DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2026.06.035 CSTR:32311.14.rswc.2026.06.035
陈磊, 陈雨静, 吴琪. 农地流转与乡村振兴的耦合协调特征及影响因素:基于2010—2023年全国省域面板数据的分析[J]. 水土保持研究,2026,33(6):429-439.
Chen Lei, Chen Yujing, Wu Qi. Coupling coordination characteristics of agricultural land transfer and rural revitalization and their influencing factors: based on analysis of provincial panel data in China from 2010 to 2023[J]. Research of Soil and Water Conservation,2026,33(6):429-439.

农地流转与乡村振兴的耦合协调特征及影响因素
——基于2010—2023年全国省域面板数据的分析

陈 磊, 陈雨静, 吴 琪
(西华师范大学 管理学院, 四川 南充 637002)

摘 要:[目的]探究农地流转与乡村振兴的耦合协调关系,为促进乡村高质量发展提供依据。[方法]基于2010—2023年全国省域面板数据,采用耦合协调度、空间自相关和经济计量等方法,分析了我国农地流转与乡村振兴耦合协调的时空特征及其影响因素。[结果]时序上,我国农地流转与乡村振兴水平总体呈波动上升趋势,以2017年为拐点从协同上升转向增速分化,区域差距由绝对扩大转向相对收窄,同时二者耦合协调度由濒临失调提升至中级协调,呈现东部>中部>西部的梯度变化特征;空间上,30个省份耦合协调度总体呈东部高、中部次之、西部低的分布格局,其增幅表现出多极引领、梯度跃升的空间差异特征,并形成以长三角地区为核心逐步扩展的高—高集聚区、西部四川低—低集聚区的空间集聚特征;经济发展水平、政府财政能力与土地政策是影响农地流转与乡村振兴耦合协调水平的核心因素,农业产业结构对耦合协调水平具有抑制效应,且区域间影响因素存在差异。[结论]2010—2023年我国农地流转与乡村振兴的耦合协调水平稳步提升且空间差异趋于收敛,受经济水平、政策效应等多重因素影响。

关键词:农地流转; 乡村振兴; 耦合协调关系; 时空特征; 影响因素
中图分类号:F323; F321.1; F224 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-3409(2026)06-0429-11

Coupling coordination characteristics of agricultural land transfer and rural revitalization and their influencing factors
—based on analysis of provincial panel data in China from 2010 to 2023

Chen Lei, Chen Yujing, Wu Qi
(*College of Management*, *China West Normal University*, *Nanchong*, *Sichuan* 637002, *China*)

Abstract: [**Objective**] This study aims to explore the coupling coordination relationship between agricultural land transfer and rural revitalization, thereby providing a basis for promoting the high-quality development of rural areas. [**Methods**] Based on provincial panel data in China from 2010 to 2023, this study applied coupling coordination degree, spatial autocorrelation, and econometric methods to analyze the spatiotemporal characteristics and influencing factors of the coupling coordination between agricultural land transfer and rural revitalization. [**Results**] In terms of time sequence, the level of agricultural land transfer and rural revitalization in China generally showed a fluctuating upward trend. With 2017 as the inflection point, their relationship shifted from synergistic growth to divergent growth rates, and the regional gap changed from absolute expansion to relative narrowing. Meanwhile, the coupling coordination degree between the two increased from near imbalance to intermediate coordination, exhibiting a clear gradient pattern of eastern region>central region>western region. Spatially, the coupling coordination degree between agricultural land transfer and rural revitalization of the 30

收稿日期:2026-03-23 **修回日期:**2026-04-26 **接受日期:**2026-05-06
资助项目:教育部人文社科青年项目(22YJCZH016);四川省哲学社会科学基金专项项目(SCJJ25QH56);南充市社科规划项目(NC26B213);西华师范大学研究阐释党的二十届三中全会精神专项项目(24SD02)
第一作者:陈磊(1990—),男,四川德阳人,博士,副教授,硕士研究生导师,主要从事土地经济与政策、农业农村经济政策研究。E-mail:chenlei024@cwnu.edu.cn

provinces generally exhibited a distribution pattern of high in the eastern region, followed by the central region, and low in the western region. Its growth rate demonstrated spatial differentiation characteristics of multi-polar leadership and gradient leapfrogging. Additionally, it formed a spatial clustering pattern featuring a high-high clustering area centered around the Yangtze River Delta that gradually expands, and a low-low clustering area in Sichuan Province in the western region. The economic development level, government fiscal capacity, and land policies were the core factors affecting the level of coupling coordination between agricultural land transfer and rural revitalization. The agricultural industrial structure had an inhibitory effect, and the influencing factors differed among regions. [**Conclusion**] From 2010 to 2023, the level of coupling coordination between agricultural land transfer and rural revitalization in China steadily improved, with spatial disparities gradually converging, primarily influenced by multiple factors including economic development and policy effects.

Keywords: agricultural land transfer; rural revitalization; coupling coordination relationship; spatiotemporal characteristics; influencing factors

党的十九大以来,国家持续深化农地制度改革和构建现代农业生产经营体系,为乡村振兴战略实施提供了有力的制度保障。然而,土地要素流动不畅、农业产业可持续性不足等问题依然存在[1-2],制约着乡村振兴战略进程的深入推进。为此,党的二十大明确要求保障进城落户农民土地权益并鼓励依法自愿有偿转让,党的二十届三中全会强调巩固农村基本经营制度和完善经营权流转价格形成机制,以及2026年中央“一号文件”进一步提出规范承包地经营权流转。可见,充分释放农村生产要素潜能、发展农村生产力已成为加快经济社会高质量发展的重要任务。农地作为农村最核心的生产要素,其配置效率决定着农村生产力水平[3]。因此,有效激活农地要素、加快农地经营权有序流转是推动农业农村现代化、实现乡村振兴的关键路径,科学把握农地流转与乡村振兴耦合协调关系具有重要的理论价值和现实意义。

目前,学界对乡村振兴的研究涵盖理论机理[4]、实践困境[5]、水平评价[6-7]、影响因素[8]和优化策略等[9],对农地流转研究聚焦定量测算[10]、现实挑战[11]、驱动机制[12-13]和实践路径[14-15]。尽管农地流转与乡村振兴在目标导向上高度契合,均服务于农业农村现代化进程,但有关二者内在关联与互动机制的研究相对较少,更多的是立足乡村振兴战略背景关注流转补贴[16]、流转效应等[17]内容,缺乏对其双向耦合协调机制的解析。本文在阐释农地流转与乡村振兴耦合协调理论机制的基础上,运用耦合协调度模型、空间自相关分析法等探究2010—2023年我国农地流转与乡村振兴耦合协调的时空特征,并构建经济计量模型把握其影响因素,以期为深化农地要素市场化改革、推进乡村高质量发展提供依据。

1 理论分析框架

农地流转与乡村振兴具有紧密的内在关联与互动关系。农地流转作为农村土地制度改革的重要内容[18],通过优化土地资源配置,为乡村振兴提供基础保障;乡村振兴则通过产业、生态、文化、组织与民生等多维系统的全面振兴,为农地流转创造良好的制度环境与发展空间。二者通过要素流动与制度反馈相互支撑,持续重塑农村发展的结构、路径与能力,共同构成一个双向赋能、协同演进的有机耦合协调系统(图1)。

