问题进行了研究,但这些研究范围主要集中于长江中游沿岸^[19]、沿海地区等^[20-21]经济较为发达的地区和城市,而针对西南地区耕地的研究则偏重于耕地利用效率^[22-23]、耕地整治^[24]等方面,对耕地破碎化的相关研究较少,关于耕地破碎化的耦合关系的研究较为欠缺。

贵州地形多为南方典型喀斯特地形,山地丘陵多,坝地少,人均耕地少,且耕地石漠化严重,破碎化格局显著^[25-26]。因此,针对西南石漠化问题突出的典型喀斯特地形,本文以贵州省安顺市为例,运用空间自相关和耦合度与耦合协调度模型,对安顺市耕地破碎化与石漠化空间分布格局及耦合关系进行深入研究,以为农村土地整治、石漠化治理提供技术指导,为乡村振兴提供理论参考。

1 研究区概况与数据来源

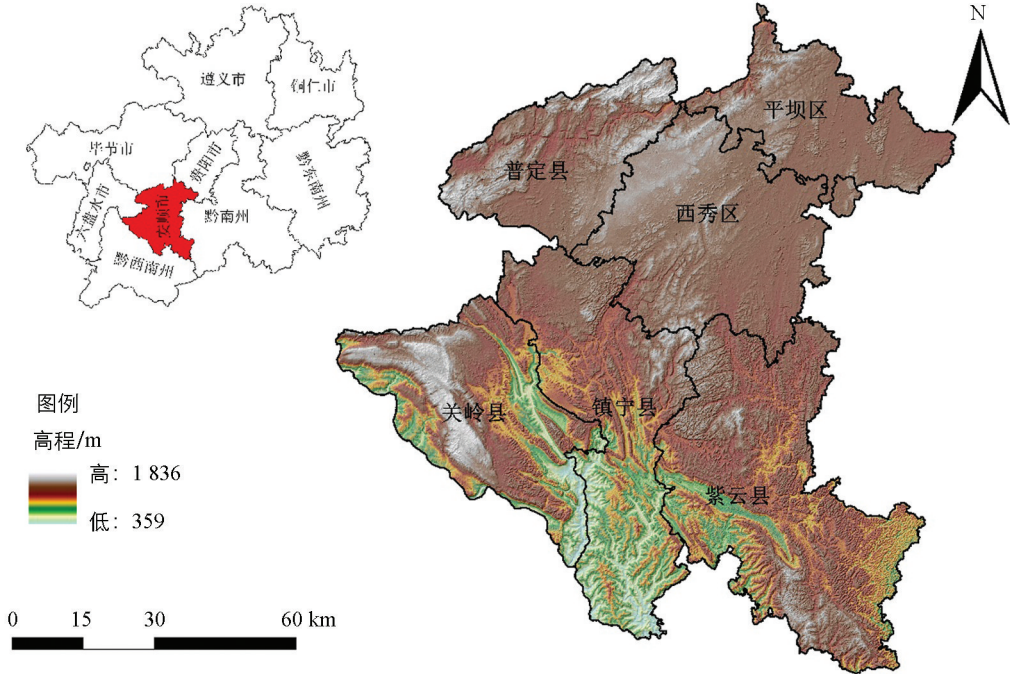
1.1 研究区概况

安顺市位于贵州省中西部,东邻贵阳市,西靠六盘水市,南连黔西南布依族苗族自治州,北接毕节地区,是乌江与北盘江的重要分水岭(图1);全市行政区划面积为9 267 km²,下辖“两区四县”,共89个乡镇(街道)。全市喀斯特地貌发育成熟,孤立山体较多并且空间分布凌乱,人为开垦土地较多,石漠化与水土流失严重,地表破碎现象突出,是研究石漠化与水土流失的理想区域。由于安顺市西秀区西街办事处辖区内已无耕地,本文以现状有耕地的88个乡镇(街道)为研究单元。

1.2 数据来源

本文采用的2019年Landsat TM影像是从地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>)下载得到,对其进行几何纠正、融合、配准、镶嵌等预处理后计算得到研究区植被覆盖率与基岩裸露率,再结合岩性、坡度等指标叠加得到研究区石漠化分布图,参照白晓永等^[27]提出的石漠化等级划分方法得到研究区石漠化

等级图. 耕地利用现状数据以 2018 年土地利用变更调查数据为基础数据, 结合 2019 年 Google Earth 遥感影像(空间分辨率 0.8 m)与航拍高清影像(空间分辨率优于 0.2 m), 参照《第三次全国土地调查技术规程》(TD/T 1055-2019)标准, 对研究区内的耕地进行目视解译及野外验证, 确保解译精度达 95% 以上后得到研究区耕地图斑.



底图审图号: 黔 S(2020)007 号

图 1 研究区位置图

2 研究方法

2.1 石漠化指数

为定量评价研究单元的石漠化程度及空间分布现状, 采用李阳兵等^[28]提出的石漠化指数计算方法, 基于乡镇(街道)石漠化面积比例和等级权重构建石漠化综合指数. 根据无、潜在、轻度、中度、强度、极强度的石漠化岩石裸露度和相对生物量损失, 将石漠化程度分级值权重依次设定为 0, 0.2, 4, 6, 8, 计算公式如下:

$$K = \sum_{i=1}^n W_i A_i \quad (1)$$

式中: K 为石漠化综合指数; W_i 为第 i 类石漠化程度的权重值; A_i 代表乡镇(街道)内第 i 类石漠化程度的面积比重.

