

乡村空心化治理视角下区域耕地多功能与价值耦合协调研究

谷国政¹, 施琳娜^{2*}, 文琦³, 牛善栋^{1,4}

(1. 东北大学文法学院, 沈阳 110169; 2. 宁夏大学地理科学与规划学院, 银川 750021;
3. 宁夏大学建筑学院, 银川 750021; 4. 自然资源部碳中和与国土空间优化重点实验室, 南京 210023)

摘要:解析耕地功能价值与建设宜居宜业和美乡村的内在关系, 诊断区域耕地多功能与价值耦合协调程度, 对于有效治理乡村空心化、全面推进乡村振兴具有重要意义。论文基于粮食主产区典型区域的耕地资源特征, 运用综合评价模型、耦合协调模型、探索性空间分析、地理加权回归等方法, 探究辽宁省2005—2020年耕地多功能与价值耦合协调水平及作用机制, 据此提出解决乡村空心化问题的分区治理路径。研究表明, 在研究期间: (1) 辽宁省耕地多功能耦合协调度平稳上升, 呈现“西北优于东南”分异格局, 仍具有提升空间; (2) 辽宁省耕地价值耦合协调度处于平稳状态, 形成“核心高、两翼低”排列格局, 各地市之间差异较大; (3) 辽宁省耕地多功能与价值的耦合协调度表现出低速增长态势, 二者之间的空间集聚效应缓慢增强, 建立了良好的协同关系; (4) 辽宁省耕地多功能对其价值变化具有显著的异质性影响, 二者存在演化趋势的非同步性、时空分异的非均衡性以及动态关联的路径依赖等。研究旨在分析耕地功能价值的耦合协调, 探讨乡村空心化治理路径, 以期促进粮食主产区的乡村“人—地—业”协同发展, 为夯实粮食安全根基、加快农业农村现代化提供参考。

关键词:耕地保护; 耕地多功能; 耕地价值; 粮食安全; 乡村空心化治理; 乡村振兴

耕地本身以及利用产出的功能与价值、产品与服务, 是乡村经济社会发展与公众福祉增进的基础载体^[1-2]。耕地多功能管理与价值实现机制深刻影响农业农村现代化发展进程^[3]。近年来, 应对前期“时空压缩”城镇化引致的土地、劳动力、资本、技术、信息等生产要素过度向非农领域转移, 以及近期人口达到峰值之后负增长产生的劳动力减量化、老龄化等供需变化或预期转弱, 并且表现为优质耕地流失、弃耕抛荒撂荒、后备耕地短缺、水土资源不

协调、“人—地—业”“人—地—粮”关系不匹配、粮食产能提升与生态保育不协同、宅基地闲置与乡村空心化等尖锐问题, 成为管理和实践亟待解决的难题^[4]。尽管这些问题表面上是在城乡融合发展加快、农业强国建设、农村经济社会转型、农民消费结构升级、劳动力大量流动的背景下, 由其生产成本低、生产效率低、农产品价格高、比较收益低、收入差距大、供求矛盾加剧、要素流动不均衡、农业现代化滞后等多重因素交织叠加导致的, 但是, 这种短

收稿日期: 2023-10-31; 修订日期: 2024-01-18。

基金项目 教育部人文社会科学青年基金项目(23YJCZH181); 国家自然科学基金重点项目(41931293); 中央高校基本科研业务费项目(N2214001); 自然资源部碳中和与国土空间优化重点实验室开放基金项目(CNTO-KFJJ-202311)。[**Foundation:** Project of Humanities and Social Sciences of Ministry of Education, China, No. 23YJCZH181; National Natural Science Foundation of China, No. 41931293; The Fundamental Research Funds for the Central Universities, No. N2214001; The Key Laboratory of Carbon Neutrality and Territory Optimization, Ministry of Natural Resources, No. CNTO-KFJJ-202311.]

第一作者简介 谷国政(1992—), 男, 山东菏泽人, 博士生, 研究方向为土地资源管理。E-mail: gugz_2020@163.com

***通信作者简介** 施琳娜(1991—), 女, 山东临沂人, 博士, 副教授, 研究方向为乡村转型发展与城乡融合。

E-mail: shilinna2015@163.com

引用格式: 谷国政, 施琳娜, 文琦, 等. 乡村空心化治理视角下区域耕地多功能与价值耦合协调研究 [J]. 地理科学进展, 2024, 43(3): 587-602.
[Gu Guozheng, Shi Linna, Wen Qi, et al. Coupling and coordination of the multifunction and value of arable land at the regional scale from the perspective of rural hollowing governance. Progress in Geography, 2024, 43(3): 587-602.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2024.03.013

期冲击往往紧接着乡村发展、乡村建设、乡村治理等长期趋势的变化。对此,大国小农的国情农情条件与耕地价值显化机制构建、资源环境约束趋紧与耕地多功能优化配置成为遏止农村资源要素加快流出、畅通城乡要素流动的基点^[3]。一方面,以农民收益保障为核心的价值回归是农业农村优先发展进程中提高比较收益、提升自治能力、促进农民增收的逻辑起点;另一方面,耕地不同功能在空间、产业上的融合为治理乡村空心化、增进城乡居民福祉创造了机会。此外,耕地多功能与价值耦合协调也会提高乡村各类资源要素投入在化肥农药双减、生态联系、期望/非期望产出、生态建设、生物灾害防治、生态系统服务等保护利用环节中的配置效率,调节食品安全、乡村景观、生态保护等商品性与非生产性功能价值的供需关系。推动耕地功能与价值协同发展有益于全面推进乡村振兴、加快建设农业强国进程中的农村空心化、农业边缘化、农民老龄化等问题解决。

党的二十大报告指出,“全面建设社会主义现代化国家,最艰巨最繁重的任务仍然在农村”^①,从多个方面阐述全面推进乡村振兴的战略部署,为推动农业农村现代化与建设宜居宜业和美乡村提供了科学指南和行动纲领。事实上,随着城镇化进程推进,世界诸多国家的农村地区均出现过农业经济衰退、农村生态环境脆弱、农村人口收缩等发展弱化问题,而日韩两国通过开展乡村建设运动在其条件塑造与政策制定等方面为乡村振兴提供了优势经验^[5-6]。“三农”问题虽是全球性问题,但其相关解决方案蕴涵的基本逻辑均指向以战略引领和产业升级推动乡村物质空间与社会空间重构的普遍性思维。特别是,乡村的多元价值与农业的多种功能作为乡村提质增效的源动力引起广泛关注。然而,农业多功能不仅要考虑种植规模化、经营管理集约化、耕作机械化、生产专业化等现代化基础,更要探索如何提高耕地多功能价值以促进农业农村现代化收益提升。为此,理论界围绕乡村振兴背景下耕地多功能与价值耦合开展了一系列研究。一方面,以基础研究为主线的相关文献明确了耕地多功能与耕地价值的概念内涵^[7-8]、属性特征^[9]、类型划分^[10]、核算方法^[11-12]、指标体系^[13]等,为厘清耕地功能、价值、产品和服务之间的复杂关系提供了理论依据。另一方面,以综合评价为核心的相关成果阐明了耕

地多功能权衡/协同关系与供需匹配过程^[14]、耕地价值的地域分异^[15]与空间关联特征^[16],以及二者的动态演化规律^[17]、影响因素^[18]、驱动机制^[19]与政策调控^[20]等,为优化配置耕地布局以满足公众对其产品供给、环境调节、文化服务、过程支持的多元需求提供了有益借鉴。总体上,基于系统视角探究耕地在链接公众需求(消费结构、经济社会条件)与生态机制(自然过程、环境容量)过程中何以治理乡村空心化的研究相对较少。因此,本文尝试从理论层面辨析农村劳动力流动与耕地功能价值空间耦合的一致性,明晰耕地功能与价值协同发展促进乡村空心化有效治理的内在逻辑,构建耕地功能与价值耦合的分析框架。并且以东北粮食主产区典型区域——辽宁省为例,分析耕地多功能、耕地价值以及二者之间的耦合协调特征,根据各类时空分异问题探析耕地多功能对价值影响的作用机制,进而提出推进区域耕地多功能与价值协调高质量发展的分区治理策略,为推动耕地多功能融合与复合价值增益、乡村空心化治理与宜居宜业和美乡村建设等提供理论依据和实践参考。

1 理论分析

耕地利用的粮食生产、农户生计保障等功能价值是人地关系演变的基础参照,农村劳动力的迁移流动是人地关系变化的重要表征,耕地多功能与价值耦合协调是耕地系统与人口系统、经济系统、社会系统、资源系统、环境系统交互作用的结果,二者从耕地资源环境承载与农户生产生活行为的关联视角反映出乡村转型发展趋势。探讨农村劳动力与耕地功能价值之间的内在关系,揭示乡村空心化治理导向的耕地多功能与价值耦合协调机制,成为解析乡村空心化诱因的关键途径。近年来,经济社会高质量发展与乡村振兴战略实施日益推动城乡关系演化和农户生计转型,使得农村劳动力在“进城务工”“返乡创业”的路径循环流动。该群体首先蜂拥至城镇区域,然后逐渐出现部分返乡就业创业现象,最后往返于城乡之间并不停地摇摆,进而在群体基本特点、空间分布格局、生产生活样态等方面表现出典型的“钟摆”特征。一方面,农村劳动力根据自身感知意愿和外部环境条件主动进行择业;另一方面,不同制度情境、政策环境、焦点事件的差

