桂西南—北部湾地区“三生”用地演变及其驱动力的地理探测

赖国华[1]，胡宝清[2,3]，李 敏[1]，林树高[1]，邓雁菲[4]

（1.南宁师范大学 自然资源与测绘学院，南宁 530001；2.北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室，南宁 530001；
3.广西地表过程与智能模拟重点实验室，南宁 530001；4.南宁师范大学 地理科学与规划学院，南宁 530001）

摘 要：为分析过渡性复杂地理空间“三生”用地变化特征并探索其变化的驱动因素，基于桂西南喀斯特和北部湾经济区的土地利用数据，构建“三生”用地分类体系，运用转移矩阵、土地利用动态度分析研究区 38 a 间“三生”用地演变特征，并采用地理探测器方法分析了“三生”用地演变的驱动力。结果表明：(1) 研究区“三生”用地水平变化特征在 38 a 间表现为生态用地减少，生活用地由城镇中心向外扩张，生产用地总量平衡，“三生”用地发生转移变化面积约为 25 538.63 km^2，变化率为 26.73%。(2) “三生”用地垂直变化特征中，生产、生活用地面积随着坡度及海拔的增加而减少，坡度较大、海拔较高地区主要以生态用地为主。位于低坡度和低海拔地区的生态用地大面积转化成生活、生产用地，而位于高坡度和高海拔地区的生产、生活用地转移为生态用地。(3) 地理探测器识别出生产、生态用地变化受 DEM、人口密度等自然资源条件和社会经济因素影响较大，生活用地变化受产业产值、人口密度和道路密度等社会经济和地理区位因素影响较大。随着人口增长和经济发展，桂西南—北部湾地区的生活用地和工业生产用地占据了低坡度、低海拔的农业用地和生态用地，应加强控制建设用地扩张，保障粮食安全和生态安全。

关键词：“三生”用地；地理探测器；喀斯特；海岸带

中图分类号：F301.24 **文献标识码**：A **文章编号**：1005-3409(2021)04-0236-08

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2021.04.027

Dynamic Changes of Ecological-Living-Production Land and Geographical Detect of Their Driving Forces in Southwest Guangxi-Beibu Gulf Zone

LAI Guohua[1], HU Baoqing[2,3], LI Min[1], LIN Shugao[1], DENG Yanfei[4]

(1.*School of Natural Resources and Surveying, Nanning Normal University, Nanning* 530001, *China*;
2.*Key Laboratory of Beibu Gulf Environment Change and Resources Utilization of ministry of Education, Nanning* 530001, *China*; 3.*Guangxi Key Laboratory of Earth Surface Processes and Intelligent Simulation, Nanning* 530001, *China*; 4.*School of Geography and Planning, Nanning Normal University, Nanning* 530001, *China*)

Abstract: In order to analyze the dynamic changes of ecological-living-industrial land, a transitional geographical space, and explore their driving factors, a classification system of ecological-living-industrial land was constructed based on the data of karst landform and Beibu Gulf Economic Zone ,the transition matrix and the dynamics of land use were adopted to analyze the dynamic changes of ecological-living-industrial land in recent 38 years, and the driving forces of such changes were explored by geographic detector. The conclusions are as follows. (1) Horizontally, the changes of ecological-living-production land in research area during past 38 years were that, ecological land decreased, living land expanded outward from urban areas, and production land kept unchanged; the total area with functional change was about 25 538.63 km^2, accounting for 26.73%; (2) from the vertical perspective, the production and living lands decreased as the rise of slope and altitude, in other words, ecological land occupied most areas with higher slope and altitude; vast tracts of ecological land at lower slope and altitude had given way to living and production lands, while

收稿日期：2020-08-31 **修回日期**：2020-09-13

资助项目：国家重点研发子课题(2016YFC0502401)；广西自然基金创新团队(2016JJF15001)

第一作者：赖国华(1995—)，女，广西南宁人，硕士研究生，研究方向为土地利用与区域发展。E-mail:1301240501@qq.com

通信作者：胡宝清(1966—)男，江西临川人，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@gxtc.edu.cn

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

the opposite was the case at higher slope and altitude; (3) the geographical detector had identified that, the production and ecological lands were under great impact of natural resource conditions and social economy, such as DEM, population density, etc.; and the living land was deeply affected by social economy and geographic location, including production output value, population density, road density, etc. With population growth and economic development, land for living and industrial production in the southwest Guizhou-Beibu Gulf region has occupied agricultural and ecological land with low slopes and low altitudes. It is important to strengthen the control of the expansion of land for construction to ensure food security and ecological safety.

