

薛建春, 曹凌辰. 黄河“几字弯”都市圈土地利用效率与土地生态安全耦合协调研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2024, 55(3): 363-372.

XUE Jianchun, CAO Lingchen. Coupling and coordination of land use efficiency and land ecological security in Jiziwan metropolitan area of the Yellow River[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2024, 55(3): 363-372.

黄河“几字弯”都市圈土地利用效率与土地生态安全耦合协调研究

薛建春, 曹凌辰

(内蒙古科技大学 经济与管理学院, 内蒙古 包头 014010)

摘要:通过分析黄河“几字弯”都市圈土地利用效率与土地生态安全的时空演变特征,探索黄河流域土地利用与生态安全协同发展路径。利用Super-SBM模型、投影寻踪模型和耦合协调模型,以2002-2021年黄河“几字弯”都市圈15个城市作为研究对象,分别评估其土地利用效率、土地生态安全水平和二者之间的耦合协调度。结果表明:研究期内土地利用效率良好,平均值0.991,整体呈现逐年下降趋势,空间上以鄂尔多斯为高水平集聚中心;土地生态安全整体水平稳定,平均值为2.012,空间上以鄂尔多斯、榆林为高水平集聚中心;二者耦合协调均值为0.616,整体处于低度协调水平,大部分城市处于濒临失调状态,呈现“中心高,四周低”的空间分布特征。土地利用效率与土地生态安全存在较为明显的矛盾,因此,“几字弯”都市圈内各城市间应优化土地配置,提高土地利用效率,加强城市之间的经验共享与联动发展,共建差异化产业格局,协同推进黄河“几字弯”高质量发展。

关键词:黄河“几字弯”;耦合协调;土地利用效率;土地生态安全

中图分类号: X24

文章编号: 1000-1700(2024)03-0363-10

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Coupling and Coordination of Land Use Efficiency and Land Ecological Security in Jiziwan Metropolitan Area of the Yellow River

XUE Jianchun, CAO Lingchen

(College of Economics and Management, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou Inner Mongolia 014010, China)

Abstract: By analyzing the spatiotemporal evolution characteristics of land use efficiency and land ecological security in the Yellow River Jiziwan metropolitan area, this study explores the path of coordinated development between land use and ecological security in the Yellow River Basin. Using the Super-SBM model, projection pursuit model, and coupling coordination model, 15 cities in the Yellow River "Jiziwan" metropolitan area from 2002 to 2021 were selected as research objects to evaluate their land use efficiency, land ecological security level, and the coupling coordination between the two. The results showed that the land use efficiency was good during the research period, with an average value of 0.991, showing an overall downward trend year by year, with Ordos as the high-level agglomeration center in space; the overall level of land ecological security is stable, with an average value of 2.012, with Ordos and Yulin as high-level gathering centers in space; the average coupling coordination between the two is 0.616, which is at a low level of overall coordination. Most cities are on the brink of imbalance, showing a spatial distribution characteristic of "high in the center and low in the

收稿日期: 2023-12-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(42061051);教育部春晖计划项目(HZKY20220442);内蒙古自然科学基金项目(2022LHMS07003)

第一作者: 薛建春(1978-),女,博士,教授,主要从事土地资源经济与利用管理研究, E-mail: xuejc919@163.com

surrounding areas". There is a clear contradiction between land use efficiency and land ecological security. Therefore, cities within the Yellow River Jiziwan metropolitan area should optimize land allocation, improve land use efficiency, strengthen experience sharing and coordinated development between cities, jointly build a differentiated industrial pattern, and promote high-quality development of Jiziwan of the Yellow River

Key words: Jiziwan of the Yellow River; coupling coordination; land use efficiency; land ecological security

城市群、都市圈作为区域高质量发展的重要载体,其土地利用状况影响着城镇化建设与社会经济发展,土地安全条件则制约城市各类建设。因此,土地利用效率和土地生态安全问题始终受到广大学者的关注,研究内容也十分丰富。在土地利用效率方面,学者们主要研究土地利用效率的测度和影响因素,测算方法主要是数据包络分析法(data envelopment analysis, DEA),包括VRS-DEA^[1]、非期望产出SBM^[2-3]、超效率DEA^[4]以及Super-SBM^[5-7]等模型。除此以外,也有部分学者采用随机前沿生产模型^[8-9]、主成分分析法^[10]和综合评价法^[11]对土地利用效率进行测算,其中Super-SBM模型能够更好地解决决策单元对比分析的问题,因此更受学者们的青睐。在研究尺度上,国家、省份、城市、县域、流域等都是研究的重点区域。在影响因素方面,已有成果证实产业结构^[12]、城市扩张^[13]、土地财政^[14]、数字经济^[15]、地区政策^[16]等因素均会对土地利用效率产生影响。

土地生态安全方面,学者们围绕着研究尺度、评价指标、评价方法等层面展开研究。研究尺度包括:省份^[17]、城市^[18]、都市圈^[19]、流域^[20]、农业主产区^[21]等,现有研究多集中于城市、省份层面,对于都市圈、都市圈的研究较少。土地生态安全评价指标体系方面,学者们主要利用压力-状态-响应(PSR)模型^[22-23],及其扩展模型驱动力-压力-状态-影响-响应(DPSIR)^[24-25]模型进行指标体系构建。此外,也有部分学者从高质量发展内涵^[20]以及经济、社会、自然^[26]3个角度出发构建指标体系。土地生态安全的评价方法较为丰富,主要有神经网络法、熵权法、投影寻踪法^[27]、K-均值聚类法^[28]等。在现有研究中,学者们还对土地生态安全与经济发展、粮食安全、乡村振兴之间的耦合协调关系进行了探究,但很少关注其与土地利用效率之间的协调关系。