① 数据来源: https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm。

种植意愿、决策环境、政策影响等作出最终决策的结果。总之,耕地功能与价值的耦合关系为追溯、演绎、阐释、设计和优化调控乡村空心化治理提供了基础。

因此,本文从耕地功能与价值耦合回溯乡村场域“人—地—业”的协调互动过程,将宏观视角下的中国式现代化与农业强国、中观视角下的乡村振兴与农民农村共同富裕、微观视角下的乡村空心化治理与宜居宜业和美乡村建设等作为切入点,系统探讨中国式现代化背景下在全面推进乡村振兴、加快建设农业强国过程中如何借助耕地资源治理乡村空心化的有效途径。基于“人地关系”主线——农村劳动力流动“钟摆”现象与耕地功能价值耦合协调的空间收敛一致性,区分乡村振兴与农民农村共同富裕、耕地功能与价值作为治理乡村空心化的双重“线索”,既关注前者需要通过价值引领、制度变革、政策创新等“自上而下”地为治理乡村空心化提供理论创新的路径机制,也聚焦后者可以通过格局与过程耦合、系统重构与转型调控等“自下而上”地为精准治理空心村提供实践探索的实现形式。

2 研究区域、方法与数据

2.1 研究区域

辽宁省(图2)是东北粮食主产区的典型区域,是东北亚经济圈核心地带,因其人口总量较多、区域耕地占比较大、产业集聚程度较高而具有代表性。全省土地总面积为14.86万 km^2 ^②,其中,耕地面积为4.97万 km^2 ,占总面积的33.45%,约80%的耕地分布于中部平原地区和东部、西部低山丘陵地区。2022年,全省总人口4197万。其中,城镇人口3064万人,乡村人口1133万人;农民工总量467万人,外出246万人,本地221万人^③。全年粮食作物播种面积为356.15万 hm^2 。其中,水稻播种面积51.64万 hm^2 ,玉米播种面积275.80万 hm^2 ,其他谷物播种面积28.71万 hm^2 。全年粮食产量2484.5万t,其中,水稻产量425.6万t,玉米产量1959.2万t,其他谷物产量99.7万t。农业是辽宁省乡村地区的核心产业,耕地是乡村振兴的重要资源。同时,优质耕地流失、乡村居业分离、乡村空心化等制约经济社会高质量发展的问

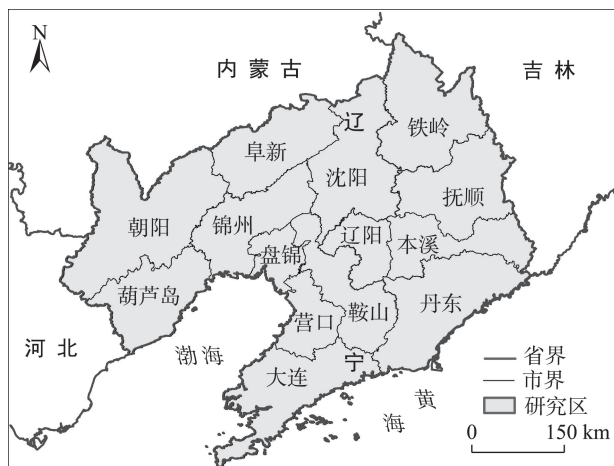


图2 研究区概况

Fig.2 Overview of the study area: Liaoning Province

能与价值耦合研究,据此探索乡村空心化治理路径具有重要性、必要性和紧迫性。

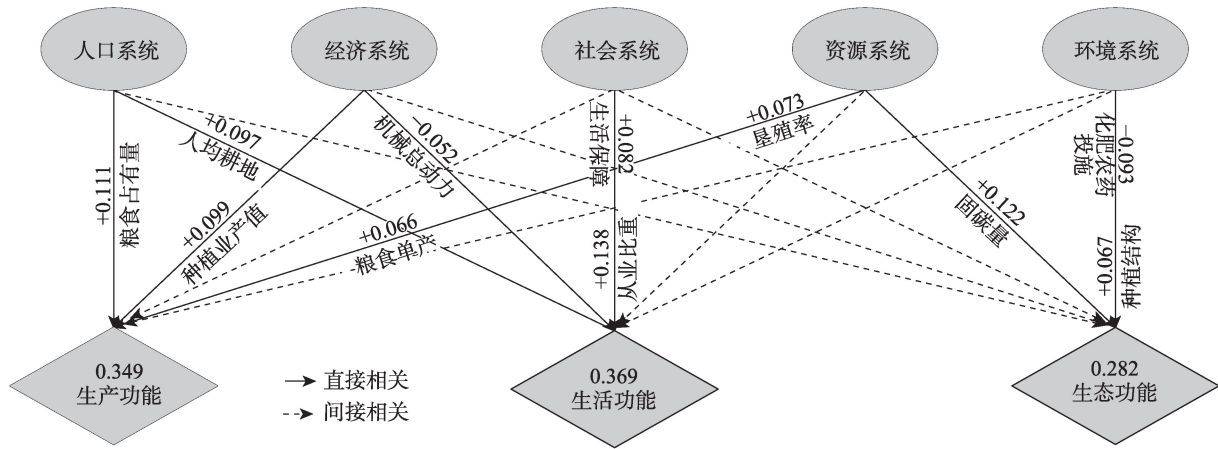
2.2 研究方法

2.2.1 评价指标选择

依据前文理论分析与指标代表性,主要从人口、经济、社会、资源、环境等选取11个指标以刻画耕地生产功能、生活功能、生态功能的发展变化情况。其中,人口层面选取耕地资源承载与地区粮食保证率,以人均耕地与粮食占有量来反映“人—地—粮”关系的发展趋势;经济层面选取机械化水平与种植效益,以单位耕地面积的机械总动力与种植业产值来反映农业生产效率;社会层面选取生计保障与劳动力吸纳,以基本生活保障(底线)与从业比重来反映耕地系统的(功能)稳健性;资源层面选取耕地利用强度、生产能力与碳汇能力,以垦殖率、粮食单产与(自然)固碳量来反映耕地系统的(功能)复合性;环境层面选取面源污染程度与农田生态系统质量,以地均化肥农药投施量与区域种植结构来反映耕地系统的韧性响应。根据耕地多功能内涵关联,将各类指标划归到生产功能(粮食占有量、种植业产值、垦殖率、粮食单产)、生活功能(人均耕地、机械总动力、基本生活保障、从业比重)、生态功能(固碳量、化肥农药投施、种植结构)评价体系(图3)。参考相关研究^[27-28],耕地(自然)固碳能力主要核算其净固碳能力;区域种植结构主要以农作物种类的多样性进行表征,结合东北粮食主产区农作物种植情况及其固碳参数,选择粮食作物、经济作物、蔬菜作物及瓜类作物等。

② 数据来源: <https://www.ln.gov.cn/web/zjln/index.shtml>。

③ 数据来源: <https://www.ln.gov.cn/web/zwgkx/tjgb2/ln/2023032912043850007/index.shtml>。



注:图中数据为各指标的权重。

图3 耕地多功能评价的指标体系

Fig.3 Indicator system for the multifunction evaluation of arable land

2.2.2 综合评价模型

1) 标准化

采用极值标准化消除耕地多功能指标量纲的差异性影响,并将其统一到[0, 1]范围。

$$\text{正向型指标: } r_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

$$\text{负向型指标: } r_{ij} = \frac{X_{\max} - X_{ij}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

式中: X_{ij} 为原始指标, X_{\max} 、 X_{\min} 分别为原始指标最大值与最小值, r_{ij} 为标准值。

2) 熵权法

运用熵权法进行图3指标权重的计算,在有 m 个评价指标、 n 个评价对象的评估问题中,第 i 个指标的熵定义为:

$$H_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

$$\text{式中: } f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}}, k = \frac{1}{\ln n}, \text{当 } f_{ij} = 0, f_{ij} \ln f_{ij} = 0。$$

定义第 i 个指标的熵之后,第 i 个指标的熵权为:

$$w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (3)$$

$$\text{式中: } 0 < w_i < 1, \sum_{i=1}^m w_i = 1。$$

3) 耕地多功能核算

核算计算公式为:

$$F_i = \sum_{j=1}^n w_i \times R_{ij}' \quad (4)$$

式中: F_i 为耕地多功能指数; R_{ij}' 为 i 类功能中第 j 个指标。

4) 耕地价值核算

依据自然资源资产价值观,按照理论分析中生产功能(F_p)与资产价值(V_{c1})、生活功能(F_l)与资本价值(V_s)、生态功能(F_e)与资源价值(V_{c2})的优先对应关系^[8,11-12],耕地价值(V)加总后的计算公式为:

$$V = V_{c1} + V_s + V_{c2} = \frac{a}{r} + \left(\frac{I_2 \cdot E_\mu}{I_1 \cdot \mu \cdot r} + \frac{C}{A} + \frac{12B \cdot m \cdot \mu}{r} \right) + A \cdot c \cdot b \quad (5)$$