2.2 耕地景观破碎化评价

2.2.1 评价指标选取

景观指数能够在不同层次的水平上浓缩景观格局信息, 反映土地资源综合利用格局的空间特征, 是目前学界广泛采纳的一种研究方法. 本文以有耕地的 88 个乡镇(街道)为研究单元, 针对喀斯特地区特点, 结合研究区实际情况, 从科学性、综合性的原则出发, 对初步选取的斑块数量(NP)、平均地块面积(MPS)、面积加权形状指数(AWMSI)、地块密度(PD)等 9 个指标利用 SPSS 18.0 进行皮尔逊相关性分析, 去除相关性较强的指标后选取最大斑块景观面积比(LPI)、边界密度指数(ED)、平均地块面积(MPS)、面积加权形状指数(AWMSI)、平均最近距离(MNN)5 个指标对耕地的破碎度进行衡量.

2.2.2 权重确定

为确保计算结果的准确性,在对指标确权之前需要对各指标进行标准化处理,以消除各指标的量纲。根据指标的景观含义以及对耕地破碎化的影响,将 ED, MPS, MNN 确认为正效应指标,将 LPI, AWMSI 确认为负效应指标,采用极差标准化法对各个指标值进行标准化,公式如下:

$$P_{ij} = \begin{cases} (X_{ij} - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min}) & (\text{正效应}) \\ (X_{i\max} - X_{ij}) / (X_{i\max} - X_{i\min}) & (\text{负效应}) \end{cases} \quad (2)$$

式中: P_{ij} 为乡镇(街道)指标的标准化值; X_{ij} 为乡镇(街道)指标的初始值; $X_{i\max}$ 为乡镇(街道)指标的最大值; $X_{i\min}$ 为乡镇(街道)指标的最小值。

确定各个指标权重是综合评价非常重要的一种方法,赋权方法的选取对于评价结果的准确性至关重要。熵权法是一种客观赋权评估方法,是根据决策矩阵得到能够代表权重的熵权,对指标权数分配具有一定的敏感性,能有效避免因专家主观判断误差而对指标权重产生的影响,赋权结果区分度较好^[29]。借鉴现有研究^[30],考虑到喀斯特地区地形地貌的复杂性,本文选取熵权法作为赋权方法。权重计算结果见表1。

表1 耕地破碎化指标权重表

破碎化指标	指标权重	破碎化指标	指标权重
最大斑块景观面积比(LPI)	0.042 0	面积加权形状指数(AWMSI)	0.125 2
边界密度指数(ED)	0.171 2	平均最近距离(MNN)	0.611 4
平均地块面积(MPS)	0.050 2		

2.2.3 耕地综合破碎度测算

由上述计算方法得到各指标权重后,再采用综合因子评价法评价各个乡镇(街道)耕地破碎化程度,公式如下:

$$Q_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} W_i \quad (3)$$

式中: Q_j 为第 j 个乡镇(街道)的耕地破碎化指数; P_{ij} 为第 j 个乡镇(街道)的第 i 个评价指标值; W_i 为第 i 个评价指标的权重; n 为指标个数。

2.3 耦合度与耦合协调度模型

耦合是指两个或两个以上的要素或者系统间相互作用产生的影响^[31]。耦合度能够反映2个系统间的相互依赖与相互制约程度,揭示系统或要素间的演变规律和空间关联特征;协调度则是反映不同相关系统之间紧密配合、共同促进的有效程度^[32]。

2.3.1 耦合度测算

本文参考刘新平等^[33]耦合协调度计算模型,采用耕地破碎化和石漠化2个指标,评价其空间相互作用与关联程度,计算公式如下:

$$C = 2\sqrt{(U \times E) / (U + E)^2} \quad (4)$$

式中: C 为耦合度; U, E 分别为无量纲化处理的破碎化指数和石漠化指数。耦合度值介于0~1之间,其值越低耦合程度越低,代表2个系统间以及系统各要素之间没有关联,它们的发展也会朝着无序的方向发展;耦合度的值越大,各系统间越会朝着有序的方向发展。参考相关研究成果^[34],将耦合度分为4级:低水平($0 \leq C < 0.3$)、拮抗($0.3 \leq C < 0.5$)、磨合($0.5 \leq C < 0.8$)、高水平($0.8 \leq C \leq 1$)。

2.3.2 耦合协调度测算

基于区域的长期发展动态性与不平衡性,采用耦合协调度进一步体现两者协调发展程度的高低和综合发展水平,其计算公式可表示为:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad T = \alpha U + \beta E \quad (5)$$

式中: D 为耦合协调度; T 为耕地破碎化和石漠化程度协调发展指数; α, β 为待定参数,在耕地破碎化和

石漠化耦合协调发展过程中,考虑到改善耕地破碎化程度和石漠化程度同等重要,因此,参考相关研究的做法和实际需要^[35-36],将参数设置为 $\alpha=\beta=0.5$.根据现有研究成果^[34],将耦合协调度分为4级:低度协调($0\leq D<0.3$)、中度协调($0.3\leq D<0.6$)、高度协调($0.6\leq D<0.8$)和极度协调($0.8\leq D\leq 1$).

2.4 空间自相关

空间自相关是指多个变量在同一个分布区内的观测数据之间潜在的相互依赖性,可以在一定程度上描绘空间数据在不同空间位置上的分布规律.体现空间数据在整个研究区的分布特征称为全局自相关,体现在研究单元与单元间的空间分布特征称为局部自相关.本文采取莫兰指数(Moran's I)和局部莫兰指数(Local Moran's I)对耕地破碎化与石漠化进行全局自相关和局部自相关分析.