综上所述,已有研究虽提供了丰富的参考,但仍存在不足:(1)国内研究对于土地利用效率和生态安全的研究多集中在城市层面,对于城市群的研究较少。黄河“几字弯”都市圈作为黄河流域高质量发展的重要载体和平台,很少有学者将其作为研究区域。(2)现有研究在研究方法上已经成熟,研究成果相对丰富,但是对于土地利用效率与土地生态安全协调关系的研究成果较少。在高质量发展的背景下,探究二者协同关系更加符合高质量发展的内涵,意义也更加重要。

在过往的发展过程中,城市往往追求土地的高效利用而忽视土地的生态安全,随着绿色发展理念的提出,各地政府对于生态环境的保护越来越重视。正是在此背景下,深入探究土地利用效率和土地生态安全之间的关系,对于指导土地可持续发展具有重要意义。黄河流域不仅是重要的经济发展区域也是重要的生态保护区,因此更要注重绿色发展,而黄河“几字弯”都市圈作为城市群的中心,在黄河流域绿色发展的过程中起着引领作用,研究都市圈内二者的协调关系,对于实现都市圈土地可持续发展、黄河流域绿色发展有着重要作用。

鉴于此,本研究首先采用Super-SBM模型测度黄河“几字弯”都市圈区域内各城市的土地利用效率,然后利用加速遗传算法优化的投影寻踪模型测度该区域的土地生态安全,最后计算二者的耦合协调关系,并分析它们的空间演化特征,以求对黄河“几字弯”都市圈的土地利用效率和土地生态安全协同发展提供帮助,为区域高质量发展提出建议。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黄河“几字弯”都市圈概念提出发展至今,主要包括太原、呼和浩特、银川3个省会城市以及内蒙古自治区、陕西省、宁夏回族自治区和山西省部分黄河流域城市,共计15座城市(图1)。黄河“几字弯”都市圈常住人口总数3 549万人,总面积38万km²,在四省中以23.5%的土地面积承载了33.6%的人口。都市圈内的15座城市既是黄河中上游发展的主体,也是带动区域发展的突破口。黄河“几字

弯”都市圈内大多是资源型城市,能源资源丰富,但同时还存在着水土流失、沙漠侵蚀等土地安全问题。

1.2 数据来源

本研究所需要的数据来源于2002-2021年各城市统计年鉴、Wind金融终端以及《中国区域经济统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》《中国国土资源统计年鉴》。部分缺失数据采用插值法进行补充。

1.3 研究方法

1.3.1 Super-SBM模型 Super-SBM模型由TONE于2002年提出。Super-SBM模型综合了超效率DEA模型和SBM模型的优点,解决了DEA模型高估效率的问题,其计算公式为:

$$\min \rho = \frac{1 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{S_i^-}{x_{ik}}}{1 + \frac{1}{q} \sum_{r=1}^q \frac{S_r^+}{y_{rk}}}$$

$$s.t. \sum_{j=1, j \neq k}^m x_{ij} \lambda_j - s_i^- \leq x_{ik} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \tag{1}$$

$$\sum_{j=1, j \neq k}^m y_{rj} \lambda_j + s_r^+ \geq y_{rk} \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n (j \neq k), s_i^- \geq 0, s_i^+ \geq 0$$

式中: ρ 为相对效率值; x 、 y 分别为输入变量和输出变量; n 、 q 分别为投入、产出指标的个数; s_i^+ 、 s_i^- 分别为投入、产出的松弛变量; λ_j 为权重向量。

1.3.2 投影寻踪模型 本研究采用投影寻踪法度量土地生态安全。该方法能够将高维数据投影到低维,并通过优化投影函数消除信息的遗漏问题。投影寻踪法具体步骤如下^[27]。

(1)数据标准化。为了消除数据的量纲影响,在进行计算之前,利用极差法对数据进行了标准化处理。

$$\text{正向指标: } X_{ij} = \frac{X_{ij}^* - \min X_{ij}^*}{\max X_{ij}^* - \min X_{ij}^*} \tag{2}$$

$$\text{负向指标: } X_{ij} = \frac{\max X_{ij}^* - X_{ij}^*}{\max X_{ij}^* - \min X_{ij}^*}$$

式中: i 为评价对象; j 为指标; X_{ij} 为标准化值; X_{ij}^* 为原始值。

(2)构造投影函数,计算评价对象的投影值 Z_i ,即:

$$Z_i = \sum_{j=1}^p A_j X_{ij} \tag{3}$$

式中: X_{ij} 为标准化后的值; $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_p\}$ 为评价对象 i 的投影方向向量。

(3)优化目标函数,为获得最佳的投影方向,设计投影函数式,即:

$$Q_a = S_Z D_Z$$

$$S_Z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i - E_Z)^2}{n - 1}} \tag{4}$$

$$D_Z = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (R - r_{ik}) * u(R - r_{ik})$$



图1 黄河“几字弯”都市圈城市
Figure 1 Cities in the "Jiziwan" metropolitan area of the Yellow River

