

## ◆特邀栏目◆

## 桂西南喀斯特—北部湾地区国土空间景观格局变化与人为干扰度分析\*

莫素芬<sup>1,2</sup>,胡宝清<sup>1\*\*</sup>

(1. 南宁师范大学,北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室,广西地表过程与智能模拟重点实验室,广西南宁 530001;

2. 南宁师范大学自然资源与测绘学院,广西南宁 530001)

**摘要:**为了解山江海过渡性国土空间景观格局指数和人为干扰度的变化特征,以具有山江海过渡性特征的桂西南喀斯特—北部湾地区为研究对象,利用2000年、2010年和2020年GlobeLand30数据,基于移动窗口法分析研究区景观格局指数和人为干扰度的时空差异。结果表明:(1)景观格局随时间发生明显变化,景观指数呈现不同变化规律;(2)2000—2020年研究区景观自西北向东南破碎化程度逐渐减弱,西北部的斑块形状最复杂且不规则,景观连通性变化最明显的是西北部,景观类型呈均衡化趋势分布,景观异质性增强;(3)研究区人为干扰度逐年增强,呈中部高、四周低,由中部向四周蔓延减弱的空间格局,各景观指数与人为干扰度有不同的相关性。本研究结果可为研究区景观格局的优化和可持续发展提供参考依据。

**关键词:**广西 山江海过渡性 景观格局 演变 GlobeLand30

中图分类号:F301.24,P201 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2021)04-0380-09

DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210805.003

## 0 引言

景观格局是指景观的空间格局,它是景观异质性的重要体现<sup>[1,2]</sup>。人类活动干扰、多种自然因素和生物因素共同影响着景观斑块的形状、面积、密度、聚散性和多样性等<sup>[3]</sup>,同时影响着景观生态过程及物质能量的流动,最终决定景观格局的变化<sup>[4-6]</sup>。随着人类

活动范围不断扩大和愈加频繁,自然景观逐渐被人造景观所替代,导致景观格局发生明显变化。当前,景观格局与人为干扰度变化已成为生态领域的研究前沿和热点<sup>[7,8]</sup>,而优化景观格局,改善生态环境,实现可持续发展尤为重要。人类活动是影响景观格局最为突出的因素,通过分析景观格局与人为干扰度的时空差异特征,对优化区域景观格局、保护和管理区域

收稿日期:2021-03-21

\* 广西创新研究团队项目“北部湾海陆交互关键带与陆海统筹发展研究(2016GXNSFGA380007)”和广西科技基地与人才专项“喀斯特关键带与生态功能提升技术高层次人才培养示范(桂AD19110142)”资助。

## 【作者简介】

莫素芬(1995-),女,在读硕士研究生,主要从事土地利用与区域发展研究。

## 【\*\*通信作者】

胡宝清(1966-),男,博士,教授,主要从事资源环境与区域可持续发展研究,E-mail:hbq1230@gctc.edu.cn。

## 【引用本文】

莫素芬,胡宝清.桂西南喀斯特—北部湾地区国土空间景观格局变化与人为干扰度分析[J].广西科学院学报,2021,37(4):380-388.

MO S F, HU B Q. Analysis of the Change of Landscape Pattern and the Degree of Human Disturbance in the Karst - Beibu Gulf Region of South-west Guangxi [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2021, 37(4): 380-388.

生态系统具有重要意义。

目前国内外学者已对景观格局与人为干扰度的变化特征开展大量研究并取得许多成果。吕金霞等<sup>[9]</sup>采用移动窗口景观指数法,揭示湿地景观格局分布和人类活动干扰有良好的对应关系。刘佳琦等<sup>[10]</sup>利用人为干扰度模型,揭示人类干扰强度时空分异特征,探究黄河三角洲景观格局对人类干扰活动的响应。刘富强等<sup>[11]</sup>通过计算景观指数和构建人为干扰度指标,揭示人为干扰度变化是影响景观格局变化的重要驱动因素之一。现有对景观格局与人为干扰度的研究多以湿地、流域、自然保护区为研究对象<sup>[12-14]</sup>,这些研究对象都较为常规,很少有学者对山江海过渡性国土空间的景观格局进行研究。过渡性国土空间由过渡性地理空间衍生,是指因地形地貌起伏、土地利用变化与覆被变化等呈现出不同结构、功能和特征的异质性国土空间,表现出特有的时空差异性和演变规律<sup>[15]</sup>。山江海过渡性国土空间是由高山-低山丘陵-滨海平原组成,江河贯穿整个国土空间,且由高向低倾斜的过渡性特殊空间。因此,本研究以桂西南喀斯特-北部湾地区这种典型和特殊的山江海过渡性国土空间为研究对象,采用移动窗口法分析2000-2020年区域内过渡性景观格局时空差异和不同时期人为干扰度对过渡性景观格局的影响,合理定量人为干扰程度,丰富有关景观格局的研究成果,同时为该区域景观格局优化、生态文明建设、区域协调发展等提供科学依据。

## 1 数据来源与方法

### 1.1 研究区概况

桂西南喀斯特-北部湾地区位于广西的西北-西南部,北与贵州省接壤,南临北部湾,西与云南省和越南接壤,东与河池等市接壤,介于 $20^{\circ}26' - 25^{\circ}07' E$ 和 $104^{\circ}28' - 109^{\circ}56' N$ 之间,具体位置如图1所示。桂西南喀斯特主要分布在百色市和崇左市,北部湾地区主要是指南宁市、防城港市、北海市、钦州市,桂西南喀斯特-北部湾地区是由这6个地级市组成的,涉及43个县(市、区),统计年鉴上的总面积约为96 756  $km^2$ ,约占广西总面积的40.72%。该研究区地形地貌复杂多样,地势大致上自西北向东南倾斜,由西北部云贵高原(亦是典型喀斯特山区)过渡到低山丘陵再过渡到滨海平原,形成一条狭长的、由云贵高原-