莫兰指数(Moran's I)是通过对整个研究区域进行全局聚类检验的一种方法,其检验可以描述区域整体分布的模式是离散、聚类还是随机模式,计算公式如下:

$$I = \frac{\sum_i \sum_{j=1}^n \mathbf{w}_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{S^2 \sum_i \sum_{j=1}^n \mathbf{w}_{ij}} \quad (6)$$

其中,

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n-1}$$

式中: n 为研究区内乡镇(街道)的总数; X_i, X_j 分别表示乡镇(街道) i 和乡镇(街道) j 的属性值; \bar{X} 表示乡镇(街道)属性的平均值; S^2 所表示的是乡镇(街道)属性的方差; \mathbf{w}_{ij} 表示乡镇(街道) i 和乡镇(街道) j 的空间权重矩阵.空间权重矩阵的构建方法往往有相邻法和距离法,本文基于距离法计算乡镇(街道)和乡镇(街道)之间的距离构建空间权重矩阵.使用标准化统计量 Z 值得分或 p 值指示统计显著性时,如果Moran's I 指数值为正则指示聚类趋势,如果Moran's I 指数值为负则指示离散趋势.根据乡镇(街道)属性值计算莫兰指数(Moran's I)的期望值,公式为:

$$E(I) = -1/(n-1) \quad (7)$$

式中: $E(I)$ 为莫兰指数正态分布的期望值; n 为研究区内乡镇(街道)的总数.

局部莫兰指数(Local Moran's I)主要用于相邻单元的空间形态比较,可以找出整个研究区域内相似或相异的研究单元的集聚区,表现为高一高(H-H)、低一高(L-H)、高一低(H-L)、低一低(L-L)聚集,其计算公式为:

$$I_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S} \sum_{j=1}^n \mathbf{w}_{ij} (X_j - \bar{X}) \quad (8)$$

其中,

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad E(I_i) = - \sum_{j=1}^n \mathbf{w}_{ij} / (n-1)$$

式中:各字母代表意义同公式(6)、公式(7).

3 结果与分析

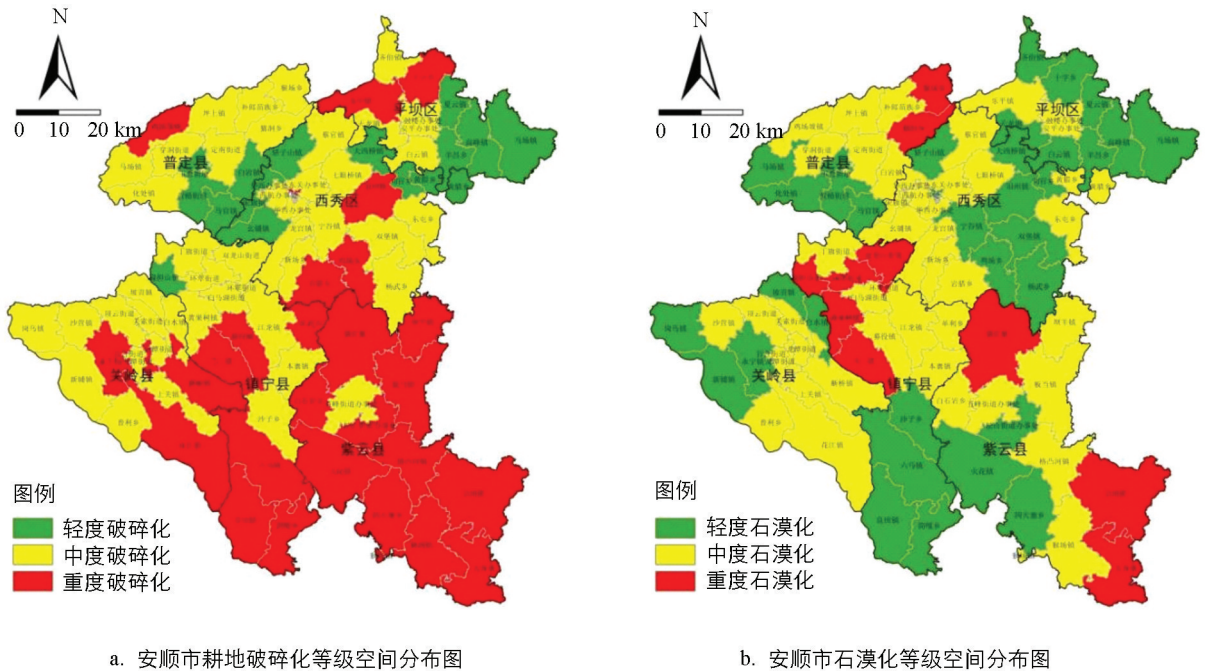
3.1 耕地破碎化与石漠化空间分析

3.1.1 耕地破碎化程度与石漠化程度分析

本文利用上述方法测算出研究区耕地破碎化指数,采用ArcGIS 10.2软件对耕地破碎化指数进行可视化表达,采用自然间断法将其分为轻度破碎化、中度破碎化、重度破碎化3个等级,得到安顺市耕地破碎化等级空间分布图(图2a).由图2a可知,重度破碎化乡镇(街道)29个,占比为33%,中度破碎化的乡镇

(街道)45个,占比为51%,轻度破碎化的乡镇(街道)最少,共14个,占比为16%。从数量上看,安顺市耕地破碎化程度以中度、重度破碎化为主;从空间分布上看,总体特征表现为南北差异较大,破碎化程度较高的地区以南部为主,集中在花江镇、六马镇、良田镇、简嘎乡及与之毗邻的紫云县南部,破碎化程度低的地区以北部为主,主要集中在羊昌乡及马关镇附近的2个片区。