式中： Q_a 为目标函数； S_z 为 Z_i 的标准差； E_z 为 Z_i 的平均值； D_z 为 Z_i 的局部密度； R 为 D_z 的半径窗口，其数值通常为 $0.1S_z$ ； r_{ik} 为投影特征值间的距离， $r_{ik} = |z_i - z_k| (i, k = 1, 2, 3, \dots, n)$ ； $u(R - r_{ik})$ 为单位阶跃函数，当 $R \geq r_{ik}$ 时，其值等于1，相反则等于0。

最佳投影方向需满足投影函数式。该方法参照遗传算法，不断的快速迭代，最终在复杂的最优备选方案中选出最优方案。本研究采用加速遗传算法进行优化，设置父代初始种群规模 $n = 400$ ，交叉概率0.8，变异概率0.2。

$$\begin{aligned} \max Q_a &= S_z D_z & (5) \\ \text{s.t.} \sum_{i=1}^p a_j^2 &= 1 \end{aligned}$$

1.3.3 耦合协调模型 耦合协调模型用于描述复杂系统中各组成部分之间的相互作用，其计算公式^[29]为：

$$\begin{aligned} C &= \left[\frac{\prod_{i=1}^n U_i}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i\right)^2} \right]^{\frac{1}{n}} \\ T &= \sum_{i=1}^n \alpha_i \times U_i \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 & (6) \\ D &= \sqrt{C \times T} = \sqrt{\left[\frac{\prod_{i=1}^n U_i}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i\right)^2} \right]^{\frac{1}{n}} \times \sum_{i=1}^n \alpha_i U_i} \end{aligned}$$

式中： n 为子系统的个数，本研究中 $n = 2$ ； U_i 为各子系统的值，其分布区间为 $[0, 1]$ ，故耦合度 C 值的区间为 $[0, 1]$ 。 C 值越大，子系统间离散程度越小，耦合度越高；反之，子系统之间的耦合度越低。 D 为耦合协调度， $D \in [0, 1]$ ，参考已有研究^[27]，对耦合协调水平进行划分， $D = 0$ 时，处于完全失调状态。当 $D \in (0, 0.5]$ 时为失调衰退， $D \in (0.5, 0.7]$ 时为低度协调， $D \in (0.7, 0.8]$ 时为中度协调， $D \in (0.8, 1.0]$ 时为高度协调。当 $D = 1$ 时，土地利用效率与土地生态安全处于协调发展最佳状态。

1.4 变量选取

对于土地利用效率的测度，本研究以土地、资本和劳动力作为投入要素，并选择了市辖区建设用地面积、城市固定资产投资额及二、三产业从业人员总数这3个指标作为投入要素。同时，以经济和生态效益作为产出要素，分别使用地方政府财政收入、第二、三产业GDP以及绿化覆盖率来表述这些效益。

对于土地生态安全的测度，参考陕永杰等^[30-32]研究中关于土地生态安全评价的指标，并结合地区发展补充部分指标，将其划分为社会、经济、环境3个层次作为本研究的最终评价指标。土地生态安全具体评价指标如表1。

2 结果与分析

2.1 时序演变特征分析

2.1.1 土地利用效率分析 由图2可知，2002-2021年，黄河“几字弯”都市圈各年平均土地利用效率总体呈现下降趋势，从2002年的1.040下降至2021年的0.946，研究期内土地利用效率均值0.991。从时间上看，2002-2007年都市圈内土地利用效率在较高水平波动。2000-2010年被称为世界能源资源发展的“黄金十年”，该区域凭借着丰富的能源和矿业资源获益颇丰，土地利用效率也较高。2008-2016年研究区域内土地利用效率波动式下降。2008年全球金融危机，各城市为了促进当地经济发展开始进行大量基础设施建设，导致土地资源开发过度，环境污染问题加剧。2012年后，能源市场价格疲软，部

表1 土地生态安全评价指标

Table 1 Land ecological security evaluation indicators

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Indicator layer	单位 Unit
土地生态安全 Land ecological security	社会 Society	Y1 人口密度 Population density	人·km ⁻²
		Y2 人口自然增长率 Natural population growth rate	%
		Y3 城镇化水平 Urbanization level	%
		Y4 人均耕地面积 Per capita cultivated land area	10·km ² ·万人 ⁻¹
		Y5 绿化水平 Greening level	%
		Y6 经济密度 Economic density	元·km ⁻²
	经济 Economy	Y7 第三产业占GDP比重 The proportion of the tertiary industry to GDP	%
		Y8 耕地面积占比 Proportion of arable land area	%
		Y9 城镇居民人均可支配收入 Per-capita disposable income of urban residents	元
		Y10 土地财政 Land finance	万元
		Y11 农牧人均可支配收 Per capita disposable income of agriculture and animal husbandry	元
		Y12 建设用地面积比重 Proportion of construction land area	‰
	环境 Environment	Y13 林草覆盖率 Forest and grass coverage rate	%
		Y14 水土协调度 Water and soil coordinated dispatch	万 t·km ⁻²
		Y15 工业固体废物处置利用率 Industrial solid waste disposal and utilization rate	%
		Y16 受保护土地占比 Proportion of protected land	%
		Y17 生活污水处理率 Domestic sewage treatment rate	%
		Y18 生活垃圾无害化处理率 Harmless treatment rate of household waste	%
		Y19 单位面积土地化肥负荷 Fertilizer load per unit area of land	t·km ⁻²
		Y20 单位面积土地农药负荷 Pesticide load per unit area of land	t·km ⁻²

