



汪振,刘滨,朱家仪.数字经济对中国粮食体系韧性的影响[J].中国农业大学学报,2024,29(11):261-275.

WANG Zhen, LIU Bin, ZHU Jiayi. Effects of the digital economy on China's food system resilience[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(11): 261-275.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.11.25

数字经济对中国粮食体系韧性的影响

汪振^{1,2} 刘滨^{1,3*} 朱家仪⁴

(1. 江西农业大学 经济管理学院, 南昌 330045;

2. 四川农业大学 经济学院, 成都 611130;

3. 江西省农村发展研究中心, 南昌 330045;

4. 江西财经大学 会计学院, 南昌 330013)

摘要 为探究数字经济对粮食体系韧性的影响、内在逻辑和空间效应。本研究基于2012—2022年中国省域面板数据,利用双向固定效应模型、中介效应模型和空间计量模型实证检验了数字经济赋能粮食体系韧性的直接效应、作用机制与空间溢出效应。结果表明,当前中国省域粮食体系韧性在时序上呈逐年增长态势,在空间上则呈区域分异特征;数字经济对粮食体系韧性水平提升有显著促进作用,且资源配置在此过程中发挥了中介效应;数字经济对粮食体系韧性具有显著正向空间溢出效应,即数字经济能提升本地区与邻近地区的粮食体系韧性。据此提出,加快建设数字经济,提升粮食体系韧性;优化资源配置,促进产业提质增效;推动区域联动发展,筑牢粮食安全根基等政策建议。

关键词 粮食体系韧性;数字经济;资源配置;中介效应;空间溢出效应

中图分类号 F326.11

文章编号 1007-4333(2024)11-0261-15

文献标志码 A

Effects of the digital economy on China's food system resilience

WANG Zhen^{1,2}, LIU Bin^{1,3*}, ZHU Jiayi⁴

(1. School of Economics and Management, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China;

2. School of Economics, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;

3. Jiangxi Rural Development Research Center, Nanchang 330045, China;

4. School of Accounting, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China)

Abstract To explore the impact of digital economy on food system resilience and its internal logic and spatial effect, a panel dataset from 2012 to 2022 across Chinese provinces is utilized in this study. A two-way fixed effects model, mediation effect model, and spatial econometric model are employed to empirically examine the direct effects, mechanisms of action, and spatial spillover effects of the digital economy on the resilience of food systems. The results indicate that: The resilience of food systems at the provincial level in China currently exhibits an annual growth trend over time and demonstrates regional heterogeneity in space. The digital economy has significantly contributed to the enhancement of food system resilience levels, with resource allocation playing a mediating role in this process. Moreover, the digital economy exerts a significant positive spatial spillover effect on food system resilience, meaning that it

收稿日期: 2023-12-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(71303100);江西省研究生创新专项资金项目(YC2022-s415)

第一作者: 汪振(ORCID:0009-0003-5168-4684),博士研究生,E-mail:18870478773@163.com

通讯作者: 刘滨(ORCID:0009-0003-4122-4406),教授,博士生导师,主要从事农林经济理论与政策研究,E-mail:liubin@jxau.edu.cn

can improve both local and neighboring regions' resilience of food systems. Based on these findings, policy recommendations include accelerating the construction of digital economy, enhancing the resilience of food system, and optimizing resource allocation are put forward to enhance industry quality and efficiency, and foster collaborative regional development to solidify the foundations of food security.

Keywords food systems resilience; digital economy; resource allocation; mediating effect; spatial spillover effect

粮食安全是“国之大者”，是关系经济发展和社会稳定的全局性重大战略问题，也是国家安全的重要基础。自2015年中国粮食总产量跃上6.5亿t新台阶后，一直在此高位水平上持续增长并在2023年再创新高，超过了6.9亿t，用占世界不到10%的耕地养育了近20%的世界人口，有力地回答了“谁来养活中国”问题^[1]。尽管中国粮食综合生产效能不断提升，但在国内耕地、淡水等资源短缺和国际地缘政治冲突、全球经济放缓等的多重约束下，如何赓续保障中国粮食安全是亟待解决的问题^[2]。在此背景下，联合国《2023年世界粮食安全和营养状况》报告指出，要加强韧性建设，应对粮食危机；2023年中央一号文件也提出，强国必先强农……要建设产业韧性强的农业强国。由此可见，面对全球气候变化、市场波动和地缘政治紧张等不确定因素，增强粮食体系韧性已成确保国家粮食安全的关键策略。但粮食产业具有天然弱质属性，其资源效率普遍较低，单纯依靠自身难以实现韧性的有效提升。近年来，数字经济凭借大数据、云计算、人工智能等为核心的数字技术逐渐渗透到国民经济和社会发展各领域，其与农业的深度融合为提升粮食体系韧性提供了新的机遇和挑战。一方面，随着“虚拟”产业园、智能制造和平台经济等数字经济新业态向农村地区扩张，其与粮食产业融合有助于促进粮食产业转型升级，提升粮食的生产效率和风险管控能力等，推动粮食体系现代化进程，使“数字红利”得以惠及粮食产业发展；但另一方面，地区间获取数字技术的差异将导致资源分配不均，落后和资源匮乏地区无法充分发挥数字经济作用，从而加剧“数字鸿沟”，成为制约粮食体系发展的新障碍^[3]。然而，无论“数字红利”还是“数字鸿沟”，本质都是驱动资源配置，差别在于是促进城乡资源双向流动还是加剧城市对农村的“虹吸效应”，所以，资源配置趋优是数字经济赋能粮食体系韧性的重要表现之一^[4]。那么，究竟数字经济对中国粮食体系韧性会产生何种影响？在此过程中是优化了资源配置还是加剧

了资源错配？探究数字经济对粮食体系韧性的影响和内在机制，对于保障国家粮食安全，进而全面推进乡村振兴具有重要的理论和现实意义。

与本研究主旨相关的文献主要有3类。第一类是粮食体系韧性指标体系构建，粮食体系韧性早期主要被认为是应对意外冲击（如自然灾害、金融和政治危机）的抵抗能力^[5]；也有学者提出粮食体系韧性还应具备系统预测并承受压力的适应能力^[6]；国内学者大多从抵抗力、适应力和变革力3个维度构建粮食体系韧性指标体系^[7]；此外，还有学者就粮食生产韧性^[8]、农业经济韧性^[9]、粮食安全韧性^[10]等方面展开研究，为本研究提供了重要借鉴意义。第二类是数字经济与粮食体系韧性的研究，部分学者认为数字乡村建设^[7]、数字普惠金融^[11]和数字金融^[12]等是提升粮食体系韧性的关键因素；同时，也有部分学者认为数字经济是赋能粮食产业高质量发展^[13]、粮食供应链韧性^[14]、粮食安全能力^[15]等的核心要素，由此可见，推动数字经济发展从而赋能粮食体系韧性水平提升可能具有重要潜力。第三类是资源配置的作用路径研究，现有研究主要从资金要素、劳动力要素等几个方面涉及了资源配置在数字经济赋能粮食体系韧性中的作用。在资金资源方面，数字金融能够缓解融资约束问题，从而通过助力粮食产业链延伸，促进绿色生产技术扩散，激发主体创新意识等提升粮食体系韧性^[12]；在劳动力资源方面，数字经济通过在线教育、技术培训及劳动市场透明化等方式，直接提升了农村人力资本水平，为粮食产业发展提供内生动力^[16]；此外，还有学者认为数字经济通过实现生产要素在供求主体间的精准匹配，从而推动粮食产业高质量发展^[17]。