山地丘陵-滨海平原组成,左江、右江等江河贯穿其中的山江海过渡带,构成桂西南喀斯特-北部湾地区过渡性国土空间。研究区属于亚热带季风气候,年均降雨量由北部湾沿海地区向内陆递减,河网密布,水资源丰富。研究区正处于经济快速发展时期,截至2018年底,地区生产总值达到9 422.25亿元,占广西区的46.24%,户籍年末总人口数2 136.35万人。

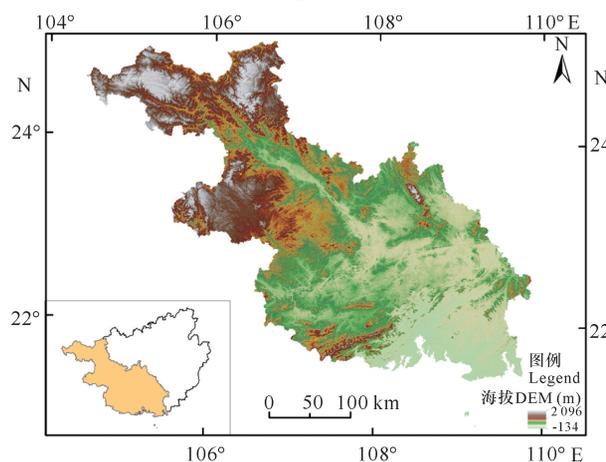


图1 研究区地理位置示意图

Fig. 1 Geographical location of the study area

### 1.2 数据来源与处理

研究采用我国研制的2000年、2010年和2020年30 m全球地表覆盖数据GlobeLand30,该数据来源于国家基础地理信息中心(<http://www.ngcc.cn/ngcc/>)。采用原数据已分好的10个一级类型,而该研究区包含耕地、草地、林地、灌木地、水体、人造地表、湿地和裸地8种类型,总体精度在83.5%以上,能满足研究需求。所涉及的社会经济数据来源于《广西统计年鉴》。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 景观格局指数

景观格局指数高度浓缩景观格局的信息<sup>[16]</sup>,可用于定量表达生态过程与景观格局间的关系<sup>[17]</sup>。景观格局指数的种类繁多,包括破碎化指数、多样性指数、聚集度指数等<sup>[18]</sup>。参考前人研究成果<sup>[19-21]</sup>以及结合研究区的实际情况,在景观格局层面上分别从面积、密度、形状、聚散性和多样性这5种类型中选取指数,以便从不同角度定量反映研究区近20年景观格局的变化。具体景观格局指数与含义如表1所示,利用Fragstats4.2软件计算各指数。

表 1 景观格局指数与含义

Table 1 Landscape pattern index and its meaning

| 指数类型<br>Index type | 景观指数<br>Landscape index | 取值范围<br>Value range                  | 描述与意义<br>Description and meaning   |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|--|
| 面积<br>Area         | 平均斑块面积<br>AREA_MN       | >0                                   | 一定范围内斑块总面积与斑块数的比值,能表征景观破碎度,AREA_MN 值越小,景观越破碎<br>The ratio of the total patch area to the number of patches within a certain range can represent the fragmentation of the landscape. The smaller the value of AREA_MN, the more fragmented the landscape  |
| 密度<br>Density      | 斑块密度<br>PD              | >0                                   | 斑块密度是斑块数与景观总面积的比值,能反映景观破碎化的程度,PD 越大,景观越破碎<br>Patch density is the ratio of the number of patches to the total area of the landscape, which can reflect the degree of fragmentation of the landscape. The greater the PD, the more fragmented the landscape   |
| 形状<br>Shape        | 面积加权的平均形状指数<br>SHAPE_AM | $\geq 1$                             | 各个斑块的周长与面积比乘以面积权重之后的和,可用来表征空间格局复杂性,其值为 1 时,表明斑块形状最为简单规则,当其值增大时表明斑块形状趋于复杂且不规则<br>The sum of the perimeter and area ratio of each patch multiplied by the area weight, which can be used to characterize the complexity of the spatial pattern. When its value is 1, it indicates that the patch shape is the simplest and regular. When its value increases, it indicates that the patch shape tends to complex and irregular   |
| 聚散性<br>Convergence | 蔓延度指数<br>CONTAG         | >0 且 $\leq 100$<br>>0 and $\leq 100$ | 表示不同斑块间的聚散程度,其值越小,景观中小斑块的数量越多,景观类型越分散,其值越接近 100,景观中有连通度越高的优势斑块,分布越集中 <sup>[22]</sup><br>Indicating the degree of aggregation and dispersion between different patches. The smaller the value, the more the number of small patches in the landscape, the more scattered the landscape type, and the closer its value is to 100. There are dominant patches with higher connectivity in the landscape, and the more concentrated the distribution <sup>[22]</sup>                       |
| 多样性<br>Diversity   | 香农多样性指数<br>SHDI         | $\geq 0$                             | 反映景观异质性,对景观中各斑块类型非均衡分布状况较为敏感,其值为 0 时,表明整个景观中只有一个斑块;其值增大,斑块类型增加或各斑块类型在景观中呈均衡化趋势分布 <sup>[23]</sup><br>Reflecting the heterogeneity of the landscape, it is more sensitive to the uneven distribution of various patch types in the landscape. When its value is 0, it indicates that there is only one patch in the entire landscape; when its value increases, the patch types increase or each patch type is in the distribution in the landscape tends to be balanced <sup>[23]</sup> |