运用石漠化指数计算方法,计算出各乡镇(街道)石漠化综合指数,采用自然间断法将各乡镇(街道)石漠化程度划分为轻度石漠化、中度石漠化、重度石漠化,得到安顺市各乡镇(街道)石漠化等级空间分布图(图2b)。整体上看,轻度石漠化和中度石漠化2种石漠化程度的乡镇(街道)数量相差不大,主要表现为中度石漠化,集中分布于江龙镇、上关镇、坪上镇、板当镇等地区周边;重度石漠化占比较小,呈零星式分布于宗地镇、大营镇、猫营镇、黄果树镇、猴场乡等10个乡镇。



审图号:黔S(2020)007号

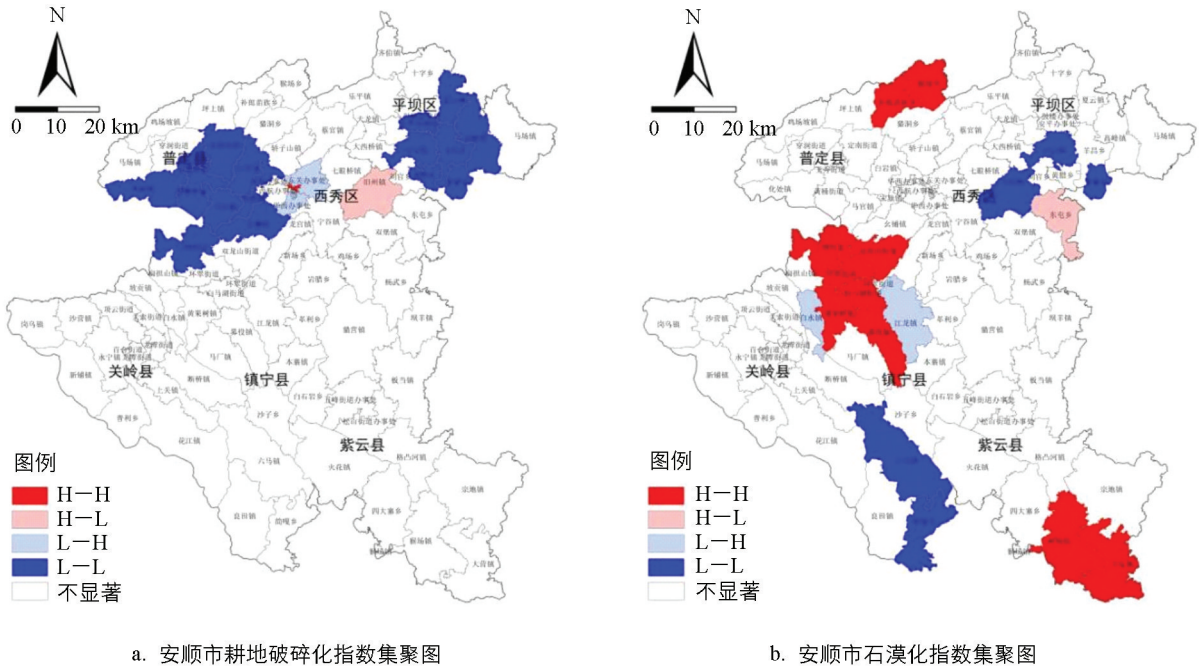
图2 安顺市耕地破碎化和石漠化等级及空间分布图

3.1.2 耕地破碎化与石漠化空间自相关分析

为了探索安顺市乡镇(街道)间耕地破碎化与石漠化的空间分布规律,分别对其进行全局莫兰指数分析。耕地破碎化的分析结果显示, p 值为0.00,小于0.01,表明各乡镇(街道)耕地破碎化指数之间存在空间自相关性的置信度达到99%,全局莫兰指数为0.12, Z 值得分为5.26,大于0.01置信水平的临界值2.58,表明乡镇(街道)间耕地破碎化指数呈现明显的空间聚集性。石漠化指数的 p 值为0.00,小于0.01,表明各乡镇(街道)石漠化指数之间存在空间自相关性的置信度达到99%,全局莫兰指数为0.17, Z 值得分为3.23,大于0.01置信水平的临界值2.58,表明乡镇(街道)间石漠化指数具有明显的空间聚集性。

利用局部莫兰指数识别出耕地破碎化指数与石漠化指数的高值(H)和低值(L)集聚区域。耕地破碎化局部自相关分析表明(图3a),集聚区域分布在安顺市北部,包括高一高型2个乡镇(街道)、低一高型3个乡镇(街道)、低一低型15个乡镇(街道)、高一低型1个乡镇(街道),合计21个乡镇(街道)。高一高集聚型分布在北街办事处与东街办事处;低一低集聚型有一个较大区域和一个较小区域,分别位于在羊昌乡附近;低一高集聚型集聚在市区内的东关办事处和南街办事处区域,高一低集聚型分布旧州镇。石漠化局部自相关结果表明(图3b),集聚区域在研究区分布不平衡,呈散乱分布,包括高一高型10个乡镇(街道)、低一高型2个乡镇(街道)、低一低型5个乡镇(街道)、高一低型1个乡镇(街道),合计18个乡镇(街道)。高一高集聚型有一个较大区域和2个较小区域,较大区域分布在环翠街道、白马湖街道附近,较小区

