

# 数字经济对长江经济带农业生态 产品价值转化效率的影响

杜雪莲, 王倩倩, 蔡欣霞

(贵州财经大学 经济学院, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** [目的] 探索数字经济赋能农业生态产品价值转化, 为建设数字乡村和促进农民增收提供理论依据。[方法] 通过功能价值法核算农业生态产品的生态价值, 利用超效率 SBM 模型测算长江经济带 99 个城市 2012—2022 年农业生态产品价值转化效率, 运用核密度分析价值转化效率的变化趋势, 用双向固定效应模型探究数字经济对农业生态产品价值转化效率的影响机制, 进一步利用空间杜宾模型检验数字经济对长江经济带农业生态产品价值转化效率是否存在空间溢出效应。[结果] ① 长江经济带农业生态产品价值转化效率呈上升趋势, 存在轻微两极分化现象; ② 数字经济显著提升农业生态产品价值转化效率; ③ 数字经济通过促进绿色技术创新和绿色金融提升农业生态产品价值转化效率; 在长江经济带下游和资源型城市, 数字经济更有助于促进农业生态产品价值转化效率提升。④ 数字经济对农业生态产品价值转化效率存在明显的空间溢出效应。[结论] 数字经济对农业生态产品价值转化效率有显著的促进作用, 存在中介效应、异质性特征和空间溢出效应, 在促进农业生态产品价值转化时应予以充分考虑。

**关键词:** 农业生态产品; 价值转化效率; 数字经济; 绿色技术创新; 绿色金融

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2026)02-0318-12

中图分类号: F062.2, X196

**文献参数:** 杜雪莲, 王倩倩, 蔡欣霞. 数字经济对长江经济带农业生态产品价值转化效率的影响[J]. 水土保持通报, 2026, 46(2): 318-329. Du Xuelian, Wang Qianqian, Cai Xinxia. Impact of digital economy on value conversion efficiency of agricultural ecological products in Yangtze River economic belt [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2026, 46(2): 318-329.

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2026.02.003

CSTR: 32312.14.stbctb.2026.02.003

## Impact of digital economy on value conversion efficiency of agricultural ecological products in Yangtze River economic belt

Du Xuelian, Wang Qianqian, Cai Xinxia

(School of Economics, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang, Guizhou 550025, China)

**Abstract:** [Objective] The value conversion of agricultural ecological products empowered by the digital economy was explored in order to provide a theoretical basis for building digital villages and increasing farmers' income. [Methods] The ecological value of agricultural ecological products was calculated using the functional value method, and the value conversion efficiency of agricultural ecological products in 99 cities along the Yangtze River economic belt from 2012 to 2022 was measured using the super-efficiency SBM model. The variation trend of value conversion efficiency was analyzed through kernel density analysis. The impact mechanisms of the digital economy on the value conversion efficiency of agricultural ecological products were explored using the two-way fixed effects model. Furthermore, the spatial Durbin model was used to test whether there were spatial spillover effects of the digital economy on the value conversion efficiency of agricultural ecological products in the Yangtze River economic belt. [Results] ① The value conversion efficiency of agricultural ecological products in the Yangtze River economic belt showed an upward trend, with slight polarization observed. ② The digital economy significantly enhanced the value conversion efficiency of

收稿日期: 2025-09-09

修回日期: 2025-11-09

采用日期: 2025-11-10

资助项目: 贵州省 2024 年度哲学社会科学规划课题“贵州建立健全生态产品价值评价体系与实现机制研究”(24GZYB58)

第一作者: 杜雪莲(1981—), 女(土家族), 贵州省铜仁市人, 博士, 教授, 主要从事资源环境与生态经济研究。Email: duxuelian520@163.com。

agricultural ecological products. ③ The digital economy improved the efficiency by promoting green technology innovation and green finance. Heterogeneity analysis indicated that in the lower reaches of the Yangtze River economic belt and in resource-based cities, the digital economy was more conducive to improving the efficiency of agricultural ecological product value conversion. ④ The digital economy had a significant spatial spillover effect on the value conversion efficiency of agricultural ecological products. [Conclusion] The digital economy significantly promotes the value conversion efficiency of agricultural ecological products, exhibiting mediation effects, heterogeneity, and spatial spillover effects, which should be fully considered when promoting the conversion of agricultural ecological product value.

**Keywords: agricultural ecological product; value conversion efficiency; digital economy; green technology innovation; green finance**

中国共产党第二十次全国代表大会报告提出要“加快发展数字经济,促进数字经济与实体经济的深度融合”“建立生态产品价值实现机制,完善生态保护补偿制度”。2023年,在南昌市召开进一步推动长江经济带高质量发展座谈会,中国国家领导人强调长江经济带要统筹好发展和安全,把生态财富转化为经济财富,促进数字经济与实体经济融合,同时扛牢粮食安全责任,加强农业建设,实现长江经济带高质量发展。因此,研究长江经济带数字经济对农业生态产品价值转化效率的影响,对促进长江经济带“两山”转化和高质量发展具有重要的理论和现实意义。

生态产品是中国的独创性概念,国外与之相似的是生态系统服务。国内普遍接受的生态产品的定义是生态系统通过生物生产与人类劳动共同作用为人类福祉提供的最终产品或服务<sup>[1]</sup>。关于生态产品的研究已经从生态产品的概念内涵及其价值实现机制路径等理论探讨,逐步拓展到生态产品价值实现及价值转化等方面的定量评价研究。生态产品价值实现是生态产品使用价值转化为交换价值的过程,其经济学本质就是生态产品总值(GEP)到国内生产总值(GDP)的转化过程<sup>[2]</sup>,而价值转化则是将生态产品的生态价值转化为GDP<sup>[3]</sup>。当前,生态产品价值实现及价值转化普遍存在难核算、难确权、难交易及难变现(“四难”)的问题<sup>[4]</sup>。农业是现代化强国的根基,提升农业生态产品价值转化是实现农业农村现代化的重要路径之一。相关学者对于农业生态产品的研究主要集中在农业生态产品的概念内涵及价值实现路径等理论探讨方面,部分学者对农业生态产品价值核算开展了相关研究,核算方法主要涉及能值法、当量因子法和功能价值法。其中,功能价值法通过获取不同服务类型的具体指标的实物量乘以相应价格进行计算,逐渐成为中国生态产品价值核算的主流方法<sup>[5]</sup>。

数字经济这一概念最初在国外提出<sup>[6]</sup>,中国学者对数字经济概念内涵、评价体系以及数字经济赋能环境保护<sup>[7]</sup>、绿色发展<sup>[8]</sup>以及高质量发展等<sup>[9]</sup>方面展开了相关理论机制与定量评价研究,为探究数字经济赋能生态产品价值转化提供了有益借鉴。近年来,相关学者开始关注数字经济赋能生态产品价值实现以及价值转化的理论机制。在价值实现方面,数字经济通过影响生态产品价值实现的生产、分配、交换和消费全过程,进而影响生态产品价值实现<sup>[10]</sup>。在价值转化方面,数字经济通过作用于生产要素、互联网平台、产业转型等方面影响生态产品价值转化。目前,数字经济赋能生态产品价值转化的实证研究较为稀缺,孔凡斌等<sup>[3]</sup>采用面板向量自回归模型、面板门槛效应模型和空间误差模型等方法,研究了浙江省丽水市数字经济发展水平对森林生态产品价值转化效率的作用机制。