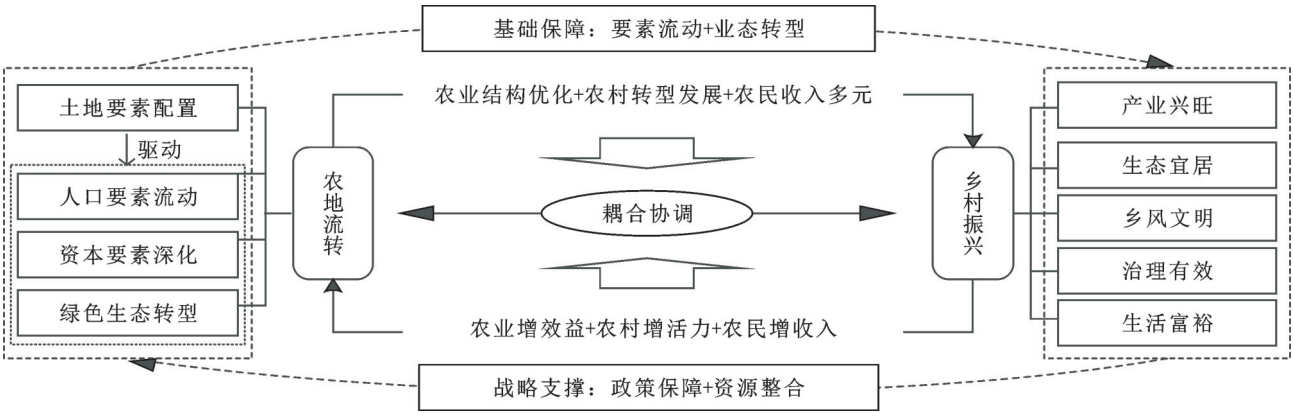


图1 农地流转与乡村振兴耦合协调理论机制

Fig. 1 Theoretical mechanism of coupling coordination between agricultural land transfer and rural revitalization

一方面,农地流转通过要素流动和业态转型赋能乡村振兴,为乡村振兴战略实施奠定基础保障。其表现为,农地流转以土地要素优化配置为核心驱动力,引导人口、资本等关键要素在城乡之间实现高效重组与深度融合,推动农村产业结构转型与发展业态升级,为乡村振兴注入内生动力。具体而言,在土地要素配置维度,农地流转助力农业结构优化,推动农业规模化、集约化经营,促进农地利用效率不断提升,为产业兴旺奠定坚实基础;在人口要素流动维度,农地流转有效释放农村劳动力,促进农村劳动力非农转移和城乡人口互动,推动农民收入结构多元化,增强农村发展活力,助力实现生活富裕与乡风文明;在资本要素深化维度,农地流转引导社会资本进入农业农村领域,推动农业产业链延伸与价值链提升,促进农村三次产业融合发展与转型升级,增强农村内生发展能力与治理效能;此外,农地流转还通过引导绿色生态转型,促进资源节约与环境友好型农业农村发展,为生态宜居提供重要支撑。可见,农地流转作为推动乡村振兴的重要制度安排与要素重组路径,通过土地、人口、资本等要素资源优化配置,能够有效促进产业结构升级、城乡融合发展与生态环境改善,从而为实现乡村振兴提供核心动力与现实选择。

另一方面,乡村振兴通过政策保障和资源整合强化农地流转实践,为农地流转深化提供战略支撑。其表现为,乡村振兴在完善政策制度体系的基础上,构建涵盖产业、社会、文化、生态等多维协同响应机制,破解农地流转所面临的结构性约束,提升农地配置效率与可持续发展能力,巩固农地流转成效。具体而言,政策保障层面,乡村振兴通过优化农地流转政策、强化产权保护、完善财政金融支持体系,为农地流转创造稳定的政策制度环境。资源整合层面,乡村振兴以产业兴旺为农地流转提供市场需求与产业载体,拓展流转后农业经营业态,增强农业竞争力;以生态宜居建设推动农地流转与绿色发展深度融合,引导流转行为向绿色—可持续方向转型;以乡风文明和治理有效完善农地治理体系,规范流转行为和程序,增强农村社会资本组织整合能力,为农地流转奠定社会基础与治理保障;此外,生活富裕目标的实现有助于提升农民收入与福利水平,增强农民参与流转的意愿和能力,形成良性发展循环。可见,乡村振兴以系统化的政策保障与资源整合机制,为农地流转建构起稳定的制度环境、多元的产业载体、绿色的转型导向以及良性的社会基础,从而在提升农地流转效能中形成二者互促共进的良性循环格局。

2　研究设计

2.1　指标体系构建

农地流转水平的测度在学界已形成一定的共识,通常以“家庭承包耕地流转总面积”与“家庭承包经营耕地面积”的比率(即农地流转率)衡量[19-20],该指标能够有效反映耕地资源在农户间配置的市场化程度,本文采用该指标表征我国农地流转水平。

对于乡村振兴水平的评价,虽然学界在具体指标的选择上尚未形成共识,但大多立足乡村振兴战略的总要求,从“产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕”五大维度构建指标体系[21-23]。根据现有资料对我国省域尺度农业农村数据的统计情况,遵循全面性、科学性、代表性以及数据可获得性原则,在参考已有研究[21-24]的基础上,从“五大维度”选取20项指标构建我国乡村振兴水平评价的指标体系(表1)。

2.2　研究方法

2.2.1　*熵值法*　学界大多采用熵值法[6-7]评价乡村振兴水平。其实施步骤为:(1)采用极差标准化对指标数据进行标准化处理;(2)确定指标比重、信息熵以及熵值冗余度,继而得到指标的权重(表1);(3)基于指标权重,进一步采用加权求和法计算出我国及各省域乡村振兴水平。考虑到该方法已得到广泛运用,仅罗列出加权求和法公式。公式为:

$$R_i=\sum_{j=1}^{n}W_jZ_{ij} \tag{1}$$

式中:R_i为乡村振兴水平;W_j为第j个指标权重;Z_{ij}为第i年j指标的标准化值。

2.2.2　*耦合协调度模型*　耦合协调度模型源自物理学概念,用于衡量不同系统间的相互作用,可分为耦合度和耦合协调度两个模型[25]。耦合度模型用于测度各子系统间相互影响及联系程度,耦合协调度模型用于测度各子系统间协调发展程度。由于耦合度模型无法反映各子系统间协调水平的高低,需进一步构建耦合协调度模型。公式为:

$$C=\left\{(A\times R)/\left[(A+R)/2\right]^2\right\}^{\frac{1}{2}} \tag{2}$$

$$T=\alpha_1A+\alpha_2R \tag{3}$$

$$D=\sqrt{C\times T} \tag{4}$$

式中:C为耦合度;A为农地流转率(%);R为乡村振兴水平;T为农地流转与乡村振兴协调指数;α_1,α_2为两个系统的权重,且两个系统在经济社会发展中同等重要,取$\alpha_1=\alpha_2=0.5$;D为耦合协调度。参考已有研究[26],将农地流转与乡村振兴耦合协调度划分为10类,即$0<D<0.1$为极度失调,$0.1\leqslant D<0.2$为严重失

调，0.2≤D<0.3为中度失调，0.3≤D<0.4为轻度失调，0.4≤D<0.5为濒临失调，0.5≤D<0.6为勉强协调，0.6≤D<0.7为初级协调，0.7≤D<0.8为中级协调，0.8≤D<0.9为良好协调，0.9≤D<1为优质协调。