域分布在猴场乡、补郎苗族乡、猴场镇和大营镇地区；低—高集聚型分布在高—高集聚型较大区域的两侧，分别是江龙镇和白水镇；低—低集聚型分布在研究区南北两侧，分别为简嘎乡、六马镇、黄腊乡、白云镇和旧州镇；高—低集聚型分布在研究区东北部的东屯乡。



a. 安顺市耕地破碎化指数集聚图

b. 安顺市石漠化指数集聚图

审图号：黔 S(2020)007 号

图 3 安顺市耕地破碎化及石漠化指数图

3.2 耕地破碎化与石漠化空间耦合关系

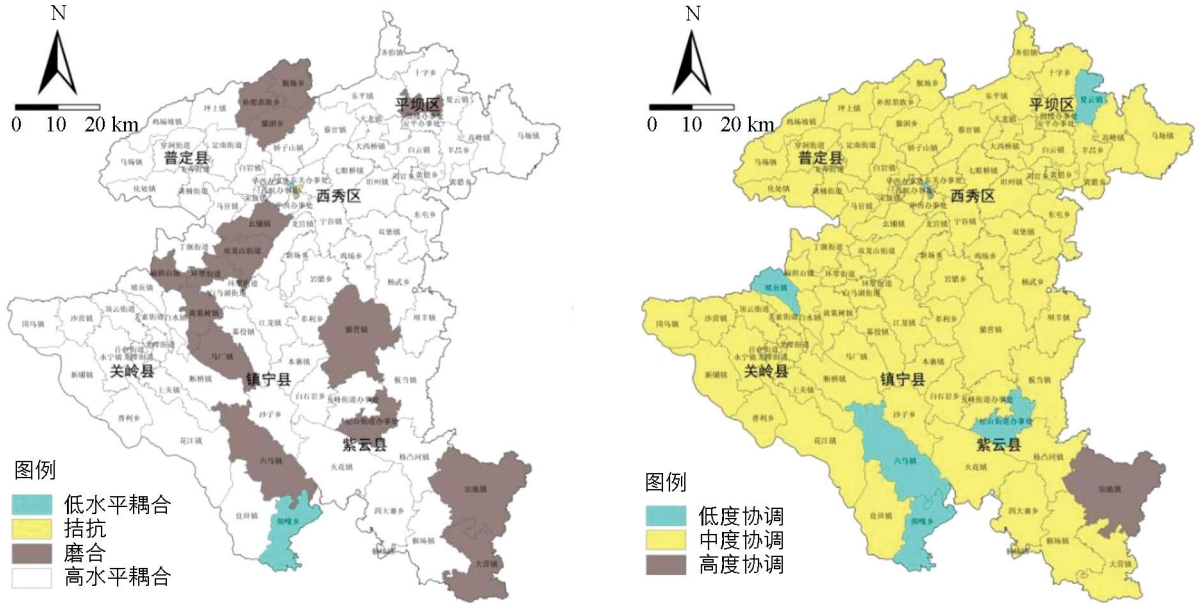
3.2.1 耦合关系分析

利用耦合度与耦合协调度模型计算得到各乡镇(街道)耦合度 C 值与耦合协调度 D 值，经 ArcGIS 10.2 可视化表达后得到耕地破碎化与石漠化耦合度、耦合协调度空间分布图(图 4a,4b)。结果表明，耕地破碎化与石漠化耦合度的数值主要分布在 0.8~1 之间，各种耦合类型的乡镇(街道)数目相差较大。耦合类型为磨合的乡镇(街道)数目在空间上分布比较散乱，包括宗地镇、幺铺镇等 16 个乡镇街道；低水平耦合包含 2 个乡镇(街道)，分别位于研究区北部与南部；耦合类型为拮抗的乡镇(街道)共 2 个，分别为东街办事处与西街办事处；而高水平耦合的乡镇(街道)包含 68 个，说明安顺市的耕地破碎化与石漠化的耦合类型以高水平耦合为主，并且在空间位置上分布也比较均匀，研究区内耕地破碎化与石漠化相互作用较强。究其原因主要是由于贵州安顺市喀斯特地貌发育成熟，生态环境脆弱，地表土层较薄，孤立山体较多，导致研究区域内耕地呈现以重度破碎化与中度破碎化为主的破碎化程度现象，致使安顺市耕地破碎化问题严峻，不利于农业发展且不能满足粮食生产。为了扩大耕地，人们过度开垦造成植被破坏，导致水土流失，长此以往，地表基岩裸露，形成石漠化，而石漠化导致耕地破坏，加剧耕地破碎化，当石漠化问题日益严重时，人们又会毁林开荒以增加粮食产量，形成恶性循环。正是这种不合理的方式致使研究区内破碎化与石漠化相互作用强烈，呈高水平耦合度。

耕地破碎化与石漠化耦合协调度包含 3 种类型，数值主要分布在 0.3~0.6 之间，不存在极度协调类型，有 85 个乡镇(街道)协调类型以中度协调为主，占总乡镇(街道)数目的 95.5%。从整体上看，研究区内耕地破碎化与石漠化呈中度协调状况，说明两者之间的相互影响不再往恶劣的方向发展，而是开始向协调关系转变，这是由于研究区相关部门制定了一系列石漠化治理措施，通过建立基本农田保护区，保证农民的基本生活用地，农民不再毁林开荒致水土流失造成次生石漠化。