尽管已有学者开始关注数字经济赋能生态产品价值实现及其价值转化的理论机制,但数字经济赋能农业生态产品价值转化效率的作用机制仍较为缺乏,尚未见到数字经济影响农业生态产品价值转化效率的实证研究,数字经济与农业生态产品价值转化效率之间的关系亟待剖析。长江经济带是中国重要的农业生态产品供给区和生态文明建设示范带,鉴于此,本文以长江经济带99个城市为研究对象,利用超效率SBM模型测算长江经济带农业生态产品价值转化效率,从生态产品价值转化的“四难”入手,深入剖析数字经济对农业生态产品价值转化的影响,并通过双向固定效应模型探究数字经济对农业生态产品价值转化效率的影响机制和异质性,进一步利用空间杜宾模型检验数字经济对长江经济带农业生态产品价值转化效率是否存在空间溢出效应,为促进长江经济带农业生态产品价值转化提供理论依据和数据支持。

# 1 相关概念、理论分析与研究假说

## 1.1 相关概念

### 1.1.1 农业生态产品

农业生态产品的内涵与中国农耕文明时期“道法自然”“以天合天”等生态伦理思想相契合,指农业为保护环境,改善生态以及保障人类生存所提供的各种有益产品<sup>[11]</sup>,是人类在农业生产过程中凝聚了一定的劳动价值所得到的满足人们健康需要以及社会绿色发展需要的产品<sup>[12]</sup>,其强调生态环境保护、资源节约利用、物质循环利用以实现产品的绿色优质与可持续供给。广义的农业生态产品涵盖农林牧渔四大领域,其涉及的生态系统结构较为复杂,定量核算的难度较大,而狭义的理解仅局限于农田生态系统。基于数据可得性和研究可行性,本文立足狭义视角,将农业生态产品定义为以农田生态系统为载体,兼顾生态环境保护与改善,由农田生态系统和人类劳动相互作用产生的满足人类需要的各类产品或服务的总称。

### 1.1.2 农业生态产品价值转化效率

农业的多功能性赋予了农业生态产品价值的多样性,主要包括社会价值、经济价值、生态价值。社会价值表现在其休闲文化功能为人类提供精神、文化上的享受;经济价值体现在农产品供给为人类提供最基础的物质生活保障;生态价值体现在农田生态系统提供的水源涵养、土壤保持、固碳释氧、空气净化以及水质净化等调节功能可以维持人类的生存环境。具体来说,水源涵养、土壤保持与粮食安全高度关联,固碳释氧、空气净化、水质净化则与减污降碳、环境保护和气候调节密切相关。社会价值和经济价值可直接通过市场实现,而生态价值的实现需要清晰界定生态资源所有权权属关系,价值实现难度较大。因此,农业生态产品的生态价值是价值实现的重点关注对象。将农业生态产品的生态价值有效转化,不仅是实现农业农村现代化的重要途径,也是“绿水青山就是金山银山”的具体实践。“两山”理念是价值转化的核心内涵,绿水青山代表着生态价值,金山银山代表经济价值,将绿水青山当作核心竞争力,把生态资源与农业结合,实现农业生态价值转化<sup>[13]</sup>。本研究将农业生态产品价值转化效率定义为以农业生态产品的生态价值作为生态资本投入拓展的生产函数,将生态价值转化为经济价值,从而得到的要素产出效率。其本质是农业生态产品的生态价值向GDP的转化程度,是衡量农业生态产品价值实现水平的重要指标。

## 1.2 理论分析与研究假说

### 1.2.1 数字经济与农业生态产品价值转化效率

数字经济通过直接或间接方式作用于农业生态产品价值的转化(图1)。提高农业生态产品价值转化效率关键在于解决农业生态产品核算、确权、交易和变现问题,而数字经济对以上环节均有促进作用。①数字化信息系统核算数据平台的建立,可快捷采集农业生态产品价值核算所需的土地利用类型及面积、降水量等数据,有效提升核算精度。②通过物联网“感知层—网络层—应用层”的信息获取,能够准确划定农田等生态资源的权属范围,有效预防产生产权争议。③互联网平台的普及使用,有助于健全数字化乡村体系,进而有效获取农业生态产品交易信息,解决农业生态产品信息不对称的问题。同时,数据要素通过产业联动、技术渗透等方式,集约化配置资本、技术以及资源,创新生产方式、经营方式和资源利用方式,有效整合物质类、调节类、文化类生态产品,加速农文旅融合发展,促进农业生态产品交易。④数字营销驱动品牌效应,通过创建和管理多个品牌,提升农业生态产品品牌价值,推进农业生态产品高端化、多样化发展,进而有效提升产品附加值,更好地满足人们对农业生态产品的需求,加快农业生态产品价值变现<sup>[14]</sup>。

基于以上分析,本研究提出假说1(H<sub>1</sub>)。

H<sub>1</sub>:数字经济发展能提升农业生态产品价值转化效率。

### 1.2.2 数字经济、绿色技术创新与农业生态产品价值转化效率

绿色技术创新是促进生态产品价值转化的重要推手,而数字经济是推动绿色技术创新的核心要素。一方面,数字经济凭借其高渗透性,通过互联网、大数据等数字技术嵌入生态农业领域,依靠全新的生产技术和商业模式对传统农业产生技术溢出效应<sup>[15]</sup>,推动绿色技术创新。另一方面,数字经济的高融合性将利用规模效应集聚大量资金和科技人才,将数字运用到农业技术研发各个阶段,加快科技研发进程,有效推动农业生态产品向智能化、机械化、特色化发展。将绿色技术创新成果运用于农业资源监测、节水节肥、农业废弃物处理等领域,促进农业生态产品价值转化。借助地理遥感技术,监测作物生长周期、土壤肥力以及环境空气质量;利用精准灌溉、高效施肥施药等技术精准使用农业投入品;应用农业废弃物循环处理技术增进农业废弃物循环使用,促进农业生态资源的保值与增值,有效提升农业生态产品的生产效率。此外,绿色技术创新与数字

经济高效融合,不仅可以加速形成完整产业链,促进产业升级和交易方式变革,还可以实时监测市场动态,预估市场需求,有效提高市场交易效率<sup>[16]</sup>,进而提升农业生态产品价值转化效率。

基于以上分析,提出假说 2(H<sub>2</sub>)。

H<sub>2</sub>: 数字经济发展通过促进绿色技术创新提升农业生态产品价值转化效率。

### 1.2.3 数字经济、绿色金融与农业生态产品价值转化效率

绿色金融在促进农业生态产品价值转化中发挥着绿色投资引导、环境风险控制等作用,数字经济已成为驱动绿色金融发展的动力引擎。首先,云计算的快速发展为绿色金融提供新的机遇和平台,可提高绿色金融的融资效率和可信度,促进其在市场中的应用和推广<sup>[17]</sup>。其次,人工智能可简化绿色金融体系中复杂繁琐的环节,有效提升金融系统运

行效率。大数据技术也增强了绿色金融机构的风险识别能力与客户信息获取能力,便于从事绿色行业的小微企业、个体农户等融资难、抗风险能力差的群体获得绿色金融支持。同时,区块链技术是绿色金融的重要技术手段,能够解决绿色金融发展过程中存在的信息数据收集难、绿色转型项目评估识别难、风险合规控制难等问题。绿色金融通过将资金投入农业绿色生产中,引导传统农业绿色转型,提高农业生态产品供给和价值转化。此外,数字知识的积累和外溢推动了绿色金融的创新,促进绿色金融行业进行产业数字化转型,推动农业生态产品金融化,将其作为合格融资抵押物,有效解决农业生态产品抵押难的问题<sup>[18]</sup>,进而推动农业生态产品价值转化效率提升。基于此,提出假说 3(H<sub>3</sub>)。

