

广西海岸带土地利用时空格局及其驱动因子

张华玉^{1,2}, 秦年秀^{1,2}, 汪军能^{1,2}, 李敏³, 杨爱霞⁴, 卢芹芹^{1,2}

(1.北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 南宁 530001; 2.南宁师范大学 地理科学与规划学院, 南宁 530001; 3.南宁师范大学 自然资源与测绘学院, 南宁 530001; 4.北部湾大学 资源与环境学院, 广西 钦州 535000)

摘要:明确广西海岸带土地动态变化趋势及其驱动因子,为优化该区土地利用结构和制定合理管控政策提供参考。全面、系统、合理地利用海岸带资源,进行生态文明建设的重要依据。基于多时相遥感数据,辅以随机森林分类、转移矩阵、景观格局指数和地理探测器等方法,系统分析了2010—2018年快速发展时期广西海岸带土地利用类型时空格局演变规律与景观格局,并综合探讨了其演变的驱动因子。结果表明:(1)2010—2018年广西海岸带土地利用交错增减,变化显著。建设用地、林草地、人工湿地和自然湿地面积增加,建设用地年均增加101.89 km²,集聚特征突出,主要转入源为耕地;耕地、其他用地和水体面积缩减,耕地年均缩减162.66 km²,分散特征明显,主要转出为林草地。(2)分时段土地利用动态差异较大。2010—2014年其他用地和2010—2018年建设用地单一动态最大,分别为-10.48%, 8.80%;2010—2018年水体单一动态最小(-0.11%);综合动态逐段上升,2010—2018年达1.52%,属快速变化型;林草地、耕地和建设用地间交替转化活跃。(3)土地利用景观格局呈斑块破碎化、多样化和均匀化演变趋势,景观的异质性和复杂性增强。(4)人文因子是土地利用变化的主导因子,平均贡献率为17.82%;自然因子影响较小,平均贡献率仅9.72%。人文因子和自然因子协同作用加速了广西海岸带土地利用及景观格局变化。

关键词:土地利用; 景观格局; 地理探测器; 驱动因子; 广西海岸带

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2022)03-0367-08

Spatiotemporal Pattern and Driving Factors of Land Use in Guangxi Coastal Zone

ZHANG Huayu^{1,2}, QIN Nianxiu^{1,2}, WANG Junneng^{1,2}, LI Min³, YANG Aixia⁴, LU Qinqin^{1,2}

(1.Key Laboratory of Environmental Evolution and Resource Utilization in Beibu Gulf, Nanning 530001, China; 2.School of Geography Science and Planning, Nanning Normal University, Nanning 530001, China; 3.School of Natural Resources and Surveying and Mapping, Nanning Normal University, Nanning 530001, China; 4.School of Resources and Environment, Beibu Gulf University, Qinzhou, Guangxi 535000, China)

Abstract: The trend of land dynamic change and its driving factors in the coastal zone of Guangxi are clarified to provide reference for the optimization of land use structure and the formulation of reasonable management and control policies. It is an important basis for comprehensively and systematically utilizing coastal resources and carrying out ecological civilization construction. The spatiotemporal evolution of land use and its landscape pattern, driving factors in the coastal zone of Guangxi from 2010 to 2018 were analyzed by using the methods including random forest classification, transition matrix, landscape pattern index and geographic detector. The remote sensing data on multiple time scales were adopted. The results showed that: (1) between 2010 and 2018, the area of construction land, forestland and grassland, constructed wetland and natural wetland increased in the coastal zone of Guangxi; the annual increase of construction land was 101.89 km² with a feature of clustering, and it mainly derived from cultivated land; the area of cultivated land, other land and water area decreased; the average annual reduction of cultivated land was 162.66 km² with obvious dispersion characteristics, and mainly converted into forestland and grassland; (2) the land use dynamic index varied significantly in different periods; the single dynamic indexes of other land in 2010—2014 and construction

收稿日期:2021-04-27

修回日期:2021-06-08

资助项目:国家自然科学基金“变化环境下西南地区极端干旱天气的形成及应对”(41461007);国家自然科学基金“北部湾红树林潮滩响应陆海水沙变化的沉积动力过程”(41930537);国家自然科学基金“喀斯特峰丛洼地土壤养分过程及其生态系统服务权衡”(42071135)

第一作者:张华玉(1997—),女,广西罗城人,硕士研究生,研究方向:资源环境与灾害风险管理。E-mail:514188061@qq.com

通信作者:汪军能(1974—),男,安徽怀宁人,高级城市规划师,研究方向:区域发展与城乡规划。E-mail:wjunneng@nnnu.edu.cn

land in 2010—2018 were the largest, which were -10.48% and 8.80% , respectively; the single dynamic index of water area was the smallest in 2010—2018 (-0.11%); the comprehensive dynamic index increased gradually, which was up to 1.52% in 2010—2018; forestland and grassland, cultivated land and construction land had been exchanged actively; (3) the landscape pattern of land use showed a trend of fragmentation, diversification and homogenization; moreover, the heterogeneity and complexity were strengthened; (4) human activities with an average contribution rate of 17.82% were the dominating factor of land use change; natural factors had little influence, and the average contribution rate was only 9.72% ; the synergistic effects of human activities and natural factors accelerated the changes of land use and landscape pattern in the coastal zone of Guangxi.

