

DOI: 10.5846/stxb201908221749

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. 生态学报, 2021, 41(1): 348-359.

Huang T N, Zhang Y L. Transformation of land use function and response of eco-environment based on “production-life-ecology space”: a case study of resource-rich area in western Guangxi. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(1): 348-359.

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

黄天能, 张云兰*

广西财经学院经济与贸易学院, 南宁 530003

摘要: 分析土地利用功能演变及生态环境响应是区域“三生空间”划定和管控以及生态环境保护的重要依据。以桂西资源富集区为例, 基于 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年 5 期遥感数据, 构建“三生空间”土地利用主导功能分类体系, 运用转移矩阵、重心转移和生态环境响应模型分析研究区 20 年土地利用功能演变特征及生态环境响应情况, 结果表明: (1) 研究区生态生产空间和生活生产空间面积呈上升趋势, 生产生态空间和生态空间面积呈下降趋势。(2) 生态生产空间重心转移距离最大, 其次是生活生产空间重心, 生产生态空间和生态空间重心转移距离较小。(3) 研究区生态环境质量指数从 1995 年的 0.6337 持续降至 2015 年的 0.6323, 整体质量有所下降。(4) 以林草地为主要地类的县域生态环境质量较高, 重点矿产资源型县域和农产品生产基地生态环境质量较低, 城镇化重点县域生态环境质量最低。

关键词: 三生空间; 土地利用功能演变; 生态环境响应; 桂西资源富集区

Transformation of land use function and response of eco-environment based on “production-life-ecology space”: a case study of resource-rich area in western Guangxi

HUANG Tianneng, ZHANG Yunlan*

Economic and trade college of Guangxi University of Finance and Economics, Nanning 530003, China

Abstract: Analysis of the transformation of land use function and ecological environment response is a fundamental basis for the delineation and control of regional “production-life-ecology space” and ecological environment protection. Based on the remote sensing data in 1995, 2000, 2005, 2010 and 2015, we constructed a land use classification system of “production-life-ecology space” in the resource-abundant area in western Guangxi. Using transfer matrix, center of gravity transferring and ecological environment response model, the paper has analyzed the transformation characteristics of land use function and response of eco-environment in the study area in the past two decades. The results showed that: (1) the areas of ecological production space and life space of the research area were rising, while the production of ecological space and ecological space were declining. (2) The transfer distance of the center of gravity of ecological production space was the largest, followed by the center of gravity of life production space, and the transfer distance between the center of gravity of production ecological space and the center of gravity of ecological space was relatively small. (3) The ecological and environmental quality index of the research area decreased from 0.6337 in 1995 to 0.6323 in 2015, and the overall quality declined. (4) The urban ecological environment exhibited higher quality, while the critical mineral resource county and the agricultural production base presented lower quality, and the quality of ecological environment in key urbanization counties

基金项目: 国家社会科学基金青年项目(17CJY008)

收稿日期: 2019-08-22; 网络出版日期: 2020-07-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangyl1517@163.com

was the lowest.

Key Words: production-life-ecology space; transformation of land use function; response of eco-environment; resource-abundant areas in western Guangxi

土地利用变化是指在一定时期内与区域社会经济转型发展相对应的土地利用形态在时空序列上的演变过程^[1-2],包括土地利用结构和功能的演变过程^[3]。土地利用结构演变表现为区域土地资源数量在土地利用类型之间的相互转换以及空间布局的演变,土地利用功能演变表现为土地利用的生产、生活、生态(简称“三生”)三大主导功能之间的相互转换及空间分布的演变^[4]。近年来众多学者纷纷对土地利用变化的概念、理论与假说、必然性等问题进行研究,成果大多基于土地利用结构演变的视角探讨土地利用变化时空格局^[5-7]、城市扩张与土地利用变化^[8-9]、土地利用变化对区域社会经济以及生态环境质量的影响^[10-12]、土地利用变化驱动力分析^[13-14]、土地利用演变模式^[15]等。土地利用变化对生态环境的影响是全球关注的焦点问题之一,研究内容从地表生态环境系统演变到大气变化均有涉及,可概况为以下几种类型:一是从生境破碎度的视角分析土地利用变化引起景观格局的演变及由此对生物生存环境产生的影响^[16];二是从环境质量演变的视角分析土地利用变化对生态系统服务价值产生的影响^[17-18];三是土地利用格局演变对空气质量及 PM_{2.5}浓度的影响^[19-20]。基于“三生空间”的土地利用主导功能演变将土地利用变化与区域社会经济转型发展相衔接,是研究土地利用变化问题的新视角。党的“十八大”提出“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的国土空间规划目标,“十九大”进一步强调“坚定走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路”,此后学术界纷纷从理论框架、划定方法、格局演变、多功能评价等方面对土地利用功能演变进行研究^[21-25]。2019年5月,国家颁布的《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》明确提出“三区空间”划定的基本要求,标志着国土空间开发格局从以生产空间为主导转向生产、生活和生态“三生空间”相协调的开发模式^[26]。“三生空间”成为当前地理学、生态学和经济学等众多学科研究土地利用变化的热点^[27-29]。基于“三生空间”土地利用功能演变产生的土地破坏、大气污染、水体恶化、生态系统退化等环境问题已引起广大学者的关注,但研究成果尚不多见。已有研究对“三生空间”的识别仍有不足,关于“三生空间”功能分类体系中各功能地类的生态环境质量指数赋值思想和观点尚未统一,仍有可改进之处。

桂西资源富集区是国家西部大开发明确支持建设的8个重点能源资源富集地区之一,是中国通往东盟国家的重要通道,也是广西经济新的增长极。近年来,在政策与经济的驱动下,区域土地利用形态随着矿产资源开发、工业化水平提高、区域城镇化等发生明显转变,土地开发强度不断增大,土地利用功能随之发生变化。桂西资源富集区作为区域资源开发的新战场,土地利用变化逐年活跃,由此引起的生态环境变化值得广大政府工作人员和科技工作者深入思考和研究,因此,定量研究桂西资源富集区社会经济转型发展过程中1995—2015年各时段土地利用功能演变的时空特征及生态环境响应规律,可为资源型地区土地资源开发和生态环境保护提供借鉴。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