H<sub>3</sub>: 数字经济发展通过促进绿色金融发展提升农业生态产品价值转化效率。

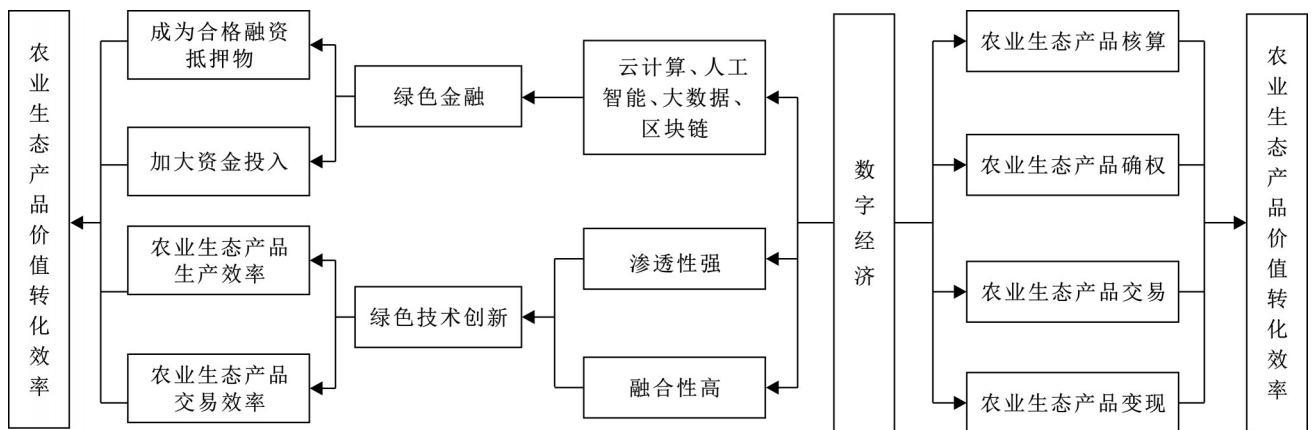


图 1 数字经济影响农业生态产品价值转化效率的理论机制

Fig.1 Theoretical mechanisms of digital economy's impact on value conversion efficiency of agricultural ecological products

## 2 数据来源、变量选取与模型选择

### 2.1 数据来源

选取 2012—2022 年长江经济带 99 个城市作为主要研究对象(剔除数据缺失较为严重的城市),数据主要来源于《中国城市统计年鉴》《中国农业统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国金融统计年鉴》以及各城市《国民经济和社会发展统计公报》、北京大学数字金融研究中心、中国研究数据服务平台、环境状况公报等。部分非连续缺失数据采用线性插值法补充完善,以确保数据的科学性、合理性与完整性。

### 2.2 变量选取

#### 2.2.1 被解释变量:农业生态产品价值转化效率

根据前文理论分析,构建农业生态产品价值转

化效率投入产出指标体系(表 1)。利用超效率 SBM 模型计算农业生态产品价值转化效率。由于农业固定资产投资数据不全,采用农业机械总动力代替资本投入;劳动力投入为农业从业人员人数;土地投入为农作物总播种面积;生态资本投入为农业生态产品生态价值。

期望产出为农业总产值,包括农业相关服务业产值,一定程度上也反映了文化及调节服务的价值转化。考虑到生态产品价值转化的前提要求是不会造成生态环境本身质量的下降,因此理论上无需考虑非期望产出问题<sup>[19]</sup>。

农业生态产品生态价值核算参考国家发展改革委印发的《生态产品总值核算规范(试行)》以及相关文献<sup>[20]</sup>。具体核算方法见表 2。

表 1 投入产出指标  
Table 1 Input-output indicators

一级指标	二级指标	三级指标
投入	物质资本	农业机械总动力/(万 kW)
	劳动力	农业从业人员/万人
	土地面积	农作物总播种面积/km <sup>2</sup>
	生态资本	水源涵养/亿元
		土壤保持/亿元
		水质净化/亿元
期望产出	农业总产值	固碳释氧/亿元
		空气净化/亿元
		农业总产值/亿元

### 2.2.2 核心解释变量: 数字经济发展水平

参考已有研究<sup>[21]</sup>, 建立数字经济综合指标体

系, 衡量数字经济发展水平, 用熵权法计算权重(表 3)。

### 2.2.3 中介变量

选取绿色技术创新和绿色金融作为中介变量。采用绿色专利申请数(件)(取对数)表示绿色技术创新, 专利申请数越多, 表明该地区绿色技术创新水平越高; 绿色金融包括绿色信贷(环保项目信贷总额/信贷总额)、绿色保险(环境污染责任保险收入/总保费收入)、绿色投资(环境污染治理投资/GDP)、绿色债券(绿色债券发行总额/所有债券发行总额)、绿色支持(财政环境保护支出/财政一般预算支出)、绿色基金(绿色基金总市值/基金总市值), 通过熵权法计算得到。

表 2 农业生态产品生态价值核算

Table 2 Accounting of ecological value of agricultural ecological products

核算指标	核算公式	指标及参数说明
水源涵养	$TQ = (P - R - ET) \times A \times 10^{-3} \times P$	TQ 为总水源涵养价值量(亿元); P 为降水量(mm); R 为地表径流量(mm); ET 为蒸散发量(mm); A 为农田生态系统面积(km <sup>2</sup> ); P 为水价(元/m <sup>3</sup> )。降水量和蒸散发量数据来源于国家青藏高原数据中心, 水价来源于水利部发展研究中心, 地表径流量借鉴相关文献获取 <sup>[22]</sup> , 土地利用面积来源于武汉大学的杨杰和黄昕教授发布的中国年度土地覆盖栅格数据(空间分辨率为 30 m)
土壤保持	$A = R \times K \times LS \times C \times P$ $EP_y = 0.24 \times A \times P_y / \rho$	EP <sub>y</sub> 为土壤保持价值(亿元); P <sub>y</sub> 为水库库容淤积费用价格(元/m <sup>3</sup> ), 取值参考相关文献 <sup>[23]</sup> ; A 为土壤保持量(10 <sup>8</sup> t); R 为降雨侵蚀因子; K 为土壤可蚀性因子, LS 为坡长坡度因子; C 为植被覆盖因子; P 为水土保持措施因子; ρ 为淤泥容重, 取值为 2.65 t/m <sup>3</sup> 。数据来源于科学数据银行(www.scidb.cn)
水质净化	$V = L_{\text{COD}} \times P_{\text{COD}} \times r$	V 为生态系统水体净化的价值(亿元); L <sub>COD</sub> 为化学需氧量(COD)的排放量, 数据来源于国家统计局以及《中国城市统计年鉴》; P <sub>COD</sub> 为 COD 的单位治理成本(元/t), 数据来源于《关于调整排污费征收标准等有关问题的通知》(发改价格[2014]2008号); r 为农田生态系统面积占土地利用总面积的比例
空气净化	$EP_k = (L_{\text{SO}_2} \times P_{\text{SO}_2}) \times r$	EP <sub>k</sub> 为空气净化价值(亿元); L <sub>SO<sub>2</sub></sub> 为二氧化硫(SO <sub>2</sub> )排放量(t), 数据来源于《中国城市统计年鉴》。P <sub>SO<sub>2</sub></sub> 为 SO <sub>2</sub> 价格(元/t), 数据来自《关于调整排污费征收标准等有关问题的通知》(发改价格[2014]2008号)。r 为农田生态系统面积占土地利用总面积的比例
固碳释氧	$EP_g = 1.62 \times N_p \times S \times p_c + 1.20 \times N_p \times S \times p_o$	EP <sub>g</sub> 为固碳释氧价值(亿元); N <sub>p</sub> 为生态系统净初级生产力(g·m <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ); S 为农田生态系统的面积(km <sup>2</sup> ); P <sub>c</sub> (元/t)和 P <sub>o</sub> (元/t)为二氧化碳和氧气的价格。N <sub>p</sub> 数据根据净初级生产力(NPP)计算, NPP 数据来源于 GEE 平台下载的 MODIS 数据, P <sub>c</sub> 和 P <sub>o</sub> 参考相关文献 <sup>[24]</sup>