Keywords: land use change; landscape pattern; geodetector; driving factors; Guangxi coastal zone

海岸带是陆海交汇、人类活动与自然系统交互作用最为频繁、密集的地理空间之一^[1],资源丰富且生态系统结构复杂、生态环境脆弱和敏感。在人类活动叠加自然变化的影响下,海岸带地区环境和土地利用结构发生了巨大变化,备受学术界关注,地理信息技术已广泛运用于海岸带和区域土地利用变化研究中^[2]。国内外海岸带土地利用研究主要集中在海岸带岸线变化机理与用地变化效应、土地利用/覆被与景观格局演变及其驱动机制、景观生态脆弱性与生态风险评价、生态系统服务价值等方面。Lam-Dao, Dada 等^[3-4]通过遥感手段分别对河口、海岸地区土地利用变化研究,发现海岸带遭到不同程度侵蚀,养殖业发展和气候变化对海岸带土地利用影响较大。Bernard Ekumah 等^[5]通过强度分析方法评估了加纳3个具有国际重要性的沿海城市湿地变化模式及其原因。Jayanta Saha 等^[6]分析了印度孟加拉沿海地区旅游业发展引致的土地利用变化及其环境效应。吴琛璐^[7]、高祥伟^[8]等基于 Landsat 影像和 3S 技术分别对省、市尺度海岸带展开研究,发现在社会经济因素驱动下,土地利用变化显著。潘翔等^[9]基于遥感和 GIS 技术及景观格局指数法分析了厦门湾海岸带景观时空格局,发现研究期间农用地景观、城镇用地与建设用地景观变化显著,农用地和滨海湿地景观转出较多,受社会经济发展和政策调整影响,景观格局向多样化和破碎化演变。王奇等^[10]运用“压力—敏感度—恢复力”评价模型分析发现甬台温海岸带景观类型变化显著,生态脆弱性增强。陈心怡等^[11]对海口市海岸带 1988—2017 年景观生态风险进行评价,结果呈生态风险等级由低向高,高风险区向沿海蔓延的特征。宁立新等^[12]对江苏海岸带地区的研究发现耕地减少、建设用地和人工塘增加,生态系统服务价值加速减少。总体上看,海岸带土地利用研究体系不断深化,方法也较为成熟。国外研究多从大尺度、国际重要海岸带而开展^[13-14],中小尺度研究较少;

国内研究则多倾向于东部沿海地区,北部湾地区关注度有待提升。驱动机制分析中多采用社会经济指标及少数易量化的自然因子指标进行统计分析^[15-16],而海拔、坡度、坡向、植被类型和土壤类型等对土地利用结构及分布影响较大,且难以量化和标准化的自然因子,则未能进行较好考量,以至于难以全面剖析土地利用变化的驱动机制。如何更全面系统探讨海岸带土地利用变化及其驱动机制,是当前海岸带土地利用变化研究遇到的新难题。

2008 年广西北部湾经济区发展规划批复、2010 年中国—东盟自由贸易区(CAFTA)全面启动、2017 年北部湾城市群规划批复等一系列政策引导下,广西海岸带地区进入快速发展阶段,经济快速增长,人口不断集聚,土地利用变化也进入新阶段。用于旅游、工业、港口和城镇建设等填海面积不断增加^[17],岸线缩短^[18],土地可持续利用与生态保护面临新挑战^[19-20]。快速发展背景下迫切需要对广西海岸带土地利用变化与景观格局演变特征及土地利用变化的驱动机制进行全面、系统、综合地分析研究。

研究采用 2010 年、2014 年、2018 年三期遥感影像解译数据,运用地理学和数理统计方法分析广西海岸带土地利用与景观格局演化规律,并运用地理探测器方法探究其背后的驱动机制。揭示人文与自然因子双重作用下的海岸带土地利用变化过程,为破解广西沿海地区土地退化、生境功能减弱及人地矛盾尖锐等难题,合理开展国土资源利用与空间规划服务,为优化广西海岸带土地利用结构、科学布局产业、科学利用和管理自然资源提供依据。

1 数据和方法

1.1 研究区概况

本研究包括沿广西大陆海岸线的陆域与海域(图 1)。研究区位于我国西南部、广西东南部($20^{\circ}26'N-22^{\circ}41'N, 107^{\circ}28'E-109^{\circ}56'E$),自东向西由洗米河口

至北仑河口,海岸线长 1 595 km^[21];陆域包括广西防城港、钦州、北海 3 个沿海城市及其下辖的各县(市),海域部分以海岸线向海延伸 10 km 作为缓冲区域^[22],面积约 23 010 km²。广西海岸带地处亚热带海洋性季风气候区,雨热同期,年平均气温在 22℃ 以上,年降水量达 2 100~2 760 mm,风能资源丰富,雾少光足,夏季洪涝灾害频发,是全区洪涝灾害高风险区^[23];土壤类型主要有砖红壤、水稻土等;地势北高南低,北部是以十万大山为主的山地丘陵地貌,南部平原滩涂面积广,是南流江、钦江、茅岭江等河流入海口;海岸曲折,红树林资源丰富,港湾优良,养殖业发达。2019 年广西沿海三市 GDP 为 3 358.30 亿元,常住人口约 598.84 万人。广西海岸带自然资源丰富、生态系统复杂、人地互动高度活跃且区位独特,是我国西南地区最便捷的出海通道,也是面向东盟的国际大通道、21 世纪海上丝绸之路和丝绸之路经济带有机衔接的重要门户^[24]。

