

山西省 2005—2018 年“三生”功能的 时空分异特征及其影响因素

康庆¹, 郭青霞¹, 丁一¹, 张扬², 胡毅³, 陈水英¹

(1.山西农业大学 资源环境学院, 山西 太谷 030800; 2.中国冶金地质总局第三地质勘查院, 山西 太原 030000; 3.南京大学 地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210023)

摘要: [目的] 探究山西省不同县域“三生”功能时空动态演化特征并分析其影响因素, 为国土空间规划提供依据。[方法] 基于山西省 107 个县 2005, 2010, 2018 年土地利用类型和统计数据, 采用综合指数模型、动态度和空间计量模型分析其“三生”功能时空演化过程及影响因素。[结果] ①2005—2018 年山西省“三生”功能空间分异明显, 生产、生活功能格局特征趋同, 呈现出“平原高, 山区低”的分布格局; 生态功能分布特征与生产生活相反, 空间格局稳定; “三生”综合功能提升明显, 表现为“南高北低, 中部高东西低”的局面。②2005—2018 年生产和生态功能水平缓慢变化, 呈现出先上升后下降波动变化趋势; 生活功能处于快速提升阶段, 提升明显; “三生”综合功能持续提高, 但提升缓慢。“三生”功能协调性提高, 但功能单一化程度较高。③“三生”功能时空分异是自然地理环境、自然资源禀赋及社会经济因素综合作用的结果, “三生”功能受制于自然地理条件, 自然资源禀赋是“三生”功能的基础和保障, 社会经济因素则是“三生”功能的主要驱动力。[结论] 山西省各县域需要在自然地理条件约束和经济社会转型发展背景下, 促进“三生”功能各自提升与彼此协调, 需要在明确各自主体功能定位的基础上, 因地制宜, 合理发展, 依托自身区域优势与资源禀赋, 构建起利益联结机制, 推动山西省整体协调可持续发展。

关键词: “三生”功能; 时空分异; 影响因素; 空间计量模型; 山西省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)05-0327-11

中图分类号: F301.2

文献参数: 康庆, 郭青霞, 丁一, 等. 山西省 2005—2018 年“三生”功能的时空分异特征及其影响因素[J]. 水土保持通报, 2021, 41(5): 327-337. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2021.05.042; Kang Qing, Guo Qingxia, Ding Yi, et al. Temporal and spatial evolution and driving factors of productional-living-ecological functions of Shanxi Province during 2005—2018 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(5): 327-337.

Temporal and Spatial Evolution and Driving Factors of Productional-Living-Ecological Functions of Shanxi Province During 2005—2018

Kang Qing¹, Guo Qingxia¹, Ding Yi¹, Zhang Yang², Hu Yi³, Chen Shuiying¹

(1.College of Resources and Environment, Shanxi Agricultural University, Taiyu, Shanxi 030800, China;

2.The Third Geological Exploration Institute of China Metallurgical Geology Bureau, Taiyuan, Shanxi

030000, China; 3.College of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210023, China)

Abstract: [Objective] The temporal and spatial evolution and influencing factors of productional-living-ecological functions of Shanxi Province were analyzed in order to provide a basis for territorial and spatial planning. [Methods] Based on land use type data and statistical data of 107 counties in Shanxi Province in 2005, 2010, and 2018, the spatial and temporal differentiation pattern, evolution process, and influencing factors of the productional-living-ecological functions were determined by using a comprehensive index model, dynamic degree, and a spatial measurement model. [Results] ① The spatio-temporal differentiation feature of the productional-living-ecological functions was obvious in Shanxi Province from 2005 to 2018. The production function and living function were similar, showing a pattern of high in the plains and low in the mountains. The distribution of the ecological function was opposite to that of the production function and the

收稿日期: 2021-04-28

修回日期: 2021-06-02

资助项目: 山西省软科学研究一般项目计划“山西省贫困山区土地流转的农户分化和耕地撂荒机制”(2018041069-2)

第一作者: 康庆(1995—), 男(汉族), 山西省五台县人, 硕士研究生, 研究方向为土地利用与规划。Email: kq1301@163.com。

通讯作者: 郭青霞(1969—), 女(汉族), 山西省阳城县人, 博士, 教授, 硕士生导师, 研究方向为土地利用与规划及土地信息技术。Email: gqx696@163.com。

living functions, and the spatial pattern was stable. The comprehensive productional-living-ecological functions improved dramatically, leading to a landform featured by higher in the south and middle, lower in the north, east, and west. ② The production and ecological functions changed slowly, showing a trend from 2005 to 2018 that first increased with time and then decreased. The living function was in a stage of rapid improvement, and it had improved significantly. The comprehensive functions of productional-living-ecological continued to improve, but it was in a stage of slow improvement. The coordination of functions of productional-living-ecological was improved, but the degree of functions simplification was higher. ③ The spatial and temporal differentiation of the productional-living-ecological functions was the combined effects of the natural geographic environment, natural resource endowments, and socio-economic factors. The productional-living-ecological functions were subject to natural geographical conditions. Natural resource endowment was the foundation and guarantee of the productional-living-ecological functions. Socio-economic factors were the main driving force of the productional-living-ecological functions. [Conclusion] All counties in Shanxi Province need to promote the respective enhancement and coordination of productional-living-ecological functions under the constraints of natural geographical conditions and economic and social transformation and development. On the basis of clarifying the positioning of their respective main functions, county planners need to adapt measures to local conditions, and develop measures rationally. Relying on their own regional advantages and endowment of resources, they could establish an interest linkage mechanism and promote the overall coordinated and sustainable development of Shanxi Province.

Keywords: productional-living-ecological functions; dynamic evolution; influencing factor; spatial measurement model; Shanxi Province

生态文明作为国家战略,是一种新型人地关系^[1],国土空间作为生态文明建设的载体,是人地关系耦合的整体^[2]。随着中国经济社会的高速发展,人地关系紧张^[3],表现为生产、生活和生态(简称“三生”)空间之间的胁迫和博弈。国土空间规划是我国新时期为建设生态文明,协调区域人地关系和优化空间秩序的重要内容^[4],要求形成“生产空间高效集约、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的“三生”空间格局^[3],而“三生”空间实质是一种功能空间,因此,识别“三生”功能时空格局特征成为推进生态文明建设和开展国土空间规划的重要前提。

科学认知“三生”功能是建设生态文明、构建空间格局的关键^[5]。“三生”功能作为土地利用多功能的一种具体表现形式同样源自于农业多功能、生态系统和景观多功能的探究^[6-9]。目前,对于“三生”功能的研究已取得一定的进展,研究内容涵盖概念内涵界定^[10-11]、指标体系确定^[12]、功能量化识别^[13-14]、动态变化^[15]以及功能间关系探究等^[16-18],但已有研究较多停留在“三生”功能理论分析、划分类型探讨、动态演化剖析等方面,对“三生”功能时空分异特征及影响因素的探究较少,特别是在影响因素方面,研究多以定性解释为主,虽然少量学者基于灰色关联度模型^[19]、地理探测器等^[15]方法进行定量测度,但这些研究忽略了空间关联信息对于功能空间分异的影响。已有研究表明,空间依赖和相互作用是功能空间分异