表 3 数字经济指标体系

Table 3 Digital economy indicator system

具体指标	属性	权重
每百人互联网用户数/户	+	0.217
计算机服务和软件从业人员占比/%	+	0.265
人均电信业务总量/(元·人 <sup>-1</sup> )	+	0.224
每百人移动电话用户数/户	+	0.195
数字普惠金融指数(无量纲)	+	0.099

### 2.2.4 控制变量

本研究参考徐彩瑶、任燕、孔凡斌等的相关文献<sup>[25]</sup>, 总共选取 4 个控制变量(详见表 4)。① 经济发展水平, 经济发展会带动农业生态产品价值转化, 用人均 GDP 表示; ② 产业结构高级化。通过提高农业生态产品附加值的办法来促进农业生态产品价值转化, 用第三产业产值/第二产业产值表示; ③ 金融发展水平。通过为农业生态产品提供金融工具来推

动农业生态产品价值转化,用年末金融机构存贷款余额/地区生产总值表示;④城镇化水平。城镇化水平

提高会挤占农业用地,进而影响农业生态产品价值转化,用城镇人口/总人口表示。

表 4 各变量描述性统计  
Table 4 Descriptive statistics of variables

变量类型	变量名称	变量说明	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	农业生态产品价值转化效率	超效率SBM计算	1 089	0.667	0.188	0.248	1.339
核心解释变量	数字经济	熵权法计算	1 089	0.179	0.100	0.025	0.609
中介变量	绿色技术创新	绿色专利申请数	1 089	4.659	1.716	0.693	9.277
	绿色金融	熵权法计算	1 089	0.333	0.010	0.069	0.603
控制变量	经济发展水平	人均GDP	1 089	10.840	0.586	9.219	12.200
	产业结构高级化	第三产业产值/第二产业产值	1 089	1.028	0.474	0.272	5.697
	金融发展水平	年末金融机构存贷款余额/地区生产总值	1 089	2.539	0.991	0.779	6.887
	城镇化水平	城镇人口/总人口	1 089	0.563	0.129	0.181	0.896

### 2.3 模型选择

#### 2.3.1 超效率SBM

根据 Tone<sup>[26]</sup>提出的超效率SBM模型,考虑与实际资源配置相一致的目标,选取非导向的超效率SBM模型测算农业生态产品价值转化效率,计算公式为

$$p = \min \frac{\frac{1}{m} \sum_{c=1}^m \frac{\bar{x}_c}{x_{ck}}}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{y_r}{y_{rk}}} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \bar{x}_c \geq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_j & (c = 1, 2 \dots m) \\ 0 \leq \bar{y}_r \leq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_j & (r = 1, 2 \dots s) \\ \bar{x}_c \geq x_{ck}, \bar{y}_r \leq y_{rk} \\ \lambda_j \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: $p$ 为决策单元的相对效率值, $p < 1$ 时表示决策单元(DMU)与生产前沿面存在一定距离,存在效率损失, $p \geq 1$ 时则相对有效; $k$ 为某一特定决策单元; $x_{ck}$ 和 $x_j$ 表示投入矩阵中的元素; $y_{rk}$ 和 $y_j$ 表示产出矩阵中的元素; $m$ 和 $s$ 分别为投入、产出指标的数量; $\bar{x}_c$ 和 $\bar{y}_r$ 分别为投入和产出的松弛变量; $\lambda_j$ 为权重变量; $j$ 为表示决策单元, $j = 1, 2 \dots n (j \neq k)$ ; $\bar{x}_c \geq 0, \bar{y}_r \geq 0$ 。

#### 2.3.2 双向固定效应模型

为了检验数字经济对农业生态产品价值转化效率的影响,采用双向固定效应模型进行检验,回归模型如下:

$$Aep_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Dig_{it} + \alpha_2 control_{it} + \mu_i + \nu_t + \epsilon_{it} \quad (3)$$

式中: $Aep$ 为农业生态产品价值转化效率; $i$ 和 $t$ 分别

表示第 $i$ 个城市和第 $t$ 年; $Dig$ 为数字经济水平; $control$ 为控制变量; $\alpha_1$ 为核心解释变量参数估计; $\alpha_2$ 为控制变量估计; $\mu, \nu$ 和 $\epsilon$ 分别表示个体、时间固定效应和随机扰动项。

#### 2.3.3 中介效应模型

基于前文分析,数字经济可以通过促进绿色技术创新和绿色金融进而提升农业生态产品价值转化效率。为验证以上推论,采用两步法对中介效应进行检验<sup>[27]</sup>,模型如下:

$$M_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Dig_{it} + \alpha_2 control_{it} + \mu_i + \nu_t + \epsilon_{it} \quad (4)$$

式中: $M_{it}$ 为中介变量,包括绿色技术创新和绿色金融;其他变量和下标与公式(3)一致。

#### 2.3.4 核密度估计

采用核密度估计方法分析长江经济带农业生态产品价值转化效率的演变趋势。表达式如下:

$$f(x) = \frac{1}{Nh} \sum_{l=1}^N \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -0.5 \left( \frac{x_l - \bar{x}}{h} \right)^2 \right] \quad (5)$$

式中: $f(x)$ 表示核函数; $x_l$ 为农业生态产品价值转化效率; $\bar{x}$ 为农业生态产品价值转化效率均值, $x_l - \bar{x}$ 为点 $x_l$ 与均值 $\bar{x}$ 间的距离; $h$ 为带宽; $N$ 为样本总量。

### 2.4 空间溢出效应分析

为了检验数字经济对农业生态产品价值转化效率是否存在空间溢出效应,构建空间杜宾模型予以分析,公式为

$$Aep_{it} = \rho W_{ij} Aep_{it} + \varphi_1 Dig_{it} + \varphi_2 control_{it} + \phi_1 W_{ij} Dig_{it} + \phi_2 W_{ij} control_{it} + \mu_i + \nu_t + \epsilon_{it} \quad (6)$$

式中: $\rho$ 为农业生态产品价值转化效率的空间滞后项系数; $W_{ij}$ 为空间权重矩阵; $\varphi_1$ 和 $\varphi_2$ 为核心解释变量与控制变量的参数估计; $\phi_1$ 和 $\phi_2$ 为核心解释变量与控制变量空间滞后项的参数估计。