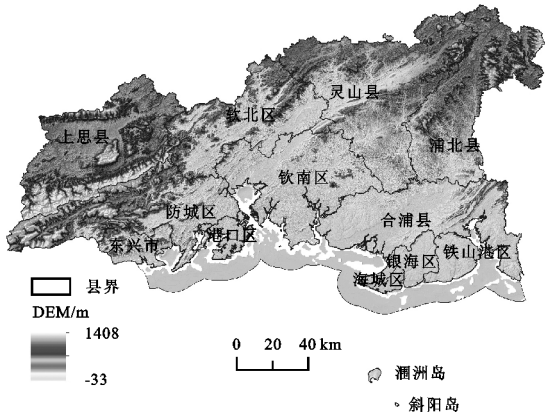


图 1 研究区位示意图

1.2 数据来源与处理

采用 2010 年、2014 年、2018 年三期共 16 景,空间分辨率为 30 m 的 Landsat5 TM 和 Landsat8 OLI 遥感影像。影像来源于美国国家航空航天局(<https://www.nasa.gov/>);用 ENVI 5.5 软件对影像进行辐射定标、大气校正、波段运算、影像镶嵌、影像裁剪等预处理后,在 432, 764, 652 三组波段组合下,以 Google Earth 判读和实地调查数据为参照,通过人机交互方法进行解译,三期遥感影像解译总体精度和 Kappa 系数分别为 98.08%, 0.86, 99.42%, 0.95, 98.51%, 0.89。总体精度均在 95% 以上, Kappa 系数均超过 0.85, 达到研究要求。

常住人口(X_1)、人均 GDP(X_2)、第一产业增加值(X_3)、第二产业增加值(X_4)、第三产业增加值(X_5)、城镇化率(X_6)、GDP(X_7)和社会固定资产投资(X_8) 8 个社会经济因子数据源自《广西统计年鉴》(2011—2019 年)、区内县(区)年鉴及统计公报数据。

年均降水量(X_9)、气温(X_{10})、湿度(X_{11})和蒸发

量(X_{12})数据均源于中国气象数据网;海拔(X_{13})资料源于 91 卫图助手,用 ArcMap 对海拔数据进行表面分析得到坡度(X_{14})和坡向(X_{15})数据;土壤类型(X_{16})和植被类型(X_{17})数据源于中科院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/>)。文中对所有因子数据进行了栅格化及离散化处理。

1.3 研究方法

随机森林(random forest, RF)分类算法。该方法具有人工干预少,分类精度高等优势,在处理复杂数据源、数据噪声及有限训练样本方面有较好的表现。本文结合已有研究^[25-26]和广西海岸带土地利用特征,构建耕地、林草地、建设用地、水体、人工湿地、自然湿地及其他用地 7 个类型的广西海岸带土地利用分类体系,运用 ENVI 5.5 软件对 3 期遥感影像进行随机森林分类,并对分类结果进行人工修正。

土地利用动态度和马尔科夫模型^[27]。土地利用动态度表征某一地区在特定时段内的土地利用变化速率,文中采用单一土地利用动态度和综合土地利用动态度来描述广西海岸带 3 个时期土地利用变化状况。通过马尔科夫模型构建土地利用转移矩阵,可直观表达研究区内土地利用类型之间的量化转移情况,从而分析一定时期内土地利用类型的转变趋势。

景观格局指数法^[28]。景观格局演变是土地利用变化影响下的结果。基于广西海岸带 3 期土地利用类型数据,从类型水平(Class-level)和景观水平(Landscape-level)两个尺度,选取最大斑块指数、斑块数量、斑块密度、破碎度指数、景观分割度指数、分离度指数、香农多样性指数、香农均匀度指数 8 个景观格局指数,借助 Fragstats 4.2 软件,分析广西海岸带景观格局动态变化状况。

地理探测器方法^[29],通过因子探测器模块和交互作用探测器模块识别单因子影响力及各驱动因子之间的交互作用。以土地利用程度综合指数^[30]作为因变量,公式如下:

$$La = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (La \in 100, 400) \quad (1)$$

式中:La 为土地利用程度综合指数; A_i 表示第 i 级土地利用程度分级指数(表 1); C_i 表示第 i 级土地利用程度分级面积百分比。

2 结果与分析

2.1 土地利用动态变化特征

2.1.1 时间变化特征 2010—2018 年广西海岸带土地利用变化显著。土地利用类型中优势地类是林草地和耕地(图 2),人工湿地、自然湿地、其他用地占比

较低。2010—2018 年耕地减少了 1 301.28 km², 年均减少 162.66 km², 且减少趋势在加快; 建设用地和林草地呈增加态势, 建设用地由 1 029.09 km² (4.46%) 增加至 1 844.24 km² (7.99%), 增加了约 815.15 km², 年均增加 101.89 km², 增速最快; 林草地处次之, 由 8 792.22 km² 增加至 9 391 km², 年均增加 74.85 km²; 人工湿地和自然湿地小幅增加, 分别增加了 7.69 km², 7.24

km²。水体缩减 34.73 km²; 其他用地减少 92.85 km²。说明这一时期广西海岸带人类活动较为剧烈, 城市化加速和经济快速发展, 城乡建设用地不断扩张, 耕地遭侵蚀较为严重, 保护力度有待加强; 林草资源发展与保护较好, 尤其是经济林发展不可小觑, 红树林保护得到加强; 除季节性降水影响外, 填海造陆、水产养殖及过度用水等活动正侵蚀着水体。

表 1 土地利用程度分级赋值

类型	未利用地级	林、草、水用地级	农业用地级	城镇聚落用地级
土地利用类型	未利用地或难利用地	林地、草地、水域	耕地、园地、人工草地	城镇、居民点、工矿用地、交通用地
本文采用类型	其他用地、自然湿地	林草地、水体	耕地、人工湿地	建设用地
分级指数	1	2	3	4