分城市经济滑坡,土地利用效率开始波动式下降。2016-2021年土地利用效率呈现小幅上升趋势。近几年,能源价格再次高涨,资源型城市经济复苏,与此同时各地政府开始重视并整改土地过度开发导致的问题,城市绿化水平有所提高,土地利用效率因此小幅上升。

2.1.2 土地生态安全分析 由图2可知,2002-2021年,黄河“几字弯”都市圈土地生态安全总体较为稳定,存在小幅度波动式变化,土地生态安全均值2.01。2002-2012年,土地生态安全均值波动式上升,由2002年2.00增长至2012年的2.26。21世纪初,都市圈内社会经济发展良好,固废、污水、垃圾处理率较高,单位土地化肥、农药负荷较低,土地生态安全负向指标影响较少。同时,各城市建设用地占比有所增加,如:包头从2003年占比4.2‰增长到2012年的7.15‰,太原从2003年的占比12.13‰增长到2012年的18.58‰。2012-2021年,土地生态安全均值波动式下降,由2012年的2.26降至2021年的2.03。此阶段,都市圈城市人口密度持续增长,城镇化水平逐渐提高,单位土地化肥与农药负荷较高,对土地生态的扰动日渐增强,导致土地生态安全水平下降。

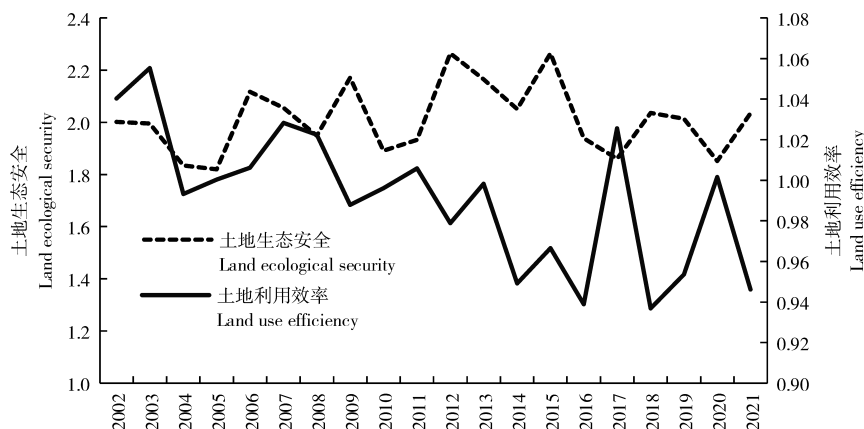


图2 土地利用效率和土地生态安全时序演变图

Figure 2 Time series evolution of land use efficiency and land ecological security

2.1.3 耦合协调度分析 由图3可知,2002-2021年,研究区域内土地利用效率与土地生态安全的协调度均值为0.616,整体处于低度协调水平。从时间上看,黄河“几字弯”都市圈整体协调水平小幅上升,从2002年的0.52上升至2021年的0.68,但始终处于低度协调水平。2002-2012年,耦合协调度波动式上升,在2012年达到峰值0.713,处于中度协调水平。此阶段土地利用效率波动式下降,由于黄河流域各类生态保护政策的推出,各城市积极配合政策要求,土地生态安全水平呈现上升趋势。2012-2016年,协调度逐渐下降,在此阶段受到土地长期粗放利用和过度开发的影响,土地利用效率呈现下降趋势,土地生态安全仍保持稳定。2016-2021年,协调度小幅度上升,近年来,各城市经济回暖,伴随土地利用效率的上升,二者之间的协调性也因此小幅度上升。

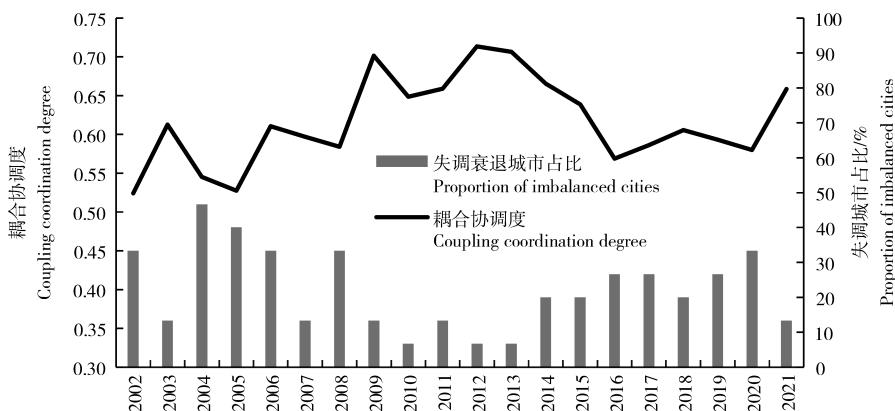


图3 耦合协调度时序演变图

Figure 3 Time series evolution diagram of coupling coordination degree

整体来看,2009-2013年间黄河“几字弯”土地利用效率与土地生态安全的耦合协调度相对较高,且失调衰退城市占比也较低。而且,研究时期内土地生态安全波动浮动较小,土地利用效率变化幅度相对较大,因此,土地利用效率对耦合协调度的变化产生主要影响。