表1 乡村振兴水平评价指标体系

Table 1 Evaluation indicator system for rural revitalization level

准则层	指标层	指标说明(单位)	指标含义与解释	属性	权重
产业兴旺	单位耕地面积农机总动力	农业机械总动力与耕地面积的比(kW/hm^2)	反映农业生产条件	+	0.0732
	农业劳动生产率	第一产业增加值与农村人口数的比(元/人)	反映农业生产效率	+	0.0616
	第二、三产业增加值占比	第二、三产业增加值与GDP的比(%)	反映农村产业化水平	+	0.0197
	农业作物多元化水平	非粮食播种面积与农作物总播种面积的比(%)	反映农业经济结构状况	+	0.0395
生态宜居	农村绿化覆盖率	已有统计数据(%)	反映农村生态禀赋条件	+	0.0899
	单位播种面积化肥施用量	化肥施用量与农作物总播种面积的比(t/hm^2)	反映农业绿色发展水平	−	0.0115
	农村无公害厕所普及率	已有统计数据(%)	反映农村环境治理状况	+	0.0273
	农村自来水普及率	已有统计数据(%)	反映农村人居环境状况	+	0.0264
乡风文明	每万人乡镇文化站数量	文化站数量与农村常住人口数的比(个/万人)	反映农村文化基础建设水平	+	0.0664
	农村居民人均教育文化娱乐支出占比	人均教育文化娱乐支出与人均消费支出的比(%)	反映农村文化消费水平	+	0.0387
	农村义务教育在校人数	农村小学阶段与初中阶段在校人数的和(万人)	反映农村基础文化教育程度	+	0.1571
	农村电视节目综合人口覆盖率	已有统计数据(%)	反映农村文明(化)传播水平	+	0.0120
治理有效	农村居民低保人数占比	农村居民最低生活保障人数与农村人口数的比(%)	反映农村民生保障治理能力	−	0.0182
	财政支农水平	农林水事务支出与地方财政一般预算支出的比(%)	反映农村发展与治理投入程度	+	0.0399
	农村人均自治组织	村民委员会数量与农村人口数的比(个/万人)	反映农村治理体系完善程度	+	0.0775
	农业有效灌溉率	有效灌溉面积与农作物总播种面积的比(%)	反映农业治理效果	+	0.0638
生活富裕	农村居民人均可支配收入	已有统计数据(元)	反映农村居民收入水平	+	0.0683
	农村居民恩格尔系数	农村人均食品烟酒消费支出与消费总支出的比(%)	反映农村居民消费水平	−	0.0219
	农村常住居民人均住房建筑面积	已有统计数据(m^2)	反映农村居民居住水平	+	0.0594
	农村居民每百户耐用消费品拥有量	已有统计数据(台、辆、部)	反映农村居民生活设施水平	+	0.0277

2.2.3 空间自相关分析法 采用空间自相关分析法把握农地流转与乡村振兴耦合协调度空间集聚程度和集聚中心的空间位置，包括全局空间自相关和局部空间自相关[27]。全局空间自相关是从整体上反映某一属性的空间集聚分散程度，采用全局Moran's I衡量耦合协调度是否存在统计上的集聚分散现象，用I_G表示(−1≤I_G≤1)，其中I_G>0表示集聚分布且在空间上具有正相关、I_G<0表示离散分布且在空间上具有负相关、I_G=0表示随机分布且无空间相关性；局部空间自相关是识别集聚中心的空间位置，采用局部Moran's I衡量耦合协调度高值和低值的空间集聚状况，用I_L表示，其中I_L>0表示某一单元观测值与周围单元差异小、I_L<0表示某一单元观测值与周围单元差异大。公式为：

$$I_G=\frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}(y_i-\bar{y})(y_j-\bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2} \tag{5}$$

$$I_L=\frac{y_i-\bar{y}}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}(y_j-\bar{y}) \tag{6}$$

式中：n为单元数(个)；y_i，y_j为第i，j单元观测值；$\bar{y}$为所有单元平均值；w_{ij}为空间权重矩阵；i，j单元相邻则权重为1，不相邻则权重为0。

2.2.4 影响因素经济计量模型及变量选取 农地流转与乡村振兴耦合协调度受自然资源禀赋、社会经济条件、政府调控等因素影响。其中，自然资源禀赋构成二者耦合协调的物质基础，其核心是资源要素的优化配置与高效整合，这一过程实质上是经济社会发展与政府调控交互作用的结果。参考已有研究[22]，本文重点考察经济社会影响因子对二者耦合协调状况的影响，同时鉴于20世纪80年代以来我国土地政策经历了重要变迁[27]，作为政府宏观调控的关键工具，有必要引入政策因素作为虚拟变量。因此，选取人均GDP(X_1)、城镇化水平(X_2)、复种指数(X_3)、农机化水平(X_4)、劳动力转移(X_5)、农业产业结构(X_6)、农业经营规模(X_7)、城乡收入比(X_8)、财政支出(X_9)等关键经济社会因子以及土地政策(X_{10})作为耦合协调度的影响因子。其中，劳动力转移以“二三产业从业人数与第一产业从业人数的比值”衡量；农业产业结构以“农业产值占农林牧渔总产值的比重”衡量；农业经营规模以“农作物播种面积与第一产业

劳动投入的比值”衡量;财政支出以“一般财政支出占GDP的比重”衡量;土地政策依据社会发展阶段和已有研究做法[27-28],将2010—2023年的政策变迁分为2010年、2011—2015年、2016—2020年、2021—2023年4个阶段,且分别赋值1,2,3,4。

综上,以耦合协调度为被解释变量,10个影响因子为解释变量,构建经济计量模型(面板数据模型)把握我国农地流转与乡村振兴耦合协调影响因素。模型为:

$$Y_{it}=\alpha_0+\sum_{i=1}^{n}\alpha_i X_{it}+\sum_{j=1}^{m}\beta_j M_j+\mu_{it} \quad (7)$$

式中:Y_{it}为被解释变量;X_{it}为解释变量;M_j为观测单元;α_0为常数项;α_i、β_j为待估参数;μ_{it}为误差项;i为地区;t为年份;j为省份;n为地区数(个);m为观测单元数(个)。

2.3　数据来源与说明

以2010—2023年我国30个省份(因数据缺失,不含港澳台和西藏)面板数据为样本,所用数据源于2011—2024年《中国统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》《中国农村统计年鉴》和各省市(自治区)统计年鉴,2010—2023年《中国农村经营管理统计年报》和各省市(自治区)国民经济与社会发展统计公报。需要说明的是,以2010年、2017年、2023年为研究时点,个别缺失数据采用线性插值法补齐。

3　结果与分析

3.1　农地流转与乡村振兴水平状况

2010—2023年我国农地流转与乡村振兴水平总体呈波动上升趋势(图2A)。其中,农地流转水平由2010年的14.65%提升至2023年的38.33%,提高了23.68个百分点;乡村振兴水平由2010年的0.273 7增加至2023年的0.755 8,增幅达176.14%。从二者变化趋势来看,2017年前增长趋势较为一致,呈现协同上升态势;2017年后,乡村振兴水平增速加快,与农地流转水平之间的差距逐步拉大,形成增速分化态势。这与乡村振兴战略实施后相关政策效果的持续释放相关。