Keywords: ecological-living-industrial land; geographical detector; karst; coastal zone

土地系统是包含生产、生活和生态功能的统一综合体,生产功能是基础,生态功能是支撑,生活功能是目的[1]。生产用地主要是用于农业、工业和商业活动获取产品及提供功能的土地,生活用地是指承载人类居住生活的土地,生态用地是调节和保障生态安全的土地[2]。随着城镇化水平的提高,人与自然的矛盾逐渐凸显,“三生”用地内部的争夺与冲突日趋激烈。城市用地、工业用地快速扩张占用了大量优质耕地,耕地开垦占用林地、草地,不同功能的土地出现了冲突与博弈。为促进国土空间均衡和可持续发展,十八大报告提出“促进生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生产空间山清水秀”的指导思想,以土地利用的生产、生活和生态功能为导向的研究成为了土地利用研究的重点。为合理利用土地,学者们对“三生”用地开展了大量的研究,建立“三生”用地分类体系[3],探索“三生”用地的数量、空间变化以及变化聚集特征[4],学者们更多关注“三生”用地在长时间序列内发生的变化特征,对“三生”用地在不同坡度、海拔等垂直空间的变化分布关注较少。对于“三生”用地变化的驱动力分析多采用主成分法和多元线性回归模型[5]、主成分分析法[6]进行解释。研究区域除以行政单位为对象,还包括流域[7]、经济区[8]、喀斯特地区[9]、山区等[10]区域,研究区域地理环境较为单一,较少对复杂地理空间的探索,尤其是缺乏对喀斯特山区和海岸带地区组合成的自然资源禀赋和经济发展潜力差异明显的整体区域研究。

已有研究成果为“三生”用地的后续探索提供了基础,然而当前对复杂地理空间的“三生”用地的研究较少,缺乏对其垂直变化特征分析及驱动因素的地理探测。因此,本研究以桂西南喀斯特、北部湾地区组成的过渡性复杂地理空间为对象,对其 1980—2018 年的“三生”用地水平变化、垂直变化特征进行探索,并运行地理探测器分析生产、生活和生态用地变化的驱动因素,寻求生产、生活及生态用地变化的主要影响因子,以期科学指导各类土地协调利用。

1　研究区概况

我国三大阶梯的地貌格局强烈塑造了全国多层次多尺度过渡性地理空间,喀斯特地区生态环境本底的脆弱性和敏感性较大,经济落后,人地关系复杂,海岸带地区是陆地、海洋和大气各区域相互作用最活跃的界面,具有很高的自然能量和生物生产力,也是经济发展的重要区域。桂西南—北部湾介于东经 104°28′—109°56′,北纬 20°26′—25°07′,包含了喀斯特地貌和海岸带,总体呈现自西北向东南倾斜的斜坡地带,是复杂的过渡性地理空间,也是山海综合的过渡带。研究区包括百色、崇左、南宁、北海、钦州和防城港 6 个城市在内,共计 43 个县(县级市),行政区面积约 9.6 万 km^2,拥有 1 629 km 海岸线,6 488 km^2 浅海以及 903 km^2 滩涂。其中百色和崇左是位于广西西南地区的喀斯特岩溶地区,山多地少,地貌复杂多样,石漠化现象较为严重,经济相对落后。南宁、北海、钦州和防城港为广西北部湾经济区 4 个主要城市,以首府南宁为中心向沿海城市辐射的经济圈在广西具有重要的战略地位,钦州、北海和防城港是我国西南地区最便捷的出海通道,同时也是东盟进入中国市场的重要陆海通道,具有沿海、沿边、靠近粤港澳发达地区等独特的区位优势。

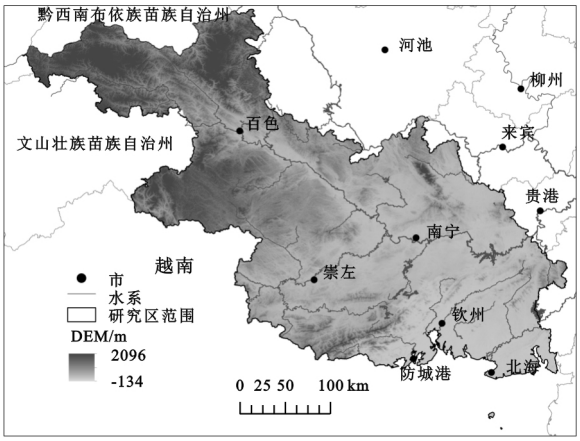

图 1　桂西南－北部湾地理区位

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

研究数据包括桂西南—北部湾地区6个城市1980年、1990年、1995年、2000年、2005年、2010年、2015年、2018年8期土地利用数据，气候、地形地貌、道路、行政区位和社会经济等数据，其中8期土地利用、DEM、降水、气温等数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心，土地利用数据精度为1 km栅格，DEM数据为90 m分辨率的数字高程数据，运用ArcGIS软件对DEM数据计算得到地形起伏度；社会、经济和人口数据来源于2019年《广西统计年鉴》；石漠化程度分布图由中国地质科学院岩溶地质研究所提供；河流数据和交通路网数据来源于1∶25万全国基础地理数据库。

