

陕西森林生态产品价值转化效率的区域非均衡性、影响因素及空间溢出效应

黄怀玉, 龚直文

西北农林科技大学经济管理学院, 杨凌 712100

摘要:【目的】森林生态产品价值实现能推动生态优势转化为经济优势, 促进地区经济社会发展。准确评估森林生态产品价值转化效率是评判其价值实现状况的基础, 有助于激活生态资源, 释放生态“红利”。

【方法】本研究基于 Super-SBM 模型、Dagum 基尼系数分解和空间杜宾模型, 评估 2010-2022 年陕西森林生态产品价值转化效率, 探究价值转化效率的演变特征、空间格局及区域差异, 并确定价值转化效率的影响因素及空间溢出效应。【结果】(1) 陕西森林生态产品价值转化效率表现出区域上的非均衡性, 呈现“陕北>关中>陕南”的空间分布格局。2010-2022 年, 陕西平均森林生态产品价值转化效率为 0.773, 有五分之三的城市低于平均水平。高效区数量逐渐增加, 高度低效区数量逐渐减少, 但仍有 53% 的区县没有达到高效水平。(2) 从 Dagum 基尼系数的测度结果来看, 陕西森林生态产品价值转化效率的区域差异随着时间的推移呈现波动下降的趋势, 超变密度在总体差异中的贡献最大, 是造成森林生态产品价值转化效率空间非均衡性的主要来源。(3) 在影响因素方面, SDM 回归结果显示, 年均降水量和第一产业发展水平对森林生态产品价值转化效率具有显著的积极影响, 而政府干预和农业机械化水平对其存在显著的抑制作用。经济发展水平产生了正向的溢出效应, 产业结构和人均收入水平则存在空间负溢出效应。【结论】最后, 基于研究结论提出针对性的对策建议, 为完善生态产品价值实现机制提供科学依据。

关键词: 森林生态产品; 转化效率; 空间差异; 溢出效应; 空间计量; 陕西

Regional unevenness, influencing factors and spatial spillover effects of conversion efficiency of forest ecological products value in Shannxi Province, China

HUANG Huaiyu, GONG Zhiwen

College of Economics and Management, Northwest A&F University, Yangling 712100, China

Abstract: 【Objective】The value realization of forest ecological products can promote the transformation of ecological advantages into economic advantages and facilitate regional economic and social development. Accurately assessing the conversion efficiency of forest ecological products value (EFEPs) is the basis for judging its value realization, which helps to activate ecological resources and release ecological "dividends". 【Method】Based on the Super-SBM model, Dagum's Gini coefficient decomposition and the spatial Durbin model, this study assesses the conversion efficiency of forest ecological products value in Shaanxi from 2010 to 2022, explores its evolutionary characteristics, spatial patterns and regional differences, and identifies the influencing factors and the spatial spillover effect. 【Result】Fistly, the EFEPs in Shaanxi shows regional imbalance, with a spatial distribution pattern of "Northern Shaanxi > Guanzhong > Southern Shaanxi", and the average EFEPs in Shaanxi from 2010 to 2022 is 0.773, with three-fifths of the cities lower than the average level. The number of high-efficiency zones gradually increases and the number of highly inefficient zones gradually decreases, but 53% of the districts and counties still do not reach the high-efficiency level. Secondly, from the measurement results of Dagum's Gini coefficient, the regional differences in the EFEPs show a fluctuating downward trend over time, and the hypervariable density contributes the most to the overall differences, which is the main source of spatial imbalance in the EFEPs. Thirdly, in terms of influencing factors, the SDM regression results show that the average annual precipitation and the level of primary industry development have a significant positive effect on the EFEPs, while government intervention and the level

of agricultural mechanisation have a significant inhibitory effect. The level of economic development has a positive spillover effect, while the industrial structure and the level of per capita income have a spatial negative spillover effect. 【Conclusion】 Finally, based on the research findings, targeted countermeasures are proposed to provide a scientific basis for improving the value realization mechanism of ecological products.

Keywords: forest ecological products; conversion efficiency; regional differences; spillover effects; Shaanxi

1 引言

森林作为陆地生态系统的重要组成部分,不仅为人类生存和发展创造条件,而且还提供丰富的生态产品,在调控区域气候和维持全球碳循环等方面发挥着不可或缺的作用(Ellison et al., 2017)。根据世界银行发布的《世界发展指标》,2022 年全球名义 GDP 总量为 101 万亿美元,同比增长了 3.8%。然而,经济发展和人口增长带来的城市扩张和工业化,导致森林生态系统功能遭到严重破坏,森林生态产品供给水平大幅下降(Song et al., 2024)。从气候变暖和生物多样性的丧失,到水文和养分循环的变化以及自然资源的枯竭,都可能对人类社会的可持续发展产生负面影响(Polasky et al., 2019)。这些潜在威胁引起了人们对生态系统服务的复原力和可持续性的广泛关注。人们逐渐思考如何获得经济增长与生态保护的共赢,即既享受生态系统提供的各项服务,又能获得经济价值。

在中国,山区和林区蕴含先天的自然资源优势,往往属于森林生态产品富集区(杜焱强等, 2022),但是更容易陷入生态富足与经济落后并存的“富饶的贫困”陷阱中(李彦军等, 2022)。国家林草局公布的《2021 中国林草资源及生态状况》的数据表明,2021 年我国林草植被总碳储量为 114.43 亿吨,生态产品总价值量达到 28.58 万亿元(罗必良, 2023)。然而,农村居民人均可支配收入仅达到 18931 元。农民有限的收入与农村庞大的生态资产存量存在严重失衡。具备丰富生态资源的地区,如果能够通过机制设计将生态资源转变为生态资产和生态资本,必将产生经济效益(王宾, 2022; 温铁军等, 2021)。为此,中国出台了《关于建立健全生态产品价值实现机制的意见》的政策文件,旨在建立生态产品价值实现机制及推进生态产业化和产业生态化,号召广大农村地区发挥生态优势就地就近致富(王金南等, 2021)。近年来,中国出现了大量以生态产品价值实现为中心的案例,如陕西林业碳票管理和生态贷”金融产品、福建“森林生态银行”和“水美经济”模式、浙江森林碳封存交易项目(Xu et al., 2023)。在此背景下,如何衡量生态产品价值实现,从而持续有效地提高人民收入水平,是亟待解决的一项重要现实问题。

生态产品价值实现的本质就是在不损害生态系统的前提下,将生态环境视为现代经济体系的核心生产要素,与土地、劳动力、技术等要素共同纳入生产、分配、交换和消费等社会生产全过程,为生态产品创造现金流,实现生态环境保护效益外部化和成本内部化(王金南等, 2021; Wang et al., 2016; Ma et al., 2020)。建立生态产品价值实现机制的目的是使生态产品提供者和生态系统保护者获得经济利益,促进自然生态资本价值向国民经济生产总值转换,从根本上解决经济发展与环境保护相互矛盾的难题(朱颖等, 2018; 孔凡斌等, 2023)。生态产品价值实现程度的高低需要通过要素转化效率来衡量,价值实现效率越高,表明生态产品的生态效益向经济效益的转化效果越好,越能促进地区经济增长和居民增收(于浩和郑晶, 2019),从而能够在生态维度上实现共同富裕(郭韦杉和李国平, 2022)。因此,在新发展阶段,有必要评估森林生态产品价值转化效率,激活生态资源,释放更多生态“红利”。但是,未来各地区在推动生态产品价值实现方面是否应该采取“一刀切”的策略,还是每个地区的侧重点有所不同?现有的研究未能给出明确答案。在此背景下,探索森林生态产品价值转化效率及其驱动因素,研究这些因素的空间溢出效应具有重要的现实意义。

2 文献综述

探究森林生态产品价值转化效率,首先需要对森林生态产品进行界定和研究。生态产品的基础是生态系统服务,国际学者普遍将森林生态产品视为一种森林生态系统服务,并从生态系统服务功能划

分、价值评估和价值补偿等角度进行研究 (Ouyang et al., 2020)。Constanza (1997) 将生态系统服务定义为人类从生态系统中获取的效益。2005 年, 联合国千年生态系统评估 (MA) 沿用了 Constanza 的定义, 在《生态系统与人类福利评估框架》中将生态系统服务分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务四大类。2010 年, 国务院印发了《国家主要功能区规划》, 首次正式界定了生态产品。因此, 具有鲜明中国特色的生态产品, 可被定义为: 不损害生态系统稳定性和完整性的前提下, 生态系统为人类生产生活所提供的物质和服务 (Xie et al., 2023)。森林与人类共同生产的各类有形产品和无形服务都属于森林生态产品的范畴, 如林产品供给、防风固沙和水土保持等 (Ma et al., 2020)。森林生态产品价值, 则被定义为区域森林生态系统为人类生产生活所提供的最终生态产品的总价值量, 其产值可以用生态产品总值 (Gross Ecological Product, GEP) 或生态系统总产值 (Gross Ecosystem Product, GEP) 进行衡量 (Ouyang et al., 2013; 王金南等, 2021)。