通过文献梳理发现，已有研究为本研究提供了有益借鉴，但仍存在以下不足：当前中国高度重视发展数字经济并取得显著成效，数字经济对产业高质量发展的支撑赋能作用日益凸显，然而关于数字经济与粮食体系韧性的研究尚不多见，且鲜有研究将资源配置纳入其中以探讨三者之间的内在关联。

因此,本研究通过构建“数字经济—资源配置—粮食体系韧性”理论分析框架,探究中国粮食体系韧性的时空特征、影响效应、内在机制及空间溢出效应。通过分析上述内容,继而提出对策建议,以期为推动数字化与粮食产业协同发展,提升粮食体系韧性提供理论支持。

1 理论分析与研究假设

1.1 粮食体系韧性的理论内涵

在韧性方面,韧性一词最初是物理学领域用来描述材料在外力作用下形变之后的复原能力,随后该概念被 Holling^[18]用以描述生态系统在面对干扰后恢复其结构和功能的能力,此后被广泛应用到各学科领域。韧性概念在不同的领域和背景下有着不同的理解,但通常都围绕着一个核心概念:即一个系统在面对压力或冲击时,能够保持或恢复其关键功能和结构的能力,包括抵抗、吸收、适应和恢复等方面^[19]。在粮食体系方面,国内外关于粮食概念存在一定差异,这种差异也体现在粮食安全上。与国外粮食安全侧重于个人及家庭对食物的获取能力不同,中国更侧重于保障国内粮食供给数量充足和质量安全,因而,国外粮食体系通常被视为一个包含生产、加工、储存、流通与消费等多个环节的复杂网络,而国内粮食体系概念更侧重于粮食的生产和供应安全方面^[20]。因此,本研究的粮食体系韧性是基于国内外差异并立足中国实际,主要涉及粮食稳产供给而言的。本研究将粮食体系韧性界定为粮食体系在面对内外部冲击时,能够维持或迅速恢复稳定供应、保证粮食质量安全,并具备适应性和变革能力以持续满足人民群众的粮食需求的能力,具体包括抵抗能力、适应能力和变革能力。其中,抵抗能力是指在遭受自然灾害、市场波动等不利因素影响时,能够减轻损害并保持基本功能的能力;适应能力是指粮食体系能够根据环境变化和社会需求的演进,迅速作出适应性调整,持续提供适宜的粮食产品和服务的能力;变革能力是指粮食体系在面临长期挑战和结构性问题时,能够进行根本性改革和创新,实现转型升级,以适应新的发展要求的能力^[21]。

1.2 数字经济对粮食体系韧性的直接效应

网络经济学理论认为数据网络是一种生产力,市场行为中的信息获取、决策实施和交易行为均离

不开数据网络,尤其是数字经济时代,粮食生产经营活动网络化趋势愈发明显。数字经济以其网络化、高渗透性、可持续性为特征,通过融合替代效应、信息协同效应和创新创造效应提升粮食体系韧性水平^[22]。1)融合替代效应。首先,随着城镇化的推进,粮食生产面临因农业劳动力流失引致耕地撂荒而产生“资源短缺”和“资源闲置”的双重困境,而与传统的劳动力、耕地等资源要素不同,数字经济以数据为核心生产要素,通过对低效率的生产要素进行替代,增加要素投入的同时也促进了资源的有效利用;其次,数字经济和粮食产业的深度渗透融合能有效赋能粮食产业数字化转型升级,提高粮食产业要素价值,从而增强粮食体系抵抗能力。2)信息协同效应。数字经济以网络化为特征,通过互联网实现信息的广泛传播和数据的深度挖掘,有效治理“数据孤岛”并打通数据壁垒,消除信息不对称和外部性问题,使得粮食生产经营者均可根据自身资源实现跨区域甚至跨行业的协同配置,从而推动粮食生产、加工、流通和销售等各环节的“去中心化”进程,全面延伸粮食产业链、优化资源配置,提升粮食体系的适应能力。3)创新创造效应。数字经济发展开启了新一轮产业革命,不仅重塑了旧有的组织结构,还催生出新业态、新模式,从而促进就业结构转型、改善就业市场生态,为粮食体系创造了大量新的就业岗位,产生显著的创造效应;同时,数字经济还会诱发消费者产品多元化需求,促使生产经营者不断改革创新以适应市场变化,进而为粮食体系变革注入新动力。据此,提出假设:

H1:数字经济发展有助于粮食体系韧性提升。

1.3 数字经济提升粮食体系韧性的传导机制

资源配置理论强调在有限资源和无限需求的条件下,通过市场机制实现资源的有效分配,而数字经济基于大数据分析和人工智能等数字技术应用,引导资源在市场供需之间精准配置,从而实现资源向更高价值领域流动。数字经济优化资源配置主要体现在集聚效应、协同效应和长尾效应3个方面^[23-24]。1)集聚效应。由于数字经济的开放性和全球化特征,资源能够跨越地理界限自由流动,使得劳动力和资金资源趋向更具创新优势、市场潜力和政策支持的区域,产生规模经济效应,从而降低生产成本,提高资源利用效率。2)协同效应。数字经济加快了信息传播与资源共享,使得不同产业、

企业和个体之间紧密联结,形成协同网络,共同抵御风险和冲击,从而实现劳动力和资金资源的优化组合和高效利用。3)长尾效应。由于数字经济使得储存和流通成本降低及个性化需求增加,市场上存在大量的小众需求和长尾产品,这些产品具有巨大的市场潜力,为满足多元化产品需求,劳动力和资金资源趋向灵活化的方向配置,从而实现了资源优化配置。

复杂适应系统理论认为产业体系被看作是由众多相互作用的个体组成的复杂系统,必须在动态和不确定的环境中灵活地配置资源以保持其韧性。优化劳动力和资金资源配置能提升粮食体系韧性,通过合理分配人力以强化关键环节,确保生产高效稳定;同时,资金支持保障各环节顺畅运作,降低风险,增强粮食供应的韧性和安全性^[25-26]。1)资金资源优化配置与粮食体系韧性。粮食体系的韧性不仅体现在对短期冲击的抵御上,更在于长期稳定发展的能力,资金资源的优化配置在其中起到核心作用。一方面,通过资金精准投入,有利于强化粮食生产物质基础,从而提高其对抗自然风险的能力;另一方面,资金资源合理配置能够推动农业科技创新,促使粮食生产向更加高效、绿色的方向转变,增强粮食体系对气候变化等因素的适应性;此外,资金还能够引导粮食产业结构的调整,鼓励农民种植更具市场潜力的粮食作物,从而提升粮食体系的变革能力和持续发展能力。2)劳动力资源优化配置与粮食体系韧性。一方面,劳动力的技能培训可以增强粮食生产经营者对先进技术的采纳与应用,从而推动农业生产方式的现代化;另一方面,通过引入城市优质资源改善了农村人力资本发展条件,提升了农民消费能力和生活品质,为粮食市场稳定供应提供了保障,增强了对消费端变化的适应能力;此外,劳动力资源的优化配置还有助于解决农村教育、医疗等社会问题,提高农民的整体素质和福祉,进一步增强粮食体系的稳定性和可持续性。据此,提出假设:

H2:资金、劳动力资源配置在数字经济赋能粮食体系韧性提升过程中发挥传导作用。

1.4 数字经济对粮食体系韧性的空间溢出效应

新经济地理学理论认为,知识溢出、技术溢出等均是有方向、有范围的溢出,经济活动最终将沿空间均匀分布^[27]。因此,数字经济对粮食体系韧性

的影响不仅局限于单个城市或地区,而是通过空间传播,对邻近地区产生影响,从而形成空间上的影响效应。具体而言,数字经济依托数字化平台高渗透性和网络联通性优势,在信息通信技术的驱动下,极大地减少信息不对称和突破地区约束,助推资源要素在地区间自由流动,实现土地、资金、劳动力和技术等要素跨区域实现“帕累托最优”状态。同时,数字经济为粮食产业生产经营者提供了在线平台,实现了粮食产业线上和线下联动发展的“双轨驱动”机制,降低了生产经营主体获取信息的难度和成本,从而提升生产效率,进而培育粮食体系应对冲击的韧性能力。此外,特别是粮食生产领域,邻近地区气候、水等资源禀赋条件相似,市场间的作用和产品竞争替代效应更强,技术交流和信息获取也更为便利,为取得更高竞争地位,会积极吸纳周边地区的优良做法,促进不同地区之间的协同发展,随之带来粮食质量情况的改善,有利于增强粮食体系韧性^[9]。据此提出假设

H3:数字经济赋能粮食体系韧性的影响具有正向空间溢出效应。

2 模型构建、变量选取与数据来源

2.1 模型构建

2.1.1 基准回归模型

为验证数字经济赋能粮食体系韧性的影响效应,构建如下基准回归模型:

$$FSR_{it} = \alpha_0 + cDig_{it} + \beta \sum Control_{it} + \mu_i + \pi_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

式中:FSR_{it}和Dig_{it}分别为省份*i*在时间*t*的粮食体系韧性和数字经济水平; $\sum Control$ 为一组控制变量; α_0 为常数项;*c*与 β 分别为对应变量的相关系数; μ_i 与 π_t 分别为省份和年份固定效应; ϵ_{it} 为随机误差项。

2.1.2 中介效应模型

为进一步探究资源配置在数字经济赋能粮食体系韧性影响中发挥的作用机制,借鉴江艇^[28]的相关研究,构建如下中介效应模型:

$$Mismatch_{it} = \alpha_1 + aDig_{it} + \gamma \sum Control_{it} + \mu_i + \pi_t + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$FSR_{it} = \alpha_2 + c'Dig_{it} + bMismatch_{it} + \delta \sum Control_{it} + \mu_i + \pi_t + \epsilon_{it} \quad (3)$$

式(2)和(3)中:Mismatch_{it}为省份*i*在时间*t*的资源错配程度,根据前述理论分析,资源错配又可分为劳动力资源错配和资金资源错配;*a*、*c'*、*b*、 γ 、 δ 为对

应变量的相关系数;其余与式(1)一致。

2.1.3 空间计量模型

1)空间自相关。度量空间自相关的方法最为流行的是全局“莫兰指数 I ”,莫兰指数 I 取值为 $[-1,1]$,大于0表示正相关,即高一高相邻、低—低相邻;反之,则高一低相邻;如果接近0,则表明空间分布随机,不存在空间自相关。公式如下:

$$I=\frac{\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^nW_{ij}(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}{S^2\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^nW_{ij}}\quad(4)$$

式中: $S^2=\frac{\sum_{i=1}^n(x_i-\bar{x})^2}{n}$ 为样本方差; W_{ij} 为空间权重矩阵; $\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^nW_{ij}$ 为所有空间权重之和,本研究选用空间邻近矩阵; x_i 和 x_j 分别表示 i 和 j 省份各指标值。

2)空间杜宾模型。为探究数字经济与粮食体系韧性的空间溢出效应,建立空间杜宾模型如下:

$$\begin{aligned} \text{FSR}_{it} &= \theta_0 + \lambda \text{WFSR}_{it} + \delta_1 \text{Dig}_{it} + \theta_1 \text{WDig}_{it} + \\ &\delta_i \sum \text{Control}_{it} + \theta_i \text{W} \sum \text{Control}_{it} + \mu_i + \pi_t + \varepsilon_{it} \end{aligned}\quad(5)$$

式中: λ 为粮食体系韧性的空间相关系数; $W(\cdot)$ 为空间滞后变量; δ 与 θ 为各变量系数;其余与式(1)一致。

2.2 变量选取

2.2.1 被解释变量:粮食体系韧性(FSR)

根据前述理论分析并参考相关文献^[20],从抵抗能力、适应能力和变革能力3个维度,选取17个指标构建粮食体系韧性指标体系(表1)。同时,为避免各指标量纲不一致引起的测算偏差,借鉴朱喜安等^[29]的研究,本研究采用熵值法对各指标进行标准化处理,通过客观赋权对粮食体系韧性加以测度,

表 1 粮食体系韧性指标体系
Table 1 Index system of food system resilience

一级指标 Primary index	二级指标 Secondary index	指标计算方法及单位 Index calculation method and unit	属性 Property	权重 Weight
抵抗能力 Capacity for resist	人均耕地面积	粮食播种面积/乡村人口, hm ² /人	+	0.052
	粮食商品零售价格指数	粮食类商品零售价格指数, %	+	0.010
	单位面积粮食产量	粮食总产量/粮食播种面积, kg/hm ²	+	0.018
	粮食劳动生产率	农业总产值/乡村总人口, 万元/人	+	0.036
	粮食土地生产率	农业总产值/粮食播种面积, 万元/hm ²	+	0.051
	粮食生产价格指数	种植业生产价格指数, %	+	0.007
适应能力 Capacity for capacity	农村路网通达性	农村公路通路里程, 万 km	+	0.080
	农村信息化水平	农村宽带接入用户数, 户	+	0.067
	农膜使用	农膜使用量/粮食播种面积, kg/hm ²	—	0.006
	化肥使用	化肥折纯量/粮食播种面积, kg/hm ²	—	0.006
	农药使用	农药使用量/粮食播种面积, kg/hm ²	—	0.003
	农村人均用电量	农村用电量/乡村人口, (kW·h)/人	+	0.160
	进出口依存度	农产品进出口总额/农业总产值×100, %	+	0.248
变革能力 Capacity for change	机械化水平	农业机械总动力/粮食播种面积, 万 W/hm ²	+	0.027
	农业科技专利数	农业科技专利数, 件	+	0.057
	粮食财政科研支出	地方财政科学技术支出×粮食播种面积/ 行政区划面积, 亿元	+	0.111
	粮油工业总产值	粮油工业总产值, 亿元	+	0.061

最终整合为一项综合指数。

2.2.2 核心解释变量:数字经济水平(Dig)

数字经济是以数字技术为基础,通过数字载体实现信息的存储、处理和传播,进而推动经济活动的一种新经济形态,涵盖了数字载体、数字产业化、产业数字化和数字创新能力等几个方面。数字载体维度重点关注信息的数字化存储、传输和处理方式,包括互联网宽带、移动电话和基础设施建设等;

数字产业化维度衡量数字产业结构特征,包括数字产业产值比重、就业贡献等;产业数字化评价各主体数字技术渗透情况,包括数字普惠金融、电子商务等;数字创新能力强调企业和经济体在数字技术领域的研发和应用创新能力,涉及专利数量、研发投入、技术转化等^[30]。据此,本研究共选取20个指标进行测度(表2)。同样,在测度数字经济水平综合指数时,熵值法步骤与测度粮食体系韧性指数时一致。