### 3 结果与分析

#### 3.1 农业生态产品价值转化效率

2012—2022年长江经济带农业生态产品价值转化效率呈上升趋势(图2)。多数城市的农业生态产品价值转化效率为0.5左右,表明长江经济带农业生态产品价值转化效率整体处于较低水平。由于长江经济带各市农业机械总动力、农作物播种面积以及劳动力配置效率不高,因而整体效率水平较低。同时,核密度估计值呈双峰形态,且次峰逐渐增高、右移,表明效率水平正从低水平向高水平跃迁,整体效率明显提升。自“十二五”以来,国家高度重视长江经济带农业与农村的生态可持续发展,着力打造人与自然和谐发展的农业农村发展格局,助力该区域走出一条生态环境保护与农业农村绿色转型相互促进的创新路径,长江经济带农业生态产品价值转化效率不断提高。从尾部看,右拖尾现象明显,表明农业生态产品价值转化效率的分布呈现出显著的右偏特征,存在一部分城市的效率值远高于中数水平,存在明显的两极分化现象。长江经济带覆盖领域辽阔,其自然条件和农业发展模式存在显著差异,进而影响农业生态产品价值转化效率。

#### 3.2 基准回归分析

通过逐步回归加入控制变量,其结果均能通过

10%的显著性水平检验(表5)。数字经济发展水平每提高1%,农业生态产品价值转化效率就会提高0.301%,表明数字经济对农业生态产品转化效率有显著的正向促进效应,验证了假说1。数字经济主要通过提高农业生态产品的价值核算和确权精度、加快农业生态产品的交易和变现程度促进农业生态产品价值转化。

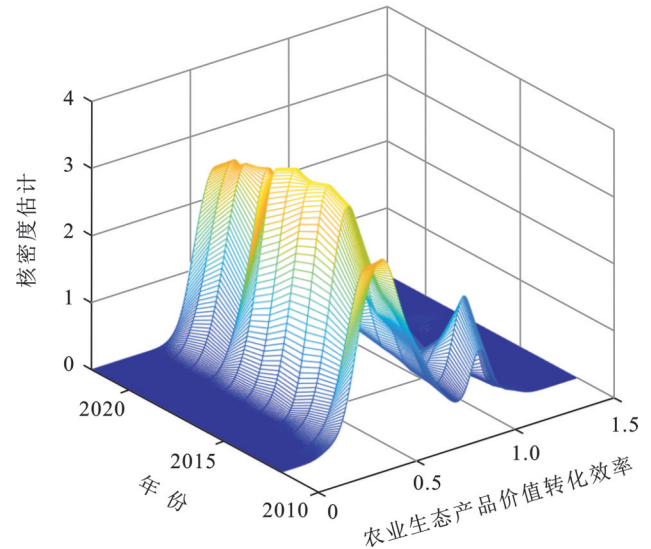


图2 长江经济带农业生态产品价值转化效率核密度分析  
Fig.2 Kernel density analysis of value conversion efficiency of agricultural ecological products in Yangtze River economic belt

表5 数字经济对农业生态产品价值转化效率影响的双向固定效应模型回归结果

Table 5 Regression results of a two-way fixed-effects model on value conversion efficiency of agricultural ecological products influenced by digital economy

变量	农业生态产品 价值转化效率	农业生态产品 价值转化效率	农业生态产品 价值转化效率	农业生态产品 价值转化效率	农业生态产品 价值转化效率
数字经济	0.326*(0.175)	0.303*(0.176)	0.307*(0.176)	0.292*(0.176)	0.301*(0.176)
经济发展水平		-0.048(0.036)	-0.051(0.036)	-0.090**(0.038)	-0.104***(0.039)
产业结构高级化			-0.012(0.022)	-0.005(0.022)	-0.005(0.022)
金融发展水平				-0.057***(0.019)	-0.058***(0.019)
城镇化水平					0.203(0.143)
常数项	0.574***(0.022)	1.073***(0.374)	1.113***(0.380)	1.636***(0.416)	1.685***(0.417)
观测值	1 089	1 089	1 089	1 089	1 089

注:\*\*\*, \*\*, \*分别表示表示1%, 5%, 10%的显著性水平;括号内数据为标准误,下同。

#### 3.3 稳健性检验

采用更换估计模型、增加控制变量的方法进行稳健性检验(表6)。由于被解释变量属于受限的因变量,故采用截尾回归Tobit模型再次分析数字经济对农业生态产品价值转化效率的影响,结果见表6列(1),显著性与前述验证结果相比未发生改变,模型稳健性得到验证。考虑到存在遗漏变量的问题,本研究增加交通基础设施和科技支出水平作为控制变

量。交通基础设施(公路里程数取对数)是农业生态产品价值转化的通道,科技支出水平(科学技术支出/政府财政一般支出)则影响农业生态产品价值转化的技术投入。增加控制变量后的回归结果如表6列(2)所示,估计系数仍然显著,模型稳健性得以再次验证。

采用工具变量法解决内生性偏差(表6),参考相关学者研究<sup>[28-29]</sup>,选取各城市到杭州的球面距离(工

具变量 1) 和 1984 年每百人固定电话数(工具变量 2) 作为数字经济的工具变量。杭州是数字经济发展中心,数字经济的发展也受地理空间的限制,且呈现出与杭州相距越远推广难度越大的特点,具有较强相关性。然而,各城市到杭州的距离不会对农业生态产品价值转化效率产生直接影响。数字经济的发展最初依托于传统通信基础设施,满足相关性,同时不会对当今农业生态产品价值转化效率产生直接影响。另外,1984 年每百人固定电话数和各城市到杭

州的球面距离是截面数据,为满足时间的连续性,本研究引入数字经济滞后一期与其构造交互项作为工具变量。结果显示,2 个工具变量的数字经济系数均显著,在假设“工具变量识别不足”的检验中,LM 统计量的  $p$  值为 0.000,拒绝原假设;在工具变量弱识别的检验中,Wald F 统计量大于 10% 水平上的临界值,表明工具变量选取合理,不存在弱识别问题。在控制内生性后,数字经济对农业生态产品价值转化效率的促进作用依然显著,证明了本文模型的稳健性。

表 6 数字经济对农业生态产品价值转化效率的稳健性检验和内生性检验  
Table 6 Robustness and endogeneity tests of digital economic impact on value conversion efficiency of agricultural ecological products

变量	更换模型	增加控制变量	工具变量 1	工具变量 2
数字经济	0.691*** (0.142)	0.428** (0.181)	0.882*** (0.160)	0.870*** (0.158)
常数项	-0.520** (0.240)	1.752*** (0.418)	1.013*** (0.280)	1.000*** (0.280)
识别不足检验 Kleibergen-Paap rk LM statistic			154.996	157.401
LM 统计量			[0.000]	[0.000]
弱工具变量检 Kleibergen-Paap rk Wald F statistic			268.259	434.350
Wald F 统计量			16.380	16.380
控制变量	控制	控制	控制	控制
观测值	1 089	1 089	1 089	1 089

### 3.4 影响机制分析

中介效应检验利用两步法进行回归分析(表 7),在绿色技术创新方面,加入控制变量后,其回归结果均在 5% 的显著性水平下显著,说明数字经济能提高绿色技术创新水平,进而促进农业生态产品价值转化效率提升,验证了假说 2,表明绿色技术创新主要通过提升生产效率和市场交易效率促进农业生态产品价值转化。在绿色金融方面,加入控制变量后,均通过了 10% 的显著性水平检验,说明数字经济通过促进绿色金融发展进而提升农业生态产品价值转化效率,验证了假说 3,即绿色金融主要通过加大资金投入以及将生态产品作为合格抵押物等方式实现促进作用。