从东、中、西部来看(图2B),各区域农地流转与乡村振兴水平均呈上升趋势,表现出东部领先、中部跟进、西部加快的梯度发展特征。其中,东部始终处于较高水平;中部稳步增长,尤其是2017年后随着乡村振兴战略深入实施,二者增速均有所提升,逐步缩小与东部的相对差距;西部虽然起点较低,但2017年后乡村振兴水平增速加快,呈现“追赶式”发展态势,农地流转水平增速有所放缓。总之,2017年前我国东、中、西部之间农地流转和乡村振兴水平的绝对差距持续扩大,但2017年后,随着乡村振兴战略全面实施,区域间相对差距趋于收窄,呈现整体提升、区域收敛的态势。

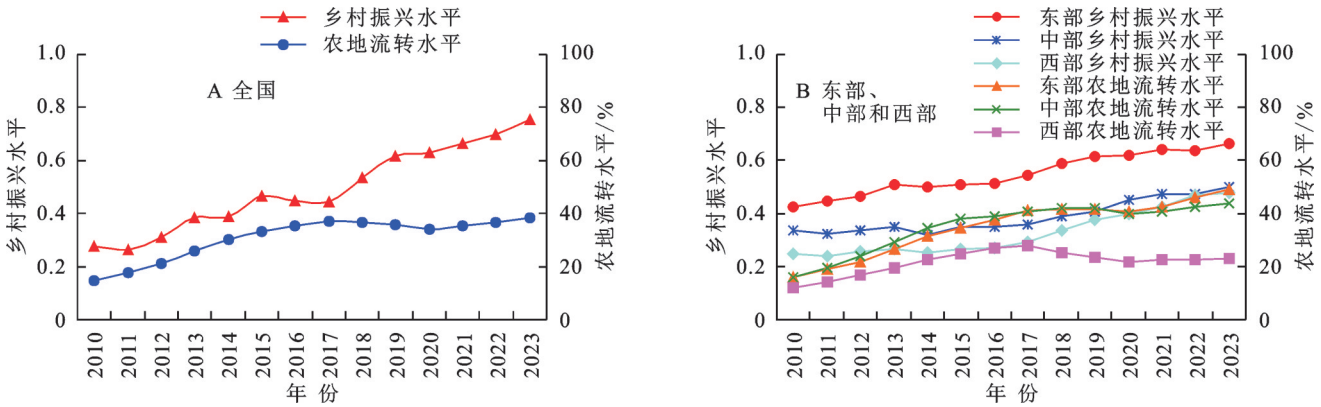


图2　2010—2023年我国农地流转与乡村振兴水平变化趋势图

Fig. 2　Trends of agricultural land transfer and rural revitalization levels in China (2010—2023)

3.2　农地流转与乡村振兴耦合协调时空特征

3.2.1　农地流转与乡村振兴耦合协调时序特征　2010—2023年我国农地流转与乡村振兴耦合协调度呈现持续上升趋势(图3),从2010年的濒临失调(0.447 5)稳步提升至2023年的中级协调(0.733 7),表明我国农地流转与乡村振兴之间的协同关系不断加强。

从东、中、西部来看,各区域农地流转与乡村振兴耦合协调度均保持逐年上升趋势,呈现东部>中部>西部的梯度变化特征。其中,东部由2010年的勉强协调(0.509 5)演进为2023年的中级协调(0.756 3),且耦合协调度高于全国水平;中部由2010年的濒临失调(0.480 5)提升至2023年的初级协调(0.683 9),增长稳定;西部耦合协调度相对较低,由2010年的濒临失调(0.413 4)发展为2023年的勉强协调(0.577 0)。总之,2010—2023年东、中、西部农地流转与乡村振兴耦合协调度均呈现稳步提升态势,且区域差异明显,表明各区域发展仍存在不平衡问题,但均实现耦合协调水平的持续改善。

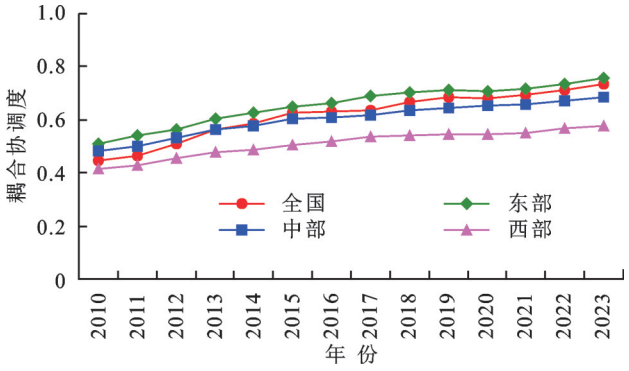
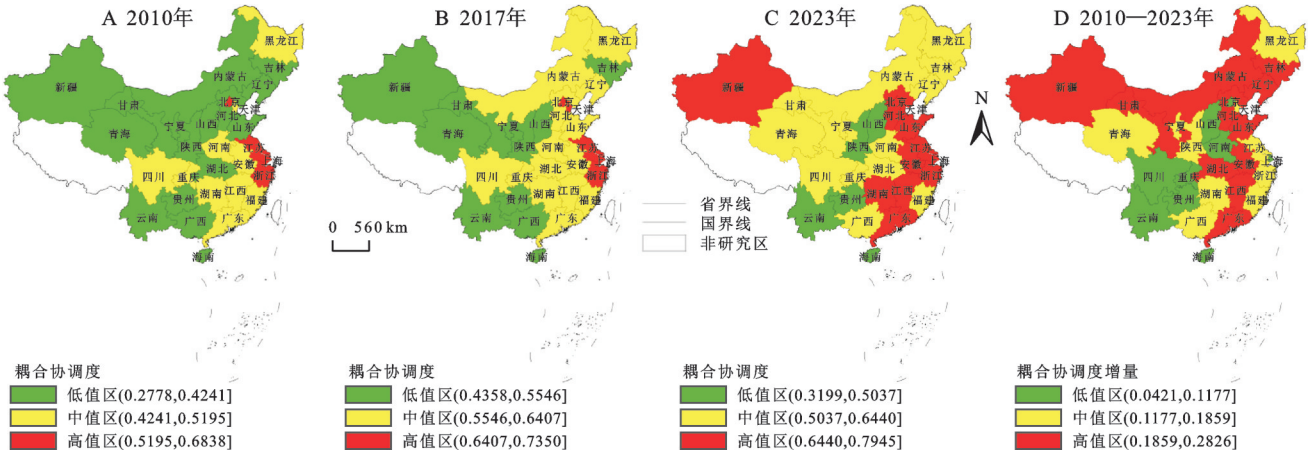


图3 2010—2023年我国农地流转与乡村振兴耦合协调时序变化特征

Fig. 3 Temporal change characteristics of coupling coordination between agricultural land transfer and rural revitalization in China (2010—2023)

3.2.2 农地流转与乡村振兴耦合协调空间特征 (1) 空间差异特征。参考已有研究做法[27],以2010年、2017年、2023年为研究时点,立足省域尺度,采用自然间断点分级法将我国农地流转与乡村振兴耦合协调度划分为低值区、中值区和高值区3个等级,以揭示二者耦合协调空间差异状况。