在森林生态系统中, 如何科学量化生态产品价值的实现程度是具有挑战性的课题。森林生态产品价值转化效率被定义为从生态产品的服务价值中获得的经济收益, 反映了投入与产出之间的关系 (徐彩瑶等, 2023), 相关研究在区域、国家和全球层面较为少见。一方面, 森林生态产品的研究主要集中在内涵界定、价值评估与核算、价值实现路径等领域 (Wan et al., 2022; Zhang et al., 2022)。另一方面, 针对林业部门的效率研究数量众多, 主要围绕国内外的林业投入产出效率 (米锋等, 2013)、林业生产效率 (Xiong et al., 2018)、林业技术效率 (向红玲等, 2021)、林业生产力效率 (Lin and Ge, 2019) 等方面展开。随着研究的深入, 研究内容已从森林生态产品供给效率扩展到价值转化效率。林亦晴等 (2023) 在核算 GEP 的基础上, 认为生态产品价值实现率等于生态产品价值实现量与 GEP 的比值。其他学者主要利用无期望产出的 super-DEA 模型和 Malmquist 指数计算森林生态产品价值的转化效率, 并根据研究结果提出了优化路径 (Wang et al., 2023; Wang et al., 2022)。

影响生态产品价值转化程度和开发能力的因素广泛而复杂, 一些研究发现, 科技水平、经济水平、基础设施建设及产业结构等社会经济因素均会显著影响生态产品供给效率 (贺义雄等, 2022; 郑晶等, 2018), 气候变化对生态系统服务供给的效率有负面影响 (Susaeta et al., 2016)。此外, 多数研究已证实劳动力转移、乡镇林业工作站数、林业劳动力投入、森林覆盖率、林业从业人员受教育程度和集体林权改革均会对林业技术效率、林业投入产出效率、林业生产效率或林业资源效率产生影响 (向红玲等, 2021; 田淑英和许文立, 2012; Xiong et al., 2017; Zang et al., 2015; Li et al., 2017)。除此之外, 数字经济发展、地区开放度、人均可支配收入和环境污染等因子可能会影响森林生态产品价值转化效率 (Kong et al., 2023)。仅选取部分因素可能会导致不准确的结果, 必须同时考虑社会经济因素和自然因素对生态产品价值转化效率的影响。在测度效率的基础上, 以上研究应用了不同的计量回归方法探究相关决定因素的作用机制, 包括 Tobit 回归模型 (贺义雄等, 2022; 程文杰等, 2022)、随机效应模型 (Xiong et al., 2018)、GMM 动态面板模型 (盛蓉, 2023) 和时空地理加权回归模型 (Kong et al., 2023) 等。然而, 这些模型没有考虑空间相关性的影响, 空间计量模型被广泛应用于识别不同区域之间解释变量的空间依赖性和空间异质性。一些研究利用空间杜宾模型探索了生态效率 (Xue et al., 2021)、碳生产率 (Pan et al., 2020)、绿色发展效率 (Lu and Zhang, 2022)、农业绿色生产率 (Lei et al., 2023) 背后的空间交互效应和溢出效应。尽管这些研究具有重要意义, 但仍缺乏对森林生态产品价值转化效率的考察。

以上工作确定了三个重要的研究空白, 需要解决这些空白, 才能为森林资源的利用和转化提供参考借鉴。首先, 在研究对象上, 现有研究以传统的劳动力、资本和土地作为主要投入要素, 以生态产品总值或实际国内生产总值来表征产出指标, 主要测度在生态产品供给效率、林业生产效率、林业技术效率以及林业经营管理效率。而衡量生态产品价值实现的研究较少。其次, DEA 方法常用于评估生产效率, 但是传统的 DEA 方法无法处理投入和产出的松弛改进 (He and Hu, 2021)。虽然已有学者使用 super-SBM 模型来解决多个决策单元效率值为 1 的排序问题, 但却忽视了森林生态产品在价值转化过程的非期望产出。第三, 文献仅对转化效率的时空特征进行简要描述, 没有讨论转化效率的空间差异及差异来源。此外, 地区之间存在不同自然资源禀赋、产业优势、技术进步等客观因素, 传统面板模型忽略了空间效应, 这可能会导致估计偏差和不一致。

基于上述原因,本研究的主要目标和贡献为:第一,进一步完善森林生态产品价值转化效率的指标体系。创新性地将生态产品总值作为一种生态资本,列入经济增长的投入要素体系;同时考虑非期望产出,全面衡量生态资源转化为经济优势的程度。第二,集中评估转化效率空间差异及变异来源,不仅需要研究分布模式和总体差异,还需要分析区域之间和区域内部的差异。第三,采用包含权重矩阵的空间杜宾模型实证研究自然因素和社会经济因素对转化效率的影响,并探究空间溢出效应。

3 材料与方法

3.1 研究区概况

陕西省位于中国西北部,是连接东西方、南北的重要交通枢纽,承担着推动西部大开发和新丝绸之路经济带建设的重大任务(图2)。它的国土面积约为205,800km²,地势南北高、中间低,年平均气温为7°C-16°C,年平均降雨量为320-1258毫米。2022年,陕西国内生产总值3.28万亿元,常住人口3,956万人,林地面积为1,253万公顷,森林覆盖率为46.84%。根据资源禀赋和经济发展特点,陕西从北到南分为陕北、关中和陕南三大区域,总计10个城市和107个区县。陕北位于黄土高原,能源和矿产资源丰富,近年来成为陕西经济增长最快,持续性最强的地区,但是水土流失严重,生态环境脆弱。陕西中部地处关中平原,交通便利,科技实力强大,是陕西人口最多、经济最发达的地区。陕南位于植被覆盖率高的秦岭山脉,是中国重要的生态保护区,但交通闭塞,开发程度受限,经济发展水平较低。从林种分布区域来看,陕西省南部以经济林和天然林为主,北部有许多人工生态林,提供防风固沙和水土保持功能,三大自然条件差异显著,生态本底各不相同,由此也决定了各区域提供森林生态产品价值的显著差异(Liu et al., 2021)。由于数据限制,剔除碑林区、新城區、雁塔区、莲湖区、未央区、渭滨区和渭城区,选择陕西省100个区县为研究对象,定量评价森林生态产品价值转换效率及其影响因素,具有典型示范意义。