2.2 研究方法

2.2.1 “三生”用地分类体系的建立 科学识别“三生”用地是本研究的重要基础，土地是一个多功能复杂的综合体，土地利用具有多功能性，要合理分析“三生”空间的时空格局首先要确定土地利用类型的主导功能，以土地利用的主导功能为依据，把具有相同主导功能的土地归为一个空间，以土地用途管制制度为导向，借鉴土地利用的多功能性以及多种“三生”用地分类的研究结果[11-13]，结合桂西南—北部湾地区土地利用特征，对22个二级地类进行整理归纳，确定“三生”用地的分类体系，详见表1。

表1 桂西南—北部湾“三生”用地分类

一级地类	二级地类	三级地类
生产用地	农业生产用地	水田、旱地
	工业生产用地	工矿建设用地
生态用地	绿色生态用地	有林地、灌木林、疏林地、其他林地、高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地、沙地、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石砾地、
	水域生态用地	河渠、水库坑塘、滩涂、滩地、海洋
生活用地	城镇生活用地	城镇用地
	农村生活用地	农村居民点用地

2.2.2 “三生”用地转移矩阵及动态度 采用土地利用转移矩阵、土地利用动态度模型等方法对桂西南—北部湾“三生”用地数量及结构变化进行分析，借助ArcGIS叠置功能研究“三生”用地转型的空间位置变化。转移矩阵反映了某一地区时段期初和时段期末各种地类的面积变化、结构特征以及各类用地类型的变化方向[14]，其数学形式为：

$$S_{ij}=\begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{pmatrix} \tag{1}$$

式中：S 为土地面积；n 为土地利用的类型数；i 和 j 分别为研究初期和研究末期的土地利用类型序号。

土地利用变化动态度是指土地利用类型在面积方面的变化幅度，反映了各类土地利用类型在不同时期的变化速度和剧烈程度，对未来土地利用发展趋势具有一定的预测分析功能[15]。通过分析三生用地类型变化的幅度可以得到桂西南—北部湾地区三生用地变化的整体情况，其表达式为：

$$\Delta V=\frac{V_a-V_b}{V_a}\times\frac{1}{T}\times 100\% \tag{2}$$

式中：ΔV 为某一类土地类型在研究期内的年变化率；V_a，V_b 分别为研究区初期和末期某种土地利用类型的面积；T 为研究时段长。

2.2.3 国土空间格局演变的驱动因子选择 影响土地利用变化的因素复杂多样，自然条件、社会经济发展及地理区位带来的驱动力不容忽视[16]。结合对桂西南—北部湾8期土地利用现状图及“三生”用地的变化特征，借鉴前人研究[17-19]，并基于数据的可获取性和代表性，选取了自然资源禀赋、地理区位条件和社会经济3方面因素作为驱动因子，具体驱动因子见表2。

2.2.4 地理探测器分析方法 地理探测器是探测空间分异性以及解释其背后驱动因子的一种新的统计方法，能有效地判别变量因子之间的空间分层异质性[20]。地理探测器包括4个探测器，其中因子探测器可度量不同因子对“三生”用地时空变化分异性，以及探测其影响程度大小，见公式(3)：

$$q=1-\frac{\sum_{h=1}^{L}N_h\sigma_h^2}{N\sigma^2}=1-\frac{\mathrm{SSW}}{\mathrm{SST}} \tag{3}$$

式中：q 为某影响因子对“三生”用地变化时空分布影响层的大小；L 为影响因子的样本数；N_h，N 为次区 h 和整个研究区的“三生”用地变化程度；σ_h^2，σ^2 为次区 h 和研究区“三生”用地变化的离散方差；SSW和SST分别为层内方差和全区总方差；q 值来解释自变量对因变量的空间分异，取值范围介于0～1，其值越大表明解释力越强，反之越小。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　桂西南—北部湾“三生”用地演变驱动因子

维度	主要指标	指标解释
自然资源禀赋	DEM(m)	县域平均海拔
	地形起伏度(m)	县域平均地形起伏度
	石漠化程度(%)	县域石漠化面积占比
	降水量(mm)	县域年平均降水量
	气温(℃)	县域年平均太阳辐射
地理区位条件	道路密度(km/km²)	县域河流密度
	河流密度(km/km²)	县域道路密度
	市级行政可达性(h)	县政府到最近市政府的时间距离
社会经济	人口密度(km²/万人)	数据来源于 2019 年《广西统计年鉴》
	地均生产总值(km²/万元)	
	地均第一产业产值(km²/万元)	
	地均第二产业产值(km²/万元)	
	地均第三产业产值(km²/万元)	
	城镇居民可支配收入(元)	
	农村居民可支配收入(元)	

3　结果与分析

3.1　“三生”用地水平变化特征

对比分析 1980—2018 年桂西南—北部湾地区“三生”用地面积变化和运用土地利用动态度计算各类用地的变化速度(表 3),38 a“三生”用地变化中,只有生态用地减少,面积由 70 001 km² 减少到 69 217 km²,共减少了 784 km²,年动态度为 −0.029 5%;生活用地显著增加,面积由 1 684 km² 增加至 2 426 km²,增加了 742 km²,年动态度为 1.159 5%;生产用地相对稳定,面积仅增加了 42 km²,年动态度为 0.004 6%。“三生”用地二级分类中,工业生产用地和城镇生活用地扩张速度最为明显,面积分别扩张了 609 km²,581 km²,年动态度分别为 13.136 3%,9.155 4%,其他二级分类用地变化较小,其中农业生产用地和绿色生态用地均呈现负增长态势,面积分别缩减了 567,840 km²,年动态度分别为 −0.062 9%,−0.032 4%。