2010—2023年我国30个省份农地流转与乡村振兴耦合协调度空间差异特征明显,整体呈现东部高、中部次之、西部低的空间格局(图4)。其中,2010年高值区包括北京、江苏、上海和浙江4个省份;中值区涵盖天津、福建、广东、黑龙江、河南、江西、湖南、安徽、四川和重庆10个省份;其余16个省份为低值区。2017年高值区增至5个,新增天津,仍集中于东部;中值区扩展至14个,新增辽宁、河北、山东、内蒙古和湖北;低值区减少至11个。2023年高值区进一步扩展为12个,新增河北、山东、广东、湖南、江西、安徽和新疆;中值区包括辽宁、福建、吉林、黑龙江、内蒙古、河南、湖北、四川、重庆、广西、宁夏、甘肃和青海13个省份;低值区缩减至5个。可见,农地流转与乡村振兴耦合协调的空间格局呈现从东部高地向中西部蔓延的由点及面的变化过程,具有明显的溢出—辐射效应,促使耦合协调度较高的区域范围扩大,且空间差异态势趋于收敛。



注:基于标准地图服务系统下载的审图号GS(2023)2767号的标准地图制作,底图未做修改,下图同。

图4 2010—2023年我国省域农地流转与乡村振兴耦合协调空间差异特征

Fig. 4 Spatial differentiation characteristics of coupling coordination between agricultural land transfer and rural revitalization in provincial regions of China (2010—2023)

从耦合协调度增量来看,2010—2023年增量高值区包括辽宁、河北、山东、广东、吉林、安徽、湖北、江西、内蒙古、新疆和甘肃11个省份;增量中值区涵盖天津、江苏、浙江、福建、黑龙江、湖南、陕西、广西、宁夏和青海10个省份;其余省份为增量低值区。这反映出多极引领、梯度跃升的空间差异特征,其原因在于增量高值区省份得益于有力的区域政策支持、较低的初始基数以及农地流转市场的快速发育,增量中值区源于原有良好基础之上的稳步提升,而增量低值区受制于初始条件薄弱或增长动力转换缓慢等因素。

(2) 空间集聚特征。以30个省份的耦合协调度为观测变量,采用全局Moran's I判定总体空间集聚特征(表2)。由表2可知,2010年、2017年、2023年耦合协调度全局Moran's I指数均为正值,且Z值在1%和5%统计水平上显著,表明研究期内耦合协调度在空间分布上具有正相关关系,存在空间集聚特征,而2010—2023年耦合协调度增量未通过检验。因此,仅分析了2010年、2017年、2023年耦合协调度空间集聚状态。同时,耦合协调度全局Moran's I指数由2010年的0.163 9上升至2017年的0.372 7,再略降至2023年的0.350 0,表明我国省域农地流转与乡村振兴耦合协调度的空间集聚状态在经历明显变化后,逐渐趋于稳定,这源于早期政策引导下的集聚效应与后期区域协同发展共同作用的结果。

基于此,通过局部Moran's I分析特定区域耦合协调度集聚状况。由图5可知,我国省域农地流转与

乡村振兴耦合协调度具有空间集聚特征,2010年、2017年、2023年耦合协调度形成低—低、低—高、高—高集聚区。具体来看,2010年耦合协调空间集聚区分布在东、中部,其中低—高集聚区仅有山东1个省份,高—高集聚区包括江苏、上海、浙江和安徽4个省份。2017年耦合协调空间集聚区扩展至东、中、西部,其中东、中部共同构成高—高集聚区,包括山东、江苏、上海、浙江和安徽5个省份;西部出现四川1个低—低集聚区。2023年耦合协调空间集聚区有所延续并略有强化,高—高集聚区仍集中于东、中部且增至6个省份,新增福建;低—低集聚区仍为四川。总之,局部空间关联形成以长三角地区为核心并逐步扩展的高—高集聚区、西部个别省份处于低—低集聚区的空间集聚特征,这一变化特征源于乡村振兴战略的持续推进与区域协同发展的政策引导,促使高—高集聚区范围稳步扩大。

表 2　2010—2023年我国省域农地流转与乡村振兴耦合协调全局空间自相关分析

Table 2　Global spatial autocorrelation analysis of coupling coordination between agricultural land transfer and rural revitalization in provincial regions of China (2010—2023)

年份	全局 Moran's I 指数	检验统计量 Z 值	p 值
2010	0.1639	2.1882	0.0200**
2017	0.3727	3.8715	0.0050***
2023	0.3500	3.6769	0.0050***
2010—2023	0.0729	1.2506	0.1150

注:*、**、***分别为10%,5%,1%统计水平上显著。

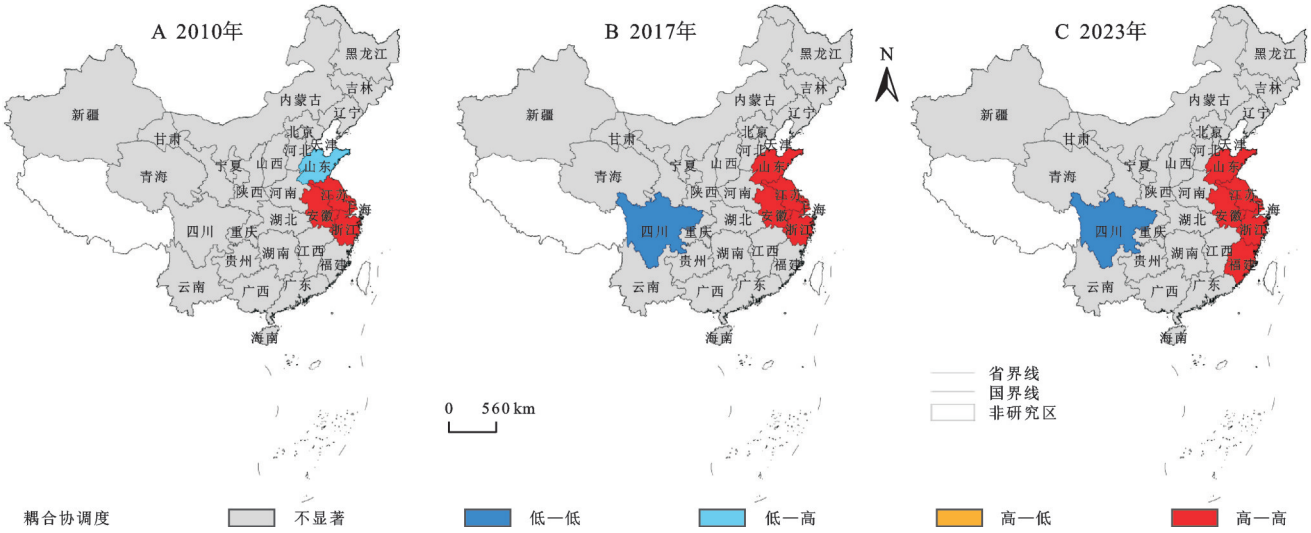


图 5　2010—2023年我国省域农地流转与乡村振兴耦合协调空间集聚特征

Fig. 5　Spatial clustering characteristics of coupling coordination between agricultural land transfer and rural revitalization in provincial regions of China (2010—2023)