的重要原因,而空间计量模型能够反映空间信息,更符合区域实际^[20]。研究方法主要有两种:①基于土地利用现状,依据土地的多功能性^[21]或功能的主导性^[22]进行类型上的归并;②选取指标,构建“三生”功能评价指标体系,对“三生”功能进行度量,这种选取典型指标构建指标体系已得到诸多认可,成为多数学者的共识^[15,19-20]。研究尺度多以全国^[8]、省^[21-23]、市^[19]为主,以县域为评价单元的研究并不多见。此外,在研究结论上“三生”功能更侧重于时间尺度上的分析而对空间差异化探究较少^[24]。山西省作为中国首个全省域、全方位、系统性的资源型经济转型综合配套改革试验区,需要明确“三生”功能分异,重新规划经济社会转型与生态保护格局,重组“三生”发展秩序。为此,本文以山西省为研究区域,构建县域“三生”功能评价指标体系探讨“三生”功能时空分异特征,并采用目前应用广泛的空间计量模型对“三生”功能的影响因素进行分析,旨在为山西省生态文明建设和国土空间规划提供依据。

1 研究区概况

山西省位于北纬 $34^{\circ}34'$ — $40^{\circ}44'$,东经 $110^{\circ}14'$ — $114^{\circ}33'$,土地总面积 $1.57 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。东缘太行山脉连亘,西至吕梁山脉纵列,中部多为谷地发育,形成“两山夹一川”的地形态势,地势东北斜向西南,山地丘陵面积为全省的 80.1%,平川、河谷面积为 19.9%

(图 1)。年均气温 4.2~14.2 °C,年均降水 468.3 mm,雨热同期,是典型的农业生产区,矿产资源特别是煤炭资源丰富,能源采矿业发展迅速,工业化水平较高,带动城镇化发展,但资源环境代价较大,生态问题突出。山西省是全国首个省级综改示范区,面临经济转型、民生改善、生态环境保护的重要任务,需要加快生态文明建设,形成绿色生产生活方式,因此,分析山西省“三生”功能分异、演变过程及影响因素显得十分必要。

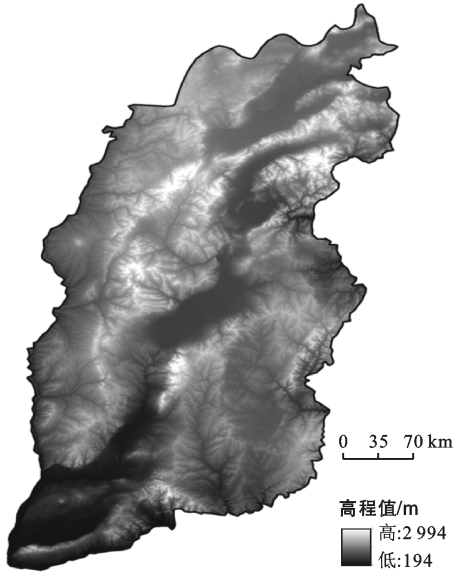


图 1 山西省地形图

2 数据来源与方法

2.1 数据来源

本文所用的社会经济数据来源于《中国县域统计年鉴》和《山西省统计年鉴》;土地利用相关数据引用“中国科学院资源环境科学数据中心”山西省 1 km×1 km 栅格土地利用现状遥感监测数据;PM_{2.5} 浓度数据来自“加拿大达尔豪斯大学大气成分分析小组”大气 PM_{2.5} 遥感反演数据(V4.CH.02);DEM 数据来源于地理空间数据云,年均降雨量和气温数据来源于中国气象科学数据共享服务网。

为保证研究时间序列的可比性、统计数据的一致性和研究单元的整体性^[25],本文按 2018 年山西省行政区划进行调整,整理后共 107 个研究单元。

2.2 构建“三生”功能指标体系

“三生”功能是评价土地利用变化的概念和方法,反映区域土地利用状态,表现为土地提供的产品和服务,“三生”功能间相互依存、不可替代,单一功能的作用依赖于另外两种功能的配合,一项功能的滞后影响另外两种功能的发挥,“三生”功能相互适应、彼此配合、共同构成一个整体性系统。基于对“三生”功能的理解,本文参考已有研究^[14-15,19],结合山西省实际选取相应的指标构建“三生”功能评价指标体系(表 1)。

表 1 山西省“三生”功能指标体系

决策层	目标层与权重	因素层与权重	指标层(属性)	权重
“三生” 综合功能	生产功能 (0.442)	农业生产功能(0.147)	粮食单产(+)	0.545 9
			农林牧渔业产值比例(+)	0.454 1
			经济密度(+)	0.384 8
		经济发展功能(0.853)	财政贡献率(+)	0.299 4
			固定资产投资总额(+)	0.315 6
			就业支持功能(0.258)	从业人口密度(+)
	生活功能 (0.283)	居住承载功能(0.302)	人口密度(+)	0.414 8
			建设用地比例(+)	0.348 4
		社会保障功能(0.440)	城镇化水平(+)	0.236 7
			农民人均纯收入(+)	0.445 4
	生态功能 (0.275)	生态维持功能(0.369)	城乡居民收入平衡指数(-)	0.150 3
			万人拥有卫生机构床位数(+)	0.406 8
生态服务价值总量(+)			0.524 4	
环境净化功能(0.331)		生境丰度指数(+)	0.475 6	
		农药化肥投入强度(-)	0.476 1	
资源供给功能(0.300)	PM _{2.5} 年均浓度(-)	0.523 9		
		人均耕地面积(+)	0.413 5	
		人均水资源(+)	0.586 4	

注:①指标层(属性)一栏“+”表示正向指标,“-”表示负向指标;②生境丰度指数=Abio×(0.35×林地+0.21×草地+0.28×水域湿地+0.11×耕地+0.04×建设用地+0.01×未利用地)/区域土地总面积^[26];③生态服务价值总量依据价值当量法计算而出^[27-28]。

生产功能的基本目的是促进经济社会发展,山西省是典型的农业生产区和经济转型综改示范区,故以

粮食单产和农林牧渔业产值比例来表征农业生产功能,以经济密度、财政贡献率和固定资产投资总额来反映

经济发展功能。宜居适度是生活功能的目标,反映在就业、承载和保障等具体功能上,由从业人口密度、建设用地比例、城镇化水平、城乡居民收入情况、每万人医院床位数等指标构成。生态功能涉及生态维持、环境净化和资源供给等具体功能,生态系统服务价值和生物丰度指数是量化生态环境,确定生态环境综合补偿,维持生态平衡的重要指标,二者共同反映生态维持功能;另外基于山西省工业发展导向及农业生产现状,选取 $PM_{2.5}$ 年均浓度和农药化肥投入强度来表征环境净化功能;依据人均耕地面积、人均水资源来间接反映资源供给功能。