式中: a 为耕地资源年纯收益, r 为还原率, I_1 、 I_2 分别为城乡居民家庭人均可支配收入; E_μ 为国家发放的社会养老保险金, μ 为人均耕地面积; C 为乡镇企业人均固定资产原值, A 为耕地面积, B 为人均月最低生活保障标准, m 为耕地承载的总人口, c 为单位耕地面积的生态系统服务价值系数, b 为生态系统服务边际性调整指数。

2.2.3 耦合协调度模型

运用耦合协调度模型分析耕地功能与价值的非线性竞合的交互关系^[26],以耦合表征为主线揭示二者演化趋势的非同步性、时空分异的非均衡性以及动态关联路径依赖等^[29]。计算公式如下:

$$C = \frac{2\sqrt{U_1 \times U_2}}{U_1 + U_2} \quad (6)$$

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j y_{ij} \quad (7)$$

式中: C 为耦合度值; U_1 、 U_2 分别代表功能维度与价值维度的评价指数,取值范围为[0, 1]; w_j 为第 j 个指

标的权重, y_{ij} 为第 i 类功能或价值中第 j 个指标标准化处理后的数值。 C 值的大小代表二者关联作用程度, C 值越大说明其相互关系越强, 呈现有序演化趋势; 反之, 则呈现无序演化趋势。

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (8)$$

$$T = \beta_1 \times U_1 + \beta_2 \times U_2 \quad (9)$$

式中: D 为耦合协调度值; T 为耕地功能与耕地价值在不同维度的评价指数; β_1 、 β_2 分别为二者的权重系数, 由于耕地功能与价值对促进乡村振兴同等重要, 因此取值 0.5。 D 值越高表示耕地功能与耕地价值的协调发展水平越高, 参考已有研究^[17,26,29], 将耦合协调度等级划分为 6 个等级(表 1)。

2.2.4 探索性空间分析

运用全局空间自相关分析刻画耕地功能与价值的整体演化趋势, 借助 Global Moran's I 指数表征空间邻近区域内相关单元(属性值)的相似程度以揭示耕地功能与耕地价值的空间集聚程度^[30]。其公式如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (10)$$

式中: x_i 、 x_j 分别为区域 i 、 j 中的耕地功能与价值的评价指数; \bar{x} 为二者各自的平均值; W_{ij} 为空间权重, 即 i 和 j 相邻, 则 $W_{ij}=1$, 否则为 0。 Global Moran's I 指数值在 $-1 \sim 1$ 之间, $I=0$ 时无相关性, $I>0$ 时为正相关, $I<0$ 时为负相关。

局部空间自相关(Local Moran's I) 主要通过核查上述数据分析中的异质性变化以揭示空间单元与邻近单元属性值的相关程度。其公式为:

$$I_i = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (11)$$

表 1 耕地功能与价值耦合协调的分类标准

Tab.1 Classification criteria for the coupling and coordination degree of arable land function and value

耦合协调度	协调等级	耦合协调度	协调等级
(0.80, 1.00]	高度协调	(0.20, 0.40]	濒临失调
(0.60, 0.80]	中度协调	(0.10, 0.20]	轻微失调
(0.40, 0.60]	低度协调	[0, 0.10]	严重失调

在式(11)的计算结果中, 主要以 H-H/L-L 表征综合空间差异较小的情形, 即该空间单元的属性值相较邻近区域而言均较高/较低; 以 L-H/H-L 表征综合空间差异较大的情形, 即属性值较低/较高的空间单元相较邻近区域而言则较高/较低。

2.2.5 地理加权回归模型

地理加权回归将数据的空间特性(位置信息)作为回归参数纳入模型的系数估计当中, 利用邻近观测值的样本数据进行局域回归估计, 从而更加客观地揭示数据序列的空间非平稳性^[31]。本文基于该方法探究耕地功能对其价值的影响。其公式为:

$$y_i = \beta_0(\mu_i, v_i) + \sum_{j=1}^k \beta_k(\mu_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i \quad (12)$$

式中: x_{ij} 是自变量观测值; y_i 是被解释变量; β_0 是回归方程的常数项; (μ_i, v_i) 是第 i 个采样点的空间地理位置坐标(作为地理加权); $\beta_k(\mu_i, v_i)$ 是第 i 个采样点上的第 k 个回归参数, 是地理位置的函数; ε_i 是随机误差项。

2.3 数据来源

本文的数据资料主要来源于 2005、2010、2015、2020 年的《全国农产品成本收益资料汇编》^④与《辽宁省统计年鉴》^⑤, 以及 4 个节点年份的辽宁省国民经济和社会发展统计公报^⑥与农业普查公报^⑦等。

3 结果分析

3.1 耕地多功能耦合协调的时空演变特征

由图 4 反映的耕地多功能耦合协调的空间可视化结果可知, 2005—2020 年间研究区耕地多功能内部的耦合协调度总体在平稳上升, 呈现“西北优于东南”的分异格局, 各地市之间的差异较大, 仍存在一定的优化提升空间。中度及以上协调等级的区域表现出典型的空问集聚特征, 长期分布在朝阳市、锦州市、阜新市、沈阳市、铁岭市等城市组团附近, 而且该区域的耕地面积占土地总面积的 60% 以上。其中, 朝阳市西部区域的部分林地、水域转变为耕地, 使得其耕地多功能的耦合协调度在研究期末进入高度协调等级。值得注意的是, 虽然在研究期内沈阳市与铁岭市均保持在高度协调等级, 但

④ 数据来源: http://www.stats.gov.cn/zs/tjwh/tjkw/tjzl/202302/t20230215_1907941.html。

⑤ 数据来源: <https://tjj.ln.gov.cn/tjj/tjxx/xxcx/tjnj/index.shtml>。

⑥ 数据来源: <https://tjj.ln.gov.cn/tjj/tjxx/tjgb/ndtjgb/index.shtml>。

⑦ 数据来源: <https://tjj.ln.gov.cn/tjj/tjxx/tjgb/nypcgb/index.shtml>。

铁岭市的耕地面积有所增加,而沈阳市部分区域(沈北新区、于洪区、浑南区、苏家屯区等)耕地面积却明显减少,这种在同一系统表现出的非线性关系也是耕地多功能权衡与协同的结果。同时,大连市耕地多功能的耦合协调度呈先增后减再增(峰值降低)的“N”型趋势,主要原因是大连西部地区城镇化建设及东部新区开发致使部分耕地转变成建设用地,即耕地多功能指数的波动引发其耦合协调趋势发生变化。此外,本溪市耕地多功能的耦合协调度长期处于失调等级,原因在于市域内的耕地面积仅占8.7%,而山地面积占到了80%,耕地面积总量与生态质量限制了其多功能融合对于耦合协调发展的促进作用。

3.2 耕地价值耦合协调的时空演变特征

如图5所示,2005—2020年间研究区耕地价值的耦合协调度总体处于平稳状态,形成“核心高、两翼低”的排列格局,各地市之间具有较大差异,整体表现出一种惯性依赖的发展趋势。中度及以上协调等级的区域呈现出逐级递减的空间特征,高度协调区域最终收缩至营口市。该市的耕地面积占土地总面积的21.96%,旱地、水田分别占域内耕地总面积的54.41%与40.64%,是辽宁省商品粮和优质粮生产基地,因而其耕地资源价值、资产价值、资本价值之间具有良好的协同关系。另外,鞍山市与大

连市先后从高度协调降至良好等级,研究期内两市的耕地面积均有所减少,耕地面积的减少成为其耦合协调度降低的主要诱因。但是,鞍山市、大连市的耕地面积仍分别占各自土地总面积的32.45%与31.25%,耕地面积总量整体维持在高位稳定状态,成为了保障耕地价值耦合协调的重要因素。沈阳市耕地价值耦合协调度的等级变化也充分印证了这一点。阜新市耕地价值的耦合协调度长期处于失调等级,主要是其域内旱地比例高达98.63%,水田与水浇地仅占1.37%,而且北部区域的耕地转变为建设用地,城乡建设、水土资源约束、农业结构调整等共同制约了耕地资源价值内部的协同发展。本溪市耕地耦合协调度的“低水平均衡陷阱”也是这种现象的直接体现。值得指出的是,研究期内营口市周围区域耕地价值的协调等级总是处于较高层次,具有相对显著的“空间俱乐部收敛”特征。因此,有待于从系统视角整合耕地多功能与价值耦合协调的整体演化,对二者之间的关联关系展开综合分析。

3.3 耕地多功能与价值耦合协调分析

3.3.1 耕地多功能与价值耦合协调度的关联特征

根据理论分析指出的耕地生产功能(F_p)与资产价值(V_a)、生活功能(F_l)与资本价值(V_c)、生态功能(F_e)与资源价值(V_r)的优先级对应关系,从“一对一”