3.3　农地流转与乡村振兴耦合协调影响因素分析

进一步分析农地流转与乡村振兴耦合协调特征的影响因素。利用2010—2023年30个省份农地流转与乡村振兴耦合协调度面板数据对模型进行估计。估计分析中,除以百分比表示的变量外,其余变量均取自然对数,以降低异方差,使数据更平稳。经检验采用固定效应模型的广义最小二乘法(FGLS)对面板数据进行多元线性回归估计,通过Cross-section Weights加权消除模型多重共线性和异方差影响。结果显示(表3),F统计量均在1%水平上显著,拟合度R^2均在90%以上,模型解释力较好;D-W值满足回归残差不存在序列自相关的要求,回归结果可靠;t统计检验显示,大多影响因子通过显著性检验,模型具有稳健性。

具体来看,全国层面(模型Ⅰ)上,X_1,X_6,X_9和X_{10}均在1%统计水平上显著。其中,X_1,X_9和X_{10}对耦合协调度具有正向影响,而X_6具有负向影响。这表明经济发展水平提高、政府财政支出力度加大和积极的土地政策有利于促进耦合协调度提升;而农业产业结构调整存在抑制作用,这是由于当前农业产业结构转型仍以规模扩张和传统作物调整为主要特征,尚未充分实现与乡村产业体系的高质量融合,在短期内对农地流转的资源配置效率与乡村全面振兴的系统性发展具有结构性张力。同时,X_4,X_8均在5%统计水平上显著,且分别对耦合协调度产生正向和负向影响。这是由于农业机械化水平进步能够提升农业生产效率及其规模化经营能力,为农地流转与乡村振兴协同推进提供技术动力;城乡收入差距缩小有利于增强农村劳动力回流与农业经营主体积极性,提升农地流转需求与效率,同时促进城乡要素双向流动与产业融合,从而推动农地流转与乡村振兴耦合协调水平提升。

区域间的影响效应存在差异。从东部(模型Ⅱ)、中部(模型Ⅲ)和西部(模型Ⅳ)来看:(1)东部

X_1,X_2,X_9分别在1%,10%和1%统计水平上显著,且均对耦合协调度具有正向影响,源于东部强有力的经济基础为土地、资本等要素整合提供坚实基础,较高的城镇化水平持续强化城乡功能衔接与辐射带动能力,加之相对充足的财政资源能够有效保障政府对关键领域的扶持与制度供给,促进耦合协调度提升;(2)中部X_1,X_2,X_4,X_6和X_9在1%或5%统计水平上显著,其中X_1,X_4和X_9具有正向影响,X_2,X_6具有负向影响,表明经济水平提升、农机化普及与财政支持能够推动中部农业规模化与现代化进程,但城镇化带来的要素外流可能削弱乡村内生动力,同时中部农业产业结构调整尚处于传统生产导向向多元融合转变的初期,短期内尚未充分契合乡村振兴要求,对耦合协调度提升具有一定的约束;(3)西部X_3,X_4,X_5,X_6,X_9和X_{10}在不同统计水平上显著,其中X_4,X_5,X_9和X_{10}具有正向影响,X_3,X_6具有负向影响,这是由于农机化推广、劳动力转移与土地政策支持共同改善了土地、劳动力、资本等要素配置效率,为推进农地流转与乡村振兴耦合协调发展提供基础动力;复种指数偏高往往反映农业仍依赖传统耕作模式与单一生产结构,限制了农地流转增值空间;农业产业结构调整在西部生态脆弱、市场发育滞后的背景下,易陷入低端同质或生态代价较高的困境,难以有效对接乡村振兴多元目标,在短期内具有抑制效应。

表3 模型估计结果

Table 3 Model estimation results

解释变量	模型Ⅰ	模型Ⅱ	模型Ⅲ	模型Ⅳ
	全国	东部	中部	西部
常数项c	−0.3213**(−2.2564)	−0.5411**(−2.1438)	−0.6904**(−2.3535)	0.3279(0.9799)
人均GDPX_1	0.0904***(7.1253)	0.0758***(3.5547)	0.1715***(6.4857)	0.0169(0.6062)
城镇化水平X_2	−0.0003(−0.3964)	0.0024*(1.7816)	−0.0051**(−2.2258)	3.53 E−05(0.0223)
复种指数X_3	−0.0040(−0.4606)	−0.0041(−0.3192)	−0.0225(−0.5407)	−0.0537***(−2.6255)
农机化水平X_4	6.93 E−06**(2.3405)	−6.26 E−06(−1.3756)	1.20 E−05***(2.8116)	2.31 E−05***(2.8706)
劳动力转移X_5	0.0001(0.2538)	0.0005(1.2352)	0.0052(0.5977)	0.0313**(2.3267)
农业产业结构X_6	−0.0044***(−5.3154)	0.0009(0.5214)	−0.0078***(−5.7102)	−0.0025*(−1.7496)
农业经营规模X_7	0.0058(0.4808)	0.0099(0.3971)	0.0080(0.3760)	−0.0046(−0.0872)
城乡收入比X_8	−0.0180**(−2.0831)	−0.0232(−1.6352)	−0.2653(−0.9813)	−0.0329(−1.6286)
财政支出X_9	0.0066***(13.1085)	0.0067***(6.6961)	0.0062***(5.0032)	0.0047***(6.0133)
土地政策X_{10}	0.0098***(2.8562)	0.0081(1.3704)	0.0031(0.4383)	0.0150**(2.2371)
R^2	0.9569	0.9604	0.9217	0.9060
调整后的R^2	0.9524	0.9547	0.9085	0.8902
F统计量	216.1948***	168.5104***	69.9585***	57.3092***
D-W值	0.6633	0.5995	0.8136	0.7515
观测值	420	168	126	126

注:被解释变量为耦合协调度;估计方法为Pooled FGLS(Cross-section Weights);*、**、***分别为10%,5%,1%统计水平上显著;括号中的数值为t检验值。

4 讨 论

基于2010—2023年全国省域面板数据,揭示了农地流转与乡村振兴耦合协调度时空特征及影响因素。研究发现,二者耦合协调度由濒临失调提升至中级协调,表明我国农地要素市场化改革与乡村振兴战略实施间的协同效应持续增强。与吕承超等[29]、向书坚等[30]关于乡村振兴水平持续提升的发现相呼应,但本文进一步从耦合协调视角揭示了二者互动关系具有阶段性特征,尤其在2017年后乡村振兴水平增速加快,与农地流转水平之间出现了增速分化,表明政策推动下多维振兴路径对农地流转的拉动存在一定滞后性,这可能源于农地流转市场发育的相对渐进性,以及乡村振兴政策在产业、生态、治理等目标间的协同效应尚未充分转化为农地流转的需求牵引。

空间上,耦合协调度呈现东部>中部>西部的梯度分异格局,高值区由东部向中西部延伸,表现出由点及面的扩散特征;同时高—高集聚区有所扩展、低—低集聚区相应收缩,表明区域协调发展机制逐步形成。值得注意的是,西部新疆在2023年进入高值区,可能与“一带一路”沿线农业开放与产业结构