桂西资源富集区是指地处广西西部的河池、百色、崇左三市所辖的30个县(市、区),土地面积869万hm²,占全区土地总面积37.8%,2018年末总人口约920万人,具有资源富集、生态脆弱、沿边开放、扶贫开发、西南出海大通道支撑点等鲜明特征,是我国西南自然资源丰富、民族文化浓郁、区位条件较好、发展潜力较大的地区,具体位置及研究范围见图1。近年来伴随着城镇化快速推进和矿产资源不断开发,土地利用功能发生变化,研究桂西资源富集区土地利用功能演变及生态环境响应规律,对未来国土空间规划和管控以及区域生态环境保护等具有典型性和较强的现实指导意义。

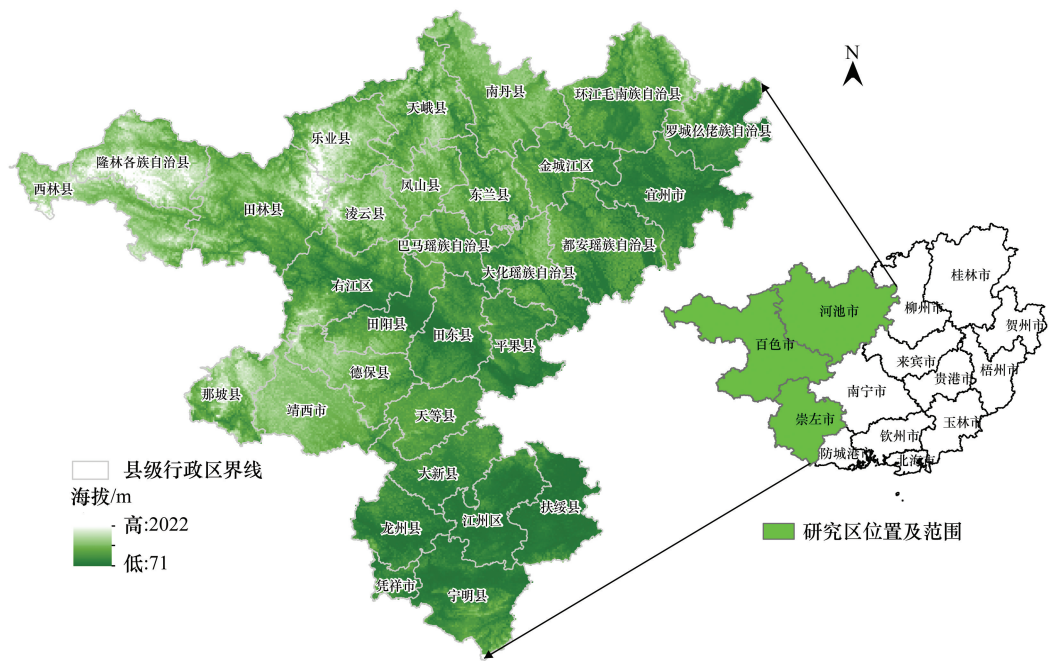


图 1 研究区位置及范围

Fig.1 Location and scope of research area

1.2 数据来源与处理

研究区 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年土地利用数据来源及特征见表 1。基于遥感影像,利用 ENVI5.1 进行几何校正、影像增强、影像融合、镶嵌与裁剪等一系列处理后,在 ArcGIS 10.2 平台上进行目视解译。参考中国科学院土地分类体系,结合研究区土地利用特点,将土地利用/覆被类型划分为水田、旱地、有林地等 17 种类型,并利用 GPS 进行野外定点核查,同时与 Google Earth 高分辨率影像进行精度验证,数据解译精度均在 90% 以上,满足研究要求。行政区界线来源于 2017 年版全国基础地理信息数据库。

表 1 土地利用遥感影像信息说明

Table 1 Descriptive Statistics of the Land Use Remote Sensing Data					
年份 Year	影像选取月份 Image selection month	云量 Clouds/%	传感器 Sensor	分辨率 Resolution	数据来源 Source of data
1995	11	0.03	Landsat5 TM	30 m×30 m	地理空间数据云平台 (http://www.gscloud.cn)
2000	8	2.89	Landsat5 TM	30 m×30 m	地理空间数据云平台 (http://www.gscloud.cn)
2005	10	0.27	Landsat5 TM	30 m×30 m	地理空间数据云平台 (http://www.gscloud.cn)
2010	11	0.00	Landsat5 TM	30 m×30 m	地理空间数据云平台 (http://www.gscloud.cn)
2015	10	0.64	Landsat8 OLI	30 m×30 m	地理空间数据云平台 (http://www.gscloud.cn)

2 研究方法

2.1 “三生空间”分类体系构建及生态环境质量指数计算

土地是一个集生产、生活和生态功能于一体的多功能复杂综合体,但由于土地利用方式、强度等不同,使不同土地利用类型的主导功能差异较大,因此科学识别区域“三生空间”是本研究的重要基础。以中国科学院土地分类体系为基础,参考张红旗等^[30]对中国“三生用地”分类体系结合研究区土地利用特点,以土地主导功能和次要功能相结合的原则构建研究区“三生空间”分类体系,其空间布局见图 2;受李晓文等^[31]制定的

土地利用类型生态环境质量值过程和结果的启示,笔者认为同一地类在不同的土地利用结构中所体现的生态环境质量应不同,因此本文利用面积加权法^[32]动态计算研究区不同年份“三生”土地利用主导功能分类的生态环境质量指数(表 2)。