### 1.3.2 移动窗口法

为呈现 2000—2020 年研究区景观指数的空间差异,采用移动窗口法研究景观指数的空间差异。移动窗口法已成功应用于矿区景观格局时空演变和辽河平原区农田景观异质性的研究<sup>[24,25]</sup>。因此,参考前人研究成果<sup>[26,27]</sup>和研究区的范围,利用 ArcGIS10.2 软件将窗口设置为 30 km × 30 km,从研究区的左上角依次开始移动生成网格,共生成 148 个网格。利用 Fragstats4.2 依次计算 3 个时期每个网格的景观指数,并将其值赋值给中心栅格,在 ArcGIS10.2 中实现不同时期各景观指数的可视化,得到研究区不同时期各景观指数的空间分布图。

### 1.3.3 人为干扰度

通过参考文献[5—7,9,28],并结合研究区内的 8 种景观类型,依次进行人为干扰度指数赋值,结果如表 2 所示。

网格单元的人为干扰度计算公式为

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n H_i \times S_i}{S}, \quad (1)$$

式中:  $D$  为某个网格单元的人为干扰度,无单位;  $H_i$

表 2 景观类型人为干扰度指数赋值

Table 2 Human disturbance index assignment of landscape types

| 景观类型<br>Landscape type     | 干扰指数<br>Disturbance index | 干扰类型<br>Disturbance type  |
|----------------------------|---------------------------|---|
| 湿地<br>Wetland              | 0.2                       | 无干扰(几乎不受人为干扰)<br>No disturbance (almost free from human disturbance)  |
| 裸地<br>Bare land            | 0.1                       |   |
| 耕地<br>Farm land            | 0.7                       | 半干扰(人类活动影响和自然作用共同影响,主要以农业、养殖业为主)  |
| 林地<br>Forest land          | 0.45                      | Semi-disturbance (combination of human activities and natural effects, mainly agriculture and aquaculture)                        |
| 草地<br>Grassland            | 0.65                      |   |
| 灌木地<br>Shrubland           | 0.55                      |   |
| 水体<br>Water                | 0.35                      |   |
| 人造地表<br>Artificial surface | 0.96                      | 全干扰(人工建造形成的地表,难以恢复到自然状态)<br>Total disturbance (the artificially constructed surface is difficult to restore to its natural state) |

为第  $i$  类景观的干扰度指数,无单位;  $S_i$  为第  $i$  类景观的面积,参考单位为  $\text{km}^2$ ;  $S$  为网格单元总面积,参

考单位为  $\text{km}^2$ 。

通过公式(1)依次计算 3 期 148 个网格单元的人为干扰度, 利用 SPSS20 计算人为干扰度与各景观指数的 Pearson 相关系数, 分析 2000 - 2020 年桂西南喀斯特 - 北部湾地区景观格局变化对人为干扰的响应。

## 2 结果与分析

### 2.1 桂西南喀斯特 - 北部湾地区景观指数的时间变化分析

从表 3 可看出, 2000 - 2020 年期间研究区的 PD 先增大后减小, 由 2000 年的 8.383 3 增加到 2010 年的 9.302 4, 再减少到 2020 年的 8.885 9。由于 PD 越大, 单位面积斑块数越多, 景观破碎化程度越高, 因此出现以上变化情况的主要原因是 2000 - 2010 年社会经济发展速度较慢, 土地利用粗放和规划滞后, 难以形成规模利用, 导致景观破碎化程度高; 而 2010 - 2020 年社会经济发展相对较快, 土地资源稀缺, 促使土地集约利用, 推进旧城改造和建设高标准农田等, 景观格局破碎化程度有所减弱。AREA\_MN 呈先减小后增大的趋势, AREA\_MN 的值越小景观越破碎, 与 PD 所反映的景观格局破碎化程度一致。研究区 SHAPE\_AM 呈先增大后减小的趋势, 说明 2000 - 2010 年该区域的斑块形状比 2010 - 2020 年的斑块形状更复杂且不规则, 其中, 2010 年 SHAPE\_AM 高达 93.108 6, 景观格局最为复杂, 但经过 20 年的变化, 该研究区的 SHAPE\_AM 差不多又恢复到 2000 年的水平。CONTAG 呈减小趋势, 减小幅度约为 2,

说明景观中较小的斑块数增多, 斑块类型分散, 优势斑块连通性变差。SHDI 呈增大的趋势, 说明桂西南喀斯特 - 北部湾地区景观类型逐渐呈均衡化趋势分布。

表 3 2000 - 2020 年研究区景观格局指数表

Table 3 Landscape pattern index of the study area from 2000 to 2020

| 年份<br>Year | 景观指数 Landscape index |          |          |          |         |
|------------|----------------------|----------|----------|----------|---------|
|            | PD                   | AREA_MN  | SHAPE_AM | CONTAG   | SHDI    |
| 2000       | 8.383 3              | 11.928 5 | 74.323 7 | 68.529 1 | 1.039 9 |
| 2010       | 9.302 4              | 10.749 9 | 93.108 6 | 67.409 3 | 1.080 5 |
| 2020       | 8.885 9              | 11.253 7 | 71.688 6 | 66.712 4 | 1.113 2 |

