

编者按:2022 年 10 月,党的二十大报告指出实现人与自然和谐共生与全体人民共同富裕是中国式现代化的历史使命。推动全体人民共同富裕,任务的重点和难点在于缩小区域发展差距、城乡发展差距、城乡居民收入差距。林业是中国生态扶贫的主阵地,也是巩固拓展脱贫攻坚成果的主阵地,应该在共同富裕中发挥重要作用。森林生态产品是联结自然与社会的桥梁和纽带,林业是山区和林区走向共同富裕的希望所在。然而,目前林业促进共同富裕的理论机制和实践路径研究不足。新年伊始,本期推出“林业促进共同富裕的理论和实践”专题,探索森林生态产品价值实现、森林培育工程、林业社会化服务促进区域经济增长以及影响区域、城乡、收入差距变化等多维度上的效应机制、作用路径以及主要影响因素,据此提出具体的政策完善建议,以期为新时代新征程助力实现人与自然和谐共生与全体人民共同富裕的国家战略需求提供学理支撑。(于静娴)

doi:10.11707/j.1001-7488.LYKX20220450

国家试点区森林生态资本经济转换效率及其影响因素^{*}

孔凡斌^{1,2,3} 程文杰² 徐彩瑶^{1,2} 陆 雨² 沈月琴^{1,2}

(1. 浙江农林大学生态文明研究院/浙江省乡村振兴研究院 杭州 311300; 2. 浙江农林大学
经济管理学院 杭州 311300; 3. 南京林业大学经济管理学院 南京 210037)

摘 要:【目的】通过对全国生态产品价值实现机制试点地区浙江省丽水市森林生态资本经济转换效率的研究,明确森林生态资本促进区域经济增长的效率机制,为完善森林生态产品价值实现机制,推动森林生态资本富集区经济高质量发展提供科学依据。【方法】构建森林生态资本投入产出指标体系,运用超效率 SBM-Malmquist 模型、最小二乘法(OLS)模型、固定效应和随机效应模型以及时空地理加权回归模型(GTWR)等方法,借助 Stata 和 ArcGIS 软件,分析 2011—2019 年期间浙江省丽水市森林生态资本经济转换及促进区域经济增长的效率、变化特征、主要影响因素及其作用机制特征。【结果】森林生态资本对区域经济增长有积极影响,即在保持劳动力、物质资本和林地面积等因素不变的条件下,森林生态资本每提高 1%,经济增长的边际效率提高 0.076%,对区域经济增长具有积极作用。总体上来看,遂昌县、庆元县和龙泉市的地区开放度对森林生态资本经济转换效率产生显著性正向影响,但两者在其他地区有着负相关关系;人均可支配收入的提高对大部分地区森林生态资本经济转换效率具有良好的促进作用;景宁县和龙泉市的产业结构对森林生态资本经济转换效率产生显著正向影响,其他县(市、区)产业结构对森林生态资本经济转换效率产生显著负向影响。并且总体上来讲,影响因素存在较大的时空异质性特征。【结论】森林生态资本经济转换及促进区域经济增长效率不仅受限于地区自然资源禀赋以及科技、人才和资金的投入,更依赖于科学合理的生产要素配置,因此必须完善环境和资源约束下的森林生态资本要素合理配置,减少资源错配,推动要素集聚水平与经济增长效率的协同提升。

关键词: 森林生态资本;经济转换;区域经济增长;效率;影响因素

中图分类号: S7-9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7488(2023)01-0001-11

Economic Conversion Efficiency of Forest Ecological Capital in National Pilot Area of China and Its Influencing Factors

Kong Fanbin^{1,2,3} Cheng Wenjie² Xu Caiyao^{1,2} Lu Yu² Shen Yueqin^{1,2}

(1. Institute of Ecological Civilization, Zhejiang A&F University/Research Academy for Rural Revitalization of Zhejiang Province, Zhejiang A&F University Hangzhou 311300; 2. College of Economic Management, Zhejiang A&F University Hangzhou 311300;
3. School of Economic Management, Nanjing Forestry University Nanjing 210037)

Abstract: 【Objective】This study aims to provide a scientific basis for improving the ecological product value realization

收稿日期: 2022-07-01; 修回日期: 2022-09-30。

基金项目: 浙江省软科学研究计划项目(2022C35104); 浙江省社会科学领军人才培养专项课题(21YJRC12ZD, 21YJRC12-2YB); 国家社会科学基金重点项目(18AJY006); 国家自然科学基金项目(42071283, 72141016)。