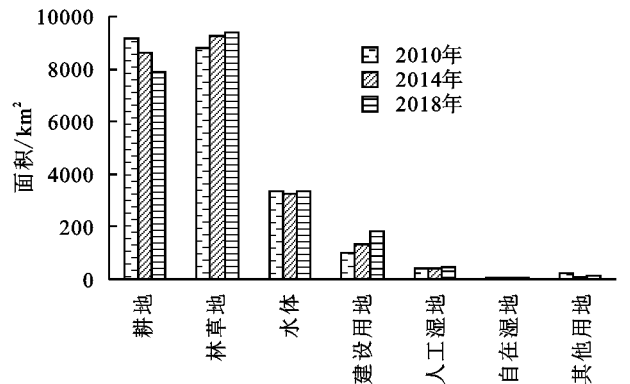


图 2 广西海岸带土地利用类型面积及变化

2.1.2 空间变化特征 广西海岸带土地利用变化空间差异较为明显(图 3)。耕地集中分布在合浦县、上思县、钦北区和钦南区, 2010—2018 年灵山县耕地缩

减面积最大(373.77 km²), 耕地缩减处伴随着林草地和建设用地扩张。建设用地主要分布在合浦县、灵山县、钦南区等行政区划较大的区域及处于城市发展核心地带的海城区、港口区、东兴市等, 2010—2018 年灵山县、浦北县、银海区及铁山港区扩张明显。上思县、灵山县、浦北县是林草地集中分布区, 2010—2018 年钦南区、合浦县、铁山港区林草地扩张面积大, 其中钦南区林草地扩张面积最大(180.72 km²), 浦北县林草地缩减最多(77.90 km²)。水体和自然湿地主要分布在缓冲区、合浦县、钦南区 and 上思县, 2010—2018 年缓冲区水体缩减面积最大(45.73 km²), 合浦县水体扩张面积最大(17.02 km²)。其他地类空间变化不明显。

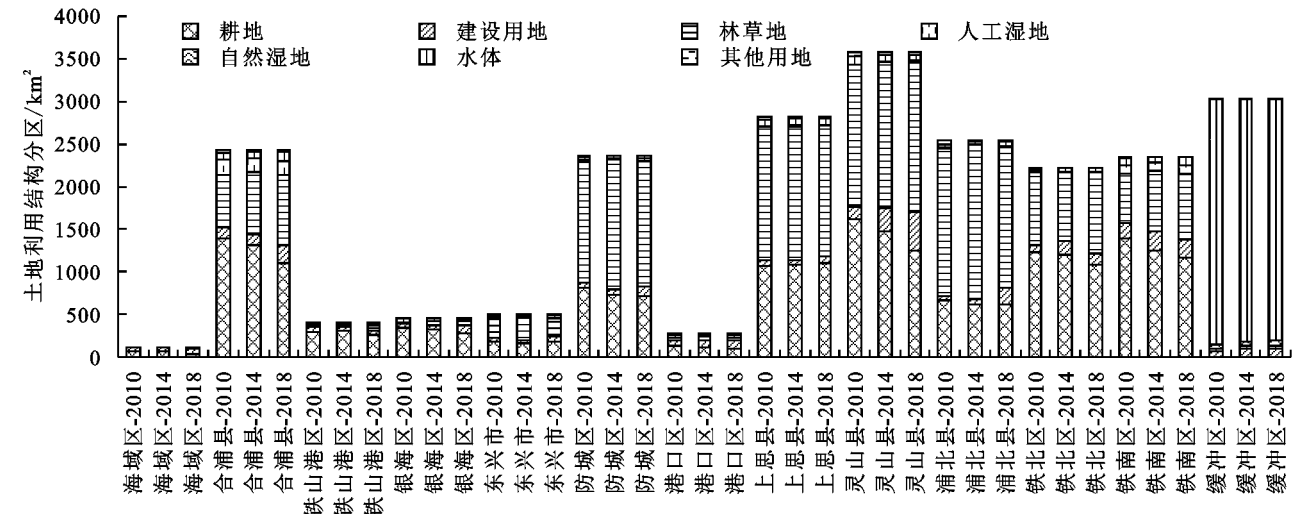


图 3 广西海岸带土地利用结构分区

2.1.3 动态变化特征 从土地利用单一动态度上看(图 4), 变化速度依次为建设用地>其他用地>耕地>自然湿地>林草地>人工湿地>水体, 2010—2018 年建设用地增幅最大, 动态度为 8.80%; 2010—2014 年的其他用地缩减幅度最大, 动态度为 -10.48%;

2010—2018 年水体减幅最小, 动态度为 -0.11%。表明该区域对其他用地进行了大量开发和开荒造林活动, 从而加速了其他用地的丧失, 而建设项目剧增及城乡发展需要, 则导致建设用地急剧变化。土地利用综合动态度随时间变化而上升, 2010—2014 年、