表 3　1980−2018 年“三生”用地水平变化

“三生”用地		1980 年面积/km²	2018 年面积/km²	1980—2018 年 变化面积/km²	1980—2018 年 动态度/%
生产用地	工业生产用地	122	731	609	13.1363
	农业生产用地	23721	23154	−567	−0.0629
	总计	23843	23885	42	0.0046
生活用地	城镇生活用地	167	748	581	9.1554
	农村生活用地	1517	1678	161	0.2793
	总计	1684	2426	742	1.1595
生态用地	绿色生态用地	68329	67489	−840	−0.0324
	水域生态用地	1672	1728	56	0.0881
	总计	70001	69217	−784	−0.0295

1980—2018 年桂西南−北部湾地区“三生”用地分布如图 2 所示,生态用地集中分布在百色、崇左和防城港市,其中百色和崇左市位于桂西南的喀斯特山区,石漠化较为严重,不利于发展生产生活,防城港市依托十万大山优势拥有丰富的生态资源。生产用地主要分布在北部湾地区的南宁市和北海市,钦州市的生产用地相对分散。生活用地主要聚集在城镇中心,在广大农村偏远地区零散分布,尤其是百色市西北部的生活用地极为稀少,而位于首府南宁市的城市中心和北海市沿海地区的生活用地数量较多且集中发展。在 38 a 间,以南宁和北海市区为代表的生活空间逐年扩大,各市区的生活空间也在缓慢增长,其中城镇生活用地扩张速度最快。生产用地的数量虽然没有太大变化,但是在二级地类中,工业生产用地增加明显,农业生产用地减少。

基于桂西南—北部湾“三生”用地分布图层,经 ArcGIS 提取得到研究区 1980—2018 年“三生”用地转移矩阵(表 4),发生变化面积 25 538.63 km²,占土地总面积的 26.73%。从“三生”用地转型的方向可以得出:1980—2018 年期间不同用地类型的转出面积大小依次为农业生产用地>绿色生态用地>农村生活用地>水域生态用地>工业生产用地>城镇生活用地。农业生产用地和绿色生态用地的转出量达到了上万平方千米,农业生产用地主要流出方向为绿色生态用地,而绿色生态用地的主要流出方向是农业生产用地,通过对比分析发现,分布零散、位置偏远和远离居民点的农业生产用地转变为了生态用地,而原处于生活用地与生产用地之间的绿色生态用地则转变为了农业生产用地,农业生产用地更聚集

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

化发展。同时，工业生产用地、城镇生活用地和农村生活用地流出面积最大的方向均为农业生产用地，虽然农业生产用地的流入面积最多，但是其流出面积大于流入面积，总体上农业生产用地面积缩减，可以看出农业生产用地变化幅度较大，与各地类之间的转换更为频繁。