^{*} 徐彩瑶为通讯作者。

mechanism and promoting the high-quality development of the forest ecological capital-rich regional economy, through investigating the economic conversion efficiency of forest ecological capital in Lishui City, Zhejiang Province in China, the pilot area of the national ecological product value realization mechanism, and clarifying the efficiency mechanism of forest ecological capital promoting regional economic growth. 【Method】In this study, a forest ecological capital input-output index system was constructed. The super-efficient SBM-Malmquist model, least squares (OLS) model, fixed effect and random effect model, and spatio-temporal geographic weighted regression model (GTWR) were used to analyze the efficiency, change characteristics, main influencing factors and influencing mechanism of the economic conversion of forest ecological capital in Lishui City, Zhejiang Province from 2011 to 2019, with the help of Stata and ArcGIS software. 【Result】Forest ecological capital had a positive impact on regional economic growth, that was, under the condition of keeping factors, such as forestry labor, physical capital and forest land area, unchanged, the marginal efficiency of economic growth increased by 0.076% for every 1% increase in forest ecological capital, which had a positive effect on regional economic growth. Overall, the regional openness in Suichang County, Qingyuan County and Longquan City had a significant positive impact on the economic conversion efficiency of forest ecological capital, but there was a negative correlation between the two in the other regions. The improvement of per capita disposable income had a good role in promoting the economic conversion efficiency of forest ecological capital in most areas. The industrial structure of Jingning County and Longquan City had a significant positive impact on the economic conversion efficiency of forest ecological capital, while the industrial structure in the other regions had a significant negative impact on the economic conversion efficiency of forest ecological capital. In general, the influencing factors had obvious characteristics of spatial-temporal heterogeneity. 【Conclusion】The economic conversion of forest ecological capital and the efficient promotion of regional economic growth are not only limited by regional natural resource endowments and the investment of science and technology, talents and funds, but also rely on scientific and reasonable allocation of production factors. Therefore, it is necessary to improve the rational allocation of forest ecological capital factors under environmental and resource constraints, reduce resource misallocation, and promote the coordinated improvement of factor agglomeration level and economic growth efficiency.

Key words: forest ecological capital; economic conversion; regional economic growth; efficiency; influencing factors

自然资本理论 (Vogt, 1948) 认为, 自然资源是影响国家发展能力和人民福祉的一种资本, 这种资本被经济学定义为自然资本, 一切经济生产都依赖于自然资本存量所产生的自然资源流量, 而流量本质来源于构成生态系统的自然元素及其为人类生产和生活活动提供的所有价值, 存量是经济活动的物质基础, 流量是经济活动的条件。生态系统服务与人类福祉理论则进一步地认为, 生态系统服务作为耦合自然系统与社会经济系统的桥梁与纽带, 以及作为自然存在的价值形态, 与生产资料和劳动力相结合而生产出满足人们要求的生态产品和生态服务, 最后通过市场机制实现生态产品和生态服务的货币化, 此时的自然生态资源为经济学意义上的生态资本。广义的生态资本指所有为人类创造财富和福利的生态因素的总和, 狭义的生态资本是指以生产要素形式直接参与人类社会经济生产与再生产的过程, 通过生态产品服务价值转换, 在生态市场实现保值增值的生态因素的总和 (严立冬等, 2011), 生态资本为能够带来经济、社会效益的生态资源。新古典经济增长理论主要关注货币资本、劳动力和技术三要素投入对经济增长的影响, 而忽视生态资本

对经济增长的长期影响。实际上, 生态资本能够以生产要素的形式直接进入社会经济生产系统, 其循环过程是通过生态技术进行形态和价值的转换而成为生态产品, 生态产品进入生态市场通过交易成为生态商品及物质财富, 进而促进经济增长和人类福祉。据此, 生态资本作为现实或潜在的投入要素被纳入新古典经济增长理论模型而成为现代生态经济学的核心概念, 并服务于经济增长与生态保护协调可持续发展的理论逻辑。经济增长理论认为全要素生产率增长是经济增长的充分和必要条件, 推动经济增长的主要因素包括要素投入量的增加和要素使用效率的提高。因此, 生态资本作为一种生产要素而现实地存在于经济系统之中, 其资本存量、投入 (流动) 水平和转换效率已经成为影响经济增长的决定性因素。据此, 生态资本对区域经济增长的研究已经成为生态经济学、地理学、可持续发展科学领域的研究重点, 至今方兴未艾 (梅怡明等, 2019; 严立冬等, 2021; 陈志刚等, 2022)。生态资本作为生产要素, 其经济价值效率的实现需要以要素的经济转换为条件, 生态资本价值实现程度的高低则需要以要素转换效率来衡量, 其经济学本质就是自然