2.2 空间分布特征分析

利用ArcGIS10.8的自然断点法对黄河“几字弯”都市圈土地利用效率、土地生态安全及二者耦合协调水平进行分级,并选取2005,2009,2013,2017,2021年共5个年份作为时间点进行空间分布特征分析。

2.2.1 土地利用效率分析 由图4可知,2002-2021年,研究区域在空间上形成了以鄂尔多斯、榆林为中心的高水平聚集地,而周边城市受到中心城市的影响也达到过较高水平的土地利用效率,但大部分时间保持在中低水平。鄂尔多斯、榆林依靠着丰富的能源储备,城市经济蓬勃发展,鄂尔多斯市2021年度人均GDP更是高达21.9万元,高居全国第一。第二产业的高产值是促进土地利用效率维持高水平的主要原因。

2.2.2 土地生态安全分析 由图5可知,2002-2021年研究区域内形成以鄂尔多斯、榆林、呼和浩特3个城市为高水平的聚集中心,呈现出由“中心高,四周低”向“西北高,东南、西南低”演化的空间分布特征。西北部各城市土地生态安全水平波动式上升,如包头、巴彦淖尔、呼和浩特等,东南方部分城市和西南方部分城市长期处于中低水平,如吕梁、朔州、吴忠等。黄河流域生态环境问题自本世纪初就已经引起政府和社会各界的关注,各地政府也不断推出政策改善流域的生态问题,受此影响研究期内鄂尔多斯、巴彦淖尔、榆林、朔州等城市的土地生态安全逐年提高。其中,内蒙古自治区作为北疆重要的生态安全屏障,其境内的城市土地生态安全水平也相对处于高水平状态。

2.2.3 耦合协调度分析 由图6可知,2002-2021年,黄河“几字弯”都市圈内形成以鄂尔多斯、榆林市为高协调度的聚集中心,呈现出“中心高,四周低”的空间分布特征。演化过程可分为3个阶段:2002-2008年,大部分城市处于中低度协调水平,高度协调水平城市主要集中在东南方的太原、延安等城市。2009-2014年,中部地区协调水平开始持续保持在中高水平上,太原等东南部城市协调水平呈现下降趋势,此时高协调水平城市主要有:鄂尔多斯、延安等。2014-2021年,整体协调水平趋于下降,逐渐形