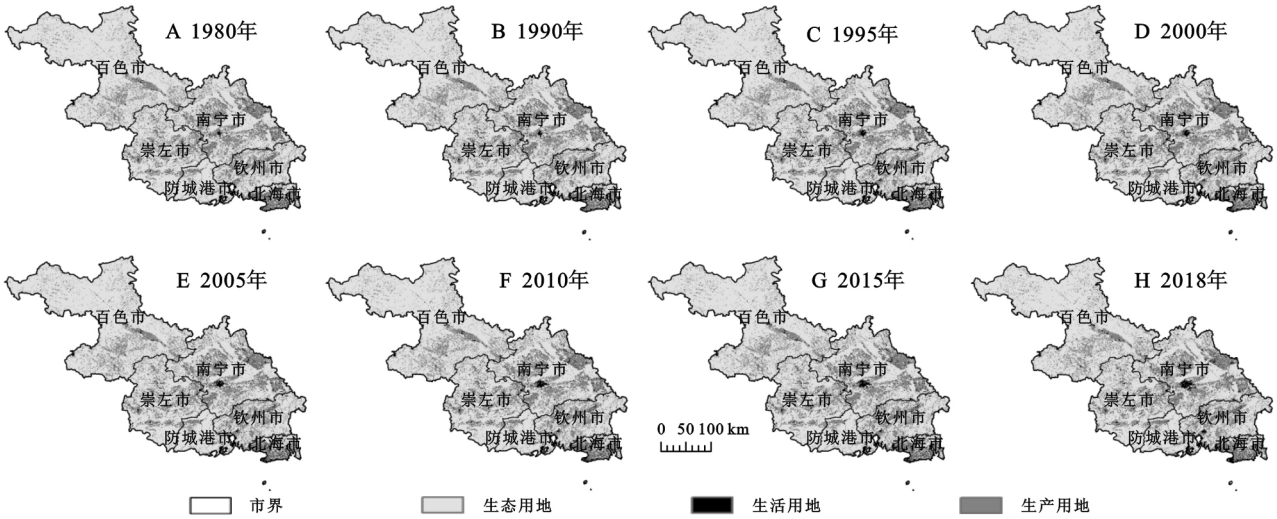

图2 1980－2018年桂西南—北部湾“三生”用地类型分布

表4 1980－2018“三生“用地转移矩阵 km^2

年份	土地利用类型	2018年							
		工业生产用地	农业生产用地	城镇生活用地	农村生活用地	绿色生态用地	水域生态用地	总计	转出量
1980年	工业生产用地	42.20	39.90	6.12	5.69	31.46	8.29	133.66	91.46
	农业生产用地	323.63	12289.89	411.99	994.66	9263.18	535.69	23819.04	11529.15
	城镇生活用地	4.31	23.74	119.54	3.31	18.24	9.72	178.86	59.32
	农村生活用地	22.43	835.52	31.31	161.56	438.05	46.63	1535.50	1373.94
	绿色生态用地	284.81	9581.87	151.41	474.25	56943.04	724.34	68159.72	11216.68
	水域生态用地	65.78	480.92	39.13	56.64	625.61	432.94	1701.02	1268.08
	总计	743.16	23251.84	759.50	1696.11	67319.58	1757.61	95527.80	
	转入量	700.96	10961.95	639.96	1534.55	10376.54	1324.67		

桂西南—北部湾地区1980—2018年期间，“三生”用地变化空间分布见图3。生产用地面积减少的区域主要分布在喀斯特山区百色市，经济较发达地区南宁市和沿海旅游城市北海市，百色市生产用地减少的县域及县级市包括乐业县、右江区、德保县、田东县和靖西市，北海市包括海城区、银海区和铁山港区3个重要沿海区域，南宁市除隆安县和横县之外的10个县区生产用地面积均出现了下降。生产用地面积增加最为明显的是钦州市钦南区，主要增加的二级地类为农业生产用地。生活用地面积减少的区域除崇左市的龙州县外，其余均位于百色市和南宁市，其中百色市包括西林县、田林县、乐业县和那坡县，南宁市包括马山县、上林县、隆安县，生活用地面积增加较为明显的是南宁市的西乡塘区、江南区、青秀区和宾阳县，以及钦州市的钦南区。生态用地面积减少的地区较多，其中钦州市钦南区减少的最为明显，生态面积增加的地区主要以百色市、南宁市和崇左市为主，其中百色市包括乐业县、田东县、德保县和靖西市，南宁市包括马山县、上林县、宾阳县、邕宁区、良庆区、江南区，崇左市包括扶绥县、大新县和龙州县。

3.2 “三生”用地垂直变化特征

由图4可知，2018年桂西南—北部湾地区的“三生”用地垂直分布现状中，生产用地和生活用地面积呈阶梯式下降，随着坡度和海拔的增长而减少，生产用地和生活用地集中主要分布在0°～8°的坡度平缓地区以及海拔低于500 m的地区。在坡度分布中，生态用地面积呈倒U型分布状态，在＜2°和≥25°的坡度范围内面积较少，集中分布在2°～25°。在海拔分布中，生态用地面积随着海拔的升高而减少，其中＜500 m海拔的地区中生态用地最多，在≥2 000 m的海拔中，无生产用地和生活用地，仅有少量的生态用地。由图5可知，1980—2018年桂西南—北部湾地区“三生”用地变化中，在0°～8°坡度区间生态用地面积大幅度减少，生产生活用地面积大量增加，≥8°

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

坡度范围内生态用地面积增加,生产及生活用地面积减少。在海拔变化中,海拔<500 m 的区域生态用地大量减少,生产生活用地增加,其中生活用地增加幅度较大。海拔 500～1 000 m 区间仅有生产用地减少,且减少幅度较为明显,海拔≥1 000 m 的区域内地类变化较少。