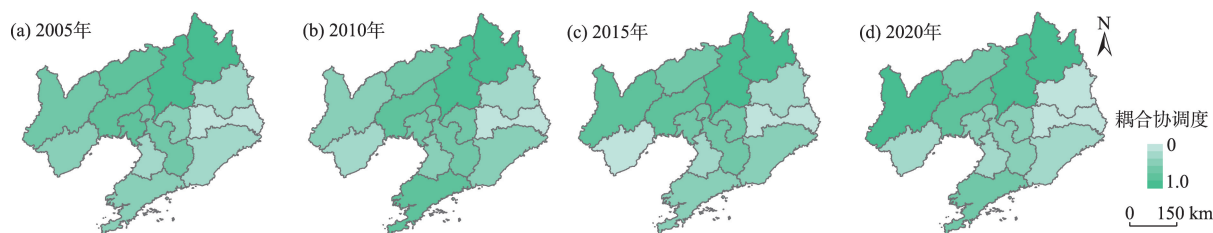


图4 2005—2020年辽宁省耕地“生产—生活—生态”功能耦合协调度的空间分布

Fig.4 Spatial distribution of production-living-ecological multifunction coupling and coordination degree of arable land in Liaoning Province during 2005–2020

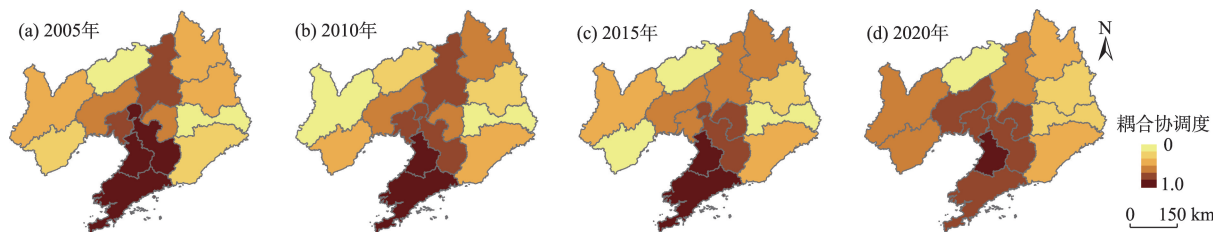


图5 2005—2020年辽宁省耕地“资源—资产—资本”价值耦合协调度空间分布

Fig.5 Spatial distribution of resource-asset-capital value coupling and coordination degree of arable land in Liaoning Province during 2005–2020

视角分析耕地多功能与价值耦合的关联特征。由图6可知,2005—2020年间研究区耕地多功能与耕地价值的耦合协调度总体上呈现低速增长的均衡态势,各区域之间的差异逐渐降低,这表明二者建立了良好的协同关系。其中,耕地生产功能与资产价值呈现出逐级递增的趋势,2005—2010年增幅最高,此后增速逐渐放缓,最终进入相对均衡的平稳期。在此期间,沈阳市、锦州市、阜新市、铁岭市的耕地生产功能与资产价值的耦合协调度依次跃升至中度协调等级,而抚顺市、本溪市、葫芦岛市仍处于低度协调阶段。同时,耕地生活功能与资本价值呈现出先增后减再增的“N”型趋势,同年及年际间的区域差异均较大,整体处于低度协调等级。在此期

间,除了大连市与营口市在2010年、2020年达到过中度协调等级之外,其他地市均长期处于低度协调等级。此外,耕地生态功能与资源价值呈现逐级递增趋势,同年及年际间的区域差异均较大,约有1/4的地市进入了中度协调阶段。大连市、抚顺市、本溪市、丹东市、营口市、辽阳市、朝阳市、葫芦岛市均长期处于低度协调等级。可见,耕地多功能与价值的耦合协调度结果为进一步探究二者之间的空间关联奠定了基础。

由图7可知,2005—2020年间研究区耕地多功能与价值耦合协调的总体趋势具有显著的空间差

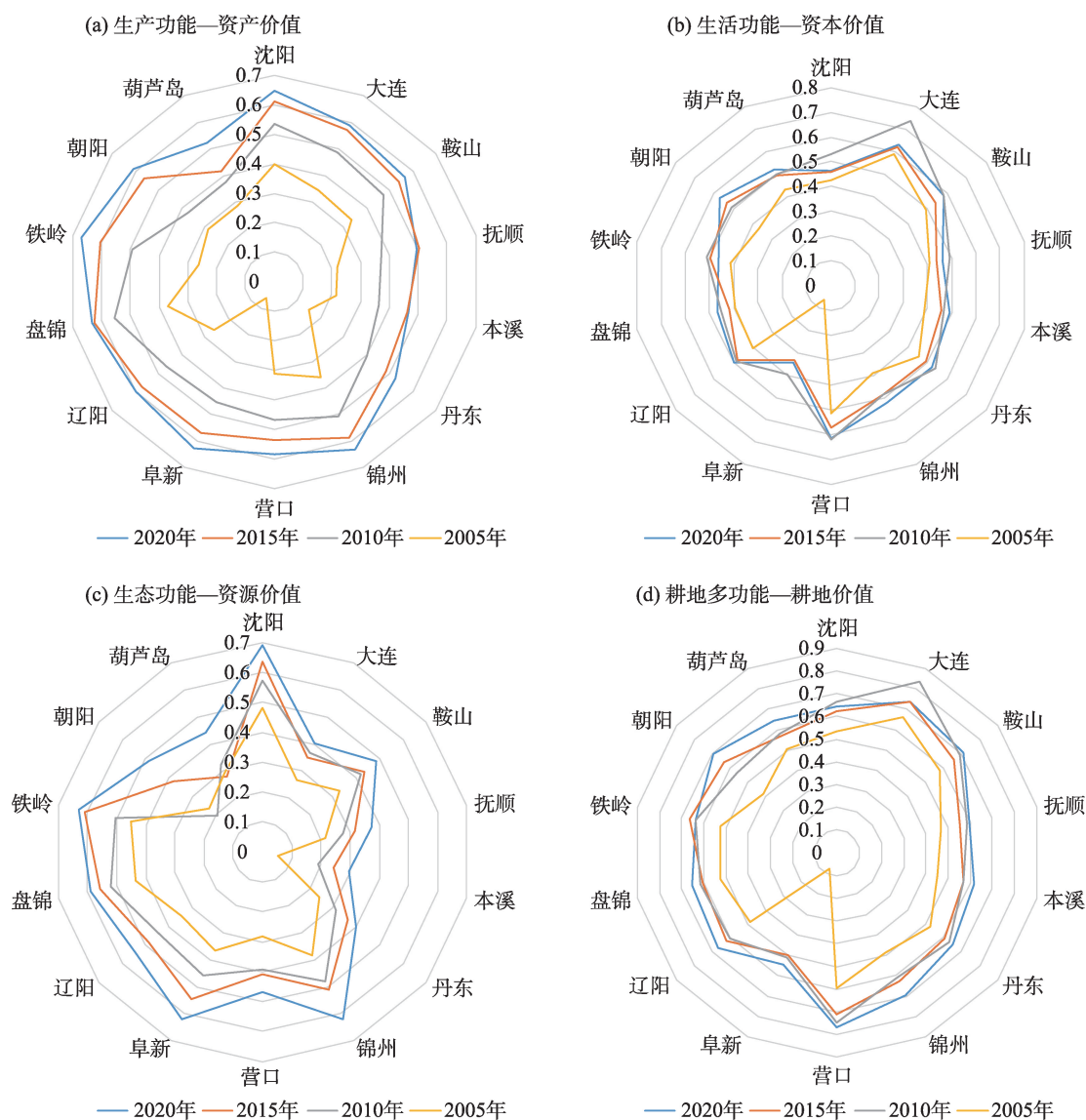


图6 2005—2020年辽宁省耕地多功能与价值耦合协调度分布

Fig.6 Distribution of coupling and coordination degree between the multifunction and value of arable land in Liaoning Province during 2005–2020

异。以二者之间的空间关联为 Z 轴,结合 X 轴(正东向)和 Y 轴(正北向)的三维结果,可以揭示耕地功能与价值耦合在符合二次分布上形成的空间趋势。其中,南北方向的“U”型状态的弯曲幅度呈现稳定发展趋势,东西方向的倒“U”型状态则表现出周期性衰减,充分印证了前文提到的二者在年际间和区域间的空间分异格局持续发生变化,这也意味着耕地多功能与价值的协同发展仍具有一定的提升空间。

3.3.2 耕地多功能与价值耦合的空间相关性分析

由表2可知,2005—2020年间研究区耕地多功能与价值耦合的全局Moran's I 值均为正数,结合空间相关系数的分级分类(绝对值 ≥ 0.5 为强; $0.3 \leq$ 绝对值 < 0.5 为相对弱; $0 \leq$ 绝对值 < 0.3 则为弱),表明各

地市之间呈现显著的正相关且在空间上具有明显的区域聚集特征。在此期间,Moran's I 值呈“先增后降再增”的波动发展趋势,反映出各地市聚类分布差异的显著性存在“强—弱”交替变化过程。但是,2020年Moran's I 值相较2005年呈现式微增长,说明总体上研究区耕地多功能与价值耦合的空间集聚效应仍在缓慢增强。

为明晰2005—2020年间研究区耕地多功能与价值耦合协调的空间格局及其变化情况,通过LISA(local indicators of spatial association)聚类图对其进行局部空间自相关分析,揭示二者关联过程中“H-H/L-L”与“L-H/H-L”的演化趋势及其时空分异(图8)。具体而言,各节点年份的耕地多功能与价值耦合协调的(非显著区、显著区)数量特征基本一