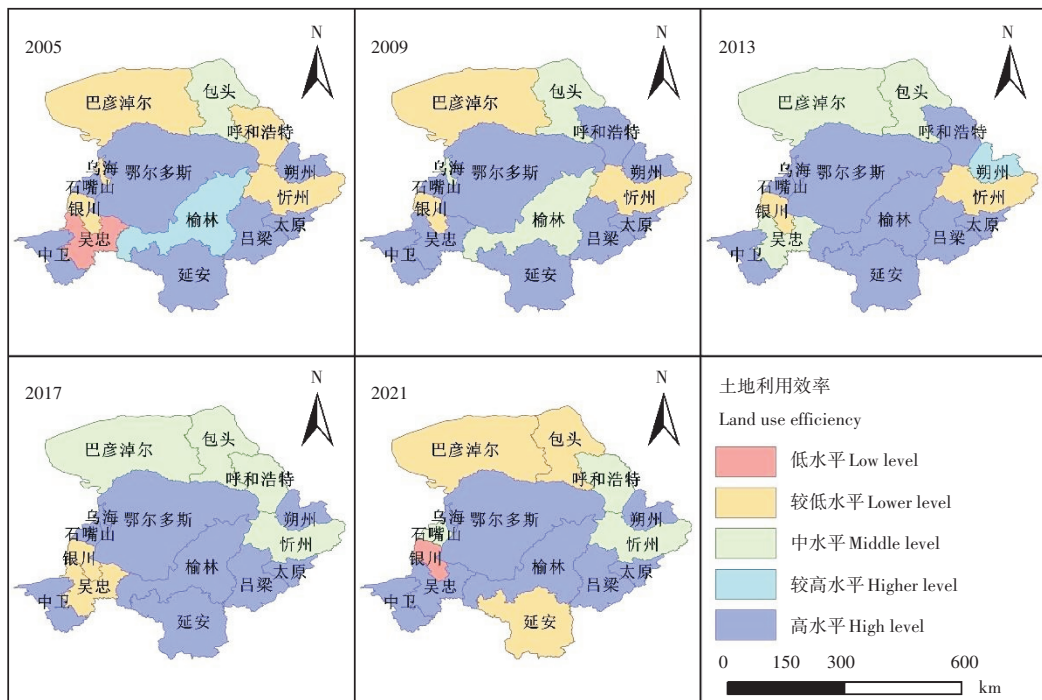


图4 土地利用效率空间格局特征图

Figure 4 Spatial pattern characteristics of land use efficiency

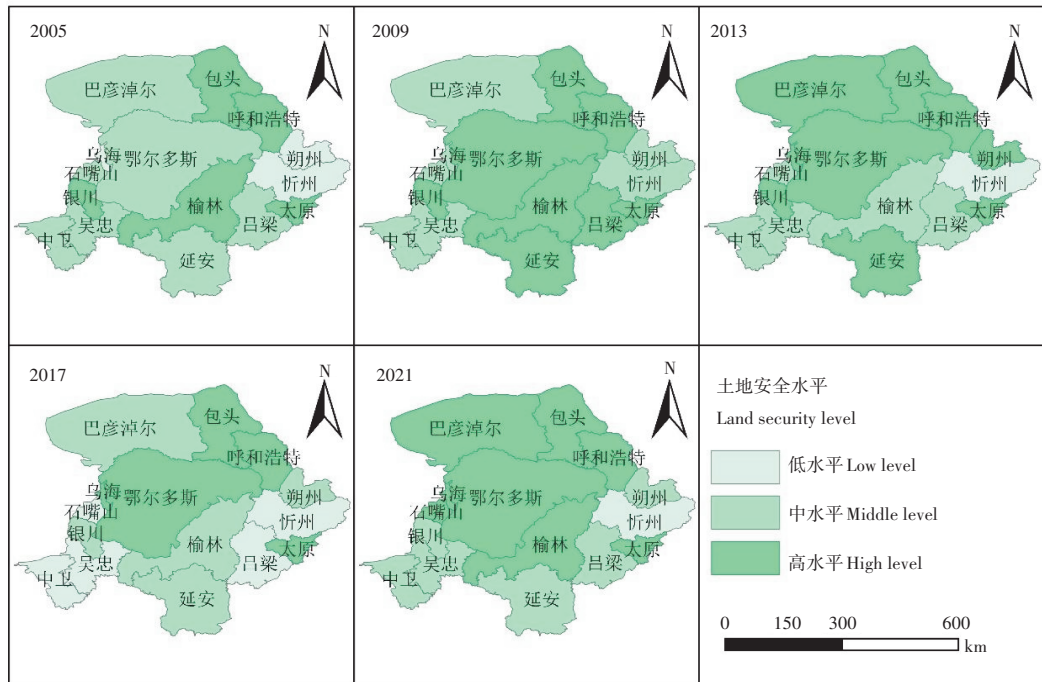


图5 土地生态安全空间格局特征图

Figure 5 Spatial pattern characteristics of land ecological security

成以鄂尔多斯、榆林两个城市为中心的高协调度聚集区。

进一步选取2005,2013,2021年3个时间点进行分析:2005年,处于失调衰退、低度协调、高度协调的城市分别占比40%、53%和7%。失调衰退城市包括吴忠、巴彦淖尔、朔州、银川、乌海、忻州6座城市。究其原因,2005年,朔州第二产业比重上升15.1%达到58.4%,经济发展依靠地下矿产资源重度开发,环境破坏、资源浪费问题严重,土地生态安全水平仅为1.194远低于当年均值1.834。其他城市失调的主要原因是土地利用效率过低,以银川为例,银川2005年土地利用效率仅为0.530,远低于当年平

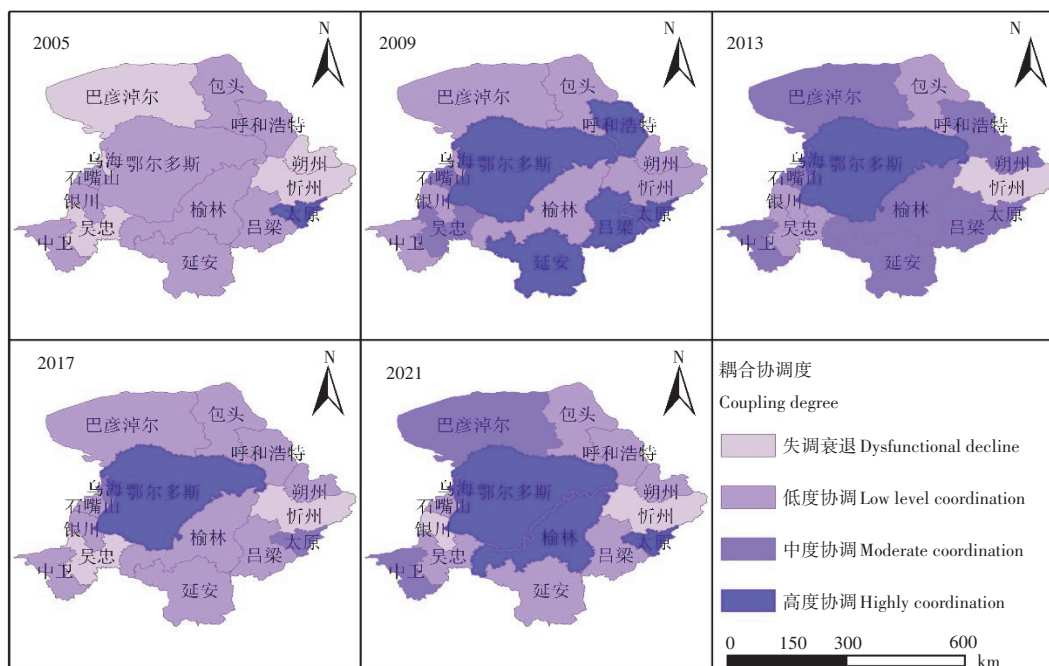


图6 耦合协调度空间格局特征图

Figure 6 Spatial pattern characteristics of coupling coordination degree

均水平,而其土地生态安全水平为2.355,远高于当年平均水平。二三产业吸纳就业能力弱、重大项目较少、企业经济效益低都是土地利用效率低的原因。2013年,处于失调衰退、低度协调、中度协调、高度协调的城市分别占比7%、20%、66%和7%。低度协调城市有银川、吴忠、包头3座城市,失调衰退城市仅有忻州。忻州当年的原煤产量增长7.5%,第二产业用电占比69.5%,煤矿的开采和第二产业投入都是土地生态安全恶化的原因,土地安全水平较低也造成忻州的耦合协调水平失调衰退。2021年,处于失调衰退、低度协调、中度协调、高度协调的城市分别占比13%、47%、13%和27%。失调衰退城市包括银川和忻州。其中,银川的土地利用效率低导致二者失调,2021年银川土地利用效率为0.438,远低于当年平均水平0.946。忻州失调的主要原因仍是土地生态安全水平较低。