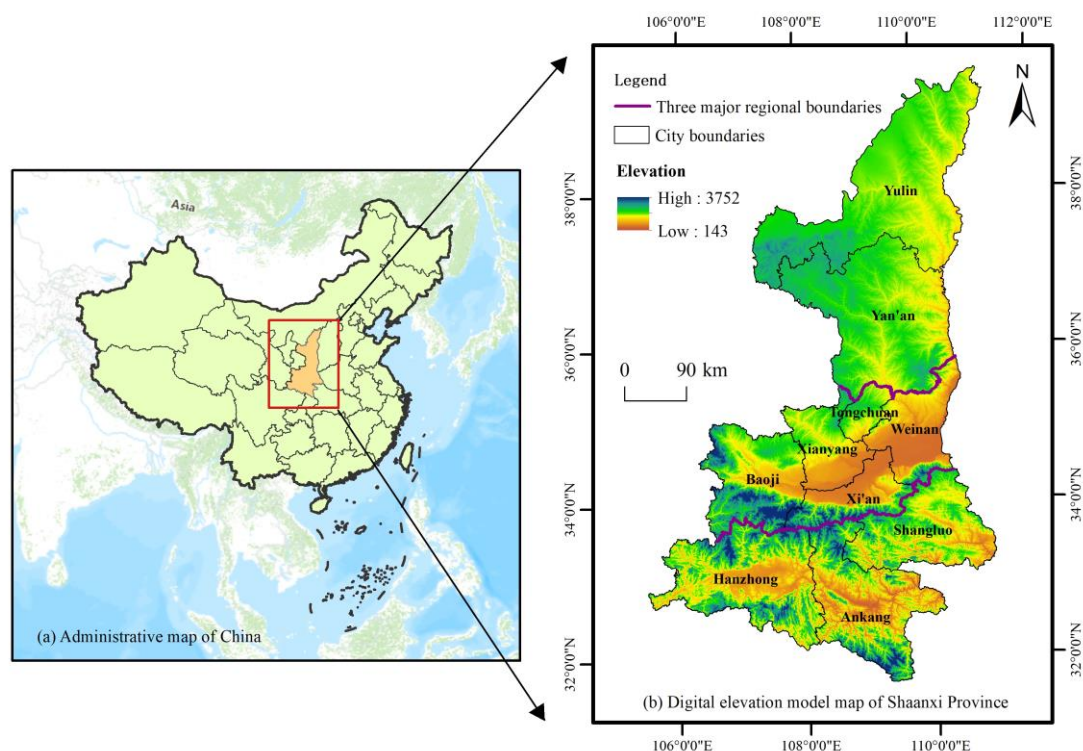


图1 研究区概况

3.2 研究方法

3.2.1 森林生态产品价值核算方法

现代生态经济学理论认为,无论是人工林还是天然林,其森林生态资本均可以作为现实或潜在的投入要素,以生产要素的形式进入社会经济系统,从而实现由使用价值向交换价值的转换。根据陕西省自然地理状况及森林生态系统所提供的服务,结合其他地区生态产品价值核算经验,陕西省森林生态产品价值等于物质产品价值、调节服务价值和文化服务价值之和(表1)。其中,调节服务价值包括碳固定、土壤保持、水源涵养、空气净化和气候调节。具体核算方法见文献(Wang et al., 2023)。

3.2.2 Super-SBM 模型

传统的 DEA 模型在测算效率时多侧重期望产出,采用径向或角度的 CCR 模型与 BCC 模型,并未充分考虑投入产出的冗余以及松弛情况(Zhang and Deng, 2022)。因此,本文选择 Super-SBM 模型测算陕西省森林生态产品价值转化效率。该模型具有非径向、非角度的特点,与传统的 SBM 模型相比,Super-SBM 不仅将非期望产出纳入投入产出分析框架并修正松弛变量,而且还有效解决了多个决策单元效率值为 1 的评价和排序问题(Cheng et al., 2023)。模型基本表达式为:

$$\rho = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 + \frac{1}{q_1 + q_2} (\sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{r=1}^{q_2} \frac{s_r^{b-}}{y_{tk}})}$$

$$x_k = X\lambda + s^-, y_k = Y\lambda - s^+, b_k = b\lambda + s^{b-}$$

$$\lambda \geq 0, s_i^- \geq 0, s_r^+ \geq 0, s_t^{b-} \geq 0$$

式中, ρ 是效率值, $\rho < 1$ 时,表示决策单元未达到生产前沿面,存在效率损失, $\rho \geq 1$ 时,意味着相对有效; m 、 q_1 和 q_2 分别为每个决策单元投入、期望产出和非期望产出的指标数量; x_k 、 y_k 和 b_k 分别表示决策单元的投入变量、期望产出变量和非期望产出变量; s_i^- 、 s_r^+ 和 s_t^{b-} 分别表示投入、期望产出和非期望产出的松弛变量; λ 是列向量, X 、 Y 和 b 是投入产出矩阵。

3.2.3 Dagum 基尼系数

作为衡量区域差异演变的常用统计量之一,相较于传统的基尼系数,Dagum 基尼系数不仅考虑了样本间的交叉重叠问题及子样本的分布状况,还能够更好地分析区域空间差异的主要来源,将差异(G)分解为区域内差异(Gw)、区域间差异(Gnb)和组间超变密度(Gt)。因此,本文采用 Dagum 基尼系数测量和分解陕西省及其地理分区(陕北、关中和陕南)森林生态产品价值转化效率的差异,并分析其差异形成原因。Dagum 总体基尼系数及差异贡献计算详见文献(Huang et al., 2023)。

3.2.4 空间计量模型

空间计量模型可有效解决面板数据的空间异质性问题以及截面数据的空间依赖性问题,并能准确量化被解释变量和解释变量之间的空间相互作用和空间溢出效应(Pan et al., 2020)。在空间计量模型中,空间滞后项和空间自相关系数被引入传统面板数据模型中,以分析空间关联和影响效应,主要包括空间滞后(SLM)、空间误差(SEM)和空间德宾模型(SDM)(Elhorst, 2012)。通过相关检验,本文最终使用固定效应空间杜宾模型来捕捉陕西森林生态产品价值转化效率的影响因素和溢出效应。具体公式如下:

$$Y_{it} = \rho WY_{it} + \beta X_{it} + \theta WX_{it} + \mu_{it} + \varepsilon_{it}$$

式中, i 和 t 分别表示空间单位和年份; Y_{it} 表示被解释变量,此处为森林生态产品价值转化效率; X_{it} 为解释变量; W 为空间权重矩阵; μ_{it} 是固定效应; ε_{it} 为随机扰动项; ρ 、 β 、 θ 分别为被解释变量的空间自回归系数、解释变量的待估计系数、解释变量的空间滞后项估计系数。关于空间权重矩阵的设置,不同区县之间的空间相关性不仅与地理距离有关,还与经济联系有关。因此本文综合考虑地理距离和经济两方面的因素,构建经济地理距离嵌套矩阵进行实证分析。

3.3 指标选取

3.3.1 投入产出指标

在技术和制度确定的条件下，定量分析资源配置的经济增长效率需引入转化效率这一概念。转化效率反映了最大产出度、预期目标和最佳的运营状态，即固定投入条件下，实际产出与最大产出之间的比率。理论上，技术进步效率、规模效率和配置效率共同影响转化效率（Chavas and Cox，1999）。同时，经济学理论认为资源配置效率、资本效率和技术效率将在不同程度和方向上影响生态产品价值转化效率。在经济发展过程中，森林生态产品价值的投入会对森林生态资源富集地区的经济增长产生重要影响。柯布-道格拉斯函数是最常用于研究投入产出效率的模型。土地、物质资本和劳动力是传统投入要素，森林生态产品价值作为现代生态经济增长理论的重要概念，也将被列入经济增长的要素体系。

基于以上分析，本文构建以下投入产出指标体系来评估陕西森林生态产品价值实现转化效率（表 2）。从生态、劳动力、资本和土地等方面分别选取森林生态产品价值、林业劳动力、林业固定资产投资和林地面积作为投入指标。由于在实际中无法直接获取县级林业劳动力数量，参考相关研究（李宁等，2017；何娴昕等，2021），本文将林业产值占第一产业产值的份额作为衡量林业劳动力占第一产业劳动力的比重，计算公式为：林业劳动力=第一产业劳动力×（林业产值/第一产业产值）。提高生态产品价值转化效率的目的是推动生态资源优势转化为经济发展势能，促进乡村可持续发展。因此，选择林业总产值作为期望产出指标。生态产品在生产、养护以及价值转化的过程中会产生污染问题，比如原料或产品的交通运输所带来的空气污染，就属于非期望产出（盛蓉，2023）。考虑到绿色发展要求、数据的可得性和可比性，本文选取 P M2.5 浓度作为非期望产出。

表 2 森林生态产品价值转化效率指标体系

类别	指标名称	指标选取	单位
投入指标	生态资本投入	森林生态产品价值	万元
	劳动投入	林业从业人员	人
	资本投入	林业固定资产投资	万元
	土地投入	林地面积	万平方米
期望产出	期望产出	林业总产值	万元
非期望产出	非期望产出	年均 PM2.5 浓度	微克/立方米

3.3.2 影响因素指标

本研究以森林生态产品价值转化效率作为被解释变量，从自然和社会经济的角度探讨影响森林生态产品价值转化效率的因素（表 3）。为消除异方差影响，对各变量采用对数处理。

表 3 影响因素描述性统计

变量	变量解释	缩写	单位	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
自然因子	年均降水量	PRE	mm	1300	6.347	0.252	5.564	7.134
	年均气温	TEM	℃	1300	2.433	0.180	1.836	2.745
经济发展	人均 GDP	PGDP		1300	0.805	0.554	-0.208	2.811
产业结构	第二产业增加值	IS	%	1300	-0.887	0.457	-2.830	-0.0830
	占 GDP 的比重							
政府干预	地方财政支出占	GOV	%	1300	-1.600	0.600	-3.265	-0.0372
	GDP 的比重							
第一产业	第一产业增加值	FVE	万元/人	1300	0.587	0.482	-0.981	2.217
	与第一产业从业人员							
发展水平	之比							

人均收入水平	农村居民人均可支配收入	RDI	%	1300	8.635	0.235	5.948	9.338
农业机械化水平	农业机械总动力	MEC H	千瓦	1300	12.06	0.743	9.812	14.16