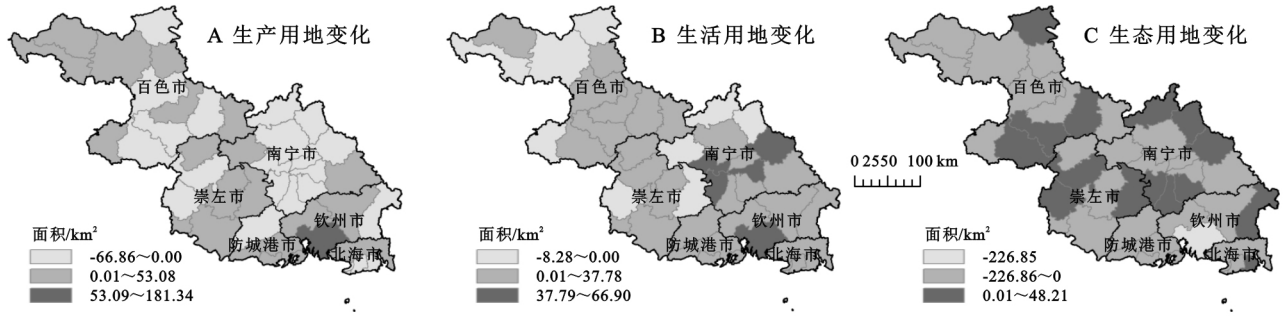

图 3　1980－2018 年桂西南－北部湾“三生”用地类型变化

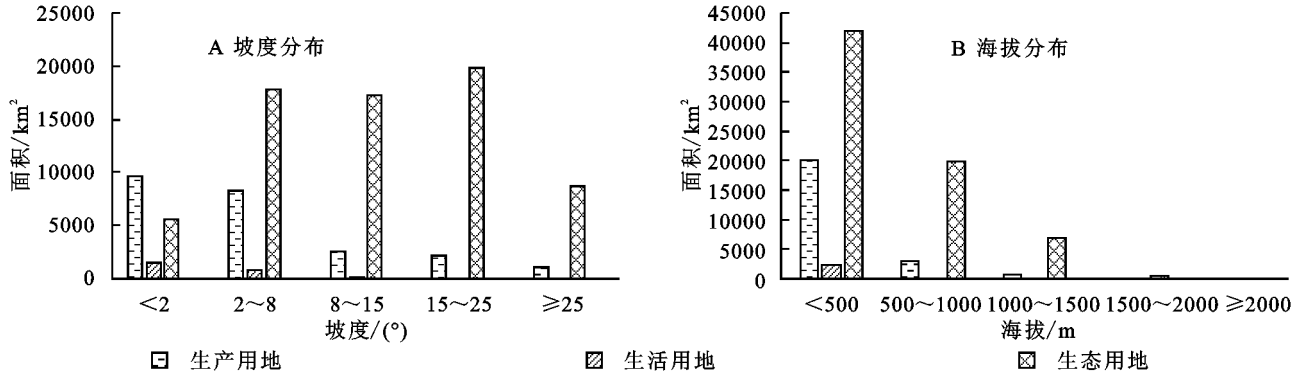

图 4　2018 年桂西南－北部湾地区“三生”用地垂直分布

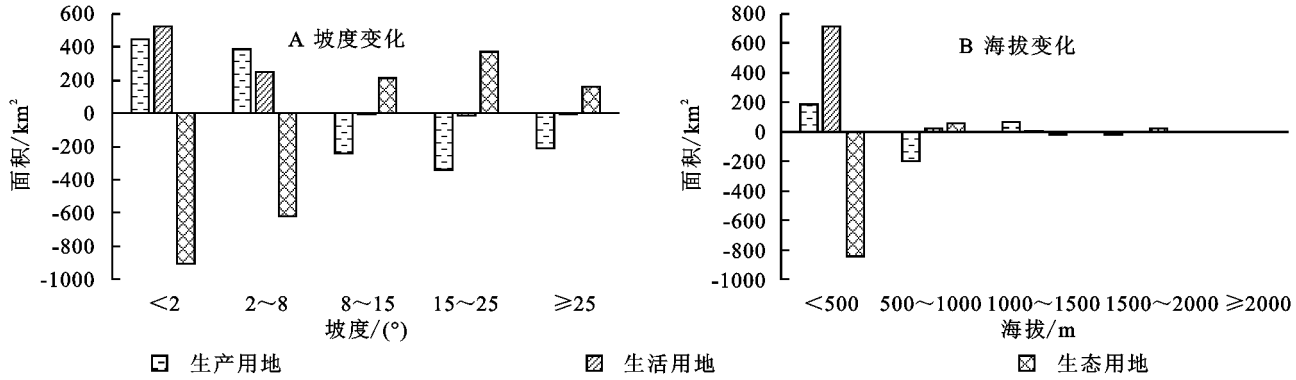

图 5　1980－2018 年桂西南－北部湾地区“三生”用地垂直变化

3.3　基于地理探测器的因子探测分析

“三生”用地变化是自然、地理区位和社会经济因子复杂耦合作用过程在空间上的表现,利用地理探测器方法可分析各驱动因子在多大程度上解释“三生”用地变化的空间分异现象。将生产、生活和生态用地在 1980—2018 年面积变化作为因变量,从自然资源禀赋、地理区位条件和社会经济 3 个方面选取 15 个自变量。在 ArcGIS 软件中根据各驱动因子的聚集特征进行分级,实现离散化,运用地理探测器软件对生产用地变化、生活用地变化和生态用地变化 3 个因变量和 16 个自变量分别进行因子探测(表 5),求得各因子对“三生”用地变化的影响力值(q 值,其值越大表明该因子对“三生”用地变化的影响越大,反之亦然)和因子解释力值(p 值,其值越小表明该因子对“三生”用地变化影响的解释力越大,反之亦然),分析结果显示,对生产和生态用地变化解释力最强的因子均是DEM,对生活用地变化解释力最强的因子是地均第三产业产值(0.61),石漠化程度对生产、生活和生态用地变化的驱动力最小。对生产用地变化影响较大的因子主要有 DEM(0.34)、人口密度(0.34)、气温(0.28)、第一产值(0.28)、城镇居民可支配收入(0.27)等;对生活用地变化影响较大的因子主要有第三产值(0.61)、人口密度(0.58)、第一产值(0.57)、生产总值(0.56)和道路密度(0.54)等;对生态用地变化影响较大的因子主要包括 DEM(0.47)、第一产值(0.42)、人口密度(0.36)和气温(0.32)等。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表5 桂西南－北部湾“三生”用地演变驱动因子探测结果