总之,研究区域部分城市的失调均是由于其土地利用效率较低导致,尽管在研究后期协调平均水平有所提升,但依旧处于低度协调水平,并且大部分城市仍面临着低度协调甚至是失调的危机。

3 讨论与结论

在倡导高质量发展和绿色发展理念的背景下,土地生态安全在可持续发展相关研究中逐渐受到重视,经济发展^[33]、乡村振兴^[34]等发展问题与土地生态安全之间的协调程度更受学者关注,而土地利用效率与土地生态安全之间的协调关系研究相对较少,对于黄河“几字弯”都市圈的研究更是寥寥无几。本研究聚焦黄河“几字弯”土地利用效率与土地生态安全协调发展研究,研究结论与丁丽君^[35]一致,特别是都市圈内鄂尔多斯、榆林等资源型城市土地利用与生态安全的协同变化更具代表性。

本研究选取2002-2021年黄河“几字弯”都市圈15个城市为研究对象,分别利用Super-SBM模型、投影寻踪模型测度土地利用效率与土地生态安全,并分析两者之间的耦合协调时空演变特征。黄河“几字弯”都市圈土地利用效率由2002年的1.040下降至2021年的0.946,呈现以鄂尔多斯、榆林为高水平聚集中心的“中间高,四周低”空间分布特征。各城市之间土地利用水平差距较大。鄂尔多斯、榆林等城市土地利用效率长期居于首位,而受核心城市的辐射带动作用,核心城市周边地区的土地利用效率也多为较高水平。但包头等城市正面临着部分能源资源枯竭的挑战,这对其经济发展造成了一定的制约,土地利用效率也相对较低,导致“几字弯”内部城市土地利用效率存在显著的空间差异。黄河“几字弯”都市圈土地生态安全呈现出“西北高,东南低”的空间分布特征。西北城市如包头、巴彦淖尔等,由于地处内蒙古自治区,其生态保护力度强于其他城市,因此其生态安全也呈现出良好的态势。

东南地区城市因生态环境问题,如榆林市占有全陕西省99%的荒漠化和沙化土地,造成了都市圈内城市土地生态安全分布的差异性。黄河“几字弯”都市圈土地利用效率与土地生态安全耦合协调度均值为0.616,时间上由2002年的0.524增长至2021年的0.658,呈现出以鄂尔多斯为高水平聚集中心的“中间高,四周低”空间分布特征。研究区域内整体协调程度仍然处于低度协调水平,大部分城市处于低度协调甚至是失调的状态。

黄河“几字弯”都市圈内城市耦合协调水平失调衰退的原因分为两类:一类是由于城市本身土地利用效率低下问题导致失调衰退。另一类是土地生态安全水平较低导致。为了提高土地利用效率和土地生态安全之间的高质量协调发展,本研究提出3条建议:(1)以高质量发展为契机,加快产业转型。各地政府应当加快产业由高能耗、高污染向低能耗、低污染转型,大力发展光伏发电等产业。并优化土地配置,推动一、二、三产业联动发展,提高土地集约利用,提高土地利用效率。(2)加强城市之间的共同合作、共同发展,发挥中心城市辐射作用。通过分析可以看出,无论是土地利用效率还是协调程度,都市圈内都不缺少高水平城市,但其他城市大多保持中低水平。因此,城市之间应加强联动发展,充分发挥高水平城市的辐射作用,共享风沙源治理工程、天然林保护工程等重点生态工程建设经验,构建分工协作产业链条,推动区域融合发展。(3)制定分区发展政策,推动产业差异化发展,探索差异化协同发展策略^[36]。黄河“几字弯”都市圈中各城市的经济发展均依靠各自的能源储备,由此造成了产业同质化问题。各城市应当结合自身地理位置、生态环境等因素,探索构建差异化协同发展的产业布局,加强地区之间的分工协作。

参考文献:

- [1] 武占云,王业强.高质量发展视域下黄河流域土地利用效率提升研究[J].当代经济管理,2022,44(1):68-75.
- [2] 王文丽,张安录,刘蒙罢.长江经济带城市土地利用效率与生态系统健康耦合时空格局分析[J].水土保持研究,2022,29(6):352-362.
- [3] 孙凤辉,许恒周.城市行政等级对土地利用效率的影响——基于资源集聚能力中介的视角[J].中国人口·资源与环境,2023,33(11):219-230.
- [4] 刘欣然,胡智文,冯明磊,等.基于DEA模型的云南省城市土地利用效率研究[J].云南水力发电,2022,38(12):344-351.
- [5] 朱 钊,沐年国,闫勇志.科技创新对城市土地利用效率的影响——基于金融集聚与产业结构作用机制分析[J].技术与创新管理,2023,44(6):664-671,734.
- [6] 李立清,石慧赟,李燕凌.提升县城土地资源利用效率的数字化驱动路径研究[J].农业经济与管理,2023(5):50-61.
- [7] 薛建春,张安录.土地利用效率分解、演化与收敛分析——基于黄河流域69个城市的实证[J].技术经济与管理研究,2022(1):122-128.
- [8] 何莎莎,方 斌,李 欣等.城市土地利用效率与高质量发展时空演变及交互响应——以江苏省为例[J].地理与地理信息科学,2022,38(5):79-87.
- [9] 王 鹏,赵 君,阎晓娟,等.动态时空视角下黄河流域城市土地利用效率的集聚演化特征[J].中国地质,2023,50(2):506-520.
- [10] 任家强,汪景宽,孔凡文.基于空间自相关与主成分分析的城市土地集约利用空间差异研究——以辽宁省为例[J].沈阳农业大学学报,2012,43(1):39-43.
- [11] 刘素娟,严志强,吴壮金,等.广西城市土地绿色利用效率评价及空间分异特征研究[J].南宁师范大学学报(自然科学版),2023,40(3):104-110.
- [12] 宋 洋,贺灿飞, YEUNG GODFREY,等.中国资源型城市产业结构升级对土地利用效率的影响[J].地理研究,2023,42(1):86-105.
- [13] 孔德尚.不同城市扩张类型的土地利用效率测度与对比——基于斑块标度律视角[J].中国房地产,2022(36):38-52.
- [14] 姚凤阁,丁雪林.土地财政对城市土地利用效率的影响——基于空间计量模型的实证分析[J].商业经济,2023(1):12-14.
- [15] 张晨露,张 凡,吴文菲.数字经济、国内大循环与城市土地利用效率——基于武汉城市圈的实证[J].统计与决策,2023,39(20):163-167.
- [16] 王雨枫.辽宁省耕地利用的时空演变特征分析及对策[J].东北大学学报(自然科学版),2022,43(1):141-146.
- [17] 胡东滨,谭文清,黄 炜.基于SAHDT方法的湖南省土地生态安全评价[J].安全与环境学报,2021,21(2):866-873.
- [18] 梁 睿,黄义忠,牟禹恒,等.基于物元分析的瑞丽市土地生态安全评价及障碍因素诊断[J].西南农业学报,2022,35

- (10):2436-2444.
- [19] 黄烈佳,杨 鹏.基于机器学习的武汉城市圈土地生态安全格局识别与优化策略[J].生态与农村环境学报,2020,36(7):862-869.
- [20] 韩 琮,陶德鑫,史鲁彦.黄河流域两大区域的土地生态安全动态评价及比较[J].水土保持学报,2024,38(1):255-266, 277
- [21] 薛选登,马 路.粮食主产区土地生态与粮食安全耦合协调性分析[J].中国农业资源与区划,2022,43(9):1-11.
- [22] 冷春霞,李国柱.基于主成分分析法的白山市土地生态安全评价[J].农业与技术,2022,42(23):84-88.
- [23] 张楠楠,石水莲,李 博,等.基于“压力-状态-响应”模型的土地生态安全评价及预测——以沈阳市为例[J].土壤通报,2022,53(1):28-35.
- [24] 韩 琮,张 敏.基于POI数据的“黄三角”土地利用水平与土地生态安全的空耦合研究[J].山东财经大学学报, 2022,34(5):39-50.
- [25] 季文光,崔娟敏,成福伟,等.基于DPSIR-KRUSKAL的河北省土地生态安全模糊聚类评价[J].江苏农业科学,2022,50(6):186-197.
- [26] 黄烈佳,杨 鹏.基于机器学习的武汉城市圈土地生态安全格局识别与优化策略[J].生态与农村环境学报,2020,36(7):862-869.
- [27] 周艺霖,李明月,张梦婕,等.土地利用效率与土地生态安全耦合协调研究——以广东省为例[J].湖南师范大学自然科学学报,2022,46(3):72-81.
- [28] 吴子龙,辛军彩,王 磊,等.基于因子-聚类分析的河北省土地生态安全时空变化[J].农技服务,2022,39(8):91-94.
- [29] 王淑佳,孔 伟,任 亮,等.国内耦合协调度模型的误区及修正[J].自然资源学报,2021,36(3):793-810.
- [30] 陕永杰,魏绍康,苗 圆,等.基于PSR-TOPSIS模型的“晋陕豫黄河金三角”地区土地生态安全评价[J].生态经济, 2022,38(7):205-211.
- [31] 王 晶,原伟鹏,刘新平.哈尔滨城市土地生态安全时序评价及预测分析[J].干旱区地理,2018,41(4):885-892.
- [32] 党怡雯,张家琛,陈亚恒.河北省新型城镇化与土地生态安全耦合协调分析[J].林业与生态科学,2022,37(4):446-455.
- [33] 徐文程.合肥市社会经济发展与土地生态安全耦合协调及障碍因子分析[J].江西科学,2023,41(6):1077-1081,1130.
- [34] 李 冰,周 兴,陈海萍.广西壮族自治区土地生态安全与乡村振兴协调性的时空特征[J].水土保持通报,2023,43(2): 416-424.
- [35] 丁丽君.黄河流域资源型城市土地利用效率与土地生态安全的耦合协调研究[D].济南:山东财经大学,2024.
- [36] 田 泽,肖玲颖,梁 伟,等.黄河流域工业绿色低碳转型与经济高质量发展耦合协调研究[J].资源与产业,2023,25(1):14-26.

[责任编辑 亓 国]