优化有关,后续需进一步关注其机制路径与可持续性。影响因素上,经济发展水平、财政支持与土地政策构成耦合协调发展的核心动力,农业产业结构在多数区域具有抑制效应,这可能源于短期内区域传统农业占比较高、价值链延伸不足以及流转后土地利用方式单一等问题,而中后期持续推进农村三次产业融合与绿色转型,有望突破这一约束。与连宏萍等[19]所指农地流转响应机制中存在结构性张力的判断相符。进一步区域比较表明,东部进入"经济—城镇化—财政"三驱协同阶段,中部面临城镇化引致要素外流和产业结构转型初期融合不足的双重压力,西部则受制于传统耕作模式及生态—市场双重脆弱性。这反映出不同发展阶段区域系统内要素配置与制度适配具有差异性。

尽管本文初步揭示了农地流转与乡村振兴的耦合协调关系及其特征,但受数据可获取性的约束,仅聚焦在省域尺度,尚未涉及县域微观异质性的探讨。同时所构建的指标体系未能纳入数字乡村、新质生产力等新兴要素,可能忽略其在协同机制中的潜在作用。后续研究需结合多尺度数据与多元方法,持续完善指标体系,进一步揭示其内在的互动机制。

5　结论与建议

5.1　结　论

基于2010—2023年我国农地流转与乡村振兴耦合协调时空特征及影响因素分析发现,二者耦合协调度总体上升,但存在阶段性特征与区域异质性,并受经济发展、财政能力、土地政策及农业产业结构等多重因素综合影响。具体研究结论如下:

(1) 2010—2023年我国农地流转与乡村振兴水平整体呈波动上升趋势,且2017年前二者呈协同上升态势,2017年后乡村振兴水平增速加快,二者形成增速分化态势。同时,东、中、西部均呈上升趋势,表现出东部领先、中部跟进、西部加快的梯度发展特征,且2017年前绝对差距扩大,2017年后相对差距收窄。

(2) 2010—2023年我国农地流转与乡村振兴耦合协调度在时序上呈上升趋势,从濒临失调提升至中级协调,且东、中、西部均呈稳步提升态势,具有东部>中部>西部的梯度变化特征。空间上,30个省份耦合协调度呈现东部高、中部次之、西部低的空间格局,且各省增幅呈现多极引领、梯度跃升的空间差异特征,局部空间关联形成以长三角地区为核心逐步扩展的高—高集聚区、西部四川低—低集聚区的空间集聚特征。

(3) 经济发展水平、政府财政能力与土地政策是推动我国农地流转与乡村振兴耦合协调发展的核心驱动力,而农业产业结构具有抑制性。区域上,东部受益于经济基础、城镇化水平和财政保障;中部在享受经济增长与农机化红利的同时,面临城镇化带来的要素外流与产业结构转型初期的限制;西部依赖政策扶持、农机化水平与劳动力转移,但受制于传统耕作模式与产业结构调整滞后的影响。

5.2　建　议

立足乡村全面振兴战略需求,为持续提升农地流转与乡村振兴耦合协调水平,提出以下建议:一是强化差异化政策引导以合理配置要素。东部地区应依托其经济与城镇化发展优势,推动农地流转与乡村产业数字化、服务化深度融合,强化土地与人力资本协同配置;中西部地区在保障粮食安全与生态底线的前提下,应重点优化农业产业结构,缓解其抑制效应,推动从规模扩张向质效提升转变。二是完善农地流转市场及配套服务体系。应推动流转合同规范化、信息平台统一化、价格机制市场化,降低交易成本与风险,并鼓励发展土地信托、股份合作等多元化流转模式,增强小农户与现代农业有机衔接。同时,加强农村金融、保险、技术等服务供给,提升流转后土地综合产出效率与抗风险能力。三是推动农村产业结构融合与绿色发展。应引导农业从生产主导型向"生产—生态—服务"多元功能转型,拓展农村电商、康养旅游等新业态,支持新型经营主体与村集体合作,构建以土地为纽带的产业链共享机制,并将生态价值纳入农地流转与乡村振兴协同评价体系,缓解结构性张力。四是增强制度协同与基层治理能力。应整合土地管理、产业扶持、财政税收等政策工具,形成"政策—资源—主体"良性互动机制,并强化村集体在农地流转与乡村振兴项目中的统筹协调作用,推动治理重心下移,健全农民参与和利益保障机制,确保农民在要素流动与产业发展中共享增值收益,激发农村内生动力,巩固和扩大区域协同效应。

参考文献(References):

[1] 薛宝贵.生产要素双向流动视角下的乡村振兴[J].深圳社会科学,2025,8(3):63-72.
Xue B G. Rural revitalization from the perspective of two-way flow of production factors[J]. Social Sciences in Shenzhen, 2025,8(3):63-72.

[2] 王慧博.农业新质生产力赋能乡村振兴的逻辑理路、制约样态与因应路径[J].江西社会科学,2025,45(4):43-54.
Wang H B. The logical way, restriction pattern and coping path of new agricultural productivity empowering rural revitalization[J]. Jiangxi Social Sciences, 2025,45(4):43-54.

[3] 匡远配,胡华.农地流转重塑小农经济:作用机制、多元模式与现代农业衔接[J].华中农业大学学报(社会科学版),2026(2):207-219.
Kuang Y P, Hu H. Reshaping the smallholder economy through land transfer: Mechanisms, diverse models, and its integration into modern agriculture[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2026(2):207-219.

[4] 单菲菲,高敏娟.民族地区以乡村产业振兴铸牢中华民族共同体意识的机制探析[J].中南民族大学学报(人文社会科学版),2025,45(7):78-87.
Shan F F, Gao M J. An analysis of the mechanism for consolidating a strong sense of community for the Chinese nation through rural industrial revitalization in ethnic areas [J]. Journal of South-Central University for Nationalities (Humanities and Social Sciences), 2025,45(7):78-87.

[5] 张少玲.民族地区乡村全面振兴中的乡贤文化建设:内在逻辑、实践困境与路径选择[J].湖北民族大学学报(哲学社会科学版),2025,43(4):106-114.
Zhang S L. Cultural construction of local worthies in the comprehensive revitalization of villages in ethnic regions: Internal logic, practical dilemmas, and path selection[J]. Journal of Hubei Minzu University (Philosophy and Social Sciences), 2025,43(4):106-114.

[6] 马凌,冶建明,朱梦梦.兵团乡村振兴发展水平评价及耦合协调研究[J].中国农业资源与区划,2025,46(3):206-221.
Ma L, Ye J M, Zhu M M. Study on the evaluation of the level of development of rural revitalisation and coupling coordination in Xinjiang production and construction corps [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2025,46(3):206-221.

[7] 徐雪,王永瑜.中国乡村振兴水平测度、区域差异分解及动态演进[J].数量经济技术经济研究,2022,39(5):64-83.
Xu X, Wang Y Y. Measurement, regional difference and dynamic evolution of rural revitalization level in China [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2022,39(5):64-83.

[8] 牛文浩,申淑虹,张蚌蚌.中国乡村振兴5个维度耦合协调空间格局及其影响因素[J].中国农业资源与区划,2021,42(7):218-231.
Niu W H, Shen S H, Zhang B B. Spatial pattern and influencing factors of coordination development of rural revitalization's five dimensions in China [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2021,42(7):218-231.

[9] 翟天昶,孙思栋.推动乡村振兴与共同富裕的路径、挑战和对策:第二届海峡两岸乡村振兴与共同富裕论坛会议综述[J].中国农村经济,2024(12):170-177.
Zhai T C, Sun S D. Paths, challenges and countermeasures to promote rural revitalization and common prosperity: a summary of the second cross-strait forum on rural revitalization and common prosperity [J]. Chinese Rural Economy, 2024(12):170-177.