注: PD, 斑块密度; AREA\_MN, 平均斑块面积; SHAPE\_AM, 面积加权的平均形状指数; CONTAG, 蔓延度指数; SHDI, 香农多样性指数

Note: PD, Patch density; AREA\_MN, Average patch area; SHAPE\_AM, Area-weighted average-shape index; CONTAG, Convergence index; SHDI, Shannon diversity index

### 2.2 桂西南喀斯特 - 北部湾地区景观指数的时空分异

基于移动窗口法的桂西南喀斯特 - 北部湾地区 PD 空间分布如图 2 所示。时间上, 2000 - 2020 年研究区 PD 变化较为明显的为西北部, 即百色市, 所有高值均分布于该区域; 其他区域随时间变化不明显。空间上, 从研究区的西北部向东南部依次分布着 PD 高、中、低值区, 景观破碎化程度呈现自西北部向东南部减弱的规律。由此看出, 研究区景观格局破碎化程度由高到低呈现出喀斯特山区 - 低山丘陵 - 滨海平原的过渡性。

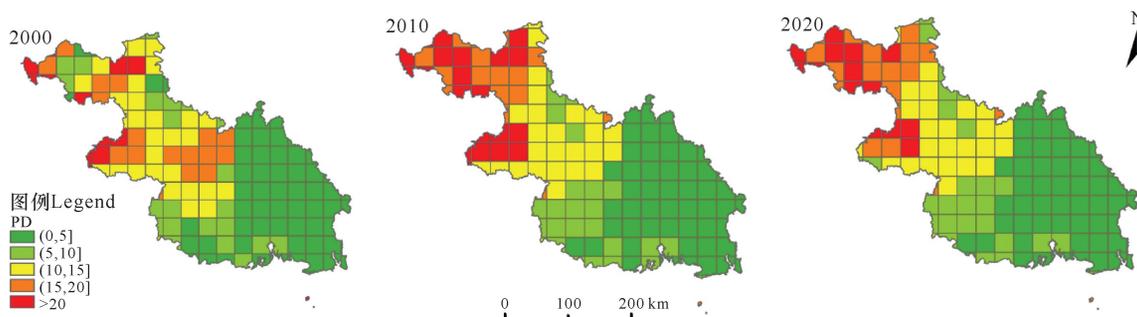


图 2 研究区斑块密度(PD)空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of patch density (PD) in the study area

桂西南喀斯特 - 北部湾地区 AREA\_MN 空间分布如图 3 所示。时间上, 2000 - 2020 年 AREA\_MN 值逐渐趋小, 主要表现为研究区东部的高、中值区域减少, 说明随着社会经济的发展, 人类活动促使

地表覆被变化, 景观斑块被分割, 平均斑块面积逐渐减小, 景观格局不断趋于破碎化。但在研究区的西北部, AREA\_MN 随时间变化非常小。空间上, 研究区内约一半的区域为低值区, 低值区一直集中分布在西

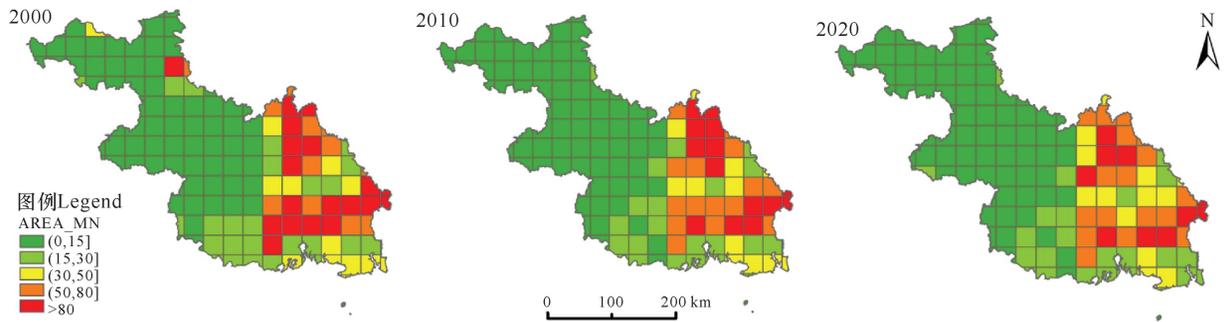


图3 研究区平均斑块面积(AREA\_MN)空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of average patch area (AREA\_MN) in the study area

部和北部,与喀斯特山地的分布基本吻合,而高值区主要分布在东部。

桂西南喀斯特-北部湾地区 SHAPE\_AM 空间分布如图4所示。2000-2020年间,研究区的南部和东部斑块形状变化不明显,而西北部逐渐趋于复杂化和不规则化,景观结构逐渐不稳定,这主要是地形

地貌和人类活动共同作用的结果。空间上,SHAPE\_AM 的高值一直集中分布在研究区的西北部,说明西北部斑块形状最为复杂且不规则,而南部和东部区域斑块形状相对规则、简单且稳定。由此看来,地形地貌是影响景观斑块形状的重要因素之一。