表2 数字经济指标体系
Table 2 Index system of digital economy

一级指标 Primary index	权重 Weight	指标计算方法及单位 Index calculation method and unit	属性 Property	权重 Weight
数字载体 Digital carrier	0.236	互联网宽带接入端口数,万个	+	0.104
		互联网宽带接入用户数,万户	+	0.113
		域名数,个	+	0.237
		移动电话基站密度,个/km ²	+	0.277
		移动电话普及率,部/百人	+	0.044
		单位面积长途光缆长度,km/hm ²	+	0.224
数字产业化 Digital industrialization	0.254	软件业务收入占GDP比重, %	+	0.283
		信息技术服务收入占GDP比重, %	+	0.323
		信息服务业从业人数,万人	+	0.226
		电信业务总量占GDP比重, %	+	0.168
产业数字化 Industrial digitization	0.113	电子商务交易活动企业比例, %	+	0.123
		企业电子商务占GDP比重, %	+	0.394
		企业每百人使用计算机数,个	+	0.253
		每百家企业拥有网站数,个	+	0.066
		数字普惠金融指数	+	0.164
数字创新能力 Digital innovation capability	0.397	规模以上工业企业R&D人员折合全时当量,人/年	+	0.182
		规模以上工业企业R&D经费支出,万元	+	0.168
		规模以上工业企业R&D项目数,项	+	0.199
		技术合同成交总额,万元	+	0.255
		专利申请授权数,件	+	0.196

2.2.3 中介变量:劳动力错配(LM)和资金错配(FM)

本研究通过计算各省资源错配指数以衡量资源配置效率^①。借鉴季书涵等^[31]和李光勤等^[32]的做

法,通过构建规模报酬不变的C-D生产函数的形式计算资本错配指数(FM)和劳动力错配指数(LM)。值得一提的是,产出变量用农业总产值表示,劳动力投入量用第一产业从业人员表示,资金投入量用

①考虑到篇幅限制,对资源错配具体推导过程不做详细介绍,可参考相关文献。

农业固定资产投入表示,投资价格指数参考雷绍海等的做法^[33],用农业生产资料价格指数来代理农业投资价格指数,若指数大于1,说明地区资源配置过剩,反之则表示地区资源配置不足。

2.2.4 控制变量

为更准确估计数字经济对粮食体系韧性的影响,参考相关文献选取以下对粮食体系韧性可能有影响的控制变量,包括:水土流失治理(SEC),水土流失治理面积与地区行政区划面积之比,水土流失治理有利于改善粮食生产条件,控制地区生态环境;经济发展水平(EDL),人均地区生产总值对数形式,数值越高代表粮食产业发展的物质条件越好;财政支农力度(SUP),财政对农林牧渔业的支

出对数形式,财政补贴意味着粮食生产经营者有更多资金实现数字化变革以及加大粮食体系投入,进而影响粮食体系韧性;产业结构(STR),采用第二产业和第三产业增加值之和与地区生产总值之比,该比重上升可能有利于完善粮食产业链,进而影响粮食体系韧性^[7]。

2.3 数据来源

考虑到数据的可获得性,本研究以2012—2022年中国30个省份(统计数据未含西藏和港澳台地区,下同)为研究对象,数据主要来源于《中国农村统计年鉴》^[34]《中国统计年鉴》^[35]、EPS数据库及各省市相应年份的统计年鉴和统计公报,对于部分缺失值采用线性插值法增补(表3)。

表3 变量描述性统计

Table 3 Descriptive statistics of variables

变量 Variable	符号 Symbol	平均值 Mean	标准误 SD	最小值 Min	最大值 Max
粮食体系韧性 Food system resilience	FSR	0.141	0.064	0.056	0.423
数字经济 Digital economy	Dig	0.127	0.100	0.016	0.585
数字载体 Digital carrier	DC	0.137	0.110	0.014	0.598
数字产业化 Digital industrialization	DI	0.106	0.095	0.012	0.667
产业数字化 Industrial digitization	ID	0.288	0.138	0.063	0.936
数字创新能力 Digital innovation capability	IC	0.102	0.131	0.001	0.846
劳动力错配 Labor mismatch	LM	1.450	2.989	0.001	21.914
资金错配 Fund mismatch	FM	0.707	1.513	0.001	25.865
水土流失治理 Soil erosion control	SEC	22.053	14.206	0.000	60.360
经济发展水平 Economic development level	EDL	10.908	0.445	9.849	12.156
财政支农力度 Fiscal support for agriculture	SUP	6.261	0.558	4.615	7.215
产业结构 Industrial structure	STR	0.903	0.053	0.747	0.998

3 实证结果与分析

3.1 粮食体系韧性的时空特征分析

本研究通过绘制核密度估计图以考察中国粮食体系韧性的时空特征。由图1可知:从时序特征看,核密度曲线中心逐年向右移动,说明中国粮食体系韧性逐年提升,粮食安全得到有效保障;从空间特征看,核密度曲线峰值逐年向下移动,说明各地区粮食

体系韧性水平较为分散,呈现空间差异特征;此外,各曲线出现明显“右拖尾”特征,说明考察期内粮食体系韧性表现为单极化现象,高韧性水平地区占比较少。整体而言,近年来,中国粮食体系韧性取得了稳步提升,但各地区韧性水平仍存在差异,且高韧性水平地区占比偏低,中国粮食体系韧性有待加强。

3.2 基准回归结果分析

进行实证分析前,需先进行多重共线性诊断,

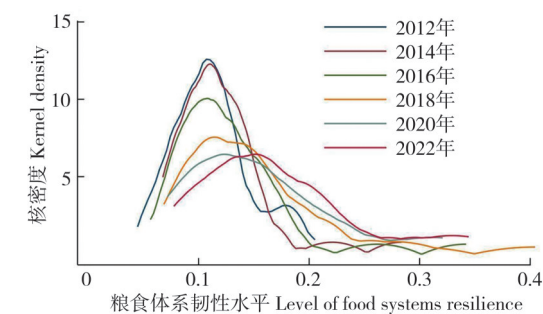


图 1 中国粮食体系韧性的时空特征

Fig. 1 Spatial and temporal characteristics of China's food system resilience

结果表明 Max-VIF 为 3.20,小于10的临界值,故各变量不存在多重共线性。随后,利用基准回归模型探究数字经济对粮食体系韧性的影响,结果见表4。结果显示,无论是否引入控制变量,数字经济对粮食体系韧性均通过了1%水平上的正向显著性检验;同时,无论是否引入控制变量,数字载体、数字产业化和数字创新能力对粮食体系韧性均通过了正向检验,且分别在5%、10%和1%水平上显著。结果说明,一方面,数字经济时代的到来,为粮食体系注入了强大韧性,使其在面对环境变化时具备保

表 4 基准回归结果

Table 4 Baseline regression result

变量 Variable	模型 1 Model 1	模型 2 Model 2	模型 3 Model 3	模型 4 Model 4
数字经济 Digital economy	0.216*** (0.043)	0.216*** (0.044)		
数字载体 Digital carrier			0.091** (0.040)	0.089** (0.041)
数字产业化 Digital industrialization			0.074* (0.038)	0.076* (0.040)
产业数字化 Industrial digitization			−0.009 (0.013)	−0.010 (0.013)
数字创新能力 Digital innovation capability			0.096*** (0.027)	0.096*** (0.028)
水土流失治理 Soil erosion control		0.000 (0.000)		0.000 (0.000)
经济发展水平 Economic development level		0.026* (0.016)		0.027* (0.017)
财政支农力度 Fiscal support for agriculture		0.013** (0.004)		0.012* (0.007)
产业结构 Industrial structure		−0.012 (0.160)		−0.042 (0.175)
年份 Year	固定	固定	固定	固定
省份 Province	固定	固定	固定	固定
样本量 Sample size	330	330	330	330
R ²	0.908	0.908	0.910	0.911

注:括号内为稳健标准误,***、**和*分别表示在1%、5%和10%水平上显著,下同。模型1和2分别为不引入和引入控制变量的数字经济对粮食体系韧性回归结果,模型3和4分别为不引入和引入控制变量数字经济各维度对粮食体系韧性的回归结果。

Note: Robust standard error in brackets. ***, ** and * indicate significant at 1%, 5%, and 10% levels, respectively. The same below. Models 1 and 2 respectively show the regression results of digital economy on food system resilience without introducing or introducing control variables, and Models 3 and 4 show the regression results of various dimensions of digital economy on food system resilience without introducing or introducing control variables.