3.4 数据来源

本研究的土地利用覆盖数据来自 Yang et al.(2021)在 GEE 平台上开发的中国长时间序列土地覆盖数据集 (CLCD), 其空间分辨率为 30 米, 可以在国家冰川冻土沙漠科学数据中心获取 (<http://www.ncdc.ac.cn/portal/>)。高程数据 (DEM) 来源于中国科学院地理空间数据云平台免费提供的 SRTMDEMUTM 90M 数字高程影像数据(<http://www.gscloud.cn>)。年均 PM2.5 浓度数据来源于圣路易斯华盛顿大学大气成分分析组 (Atmospheric Composition Analysis Group, ACAG) 发布的中国 PM2.5 空间分布数据集 (<https://sites.wu.stl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/#V5.GL.02>), 该数据集具有精度高、空间覆盖广等优点, 已经被学界广泛使用[31,32]。年均气温、年均降水量等气象数据来自国家地球系统科学数据中心 (<http://www.geodata.cn/>)。GDP、地方财政支出、旅游收入、第一产业从业人员和农业机械总动力等社会经济数据均来源于中国经济与社会大数据平台 (www.data.cnki.net)、中国县域统计年鉴、陕西历年统计年鉴、陕西区域统计年鉴、各市统计年鉴、各区县相应年份国民经济社会发展统计公报和政府工作报告等。为使数据具有可比性, 本文选用的所有经济类指标均以 2010 年为基期进行平减处理, 对于个别缺失数据和异常值采用线性插值法补齐。

4 结果与分析 Results

4.1 森林生态产品价值转化效率基本特征

利用 2010—2022 年陕西县级的面板数据, 建立基于非导向的超效率 SBM 模型, 得出陕西省 100 个区县的森林生态产品价值转化效率及其均值, 包括全省和三个地区的结果 (图 2 和图 3)。2010-2022 年, 陕西的 EFEPs 总体呈现小幅波动增长趋势, 从 0.700 上升至 0.847, 平均效率为 0.773。从地区来看, 陕北、关中和陕南的转化效率存在明显差异。陕北的效率由 0.972 下降至 0.869, 平均效率达到 0.921, 但依然远高于关中和陕南。关中和陕南的效率值呈现波动上升趋势, 平均效率分别为 0.733 和 0.707, 表明森林生态产品价值转化效率水平逐渐改善。陕北、关中和陕南的效率值在 2022 年均达到了 0.8, 三大地区之间的差异具有逐渐缩小的发展趋势。

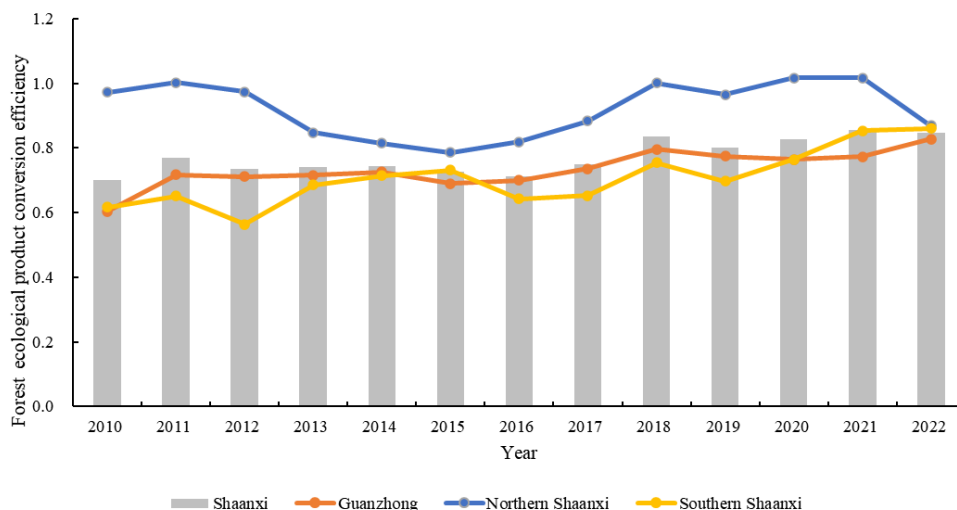


图 2 2010-2022 年陕西及其三大区域森林生态产品价值转化效率变化

对 2010—2022 年陕西 10 个城市森林生态产品价值转化效率的平均值进行评价（图 3），结果显示，陕西近五分之三的城市森林生态产品价值转化效率低于 0.8，且城市间存在较大差异。榆林市的平均效率值大于 1，且在研究期间均位于生产前沿面上，达到了 DEA 完全有效，资源配置较为合理。咸阳、铜川和汉中中的平均效率值均大于 0.8，处于中等位置，均大于全省的平均水平，且在个别年份达到了 DEA 有效水平。相比之下，排名较后的是渭南市和商洛市，效率均值分别为 0.518 和 0.579。尽管二者的森林生态产品价值转化效率还有很大的提升空间，但其效率水平在不断提高，渭南市由 2010 年的 0.439 提升至 2016 的 0.547，直到 2022 年的 0.586；商洛市由 2010 年的 0.591 上升至 2022 年的 0.819。值得注意的是，渭南市与商洛市处于低效率的原因不尽相同。商洛与安康等陕南地区植被覆盖度位于陕西省前列，具有较强的森林生态产品供给优势，却未达到 DEA 有效层面；而渭南市的森林覆盖率较低。森林生态产品价值转化效率的变化是一个复杂的过程，受到多种因素的综合影响。本文将在下一节中具体分析影响因子。

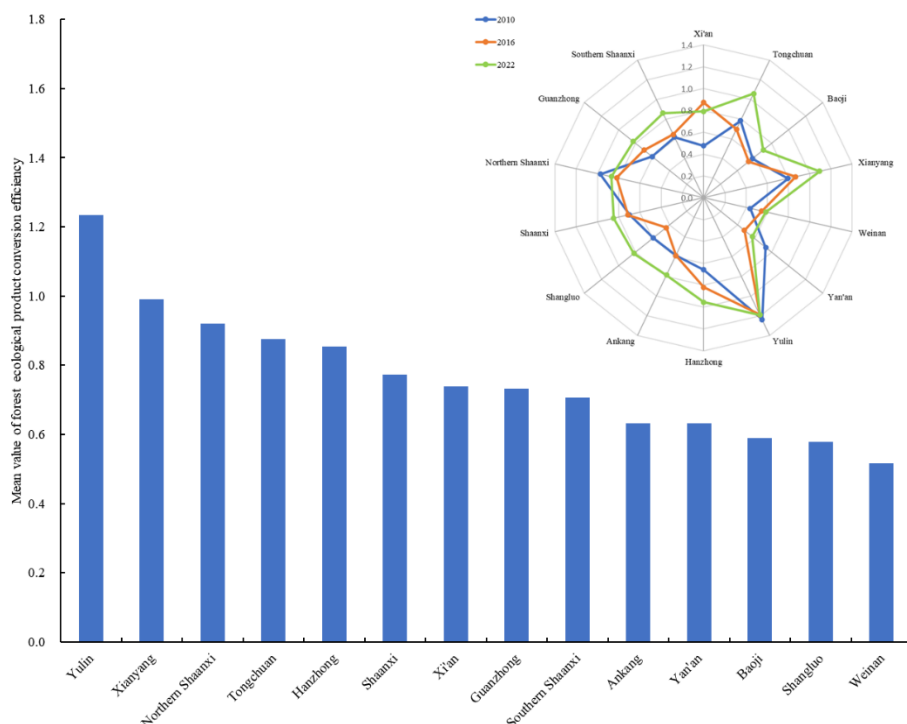


图 3 陕西森林生态产品价值转化效率平均排名

本文选取 2010 年、2016 年和 2022 年探讨陕西森林生态产品价值转化效率的空间分布格局和演变特征（图 4），并根据转化效率值将陕西各区县划分为 5 个等级。具体来说，根据 Super-SBM 模型的原则，效率值 ≥ 1 的区县被归类为高效区，其投入与产出达到了相对平衡的状态。对于效率值 < 1 的区县，将其划分为四种不同类别：近效率区 $[0.8\sim 1)$ 、略低效区 $[0.6\sim 0.8)$ 、中等低效区 $[0.4\sim 0.6)$ 和高度低效区 (< 0.4) 。从时间角度看，2010-2022 年陕西森林生态产品价值转化效率呈现明显的空间异质性。2010 年，有 38 个区县属于高效区，主要分布在榆林、咸阳、延安和安康等城市，其中定边、吴堡和杨陵的效率值最高，分别达到 2.218、1.972 和 1.684。旬邑、佛坪和镇巴等 8 个县属于略低效区，华阴、华州和周至等地属于高度低效区，主要集中于西安和渭南等城市。2010-2016 年，有 49 个区县的效率值呈现出增长态势，高度低效区和略低效区减少，中等低效区和近效率区增加，高效区数量不变。其中，效率最高的是定边县，最低的是华州区。相比于 2016 年，2022 年有 69 个区县的效率提高，高度低效区减少至 17 个，许多区县由高度低效区和略低效区转化为高效区。效率最高的是武功县（3.460），最低的是临潼区（0.256），两者之间的差距为 3.204。总体而言，虽然 2010-2022 年高度低效区逐渐下降，但仍有大部分区县处于中等低效水平，53%的地区没有达到高效水平，表明陕西森林生态产品的价值转化仍面临较大挑战。