驱动因子	生产用地变化		生活用地变化		生态用地变化	
	q	p	q	p	q	p
DEM	0.34	0.00	0.39	0.00	0.47	0.00
地形起伏度	0.10	0.01	0.45	0.00	0.26	0.00
石漠化程度	0.04	0.03	0.18	0.00	0.11	0.00
降水量	0.13	0.00	0.26	0.00	0.20	0.00
气温	0.28	0.00	0.25	0.00	0.32	0.00
道路密度	0.20	0.19	0.54	0.00	0.28	0.00
河流密度	0.19	0.00	0.25	0.00	0.27	0.00
市级行政可达性	0.17	0.00	0.25	0.00	0.20	0.00
人口密度	0.34	0.00	0.58	0.00	0.36	0.00
地均生产总值	0.23	0.00	0.56	0.00	0.30	0.00
地均第一产业产值	0.28	0.00	0.57	0.00	0.42	0.00
地均第二产业产值	0.10	0.01	0.50	0.00	0.14	0.00
地均第三产业产值	0.19	0.00	0.61	0.00	0.28	0.00
城镇居民可支配收入	0.27	0.00	0.48	0.00	0.30	0.00
农村居民可支配收入	0.18	0.00	0.46	0.00	0.29	0.00

4 讨论与结论

4.1 讨 论

本研究从时间水平方向和空间垂直方向综合分析了桂西南喀斯特地区和北部湾经济区的“三生”用地变化特征，研究区自然资源条件和地理区位复杂，打破传统的行政边界，区域自西北向东南倾斜的斜坡带对“三生”用地变化起到了重要的影响作用。由于土地利用数据的可获取性限制，本研究使用的土地利用数据精度较低，未来可基于精度更高的土地利用数据进行更详实的研究。文章尝试运用地理探测器探测“三生”用地变化的机理，探测自然资源禀赋、地理区位和社会经济等方面因子对“三生”用地变化的影响，但仍有不足之处，驱动因子没有考虑政策调控等因素，北部湾经济区享受的政策扶持力度大于喀斯特山区，政策导向对“三生”用地变化的影响也起到了关键性作用，需从政府宏观调控角度分析“三生”用地变化的内在机理，为国土空间规划提供更科学的参考依据。

4.2 结 论

（1）1980—2018年38 a间，桂西南—北部湾地区“三生”用地水平变化特征表现为生态用地减少，生产用地总体平衡，生活用地增加。虽然生产用地总体平衡，但在二级地类中变化较为明显，农业生产用地面积有较大幅度减少，工业生产用地面积有较明显增加。总体看来生活用地及工业生产用地由城镇中心向外扩张，占据大量优质农田及生态用地，生活用地及生产用地变化最明显的是以首府南宁中心向外发展，以及钦州、北海和防城港等地区往沿海方向发展，桂西南喀斯特地区的生产生活用地增长较为缓慢。

（2）桂西南—北部湾地区“三生”用地垂直变化特征明显，生产生活用地主要分布在北部湾经济区一带的坡度平缓、海拔较低的地区，随着坡度及海拔的升高而减少，高坡度、高海拔地区主要分布的是生态用地，生态用地面积占比较大的是桂西南喀斯特地区。在38 a间，位于低坡度、低海拔地区的大量生态用地转变为生产生活用地，而位于坡度和海拔较高地区的生产生活用地则转变成了生态用地。

（3）生产用地和生活用地减少的地域分布特征呈现两极化。生产用地减少的区域主要位于落后的喀斯特山区的中部地区和经济较为发达的南宁、北海市中部地区，其中，喀斯特山区的生产用地主要转化为生态用地，北部湾地区中的生产用地主要转化为生活用地。生活用地减少的区域也是主要分布在喀斯特山区百色市和经济较发达地区南宁市，但主要位于城市的边缘地区，其中喀斯特地区的生活用地主要转化为生产用地，北部经济区的生活用地主要转化为生态用地。

（4）桂西南—北部湾地区组成的自西北向东南倾斜的斜坡带在生产、生态用地变化中具有明显的差异，主要表现为DEM对生产、生态用地的变化都有着很强的解释力。“三生”变化受不同的因素共同作用，自然资源条件和社会经济因素对生产、生态用地变化影响较大，社会经济和地理区位对生活用地变化影响较大，其中，人口密度对“三生”用地的变化均有较大的影响作用，人类活动是“三生”用地变化不可忽视的重要因素。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参考文献:

[1] 张蕾,刘格格,魏俊青,等.“三生用地”转型的生态系统服务价值效应:以营口市为例[J].生态学杂志,2019,38(3):838-846.