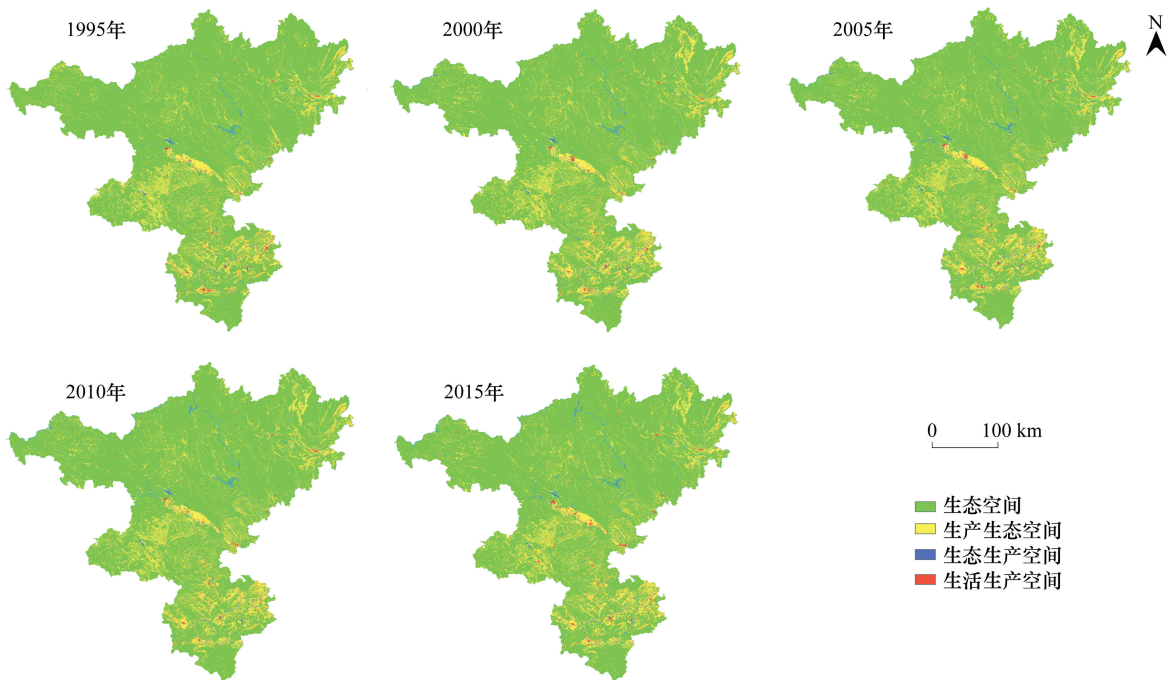


图 2 基于“三生空间”的土地利用现状空间分布

Fig.2 Spatial Distribution of Land Use based on“production-life-ecology space”

表 2 桂西资源富集区土地利用主导功能分类体系及其生态环境质量指数

Table 2 Land use classification system of leading function in resource-abundant areas western			各年份生态环境质量指数				
土地利用主导功能分类		对应的土地利用类型	Ecological environmental quality index of each year				
一级分类	二级分类		1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
The primary classification	The secondary classification	Corresponding land use type					
生态空间 Ecological space	重点生态用地	有林地、灌木林地、高覆盖草地	0.7837	0.7839	0.7838	0.7836	0.7835
	一般生态用地	疏林地、其他林地、中低覆盖草地	0.4474	0.4469	0.4464	0.4459	0.4459
	生态容纳地	裸土地、裸岩石砾地	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0312
生产生态空间 Production ecological space	农业生产用地	水田、旱地	0.2752	0.2749	0.275	0.275	0.2751
生态生产空间 Ecological production space	水域生产用地	河渠、水库坑塘、滩地	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
生活生产空间 Life production space	城乡生活用地	城镇用地、农村居民点、其他建设用地	0.1966	0.1966	0.1964	0.1959	0.1901

2.2 土地利用功能转移矩阵

土地利用功能结构演变可通过土地利用类型转移矩阵模型来实现,转移矩阵既能反映土地利用的数量变化,又能体现“三生空间”的转移方向。基于研究区 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年 5 期影像数据,利用 ArcGIS10.2 中的重分类和地图代数运算功能,获取各时段土地利用功能转移面积,进而借助 Excel 的数据透视表功能构建土地利用功能转移矩阵。

2.3 土地利用功能重心转移模型

土地利用功能重心转移模型基于人口地理学中的人口分布重心原理构建而得,基本方法是:把研究区分为 k 个评价单元,确定每个评价单元的几何中心坐标(以经纬度表示),然后将中心坐标乘以该评价单元该类型功能用地的面积,最后将累加后的乘积除以研究区该类型功能用地的总面积,即可求出研究区域内某种土地功能的重心坐标^[33-34],表达式为:

$$X_t = \sum_{i=1}^n (S_{ki} \times X_k) / \sum_{i=1}^n S_{ki}; Y_t = \sum_{i=1}^n (S_{ki} \times Y_k) / \sum_{i=1}^n S_{ki} \quad (1)$$

式中, X_t 、 Y_t 分别为第 t 年某种土地资源分布重心的经纬度坐标; X_k 、 Y_k 分别为第 k 个评价单元几何中心的经纬度坐标; S_{ki} 为第 k 个评价单元某类功能用地的面积; n 为基于“三生功能”的土地资源类型数量。重心转移距离指某年份重心与随后相邻年份重心之间的直线距离,设第 t 、 $(t+1)$ 年份重心分别为 $P_t(X_t, Y_t)$, $P_{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})$, 则相邻年份重心转移距离为:

$$L = \sqrt{(X_{t+1} - X_t)^2 + (Y_{t+1} - Y_t)^2} \quad (2)$$

2.4 土地利用功能演变的生态环境响应模型

2.4.1 生态环境质量指数

区域生态环境质量指数是该区域内“三生用地”具有的生态环境质量及其面积比例综合作用的结果^[35-36],计算公式如下:

$$EV_k = \sum_{i=1}^n \left(\frac{S_{ki}}{S_k} \times V_i \right) \quad (3)$$

式中, EV_k 为第 k 个评价单元的生态环境质量指数, S_{ki} 为第 k 个评价单元某类功能用地的面积; S_k 为第 k 个评价单元的土地总面积, V_i 为第 i 类功能用地的生态环境质量指数, n 为基于“三生功能”的土地资源类型数量。

2.4.2 生态贡献度

土地利用功能演变的生态贡献度指土地利用功能转换导致的区域环境生态质量改变的影响程度^[37-38],正值表示该类转型改善区域生态环境质量,负值表示该类转型导致区域生态环境质量下降。计算公式如下:

$$LEI = \frac{(LE_j - LE_i) \times \Delta S_k / S_k}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (LE_j - LE_i) \times \Delta S_k / S_k} \times 100\% \quad (4)$$

式中, LEI 为土地利用功能演变的生态贡献度, LE_j 、 LE_i 分别为某种土地利用功能变化类型所反映的变化初期和末期土地利用类型所具有生态环境质量指数, ΔS_k 为该变化类型的面积; S_k 为第 k 个评价单元的土地总面积; n 为基于“三生功能”的土地资源类型数量。

3 结果与分析

3.1 土地利用功能演变特征

由图 3 可知:随着矿产资源开发和城镇化快速发展,桂西资源富集区生态生产空间和生活生产空间呈上升趋势,20 年间生态生产空间面积增加了 124.95 hm^2 ,2015 年较 1995 年增长了 20.40%;生活生产空间面积增加了 174.77 hm^2 ,2015 年较 1995 年增长了 24.03%,其中 2010—2015 年增长幅度最大,增加了 134.47 hm^2 ,占研究期增长幅度的 76.94%。生态空间总体呈下降趋势,20 年间生态空间面积减少了 267.32 hm^2 ,其中 1995—2000 年减少幅度最大,为 170.90 hm^2 ,占研究期减少幅度的 63.93%;生产生态空间呈先上升后下降的趋势,1995—2000 年增长了 145.02 hm^2 ,随后 2000—2015 年持续下降了 177.42 hm^2 ,总的来说,即使受国家耕地保护制度的制约,研究期内桂西资源富集区生产生态空间面积仍减少了 32.40 hm^2 。