### 3.5 异质性分析

#### 3.5.1 区域异质性分析

将长江经济带划分为上、中、下游 3 个地区,分析数字经济对农业生态产品价值转化效率的异质性影响。结果(表 8)表明,下游地区数字经济对农业生态产品价值转化效率的作用显著为正,中游和上游不显著,通过了 Chow 检验,表现出明显的异质性特征。原因在于下游地区是数字经济的创新策源地和应用高地,数字基础设施完善,技术应用成本较低,带动农业产业与文旅、康养等产业融合,促进农业生态产品交易,提高农业生态产品价值转化效率。中游数字基础设施在快速普及,但数字技术与农业生态经

济的融合可能停留在流通环节,农业生态产品的精深加工和服务产业链延长不足,因此表现为不显著。上游虽然拥有优质的农业生态产品,但山区地形复杂,数字基础设施建设和维护成本高、覆盖度低,农民和农业合作社的数字素养普遍较低,缺乏应用数字技术和工具的能力,因此对于通过数字经济实现生态价值溢价转化的能力较为薄弱,上游地区数字经济对农业生态产品价值转化效率的影响不显著。

表 7 数字经济对农业生态产品价值转化效率影响机制检验结果

Table 7 Analysis results of mechanisms through which digital economy influences value conversion efficiency of agricultural ecological products

变量	绿色技术创新	绿色金融
数字经济	1.272** (0.561)	0.058* (0.030)
经济发展水平	0.613*** (0.126)	-0.005 (0.008)
产业结构高级化	-0.119* (0.070)	-0.013*** (0.004)
金融发展水平	0.196*** (0.060)	0.010*** (0.004)
城镇化水平	-0.619 (0.457)	0.038 (0.027)
常数项	-3.021** (1.33)	0.306*** (0.080)
观测值	1 089	1 089

#### 3.5.2 资源禀赋异质性分析

长江经济带各城市的发展状况与资源禀赋不尽相同,各城市数字经济对农业生态产品价值转化效率的影响可能存在资源禀赋异质性。由表 8 可知,数

数字经济对农业生态产品价值转化效率的影响在资源型城市显著,在非资源型城市不显著,且通过了Chow 检验,说明数字经济在资源型城市对农业生态产品价值转化效率的促进作用更为明显。原因可能在于资源型城市通常面临“资源诅咒”的困境,而数字经济可以打破瓶颈,电商平台跨越地理限制,将农

业生态产品对接全国消费大市场,数字经济的边际效应递增,效果显著。非资源型城市农业市场与渠道相对成熟,数字渠道存在边际效益递减,其对整体效率的提升幅度不如资源型城市显著,数字技术更多是维持竞争力的必要手段,带来的效率提升被激烈的市场竞争所抵消。

表 8 数字经济对农业生态产品价值转化效率的异质性分析

Table 8 Heterogeneity analysis on value conversion efficiency of agricultural ecological products influenced by digital economy

变量	区域异质性			资源禀赋异质性	
	下游	中游	上游	资源型城市	非资源型城市
数字经济	1.133*** (0.257)	0.086 (0.371)	-0.351 (0.278)	0.589** (0.235)	0.107 (0.258)
常数项	2.020 (0.602)	2.311*** (0.865)	1.427** (0.990)	-0.121 (0.558)	2.844*** (0.638)
系数差异 $\rho$ 值		0.000			0.000
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	429	352	308	506	583

3.6 空间溢出效应

为了检验数字经济对农业生态产品价值转化效率是否存在空间溢出效应,首先进行空间自相关检验。表 9 表明,除个别年份外,数字经济和农业生态产品价值转化效率均通过检验,在空间分布上呈现显著的正向集聚特征,即存在明显的空间自相关关系。其次,参考 Elhorst<sup>[30]</sup> 的检验方法,依次进行 LM 检验、LR 检验、Wald 检验(表 10),可以看出,空间杜宾模型最优,空间杜宾模型不会退化为空间误差模型或空间滞后模型。双向固定模型可以消除时间和个体的影响,因此采用双向固定的空间杜宾模型并构建经济地理空间权重矩阵进行实证分析。

回归结果(表 11)表明,数字经济回归系数(main)显著为正,数字经济对农业生态产品价值转化效率存在正向影响。数字经济的滞后项系数( $W_x$ )显著为正,表明周边地区的数字经济会对本地农业生态产品价值转化效率产生影响。

表 9 数字经济和农业生态产品价值转化效率的全局莫兰指数

Table 9 Global Moran's index of digital economy and value conversion efficiency of agricultural ecological products

年份	农业生态产品价值转化效率	数字经济	年份	农业生态产品价值转化效率	数字经济
2012	0.085***	0.126***	2018	0.066***	0.091***
2013	0.161***	0.116***	2019	0.040***	0.102***
2014	0.134***	0.115***	2020	0.020**	0.097***
2015	0.087***	0.111***	2021	0.011	0.088***
2016	0.056***	0.113***	2022	0.023**	0.105***
2017	0.078***	0.097***			

表 10 数字经济对农业生态产品价值转化效率的空间模型选择

Table 10 Spatial model selection for value conversion efficiency of agricultural ecological products influenced digital economy

检验方法	统计值	$\rho$ 值
LM Spatial Error	166.820	0.000
Robust LM Spatial Error	122.139	0.000
LM Spatial Lag	44.836	0.000
Robust LM Spatial Lag	0.155	0.693
LR 检验(LR-SDM-SAR)	143.89	0.016
LR 检验(LR-SDM-SEM)	21.840	0.001
Wald 检验(Wald-LR-SDM-SAR)	92.940	0.000
Wald 检验(Wald-LR-SDM-SEM)	94.960	0.000

空间自相关系数( $\rho$ )显著为正,表明本地的农业生态产品价值转化效率受到邻近地区的正向影响。将数字经济对农业生态产品价值转化效率的空间影响进一步分解为直接效应、间接效应和总效应(表 11),直接效应在 5% 水平下显著为正,间接效应和总效应在 10% 水平下显著为正,说明数字经济不仅能够影响当地农业生态产品价值转化效率,还能对周边城市农业生态产品价值转化效率产生影响。间接效应大于直接效应,表明数字经济发展不仅能提升本地农业生态产品价值转化效率,还能带动周边地区农业生态产品价值转化,且空间溢出效应成为推动农业生态产品价值转化的重要动力。其原因在于数字经济的广覆盖性、高创新性和强渗透性促进了农业生态产品在区域间流动,降低了由于区域间信息不对称而产生的交易成本,使得区域间农业生态产品交易更加便捷,促进区域合作发展。

表 11 数字经济对农业生态产品价值转化效率影响的空间杜宾模型回归结果  
Table 11 Regression results of spatial Durbin model on value conversion efficiency of agricultural ecological products influenced digital economy