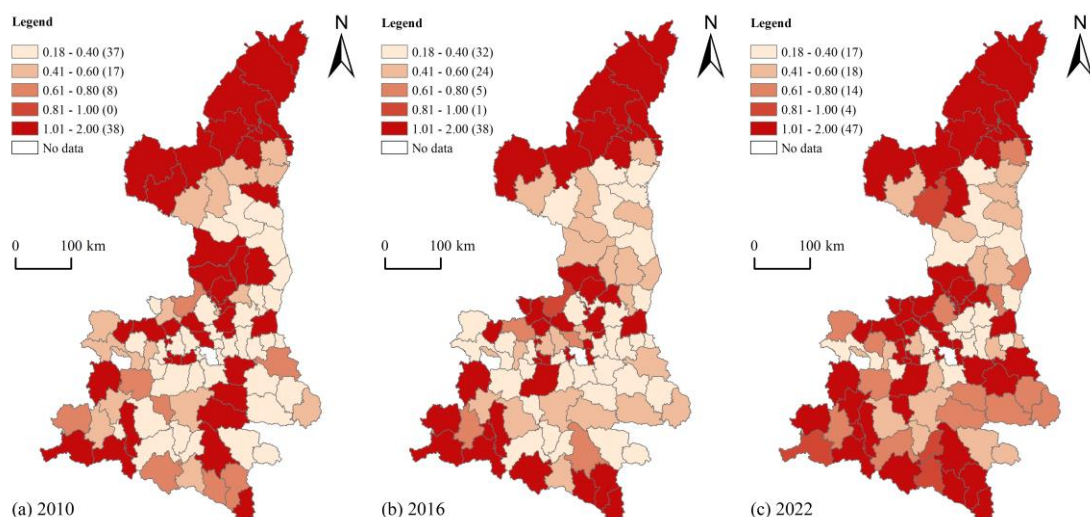


图 4 2010-2022 年陕西森林生态产品价值转化效率空间分布格局

4.2 EFEPs 的空间差异分析

进一步运用 Dagum 基尼系数及其分解方法分析陕西森林生态产品价值转化效率的空间差异及其差异的主要来源,结果如图 5 所示。研究期间,陕西森林生态产品价值转化效率的基尼系数呈现波动下降趋势,由 2010 年的 0.34 下降至 2022 年的 0.28,且阶段性特征突出。表明陕西森林生态产品价值转化效率的总体差异和区域差异在不断缩小,效率水平的协同性逐步增强。

从分解结果来看(图 5B),三大地区内存在明显的空间差异,陕北、关中和陕南基尼系数的均值分别为 0.32、0.33 和 0.24。由此可见,关中区域内森生态产品价值转化效率的差异最大,陕北次之,陕南最小。其次,从变化趋势来看,三大地区基尼系数整体上均出现了不同程度的下降,陕南的下降幅度最大,达到了 40.23%,这是由于陕西省支持陕南建设生态产品价值实现机制示范区,为陕南三市生态产品绿色循环发展注入了新动能。从区域间差异来看(图 5C),三大区域之间的基尼系数依然呈现较为明显的下降趋势,关中-陕北区域间差异最大,关中-陕南区域间的差异相对较小,均值分别为 0.34 和 0.29。造成这一现象的可能原因为:陕南生态产品价值实现机制的发展相对较早且更成熟,关中与陕南地域相邻,二者相互交流和经验效仿所带来的技术外溢使得两区域间价值转化效率差异减小。

图 5D 显示了 2010-2022 年陕西森林生态产品价值转化效率总体差异来源及其贡献。研究期间,区域内差异贡献、区域间差异贡献和组间超变密度贡献的均值和贡献率分别为 0.11 和 35.08%、0.06 和 18.08%、0.15 和 46.84%。可以发现,超变密度是构成陕西省森林生态产品价值转化效率空间非均衡性的主要来源,表明不同区域间的交叉重叠现象对总体差异的影响更大。从时序特征来看,区域内基尼系数保持在 0.10~0.12 之间,贡献率介于 32.81%~36.80%,占比相对较高且走势平稳。区域间基尼系数变化幅度较大,贡献率表现为“下降-上升-下降”的趋势,且区域间差异对总体差异的影响较小。

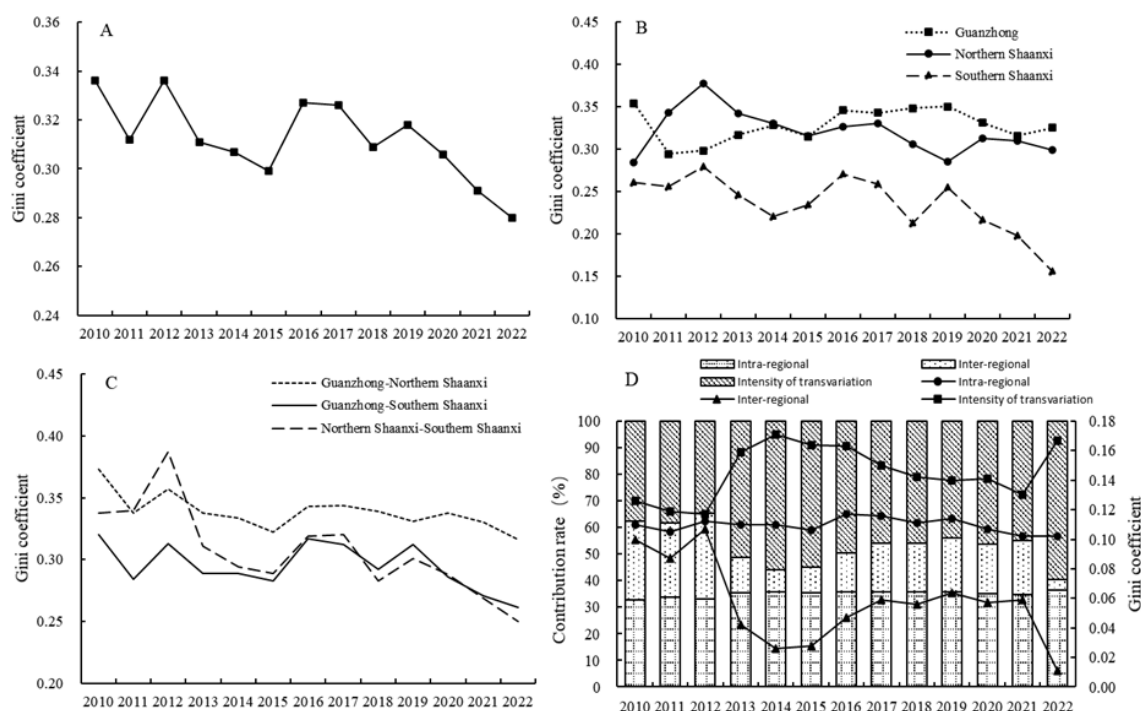


图 5 陕西森林生态产品价值转化效率的基尼系数及其分解结果
Gini coefficient and its decomposition results of EFEPs in Shaanxi

4.3 森林生态产品价值转化效率影响因素分析

4.3.1 空间计量检验

以森林生态产品价值转化效率为被解释变量，将自然因素、经济发展和产业结构等 8 个解释变量纳入回归模型，在回归之前，对变量进行多重共线性检验。结果表明，方差膨胀因子（VIF）均小于 7.5，最高的 VIF 为 2.82，即解释变量中不存在多重共线性，可进行后续操作。此外，还使用 HT、IPS 和 LLC 检验来测试每个变量的平稳性，避免出现伪回归现象。结果表明，有 6 个变量通过了单位根检验，且 2 个非平稳变量通过了协整检验，可以进行面板回归分析。全局空间自相关中的全局 Moran's I 指数值可以对研究区域整体的空间态势作出评价。经检验，全局 Moran's I 指数均在 1%、5% 和 10% 的水平上显著为正，表明陕西森林生态产品价值转化效率存在正向空间自相关，其空间分布不是随机的，而是具有显著的空间聚类特征。这意味着每个区县的 EFEPs 不仅受到自身环境的影响，而且还受到周围地区的影响。在研究其影响因素时，空间因子不容忽视。