为进一步研究土地利用功能演变过程和特征,以“三生空间”构建了转移矩阵,结果如表 3:1995—2000

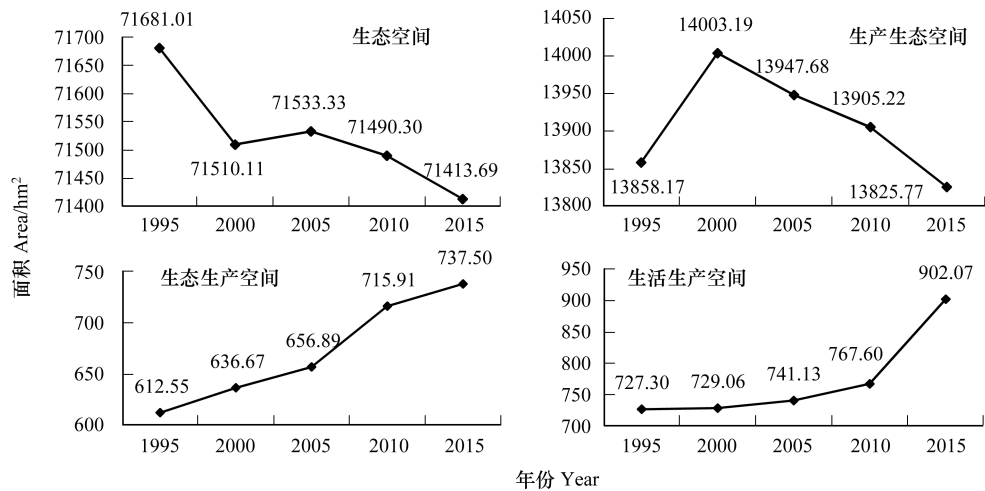


图3 1995—2015年“三生空间”面积走势

Fig.3 The trend of the square of the production-life-ecology space from 1995 to 2015

年转移面积最大的是生态空间转为生产生态空间,为 154.01 hm²,主要是林地和草地转为旱地;其次是生态空间转为生态生产空间,面积为 18.02 hm²,主要是局部地区开挖坑塘水面养殖占用其他林地和草地;少量生产生态空间转为生态生产空间和生活生产空间。2000—2005 年转移面积最大的是生产生态空间转为生态空间,这一转移过程与上一时期最大转移类型相逆,面积为 52.01 hm²,主要是耕地撂荒后转变为草地和林地;其次是生态空间转为生态生产空间,面积为 15.13 hm²,具体转移地类类似于上一时段;生态空间和生产生态空间向生活生产空间转移较上一时期明显增大。2005—2010 年,生态空间转为生态生产空间上升为最显著的转移类型,面积达 43.27 hm²,占该时期转移面积的 45.98%。其次是生产生态空间向生活生产空间和生态生产空间转变,分别为 20.43 hm²和 16.23 hm²,主要表现为耕地被建设占用以及耕地转变为养殖水面;生态空间向生活生产空间转移 6.07 hm²,亦有生态空间和生产生态空间相互转化,但生态空间向生产生态空间转移占

表3 1995—2015 年各时段“三生空间”转移矩阵/hm²

Table 3 The transfer matrix of production-life-ecology space for each period from 1995 to 2015

研究时段 Period	三生空间 Production-life- ecological space	生态空间 Ecological space	生产生态空间 Production ecological space	生态生产空间 Ecological production space	生活生产空间 Life production space
1995—2000	生态空间	71508.98	154.01	18.02	
	生产生态空间	1.00	13848.57	6.14	2.46
	生态生产空间			612.55	
	生活生产空间				727.30
2000—2005	生态空间	71480.78	7.08	15.13	7.12
	生产生态空间	52.01	13939.77	5.08	6.33
	生态生产空间			636.67	
	生活生产空间				729.06
2005—2010	生态空间	71482.99	1.00	43.27	6.07
	生产生态空间	7.15	13903.87	16.23	20.43
	生态生产空间			656.89	
	生活生产空间				741.13
2010—2015	生态空间	71411.69	8.11	16.17	54.33
	生产生态空间	2.00	13815.66	5.42	82.14
	生态生产空间			715.91	
	生活生产空间		2.00		765.60

主导地位。2010—2015 年,生活生产空间面积大幅提升,增加面积 136.47 hm^2 ,主要来自生产生态空间和生态空间,分别为 82.14 hm^2 和 54.33 hm^2 ,说明该时期建设主要占用了耕地,其次是林地和草地;发生转移的还有生态空间向生态生产空间转移、生态空间和生产生态空间相互转化、生产生态空间向生态生产空间转移。值得注意的是 2010—2015 年首次出现了生活生产空间向生产生态空间转移,体现为建设用地转变为耕地,这可能是近年来易地扶贫搬迁、农村建设用地整理以及矿山复垦的综合作用对耕地保护的贡献。总的来说,生态生产功能和生态生产功能增强、生态功能和生产生态功能减弱是研究区三生空间转型的主基调;“三生空间”转型受资源开发、精准扶贫、土地管理政策等因素的共同影响。

3.2 土地利用功能重心转移

根据公式(1)分别计算了研究区 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年的“三生空间”重心坐标并判别重心位置及转移方向,根据公式(2)计算重心转移距离,结果如图 4。