持稳定并持续发展的能力。另一方面,数字经济主要依靠数字载体、数字产业化水平和数字创新能力以提高粮食体系韧性水平,可能的原因是,从抵抗能力看,数字载体为粮食从业者提供了实时、准确的数据支持,有利于及时发现并解决潜在的风险和问题,实现了对风险的精准识别和有效防控,从而降低了粮食体系的不确定性;从适应能力看,数字产业化有利于推动粮食产业链整合优化,实现对市场需求的快速响应与动态调整,从而提高粮食体系的环境适应性;从变革能力看,数字创新能力有助于粮食体系加快技术进步进程,不仅提高了粮食体系的效率和质量,还为粮食体系的可持续发展提供了新动能。因此,数字经济中的数字载体、数字产业化和数字创新能力通过提升粮食体系的风险抵抗能力、适应调整能力以及创新转型能力,共同推动了粮食体系韧性的提升。然而,在数字经济中,尽管产业数字化发展迅速,但其对粮食体系韧性的赋能作用尚不显著,可能是企业数字化程度参差不齐引致,部分粮食企业尤其是小型和中型企业在数字化转型方面进展较缓,囿于缺乏充足的要素投

入,数字技术应用与数字化实施策略仍不够深入,引致赋能韧性的功能发挥不足^[12]。

3.3 稳健性检验

3.3.1 调整样本周期

2020 年新冠疫情对数字经济发展和粮食体系均存在较大影响,为排除这一重大环境变化的影响,将样本周期调整为 2012—2019 年,回归结果见模型 5。结果显示,调整样本周期后数字经济对粮食体系韧性仍通过了 1% 水平上的正向显著性检验。

3.3.2 替换变量

在前述测度综合指数时采用的是熵值法,而 CRITIC 法和熵值法均为客观赋权方法,且 CRITIC 法避免了处理多指标综合评价时出现的权重问题,还考虑了关联性对指标权重的影响,因而被广泛使用^[36]。利用该方法重新测度数字经济和粮食体系韧性水平,回归结果见表 5 模型 6,表明采用 CRITIC 法替换数字经济和粮食体系韧性后,新的数字经济对粮食体系韧性估计结果仍通过了 5% 水平上的正向显著性检验。

表 5 稳健性检验
Table 5 Robustness test

变量 Variable	模型 5: 调整样本期 Model 5: Adjust sample period	模型 6: 粮食体系韧性 (CRITIC 法) Model 6: FSR#	模型 7: 混合效应 Model 7: Mixed effect	模型 8: 随机效应 Model 8: Random effects	模型 9: 缩尾处理 Model 9: Tailgating
数字经济 Dig	0.305*** (0.045)		0.233*** (0.061)	0.292** (0.125)	0.190*** (0.047)
数字经济(CRITIC 法) Dig#		0.181** (0.084)			
控制变量 Control variables	控制	控制	控制	控制	控制
年份 Year	固定	固定			固定
省份 Province	固定	固定			固定
样本量 Sample size	240	330	330	330	330
R ²	0.918	0.865	0.525	0.717	0.920

注:FSR#与 Dig#分别为用 CRITIC 法测算粮食体系韧性和数字经济的新变量名称。
Note: FSR# and Dig# are new variable names for measuring food system resilience and digital economy by CRITIC method, respectively.

3.3.3 更换模型

前述基准回归采用的是年份和省份固定效应模型,本研究还通过采用混合效应模型和随机效应

模型两种方法进行回归估计,将估计结果与基准回归结果对比作为稳健性检验的依据,结果见模型 7 和 8。结果显示,无论是采用混合效应模型还是随

机效应模型,回归结果与模型2结果差异不大。

3.3.4 改变样本容量

为减少极端值对基准回归结果准确性的潜在影响,本研究对数字经济指数和粮食体系韧性指数的样本数据执行了前后各5%的缩尾处理,并据此重新进行回归,回归结果见模型9。缩尾处理后,粮食体系韧性的回归估计系数依然在1%的水平上正向显著。通过实施前述四种稳健性检验方法,从而证明了基准回归结果的稳健性。

3.4 内生性检验

一般而言,粮食体系韧性高的地区其数字基础设施也较为发达,从而数字经济发展具有一定的“先发优势”,这意味着数字经济与粮食体系韧性之间可能存在互为因果关系,无法真正识别粮食体系韧性的提升是否由数字经济发展导致。为此,本研究采用面板工具变量法处理内生性问题。借鉴黄群慧等^[37]和易恩文等^[4]的做法,使用滞后一期的互联网普及率(2011—2021年)分别与1998年固定电话年末用户数和邮电业务总量的交乘项作为当期数字经济的工具变量。

本研究工具变量选择遵循以下考量:首先,互联网技术的广泛应用是数字经济发展的关键前提,

而且,互联网技术的起源可追溯至固定电话的普及,固定电话普及率较高的地区往往也是数字经济较为发达的区域,因此可以推测数字经济的进步与固定电话普及率密切相关;其次,邮局作为负责固定电话铺设的主要机构,其运营状况与数字经济的发展亦关系密切。具体而言,一方面,数字经济的核心动力源于互联网进步,而互联网技术是固定电话普及后的延伸,表明固定电话普及是数字经济基础设施建设的重要组成部分,满足相关性要求;另一方面,随着现代通信技术的迅速发展,传统通信工具如固定电话对当前粮食体系韧性的贡献已微乎其微,满足排他性要求。需要指出的是,本研究所使用的1998年固定电话年末数(IV1)和1998年邮电业务量(IV2)为横截面数据,而样本数据为均衡面板数据,不能直接应用固定效应模型检验,本研究采用滞后一期的互联网普及率与上述两个变量的交互项形成面板数据,作为当期数字经济的工具变量,结果如表6所示。模型10表明工具变量均对数字经济通过了1%的水平上显著性检验,证实了工具变量满足相生性条件;弱工具变量检验显示F统计量为36.076,大于10的临界值,因而不存在弱工具变量问题;过度识别检验P值为(0.410),表

表6 内生性检验结果
Table 6 Results of endogeneity test

变量 Variable	模型10:数字经济 Model 10: Digital economy	模型11:粮食体系韧性 Model 11: Food system resilience
工具变量1 IV1	−0.001*** (0.000)	
工具变量2 IV2	0.007*** (0.001)	
数字经济 Digital economy		0.254*** (0.041)
控制变量 Control variables	控制	控制
年份 Year	固定	固定
省份 Province	固定	固定
弱工具变量检验 Weak instruments test	F=36.076	
过度识别检验 Overidentification test	0.679(P=0.410)	
样本量 Sample size	330	330
R ²	0.904	0.908

明工具变量通过了外生性假设,证明了本研究工具变量的合理性。基于此,本研究认为,数字经济发展的确赋能了粮食体系韧性,即假设 H1 得到验证。

3.5 作用机制检验

为进一步检验资源配置在数字经济对粮食体系韧性影响中发挥的机制效应,利用中介效应模型进行验证,结果见表 7。在模型 12 和 13 中,数字经

济对劳动力错配和资金错配均通过了 1% 水平上的负向显著性检验,表明数字经济发展会缓解劳动力和资金错配程度;模型 14 中,引入数字经济变量后,数字经济对粮食体系韧性仍通过了 1% 水平上的正向显著性检验,劳动力和资金错配则分别通过了 10% 和 1% 水平上的负向显著性检验,表明资源错配会抑制粮食体系韧性水平提升。