生态资本价值(GEP)到国民经济生产总值(GDP)的转换过程,是科学评价和不断优化生态产品价值实现机制的重要依据(程文杰等, 2022)。

绿水青山是最重要的自然资源,决定绿水青山面貌的森林生态资源是中国分布最广、存量最为丰富的自然生态资产。森林生态系统为区域经济发展提供除直接林木产品之外的支撑、调节和文化等具有重要使用价值的功能和服务,其中的调节类服务作为直接关联人类福祉的极为重要的森林生态系统服务,主要包括固碳释氧、水源涵养、土壤保持和气候调节等,固碳服务与气候变化及农业生产高度关联,水源涵养与水资源安全和粮食安全紧密相关,土壤保持影响土壤长期生产力和农产品产出潜能,气候调节关乎人类生产生活的各个方面(程文杰等, 2022)。除此之外,森林生态系统的林木产品供给、支撑和文化服务与区域现代生态产业发展、生态系统安全和“生态+文化”旅游发展密切关联,这些森林生态系统服务及其使用价值连同林地林木资产一起形成丰富的森林生态资本。此前,有关生态产品价值实现的研究多停留在定性描述和一般性的政策解读与实践案例的归纳总结。最近,已有学者对浙江省和丽水市森林调节类生态产品价值转换效率问题进行了有价值的量化研究和初步探索(程文杰等, 2022; Wang *et al.*, 2022),但整体上尚缺乏经济学意义上的森林生态资本促进经济增长的效率以及基于效率测算的区域生态经济高质量协调发展问题的研究探索。

鉴于此,本文以全国生态产品价值实现机制试点市——浙江省丽水市为研究对象,以森林生态资

本投入产出效率为研究切入点,从生态资本经济转换效率的视角,对森林生态资本促进区域经济增长的效率及其影响因素和影响机制进行量化分析,以期探索全国森林生态产品价值实现机制促进区域经济高质量发展的政策优化提供科学依据。

1 理论分析与研究假说

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换效率这一概念。转换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(王学渊, 2008)。理论上,技术进步效率、技术效率、规模效率和配置效率共同影响转换效率(Chavas *et al.*, 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资本经济转换效率(Xiong *et al.*, 2018)。在经济发展过程中,由于受到森林资源禀赋、物质资本、劳动、技术和政策等要素的制约,森林生态资本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。

固碳释氧、气候调节、水源涵养和土壤保持等构成森林生态资本的基础。现代生态经济学理论认为,无论是人工林还是天然林,其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,以此适应经济社会的发展需求,即利用对森林生态资本形态的变化,推动生态资本、经济资本和社会资本的紧密结合,实现区域经济增长的目标(图1)。

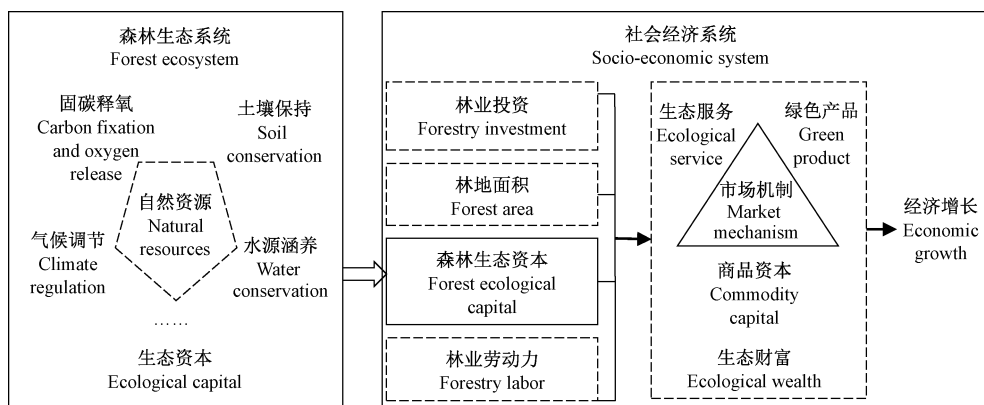


图1 森林生态资本推动区域经济增长的理论逻辑

Fig. 1 Theoretical logic of the forest ecological capital driving regional economic growth