为确定空间计量模型的具体形式，依次进行 LM 检验、LR 检验与联合显著性检验，结果如表 4 所示。首先，LM-lag、R-LM-lag 和 LM-error、R-LM-error 均在 1% 或 5% 的水平上显著，表明相较于普通面板回归，可以使用空间滞后模型和空间误差模型。其次，LR 检验和 Wald 检验均通过了 5% 水平的显著性检验，表明选取空间杜宾模型更为合适，SDM 模型在回归分析中不会退化为 SLM 模型和 SEM 模型。第三，豪斯曼检验结果表明，固定效应模型优于随机效应模型。第四，进一步的 LR 联合显著性检验表明，空间固定效应更适用于 SDM 模型。因此，本文选择空间固定效应 SDM 模型进行拟合分析。

表 4 空间面板模型选择的检验结果

	Test type	Statistic	P-value
LM Test	LM-lag	10.75***	0.001
	LM-error	31.78***	0.000
	Robust LM-lag	3.92**	0.048
	Robust LM-error	24.95***	0.000
LR Test	LR-lag	22.82***	0.004
	LR-error	16.04**	0.042
	LR-spatial FE	19.11	0.263
	LR-time FE	1920.27***	0.000
Wald Test	Wald-lag	23.01***	0.003
	Wald-error	15.04*	0.058
Hausman Test	Hausman	18.32**	0.019

4.3.2 空间计量结果分析

由表 5 可知，空间自相关系数（ ρ ）为 0.228，且在 10%水平上显著。这意味着森林生态产品价值转化效率存在正向空间溢出效应，进一步验证了采用 SDM 模型的合理性和必要性。从各变量的估计结果来看，年均降水量和第一产业发展水平分别在 5%和 1%显著性水平上对森林生态产品价值转化效率具有积极影响。政府干预和农业机械化水平的系数显著为负，表明二者在一定程度上均不利于本地区森林生态产品价值转化效率的提高。由于 SDM 回归的估计结果仅在方向和显著性上有效，自变量的估计系数并不代表对因变量的实际影响（Wang et al., 2019）因此，本研究采用偏微分法将各变量对转化效率的影响进一步分解为直接效应、间接效应和总效应（Pace and Lesage, 2009），进而准确表征变量间的空间溢出效应。直接效应是指影响因素对本地转化效率的影响，间接效应是指影响因素对邻近地区转化效率的空间溢出效应（Jiang et al., 2019）。

表 5 空间杜宾 SDM 模型回归结果及分解

SDM model				SDM model decomposition		
Variables	Coefficient	Variables	Coefficient	Direct effect	Indirect effect	Total effect
PRE	0.109**	W×PRE	-0.008	0.107**	0.030	0.137
	(0.055)		(0.091)	(0.053)	(0.104)	(0.084)
TEM	-0.114	W×TEM	-0.034	-0.107	-0.065	-0.172
	(0.099)		(0.245)	(0.099)	(0.314)	(0.292)
PGDP	0.001	W×PGDP	0.677***	0.006	0.912***	0.919***
	(0.059)		(0.239)	(0.061)	(0.298)	(0.301)
GOV	-0.126**	W×GOV	0.084	-0.119**	0.075	-0.044
	(0.060)		(0.293)	(0.058)	(0.369)	(0.376)
IS	-0.258	W×IS	-2.000	-0.260	-2.810*	-3.070*
	(0.213)		(1.306)	(0.208)	(1.626)	(1.619)
PVE	0.470***	W×PVE	-0.296**	0.469***	-0.241	0.228
	(0.050)		(0.141)	(0.048)	(0.180)	(0.178)
MECH	-0.105***	W×MECH	0.153	-0.104***	0.156	0.052
	(0.037)		(0.155)	(0.038)	(0.210)	(0.206)
RDI	0.037	W×RDI	-0.745***	0.031	-0.968***	-0.937***
	(0.069)		(0.256)	(0.066)	(0.313)	(0.305)

	0.228*
ρ	(0.128)
	0.061***
σ^2	(0.002)
R^2	0.149

注：括号中的数字表示标准错误，符号*、**和***分别表示 10%、5%和 1%水平的显著性。

气候因素年均降水量的直接效应显著为正，但间接效应不显著，这一发现与孔凡斌等（2023）一致。可能原因是降水量会影响土壤水分保持特性，导致植被生长差异（彭文甫等，2019；Wang et al., 2018），降水量的适度增加有利于改进价值转化效率。然而，降水引起的土壤水分变化对森林生长的作用是因地而异的，这种积极影响很难辐射到邻近地区。年均气温的回归系数均为负，但 3 种效应均未通过显著性检验，表明当前气温对森林生态产品价值转化效率的影响不明显，这与 Wu and Liu (2023) 的研究结果一致。增温同时会导致土壤呼吸的增加，从而引起碳排放增加。相对于降水的正向影响，气温对价值转化的抑制作用有限。

人均 GDP 的直接影响微不足道，间接效应的弹性系数为 0.912 且显著为正，强于直接效应。表明经济发展水平越高，在一定程度上越能促进邻近区域森林生态产品价值转化效率的提高，这与现有研究结论有所差异（Fang et al., 2022; Wang et al., 2023）。一方面，人均 GDP 的提高意味着人均生活水平的提高，这将导致公众对更好环境质量的认知和需求等发生改变，进而促使森林生态系统服务价值的提升（贺义雄等，2022）。另一方面，经济增长的同时也会占用生态产品供给所需的各类资本、土地等要素投入，不仅不利于合理配置要素资源，而且还会增加非期望产出（Zhou et al., 2018），降低森林生态产品价值转化效率。因此经济发展水平对本地森林生态产品价值转化效率的影响更为复杂，或者说优缺点的抵消效应使得经济增长对效率的影响较小。然而，本地区经济发展水平的提升能够吸引更多的人才、资金和技术支持并极大可能外溢到周围地区（Huang and Hou, 2023），进而影响森林资源的开发利用，推动生态资源转化为经济价值。

政府干预的直接效应显著为负，间接效应为正但无统计学意义。可能原因是对林业部门的财政支持有限（Zhao et al., 2020）。一方面，林业投资风险大、利润薄、周期长，不仅要向社会提供低价木材原料和其他林副产品，而且还要承担繁重的环境保护任务，因而投资需求日益增大。另一方面，地方政府更愿意把财政支出集中于高效益、短回收期、见效快的产业部门，使得林业资本投入的缺口扩大，进一步影响森林生态生态产品价值转化效率的提升。在研究期间，陕西财政在农林水方面的支出占 GDP 的比重从 2.71% 下降至 2.24%（2010-2020），林业产值占 GDP 的比重也相应地由 0.35% 下降至 0.26%。因此，政府仍应重视对经济的调整方式的规范性。

产业结构的回归系数均为负，但直接效应不显著，间接效应在 10%水平上显著，表明降低二三产业比例,有助于相邻地区森林生态产品价值转化效率的提高。这与以往的研究一致（Liu et al., 2020），陕西内部的产业结构调整尚未达到资源的合理配置，从而在一定程度上影响森林生态产品供给服务的最终成效。部分地区二三产业越发达，越需要更多的劳动力，这可能会吸引邻近地区的人不断涌入，使得邻近地区林业生产经营的劳动力投入减少（Wang et al., 2020）；同时，产业结构升级对林业发展所需的资金、劳动力和土地等资源产生挤压效应，抑制森林资源的可持续发展（吴冉等，2024）。另一方面，一些高污染的地方产业会逃逸到邻近地区，从而破坏邻近地区的生态环境，引发环境污染问题，导致邻近地区产生更多的非期望产出（Zhou et al., 2019）。

第一产业发展水平在 1%显著性水平上对本地的森林生态产品价值转化效率具有直接的积极影响，第一产业的持续发展提升林业经济产出，进而能够提高效率。农业机械应用水平的直接效应系数显著为负，可能是农业机械的使用既能够提高生产效率，也会增加污染排放，且总体上表现出负向效应（冀玄玄和姜军松，2024）。人均收入水平的直接效应不显著，间接效应显著为负。可见农村居民人均可支配收入的增加对本地区森林生态产品价值转化效率的促进作用尚未体现，并产生虹吸效应，阻碍了周边地区劳动力、资