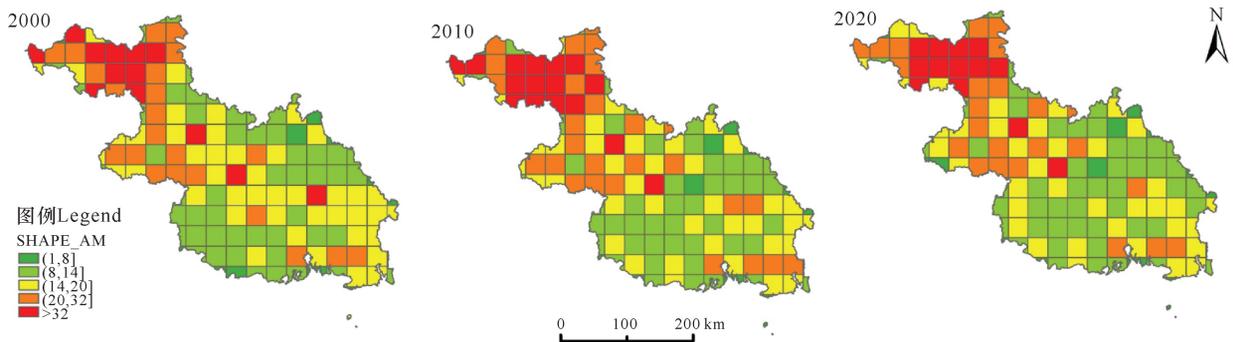


图4 研究区面积加权的平均形状指数(SHAPE\_AM)空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of area-weighted average-shape index (SHAPE\_AM) in the study area

桂西南喀斯特-北部湾地区 CONTAG 空间分布如图5所示。2000-2020年间研究区西南部 CONTAG 变化不明显,CONTAG 中、高值主要集中在研究区的西南部,即崇左市和防城港市,说明这部分区域分布有连通性较高的优势斑块,优势斑块类型主要是种植甘蔗的耕地景观。在2000年时,研究区的西北部也分布有 CONTAG 的中、高值,2010-2020年 CONTAG 有所下降,说明这部分区域的景观连通性降低,优势斑块逐渐不明显,景观趋

于破碎化。

桂西南喀斯特-北部湾地区 SHDI 空间分布如图6所示。整体看,2000-2020年间研究区大部分区域 SHDI 为 0.76-1.15,SHDI 变化最为明显的是研究区的西北部,SHDI 为 1.15 的区域逐渐增多。研究区 SHDI 的中、高值主要集中在百色市、南宁市、崇左市的部分地区,以及沿海的部分地区,表明这些区域各景观类型呈均衡化趋势分布,景观异质性逐渐增强。

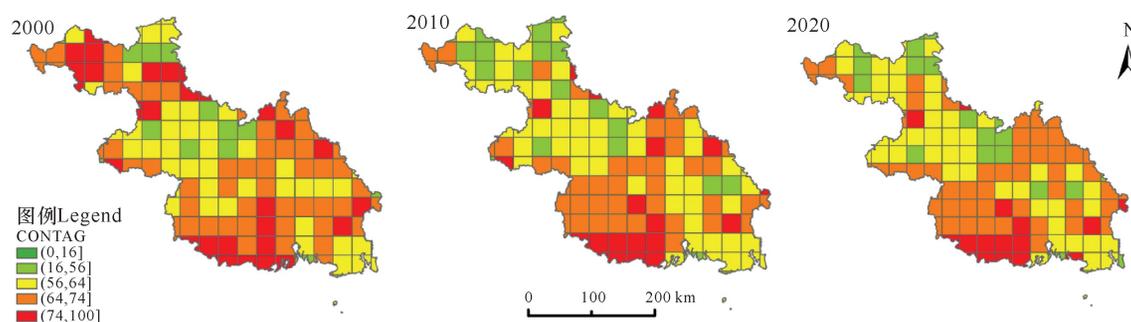


图5 研究区蔓延度指数(CONTAG)空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of convergence (CONTAG) in the study area

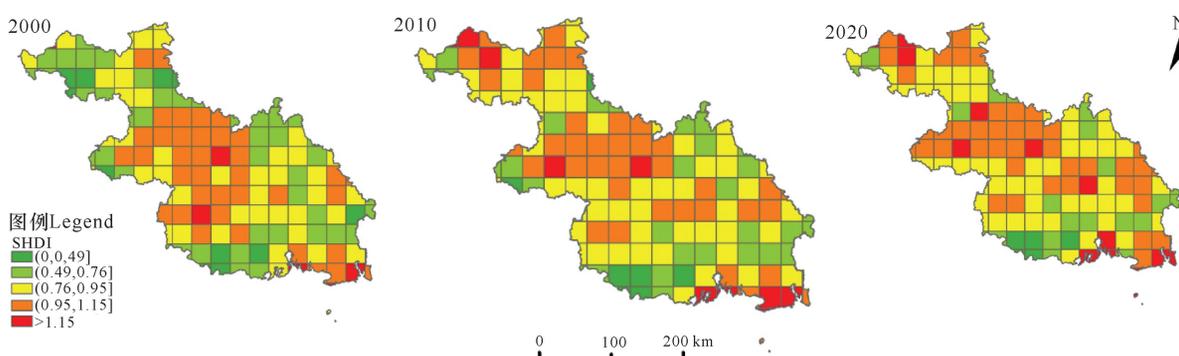


图6 研究区香农多样性指数(SHDI)空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of Shannon diversity index (SHDI) in the study area