表 7 中介效应模型检验结果
Table 7 Mediation effect model test results

变量 Variable	模型 12: 劳动力错配 Model 12: Labor mismatch	模型 13: 资金错配 Model 10: Fund mismatch	模型 14: 粮食体系韧性 Model 14: Food system resilience
数字经济 Digital economy	-9.296*** (3.813)	-6.107*** (2.150)	0.217*** (0.033)
劳动力错配 Labor mismatch			-0.004* (0.002)
资金错配 Fund mismatch			-0.006*** (0.001)
控制变量 Control variables	控制	控制	控制
年份 Year	固定	固定	固定
省份 Province	固定	固定	固定
样本量 Sample size	330	330	330
R ²	0.891	0.245	0.919

表 7 结果说明,数字经济能通过缓解劳动力和资金错配从而提升粮食体系韧性水平,即资源错配在“数字经济—资源错配—粮食体系韧性”的影响路径中发挥了传导作用,说明数字经济缓解了资源错配,进而加强了粮食体系韧性。可能的原因是,数字经济通过精确匹配劳动力和资金资源,有助于减少资源配置扭曲,实现粮食生产科学管理,降低物流损耗,减少加工成本和提高销售效益,提升资源利用效率;还有助于增强粮食体系面对风险和挑战时的适应性和恢复力,为粮食体系韧性提供新动能^[4]。据此,验证了假设 H2。

3.6 空间溢出效应分析

3.6.1 空间自相关检验

本研究采用全局莫兰指数(Moran's I)计算空间邻近矩阵下各省域数字经济与粮食体系韧性的空间相关性,结果见表 8。各年份数字经济和粮食体系韧性的全局莫兰指数均通过了正向显著性检

验,说明考察期内中国省域数字经济和粮食体系韧性具有明显的空间正相关性。此外,本研究还考察了相关年限的数字经济和粮食体系韧性莫兰散点图,发现大部分地区分布在高—高象限和低—低象限,说明数字经济与粮食体系韧性存在空间集聚现象,初步验证了两者的溢出效应。

3.6.2 空间溢出效应

在进行空间溢出效应分析之前,需确定选择何种空间计量模型,经 LM、LR 及 Hausman 检验结果显示,空间杜宾模型相较于空间滞后模型和空间误差模型更优。为对比检验结果,参考易恩文等^[4],同时汇报了空间杜宾模型(SDM)和空间自回归模型(SAR)的回归结果,见表 9。结果显示,数字经济对本地粮食体系韧性的影响(直接效应),本地数字经济对邻近地区粮食体系韧性的影响(间接效应)和总效应(直接效应与间接效应之和)均通过了正向的显著性检验。一方面,数字经济的发展可以促进

表8 空间自相关检验
Table 8 Spatial autocorrelation test

年份 Year	数字经济 Digital economy		粮食体系韧性 Food system resilience	
	Moran's I	Z值 Z value	Moran's I	Z值 Z value
2012	0.188 [*]	1.792	0.236 ^{**}	2.212
2013	0.194 [*]	1.884	0.237 ^{**}	2.407
2014	0.208 ^{**}	1.994	0.360 ^{***}	3.597
2015	0.220 ^{**}	2.091	0.327 ^{***}	3.106
2016	0.274 ^{**}	2.529	0.400 ^{***}	3.994
2017	0.325 ^{***}	2.961	0.402 ^{***}	3.879
2018	0.305 ^{***}	2.817	0.376 ^{***}	3.653
2019	0.268 ^{**}	2.519	0.376 ^{***}	3.565
2020	0.247 ^{**}	2.361	0.358 ^{***}	3.248
2021	0.186 [*]	1.856	0.322 ^{***}	2.955
2022	0.172 [*]	1.704	0.330 ^{***}	3.007

表9 空间溢出效应检验结果
Table 9 Test results of spatial spillover effect

变量 Variable	模型 15 空间杜宾模型 Model 15 Spatial Durbin model	模型 16 空间自回归模型 Model 16 Spatial Autoregression model
数字经济 Digital economy	0.162 ^{***} (0.029)	0.186 ^{***} (0.028)
空间滞后项 W×Dig	0.094 ^{**} (0.042)	
空间滞后系数 rho	0.215 ^{***} (0.076)	0.347 ^{***} (0.067)
误差 sigma ² _e	0.000 ^{***} (0.000)	0.000 ^{***} (0.000)
直接效应 Direct effect	0.170 ^{***} (0.030)	0.193 ^{***} (0.029)
间接效应 Indirect effect	0.158 ^{***} (0.044)	0.096 ^{***} (0.028)
总效应 Total effect	0.329 ^{***} (0.057)	0.289 ^{***} (0.049)
控制变量 Control variables	控制	控制
年份 Year	固定	固定
省份 Province	固定	固定
样本量 Sample size	330	330
within R ²	0.156	0.498

本地粮食产业链数字化转型,有助于粮食生产经营者精准地管理耕地与优化种粮结构等,同时能够促

进物流和供应链优化,降低粮食流通成本和风险,提高粮食体系韧性;另一方面,本地数字经济的发展

展能够吸引邻近地区的人才和资金等资源流入,促进数字技术的交流共享,同时还带动邻近地区的数字基础设施建设和数字产业化发展,进而提升邻近地区粮食体系韧性。据此,验证了假设 H3。

4 结论与政策建议

4.1 结论

本研究以 2012—2022 年中国 30 个省份面板数据为样本,通过“数字经济—资源配置—粮食体系韧性”理论分析框架,测算了中国数字经济与粮食体系韧性的发展水平并分析了中国粮食体系韧性的时空差异特征;利用双向固定效应模型检验了数字经济与数字经济各维度对粮食体系韧性的影响效应,并利用中介效应模型厘清了资源配置在数字经济对粮食体系韧性影响的机制效应;采用空间计量模型探究了数字经济对粮食体系韧性的空间溢出效应。研究结果表明:第一,当前中国粮食体系韧性在时序上呈现稳定增长态势,在空间上呈地区分异特征,且低水平地区占比较大,缩小地区差异,全面提升粮食体系韧性水平尤为重要;第二,数字经济对粮食体系韧性具有显著促进作用,这一结论在稳健性检验和考虑内生性后仍然成立,因此,数字经济赋能粮食体系韧性过程中,“数字红利”效应发挥了重要作用;第三,资源配置是数字经济赋能粮食体系韧性提升的内在机制,在数字经济驱动下,缓解了资源错配,从而盘活了劳动力和资金资源,进而提升粮食体系韧性水平;第四,数字经济对粮食体系韧性存在正向空间溢出效应,即数字经济发展对本地区粮食体系韧性水平有提升作用的同时对周边地区粮食体系韧性也存在显著正向影响。

4.2 政策建议

第一,加快建设数字经济,提升粮食体系韧性。一是夯实数字经济载体底座,补齐乡村数字化基础设施短板,重点支持乡村移动通信基站和终端设备的数字化改造,加快构建高速畅通、服务便捷的移动通信网络。二是加快数字产业化和产业数字化进程,挖掘数字技术应用潜力,提高数据信息的感知、采集、甄别和传输能力,打造粮食产业数字信息“高速公路”,实现粮食体系全过程的数字化管理,降低生产成本和风险,从而增强粮食体系的抵抗力和恢复力。三是培育数字创新能力,加大粮食体系研发投入,促进创新数字技术与粮食体系融合应

用,搭建创新服务平台,为粮食生产经营者提供精准化、个性化的指导与服务,提高粮食体系的智能化水平,从而增强粮食体系的变革能力。

第二,优化资源配置,促进粮食提质增效。以数字经济为支撑加快推进城乡资金和劳动力资源要素市场深度融合。一方面,建立多元化的投融资机制,引导金融资本投向粮食产业的关键环节和薄弱环节;各地区因地制宜设立粮食产业发展基金,专门用于扶持粮食生产、加工、物流和销售等环节的数字化升级。另一方面,加强粮食产业人才队伍建设,通过定向培养、在职培训等方式,提升粮食从业者的数字化素养;此外,鼓励大学生、退伍军人等返乡创业,将外部劳动力引入到粮食产业中来,为粮食产业的发展注入新鲜血液。