金和技术等资源的有效流入 (Ren et al., 2020), 降低周边对森林生态产品的消费需求 (Kong et al., 2023), 对其森林生态产品价值转化效率产生不利影响, 产生负向空间溢出效应。

5 讨论

欠发达地区的乡村往往在拥有资源环境优势的同时, 又受制于交通不便、基础设施配备不完善等影响, 导致现代化的生产要素较难植入, 这使依托优质生态环境资源的特色产业难以充分发展 (Zhu et al., 2023)。换言之, 生态环境的正外部性并没有在市场上获得经济利益维度的真正兑现, 这显然不是真正意义上的绿色发展, 也不是高质量的发展。因此, 评价生态产品价值的转换程度是衡量林区经济发展的重要因素。本文以陕西为例, 通过 Super-SBM 模型、Dagum 基尼系数和空间杜宾模型等多种混合方法, 探索了森林生态产品价值转化效率的时空格局及区域差异, 并评估了效率的影响因子及溢出效应。对比本文和其他研究, 既有相同点又有部分差异。

森林生态产品价值实现的目标之一是推动生态优势转化为经济优势, 本研究的预期产出选择了林业总产值, 而 PM_{2.5} 是一个不可忽略的空气质量指标, 应包含在非期望产出中。此外, PM_{2.5} 是一个全球性的污染问题, 所以中国其他地区甚至其他国家在衡量森林生态产品价值转化效率时可以将其纳入指标体系, 这更符合可持续发展的要求 (Wang and Yang, 2024)。森林生态产品价值转化效率不仅是由期望产出决定的, 投入和非期望产出也相当重要。从这种角度思考, 我们提出了两种可能导致陕西的转化效率小幅度上升的情况: 一是期望产出高于非期望产出; 二是非期望产出的绝对水平高于期望产出的绝对水平, 但期望产出的增长率远高于非期望产出的增长率 (Zhou et al., 2018)。前一种假设无疑会导致转化效率上升。对于后一个假设, 我们补充了观察, 发现研究期间陕西林业总产值平均增长率为 3.18%, 而非期望产出的平均增长率为 -4.50%。更具体的原因还需在今后的工作中进一步观察。

已有研究证实森林生态产品价值具有显著的空间差异特征, 导致其价值转化效率在不同地区也有所差异。2010 年和 2022 年陕西省森林生态产品价值转化效率大于 1 的区县数量分别为 38 和 47 个。换言之, 近年来全省有 53% 以上的地区未达到 DEA 有效层面, 且陕北的效率高于关中和陕南。这与现有研究结果具有相似性, 徐彩瑶等 (2023) 发现浙江省 20 年来处于 DEA 无效状态的大部分县 (市), 都具有较强的森林生态产品供给优势。可能的原因是: 陕北地区曾先后实施三北防护林、退耕还林、天然林保护、京津风沙源治理等多个国家林业重点工程, 生态产品价值不断提升, 且经济发展水平较高。陕南地区北靠秦岭, 虽然拥有丰富的森林资源, 但是受地形因素的限制, 交通水平较低、工业基础薄弱, 经济发展受生态保护限制较大, 难以吸引技术、人才和资金等要素进山入林, 从而阻碍森林生态产品价值的转化。此外, 本研究进一步发现, 尽管陕西及其三大分区在价值转化效率方面仍存在空间不平衡的特征, 但总体差异正在逐渐缩小。这是由于经济增长打破了区域之间的行政壁垒, 实行了跨区域的交流与合作, 使先进的经营知识和技术创新流向周边地区, 从而促进森林生态产品价值转化效率的协同提升 (Huang et al., 2023)。因此, 转化效率较高的先进区县应率先与周边地区积极分享经验, 形成区域协同体系, 有利于未来林业政策和经营模式的统一实施 (Xiong et al., 2017)。

建立生态产品价值实现机制是一项复杂的系统工程, 需要在实践中不断探索。本文还从空间溢出效应的角度研究了影响因子, 结果表明, 不同影响因素的作用方向既有共性又有独特性。例如, 根据 SDM 模型回归结果, 增加地方财政支出阻碍了本地区价值转化效率的改进, 但有利于改善邻近地区的效率。我们以阎良和灞桥这两个毗邻的地区为例, 考察政府干预的影响。2019-2022 年, 阎良财政支出占 GDP 的比重由 0.09 上升至 0.13, 财政规模扩大。而阎良区的森林生态产品价值转化效率由 1.45 下降至 0.38, 灞桥区由 1.09 上升到 1.29。显然, 政府干预的增强阻碍了其自身的价值转化, 但促进了邻近地区效率的提高。一个可能的原因是其他方面的财政支出排挤了该地区林业生产投资, 但对邻近地区的基础设施建设具有积极的溢出效应, 为邻近地区的生态产品价值转化提供了基础。政府应优化机制和制度, 加强财政支出规模对生态产品价值实现的积极影响。

本研究的局限性和未来预期的工作如下: 首先, 由于数据收集的局限性, 本研究仅将 7 个指标纳入森林生态产品价值核算体系 (包括物质产品、碳固定、水源涵养、土壤保持、空气净化、气候调节和文化服

务), 防风固沙和洪水调蓄等森林生态系统服务并未考虑。未来研究有必要进一步完善森林生态产品价值核算的评价体系。其次, 森林生态产品价值转化效率受到自然气候、社会经济等多种因素影响。因此, 价值转化效率的改善是一项系统而庞大的工程, 需要密切关注关键影响因子, 结合林业产业特色, 不断探索其他可能产生影响的因素, 如交通条件, 以促进价值转化效率的提升。最后, 研究对象仅限于陕西省, 研究成果对 100 个区县具有特定的政策意义。然而, 森林生态产品价值转化效率的影响机制在其他地区是否一致仍有待验证。

6 结论与政策建议

6.1 主要结论

本文基于 Super-SBM 模型测度 2010-2022 年陕西 100 个区县的森林生态产品价值转化效率, 分析了其时空演变规律、区域差异及来源, 进一步探讨了影响因素的空间溢出效应。得到如下结论:

(1) 陕西区域森林生态产品价值转化效率随空间变化显著, 呈现出“陕北>关中>陕南”的不平衡性特征。2010-2022 年, 陕西森林生态产品价值转化效率呈现小幅波动上升的趋势, 平均值为 0.773。有近五分之三城市的森林生态产品价值转化效率仍低于全省平均水平, 榆林市最高 (1.234), 渭南市最低 (0.518)。

(2) 研究期间, 定边、吴堡、武功等区县属于高效区, 华州和华阴等地属于高度低效区。高效区、近效率区和略低效区的数量逐渐增加, 高度低效区逐渐减少, 但仍有 53% 的区县没有达到高效水平, 陕西森林生态产品的价值转化还面临较大挑战。

(3) 达古姆基尼系数及其分解表明, 陕西及其三大地理分区森林生态产品价值转化效率的总体差异呈现缩小趋势, 陕南区域内差异最小, 关中-陕北区域间差异最大, 超变密度是造成陕西省森林生态产品价值转化效率空间非均衡性的主要来源, 其次是区域内差异。

(4) SDM 回归结果表明, 年均降水量和第一产业发展水平对森林生态产品价值转化效率具有显著的积极影响, 而政府干预和农业机械化水平对其存在显著的抑制作用。此外, 经济发展水平产生了正向的溢出效应, 产业结构和人均收入水平则存在空间负溢出效应。

6.2 政策建议

基于上述结论, 本文提出了以下政策启示。首先, 正确看待森林生态产品价值转化效率的空间差异问题, 避免盲目追求数字趋同。陕北和陕南地区在经济社会发展水平上还存在较大差距, 价值转化效率也是如此。一方面, 各地区要立足区域资源禀赋和需求特点, 充分利用比较优势, 精准识别生态产品价值实现的基础要件和发展潜能, 制定差异化、特色化的林业发展战略。另一方面, 转化效率较高的区县应最大限度地发挥示范效应和空间溢出效应的作用, 积极打破区域间的行政壁垒 (Zha et al., 2023), 加强与邻近地区的交流与合作, 形成提高绿色发展质量的合力。

第二, 创新人才培养机制, 合理配置生产要素。实现森林生态资源转变为生态资产、生态资本, 不仅需要生态产品价值核算、确权登记等专业人才, 更需要产品开发和市场推广人才。政府应通过内部培训和外部引进相结合的方式提高人才供给能力, 即提升现有从业人员的知识储备和职业技能, 并制定更加优惠的人才政策, 吸引越来越多的卓越人才在当地的林业行业工作。实证分析结果表明, 二三产业占比的提升对价值转化效率产生负向影响, 这表明提高价值转化效率不仅依赖于地区自然资源禀赋以及科技、人才和资金的投入, 也依赖于科学合理的生产要素集聚。因此, 要逐渐淘汰“高消耗、高污染、高排放”产业, 不断完善森林生态资本要素合理配置, 因地制宜发展森林生态产业。