为消除数据量纲的影响,以极值法对数据进行标准化处理。权重作为指标间的重要性分析,是功能测定的关键,本文采用主客观相结合的方法确定,目标层和因素层运用德尔菲法,指标层用熵权法(表 1)。

2.3 “三生”功能值测度

决策层、各目标层和因素层的功能值通过线性加权综合法进行计算,计算方法为:

$$F_i = \sum W_j X_{ij} \quad (1)$$

式中: F_i 表示评价单元 i 的功能值; W_j 表示第 j 项指标的权重; X_{ij} 表示 i 单元第 j 项指标的标准化值。根据计算结果,结合已有研究^[13,21],以自然断点法将“三生”功能划分为高、较高、中等、较低、低水平 5 个等级。

2.4 “三生”功能动态变化测算

功能变化动态度表示不同阶段土地功能的相对变化程度,依据 d 值的大小、正负对“三生”功能的变

化情况进行划分: $d > 20\%$ 为快速提高; $0 < d \leq 20\%$ 为缓慢提高; $d = 0$ 为维持不变; $-20\% \leq d < 0$ 为缓慢退化; $d < -20\%$ 为快速退化^[29]。其计算公式为:

$$d = \frac{F_{t+1} - F_t}{F_t} \times 100\% \quad (2)$$

功能标准差(σ)用来测算土地功能值之间的差异,反映功能协调性, σ 越小,功能协调性越高;反之 σ 越大,功能协调性越差,其计算公式为:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (F - \bar{F})^2}{N}} \quad \bar{F} = \frac{\sum F}{N} \quad (3)$$

式中: σ 为功能标准差; \bar{F} 为功能值均值; N 为功能数。

功能变化优势度(s)探究土地利用功能的差异性, s 最大值为 1, s 值越大,土地利用功能变化差异越大,土地利用更倾向于单一,计算公式为:

$$s = \frac{|d|_{\max}}{\sum |d|} \quad (4)$$

式中: s 表示优势度; $|d|_{\max}$ 表示动态度绝对数最大值; $|d|$ 为动态度绝对数之和。

2.5 “三生”功能影响因素

已有研究表明,“三生”功能时空分异受自然和社会经济因素的影响。本文从自然地理条件、自然资源禀赋和社会经济因素 3 个方面选取自变量以解释“三生”功能时空分异,依据科学性、代表性、综合性以及数据可获得性原则,参考当前研究成果^[21,24],结合山西省实际,确定 8 个解释变量(表 2)。

表 2 山西省“三生”功能解释变量

驱动因素	解释变量	变量说明
自然地理条件	地形起伏度/m	ArcGIS 分区统计以获取县域地形起伏度平均值
	年均降水量/mm	ArcGIS 克里金插值后,运用分区统计获取县域年均降雨量平均值
	年均气温/°C	ArcGIS 克里金插值后,运用分区统计获取县域年均气温平均值
自然资源禀赋	土地垦殖率/%	耕地面积/土地总面积
	森林覆盖率/%	林地面积/土地总面积
社会经济因素	产业结构	二、三产业产值/总产值
	地均固定资产投资/(万元·km ⁻²)	社会固定资产投资/土地总面积
	人均社会消费金额(万元/人)	社会消费品零售总额/总人口

在辨识“三生”功能时空分异的影响因素时,考虑到空间因素,本文将空间信息纳入传统回归模型中,以空间滞后模型(SLM)和空间误差模型(SEM)来探究“三生”功能影响因素^[27]。

空间滞后模型(SLM)主要度量因变量是否受到邻近区域因变量的影响,即区域被解释变量既受该区域解释变量的影响,同样受相邻区域被解释变量的影

响。其计算公式为:

$$Y = \alpha + \rho WY + \beta X \quad (5)$$

式中: W 表示区域空间权重矩阵; α 为常数项; β 为回归系数; ρ 为空间滞后自回归系数; X 为解释变量。

空间误差模型(SEM)探讨了邻近区域的自变量对区域因变量的影响,即区域因变量不仅受区域自变量的影响,也受邻近区域相互依赖的随机误差的影

响。其计算公式为:

$$Y = \alpha + \beta X + \lambda W\varphi \quad (6)$$

式中: φ 表示空间自相关误差项; λ 表示空间误差项自回归系数,度量样本观察值的误差项对被解释变量的影响程度。

3 结果与分析

3.1 “三生”功能时空分异特征

3.1.1 “三生”功能分维度时空分异特征 2005—2018 年生产功能分布较为稳定,功能水平波动变化(图 2)。2005 年高和较高水平县域以点状形式镶嵌在晋中、晋南和晋东南区域,与中等水平县域呈现中心—外围的分布形式,外围中等水平县域沿河谷盆地集聚,但在晋北为零星分布;较低水平县域在晋北集

聚,在其他区域则与中等水平县域交错分布;低水平县域多数分布在吕梁山地区,107 个县域中低水平县域占 41.12%,生产功能初始值低。2010 年高与较高水平县域分布与 2005 年相似;中等水平县域因部分地区降为较低水平而出现缩减;较低水平县域增多,表现为在晋北扩张,在吕梁山区出现零星分布。2018 年生产功能有所下降,较高水平县域数量减少;中等水平县域同样减少,大同县成功转型为旅游城市,中等水平县域在晋北数量增多;较低水平县域在晋北减少而在吕梁山区增多并出现集聚。总体而言,生产功能仍以较低和低水平为主,生产水平亟待提升,这与自然特征有较大的联系:多数县域分布在山地丘陵区,生产条件差、产业基础薄弱、基础设施不足,缺乏经济社会拉动点,生产功能弱。