第三,推动区域联动发展,筑牢粮食安全根基。区域间数字经济和粮食体系有着广泛联系,因此各地区要因地制宜,制定与自身实际情况相契合的粮食发展战略,重点推进特色粮食品质提升行动,唱响地方特色品牌,培育特色粮食产业发展新业态。同时,要加强地区间粮食产业交流合作,推动全国统一大市场建设,以跨区域“硬件”和“软件”有效衔接的方式畅通各地区在产业融合、资源流动等方面的合作,进而增强粮食体系国际竞争力。

参考文献 References

- [1] 王可山. 新时代我国粮食安全保障的成就与经验[J]. 改革, 2023(9): 99-109
Wang K S. Achievements and experiences of China's food security in the new era[J]. *Reform*, 2023(9): 99-109 (in Chinese)
- [2] 罗必良. 种业振兴与粮食安全[J]. 华南农业大学学报, 2023, 44(6): 827-836
Luo B L. Seed industry revitalization and food security: A review[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2023, 44(6): 827-836 (in Chinese)
- [3] Wang H, Li G, Hu Y. The impact of the digital economy on food system resilience: Insights from a study across 190 Chinese towns[J]. *Sustainability*, 2023, 15(24): 16898 (in Chinese)
- [4] 易恩文, 王军, 朱杰. 数字经济、资源配置效率与农业高质量发展[J]. 现代财经:天津财经大学学报, 2023(12): 20-37
Yi E W, Wang J, Zhu J. Digital economy, resource allocation efficiency and high-quality development of agriculture[J]. *Modern Finance and Economics: Journal of Tianjin University of Finance and Economics*, 2023(12): 20-37 (in Chinese)
- [5] Tendall D M, Joerin J, Kopainsky B, Edwards P, Shreck A, Le Q B, Krutli P, Grant M, Six J. Food system resilience: Defining the concept[J]. *Global Food Security: Agriculture Policy Economics and Environment*, 2015, 6: 17-23

- [6] Coopmans I, Bijtbeier J, Marchand F, Mathijs E, Messely L, Rogge E, Sanders A, Wauters E. COVID-19 impacts on Flemish food supply chains and lessons for agri-food system resilience [J]. *Agricultural Systems*, 2021, 190, 103136, DOI:10.1016/J.AGSY.2021.103136
- [7] 郝爱民, 谭家银. 数字乡村建设对我国粮食体系韧性的影响[J]. 华南农业大学学报:社会科学版, 2022, 21(3): 10-24
Hao A M, Tan J Y. Impact of digital rural construction on food system resilience [J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2022, 21(3): 10-24 (in Chinese)
- [8] 蒋辉, 陈瑶, 刘兆阳. 中国粮食生产韧性的时空格局及其影响因素[J]. 经济地理, 2023, 43(6): 126-134
Jiang H, Chen Y, Liu Z Y. Spatiotemporal pattern and influencing factors of grain production resilience in China [J]. *Economic Geography*, 2023, 43(6): 126-134 (in Chinese)
- [9] 赵巍, 徐筱雯. 数字经济对农业经济韧性的影响效应与作用机制[J]. 华南农业大学学报:社会科学版, 2023, 22(2): 87-96
Zhao W, Xu X W. Effect and mechanism of digital economy on the resilience of agricultural economy [J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2023, 22(2): 87-96 (in Chinese)
- [10] 青平, 邓秀新, 闵锐, 李剑, 李晓云, 王玉泽, 陈通, 王正聪, 吴伟荣, 赵龙强. “双循环”背景下我国粮食安全韧性及风险管控战略研究[J]. 中国工程科学, 2023, 25(4): 26-38
Qing P, Deng X X, Min S, Li J, Li X Y, Wang Y Z, Chen T, Wang Z C, Wu W R, Zhao L Q. Food security resilience and risk management strategy in China in the context of ‘dual circulation’ [J]. *Strategic Study of CAE*, 2023, 25(4): 26-38 (in Chinese)
- [11] 李明亮, 陈德慧, 余国新. 数字普惠金融赋能粮食体系韧性: 基于空间溢出效应视角分析[J/OL]. (2023-06-09). 中国农业资源与区划, https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=o3IE5Q-17mCUKFj0_sHlbWdkOwAwQkb250nHnjJdYoYjMD1Ev_Yyl2aqSROLjjZlXquhkpCi161BvGT2DLZ5ckKZdtDsXbDCttedwJWSmX3t0JLKHAMAn01NiW7fIkRAR-PQaMbixJg=&uniplatform=NZKPT&language=CHS
Li M L, Chen D H, Yu G X. Digital inclusive finance enhances food system resilience: From the perspective of spatial spillover effect [J/OL]. (2023-06-09). *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=o3IE5Q-17mCUKFj0_sHlbWdkOwAwQkb250nHnjJdYoYjMD1Ev_Yyl2aqSROLjjZlXquhkpCi161BvGT2DLZ5ckKZdtDsXbDCttedwJWSmX3t0JLKHAMAn01NiW7fIkRAR-PQaMbixJg=&uniplatform=NZKPT&language=CHS (in Chinese)
- [12] 王妍霏, 叶举, 曹杰. 数字金融提升粮食体系韧性的机理及效应研究[J]. 经济经纬, 2023, 40(5): 48-60
Wang Y F, Ye J, Chao J. Study on the mechanism and effect of digital finance improving the resilience of grain system [J]. *Economic Survey*, 2023, 40(5): 48-60 (in Chinese)
- [13] 左秀平, 叶林祥, 马俊凯. 数字经济对粮食产业高质量发展影响的实证检验[J]. 统计与决策, 2023, 39(22): 36-41
Zuo X P, Ye L X, Ma J K. Empirical test on the impact of digital economy on high-quality development of grain industry [J]. *Statistics & Decision*, 2023, 39(22): 36-41 (in Chinese)
- [14] 马俊凯, 李光泗, 韩冬. 数字经济赋能粮食供应链韧性: 作用路径和政策取向[J]. 新疆社会科学, 2023(1): 46-54
Ma J K, Li G S, Han D. Digital economy enables resilience of food supply chain: action path and policy orientation [J]. *Social Sciences in Xinjiang*, 2023(1): 46-54 (in Chinese)
- [15] 漆雁斌, 王怡欢, 何强. 长江经济带数字经济发展与粮食安全能力的时空演变及影响分析[J]. 农村经济, 2023(2): 48-58
Qi Y B, Wang Y H, He Q. Spatio-temporal evolution and impact analysis of digital economy development and food security capacity in the Yangtze River Economic Belt [J]. *Rural Economy*, 2023(2): 48-58 (in Chinese)
- [16] 蔡林军, 文春晖. 劳动力转移对粮食生产韧性的影响研究: 基于中国粮食主产区的实证[J/OL]. (2024-02-20). 中国农机化学报, https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=o3IE5Q-17mCr8NDcEUL8MvU_oBNzK1_1tM92-yDanrqYZK1P0f2Z_YhI-4i4RghtHF_ET8R3IWqpbZcdHYmZCOeRwfyI7xua92Z1ZUP3yyZGB2hCf6RddXhLpgPvFnMmXwg-6hMUSk=&uniplatform=NZKPT&language=CHS
Cai L J, Wen C H. Research on the impact of labor transfer on the resilience of grain production: based on the empirical study of China's main grain producing areas [J/OL]. (2024-02-20). *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=o3IE5Q-17mCr8NDcEUL8MvU_oBNzK1_1tM92-yDanrqYZK1P0f2Z_YhI-4i4RghtHF_ET8R3IWqpbZcdHYmZCOeRwfyI7xua92Z1ZUP3yyZGB2hCf6RddXhLpgPvFnMmXwg-6hMUSk=&uniplatform=NZKPT&language=CHS (in Chinese)
- [17] 丁声俊. 站在新时代高度认识农业粮食高质量发展[J/OL]. 价格理论与实践, 2018(1): 5-9
Ding S J. High quality development of agricultural grain in the new era [J/OL]. *Price: Theory & Practice*, 2018(1): 5-9 (in Chinese)
- [18] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973(4): 1-23
- [19] 张帅, 于宏源. 气候极端化背景下的全球粮食体系韧性治理及对中国的启示[J/OL]. 上海交通大学学报: 哲学社会科学版, 2023, 31(7): 79-93
Zhang S, Yu H Y. Resilience governance of global food system in the context of climate extremes and its implications for China [J/OL]. *Journal of Shanghai Jiaotong University: Philosophy and Social Sciences*, 2023, 31(7): 79-93 (in Chinese)
- [20] 左秀平, 叶林祥. 中国粮食体系韧性: 水平测度及动态演进[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2024, 23(1): 88-101
Zuo X P, Ye L X. Resilience of China's food system: horizontal measurement and dynamic evolution [J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2024, 23(1): 88-101 (in Chinese)
- [21] Bene C. Resilience of local food systems and links to food security: A review of some important concepts in the context of COVID-19 and other shocks [J/OL]. *Food Security*, 2020, 12(4): 805-822
- [22] Brasseur M E, Pintado M, Coscueta E R. Food system resilience thinking: from digital to integral [J/OL]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2022, 102(3): 887-891
- [23] 丛屹, 俞伯阳. 数字经济对中国劳动力资源配置效率的影响[J]. 财经理论与实践, 2020, 41(2): 108-114
Cong Y, Yu B Y. The impact of digital economy on the efficiency of labor resource allocation in China [J]. *The Theory and Practice of Finance and Economics*, 2020, 41(2): 108-114 (in Chinese)
- [24] 郭海红. 数字乡村建设: 资源要素错配与农业绿色全要素生产率[J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2024, 24(1): 102-116
Guo H H. Digital rural construction, resource factor mismatch and agricultural green total factor productivity [J]. *Journal of China University of Geosciences: Social Sciences Edition*, 2024, 24(1): 102-116 (in Chinese)
- [25] Troell M, Naylor R L, Metian M, Beveridge M, Tyedmers PH, Folke C, Arrow K J, Ehrlich P R, Österblom H, Walker B H, de Zeeuw A. Does aquaculture add resilience to the global food system [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*,