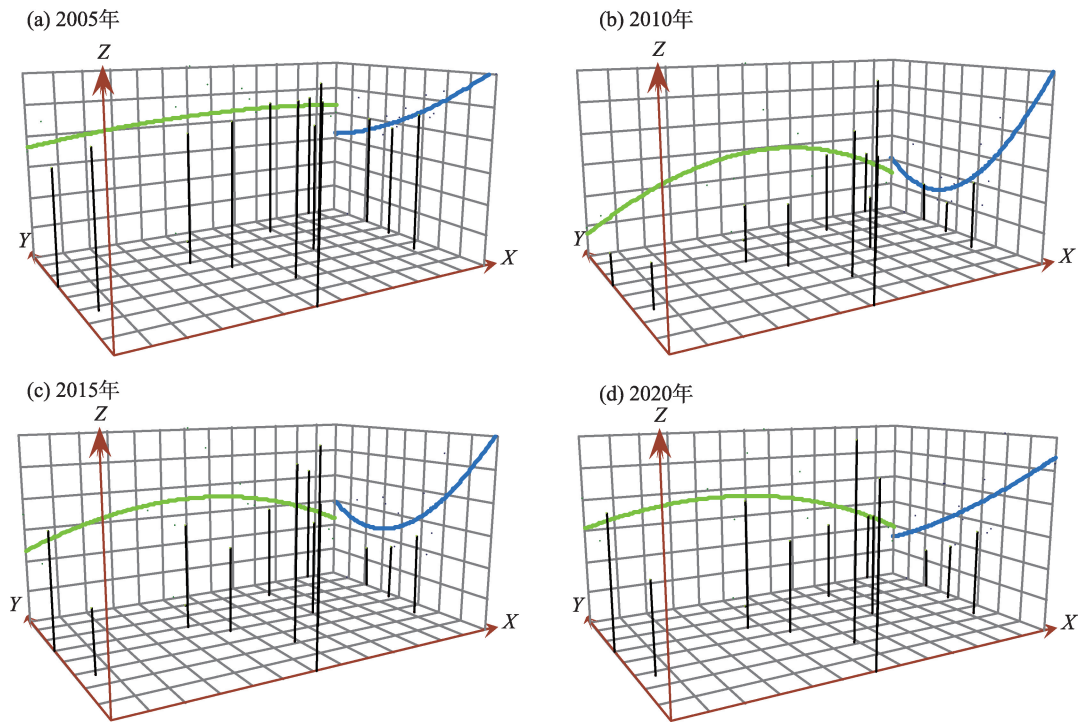


图7 2005—2020年辽宁省耕地多功能与价值耦合协调发展的空间趋势

Fig.7 Spatial trend of the coupling and coordination of multifunction and value of arable land in Liaoning Province during 2005–2020

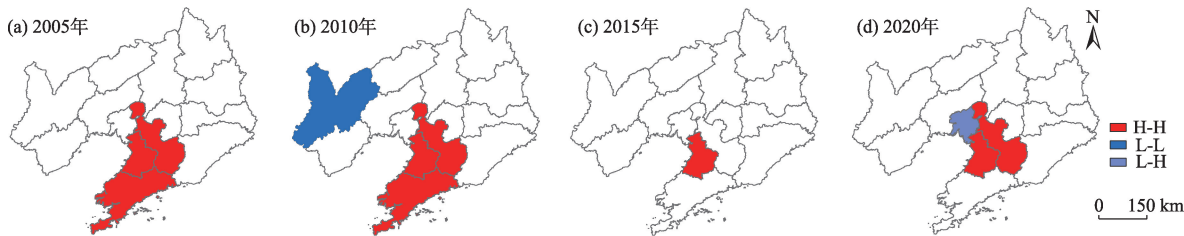


图8 2005—2020年辽宁省耕地功能与价值耦合协调发展的局部自相关集聚分布

Fig.8 Distribution of local indicators of spatial association in the coupling and coordinated development of functions and values of arable land in Liaoning Province during 2005–2020

致,即H-H/L-L较多而L-H较少,且多集聚分布于辽中南区域。其中,在2005年,H-H主要分布在大连市、营口市、鞍山市,形成典型的空间组团;在2010年,H-H仍分布于此,L-L主要分布在朝阳市,出现西北—东南的空间极化现象;在2015年,H-H开始收缩至营口市,其他区域的分异现象则不明显;在2020年,H-H再次扩散至营口市与鞍山市,而且L-H首次出现在盘锦市,表明耕地多功能与价值耦合在不同阶段的时空分异规律具有显著的非均衡特征。

3.4 耕地多功能对耕地价值的影响机制

3.4.1 回归结果分析

基于前文对耕地多功能与价值耦合的“一对一”关联分析,进一步从“一对多”视角探究2005—2020年间研究区耕地多功能耦合对其价值协调程度的影响。按照耕地资源价值(V_{c2})与耕地生态功能(F_c)、耕地资产价值(V_{c1})与耕地生产功能(F_p)、耕地资本价值(V_s)与耕地生活功能(F_l)的关联逻辑,着重分析以下3类情形:情境1(V_{c2} - F_c & F_p & F_l),即耕地资源价值与耕地生态功能、耕地生产功能、耕地生活功能;情境2(V_{c1} - F_p & F_l & F_c),即耕地资产价值与耕地生产功能、耕地生活功能、耕地生态功能;情境3:(V_s - F_l & F_p & F_c),即耕地资本价值与耕地生活功能、耕地生产功能、耕地生态功能。本文以耕地价

值的(归一化)核算结果为因变量,将耕地多功能的(归一化)评价指标作为解释变量,通过计算得到回归结果的相关参数。由表3可知,该模型的 R^2 均在0.6以上、AICc均在-450以下,表明具有较高的拟合度,本次数据分析能较好地测度解释变量对因变量的影响。

3.4.2 驱动方式的异质性分析

如图9所示,从回归系数分布的空间可视化结果可知,2005—2020年间研究区耕地多功能对耕地价值的影响存在显著的空间异质性,反映出二者演化趋势的非同步性、时空分异的非均衡性以及动态关联的路径依赖。其中,在2005年,耕地多功能对资源价值的影响以正向为主,较高的回归系数分布在沈阳市与盘锦市,中等与较低的回归系数以此为轴形成“东—西”对称格局;耕地多功能对资产价值的影响以正向居多,较高的回归系数仅分布在沈阳市,中等的回归系数集聚在辽中南地区,较低的回归系数分列两侧;耕地多功能对资本价值的影响仍以正向居多,但总体呈现衰减态势,全域均未出现较高的回归系数,较低的回归系数分布在辽阳市,整体形成南北一致、东西差异的空间分异格局。同时,在2020年,耕地多功能对资源价值的影响以正向为主,较高的回归系数分布位置与2005年一致,中等的回归系数有所减少并逐渐向高值区域集聚,较低的回归系数由阜新市向西转移至朝阳市,致使原来的对称式分布格局被打破;耕地多功能对资产价值的影响仍以正向居多,较高的回归系数扩散至沈阳市与营口市,中等的回归系数有所减少,整体呈现“高一低”两极分化趋势;耕地多功能对资本价值的影响以正向为主,较高的回归系数首次出现且分布在营口市,各地市之间的空间差异更加显著。可见,耕地多功能对其价值的异质性作用机制为调控乡村“人—地—业”提供了关键途径。

表2 2005—2020年辽宁省耕地功能与价值耦合协调的全局自相关指数

Tab.2 Global Moran's I for the coupling and coordination between arable land function and value in Liaoning Province during 2005–2020

类型	2005年	2010年	2015年	2020年
Moran's I	0.1836	0.3698	0.0878	0.1927
P值	0.009	0.007	0.099	0.056
Z值	2.3466	2.8731	1.0266	1.6530

表3 回归结果的相关参数

Tab.3 Relevant parameters of regression results

参数值	带宽	残差平方和	标准差	AICc	拟合系数 R^2	调整 R^2	时空距离比
2005年情境1	0.016	0.579	0.055	-589.015	0.855	0.811	0.212
2020年情境1	0.012	0.410	0.031	-484.928	0.830	0.779	0.211
2005年情境2	0.015	0.609	0.045	-506.559	0.639	0.614	0.222
2020年情境2	0.014	0.644	0.058	-576.401	0.644	0.628	0.238
2005年情境3	0.017	0.517	0.048	-465.174	0.617	0.503	0.252
2020年情境3	0.017	0.655	0.033	-505.445	0.660	0.562	0.243