[10] 崔美龄,郭阳,徐志刚.农地流转履约环境对规模经营发展的影响研究[J].中国土地科学,2023,37(8):84-92.
Cui M L, Guo Y, Xu Z G. Study on the influence of farmland transfer and contract implementation environment on the development of farmland scale management [J]. China Land Science, 2023,37(8):84-92.

[11] 王子阳.从理想到现实:"三权分置"下农地流转去规模化的演进路径:基于华北乡村的田野考察[J].经济学家,2025(5):119-128.
Wang Z Y. From ideal to reality: The evolutionary path of the de-scaling of farmland transfer under the "separation of three rights": field investigation based on rural areas in North China[J]. Economist, 2025(5):119-128.

[12] 关晨,赵一夫,迟成媛,等.农机社会化服务市场发育能否带动农地流转市场转型:基于流转交易半径的考察[J].中国农村经济,2025(4):106-125.
Guan C, Zhao Y F, Chi C Y, et al. Can the development of agricultural machinery socialization service market drive the transformation of land transfer market: Based on the radius of land transfer transactions[J]. Chinese Rural Economy, 2025(4):106-125.

[13] 吴琪,陈磊,陈雨静.乡村振兴背景下农地流转市场化的政策沿革研究进展与展望[J].农业与技术,2025,45(19):167-173.
Wu Q, Chen L, Chen Y J. Research progress and prospect of policy evolution of agricultural land circulation marketization under the background of rural revitalization [J]. Agriculture & Technology, 2025,45(19):167-173.

[14] 梁伟.农地流转制度差异的实践逻辑与创新路径[J].西部论坛,2025,35(1):112-124.
Liang W. The practical logic and innovation path of the differences in the agricultural land transfer system [J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (West Forum), 2025,35(1):112-124.

[15] 李全,肖轶.农地流转对农户生计脆弱性的影响:基于CFPS家庭追踪调查数据库[J].水土保持研究,2025,32(4):386-395.
Li Q, Xiao Y. Impact of farmland transfer on farmers' livelihood vulnerability: Based on the CFPS Household Tracking Survey Database [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2025,32(4):386-395.

[16] 曾能民,任万强,任廷海,等.乡村振兴背景下农地流转补贴策略研究[J].系统工程理论与实践,2026,46(2):501-520.
Zeng N M, Ren W Q, Ren T H, et al. Subsidy strategy for rural land transfer under the background of rural revitalization [J]. Systems Engineering —Theory &

Practice, 2026,46(2):501-520.

[17] 贺林波,王子怡.乡村产业振兴背景下农地流转的邻里效应[J].农业经济与管理,2023(2):74-84.
He L B, Wang Z Y. Neighborhood effect of circulation of farmland under background of revitalization of rural industries [J]. Agricultural Economics and Management, 2023(2):74-84.

[18] 武舜臣,曹丹丘,王兴华.农地产权制度改革与农地流转响应:预期偏离与逻辑阐释[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2024,24(3):104-115.
Wu S C, Cao D Q, Wang X H. Regime reform of rural land property rights and response of rural land circulation: Deviation from expectation and logical interpretations[J]. Journal of Northwest A&F University (Social Science Edition), 2024,24(3):104-115.

[19] 连宏萍,马梓洲,冯学芳.新疆农村土地流转对县域城乡融合发展的影响[J].经济地理,2024,44(6):193-201.
Lian H P, Ma Z Z, Feng X F. The influence of rural land transfer on urban-rural integration development in Xinjiang Uygur Autonomous Region of China[J]. Economic Geography, 2024,44(6):193-201.

[20] 谢祎泠,刘志雄.农地流转对农业数字经济发展的影响[J].湖南农业大学学报(社会科学版),2024,25(2):22-29.
Xie Y L, Liu Z X. Research on the impact of farmland transfer on the development of agricultural digital economy[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Social Sciences), 2024,25(2):22-29.

[21] 石玉堂,王晓丹,刘达,等.中国城市群乡村振兴水平测度、区域分解及时空收敛性[J].经济地理,2024,44(4):161-170.
Shi Y T, Wang X D, Liu D, et al. Measurement, regional decomposition and spatiotemporal convergence of rural revitalization level in urban agglomerations of China[J]. Economic Geography, 2024,44(4):161-170.

[22] 吴甜甜,曾卫红.省域农村基础设施建设与乡村振兴的耦合协调发展研究[J].经济地理,2024,44(9):194-202.
Wu T T, Zeng W H. Coupling coordination development between rural infrastructure construction and rural revitalization at the provincial level[J]. Economic Geography, 2024,44(9):194-202.

[23] 聂霞,刘立新.新质生产力对乡村振兴的非线性影响及机制分析[J].统计与决策,2025,41(12):24-30.
Nie X, Liu L X. Nonlinear impact of new quality productivity on rural revitalization and its mechanism analysis[J]. Statistics & Decision, 2025,41(12):24-30.

[24] 杜亚楠,徐增阳.中国乡村振兴水平的时空演化及影响因素[J].统计与决策,2025,41(10):108-113.
Du Y N, Xu Z Y. Spatiotemporal evolution and influencing factors of China's rural revitalization level[J]. Statistics and Decision, 2025,41(10):108-113.

[25] 徐振华,慈福义,张佳文.数字乡村与绿色乡村协同发展的时空特征及影响因素[J].资源科学,2025,47(6):1263-1277.
Xu Z H, Ci F Y, Zhang J W. Spatiotemporal characteristics and influencing factors of synergistic development of digital and green villages [J]. Resources Science, 2025,47(6):1263-1277.

[26] 程晨,陈丹玲.长江经济带数字经济与高质量发展耦合协调关系及其影响因素研究[J].湖北社会科学,2025(5):92-101.
Cheng C, Chen D L. The coupling coordination between digital economy and high-quality development in the Yangtze River Economic Belt[J]. Hubei Social Sciences, 2025(5):92-101.

[27] 陈磊,邱茹梦,李川.成都平原耕地非粮化时空演变特征及驱动因素[J].热带地理,2023,43(12):2406-2417.
Chen L, Qiu R M, Li C. Spatiotemporal characteristics of non-grain production of cultivated land and its driving factors in Chengdu Plain [J]. Tropical Geography, 2023,43(12):2406-2417.

[28] 陈磊,孙佳新,姜海,等.南京市土地利用结构时空格局及驱动因素[J].水土保持研究,2020,27(1):197-206.
Chen L, Sun J X, Jiang H, et al. Spatiotemporal pattern and driving factors of land use structure in Nanjing City [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2020,27(1):197-206.

[29] 吕承超,崔悦.乡村振兴发展:指标评价体系、地区差距与空间极化[J].农业经济问题,2021(5):20-32.
Lv C C, Cui Y. Rural vitalization and development: Evaluation index system, regional disparity and spatial polarization[J]. Issues in Agricultural Economy, 2021(5):20-32.

[30] 向书坚,姚敏.乡村振兴与国内大循环的时空耦合及影响因素分析[J].统计与决策,2025,41(16):37-42.
Xiang S J, Yao M. Spatiotemporal coupling of rural revitalization and domestic circulation and its influencing factors [J]. Statistics and Decision, 2025, 41(16): 37-42.