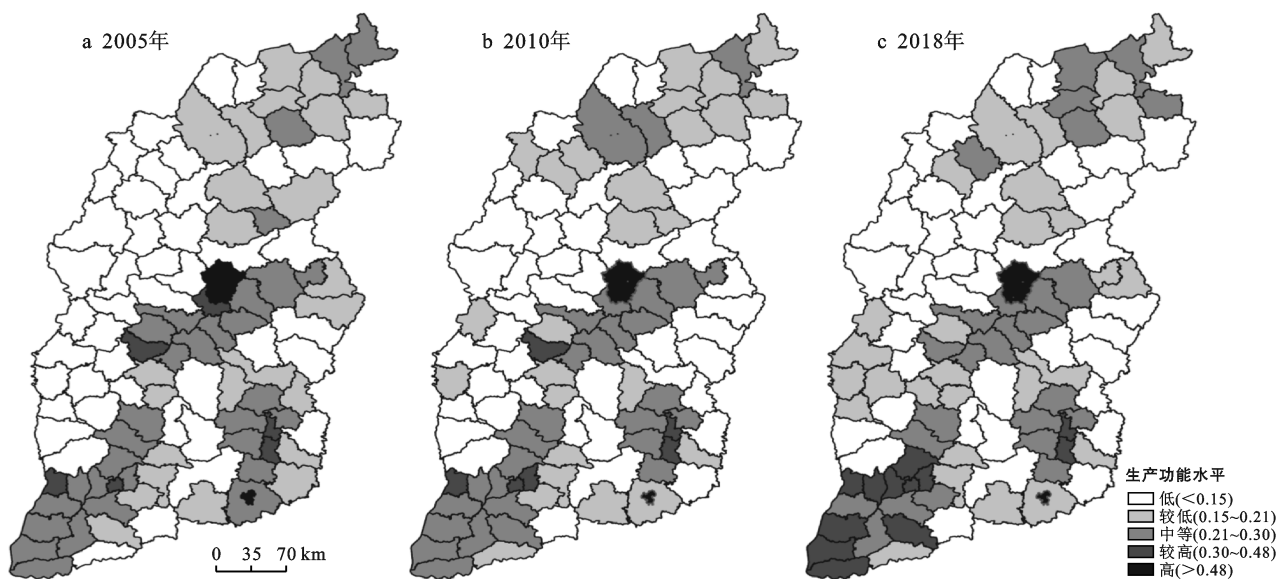


图 2 2005—2018 年山西省生产功能时空分异

2005—2018 年生活功能提升明显(图 3)。2005 年高和较高水平县域为部分市辖区;中等水平县域点状分布;低和较低水平县域交错集聚,生活功能起始值较低。2010 年高和较高水平县域数量增加;中等水平县域同样增多并沿高和较高水平县域外围分布;低和较低水平县域主要集聚在山地丘陵区,这些地区受自然和社会经济综合影响,生活条件一般,服务设施缺乏,生活功能劣于其他区域。随着新型城镇化进程加快,2018 年生活功能呈现出多核心模式:晋中着力推进“一主一副一区多组团”规划,形成了以太原、榆次为核心的高水平区和以古交市、太谷县等为核心的较高水平区;晋北因着力加强大同省域副中心城市和朔州市域中心城市建设,形成以大同、朔州为核心的高水平、较高水平集聚区;同样,晋南地区,临汾作

为山西省副中心城市,运城为市域中心城市,形成以临汾、运城为中心的高水平与较高水平集聚区;晋东南长治、晋城分别是山西省副中心城市和市域中心城市,形成以长治、晋城为核心的高和较高水平集聚区。中等水平县域增多,呈条带状集聚。低和较低水平县域依然位于山区,但数量有所下降。总体而言,低和较低水平县域数大幅度下降而其他水平县域明显增加,表明随着经济社会发展,山西省城镇化进程加快,生活功能持续提升。

2005—2018 年生态功能变化并不明显格局较为稳定(图 4)。2005 年高和较高水平县域沿吕梁山、太岳山和太行山南部呈带状分布;中等水平县域在晋中、晋南、晋东南点状分布,而在晋北集聚;低和较低水平县域在晋南沿汾河河谷集聚,在晋东南沿漳河—

沁河河谷集聚,集聚区域多为生产、生活功能较高区域,源于生产和生活功能对生态功能的挤压。2010年随着生态功能区建设,高和较高水平县域在原有基础上出现扩展,表现为在太行山脉北部形成条带状集聚,在吕梁山区数量增多;原中等水平县域随功能水

平的提高而数量减少,由大面积集聚变为带状分布;低和较低水平县域变化不大,仍位于晋南和晋东南地区。相对于2010年、2018年生态功能变动较小,主要变动为高和较高水平县域在太行山脉南北形成连接,晋中和晋东南部分县域功能水平有所下降。