### 2.3 桂西南喀斯特-北部湾地区人为干扰度分析

桂西南喀斯特-北部湾地区人为干扰度空间分布如图7所示。整体上看,人为干扰度的高值主要集中在分布于研究区的中部,低值主要集中在分布于四周,呈现中部高,四周低,由中部向四周蔓延减弱的空间格局。2000-2020年研究区中部和西北部的人为干扰度有所增强,其他区域变化不大。空间上,人为干扰度中、高值主要集中在分布于研究区的中部和东南部,即南宁市、崇左市和北海市,人为干扰度低值主要

分布在研究区的西北部,即百色市境内。2010-2020年研究区西北部的小部分区域人为干扰度略微降低。人为干扰的强弱与社会经济的发展、海拔高度密切相关;社会经济越发达的地区景观格局受人类活动的影响越强,受人为干扰的程度越大;海拔高度越高的地区人类活动受限,景观格局受人为干扰的程度越低,2000-2020年研究区人为干扰度的空间分布情况与实际相符。

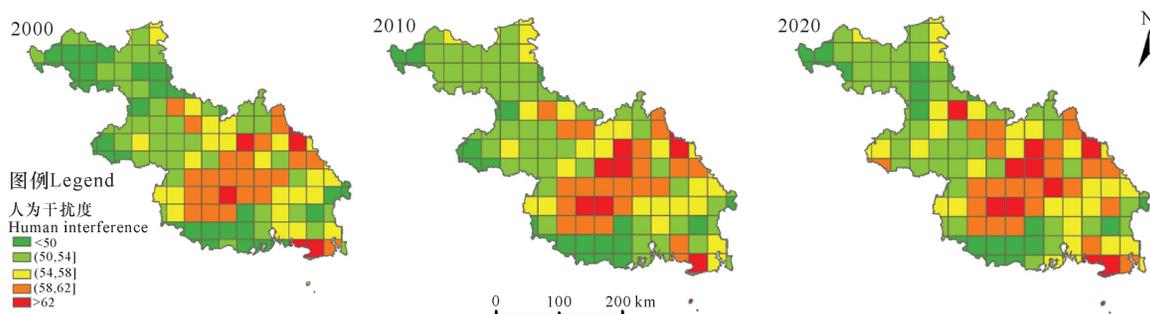


图7 研究区人为干扰度的空间分布

Fig. 7 Spatial distribution of human disturbance in the study area

## 2.4 桂西南喀斯特-北部湾地区景观格局变化与人为干扰的关系

桂西南喀斯特-北部湾地区的人为干扰度与景观格局指数 Pearson 相关性如表 4 所示。2000-2020 年研究区的人为干扰度与 PD 呈负相关,且 2000 年在 0.05 水平上显著相关,2010-2020 年在 0.01 水平上显著相关,表明桂西南喀斯特-北部湾地区 PD 大的区域人为干扰程度低。2000-2020 年人为干扰度与 AREA\_MN 均不相关,表明该研究区内平均斑块面积的变化与人为干扰度的变化无关。人为干扰度与 SHAPE\_AM 的相关关系比较复杂,表现为 2000 年不相关,2010 年在 0.05 水平上显著相关,2020 年在 0.01 水平上显著相关,相关系数的绝对值呈增加趋势,说明人为干扰度对面积加权的平均形状指数的影响程度增强。人为干扰度与 CONTAG 仅 2000 年在 0.01 水平上显著相关,2010 年、2020 年则都不相关。2000-2020 年人为干扰度与 SHDI 呈正相关,且在 0.01 水平上显著相关,人为干扰程度越强,SHDI 数值越大,说明可以用 SHDI 来表征人类活动强弱对景观的影响。由此表明,人类活动的干扰是影响景观格局的重要驱动因素之一,桂西南喀斯特-北部湾地区人为干扰度对斑块密度和景观多样性的影响程度较为明显,可用人为干扰度的大小来衡量景观格局的变化。

表 4 人为干扰度与景观格局指数相关性

Table 4 Correlation between human disturbance and landscape pattern index

| 年份<br>Year | PD       | AREA_MN | SHAPE_AM | CONTAG   | SHDI    |
|------------|----------|---------|----------|----------|---------|
| 2000       | -0.169*  | 0.040   | -0.140   | -0.242** | 0.430** |
| 2010       | -0.437** | 0.141   | -0.183*  | -0.002   | 0.398** |
| 2020       | -0.388** | 0.157   | -0.252** | -0.060   | 0.408** |

注: \*\* 和 \* 分别表示在 0.01 和 0.05 水平上显著相关。PD, 斑块密度; AREA\_MN, 平均斑块面积; SHAPE\_AM, 面积加权的平均形状指数; CONTAG, 蔓延度指数; SHDI, 香农多样性指数

Note: \*\* and \* indicate a significant correlation at the 0.01 and 0.05 levels, respectively. PD, Patch density; AREA\_MN, Average patch area; SHAPE\_AM, Area-weighted average-shape index; CONTAG, Convergence index; SHDI, Shannon diversity index

## 3 讨论

人为干扰度由生态干扰度演变而来,是相对自然度而言,陈爱莲等<sup>[29]</sup>最早将其引入我国景观格局的监测与评价。人为干扰度对景观格局的影响具有区域性和阶段性。如刘吉平等<sup>[5]</sup>对小三江平原沼泽湿