对耦合协调度 D 值进行全局莫兰指数分析表明， p 值为 0.00，小于 0.01，表明各乡镇(街道)耦合协调

度之间存在空间自相关性的置信度达到 99%，全局莫兰指数为 0.17，Z 值得分为 3.23，大于 0.01 置信水平的临界值 2.58，表明乡镇(街道)间耦合协调度出现明显的空间聚集性；对耦合协调度进行局部莫兰指数分析表明(图 5)，安顺市耕地破碎度与石漠化的空间耦合协调度有高—高与低—低 2 种聚集类型，合计 17 个乡镇(街道)，空间布局表现为有 3 个较大的区域和 3 个较小的区域，较大的区域分布在白马湖街道、良田镇、猴场镇附近，较小的区域分布在补郎苗族乡、白云镇、东街办事处附近区域。



a. 安顺市耕地破碎化与石漠化的耦合度

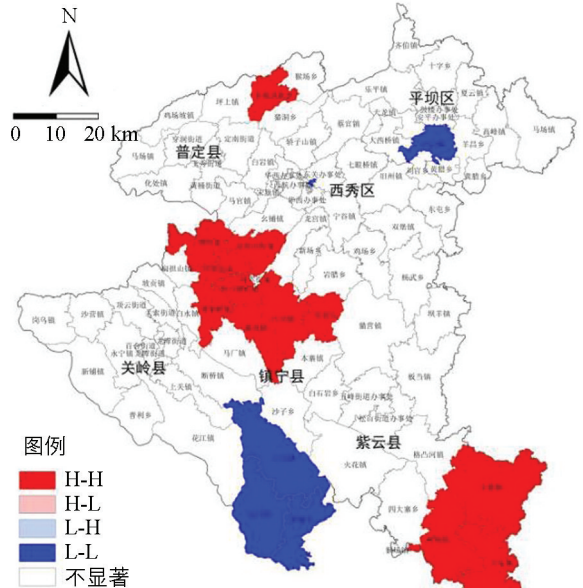
b. 安顺市耕地破碎化与石漠化的耦合协调度

审图号: 黔 S(2020)007 号

图 4 安顺市耕地破碎化与石漠化耦合度、耦合协调度图

3.2.2 耦合关系类型

为得到耕地破碎化与石漠化程度各种类型的空间分布情况，将耕地破碎化与石漠化程度两者进行空间叠加，得到安顺市耕地破碎化与石漠化的耦合关系类型(图 6a)。结果表明，研究区内耕地破碎化与石漠化程度从高到低依次为同步型、石漠化滞后型、破碎化滞后型。耕地破碎化与石漠化程度都比较高的区域为大营镇、宗地镇、猫营镇、马场镇 4 个乡镇，这几个乡镇耕地利用前景不容乐观，如何同步治理耕地破碎化与石漠化是关键问题。其次，中度破碎化中度石漠化、中度破碎化重度石漠化与重度破碎化中度破碎化的乡镇(街道)数目分别为 28 个、14 个和 6 个，在研究区内呈现从中部往四周散开的分布格局，这部分乡镇耕地分布格局后续需要重点关注；重度破碎化轻度石漠化与轻度破碎化重度石漠化的乡镇(街道)数目分别为 12 个和 1 个，在研究区南部有一个较大的分布区域，主要分布在六马镇、火花镇附近；中度破碎化轻度石漠化、轻度破碎化中度石漠化与轻度破碎化轻度石漠化的乡镇(街道)数目为 28 个，主要分布在研究区北部。



审图号: 黔 S(2020)007 号

图 5 贵州安顺市耕地破碎化与石漠化的耦合协调度集聚图

中度破碎化轻度石漠化、轻度破碎化中度石漠化与轻度破碎化轻度石漠化的乡镇(街道)数目为 28 个，主要分布在研究区北部。

探究安顺市耕地破碎化与石漠化之间的关系,可以根据耕地破碎化与石漠化程度等级判断耦合关系类型,若两者等级相同,则定义为破碎化与石漠化同步型;若石漠化程度等级小于耕地破碎化程度等级,则将其定义为石漠化滞后型;若石漠化程度等级大于耕地破碎化程度等级,则将其定义为破碎化滞后型,可视化后得到(图 6b). 本研究区内石漠化滞后型乡镇共 39 个,主要分布于镇宁县南部、紫云县中西部、关岭县县内、普定县西部、平坝区西部和西秀区东南部,这些县域石漠化问题较严重,耕地破碎化较轻,针对这些乡镇,相关地区应该采取林草植被的建设与保护措施,加强石漠化治理,防止区域水土流失导致耕地被破坏,以减轻耕地破碎化问题;破碎化滞后型乡镇共 9 个,主要分布于普定县东部、西秀区北部、镇宁县北部以及西秀区东部,该区域部分地区矿产资源丰富,但矿产开采破坏了耕地资源,耕地破碎化严重,针对这些乡镇,应培育过渡性经营性地,通过技术手段和人工培肥将其转换为耕地,增加耕地集中连片度^[34];同步型乡镇共 40 个,主要分布于普定县中部、西秀区北部与西部、平坝区西部、关岭县中部、镇宁县北部、紫云县西北部与东南部,耕地破碎与石漠化主要呈中度协调同步型,破碎化与石漠化同时存在但均为中度,当地需要同时注重耕地保护与石漠化治理,提高耕地生产效率,做好水保措施,防止耕地破碎化和石漠化加剧.