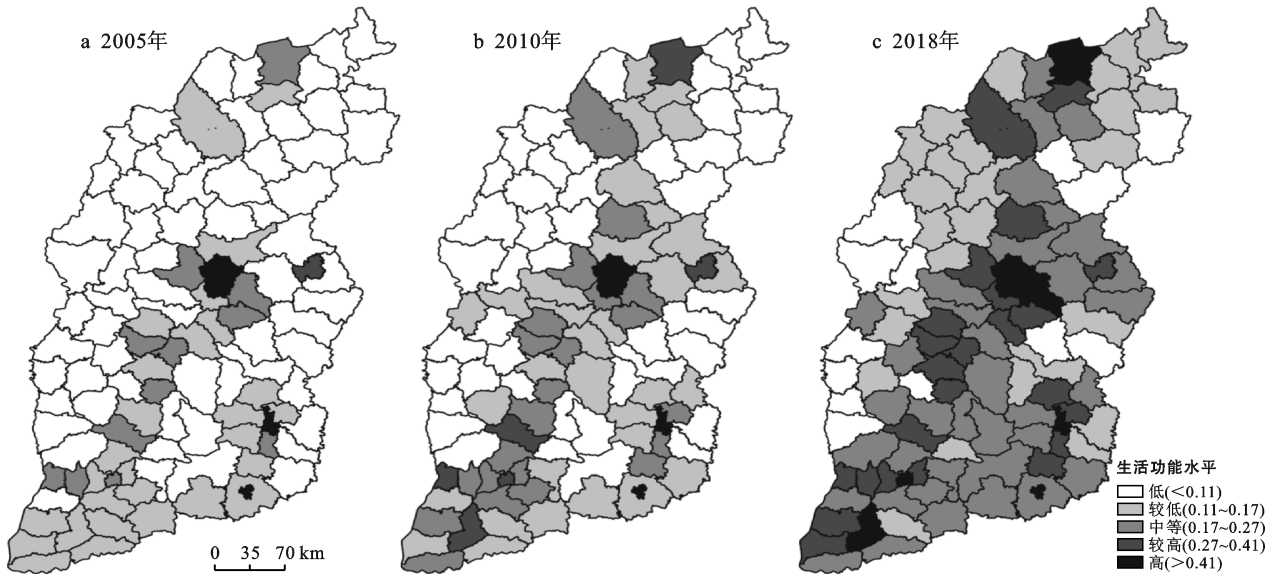


图3 2005—2018年山西省生活功能时空分异

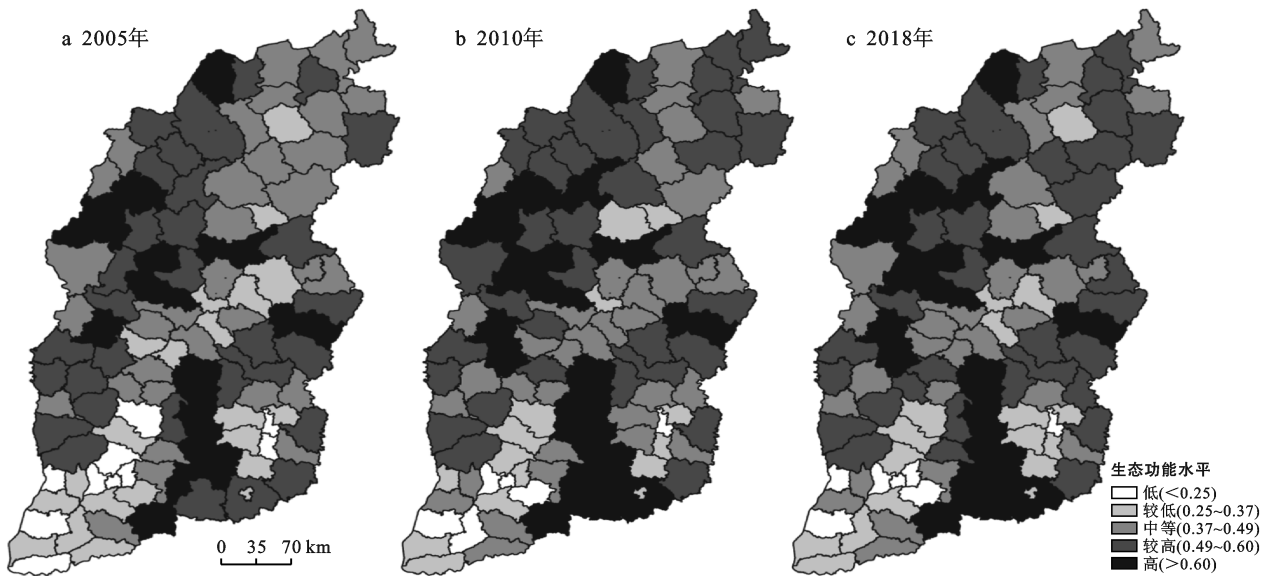


图4 2005—2018年山西省生态功能时空分异

3.1.2 山西省“三生”综合功能时空分异特征 “三生”综合功能是生产、生活和生态功能的集成,2005—2018年“三生”综合功能时空分异特征明显,呈现出“南高北低,中部高东西低”的分布格局(图5)。2005年高和较高水平县域零星散布,与中等水平县域呈中心—外围的分布格局,晋北无高和较高水平县域,但存在中等水平县域的范围集聚;低和较低水平县域则在全省出现大规模集聚,但集聚原因不同:晋北及吕

梁山区是受生产和生活功能低的影响,而晋南则因生态功能较差而与生产和生活功能不相匹配。2010年随工业化和城镇化进程加快,高和较高水平县域数量增多,其外围中等水平县域同样增多;低和较低水平县域数量减少,交错分布于山西省各地。2018年高和较高水平县域进一步扩展,出现条带状集聚;中等水平县域环绕高和较高水平区在全省连接成片;较低水平县域多位于吕梁山区和五台山区,主要受自然条

件影响,生产、生活功能较差,进而综合功能较低;大宁县是唯一的低水平县域,其生产、生活、生态功能均不突出。总体而言,“三生”综合功能提升明显,但提

升原因并不相同,需要结合区域实际,因地制宜,提升生产功能,满足生活功能,维护生态功能,以促进“三生”功能平衡协调发展。

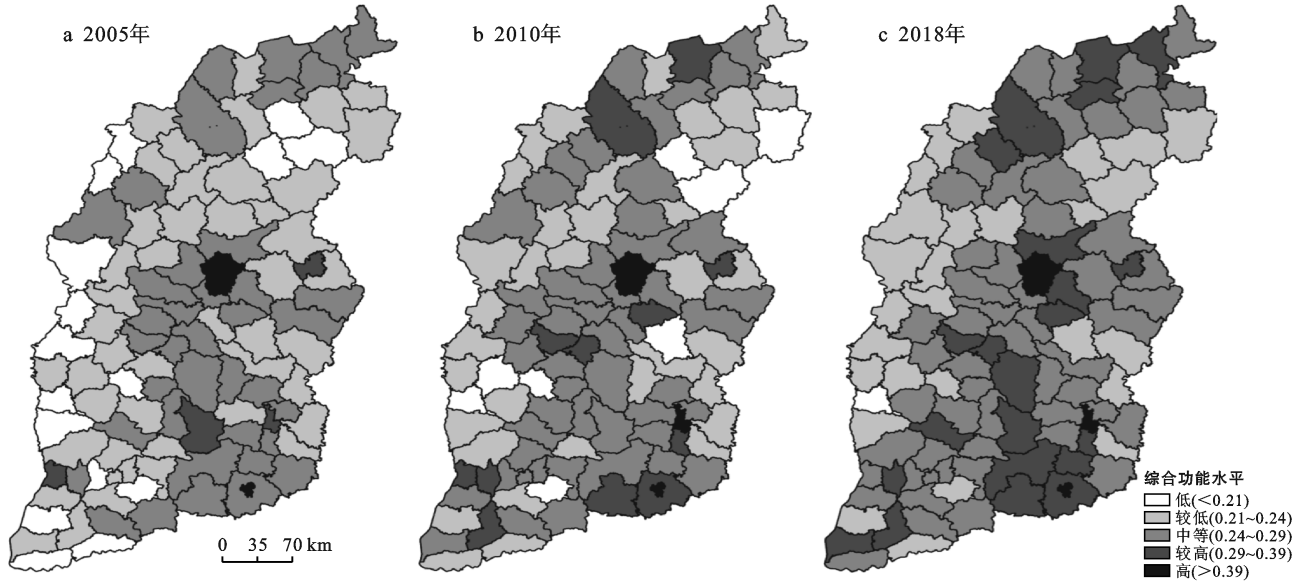


图 5 2005—2018 年山西省“三生”综合功能时空分异

3.2 山西省“三生”功能动态变化分析

为了解山西省生产、生活、生态以及“三生”综合功能的相对变化程度及协调性情况,分别通过公

式(2)—(4)计算 2005—2010,2010—2018 年山西省“三生”功能动态度、标准差和优势度,结果如表 3 所示。

表 3 2005—2018 年山西省县域生产、生活、生态和“三生”综合功能动态度数量变化

年份	功能动态度	快速退化	缓慢退化	维持不变	缓慢提升	快速提升
2005—2010	生产功能县域数量	3(2.80%)	45(42.06%)	1(0.93%)	51(47.66%)	7(6.54%)
2010—2018	(比例)	5(4.67%)	61(57.01%)	0(0%)	36(36.64%)	5(4.67%)
2005—2010	生活功能县域数量	2(1.87%)	9(8.41%)	0(0%)	31(28.97%)	65(60.75%)
2010—2018	(比例)	0(0%)	3(2.80%)	0(0%)	7(6.54%)	97(90.65%)
2005—2010	生态功能县域数量	1(0.93%)	34(31.78%)	0(0%)	62(57.94%)	10(9.35%)
2010—2018	(比例)	5(4.67%)	63(58.88%)	0(0%)	39(36.45%)	0(0%)
2005—2010	综合功能县域数量	0(0%)	24(22.43%)	0(0%)	76(71.03%)	7(6.54%)
2010—2018	(比例)	0(0%)	14(13.08%)	0(0%)	91(85.05%)	2(1.87%)