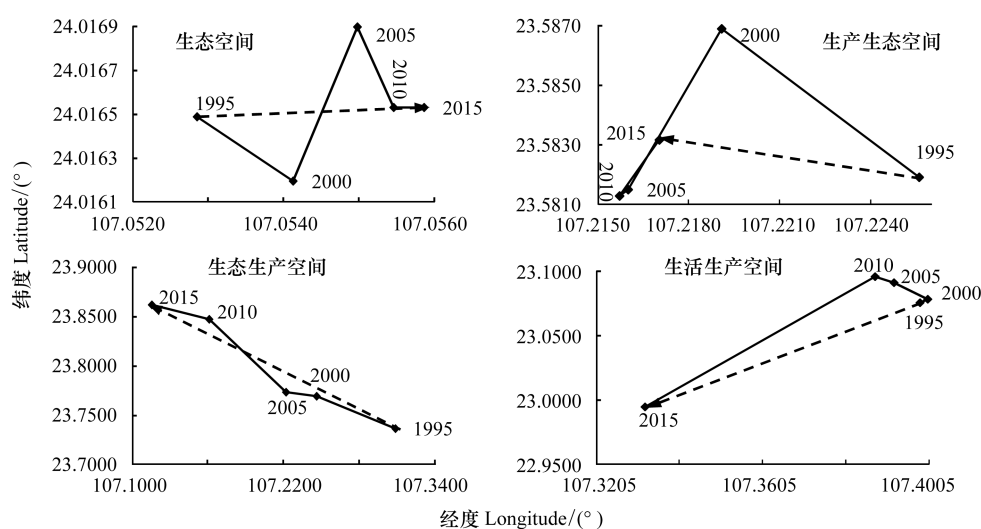


图 4 1995—2015 年各时段“三生空间”重心位置、转移方向及距离

Fig.4 The gravity centers, direction and distance of transfer of production-life-ecology space for each period from 1995 to 2015

从重心位置来看,20 年间,生态空间重心均落在田阳县境内,主要是该县以低山丘陵土地为主,占全县土地总面积的比例约为 55%,土地易于植被生长,使该区域成为桂西资源富集区重要的生态屏障;生产生态空间重心均落在田东县境内,源于生产生态功能对自然条件要求相对较高,而田东县地处右江河谷冲积平原,中部为平缓开阔的盆地,右江河穿过盆地中间流向东南,两岸形成比较平坦的耕作高产地区,是广西重要的粮食生产基地,也是万亩高标准基本农田建设基地;生态生产空间重心均落在田阳县境内,田阳县地处右江河谷中部,水域总面积约为 616667 hm^2 ,占全县土地总面积的 2.58%,境内水利设施相对完善,是重要的水产养殖基地;生活生产空间重心均落在大新县境内,大新县锰矿、铁矿、石炭岩、稀土矿等矿产资源丰富,境内以小型矿山为主,分布广泛,近年来矿产资源开发及矿山修复使建设用地迁移活跃。

从各功能空间重心转移方向和距离来看,向东偏北方向迁移是生态空间重心转移的主体趋势,20 年间共向东偏北方向移动 333.89 m (如图 4 虚线所示,下同),由田阳向巴马方向转移。生产生态空间重心先向西北转移 909.41 m,后向西南转移 729.29 m,最后向东北方向转移 254.32 m,20 年间生产生态空间重心共向西北方向转移 959.94 m,由田东向田阳方向转移。生态生产空间重心转移距离最大,达 25526.52 m,四个时段均向西北方向转移。生活生产空间重心因矿产开采和矿山复垦的复杂性转移方向多变,1995—2015 年共向西南方向转移 11579.48 m。生态生产空间和生活生产空间转移距离明显大于生产生态空间和生态空间,说明坑塘水面和建设用地受人类干扰强烈,土地利用变化活跃程度较高;而耕地、林地、草地等生产生态用地和生态用地受自然环境的约束较大,短时期内不会发生强烈演变。

3.3 土地利用功能演变的生态环境响应

3.3.1 生态环境质量演变

研究区各年份生态环境质量指数计算结果显示(表4):1995—2015年研究区生态环境质量指数由1995年的0.6337持续降至2015年的0.6323,表明生态环境总体质量有所下降。从1995到2015各年中,虽然生态环境质量年度变化量不大,但处于持续降低的状态,可能的原因:一是2000年以前桂西资源富区矿产资源开发主要集中在平果和南丹,其他地方以小规模矿山为主,2000年后开始对德保、靖西等地进行大规模的铝矿资源开发,目前仍处于矿产资源开发周期的初始阶段,短时间内生态环境质量不会发生太大变化,但生态环境质量持续降低的问题应引起政府部门和学术界的重视;二是研究区生态环境质量同时存在改善和降低两种趋势,一定程度上相互中和,降低趋势略占优势。根据图5结合图2可知,各评价时点上,田林、都安、大化、凭祥、凌云、西林、乐业等以林草地为主要地类的县域生态环境质量较高,田林和凭祥以发展林木业产品为主要产业,生态环境质量较高,而都安、大化、凌云、西林、乐业等县受地形地貌影响,限制了工业发展和城镇聚集,生态环境质量较高。南丹、靖西、德保、平果等重点矿产资源型县域生态环境质量较低;田阳和田东作为广西重要的农产品生产基地,生态环境质量普遍偏低;宜州市、江州区和扶绥县是近年来广西重点推进城镇化的区域,生态环境质量最低,表明城镇扩张过程中建设用地规模扩大严重影响区域生态环境质量;金城江因四面环山发展受限,河池市选择宜州市作为重点发展区域,各项产业向宜州市转移;崇左2003年撤县立市后,江州区作为全市的政治、经济、文化中心,近年来城镇建设规模不断扩大;扶绥县作为南宁市的后花园,不仅煤矿资源丰富,也是广西推进城镇化的重点区域,近年来不断吸引各大中专院校和房产企业入驻,城镇建设用地面积迅速增长,生态环境质量指数较低。从时间序列对比单个县域的评价结果可知,研究期间,有26个县(市、区)生态环境质量处于下降态势,占总研究区域的86.67%,因此持续下降是研究区生态环境质量的主体趋势,低质量区主要集中在中部的田阳、田东、平果县和东南部的宜州市、江州区和扶绥县。

表4 各年份生态环境质量指数

Table 4 Eco-environmental quality index for each year

年份 Year	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
生态环境质量指数 Eco-environmental quality index	0.6337	0.6336	0.6331	0.6328	0.6323

3.3.2 生态贡献率差异

区域内生态环境质量同时存在着改善与下降两种相逆的趋势,在一定程度上相互抵消使区域生态环境质量维持在一定范围内。各研究时段内导致生态环境质量改善和下降的主要土地功能转移类型的生态贡献指数和贡献度见表5。四个时期的综合生态贡献指数均为负数,结合表4可知,研究期内研究区生态环境质量处于持续下降的态势。