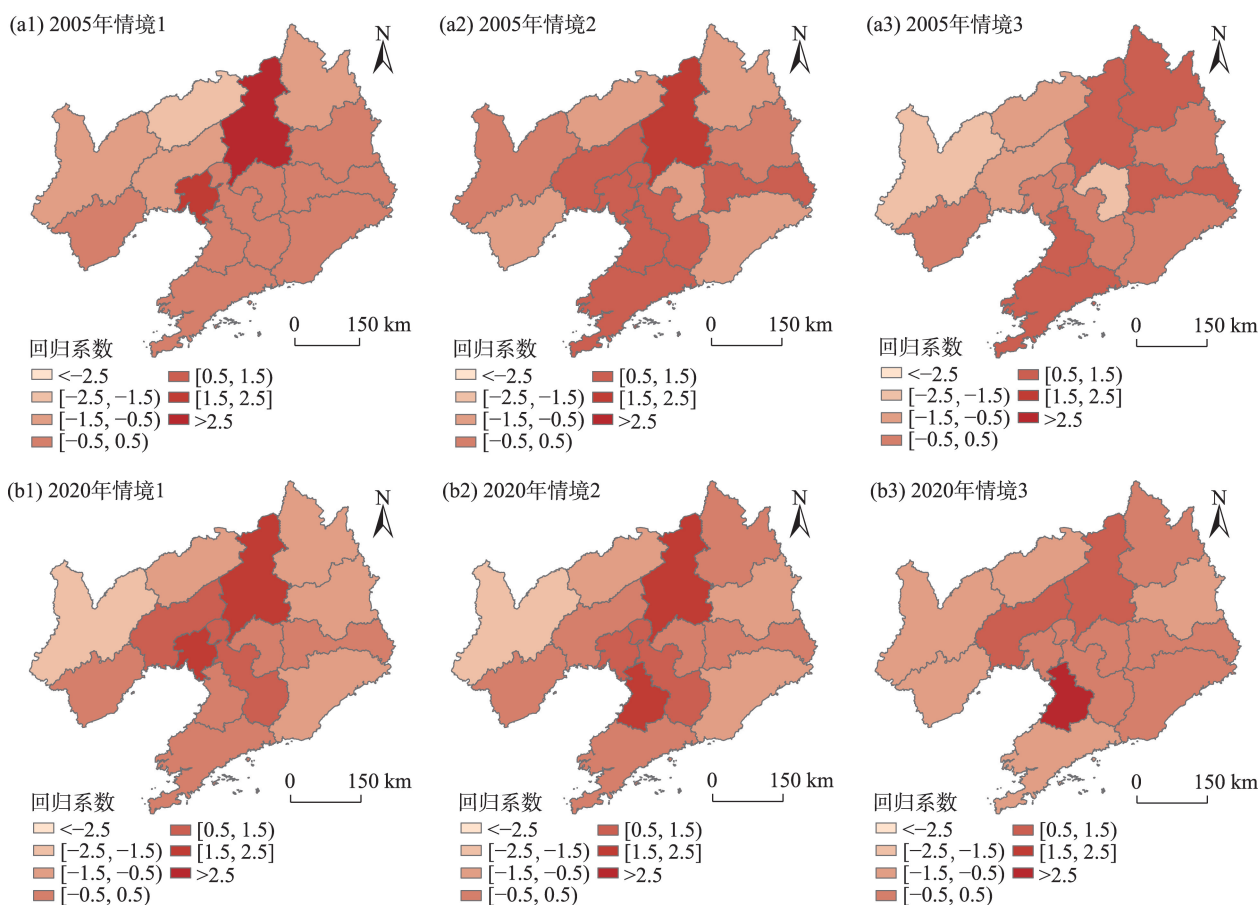


图9 回归系数的空间分布格局

Fig.9 Spatial distribution pattern of regression coefficients

4 结论与讨论

4.1 结论

本文选取粮食主产区典型区域——辽宁省作为研究区,基于人地关系地域系统理论辨析乡村空心化治理与耕地功能价值的内在关联,从人口、经济、社会、资源、环境系统视角构建了耕地功能价值测度的指标体系,揭示了2005—2020年辽宁省各地市耕地生产功能、生活功能、生态功能与资源价值、资产价值、资本价值耦合协调的时空特征,以及二者之间的空间关联,阐明了耕地多功能影响其价值异质性变化的基本规律,提出了解决乡村空心化问题的分区治理路径,结论如下:

(1) 2005—2020年间,辽宁省耕地多功能的耦合协调度总体在平稳上升,呈现“西北优于东南”分异格局,各地市之间的差异较大,且表现出典型的区域集聚特征,仍存在一定的优化提升空间。

(2) 2005—2020年间,辽宁省耕地价值的耦合

协调度总体处于平稳状态,形成“核心高、两翼低”排列格局,各地市之间具有较大差异,且呈现出逐级递减的空间特征,整体表现出一种惯性依赖的发展趋势。

(3) 2005—2020年间,辽宁省耕地多功能与耕地价值的耦合协调度总体上呈现出低速增长的均衡态势,其不同阶段的时空分异规律具有显著的非均衡特征,各区域之间的差异逐渐降低且空间集聚效应在缓慢增强,表明二者建立了良好的协同关系。

(4) 2005—2020年间,辽宁省耕地多功能对耕地价值的影响存在显著的空间异质性,充分反映出二者演化趋势的非同步性、时空分异的非均衡性以及动态关联的路径依赖,研究期内全省的耕地功能价值耦合协调在年际和区域间的时空分异格局持续发生着“强—弱”交替变化。

4.2 讨论

粮食主产区作为全面推进乡村振兴的关键区域,具有协同推动耕地保育、粮食产能提升、农民福

祉增进、农业固碳增效的重要作用。这些目标的实现既关联着如何从资源要素层面应对乡村人口变化和产业交互的复杂性与模糊性,又影响着乡村空心化治理路径的特征塑造与功能重构。而且耕地多功能的权衡/协同,以及耕地价值的增益/减损关系的客观存在,耕地多功能、耕地价值及二者之间的耦合协调度不可能同时达到高级协同的理想状态。因此,本文立足研究区各地市耕地资源禀赋、农业生产特点、乡村发展现状等,整合 Pearson 系数法与聚类分析法,统筹利用位置排序(变量秩次)、相关系数(+/-)值、绝对值大小、数据点簇集、知识信息分类等设定分区规则,根据前文的耕地多功能、耕地价值及二者之间的耦合协调度结果进行方案设计。首先,按照3.3耕地多功能与价值耦合协调的结果分析(图6),将生产功能—资产价值、生活功能—资本价值、生态功能—资源价值的耦合协调结果分为3级,由高到低分别采用 a_1 、 a_2 、 a_3 表示;根据3.1耕地多功能耦合协调的结果分析(图4),将生产功能—生活功能—生态功能的耦合协调结果分为3级,由高到低分别采用 b_1 、 b_2 、 b_3 表示;依据3.2耕地价值耦合协调的结果分析(图5),将资源价值—资产价值—资本价值的耦合协调结果分为3级,由高到低分别采用 c_1 、 c_2 、 c_3 表示。其次,基于上述分区规则与两类计算方法对2020年研究区耕地生产功能、生活功能、生态功能,与耕地资源价值、资产价值、资本价值及其二者之间的耦合协调度进行叠加处理,并结合空间相关性分析结果进行综合筛选。最终,获得 a_1 - b_2 - c_2 、 a_1 - b_3 - c_3 、 a_2 - b_1 - c_2 、 a_2 - b_1 - c_3 、 a_3 - b_2 - c_1 、 a_3 - b_3 - c_1 等6种类型(图10)。

根据上述6种类型提出研究区乡村空心化治理的分区方案:

(1) a_1 - b_2 - c_2 型(28.57%)的特征是耕地多功能与价值耦合协调程度较高,或者呈现协同关系的功能价值组合不少于2/3,符合该条件的地区为沈阳市、铁岭市、盘锦市、丹东市。这部分城市应依靠技术进步、产业融合、农业投入和制度创新等,以智慧农业与生态高值功能农业塑造绿色高值种植模式与绿色种养循环模式,促进农业全要素生产率增长,增加农产品附加值并促进农民持续增收。

(2) a_1 - b_3 - c_3 型(21.43%)的特征是耕地多功能与价值耦合处于中度协调等级,但是单一维度的功能或价值出现了权衡关系,符合该条件的地区为朝阳市、锦州市、辽阳市。这部分城市应开展田块规整

度整治和田间道路修筑,探索推广“互换并地”“小田并大田”“按户连片耕种”等模式,归并零散地块、提高地块集中连片度,并采取措施改善表层土壤质地、提高土壤有机质含量。

(3) a_2 - b_1 - c_2 型(14.29%)的特征是耕地多功能与价值耦合处于低度协调等级,或者呈现协同关系的功能价值组合不少于1/3,符合该条件的地区为大连市与营口市。这部分城市应践行大食物观,完善耕地占补平衡与进出平衡、城乡增减挂钩、全域土地综合整治等政策工具箱,持续拓展食物生产的物质空间,不断优化生产生活的社会空间,构建更加合理高效的农业供给体系与农村产业结构。

(4) a_2 - b_1 - c_3 型(21.43%)的特征是耕地多功能与价值耦合处于低度协调等级,或者呈现权衡关系的功能价值组合不多于1/3,符合该条件的地区为葫芦岛市、抚顺市、本溪市。这部分城市应统筹“山水林田湖草沙”一体化保护和修复工程项目,从资金倾斜、技术投入、政策宣讲等方面加强高标准农田建设,建成农地流转制度与绿色农业补贴政策体系,优化完善耕地保护与补偿机制。

(5) a_3 - b_2 - c_1 型(7.14%)的特征是耕地多功能与价值耦合处于低度协调或濒临失调等级,但是单一维度的功能或价值仍存在协同关系,符合该条件的地区为阜新市。该城市应通过落实耕地占补平衡、进出平衡“双平衡”政策以强化耕地保护利用,统筹耕地利用优先序与土壤改良、生产能力、减量增效、水肥一体、防灾减灾等空间协同关系,以耕地安全利用与绿色利用推动农业绿色发展,构建兼顾全要素生产率、经济社会均衡、生态环境效应、城乡居民福祉与空间公平正义的利益联结机制。