第三, 完善财政补贴机制, 追求绿色高质量发展。林业产业生产周期较长, 自身难以吸引外部资金生产森林生态产品。地方政府应均衡配置财政投入, 进一步增加对林业产业的财政支出, 形成一种长期稳定的资金投资机制 (张洪瑞和吕洁华, 2017), 着力减缓快速城镇化和高度工业化对森林生态产业发展带来的冲击和排挤。此外, 各地区不应过度追求 GDP 总量增长, 而应以发展绿色经济和实现可持续发展为目标, 关注经济发展的质量, 并对邻近地区的价值转化效率形成正向溢出效应。

参考文献

- [1] Chand N, Kerr G N, Bigsby H. Production efficiency of community forest management in Nepal[J]. *Forest Policy and Economics*, 2015,50:172-179.
- [2] Costanza R, D'Arge R, DeGroot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *NATURE*, 1997,387(6630):253-260.
- [3] Duan S, Han F, Li F, et al. Spatial evaluation of the ecological value importance of national park in Yarlung Tsangpo Grand Canyon[J]. *Journal of Environmental Management*, 2022,320:115943.
- [4] Ellison D, Morris C E, Locatelli B, et al. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world[J]. *GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE-HUMAN AND POLICY DIMENSIONS*, 2017,43:51-61.
- [5] Huang W, Chen R, Chen W. Temporal and Spatial Analysis of the Changes in the Supply of Ecological Products in State-Owned Forest Farms after the Reform: Forests[Z]. 2023: 14.
- [6] Jiang W, Wu T, Fu B. The value of ecosystem services in China: A systematic review for twenty years[J]. *Ecosystem Services*, 2021,52:101365.
- [7] Li L, Fan Z, Xiong K, et al. Current situation and prospects of the studies of ecological industries and ecological products in eco-fragile areas[J]. *Environmental Research*, 2021,201:111613.
- [8] Lin B, Ge J. Carbon sinks and output of China's forestry sector: An ecological economic development perspective[J]. *Science of The Total Environment*, 2019,655:1169-1180.
- [9] Ma G X, Peng F, Yang W S, et al. The valuation of China's environmental degradation from 2004 to 2017[J]. *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND ECOTECHNOLOGY*, 2020,1.
- [10] Ma G, Wang J, Fang Yu, et al. Framework construction and application of China's Gross Economic-Ecological Product accounting[J]. *Journal of Environmental Management*, 2020,264:109852.
- [11] Na L, Zhao Y L, Feng C C, et al. Regional ecological risk assessment based on multi-scenario simulation of land use changes and ecosystem service values in Inner Mongolia, China[J]. *ECOLOGICAL INDICATORS*, 2023,155.
- [12] Ouyang Z Y, Song C S, Zheng H, et al. Using gross ecosystem product (GEP) to value nature in decision making[J]. *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA*, 2020,117(25):14593-14601.
- [13] Polasky S, Kling C L, Levin S A, et al. Role of economics in analyzing the environment and sustainable development[J]. *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA*, 2019,116(12):5233-5238.
- [14] Salehirad N, Sowlati T. Productivity and efficiency assessment of the wood industry: A review with a focus on Canada[J]. *FOREST PRODUCTS JOURNAL*, 2006,56(11-12):25-32.
- [15] Shah W U, Hao G, Yan H, et al. The Impact of Climate Change on China's Forestry Efficiency and Total Factor Productivity Change[J]. *FORESTS*, 2023,14(12).
- [16] Song M L, Pan H T, Shen Z Y, et al. Assessing the influence of artificial intelligence on the energy efficiency for sustainable ecological products value[J]. *ENERGY ECONOMICS*, 2024,131.
- [17] Song M, Du J. Mechanisms for realizing the ecological products value: Green finance intervention and support[J]. *International Journal of Production Economics*, 2024,271:109210.
- [18] Wang J. Revive China's green GDP programme[J]. *NATURE*, 2016,534(7605):37.
- [19] Wang J, Liu W, Kong F. Research on Forest Ecological Product Value Evaluation and Conversion Efficiency: Case Study from Pearl River Delta, China: Land[Z]. 2023: 12.
- [20] Wang N, Xu C, Kong F. Value Realization and Optimization Path of Forest Ecological Products—Case Study from Zhejiang Province, China: *International Journal of Environmental Research and Public Health*[Z]. 2022: 19.
- [21] Xie G D, Zhang C X, Zhen L, et al. Dynamic changes in the value of China's ecosystem services[J]. *ECOSYSTEM SERVICES*, 2017,26:146-154.
- [22] Xiong L, Wang F, Cheng B, et al. Identifying factors influencing the forestry production efficiency in Northwest China[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2018,130:12-19.
- [23] Xu Y, Zhao W, Zhang Z. The practice of nature-based solutions in China: Ecosystem product value realization[J]. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2023,36:100514.
- [24] Zang Z, Zhang Y, Xi X. Analysis of the Gross Ecosystem Product—Gross Domestic Product Synergistic States, Evolutionary Process, and Their Regional

Contribution to the Chinese Mainland: Land[Z]. 2022: 11.

- [25] 杜焱强,王继应,孙雪峰.“生态颜值”何以持续转化为“农民财富”? [J].中国人口·资源与环境,2022,32(10):150-159.
- [26] 郭韦杉,李国平.欠发达地区实现共同富裕的主抓手:生态产品价值实现机制[J].上海经济研究,2022(02):76-84.
- [27] 孔凡斌,王宁,徐彩瑶,等.浙江省山区 26 县森林生态产品价值实现对城乡收入差距的影响[J].林业科学,2023,59(01):44-58.
- [28] 李彦军,宋舒雅.“两山”转化促进共同富裕的逻辑、机制与途径[J].中南民族大学学报(人文社会科学版),2022,42(10):136-145+187.
- [29] 林亦晴,徐卫华,李璞,等.生态产品价值实现率评价方法——以丽水市为例[J].生态学
- [30] 罗必良.走向共同富裕的生态逻辑[J].南京工业大学学报(社会科学版),2023,22(01):13-24+111.
- [31] 米锋,刘智丹,李卓蔚,等.甘肃省林业投入产出效率及其各指标影响力分析——基于 DEA 模型的实证研究[J].林业经济,2013,37(12):100-104.
- [32] 欧阳志云,朱春全,杨广斌,等.生态系统生产总值核算:概念、核算方法与案例研究[J].生态学报,2013,33(21):6747-6761.
- [33] 田淑英,许文立.基于 DEA 模型的中国林业投入产出效率评价[J].资源科学,2012,34(10):1944-1950.
- [34] 王宾.共同富裕视角下乡村生态产品价值实现:基本逻辑与路径选择[J].中国农村经济,2022(06):129-143.
- [35] 王金南,马国霞,王志凯,等.生态产品第四产业发展评价指标体系的设计及应用[J].中国人口·资源与环境,2021,31(10):1-8.
- [36] 王夏晖,朱媛媛,文一惠,等.生态产品价值实现的基本模式与创新路径 [J]. 环境保护, 2020, 48(14): 14-17.
- [37] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等.中国生态系统服务的价值[J].资源科学,2015,37(09):1740-1746.
- [38] 徐彩瑶,王宁,孔凡斌,等.森林生态产品价值实现对县域发展差距的影响:以浙江省山区 26 县为例[J].林业科学,2023,59(01):12-30.
- [39] 印慧,伍海泉.脱贫攻坚视角下森林生态产品供给有效路径选择——基于黑龙江省的实证分析[J].资源开发与市场,2021,37(02):136-140+145.
- [40] 于浩,郑晶.生态优势转化为经济优势的实现路径研究——以国家生态文明试验区为例[J].林业经济,2019,41(08):87-94.
- [41] 张洪瑞,吕洁华.森林生态产品供给的投入产出效率分析——以东北重点国有林区为例[J].经济问题,2017(09):87-94.
- [42] 张璇,丘水林.我国省域森林生态产品供给效率测度分析[J].河北农业大学学报(社会科学版),2023,25(05):34-43.
- [43] 郑晶,于浩.供给侧改革视角下中国省域生态产品有效供给及影响因素[J].应用生态学报,2018,29(10):3326-3336.
- [44] 朱颖,张滨,倪红伟,等.基于公共产品供给理论的森林生态产品产出效率比较分析[J].林业经济问题,2018,38(02):25-32+102.