农业生产用地转为水域生产用地、一般生态用地和重点生态用地,一般生态用地转为水域生产用地和重点生态用地,城乡生活用地转为农业生产用地是生态环境质量改善的主导因素。1995—2000年一般生态用地转为重点生态用地贡献度达97.3%,主要是该时期内大量草地和其他林地转为灌木林地和有林地;2000—2005年一般生态用地转为重点生态用地贡献度仍占据首要地位,达68.35%,受退耕还林等政策影响,开始出现农业用地转为林地等生态用地,贡献度为25.84%;2005—2010年一般生态用地转为重点生态用地贡献度达84.32%;2010—2015年使生态环境质量改善的转移类型较前三期发生明显变化,一般生态用地转为重点生态用地贡献度降至46.30%,同时农业生产用地转为水域生产用地贡献度从2005—2010年的9.00%上升到31.35%,主要是该时期内田阳县将水田和旱地开挖为坑塘水面,大量进行水产养殖。

导致生态环境质量下降的因素较多,其中重点生态用地转为农业生产用地、一般生态用地和城乡生活用地以及农业生产用地转为城乡生活用地是导致生态环境质量下降的主要因素,导致生态环境下降的土地利用功能转移类型随时间推移不断增多。1995—2000年导致生态环境下降的主要因素是重点生态用地转为农业

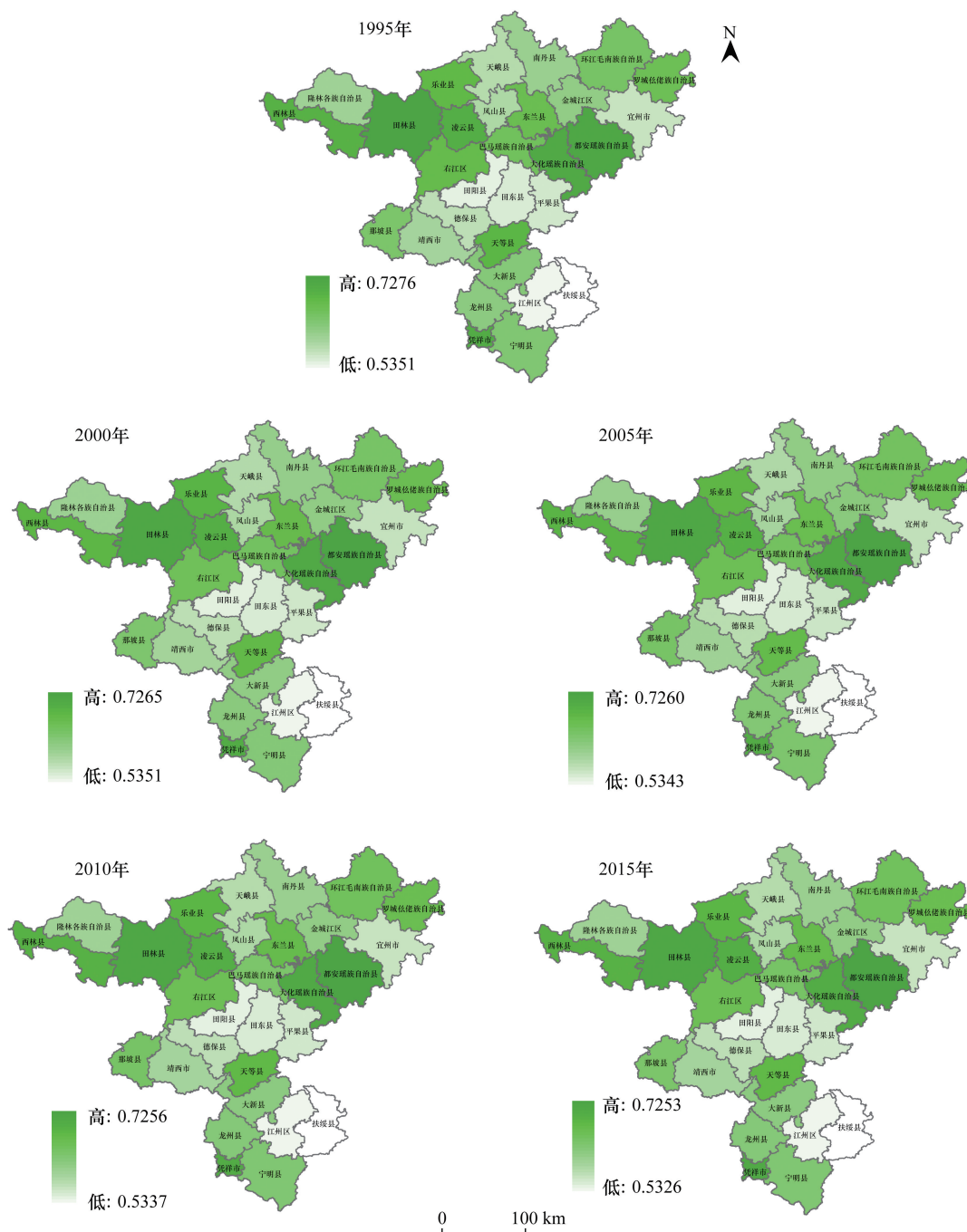


图5 各年份生态环境质量空间分布

Fig.5 Spatial Distribution of ecological and environmental quality for each year

生产用地和一般生态用地,贡献度达 85.16%,主要原因是林地砍伐以及林地和高覆盖草地被开垦为耕地。2000—2005 年重点生态用地转为一般生态用地贡献度高达 92.20%,该时期虽受退耕还林政策影响使大量耕地转为林地,但是该时期也是研究区桉树大量砍伐的时期,相逆的两种因素综合作用后生态环境下降的趋势占据主导地位。2005—2010 年重点生态用地转为一般生态用地贡献度为 87.56%,略高于同期内一般生态用地转为重点生态用地贡献度(84.32%)。2010—2015 年导致生态环境质量下降的主导因素与前三期相比发生显著变化,该时期最主要特征是在社会经济发展、城镇化政策等因素的综合作用下,城乡生活用地大幅提升。重点生态用地转为城乡生活用地导致生态环境下降贡献度首次跃居第一,为 45.57%,主要是城镇扩张及局部

地区矿山迁移和复垦使建设用地规模和布局急剧发生变化;农业生产用地转为城乡生活用地导致生态环境下降贡献度由上一时期的 2.04% 上升至 15.24%,一般生态用地转为城乡生活用地由上一时期的 0.97% 上升至 10.65%,主要原因是城镇扩张占用周边的耕地、林地和草地。

表 5 影响生态环境质量的主要用地转移类型及贡献度

Table 5 Main types of land use transformation and contribution level affecting the quality of ecological environment