2014—2018 年和 2010—2018 年 3 个时段的综合动态度为分别为 1.12%,1.37%和 1.52%,总体属土地

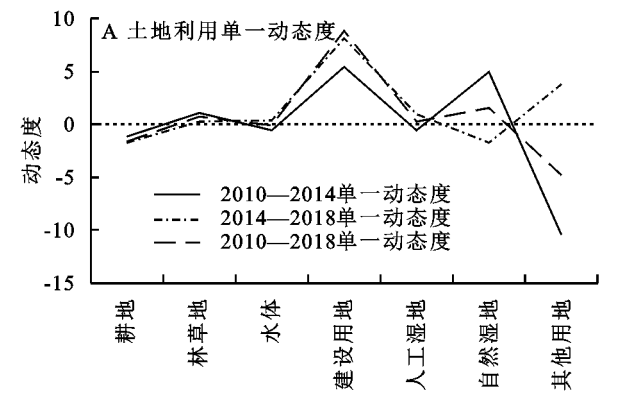
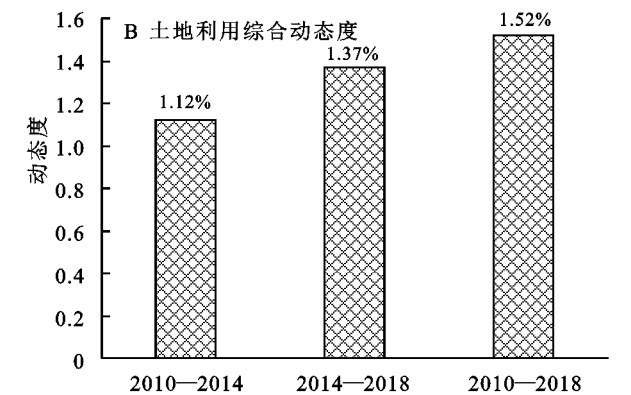


图 4 广西海岸带土地利用动态度变化

2.1.4 土地利用转移特征 通过构建土地利用转移矩阵分析,发现 2010—2018 年广西海岸带各土地利用类型间转变较大,尤其是林草地、建设用地和耕地(表 2)。耕地转变最显著,主要转变为林草地、建设用地和水体,其中转变为林草地最为剧烈(2 297.12 km²);林草地主要转变为耕地、建设用地、水体和其他用地,向耕地转变的幅度最大(1 547.29 km²);建设用地主要转变为耕地、林草地、人工湿地和水体,向耕地转变幅度最大(247.25 km²);水体主要转换为建设用地、耕地和人工湿地,向耕

利用快速变化型^[31],并有向土地利用急剧变化型演变趋势。



地转化面积最大(92.99 km²);其他用地主要转变为林草地和耕地,转变为林草地最为剧烈(120.7 km²);人工湿地主要转为水体、建设用地和耕地;自然湿地转变最不明显,主要转变为林草地和水体。说明研究期内耕地、林草地和建设用地 3 种地类间交替转化较为频繁和活跃,而耕地大面积转为林草地和建设用地,存在耕地林化与建设占用现象,应加强管控与监测,减缓转变趋势;封山育林、开荒造林取得一定成效;水体涨落对人工湿地和自然湿地产生一定的影响。

表 2 广西海岸带土地利用转移矩阵 km²

土地利用类型		2010 年							转入
		林草地	水体	建设用地	耕地	其他用地	人工湿地	自然湿地	
2018 年	林草地	6872.54	71.24	58.76	2297.12	120.7	17.8	4.62	2570.24
	水体	119.23	3040.55	32.45	67.09	3.4	59.51	5.51	287.19
	建设用地	214.92	76.99	626.46	861.11	14.1	48.64	1.81	1217.57
	耕地	1547.29	92.99	247.25	5894.24	65.79	35.78	1.93	1991.03
	其他用地	65.00	5.33	11.29	26.61	6.79	1.93	0.06	110.22
	人工湿地	20.12	59.17	52.26	38.6	0.62	266.85	4.75	175.52
	自然湿地	1.46	19.18	0.43	0.58	0.01	4.25	33.71	25.91
	转出	1968.02	324.9	343.68	3291.11	204.62	167.91	18.68	

2.2 景观格局演变特征分析

2010—2018 年,广西海岸带各景观指数变化明显。斑块数量(198 504~240 731)、斑块密度(8.602 7~10.432 7)、景观分割度指数(0.951 8~0.956 0)、分离度指数(20.749 8~22.747 5)、香浓多样性指数(1.285 9~1.332 9)和香浓均匀度指数(0.660 8~0.685 0)均呈波动上升的变化特征(表 3)。表明广西海岸带地区景观的异质性和复杂性增加,愈加破碎和均匀。2010—2018 年水体最大斑块指数最高,且其斑块数量、斑块密度及破碎度指数波动下降,表明水体景观随时间变化而集聚性上升,斑块片状效果增强;耕地则相反,2010—2018 年期间斑块数量、斑块密度和破碎度指数递增,最大斑块指数减小,表明其受干扰大,分布随时间变化而散化;建设用地的最大斑块指数、

斑块数量和斑块密度增速明显,破碎度指数略微下降,表明建设用地扩张迅速,建设用地的集聚特征更加突出(图 5)。

人工湿地、自然湿地两种景观的最大斑块指数、斑块数量及斑块密度都增加,人工湿地破碎度指数上升,自然湿地破碎度指数下降,表明这两种景观出现一定程度扩张,而人工湿地逐渐呈破碎化和分散化发展,自然湿地则更加均匀化和集中分布。

2.3 土地利用变化驱动因素分析

2.3.1 因子探测 对广西海岸带土地利用变化的各因子影响程度量化,以 3 个年份的平均 q 值作为驱动因子贡献力参考(表 4)。GDP(0.202)、社会固定资产投资(0.195)和城镇化率(0.181)等人文因子对其土地利用变化的影响较大,平均贡献率为 17.82%,

说明广西海岸带土地利用变化主要受人类活动影响,人文因子在整个变化过程中起主导作用。自然因子的影响相对较小,平均贡献率仅 9.72%,其中植被类型(0.210)、坡度(0.156)、海拔(0.139)和土壤类型

(0.132)四项因子在自然因子中贡献率最高,主要体现在对土地类型空间分布和功能划分的影响上;年平均降水量(0.033)、年平均气温(0.039)和蒸发量(0.050)等因子对其土地利用变化影响较小。