(6) a_3 - b_3 - c_1 型(7.14%)的特征是耕地多功能与价值耦合处于低度协调或轻微失调等级,或者呈现权衡关系的功能价值组合不多于2/3,符合该条件的地区为鞍山市。该城市应坚持综合治理、分类施策,探索开展健康耕地培育与粮食产能提升专项计划,提升田间基础设施投入与耕地利用边际效益,以“减排”与“增汇”策略为农业农村现代化发展构筑新动能,培养新型职业农民,健全社会化服务体系,发展乡村特色产业,拓宽农民致富渠道。

总之,在当前区域间、城乡间人口流动不平衡加剧的背景下,有效化解东北粮食主产区人口收缩带来的负面影响,突破传统的市县、镇村等级联框架,从耕地功能与价值耦合这一系统集成的视角来

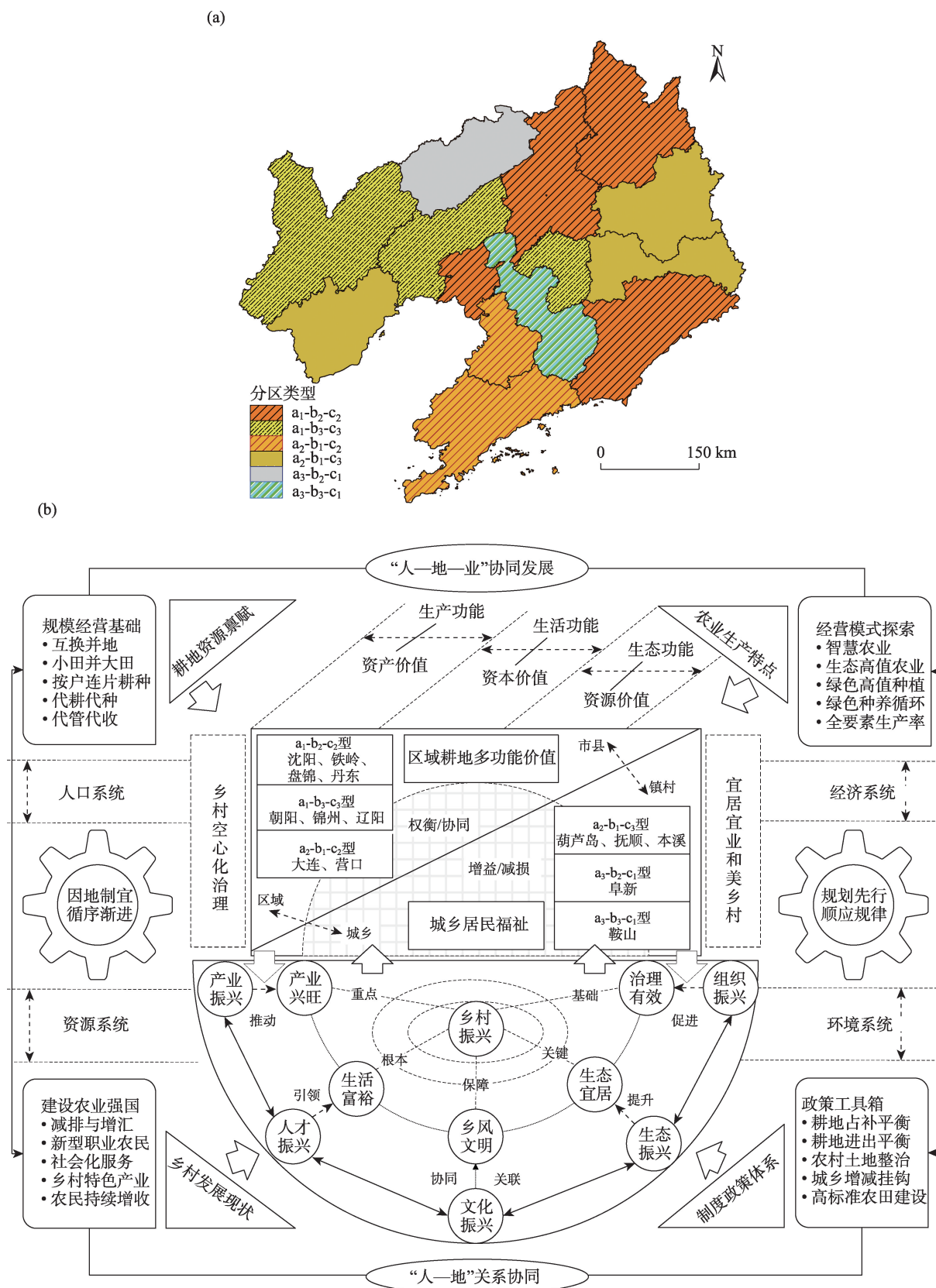


图10 辽宁省乡村空心化分区治理的路径导引

Fig.10 A guide to the path of differentiated rural hollowing zone governance in Liaoning Province

重新审视多功能价值与农民福祉的交互作用关系,成为破解乡村空心化问题、促进农民农村共同富裕的重要选择。

参考文献(References)

- [1] Chu V H Y, Lam W F, Williams J M. Building robustness for rural revitalization: A social-ecological system perspective [J]. *Journal of Rural Studies*, 2023, 101: 103042. doi: 10.1016/j.jrurstud.2023.103042.
- [2] Liu Y S. Introduction to land use and rural sustainability in China [J]. *Land Use Policy*, 2018, 74: 1-4.
- [3] Zhang R J, Jiang G H, Zhang Q. Does urbanization always lead to rural hollowing? Assessing the spatio-temporal variations in this relationship at the county level in China 2000-2015 [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 220: 9-22.
- [4] 乔家君. 中国乡村振兴研究进展、热点及评价指标展望 [J]. *河南大学学报(社会科学版)*, 2023, 63(5): 15-24, 152. [Qiao Jiajun. Research progress, hotspot and evaluation indicators of rural revitalization in China. *Journal of Henan University (Social Sciences)*, 2023, 63(5): 15-24, 152.]
- [5] Wang F, Li S Y, Liu L, et al. A novel index for assessing the rural population hollowing at fine spatial resolutions based on Tencent social media big data: A case study in Guangdong Province, China [J]. *Land Use Policy*, 2024, 137: 107028. doi: 10.1016/j.landusepol.2023.107028.
- [6] 李玉恒, 阎佳玉, 宋传垚. 乡村振兴与可持续发展: 国际典型案例剖析及其启示 [J]. *地理研究*, 2019, 38(3): 595-604. [Li Yuheng, Yan Jiayu, Song Chuanyao. Rural revitalization and sustainable development: Typical case analysis and its enlightenments. *Geographical Research*, 2019, 38(3): 595-604.]
- [7] 宋小青, 李心怡. 区域耕地利用功能转型的理论解释与实证 [J]. *地理学报*, 2019, 74(5): 992-1010. [Song Xiaoqing, Li Xinyi. Theoretical explanation and case study of regional cultivated land use function transition. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(5): 992-1010.]
- [8] 苏浩, 吴次芳. 基于“三生”功能的黑土区耕地资源价值影响因素分析: 以黑龙江省克山县为例 [J]. *中国土地科学*, 2020, 34(9): 77-85. [Su Hao, Wu Cifang. Analysis of the influencing factors of the cultivated land resources value in black soil region based on the production-living-ecological functions: A case study in Keshan County, Heilongjiang Province. *China Land Science*, 2020, 34(9): 77-85.]
- [9] 杜国明, 柴璐佳, 李玉恒. 耕地利用系统的理论解析与研究框架 [J]. *地理科学进展*, 2022, 41(7): 1288-1299. [Du Guoming, Chai Lujia, Li Yuheng. Theoretical explanation and research framework of cultivated land use system. *Progress in Geography*, 2022, 41(7): 1288-1299.]
- [10] 熊昌盛, 张永蕾, 王雅娟, 等. 中国耕地多功能评价及分区管控 [J]. *中国土地科学*, 2021, 35(10): 104-114. [Xiong Changsheng, Zhang Yonglei, Wang Yajuan, et al. Multi-function evaluation and zoning control of cultivated land in China. *China Land Science*, 2021, 35(10): 104-114.]
- [11] 王亚辉, 李秀彬, 辛良杰, 等. 耕地资产社会保障功能的空间分异研究: 不同农业类型区的比较 [J]. *地理科学进展*, 2020, 39(9): 1473-1484. [Wang Yahui, Li Xiubin, Xin Liangjie, et al. Spatial differentiation of social security function of cultivated land assets: Comparison of different agricultural regions. *Progress in Geography*, 2020, 39(9): 1473-1484.]
- [12] 朱文娟, 李建兵, 高阳, 等. 基于经济—社会—生态价值的耕地价值量核算研究: 以Y市为例 [J]. *长江流域资源与环境*, 2022, 31(9): 2086-2095. [Zhu Wenjuan, Li Jianbing, Gao Yang, et al. Cultivated land value accounting based on economic-social-ecological value: A case study of Y city. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2022, 31(9): 2086-2095.]
- [13] 马晓冬, 李鑫, 胡睿, 等. 基于乡村多功能评价的城市边缘区“三生”空间划分研究 [J]. *地理科学进展*, 2019, 38(9): 1382-1392. [Ma Xiaodong, Li Xin, Hu Rui, et al. Delineation of "production-living-ecological" space for urban fringe based on rural multifunction evaluation. *Progress in Geography*, 2019, 38(9): 1382-1392.]
- [14] 吕立刚, 撤旭, 龙花楼, 等. 耕地多功能供需匹配研究进展与展望 [J]. *资源科学*, 2023, 45(7): 1351-1365. [Lv Li-gang, Han Xu, Long Hualou, et al. Research progress and prospects on supply and demand matching of farmland multifunctions. *Resources Science*, 2023, 45(7): 1351-1365.]
- [15] 许多艺, 濮励杰, 黄思华, 等. 江苏省耕地多功能时空动态分析及对耕地数量变化响应研究 [J]. *长江流域资源与环境*, 2022, 31(3): 575-587. [Xu Duoyi, Pu Lijie, Huang Sihua, et al. Spatial and temporal dynamic analysis of cultivated land multifunction in Jiangsu Province and its response to cultivated land change. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2022, 31(3): 575-587.]
- [16] Wei C, Wu Z, Xing J, et al. Trade-off or synergy? Dynamic analysis and policy insights on land use functions in China [J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2024, 105: 107399. doi: 10.1016/j.eiar.2023.107399.
- [17] 李欣宇, 方斌, 李怡, 等. 中国粮耕价值比与种植结构时