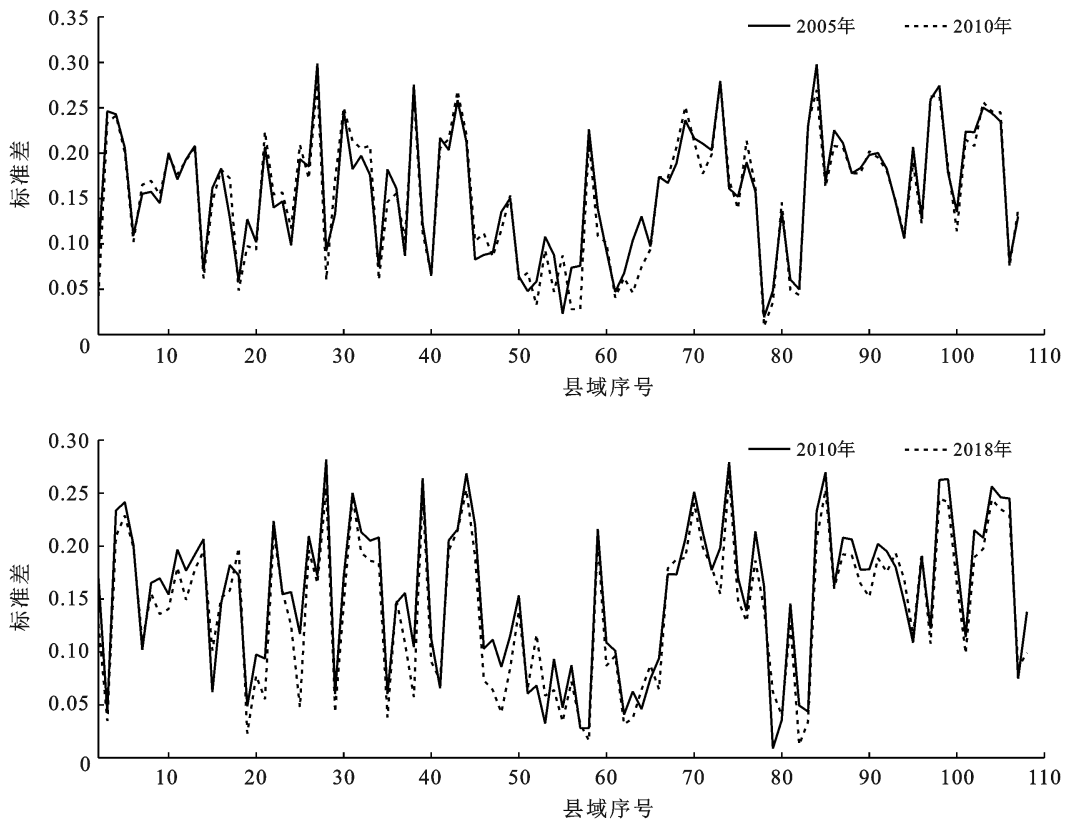
山西省“三生”功能相对变化程度较小,总体处于缓慢退化/缓慢提高阶段,“三生”功能有待进一步改善(表 3)。2005—2010 年生产功能缓慢退化与缓慢提升并存,但综合而言生产功能略微提升,2010—2018 年缓慢退化县域占比扩大,缓慢提升和快速提升的县域占比均有下降,生产功能总体出现下降。2005—2010 年生活功能处于提升阶段,部分为缓慢提升,多数为快速提升,到 2018 年绝大多数县域处于快速提升阶段,表明随着城镇化进程加快,生活功能持续提升。2005—2010 年生态功能同样为缓慢退化

与缓慢提升共存,但有超过半数的县域为缓慢提升,2010—2018 年,59%的县域生态功能为缓慢退化,故而生态功能先提升后降低波动变化,但变动幅度不大。2005—2018 年 70%以上的县域“三生”综合功能呈现出缓慢提升的趋势,表明山西省“三生”功能水平提升,土地利用多功能性活跃度增强。

如图 6 和表 4 所示,山西省“三生”综合功能协调性持续提高。2005 年“三生”功能标准差折线总体上高于 2010 年标准差折线(图 6),此外其“三生”功能标准差全距和均值都高于 2010 年,功能标准差趋小

(表 4),表明山西省“三生”功能的协调性增强;同样 2018 年功能标准差折线总体低于 2010 年,其全距和

均值低于 2010 年,表明到 2018 年山西省“三生”功能协调性进一步提升。



注:图中县域序号 0 为太原市辖区,10 为浑源县,20 为平顺县,30 为阳城县,40 为榆社县,50 为运城市辖区,60 为芮城县,70 为神池县,80 为襄汾县,90 为蒲县,100 为石楼县,未标注的序号为其他县域。

图 6 2005—2018 年山西省“三生”功能标准差变化情况

表 4 2005—2018 年山西省“三生”功能标准差变化情况

年份	“三生”功能标准差	
	均值	全距
2005	0.157	0.279
2010	0.154	0.272
2018	0.141	0.254

山西省“三生”功能单一化程度较高。2005—2010 年生产、生活和生态功能动态度均值为 2.14%、26.53%、7.56%,其中变化最大的是生活功能,功能变化优势度为 0.73,表明期间土地利用以生活功能为主;2010—2018 年,功能变化最大的仍为生活功能,生产、生活和生态功能动态度均值为 -2.15%、47.56%、-2.14%,相对于之前,生产功能下降了 4.29%、生态功能下降了 9.7%,而生活功能上升了 21.03%,功能优势度为 0.91,表明期间土地利用仍以生活功能为主,而且利用程度提高。上述研究表明,山西省生活功能提升明显,但生产功能亟待提高,生态功能有待维护,需要通过经济社会转型发展,逐步由单一生活功能为主转向“三生”协调平衡发展。

3.3 山西省“三生”功能空间分异影响因素

3.3.1 空间自相关检验与模型选择 空间计量学理论认为,在原有样本观测值独立假设的基础上,要综合考虑区域位置及空间交互作用的相关关系^[30],需要先对被解释变量进行空间相关性检验。本文以 2005, 2010, 2018 年“三生”综合功能为被解释变量,其 Moran's *I* 指数为 0.252 7, 0.202 4, 0.237 8,表明“三生”功能存在空间自相关,可以运用空间计量模型测度影响因素。运用 Geoda 软件,进行最小二乘法诊断,由表 5 可知,空间误差模型的 LM 和 R-LM 均通过了 0.1 水平的检验,因此选用空间误差模型分析影响因素。

3.3.2 空间计量模型结果与分析 表 6 表明,山西省“三生”综合功能水平与自然地理条件、自然资源禀赋、社会经济因素等方面均有显著关系。

山西省“三生”功能水平受制于自然地理条件。由表 6 可知,地形起伏度、降水和气温与“三生”功能呈负向作用,其中地形起伏度负向作用最大,系数由 2005 年的 -0.042 0 上升为 2018 年的 -0.064 4,负向作用明显,这反映了区域宏观地理条件,山西省 20%