- 2014, 111(37): 13257-13263
- [26] Fanzo J, Haddad L, Schneider K R, Masuda Y J, Silverberg M, Tubiello F N, Moncayo J R. Viewpoint: Rigorous monitoring is necessary to guide food system transformation in the countdown to the 2030 global goals[J/OL]. *Food Policy*, 2021, 104: 102163, DOI:10.1016/j.foodpol.2021.102163
- [27] 陈建军, 陈国亮, 黄洁. 新经济地理学视角下的生产性服务业集聚及其影响因素研究: 来自中国 222 个城市的经验证据[J]. 管理世界, 2009(4): 83-95
- Chen J J, Chen G L, Huang J. Agglomeration of producer services and its influencing factors from the perspective of new economic geography: Empirical evidence from 222 cities in China[J]. *Journal of Management World*, 2009(4): 83-95 (in Chinese)
- [28] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022(5): 100-120
- Jiang T. Mediating effect and moderating effect in the empirical study of causal inference[J]. *China Industrial Economics*, 2022(5): 100-120 (in Chinese)
- [29] 朱喜安, 魏国栋. 熵值法中无量纲化方法优良标准的探讨[J]. 统计与决策, 2015(2): 12-15
- Zhu X A, Wei G D. Discussion on the good standard of dimensionless method in entropy method [J]. *Statistics & Decision*, 2015(2): 12-15 (in Chinese)
- [30] 王军, 朱杰, 罗茜. 中国数字经济发展水平及演变测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(7): 26-42
- Wang J, Zhu J, Luo X. The development level and evolution measurement of China's digital economy[J]. *Journal of Quantitative & Technological Economics*, 2021, 38(7): 26-42 (in Chinese)
- [31] 季书涵, 朱英明, 张鑫. 产业集聚对资源错配的改善效果研究[J]. 中国工业经济, 2016(6): 73-90
- Ji S H, Zhu Y M, Zhang X. Research on the improvement effect of industrial agglomeration on resource misallocation [J]. *China Industrial Economics*, 2016(6): 73-90 (in Chinese)
- [32] 崔书会, 李光勤, 豆建民. 产业协同集聚的资源错配效应研究[J]. 统计研究, 2019, 36(2): 76-87
- Cui S H, Li G Q, Dou J M. Research on resource mismatch effect of industrial collaborative agglomeration [J]. *Statistical Research*, 2019, 36(2): 76-87 (in Chinese)
- [33] 雷绍海, 秦佳虹, 王成军. 中国农业资源错配的测算、时空演变特征及影响因素分析[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(8): 83-94
- Lei S H, Qin J H, Wang C J. Estimation, spatial-temporal evolution and influencing factors of agricultural resources mismatch in China [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(8): 83-94 (in Chinese)
- [34] 中国农村统计年鉴编辑委员会. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2023
- Editorial Board of China Rural Statistical Yearbook. *China Rural Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2023 (in Chinese)
- [35] 中国统计年鉴编委会. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2023
- Editorial Board of China Statistical Yearbook. *China Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2023 (in Chinese)
- [36] 郭晓晶, 何倩, 张冬梅, 许金芳, 贺佳. 综合运用主客观方法确定科技评价指标权重[J]. 科技管理研究, 2012, 32(20): 64-67, 71
- Guo X J, He Q, Zhang D M, Xu J F, He J. Comprehensive application of subjective and objective methods to determine the weight of science and technology evaluation indicators [J]. *Science and Technology Management Research*, 2012, 32(20): 64-67, 71 (in Chinese)
- [37] 黄群慧, 余泳泽, 张松林. 互联网发展与制造业生产率提升: 内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济, 2019(8): 5-23
- Huang Q H, Yu Y Z, Zhang S L. Internet development and manufacturing productivity improvement: Internal mechanism and China's experience [J]. *China Industrial Economics*, 2019(8): 5-23 (in Chinese)

责任编辑: 王岩



第一作者简介: 汪振, 男, 博士研究生, 主要专业方向为农业经济与政策、数字经济。公开发表论文 9 篇; 主持完成省级课题 1 项(YC2022—s415)、校级课题 1 项(JG2023012), 参与国家自然科学基金项目 2 项(71303100, 71563016), 教育部人文社科基金项目 1 项; 获研究生学业奖学金三次, 研究生国家奖学金一次; 曾获优秀研究生, 优秀毕业研究生等荣誉称号。



通讯作者简介: 刘滨, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农林经济理论与政策研究。江西农业大学人才岗位——“未来之星”获聘者、江西省人民政府发展研究中心特约研究员、江西省农村发展研究中心研究员、国家自然科学基金通讯评审专家、中国价格学会高校价格理论与教学研究理事会理事。主持完成国家社科基金项目 2 项(08sch031, 13CJL054)、国家自然科学基金 2 项(71303100, 71563016)、教育部人文社科基金项目 1 项(JD21080), 公开发表论文 100 余篇。