- 空耦合演化及分区调控[J]. 地理学报, 2022, 77(11): 2721-2737. [Li Xinyu, Fang Bin, Li Yi, et al. Spatio-temporal coupling evolution and zoning regulation of grain-to-arable value ratio and cropping structures in China. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(11): 2721-2737.]
- [18] 王成, 程贵山. 乡村生产空间系统要素作用关系视域下的产业振兴路径研究: 以重庆市为例[J]. 地理科学进展, 2022, 41(10): 1795-1805. [Wang Cheng, Cheng Guishan. Path of industrial revitalization from the perspective of the relationship between factors of rural production space system: A case study of Chongqing Municipality. *Progress in Geography*, 2022, 41(10): 1795-1805.]
- [19] 李鑫, 马晓冬, 胡嫚莉. 乡村地域系统人—地—业要素互馈机制研究[J]. 地理研究, 2022, 41(7): 1981-1994. [Li Xin, Ma Xiaodong, Hu Manli. The mutual feedback mechanism of human-land-industry factors of the rural regional system. *Geographical Research*, 2022, 41(7): 1981-1994.]
- [20] 金晓斌, 梁鑫源, 韩博, 等. 面向中国式现代化的耕地保护学理解析与地理学支撑框架[J]. 经济地理, 2022, 42(11): 142-150. [Jin Xiaobin, Liang Xinyuan, Han Bo, et al. Theoretical analysis and geographical support framework of cultivated land protection for Chinese-style modernization. *Economic Geography*, 2022, 42(11): 142-150.]
- [21] Ma L B, Liu S C, Tao T M, et al. Spatial reconstruction of rural settlements based on livability and population flow[J]. *Habitat International*, 2022, 126: 102614. doi: 10.1016/j.habitatint.2022.102614.
- [22] 陈明星, 黄莘绒, 黄耿志, 等. 新型城镇化与非正规就业: 规模、格局及社会融合[J]. 地理科学进展, 2021, 40(1): 50-60. [Chen Mingxing, Huang Xinrong, Huang Gengzhi, et al. New urbanization and informal employment: Scale, pattern, and social integration. *Progress in Geography*, 2021, 40(1): 50-60.]
- [23] Wen Q, Li J, Ding J M, et al. Evolutionary process and mechanism of population hollowing out in rural villages in the farming-pastoral ecotone of Northern China: A case study of Yanchi County, Ningxia[J]. *Land Use Policy*, 2023, 125: 106506. doi: 10.1016/j.landusepol.2022.106506.
- [24] 陈坤秋, 龙花楼. 土地系统优化助推乡村发展转型研究进展与展望[J]. 地理研究, 2022, 41(11): 2932-2945. [Chen Kunqiu, Long Hualou. The progress and prospects of land system optimization promoting rural development transformation. *Geographical Research*, 2022, 41(11): 2932-2945.]
- [25] Long H L. Theorizing land use transitions: A human geography perspective[J]. *Habitat International*, 2022, 128: 102669. doi: 10.1016/j.habitatint.2022.102669.
- [26] 胡贤辉, 刘蒙罢, 文高辉. 中国耕地集约利用与生态效率耦合协调时空分异特征研究[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(10): 2282-2294. [Hu Xianhui, Liu Mengba, Wen Gaohui. Spatial-temporal variability of coupling coordination between intensive use of cultivated land and ecological efficiency in China. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2022, 31(10): 2282-2294.]
- [27] 陈丽, 郝晋珉, 王峰, 等. 基于碳循环的黄淮海平原耕地固碳功能研究[J]. 资源科学, 2016, 38(6): 1039-1053. [Chen Li, Hao Jinmin, Wang Feng, et al. Carbon sequestration function of cultivated land use system based on the carbon cycle for the Huang-Huai-Hai Plain. *Resources Science*, 2016, 38(6): 1039-1053.]
- [28] 吴昊玥, 孟越, 黄瀚蛟, 等. 中国耕地低碳利用绩效测算与时空分异[J]. 自然资源学报, 2022, 37(5): 1148-1163. [Wu Haoyue, Meng Yue, Huang Hanjiao, et al. Estimation and spatio-temporal divergence of the low-carbon performance of cropland use in China. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(5): 1148-1163.]
- [29] 卫新东, 林良国, 罗平平, 等. 耕地多功能耦合协调发展时空格局与驱动力分析[J]. 农业工程学报, 2022, 38(4): 260-269. [Wei Xindong, Lin Liangguo, Luo Pingping, et al. Spatiotemporal pattern and driving force analysis of multi-functional coupling coordinated development of cultivated land. *Transactions of the CSAE*, 2022, 38(4): 260-269.]
- [30] 牛善栋, 方斌, 崔翠, 等. 乡村振兴视角下耕地利用转型的时空格局及路径分析: 以淮海经济区为例[J]. 自然资源学报, 2020, 35(8): 1908-1925. [Niu Shandong, Fang Bin, Cui Cui, et al. The spatial-temporal pattern and path of cultivated land use transition from the perspective of rural revitalization: Taking Huaihai Economic Zone as an example. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(8): 1908-1925.]
- [31] 刘珺, 俞博云, 杨文府. 多尺度地理加权回归模型支持下的汾河流域生态系统服务关系演化机理研究[J]. 遥感学报, 2023, 27(7): 1667-1679. [Liu Jun, Yu Boyun, Yang Wenfu. Evolution mechanism of ecosystem service relationship in the Fenhe River Basin based on multi-scale geographically weighted regression. *National Remote Sensing Bulletin*, 2023, 27(7): 1667-1679.]

Coupling and coordination of the multifunction and value of arable land at the regional scale from the perspective of rural hollowing governance

GU Guozheng¹, SHI Linna^{2*}, WEN Qi³, NIU Shandong^{1,4}

(1. School of Humanities and Law, Northeastern University, Shenyang 110169, China;

2. School of Geography and Planning, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

3. School of Architecture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

4. The Key Laboratory of Carbon Neutrality and Territory Optimization,
Ministry of Natural Resources, Nanjing 210023, China)

Abstract: Analyzing the intrinsic relationship between the function and value of arable land and the construction of a livable, workable, and beautiful countryside, and systematically diagnosing the degree of synergy of multifunction and value of arable land are of great practical significance for rural hollowing governance, and for comprehensively advancing rural revitalization. Based on the characteristics of arable land resources in typical areas of the main grain-producing region of China, this study explored the level of coupling and coordination of multifunction and value of arable land in Liaoning Province from 2005 to 2020 and its functioning mechanism from the perspective of multifunctionality and value coupling of arable land using the comprehensive evaluation model, coupling and coordination model, exploratory spatial analysis, and geographically-weighted regression method, and put forward the differentiated governance paths to solve the problem of rural hollowing accordingly. The research found that from 2005 to 2020: 1) The multifunctional coupling and coordination degree of arable land in Liaoning Province rose steadily, showing a pattern of better in the northwest than in the southeast, with some room for improvement. 2) The value coupling and coordination degree of arable land in Liaoning Province was in a steady state, forming a pattern of high in the core and low in the two wings, with large differences between cities. 3) The coupling and coordination degree of arable land multifunction and value in Liaoning Province demonstrated a low-speed growth, and the spatial clustering effects of the two were slowly increasing, with a good synergistic relationship being established on the whole. 4) The influence of the multifunctionality of arable land on its value in Liaoning Province was characterized by significant heterogeneity, that is, non-synchronous trends of change, non-equilibrium spatial and temporal differentiation, and path dependence of the dynamic correlation between the two. The purpose of this study was to analyze the coupling and coordination of the functions and values of arable land to explore the path of rural hollowing governance, promote the synergistic development of people-land-industry on the countryside of the main grain-producing region, and provide references for consolidating the foundation of food security and accelerating the modernization of agriculture and rural areas.

Keywords: arable land protection; arable land function; arable land value; food security; rural hollowing governance; rural revitalization