[2] 张红旗,许尔琪,朱会义.中国“三生用地”分类及其空间格局[J].资源科学,2015,37(7):1332-1338.

[3] 刘艳中,孙荣泽,陈章,等.临湘市“三生”用地变化及其生态系统服务价值响应[J].水土保持研究,2019,26(6):303-310.

[4] 王考,姚云峰,包金兰.县级尺度“三生”用地动态变化及其空间集聚特征[J].水土保持通报,2018,38(1):306-312,329.

[5] 朱琳,程久苗,金晶,等.“三生”用地结构的空间格局及影响因素研究:基于 284 个城市面板数据[J].中国农业资源与区划,2018,39(8):105-115.

[6] 华吉庆,叶长盛,王飞,等.佛山市“三生”用地演变及其驱动因素分析[J].农业现代化研究,2019,40(1):26-35.

[7] 李科,毛德华,李健,等.湘江流域“三生”空间时空演变及格局分析[J].湖南师范大学自然科学学报,2020,43(2):9-19.

[8] 武爱彬.京津冀区域“三生空间”分类评价与格局演变[J].中国农业资源与区划,2019,40(11):237-242.

[9] 周宇洋,周国富,黄启芬,等.基于洛伦兹曲线和土地利用转型的喀斯特山区“三生”空间分布研究[J].水土保持通报,2020,40(3):297-304,325.

[10] Geng S, Zhu W, Shi P. A functional land use classification for ecological, production and living spaces in the Taihang Mountains[J]. Journal of Resources and Ecology, 2019,10(3):246-255.

[11] 王泽,闫弘文,刘晓燕,等.海阳市“三生”用地利用转型及管制对策研究[J].中国农业资源与区划,2020,41(3):252-261.

[12] 李明薇,郧雨旱,陈伟强,等.河南省“三生空间”分类与时空格局分析[J].中国农业资源与区划,2018,39(9):13-20.

[13] 黄天能,张云兰.基于“三生空间”的土地利用功能演变及生态环境响应:以桂西资源富集区为例[J].生态学报,2021,41(1):348-359..

[14] 李威,陈杰,李璐,等.1980—2015 年长江流域土地利用变化分析[J].人民长江,2020,51(2):49-57.

[15] 薛嵩嵩,高凡,何兵,等.近 30 年乌伦古河流域土地利用与生态系统服务价值变化研究[J].水土保持通报,2019,39(6):223-229,322.

[16] 廖慧,舒章康,金君良,等.1980—2015 年黄河流域土地利用变化特征与驱动力[J].南水北调与水利科技,2021,19(1):129-139.

[17] 周鹏,邓伟,张少尧,等.太行山区国土空间格局演变特征及其驱动力[J].山地学报,2020,38(2):276-289.

[18] 吴清婷,彭贤伟,简萍,等.铜仁市碧江区土地利用变化的时空特征及其驱动因素[J].科学技术与工程,2020,20(4):1326-1336.

[19] 吕婷婷,李林森,朱世峰,等.近 30 a 来白洋淀土地利用变化规律及驱动力分析[J].水利水电技术,2020,51(3):37-44.

[20] 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.

(上接第 235 页)

[31] Arefi I H, Saffari M, Moradi R. Evaluating planting date and variety management strategies for adapting winter wheat to climate change impacts in arid regions [J]. International Journal of Climate Change Strategies & Management, 2017,9(1):846-863.

[32] Wu J, Xu Y, Gao X J. Projected changes in mean and extreme climates over Hindu Kush Himalayan region by 21 CMIP5 models[J]. Advances in Climate Change Research, 2017,8(3):176-184.

[33] Xu Y, Wu J, Shi Y, et al. Change in extreme climate events over China based on CMIP5[J]. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2015,8(4):185-192.

[34] Hu Z Y, Zhang C, Hu Q, et al. Temperature Changes in Central Asia from 1979 to 2011 Based on Multiple Datasets [J]. Journal of Climate, 2014,27(3):1143-1167.

[35] 韩其飞,陆研,李超凡.气候变化对中亚草地生态系统碳循环的影响研究[J].干旱区地理,2018,41(6):1351-1357.

[36] 迪丽努尔·托列吾别克,李栋梁.近 115 a 中亚干湿气候变化研究[J].干旱气象,2018,36(2):32-42.

[37] 薛海丽,张钦,唐海萍.近 60 a 内蒙古不同草原类型区极端气温和干旱事件特征分析[J].干旱区地理,2018,41(4):701-711.

[38] Gessner U, Naeimi V, Klein I, et al. The relationship between precipitation anomalies and satellite-derived vegetation activity in Central Asia[J]. Global and Planetary Change, 2013,110:74-87.

[39] Nemani R R, Keeling C D, Hashimoto H, et al. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999[J]. Science, 2003,300(5625):1560-1563.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net