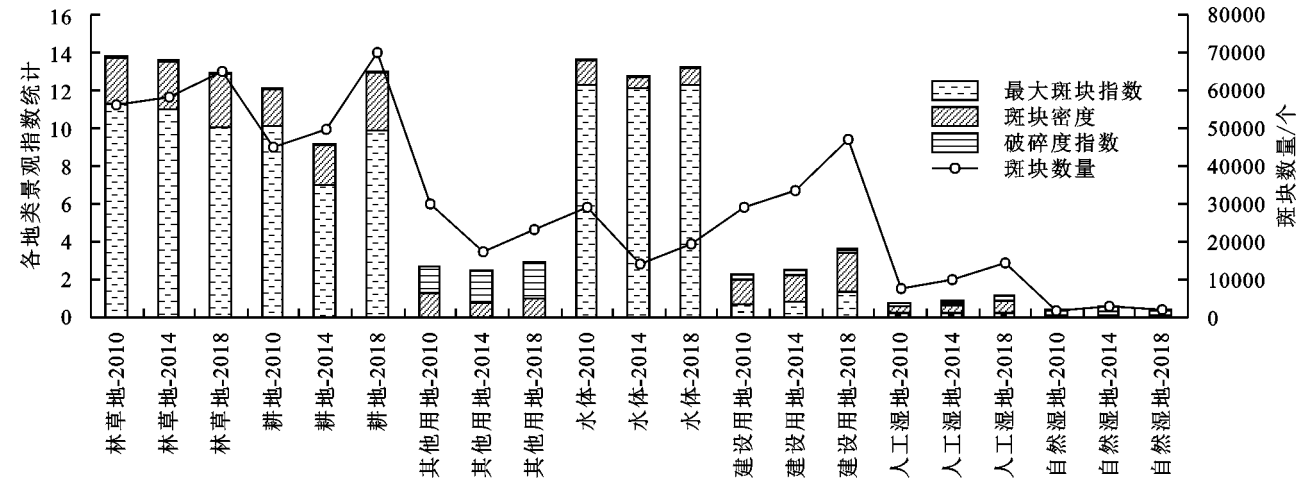


图 5 广西海岸带各地类景观指数统计

表 3 广西海岸带整体景观指数统计

年份	斑块数量	斑块密度	景观分割度指数	分离度指数	香浓多样性指数	香浓均匀度指数
2010	198504	8.6027	0.9518	20.7498	1.2859	0.6608
2014	186170	8.0682	0.9582	23.9089	1.2879	0.6619
2018	240731	10.4327	0.9560	22.7475	1.3329	0.6850

2.3.2 因子间交互作用探测 在交互探测结果中选取解释力均在 0.3 以上的 21 组因子进行分析。由表 5 可知,所选取的 21 组因子间交互作用类型以双因子增强与非线性增强为主,人文因子与自然因子间交互作用较为强烈。人文因子与自然因子中的坡度、海拔两个因子的交互最为强烈,其中 GDP 与坡度、第二产业增加值与海拔、GDP 与海拔三组因子交互作用值最高,交互作用值均为 0.36。说明广西海岸带地区土地利用变化是人文因子与自然因子协同作用的结果,人文因子占优(平均单一因子力大),且人文因子与自然因子交互作用强于人文因子间交互作用与自然因子间交互作用。自然因子的参与使得两种因子共同影响力是各自单一影响力的将近两倍,从而加速了广西海岸带土地利用变化。

3 讨论与结论

3.1 讨论

(1) 人文因子在广西海岸带土地利用变化过程中起主导作用。广西海岸带地势平坦,资源丰富,环境优美,自古以来即适宜人类居住和开发建设。近年来,广西北部湾经济区、中国—东盟自由贸易区、北部湾城市群的规划、建设和新型城镇化发展,使得广西

海岸带在区域中地位快速提升,成为全区乃至全国重大项目建设的主要分布区。开发建设、人工填海等活动在促进本地区经济发展的同时,也加大了土地开发、经营和管理压力,导致土地利用结构和数量在一定程度上发生了变化。2010—2018 年广西海岸带建设用地面积激增、耕地持续快速的缩减,而且还存在耕地撂荒和耕地种林的现象。相关部门应该立足存量,积极开展城市更新和城乡建设用地增减挂钩等整治措施;加大宣传力度,鼓励居民拆旧建新;严格审批,有效控制建设用地有序增减。同时,应加强对密集型农业区域的监管,加强耕地和永久基本农田保护,防止违法占用及破坏耕作层导致质量下降行为,严格落实耕地占补平衡机制,占优补优,确保基本农田数量不减少、质量不降低。

(2) 近些年,在红树林生态修复与保护、退耕还林、营造生态防护林等生态文明建设措施驱动下,广西海岸带土地利用趋于健康发展,取得了良好的生态、经济和社会效益^[32]。广西山口红树林自然保护区、茅尾海红树林自然保护区及北海国家湿地公园的建设发展,提升了广西海岸带红树林资源修复与保护力度。广西海岸带林草地和自然湿地面积呈正增长趋势,正成为区域可持续发展、海岸防护及绿色生态发展的强有力支撑。此外,大量增减挂钩和旧房拆除等土地整治活动,退耕还林、还湖等生态建设措施,使得一些建设用地转变为耕地、耕地变林草地或水体等。但是,广西海岸带的生态修复与保护任务依然艰巨,应坚持生态保育,加强监测与审批,继续落实林业体系建设与红树林保护政策,防止耕地林业化,促进土地可持续利用。