地景观格局的研究表明,人为干扰度与边缘密度、最大斑块指数呈负相关,与 PD 的相关性时正时负,与周长面积比不相关;郭少壮等<sup>[6]</sup>对秦岭地区景观格局的研究表明,人为干扰度与景观脆弱度、PD 和 SHDI 呈正相关,与聚集指数、最大斑块指数呈负相关。而本研究的结论与其他学者的结论有差异,桂西南喀斯特-北部湾地区的人为干扰度与 PD 呈负相关,与 SHDI 呈正相关,与 AREA\_MN 不相关,与 SHAPE\_AM 由不相关到负相关,与 CONTAG 由负相关到不相关。产生不同结果的原因是本研究以 148 个网格的景观格局指数为样本,计算不同时期景观指数与人为干扰度的 Pearson 相关关系,结果表明人为干扰度对桂西南喀斯特-北部湾地区过渡性景观格局指数具有区域性和阶段性的特性。

本研究从山江海过渡性国土空间的角度探索桂西南喀斯特-北部湾地区景观格局变化及其对人为干扰的响应,丰富了山江海过渡性国土空间景观格局变化与人为干扰关系的理论研究成果,为桂西南喀斯特-北部湾地区优化景观格局和生态系统的保护与管理提供参考依据。但是,本研究还需要从以下两个方面进行完善:(1)本研究选取的全球地表覆盖数据时间间隔为 10 年,时间间隔较长会忽略一些微小的变化;(2)在选取景观指数上主要参考文献和主观选取,每个维度只选取一个景观指数,不一定都能很好地反映与人为干扰度的关系。因此,在今后相关研究中应多做几期研究,缩短数据时间间隔;在选取景观指数时,尽量多维度选取。

## 4 结论

本研究采用我国研制的 2000 年、2010 年和 2020 年 30 m 全球地表覆盖数据,基于移动窗口法分析桂西南喀斯特-北部湾地区景观指数时空变化与人为干扰,主要结论如下:

(1)2000-2020 年,从整体上看桂西南喀斯特-北部湾地区景观格局发生明显变化。PD 和 SHAPE\_AM 呈先增大后减小的趋势,AREA\_MN 呈先减小后增大的趋势,PD 和 AREA\_MN 的动态变化反映景观格局破碎化程度先增大后减小,斑块形状复杂程度和不规则程度由强变弱。CONTAG 和 SHDI 分别呈减小和增大的趋势,优势斑块连通性变差。

(2)基于移动窗口法的 PD 呈现出自研究区西北部向东南部依次分布着高、中、低值区,景观格局破碎

化程度呈现出喀斯特山区-低山丘陵-滨海平原的过渡性; AREA\_MN 低值区一直以来主要集中分布在研究区的西部和北部, 高值区主要分布在东部; SHAPE\_AM 的高值一直集中分布在研究区的西北部, 西北部景观斑块形状最复杂且不规则, 而南部和东部区域景观斑块形状相对简单和稳定, 斑块形状随时间变化不明显; CONTAG 的变化相对复杂, CONTAG 的中、高值主要分布在研究区的西南部, 但在 2000 年研究区的西北部也有中、高值分布, 景观连通性变化最明显的是西北部, 连通性较好的区域是西南部; 研究区大部分区域 SHDI 为 0.76-1.15, SHDI 为 1.15 的区域逐年增多, 各景观类型呈现均衡化趋势分布, 景观异质性增强。

(3) 研究区内人为干扰度高值集中分布于中部, 低值集中分布于四周, 呈现中部高、四周低, 由中部向四周蔓延减弱的空间格局, 干扰度逐年增强。人为干扰度与各景观指数有不同的相关性, 与 PD、SHDI 有较好的相关性, 与 PD 呈负相关, 与 SHDI 呈正相关。人为干扰度与 AREA\_MN 不相关, 与 SHAPE\_AM 的相关关系比较复杂, 由不相关转为在 0.05 水平上显著相关再到在 0.01 水平上显著相关, 而与 CONTAG 的相关性由相关到不相关。人为干扰度对 PD 的影响先增强后减弱, 对 SHDI 的影响先减弱后增强, 对 SHAPE\_AM 的影响逐渐增强, 对 CONTAG 的影响减弱, 对 AREA\_MN 无影响。