的平原河谷区域自然和社会经济条件较好,产业基础好,生产和生活活动频繁,土地利用复杂,“三生”功能较高;80%的山地丘陵区域受自然条件限制,生态本底值高而生产、生活水平薄弱,土地利用较为单一,随着人口向平原河谷集中,这种负向作用更为明显。气温与降水共同影响农业生产而影响“三生”功能,对“三生”功能影响较弱。除 2005 年降水量均值高于 500 mm 外,其余年份相对较低的降水量与“三生”功能为负向作用,山西省耕地旱地多而水浇地少,降水量较少影响农业生产,但这种负向作用随着高标准农田及水利设施的建设而呈现出弱化趋势。气温同样

为负向作用,源于山西省地处高原,区域积温较低而影响农业生产。

自然资源禀赋是影响山西省“三生”功能的重要因素,土地垦殖率和森林覆盖率均为正向效应,是“三生”功能的基础和保障。2010 年、2018 年土地垦殖率系数分别为 0.062 3,0.061 8,出现略微下降,土地垦殖率直接影响农业生产功能和资源供给功能,随着建设用地对耕地的挤占以及政策性退耕,耕地面积减少,正向效应降低,生产功能下降。森林覆盖率系数逐年上升,反映了生态文明建设背景下,生态功能有所改善,进而保障生产和生活功能。

表 5 2005—2018 年山西省“三生”功能空间依赖性诊断

检验方法	2005 年		2010 年		2018 年	
	统计量	<i>p</i>	统计量	<i>p</i>	统计量	<i>p</i>
残差 Moran's <i>I</i>	3.166 6	0.001 54	1.957 0	0.050 35	2.343 6	0.019 10
空间滞后效应 LM 检验	0.457 9	0.498 59	0.116 1	0.733 31	0.370 0	0.542 99
空间滞后效应稳健 LM 检验	0.023 0	0.879 41	0.912 9	0.339 36	0.527 3	0.467 72
空间误差效应 LM 检验	6.084 3	0.013 64	2.811 8	0.0935 8	3.527 2	0.060 37
空间误差效应稳健 LM 检验	5.649 4	0.017 46	3.608 5	0.057 48	3.684 5	0.054 92

表 6 2005—2018 年山西省“三生”功能空间误差模型估计结果

驱动因素	解释变量	2005 年		2010 年		2018 年	
		系数	<i>p</i>	系数	<i>p</i>	系数	<i>p</i>
	常数	0.228 4***	0.000 0	0.233 1***	0.000 0	0.258 2***	0.000 0
自然地理条件	地形起伏度	-0.042 0**	0.019 2	-0.048 6**	0.016 9	-0.064 4***	0.000 5
	年均降水量	0.023 7*	0.064 4	-0.030 3**	0.015 4	-0.025 5*	0.056 2
	年均气温	-0.026 8*	0.056 0	-0.021 5	0.365 7	-0.046 4*	0.064 1
自然资源禀赋	土地垦殖率	0.008 0	0.704 7	0.062 3***	0.000 0	0.061 8***	0.000 0
	森林覆盖率	0.076 2***	0.000 0	0.085 9***	0.000 0	0.090 2***	0.000 0
社会经济因素	产业结构	-0.027 8***	0.001 5	-0.017 1	0.126 0	-0.026 2**	0.035 4
	地均固定资产投资	0.286 3***	0.000 0	0.289 2***	0.000 0	0.242 0***	0.000 0
	人均社会消费金额	0.075 0***	0.000 1	0.107 6***	0.000 0	0.107 2***	0.000 0

注:***, **, * 分别表示在 0.01, 0.05, 0.1 水平下差异显著。

社会经济因素是山西省“三生”功能的主要驱动力。由表 6 可知,产业结构为负向作用,地均固定资产投资和人均社会消费金额均为正向作用,受国家战略布局 and 产业政策引导,山西能矿产业发展迅速,各县域以矿产资源优劣而构建产业结构,致使产业畸形发展,直接影响生产功能,进而对“三生”功能产生负向效用,随着山西省经改综合示范区的确立,经济社会转型发展,产业结构逐步优化升级,产业结构系数出现下降,“三生”功能有所改善。近年来山西省经济社会发展较为缓慢,对社会投资的依赖度高,固定资产投资成为推动发展的重要力量,对“三生”功能特别是生产功能有一定的促进作用,故而地均固定资产投

资系数较高,2005—2018 年该系数先上升后下降波动变化,受固定资产投资的推动作用影响,生产功能也呈现先上升后下降的趋势。人均消费与“三生”功能之间的空间耦合较高,消费水平高的区域,“三生”功能水平较高。2005—2018 年人均社会消费金额系数为先上升后下降的变化趋势,同样与生产功能变化趋势同,这源于消费对生产的引导作用,此外该系数总体有了较大的提升,反映为生活功能的提升。

4 讨论与结论

4.1 结论

本文通过对山西省“三生”功能进行量化识别,

探究其时空动态演变及影响因素得到以下结论。

(1) 山西省“三生”功能空间分异特征明显。2005—2018年山西省生产、生活功能的空间演变特征相似,高水平、较高水平及中等水平县域沿河谷地带集聚,形成中心—外围的分布格局,低和较低水平县域多数向山地丘陵区集中。生态功能的空间格局较为稳定,空间分布特征与生产、生活功能对立,高和较高水平县域沿吕梁山、太行山脉、太岳山脉集聚,而低和较低水平县域多数为生产、生活功能高值区,呈现出“东西高中部低”的分布格局。“三生”综合功能水平整体为“南高北低,中部高东西低”的空间格局,2005—2018年“三生”综合功能水平提升明显,除表现为高和较高水平县域的扩张并集聚分布外,还表现为多数县域从低和较低水平提升至中等水平。

(2) 2005—2018年山西省生产和生态功能演变态势呈波动变化,从以缓慢提升为主、缓慢退化为次变为以缓慢退化为次、缓慢提升为次,两者功能呈现出先上升后略微下降的演变趋势。生活功能提升明显,处于快速提升阶段,而“三生”综合功能为缓慢提升态势。从协调性方面来看,“三生”功能协调性逐年提升,但“三生”功能单一化程度较高,土地利用以生活功能为主,仍待“三生”平衡协调发展。

(3) 山西省“三生”功能影响因素趋于多元,主要体现在自然地理条件、自然资源禀赋及社会经济因素等方面,影响作用正负明显、主次鲜明。“三生”功能受制于自然地理条件,呈出负向作用;自然资源禀赋是“三生”功能的基础和保障,是其重要影响因素,表现为正向效应;社会经济因素则是“三生”功能的主要驱动力,“三生”功能会随社会经济发展变化而不断进行自我调节。