表 4 广西海岸带土地利用变化影响因子探测值

因子	常住人口 (X_1)	人均 GDP (X_2)	第一产业 增加值(X_3)	第二产业 增加值(X_4)	第三产业 增加值(X_5)	城镇化率 (X_6)	GDP (X_7)	社会固定资产 投资(X_8)	年均降水量 (X_9)
q	0.175	0.177	0.159	0.170	0.167	0.181	0.202	0.195	0.033
p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

因子	气温(X_{10})	湿度(X_{11})	蒸发量(X_{12})	海拔(X_{13})	坡度(X_{14})	坡向(X_{15})	土壤类型(X_{16})	植被类型(X_{17})
q	0.039	0.060	0.050	0.139	0.156	0.056	0.132	0.210
p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 5 因子交互作用 q 值及相应交互关系

$C=q(A\Omega B)$	$Q(A)+q(B)$	比较	交互关系
$X_7\Omega X_{14}=0.360$	$X_7(0.202)+X_{14}(0.156)=0.358$	$C>A$ 和 B ; $C<A+B$	双因子增强
$X_4\Omega X_{13}=0.360$	$X_4(0.170)+X_{13}(0.139)=0.309$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_7\Omega X_{13}=0.360$	$X_7(0.202)+X_{13}(0.139)=0.341$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_6\Omega X_{13}=0.359$	$X_6(0.181)+X_{13}(0.139)=0.320$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_3\Omega X_{13}=0.359$	$X_3(0.159)+X_{13}(0.139)=0.298$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_5\Omega X_{13}=0.357$	$X_5(0.167)+X_{13}(0.139)=0.306$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_1\Omega X_{13}=0.357$	$X_1(0.175)+X_{13}(0.139)=0.314$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_8\Omega X_{13}=0.354$	$X_8(0.195)+X_{13}(0.139)=0.334$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_2\Omega X_{14}=0.353$	$X_2(0.177)+X_{14}(0.156)=0.333$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_8\Omega X_{14}=0.352$	$X_8(0.195)+X_{14}(0.156)=0.351$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_2\Omega X_{13}=0.351$	$X_2(0.177)+X_{13}(0.139)=0.316$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_1\Omega X_{14}=0.351$	$X_1(0.175)+X_{14}(0.156)=0.331$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_6\Omega X_{14}=0.350$	$X_6(0.181)+X_{14}(0.156)=0.337$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_4\Omega X_{14}=0.349$	$X_4(0.170)+X_{14}(0.156)=0.326$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_3\Omega X_{14}=0.348$	$X_3(0.159)+X_{14}(0.156)=0.315$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_5\Omega X_{14}=0.348$	$X_5(0.167)+X_{14}(0.156)=0.323$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_{14}\Omega X_{17}=0.333$	$X_{14}(0.156)+X_{17}(0.210)=0.366$	$C>A$ 和 B ; $C<A+B$	双因子增强
$X_{14}\Omega X_{16}=0.325$	$X_{14}(0.156)+X_{16}(0.132)=0.287$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_{13}\Omega X_{17}=0.312$	$X_{13}(0.139)+X_{17}(0.210)=0.349$	$C>A$ 和 B ; $C<A+B$	双因子增强
$X_{13}\Omega X_{16}=0.308$	$X_{13}(0.139)+X_{16}(0.132)=0.271$	$C>A$ 和 B ; $C>A+B$	双因子增强、非线性增强
$X_7\Omega X_{17}=0.300$	$X_7(0.202)+X_{17}(0.210)=0.412$	$C>A$ 和 B ; $C<A+B$	双因子增强

(3) 人类活动影响下,广西海岸带土地利用变化对气候变化的影响不可忽视^[33]。森林过度采伐、城市建设及工农业生产等活动导致土地利用变化的同时,易造成温室气体增加、能量和水分输送不平衡、形成局地微气候等问题,影响区域乃至全球气候。因此,海岸带土地利用过程中应注重各用地间的平衡协调和景观格局的营建与优化,从而一定程度缓解温室气体排放与气候变化背景下海平面上升对海岸带土地的侵蚀;同时应加强对海岸带地区极端天气的监控与预报,预防骤发性大规模气象灾害等造成的不良影响。

3.2 结 论

(1) 2010—2018 年广西海岸带土地利用变化显著。耕地年均减少 162.66 km²,建设用地年均增加 101.89 km²,各地类单一动态度存在明显差异,综合动态度逐段上升。土地利用方式改变、经济社会发展等使得土地利

用类型间发生不同程度转变,林草地、耕地和建设用地区间相互转化最为剧烈,其他地类转变幅度不大。

(2) 2010—2018 年广西海岸带土地利用结构不断优化,各地类配置趋于合理,景观格局呈斑块破碎化、多样化和均匀化演变趋势。景观水平尺度上的各指数呈上升态势。水体最大斑块指数最高,斑块数量、斑块密度及破碎度指数波动下降,是广西海岸带优势景观。耕地受干扰大,分散化明显,建设用地扩张迅速且集聚特征突出。人工湿地、自然湿地呈一定程度扩张,而自然湿地更加均匀和集中。

(3) 2010—2018 年广西海岸带土地利用变化是人文因子与自然因子综合作用的结果,人文因子是主导因子,自然因子的影响较小。因子间交互作用类型主要为双因子增强和非线性增强两种,人文因子与自然因子中的海拔、坡度两个因子的交互最为强烈,人

文因子占优。土地利用变化抗干扰功能提升,驱动因子对土地利用变化的总体影响程度逐年下降。

参考文献:

- [1] 张健,濮励杰,陕永杰,等.海岸带土地开发利用及生态环境效应研究简述[J].长江流域资源与环境,2012,21(1):36-43.
- [2] 阿迪力·吐尔干,吐尔孙·哈斯木,郝永娟,等.基于3S技术的土地利用时空变化分析:以迪那河绿洲为例[J].水土保持研究,2015,22(1):305-309.
- [3] Nguyen L D, Viet P B, minh N T, et al. Change detection of land use and riverbank in Mekong Delta, Vietnam using time series remotely sensed data[J]. Journal of Resources and Ecology, 2011,2(4):370-374.
- [4] Dada O A, Agbaje A O, Adesina R B, et al. Effect of coastal land use change on coastline dynamics along the Nigerian Transgressive Mahin mud coast[J]. Ocean and Coastal Management, 2019,168:251-264.
- [5] Ekumah B, Armah F A, Afrifa E K A, et al. Assessing land use and land cover change in coastal urban wetlands of international importance in Ghana using intensity analysis[J]. Wetlands Ecology and Management, 2020, 28(1):1-14.
- [6] Saha J, Paul S. An insight on land use and land cover change due to tourism growth in coastal area and its environmental consequences from West Bengal, India[J]. Spatial Information Research, 2020(3):1-16.
- [7] 吴琛璐,王强,董政,等.福建省海岸带土地利用/覆盖变化及其驱动力[J].水土保持通报,2018,38(3):318-323.
- [8] 高祥伟,费鲜芸,韩兵.面向对象的连云港海岸带土地利用变化及驱动力分析[J].海洋科学,2014,38(4):81-87.
- [9] 潘翔,孙元敏,吴剑,等.厦门湾海岸带景观格局时空动态演变研究[J].生态科学,2016,35(1):117-123.
- [10] 王奇,李伟芳,寇相玮,等.甬台温海岸带景观格局及生态脆弱性时空演变特征[J].水土保持通报,2020,40(1):297-303.
- [11] 陈心怡,谢跟踪,张金萍.海口市海岸带近30年土地利用变化的景观生态风险评价[J].生态学报,2021,41(3):975-986.
- [12] 宁立新,周云凯,张启斌,等.近19年江苏海岸带地区土地利用变化特征[J].水土保持研究,2017,24(4):227-233.
- [13] Rajakumari S, Sundari S, Meenambikai M, et al. Impact analysis of land use dynamics on coastal features of Deshapran block, Purba East Medinipur, West Bengal [J]. Journal of Coastal Conservation: Planning and Management, 2020,24(1):187-194.
- [14] Hapsari K A, Jennerjahn T C, Lukas M C, et al. Inter-twined effects of climate and land use change on environmental dynamics and carbon accumulation in a man-grove-fringed coastal lagoon in Java, Indonesia [J]. Global Change Biology, 2020,26(3):1414-1431.
- [15] 夏成琪,毋语菲.盐城海岸带土地利用与景观空间格局动态变化分析[J].西南林业大学学报:自然科学,2021, 41(1):140-149.
- [16] 庞立华,孔范龙,郗敏,等.胶州湾海岸带土地利用变化分析[J].湿地科学,2017,15(5):680-688.
- [17] 苏红岩,李京梅.基于生态系统服务综合损益分析的围填海造地管理:以广西沿海地区为例[J].中国海洋大学学报:社会科学版,2020,33(1):75-83.
- [18] 李毅,任建福.基于地理国情普查的广西北部湾海岸带开发利用变化监测研究[J].测绘与空间地理信息, 2020,43(9):93-99.
- [19] 盛凯,谢杰霞.广西海岸带土地可持续利用的思考[J].广西师范学院学报:自然科学版,2016,33(3):96-99.
- [20] 毛蒋兴,覃晶,陈春炳,等.广西北部湾海岸带开发利用与生态格局构建[J].规划师,2019,35(7):33-40.
- [21] 邓晓玫,宋书巧.广西海岸带研究现状及展望[J].海洋开发与管理,2011,28(7):32-35.
- [22] 陈宝红,杨圣云,周秋麟.试论我国海岸带综合管理中的边界问题[J].海洋开发与管理,2001,18(5):27-32.
- [23] 刘合香,秦川,倪增华.组合权重和 ArcGIS 相结合的广西洪涝灾害风险分析[J].灾害学,2015,30(3):76-79.
- [24] 党东耀.“一带一路”背景下面向东盟的中国价值观传播对策研究[J].新闻爱好者,2019,34(3):51-54.
- [25] 赵莉莉,何东进,覃德华,等.2000—2014年闽东海岸带土地利用动态变化[J].热带作物学报,2017,38(5):803-810.
- [26] 侯婉,侯西勇.考虑湿地精细分类的全球海岸带土地利用/覆盖遥感分类系统[J].热带地理,2018,38(6):866-873.
- [27] 杨凤海,程光大,王盼盼,等.基于分形的宁安市土地利用变化及驱动力研究[J].水土保持研究,2016,23(2):280-286.
- [28] 周亚军,刘廷玺,段利民,等.锡林河流域上游河谷湿地景观格局演变及其驱动力[J].干旱区研究,2020,37(3):580-590.
- [29] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.
- [30] 庄大方,刘纪远.中国土地利用程度的区域分异模型研究[J].自然资源学报,1997,12(2):10-16.
- [31] 刘纪远,布和敖斯尔.中国土地利用变化现代过程时空特征的研究:基于卫星遥感数据[J].第四纪研究,2000, 20(3):229-239.
- [32] 韦启忠.广西沿海防护林工程建设成效分析及对策[J].林业资源管理,2012,41(2):30-35.
- [33] 张丽娟,于洋,栗练灵,等.1960—2010年黑龙江省土地利用变化对气温的影响[J].地理科学,2017,37(6):952-959.