研究时段 Period	转移类型 Transfer types	单一类型生态 贡献指数 Single type ecological contribution index	综合生态贡献指数 Comprehensive ecological contribution index	生态贡献度/% Ecological contribution	性质 Character
1995—2000	农业生产用地-水域生产用地	0.000019	-0.000107	1.76	改善
	农业生产用地-一般生态用地	0.000002		0.18	改善
	一般生态用地-水域生产用地	0.000008		0.77	改善
	一般生态用地-重点生态用地	0.001050		97.29	改善
	农业生产用地-城乡生活用地	-0.000002		0.15	下降
	一般生态用地-农业生产用地	-0.000145		12.22	下降
	重点生态用地-农业生产用地	-0.000474		40.01	下降
	重点生态用地-水域生产用地	-0.000030		2.50	下降
	重点生态用地-一般生态用地	-0.000535		45.12	下降
2000—2005	农业生产用地-水域生产用地	0.000016	-0.000490	3.06	改善
	农业生产用地-一般生态用地	0.000087		16.81	改善
	农业生产用地-重点生态用地	0.000047		9.07	改善
	一般生态用地-水域生产用地	0.000014		2.76	改善
	一般生态用地-重点生态用地	0.000353		68.30	改善
	农业生产用地-城乡生活用地	-0.000005		0.54	下降
	一般生态用地-城乡生活用地	-0.000009		0.86	下降
	一般生态用地-农业生产用地	-0.000006		0.59	下降
	重点生态用地-城乡生活用地	-0.000027		2.69	下降
	重点生态用地-农业生产用地	-0.000023		2.33	下降
	重点生态用地-水域生产用地	-0.000008		0.80	下降
	重点生态用地-一般生态用地	-0.000928		92.20	下降
	农业生产用地-水域生产用地	0.000051		9.02	改善
	农业生产用地-一般生态用地	0.000014		2.45	改善
2005—2010	一般生态用地-水域生产用地	0.000024	-0.000331	4.25	改善
	一般生态用地-重点生态用地	0.000474		84.29	改善
	农业生产用地-城乡生活用地	-0.000018		2.04	下降
	一般生态用地-城乡生活用地	-0.000009		0.97	下降
	一般生态用地-农业生产用地	-0.000002		0.22	下降
	重点生态用地-城乡生活用地	-0.000020		2.27	下降
	重点生态用地-水域生产用地	-0.000062		6.93	下降
	重点生态用地-一般生态用地	-0.000782		87.56	下降
	城乡生活用地-农业生产用地	0.000002		3.62	改善
	农业生产用地-水域生产用地	0.000016		31.39	改善
	农业生产用地-重点生态用地	0.000006		11.61	改善
	一般生态用地-水域生产用地	0.000004		7.13	改善
	一般生态用地-重点生态用地	0.000023		46.25	改善
	农业生产用地-城乡生活用地	-0.000080		15.27	下降
2010—2015	农业生产用地-生态容纳地	-0.000003	-0.000474	0.53	下降
	一般生态用地-城乡生活用地	-0.000056		10.66	下降
	一般生态用地-农业生产用地	-0.000002		0.37	下降
	一般生态用地-生态容纳地	-0.000014		2.73	下降
	重点生态用地-城乡生活用地	-0.000239		45.58	下降
	重点生态用地-农业生产用地	-0.000041		7.81	下降
	重点生态用地-水域生产用地	-0.000035		6.66	下降
	重点生态用地-一般生态用地	-0.000054		10.37	下降

4 研究结论

基于“三生空间”视角,利用 GIS 空间分析和重心转移、生态环境质量指数、生态贡献率等模型,分析了桂西资源富集区 1995—2015 年各时段土地利用功能演变特征及生态环境响应情况,结论如下:

(1)从“三生空间”面积变化来看,20 年间桂西资源富集区生态生产空间和生活生产空间呈上升趋势,生产生态空间面积增加了 124.95 hm^2 ,2015 年较 1995 年增长了 20.40%;生活生产空间面积增加了 174.77 hm^2 ,2015 年较 1995 年增长了 24.03%;生态空间总体呈下降趋势,面积减少了 267.32 hm^2 ;生态生产空间呈先上升后下降的趋势,最终面积减少了 32.40 hm^2 。生态生产功能和生活生产功能增强、生态功能和生产生态功能减弱是研究区三生空间演变的主基调;三生空间演变受资源开发、城镇化发展、精准扶贫、土地管理政策等因素的共同影响。

(2)从各空间重心转移方向和距离来看,生态生产空间重心转移距离最大,20 年间由田阳中部向西北方向转移距离达 25526.52 m;生产生活空间重心由大新东北部向西南方向转移 11579.48 m;生产生态空间重心由田东中部向西北方向转移 959.94 m,趋近于田阳县;生态空间重心向东偏北方向移动 333.89 m,呈现由田阳向巴马转移的趋势。

(3)从生态环境质量评价结果看,研究期间研究区生态环境质量处于不断下降态势。田林、都安、大化、凭祥、凌云、西林、乐业等以林草地为主要地类的县域生态环境质量较高,南丹、靖西、德保、平果等重点矿产资源型县域生态环境质量较低;田阳和田东作为广西重要的农产品生产基地,生态环境质量普遍偏低;宜州市、江州区和扶绥县作为近年来广西重点推进城镇化的区域,生态环境质量最低。

(4)区域内生态环境质量同时存在着改善与下降两种相逆的趋势,生态环境质量下降占据主导地位。农业生产用地转为水域生产用地、一般生态用地和重点生态用地,一般生态用地转为水域生产用地和重点生态用地,城乡生活用地转为农业生产用地是生态环境质量改善的主导因素。导致生态环境质量下降的因素较多,其中重点生态用地转为农业生产用地、一般生态用地和城乡生活用地以及农业生产用地转为城乡生活用地是导致生态环境质量下降的主要因素,导致生态环境下降的土地利用功能转移类型随时间推移不断增多。

参考文献 (References):