4.2 讨论

研究表明山西省生产和生态功能波动变化,生活功能持续提升,与区域城镇化进程吻合,但与其他省域如湖南省^[23]、江苏省^[31]的研究结果存在差异:湖南省已逐渐形成了成熟的产业模式和城市发展模式,生产和生活功能持续提高,只需重视对生态环境的保护;江苏省先天条件优越,城市化水平高,生产持续发展与生态不断改善对已饱和的生活空间形成挤压,其需要的是满足高质量生活水平的需求。相比之下,山西省需要随社会经济转型发展蹚出一条适合自身的提升模式和发展路径,为此本文根据山西省“三生”功能时空分异特征及影响因素,结合山西省土地利用实际提出以下建议。

(1) 河谷平原区县域在社会经济快速发展的过程中,要合理调整功能演化方向,转变只追求生产和

生活功能的导向,进行社会经济转型发展,调整产业结构,转变经济增长方式,加大生态文明建设,推进绿色生产生活;

(2) 山地丘陵区县域多为山西省生态功能区,其经济社会的发展要与当地地形、气候等生态条件相适应,在提升生产和生活功能的同时加强对生态功能的保护,重点发挥生态本底功能;

(3) 山西省“三生”综合功能提升中,需要分析“三生”功能关系,明确“短板”功能,厘清功能提升顺序,推动“三生”功能协调平衡发展。

本文通过分析山西省“三生”功能时空分异特征及影响因素,为合理进行土地利用、科学编制国土空间规划提供了依据,但由于数据收集和量化方法的局限,指标间复杂关系有待考量。此外,“三生”功能间协同/权衡关系也需进一步探究。

[参 考 文 献]

- [1] 金星星,玉麒,金煌,等.闽三角城市群生产—生活—生态时空格局演化与功能测度[J].生态学报,2018,38(12):4286-4295.
- [2] 张永姣,方创琳.空间规划协调与多规合一研究:评述与展望[J].城市规划学刊,2016(2):78-87.
- [3] 孟鹏,王庆日,郎海鸣,等.空间治理现代化下中国国土空间规划面临的挑战与改革导向:基于国土空间治理重点问题系列研讨的思考[J].中国土地科学,2019,33(11):8-14.
- [4] 毛汉英.人地系统优化调控的理论方法研究[J].地理学报,2018,73(4):608-619.
- [5] 单薇,金晓斌,冉娜,等.江苏省土地利用“生产—生活—生态”功能变化与耦合特征分析[J].长江流域资源与环境,2019,28(7):1541-1551.
- [6] Jiang Guanghui, Wang Mingzhu, Qu Yanbo, et al. Towards cultivated land multifunction assessment in China: Applying the “influencing factors-functions-products-demands” integrated framework [J]. Land Use Policy, 2020,99:104982.
- [7] Qiang Wenli, Liu Aimin, Cheng Shengkui, et al. Agricultural trade and virtual land use: The case of China’s crop trade [J]. Land Use Policy, 2013,33:141-150.
- [8] Klein, T, Holzkämper A, Calanca P. Adaptation options under climate change for multifunctional agriculture: A simulation study for Western Switzerland [J]. Regional Environmental Change, 2014,14:167-184.
- [9] Helming K, Pérez-Soba M, Tabbush P. Sustainability impact assessment of land use changes [M]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [10] 刘继来,刘彦随,李裕瑞.中国“三生空间”分类评价与时

- 空格局分析[J].地理学报,2017,72(7):1290-1304.
- [11] 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[J].地理科学进展,2017,36(3):378-391.
- [12] 邹利林,王建英,胡学东.中国县级“三生用地”分类体系的理论构建与实证分析[J].中国土地科学,2018,32(4):59-66.
- [13] Xie Gaodi, Zhen Lin, Zhang Caixia, et al. Assessing the multifunctionalities of land use in China [J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2010,1(4):311-318.
- [14] 杜国明,孙晓兵,王介勇.东北地区土地利用多功能性演化的时空格局[J].地理科学进展,2016,35(2):232-244.
- [15] 王嘉妮,陈海,史琴琴,等.陕西省县域土地利用多功能性时空分异及影响因素研究[J].中国农业资源与区划,2019,40(5):101-108.
- [16] Zhang Yingnan, Long Hualou, Tu Shuangshuang, et al. Spatial identification of land use functions and their tradeoffs/synergies in China: Implications for sustainable land management [J]. *Ecological Indicators*, 2019,107:105550.
- [17] Liu Chao, Xu Yueqing, Huang An, et al. Spatial identification of land use multifunctionality at grid scale in farming-pastoral area: A case study of Zhangjiakou City, China [J]. *Habitat International*, 2018,76:48-61.
- [18] Zhou De, Xu Jianchun, Lin Zhulu. Conflict or coordination? Assessing land use multi-functionalization using production-living-ecology analysis [J]. *Science of the Total Environment*, 2017,577:136-147.
- [19] 王枫,董玉祥.基于灰色关联投影法的土地利用多功能动态评价及障碍因子诊断:以广州市为例[J].自然资源学报,2015,30(10):1698-1713.
- [20] 蒋伟.中国省域城市化水平影响因素的空间计量分析[J].经济地理,2009,29(4):613-617.
- [21] 崔家兴,顾江,孙建伟,等.湖北省三生空间格局演化特征分析[J].中国土地科学,2018,32(8):67-73.
- [22] 杨清可,段学军,王磊,等.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[J].地理科学,2018,38(1):97-106.
- [23] 张路路,郑新奇,孟超,等.湖南省土地多功能耦合协调度时空分异[J].中国土地科学,2019,33(3):85-94.
- [24] 孙丕苓,许月卿,刘庆果,等.环京津贫困带土地利用多功能性的县域尺度时空分异及影响因素[J].农业工程学报,2017,33(15):283-292.
- [25] 刘盛和,张擎.杭州市半城市化地区空间分布变化[J].地理研究,2008,27(5):982-992.
- [26] 葛忠强.基于RS和GIS的城市郊区生态质量综合评价研究[D].北京:北京林业大学,2006.
- [27] 管青春,郝晋珉,石雪洁,等.中国生态用地及生态系统服务价值变化研究[J].自然资源学报,2018,33(2):195-207.
- [28] 封建民,郭玲霞,李晓华.汉中市土地利用时空变化及其对生态系统服务价值的影响[J].水土保持研究,2020,27(1):275-282.
- [29] 陈阳,闵婕,孔祥玉,等.重庆市土地利用多功能的空间差异分析[J].资源开发与市场,2017,33(12):1461-1467.
- [30] 王建康,谷国锋,姚丽,等.中国新型城镇化的空间格局演变及影响因素分析:基于285个地级市的面板数据[J].地理科学,2016,36(1):63-71.
- [31] 李欣,方斌,殷如梦,等.江苏省县域“三生”功能时空变化及协同/权衡关系[J].自然资源学报,2019,34(11):2363-2377.