项目	main	$W_x$	直接效应	间接效应	总效应
数字经济	0.317 <sup>**</sup> (0.155)	3.008 <sup>**</sup> (1.445)	0.402 <sup>**</sup> (0.170)	8.507 <sup>*</sup> (4.682)	8.909 <sup>*</sup> (4.748)
经济发展水平	-0.058(0.036)	-0.394(0.252)	-0.070 <sup>**</sup> (0.034)	-1.238 <sup>*</sup> (0.737)	-1.308 <sup>*</sup> (0.737)
产业结构高级化	-0.047 <sup>**</sup> (0.021)	-0.204(0.135)	-0.099 <sup>*</sup> (0.050)	-3.116 <sup>**</sup> (1.317)	-3.215 <sup>**</sup> (1.333)
金融发展水平	0.014(0.018)	-1.209 <sup>***</sup> (0.146)	-0.019(0.018)	-3.378 <sup>***</sup> (0.867)	-3.396 <sup>***</sup> (0.874)
城镇化水平	0.137(0.126)	5.032 <sup>***</sup> (1.157)	0.051(0.048)	2.663 <sup>**</sup> (1.254)	2.714 <sup>**</sup> (1.270)
空间自相关系数 (rho)			0.636 <sup>***</sup> (0.087)		
观测值			1089		

## 4 结论

(1) 2012—2022年长江经济带农业生态产品价值转化效率呈上升趋势。数字经济对农业生态产品价值转化效率具有显著的正向促进作用,其影响在控制各项干扰因素后依然稳健。

(2) 数字经济通过促进绿色技术创新和绿色金融发展显著提升农业生态产品价值转化效率。

(3) 数字经济对下游地区的农业生态产品价值转化效率提升作用显著。数字经济在资源型城市对农业生态产品价值转化效率的促进作用更大。

(4) 数字经济对农业生态产品价值转化效率存在明显的空间溢出效应。

## 5 讨论

本研究通过核算农业生态产品的生态价值,将其作为生态资本投入,测算长江经济带各地级市农业生态产品价值转化效率。在生态价值核算过程中,囿于相关参数的可得性,采用了统一的参数,核算结果可能与长江经济带不同城市、不同年份的实际价值水平存在一定误差。由于农业生态产品价值转化效率的测度不只涉及生态价值的投入,还受农业机械总动力、劳动力、农作物总播种面积等投入指标以及产出指标的影响,但生态价值的测算误差不会对农业生态产品转化效率和模型估计结果造成较大影响。研究时段内长江经济带农业生态产品价值转化效率核密度函数峰值集中在0.5左右,显示长江经济带农业生态产品价值转化效率普遍偏低,这与董丙瑞等<sup>[13]</sup>研究的中国农业生态产品价值转化效率有所不同,原因可能在于一方面其研究的农业生态产品包含了农林牧渔,而本研究的是狭义农业即种植业。另一方面,其研究针对中国省域尺度展开,本研究则聚焦于长江经济带地级市。在剖析数字经济

对生态产品价值转化的作用机制方面,本研究着重于从数字经济促进解决生态产品价值转化的“四难”方面展开分析,结果显示数字经济对长江经济带农业生态产品价值转化效率具有显著的正向影响,这与孔凡斌等<sup>[3]</sup>开展的数字经济对森林生态产品价值转化效率的影响研究结论一致,再次验证了数字经济赋能生态产品价值转化的理论逻辑。

## 6 建议

(1) 加强数字经济与农业生态产品融合。加快构建长江经济带统一农业生态产品大数据平台,实现对农业生态产品价值的精准计算与实时评估。探究长江经济带农业生态产品数字化发展模式,建设数字化农业生态产品价值转化示范基地。强化农业生态产品交易平台的数智化建设,实现农业生态资源信息化管理平台与交易平台的嵌套管理,促进农业生态产品价值转化。

(2) 推动绿色金融工具创新。金融机构应结合长江经济带农业生态产品特色,研发更贴合生态产业特征的绿色信贷、保险和基金产品,解决农业投入大、周期长、风险高和回资慢等问题。鼓励金融机构以项目投入、资金投入等方式参与到长江经济带横向生态补偿,拓宽绿色金融应用于农业生态产品价值转化的渠道。金融机构应为经营主体提供定制金融化服务,创新农业生态产品抵押模式,解决经营主体资金周转困难等问题。

(3) 发挥绿色技术创新的驱动作用。充分利用长江经济带相关高校、科研院所的资源优势,积极推进相关研究项目建设,培养农业绿色技术创新领域的专业性人才,为实现本地农业生态产品价值转化提供强有力的人才支持。应不断完善绿色技术创新知识产权的保护机制,保障创新主体利益,激发创新活力,推动绿色技术成果与农业产业融合。大力倡

导和推广绿色消费,激发绿色技术创新需求,促进农业生态产品价值的高效转化。

(4) 制定差异化区域发展策略。长江经济带上游城市应加强数字基础设施建设,提高农业生态产品相关人员的数字素养;中游城市应将数字经济充分融合到农业生态产品的生产和消费环节,促进农业生态产品精深加工与消费;下游城市应加快农业绿色转型发展,夯实农业生态产品价值转化的生态基础。资源城市应充分使用数字技术赋能生态修复与绿色转型,将其资源禀赋优势转化为经济优势;非资源型城市应联合建立统一的区域生态品牌、标准和溯源平台,形成既竞争又互补的特色农业生态产品体系,提高市场竞争力。

(5) 促进长江经济带区域协同发展。数字经济水平高的城市应依托数字技术不断加强农业与相关产业融合,延伸产业链,周边低水平城市应最大限度承接高水平地市“数字外溢”,利用溢出效应促进农业生态产品价值转化。例如下游数字基础好的城市算力资源溢出至上游地区,将上游的生态保护正外部性货币化,实现生态价值在空间上的经济性溢出与补偿,充分发挥数字经济对长江经济带农业生态产品价值转化效率的空间贡献能力。