- [1] Lambin E F, Meyfroidt P. Land use transitions: socio-ecological feedback versus socio-economic change. *Land Use Policy*, 2010, 27(2): 108-118.
- [2] 许丁雪, 吴芳, 何立环, 刘海江, 江源. 土地利用变化对生态系统服务的影响——以张家口-承德地区为例. *生态学报*, 2019, 39(20): 7493-7501.
- [3] 龙花楼. 论土地利用转型与土地资源管理. *地理研究*, 2015, 34(9): 1607-1618.
- [4] 杨清可, 段学军, 王磊, 金志丰. 基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应——以长江三角洲核心区为例. *地理科学*, 2018, 38(1): 97-106.
- [5] 胡昕利, 易扬, 康宏樟, 王彬, 史明昌, 刘春江. 近 25 年长江中游地区土地利用时空变化格局与驱动因素. *生态学报*, 2019, 39(6): 1877-1886.
- [6] 刘永强, 龙花楼. 长江中游经济带土地利用转型时空格局及其生态服务功能影响. *经济地理*, 2017, 37(11): 161-170.
- [7] Geng S B, Zhu W R, Shi P L. A functional land use classification for ecological, production and living spaces in the Taihang Mountains. *Journal of Resources and Ecology*, 2019, 10(3): 246-255.
- [8] 李孝永, 匡文慧. 京津冀 1980—2015 年城市土地利用变化时空轨迹及未来情景模拟. *经济地理*, 2019, 39(3): 187-194, 200-200.
- [9] 瞿诗进, 胡守庚, 童陆亿, 李全峰. 长江中游经济带城镇建设用地的时空特征. *资源科学*, 2017, 39(2): 240-251.
- [10] Gogoi P P, Vinoj V, Swain D, Roberts G, Dash J, Tripathy S. Land use and land cover change effect on surface temperature over Eastern India. *Scientific Reports*, 2019, 9(1): 8859.
- [11] Powers R P, Jetz W. Global habitat loss and extinction risk of terrestrial vertebrates under future land-use-change scenarios. *Nature Climate Change*, 2019, 9(4): 323-329.
- [12] 傅伯杰, 张立伟. 土地利用变化与生态系统服务: 概念、方法与进展. *地理科学进展*, 2014, 33(4): 441-446.

- [13] 刘永强, 龙花楼. 黄淮海平原农区土地利用转型及其动力机制. 地理学报, 2016, 71(4): 666-679.
- [14] 刘吉平, 赵丹丹, 田学智, 赵亮, 刘家福. 1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力. 生态学报, 2014, 34(12): 3234-3244.
- [15] 吴思, 胡守庚, 熊婷, 邹谢华, 朱繁. 长江中游经济带主体功能区土地利用转型模式研究. 资源科学, 2018, 40(11): 2213-2224.
- [16] 吕乐婷, 张杰, 彭秋志, 任斐鹏, 江源. 东江流域景观格局演变分析及变化预测. 生态学报, 2019, 39(18): 6850-6859.
- [17] 宁珊, 张正勇, 周红武, 李丽, 赵贵宁. 基于生态服务价值的玛纳斯河流域土地利用结构优化. 生态学报, 2019, 39(14): 5208-5217.
- [18] 郭椿阳, 高尚, 周伯燕, 高建华. 基于格网的伏牛山区土地利用变化对生态服务价值影响研究. 生态学报, 2019, 39(10): 3482-3493.
- [19] 杨婉莹, 刘艳芳, 刘耀林, 安子豪, 银超慧. 基于 LUR 模型探究城市景观格局对 $PM_{2.5}$ 浓度的影响——以长株潭城市群为例. 长江流域资源与环境, 2019, 28(9): 2251-2261.
- [20] 欧维新, 张振, 陶宇. 长三角城市土地利用格局与 $PM_{2.5}$ 浓度的多尺度关联分析. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(7): 11-18.
- [21] 苑韶峰, 唐奕钰, 申屠楚宁. 土地利用转型时空演变及其生态环境效应研究——基于长江经济带 127 个地级市的实证研究. 经济地理. (2019-07-10). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1126.k.20190708.1543.034.html>.
- [22] 刘志超. 新型空间规划体系下的县级“三生空间”布局与“三线”划定. 规划师, 2019, 35(5): 27-31.
- [23] 崔家兴, 顾江, 孙建伟, 罗静. 湖北省三生空间格局演化特征分析. 中国土地科学, 2018, 32(8): 67-73.
- [24] 张路路, 郑新奇, 原智远, 崔海宁. 基于全排列多边形综合图示法的唐山市土地利用多功能性评价. 中国土地科学, 2016, 30(6): 23-32.
- [25] 赵丽, 张贵军, 朱永明, 张蓬涛, 许皞. 基于土地利用转型的土地多功能转变与特征分析——以河北省唐县为例. 中国土地科学, 2017, 31(6): 42-50.
- [26] 黄金川, 林浩曦, 漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展. 地理科学进展, 2017, 36(3): 378-391.
- [27] Long H L, Liu Y Q, Hou X G, Li T T, Li Y R. Effects of land use transitions due to rapid urbanization on ecosystem services: Implications for urban planning in the new developing area of China. Habitat International, 2014, 44: 536-544.
- [28] 马晓冬, 李鑫, 胡睿, KHUONG M H. 基于乡村多功能评价的城市边缘区“三生”空间划分研究. 地理科学进展, 2019, 38(9): 1382-1392.
- [29] Chakraborty D, Reddy M, Tiwari S, Umapathy G. Land use change increases wildlife parasite diversity in Anamalai hills, Western Ghats, India. Scientific Reports, 2019, 9: 11975.
- [30] 张红旗, 许尔琪, 朱会义. 中国“三生用地”分类及其空间格局. 资源科学, 2015, 37(7): 1332-1338.
- [31] 李晓文, 方创琳, 黄金川, 毛汉英. 西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应——以甘肃河西地区为例. 第四纪研究, 2003, 23(3): 280-290.
- [32] 戴文远, 江方奇, 黄万里, 廖李红, 姜坤. 基于“三生空间”的土地利用功能转型及生态服务价值研究——以福州新区为例. 自然资源学报, 2018, 33(12): 2098-2109.
- [33] 吕立刚, 周生路, 周兵兵, 戴靓, 昌亭, 鲍桂叶, 周华, 李志. 区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究——以江苏省为例. 地理科学, 2013, 33(12): 1441-1449.
- [34] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.
- [35] 王福红, 赵锐锋, 张丽华, 李鸿伟. 黑河中游土地利用转型过程及其对区域生态质量的影响. 应用生态学报, 2017, 28(12): 4057-4066.
- [36] 巩杰, 钱彩云, 钱大文. 1977—2013 年疏勒河中下游土地利用变化与环境响应. 干旱区研究, 2017, 34(4): 775-781.
- [37] 陈万旭, 李江风, 朱丽君. 长江中游地区生态系统服务价值空间分异及敏感性分析. 自然资源学报, 2019, 34(2): 325-337.
- [38] 王利平, 王成, 李晓庆, 雷田. 区域生态质量变化对土地利用类型转换的响应——以重庆市沙坪坝区为例. 西南大学学报: 自然科学版, 2012, 34(7): 88-94.