#### 参考文献

- [1] 阳文锐. 北京城市景观格局时空变化及驱动力[J]. 生态学报, 2015, 35(13): 4357-4366.
- [2] 韩欣池. 基于 CLUE-S 模型的哈尼梯田文化景观变化、驱动及情景模拟[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [3] 赵丹丹. 大兴安岭地区湿地分布变化及对气候变化响应的模拟研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2019.
- [4] 肖翠, 解雪峰, 吴涛, 等. 浙江西门岛湿地景观格局与人为干扰度动态变化[J]. 应用生态学报, 2014, 25(11): 3255-3262.
- [5] 刘吉平, 董春月, 盛连喜, 等. 1955-2010 年小三江平原沼泽湿地景观格局变化及其对人为干扰的响应[J]. 地理科学, 2016, 36(6): 879-887.
- [6] 郭少壮, 白红英, 孟清, 等. 1980-2015 年秦岭地区景观格局变化及其对人为干扰的响应[J]. 应用生态学报, 2018, 29(12): 4080-4088.
- [7] 刘晓娜, 张微微, 李红. 基于 LUCC 的密云水库上游流域人为干扰动态变化[J]. 生态与农村环境学报, 2016, 32(6): 951-957.
- [8] 曾兰, 吴良林. 基于 LUCC 的生态环境人为干扰度分析——以广西巴马瑶族自治县为例[J]. 江西农业学报, 2019, 31(2): 103-108, 114.
- [9] 吕金霞, 蒋卫国, 王文杰, 等. 基于移动窗口法雄安新区湿地景观演变及其与人为干扰间的关系[J]. 国土资源遥感, 2019, 31(2): 140-148.
- [10] 刘佳琦, 栗云召, 宗敏, 等. 黄河三角洲人类干扰活动强度变化及其景观格局响应[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(8): 1102-1110.
- [11] 刘富强, 吴涛, 蒋国俊, 等. 海岸线与海岸景观格局对人为干扰度的动态响应——以营口市南部海岸为例[J]. 生态学报, 2017, 37(22): 7427-7437.
- [12] 叶晶萍, 刘士余, 盛菲, 等. 寻乌水流域景观格局演变及其生态环境效应[J]. 生态学报, 2020, 40(14): 4737-4748.
- [13] 杨苗, 龚家国, 赵勇, 等. 白洋淀区域景观格局动态变化及趋势分析[J]. 生态学报, 2020, 40(20): 7165-7174.
- [14] 张月, 张飞, 王娟, 等. 近 40 年艾比湖湿地自然保护区生态干扰度时空动态及景观格局变化[J]. 生态学报, 2017, 37(21): 7082-7097.
- [15] 邓伟, 张少尧, 张昊, 等. 人文自然耦合视角下过渡性地理空间概念、内涵与属性和研究框架[J]. 地理研究, 2020, 39(4): 761-771.
- [16] 李骞国, 王录仓, 严翠霞, 等. 基于生境质量的绿洲城镇空间扩展模拟研究——以黑河中游地区为例[J]. 生态学报, 2020, 40(9): 2920-2931.
- [17] 苏常红, 傅伯杰. 景观格局与生态过程的关系及其对生态系统服务的影响[J]. 自然杂志, 2012, 34(5): 277-283.
- [18] 莫素芬, 胡宝清, 赖国华, 等. 广西西江流域景观格局动态变化分析[J]. 广西科学院学报, 2020, 36(2): 200-206.
- [19] 唐放, 蔡广鹏. 典型喀斯特地区土地利用转型的时空特征及其景观格局演变——以仁怀市为例[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(12): 4860-4870.
- [20] 李国庆, 黄菁华, 刘冠, 等. 基于 Landsat8 卫星影像土地利用景观破碎化研究——以陕西省延安麻塔流域为例[J]. 国土资源遥感, 2020, 32(3): 121-128.
- [21] 杨尊尊, 段渊古, 高天, 等. 1999-2017 年西咸新区景观格局变化及驱动力研究[J]. 西部林业科学, 2020, 49(1): 99-106, 113.
- [22] 宋敏敏. 黄土高原典型小流域土地利用格局变化研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [23] 解潍嘉, 黄侃, 李瑞平, 等. 应用高分辨率卫星数据估算阔叶红松林乔木多样性[J]. 北京林业大学学报, 2015, 37(3): 20-26.
- [24] 梅昭容, 李云驹, 康翔, 等. 基于移动窗口分析法的矿区

- 景观格局时空演变研究[J]. 国土资源遥感, 2019, 31(4):60-68.
- [25] 苏显力. 基于移动窗口法的下辽河平原区农田景观异质性研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2018.
- [26] 张玲玲,赵永华,殷莎,等. 基于移动窗口法的岷江干旱河谷景观格局梯度分析[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3276-3284.
- [27] 李栋科,丁圣彦,梁国付,等. 基于移动窗口法的豫西山丘陵地区景观异质性分析[J]. 生态学报, 2014, 34(12):3414-3424.
- [28] 冯志贤,张继贤,侯伟,等. 基于地表覆盖分类的生态环境人为干扰度分析——以北京市为例[J]. 生态学杂志, 2017, 36(2):508-516.
- [29] 陈爱莲,朱博勤,陈利顶,等. 双台河口湿地景观及生态干扰度的动态变化[J]. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1120-1128.

## Analysis of the Change of Landscape Pattern and the Degree of Human Disturbance in the Karst – Beibu Gulf Region of Southwest Guangxi

MO Sufen<sup>1,2</sup>, HU Baoqing<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Beibu Gulf Environment Change and Resources Use, Ministry of Education, Guangxi Key Laboratory of Earth Surface Processes and Intelligent Simulation, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi, 530001, China; 2. School of Natural Resources and Surveying, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi, 530001, China)

**Abstract:** In order to understand the change characteristics of landscape pattern index and human disturbance degree of the transitional land between mountains, rivers and seas, the karst – Beibu Gulf region in southwest Guangxi with the transitional characteristics of the mountains, rivers and seas was taken as the research object. Using the GlobeLand 30 data in 2000, 2010 and 2020, the temporal and spatial differences of landscape pattern index and human disturbance degree in the study area were analyzed based on the moving window method. The results showed that: (1) The landscape pattern changed significantly with time, and the landscape index changed differently. (2) From 2000 to 2020, the fragmentation degree of landscape in the study area gradually weakened from northwest to southeast. The morphology of patches in the northwest was the most complex and irregular. The most obvious change in landscape connectivity was in the northwest. Landscape types showed a trend of equalization and landscape heterogeneity increased. (3) The degree of human disturbance in the study area was increasing year by year. There was a spatial pattern of high in the middle and low in the surrounding area, and the spread from the middle to the surrounding area was weakened. Each landscape index had different correlations with the degree of human disturbance. The results of this study can provide references for optimizing the landscape pattern and promoting sustainable development in the study area.

**Key words:** Guangxi; transitional between mountains, rivers and seas; landscape pattern; evolution; GlobeLand