#### 参考文献 (References)

- [1] 张林波,虞慧怡,李岱青,等.生态产品内涵与其价值实现途径[J].农业机械学报,2019,50(6):173-183.  
Zhang Linbo, Yu Huiyi, Li Daiqing, et al. Connotation of ecological products and approaches to their value realization [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(6): 173-183.
- [2] 孔凡斌,王宁,徐彩瑶.“两山”理念发源地森林生态产品价值实现效率[J].林业科学,2022,58(7):12-22.  
Kong Fanbin, Wang Ning, Xu Caiyao. Value realization efficiency of forest ecological products in the place of origin of ‘Two Mountains’ theory [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2022, 58(7): 12-22.
- [3] 孔凡斌,程文杰,徐彩瑶.数字经济发展能否提高森林生态产品价值转化效率:基于浙江省丽水市的实证分析[J].中国农村经济,2023(5):163-184.  
Kong Fanbin, Cheng Wenjie, Xu Caiyao. Does the development of digital economy improve the value conversion efficiency of forest ecological products: An empirical analysis based on Lishui City, Zhejiang Province [J]. Chinese Rural Economy, 2023(5): 163-184.
- [4] 高晓龙,张英魁,马东春,等.生态产品价值实现关键问题决策路径[J].生态学报,2022,42(20):8184-8192.  
Gao Xiaolong, Zhang Yingkui, Ma Dongchun, et al. Pathways to solving key issues in realizing the value of ecological products [J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(20): 8184-8192.
- [5] 惠欣欣,许宪春,朱莉.生态产品价值核算研究综述及问题与对策建议[J].统计研究,2024,41(7):13-28.  
Hui Xinxin, Xu Xianchun, Zhu Li. A review of research on the valuation of ecological products and suggestions for problems and countermeasures [J]. Statistical Research, 2024, 41(7): 13-28.
- [6] Zalutskyy I. Socio-economic environment of city in digital economy development: Conceptual grounds of conversion [J]. Regional Economy, 2019(2(92)):56-66.
- [7] 陈祖海,符斌.创新水平视角下数字经济对环境污染的影响:以长江经济带40个沿线城市为例[J].长江流域资源与环境,2024,33(1):126-138.  
Chen Zuhai, Fu Bin. The impact of the digital economy on environmental pollution from the perspective of innovation: A case study of 40 cities along the Yangtze River economic belt [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2024, 33(1): 126-138.
- [8] 费威,安芷萱.农村数字经济与农业绿色发展的耦合协调研究[J].农林经济管理学报,2024,23(3):317-325.  
Fei Wei, An Zhixuan. Research on the coupling and coordination of rural digital economy and green agricultural development [J]. Journal of Agro-Forestry Economics and Management, 2024, 23(3): 317-325.
- [9] 蒋团标,何金盛.数字技术能否引领农业高质量发展突破“胡焕庸线”?[J].农林经济管理学报,2025,24(3):330-342.  
Jiang Tuanbiao, He Jinsheng. Can digital technology lead to high-quality agricultural development and break through the “Hu Huanyong Line”? [J]. Journal of Agro-Forestry Economics and Management, 2025, 24(3): 330-342.
- [10] 陈倩茹,陈彬,谢花林,等.数字赋能生态产品价值实现:基本逻辑与典型路径[J].中国土地科学,2023,37(11):116-127.  
Chen Qianru, Chen Bin, Xie Hualin, et al. Realizing the value of ecological products through digital empowerment: Fundamental logic and typical pathways [J]. China Land Science, 2023, 37(11): 116-127.
- [11] 李铜山,黄延龙.增加农业生态产品供给:现状、障碍及对策[J].中州学刊,2020(12):38-43.  
Li Tongshan, Huang Yanlong. Increasing the supply of agricultural ecological products: Current situation, obstacles and countermeasures [J]. Academic Journal of Zhongzhou, 2020(12): 38-43.
- [12] 李晓燕,王彬彬,黄一粟.基于绿色创新价值链视角的农业生态产品价值实现路径研究[J].农村经济,2020(10):54-61.

- Li Xiaoyan, Wang Binbin, Huang Yisu. Research on the value realization path of agricultural ecological products from the perspective of green innovation value chain [J]. *Rural Economy*, 2020(10):54-61.
- [13] 董丙瑞,李心毓,陈宋艺,等.中国农业生态产品价值转化效率空间格局及动态演进[J].*中国环境管理*,2025,17(2):16-26.  
Dong Bingrui, Li Xinyu, Chen Songyi, et al. Spatial pattern and dynamic evolution of agricultural ecological product value conversion efficiency in China [J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2025, 17(2):16-26.
- [14] 马贤磊,郭仪凤,金铂皓.从“合作社+公司”到合作社办公司:组织模式转变如何促进农业生态产品价值实现[J].*中国农村经济*,2024(10):42-63.  
Ma Xianlei, Guo Yifeng, Jin Bohao. From “cooperative companies” to cooperatives running companies: How organizational model conversion promotes the realization of agricultural ecological product value [J]. *Chinese Rural Economy*, 2024(10):42-63.
- [15] 郭家琛,王智新.数字基础设施建设与城市绿色技术创新:来自“宽带中国”城市试点的证据[J].*经济体制改革*,2024(1):184-192.  
Guo Jiachen, Wang Zhixin. Digital infrastructure construction and urban green technology innovation: Evidence from the ‘broadband China’ urban pilot [J]. *Reform of Economic System*, 2024(1):184-192.
- [16] 刘志铭,童琳,钟华明.企业数字化转型与绿色技术创新:来自制造业上市公司的证据[J].*广东社会科学*,2024(1):37-47.  
Liu Zhiming, Tong Lin, Zhong Huaming. Digital conversion and green technological innovation in enterprises: Evidence from listed manufacturing companies [J]. *Social Sciences In Guangdong*, 2024(1):37-47.
- [17] 吴平,祝瑗穗.乡村振兴背景下绿色金融助力生态产品价值实现的路径研究[J].*农村金融研究*,2022(3):53-62.  
Wu Ping, Zhu Yuansui. Research on the pathways for green finance to facilitate the realization of ecological product values in the context of rural revitalization [J]. *Rural Finance Research*, 2022(3):53-62.
- [18] 许寅硕,薛涛.基于绿色金融的生态产品价值实现机制[J].*济南大学学报(社会科学版)*,2023,33(1):101-112.  
Xu Yinshuo, Xue Tao. Mechanism for realizing the value of ecological products based on green finance [J]. *Journal of University of Jinan (Social Science Edition)*, 2023,33(1):101-112.
- [19] 王娜,苏红岩,李京梅.生态产品价值实现效率:概念解析、理论逻辑与测度方法[J/OL].*生态学报*,2025,(24):1-11[2025-12-27].  
Wang Na, Su Hongyan, Li Jingmei. Efficiency of ecological product value realization: Conceptual analysis, theoretical logic, and measurement methods [J/OL]. *Acta Ecologica Sinica*, 2025,(24):1-11[2025-12-27].
- [20] 欧阳志云,肖焱,朱春生,等.生态系统生产总值(GEP)核算理论与方法[M].北京:科学出版社,2021.41-42.  
Ouyang Zhiyun, Xiao Yi, Zhu Chunsheng, et al. Theory and method of gross ecosystem product (GEP) accounting [M]. Beijing: Science Press, 2021.41-42.
- [21] 赵涛,张智,梁上坤.数字经济、创业活跃度与高质量发展:来自中国城市的经验证据[J].*管理世界*,2020,36(10):65-76.  
Zhao Tao, Zhang Zhi, Liang Shangkun. Digital economy, entrepreneurship activity, and high-quality development: Empirical evidence from Chinese cities [J]. *Management World*, 2020,36(10):65-76.
- [22] 杜世勋,刘海江,张梦莹,等.水源涵养型国家重点生态功能区生态系统服务功能评估[J].*生态学报*,2022,42(11):4349-4361.  
Du Shixun, Liu Haijiang, Zhang Mengying, et al. Assessment of ecosystem service functions in key national ecological function zones for water conservation [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022,42(11):4349-4361.
- [23] 盛莉,金艳,黄敬峰.中国水土保持生态服务功能价值估算及其空间分布[J].*自然资源学报*,2010,25(7):1105-1113.  
Sheng Li, Jin Yan, Huang Jingfeng. Estimation of the value of ecological service functions of soil and water conservation in China and their spatial distribution [J]. *Journal of Natural Resources*, 2010,25(7):1105-1113.
- [24] 张娜.陕西省农田生态系统服务价值评估及其空间规划建议[J].*中国农业资源与区划*,2024,45(6):244-253.  
Zhang Na. Assessment of farmland ecosystem service value in Shaanxi province and its spatial planning recommendations [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2024,45(6):244-253.
- [25] 徐彩瑶,任燕,孔凡斌.人力资本对森林生态产品价值实现效率的影响研究[J].*农林经济管理学报*,2025,24(3):418-429.  
Xu Caiyao, Ren Yan, Kong Fanbin. A study on the impact of human capital on the efficiency of forest ecosystem product value realization [J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2025, 24(3):418-429.
- [26] Tone K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 2002,143(1):32-41.