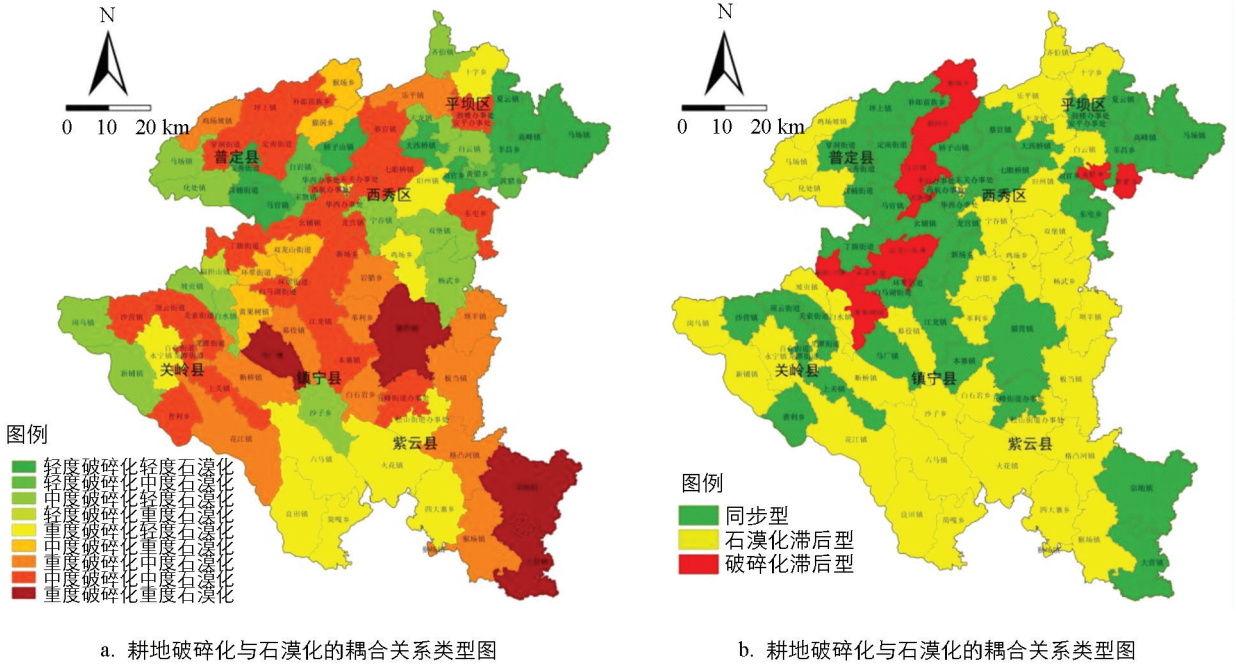


图 6 耕地破碎化与石漠化的耦合关系及耦合关系类型图
 审图号: 黔 S(2020)007 号

4 结论

本文构建了耕地景观破碎化评价指标体系,并结合耦合度与耦合协调度模型、空间自相关重点分析了安顺市耕地破碎化与石漠化空间分布格局及空间耦合关系.

1) 从空间分布上看,安顺市耕地破碎化程度南北差异较大,破碎化程度较高的地区以南部为主,集中在花江镇、六马镇、良田镇、简嘎乡及与紫云县南部,破碎化程度低的地区主要分布于研究区北部,集中于羊昌乡及马关镇附近 2 个片区;从数量上看,安顺市耕地破碎化程度以中度、重度破碎化为主;研究区内轻度石漠化和中度石漠化 2 种石漠化程度的乡镇(街道)数目差别相差不大,但主要表现为中度石漠化.

2) 耕地破碎化与石漠化空间自相关分析结果表明,乡镇(街道)间耕地破碎化指数与石漠化指数都表现出明显的空间聚集性,耕地破碎化集聚区域出现在安顺市北部,合计 21 个乡镇(街道),石漠化集聚区域在研究区分布不平衡,呈散乱分布,合计 18 个乡镇(街道).

3) 耕地破碎化与石漠化耦合度分析结果表明,研究区内耕地破碎化问题突出,不能满足生产要求,于是人们选择盲目开垦,而不合理的水保措施导致石漠化,石漠化反过来又会破坏耕地,形成恶性循环,使破碎化与石漠化相互作用强烈,导致各种耦合类型的乡镇(街道)数目相差较大,并呈现高水平耦合;耕地破碎化与石漠化耦合协调度分析结果表明,各乡镇(街道)间协调类型以中度协调为主,并且具有明显的空间聚集性。

4) 研究区内耕地破碎化与石漠化程度表现为3种耦合关系类型,且从大到小依次为同步型、石漠化滞后型、破碎化滞后型。基于3种不同的耕地破碎化和石漠化的耦合关系类型,从耕地破碎度的角度探讨石漠化治理,针对各类型地区整治侧重点应各有不同,既要注重石漠化治理与现有耕地保护,又要注重耕地修复提高耕地集中连片度,提升耕地质量,保护现有良好生态环境。

参考文献:

- [1] 匡丽花,叶英聪,赵小敏,等. 基于改进 TOPSIS 方法的耕地系统安全评价及障碍因子诊断 [J]. 自然资源学报, 2018, 33(9): 1627-1641.
- [2] 梁珍玮,李淑杰,马晓葳,等. 延边朝鲜族自治州耕地破碎度变化研究 [J]. 江西农业学报, 2017, 29(7): 126-130.
- [3] 李建林,陈瑜琦,江清霞,等. 中国耕地破碎化的原因及其对策研究 [J]. 农业经济, 2006(6): 21-23.
- [4] 张扬,周忠发,黄登红,等. 喀斯特山区耕地时空演变与影响因子分析 [J]. 农业工程学报, 2020, 36(22): 266-275.
- [5] 高江波,蔡运龙. 区域景观破碎化的多尺度空间变异研究——以贵州省乌江流域为例 [J]. 地理科学, 2010, 30(5): 742-747.
- [6] 文高辉,杨钢桥,汪文雄,等. 基于农户视角的耕地细碎化程度评价——以湖北省“江夏区-咸安区-通山县”为例 [J]. 地理科学进展, 2016, 35(9): 1129-1143.
- [7] 臧亮,梁红颖,梁文涛,等. 基于景观格局的卢龙县耕地细碎化评价及影响因素研究 [J]. 水土保持研究, 2018, 25(6): 265-269, 276.
- [8] 郭硕,杨伟州,魏明欢,等. 基于地理加权回归的青龙满族自治县耕地细碎化及影响因子分析 [J]. 水土保持研究, 2017, 24(3): 264-269.
- [9] 蔡雪娇,吴志峰,程炯. 基于核密度估算的路网格局与景观破碎化分析 [J]. 生态学杂志, 2012, 31(1): 158-164.
- [10] 周翔,韩骥,孟醒,等. 快速城市化地区耕地流失的时空特征及其驱动机制综合分析——以江苏省苏锡常地区为例 [J]. 资源科学, 2014, 36(6): 1191-1202.
- [11] 赵锐锋,姜朋辉,赵海莉,等. 黑河中游湿地景观破碎化过程及其驱动力分析 [J]. 生态学报, 2013, 33(14): 4436-4449.
- [12] 邓劲松,王珂,李君,等. 乡镇耕地整理对耕地景观破碎度的影响研究 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(1): 41-44.
- [13] 谢花林,张道贝,王伟,等. 鄱阳湖生态经济区耕地利用效率时空差异及其影响因素分析 [J]. 水土保持研究, 2016, 23(5): 214-221.
- [14] LIU J, JIN X B, XU W Y, et al. Influential Factors and Classification of Cultivated Land Fragmentation, and Implications for Future Land Consolidation: a Case Study of Jiangsu Province in Eastern China [J]. Land Use Policy, 2019, 88: 104185.
- [15] XU W Y, JIN X B, LIU J, et al. Analysis of Influencing Factors of Cultivated Land Fragmentation Based on Hierarchical Linear Model: a Case Study of Jiangsu Province, China [J]. Land Use Policy, 2021, 101: 105119.
- [16] 张国坤,卢京花,宋开山,等. 吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化 [J]. 生态学报, 2012, 32(12): 3958-3965.
- [17] 孟越男,雒占福,张万萍. 1995-2010 年西宁市城区土地景观破碎化时空演变特征研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(4): 35-41.
- [18] 陈锦坪,杨伟州,魏明欢,等. 环渤海地区县域耕地景观细碎化时空变异分析——以昌黎县为例 [J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(8): 85-92.
- [19] 王嫚嫚,刘颖,蒯昊,等. 土地细碎化、耕地地力对粮食生产效率的影响——基于江汉平原 354 个水稻种植户的研究 [J]. 资源科学, 2017, 39(8): 1488-1496.

- [20] 周静, 吴志峰, 李定强, 等. 珠江口两岸耕地景观破碎化定量分析 [J]. 热带地理, 2005, 25(2): 107-110, 122.
- [21] 王宪礼, 布仁仓, 胡远满, 等. 辽河三角洲湿地的景观破碎化分析 [J]. 应用生态学报, 1996, 7(3): 299-304.
- [22] 祖健, 张蚌蚌, 孔祥斌. 西南山地丘陵区耕地细碎化特征及其利用效率——以贵州省草海村为例 [J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(1): 104-113.
- [23] 王海力, 韩光中, 谢贤健. 基于 DEA 模型的西南地区耕地利用效率时空格局演变及影响因素分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(12): 2784-2795.
- [24] 林昌虎, 解德蕴, 涂成龙, 等. 贵州山区坡耕地综合利用与整治 [J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 211-213.
- [25] 任红玉, 赵宇鸾, 李秀彬, 等. 基于不同分辨率影像的山区耕地细碎化评价及其尺度效应 [J]. 地理研究, 2020, 39(6): 1283-1294.
- [26] LI J N, ZHANG K. The Study of the Topography-Measure Applied in China's Southwest Precipitous Areas a Case Study in YunDian Village HuiLi County in LiangShan Autonomous Prefecture [J]. Applied Mechanics and Materials, 2015, 744-746: 1714-1719.
- [27] 白晓永, 王世杰, 陈起伟, 等. 贵州土地石漠化类型时空演变过程及其评价 [J]. 地理学报, 2009, 64(5): 609-618.
- [28] 李阳兵, 王世杰, 程安云, 等. 基于网格单元的喀斯特石漠化评价研究 [J]. 地理科学, 2010, 30(1): 98-102.
- [29] 倪广亚, 刘学录, 李沁汶, 等. 基于数据信息特征的土地资源评价客观赋权方法的研究 [J]. 中国农学通报, 2014, 30(20): 255-262.
- [30] 张显源, 蔡忠亮, 李桂娥, 等. 耕地景观破碎化成因及对农村收入影响分析 [J]. 测绘科学, 2020, 45(4): 134-141.
- [31] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明. 景观生态学原理及应用 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2011.
- [32] IRWIN M D, HUGHES H L. Centrality and the Structure of Urban Interaction: Measures, Concepts, and Applications [J]. Social Forces, 1992, 71(1): 17-51.
- [33] 刘新平, 孟梅. 土地持续利用与生态环境协调发展的耦合关系分析——以塔里木河流域为例 [J]. 干旱区地理, 2011, 34(1): 173-178.
- [34] 刘愿理, 廖和平, 巫芯宇, 等. 西南喀斯特地区耕地破碎与贫困的空间耦合关系研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019, 41(1): 10-20.
- [35] 姜磊, 柏玲, 吴玉鸣. 中国省域经济、资源与环境协调分析——兼论三系统耦合公式及其扩展形式 [J]. 自然资源学报, 2017, 32(5): 788-799.
- [36] 徐明, 张健, 刘国彬, 等. 不同植被恢复模式沟谷地植被——土壤系统耦合关系评价 [J]. 自然资源学报, 2016, 31(12): 2137-2146.

责任编辑 胡杨