在经济增长的实证研究中,柯布-道格拉斯函数是最常用于研究投入产出效率的模型。将土地、物质资本和劳动力作为经济增长的三个投入要素,生态资本作为现代生态经济增长理论的核心概念,将被列入经济增长的要素体系,生产函数模型转变为:

$$Y_{it} = A_{it} N_{it}^{\alpha} K_{it}^{\beta} R_{it}^{\gamma} E_{it}^{\delta} \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中, Y_{it} 、 N_{it} 、 K_{it} 、 R_{it} 、 E_{it} 和 A_{it} 分别代表丽水市第*i*个地区第*t*年的经济产出、林地面积、物质资本、有效劳动力数量、森林生态资本和其他投入, α 、 β 、 γ 和 δ 分别表示林地面积、物质资本、有效劳动力数量、森林生态资本的产出弹性。 ε_{it} 表示随机干扰项。对

等式两边取对数,得到如下扩展模型:

$$\ln Y_{it} = \ln A_{it} + \alpha \ln N_{it} + \beta \ln K_{it} + \gamma \ln R_{it} + \delta \ln E_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

森林生态资本经济转换效率受到自然和经济社会因素的交互复杂影响。自然因素方面,土壤营养、光照、温度和水等自然因素会约束森林生态资本经济转换效率,其中气温和降雨量对经济转换效率影响较大(Hausenbuiller, 1985; 田杰等, 2015),因而适合作为解释变量引入模型(史常亮等, 2017)。鉴于纳入多个气候变量会导致多重共线性,因此本文只纳入年降雨量(annual precipitation, AP)指标。经济社会方面,较高的地区开放度(regional openness, RO)对人才和科技都有着较高的吸引力,从而可以促进森林生态资本经济转换效率的提升,推动区域经济增长,该指标用贸易进出口总额与 GDP 的比值来表示(董娅楠等, 2018);由于林业生态资本具有公共物品外部性特点(向红玲等, 2021),而人均可支配收入(per capita disposable income, perCDI)会影响区域投资、生态理念等方面,对林业生态资本转换效率具有一定的约束作用;环境污染(environmental pollution, EP)对区域吸引资金发展生态产业产生较大的影响,从而约束森林生态资本经济转换效率的提高。选用工业废水排放量、工业废气排放量、工业二氧化硫排放量、工业粉尘排放量和工业固体废弃物排放量,作为基础指标,运用熵值法确定指标权重,最后确定环境污染程度。生态环境保护力度、资源配置方式和技术发展水平等均受到产业结构(industrial structure, IS)调整的影响,对区域经济增长影响较大,用第三产业服务业与林业总产值比值表示(向红玲等, 2021)。

基于以上分析,提出以下两个研究假设:

研究假设一:森林生态资本作为一种生产要素,其投入将对区域经济增长产生积极影响。

研究假设二:森林生态资本投入产出及经济转换效率受制于自然环境和经济社会因素的多重影响,这些影响因素的作用方向和作用程度在不同地区和时间存在明显异质性特征。

2 数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

浙江省丽水市(118°41'—120°26'E, 27°25'—28°57'N),总面积 1.73 万 km²。2021 年实现地区生产总值 1 710.03 亿元,比 2020 年增长 8.3%。全市户籍人口 269.97 万人,其中,城镇人口 89.92 万人,乡村人口 180.05 万人。城镇居民人均可支配收入为 4.20 万元,农村人均可支配收入为 2.64 万元。森林面积

为 141.15 万 hm²,覆盖率 81.70%,活立木蓄积量 8 597.03 万 m³,均居浙江省 11 个设区市首位。

2019 年 1 月 12 日,国家发布《关于支持浙江丽水开展生态产品价值实现机制试点的意见》确定丽水市为首个全国生态产品价值实现试点示范区,以重点探索建立生态产品价值核算评估应用机制、生态产品市场交易体系和创新生态价值实现路径。因此,对丽水市森林生态资本经济转换及其促进区域经济增长的效率进行量化分析具有典型示范意义。

2.2 数据来源

固碳释氧功能核算数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心,水源涵养量核算数据来源于国家气象科学数据中心,土壤保持量核算数据来源于国家地球系统科学数据中心,调节气候功能核算数据来源于国家气象科学数据中心,影响因素指标体系的数据来源于《丽水市统计年鉴》、《浙江省统计年鉴》和《浙江省林业统计年鉴》,时间范围均为 2011—2019 年。

2.3 模型设置

2.3.1 超效率 SBM-Malmquist 指数模型 超效率 SBM 模型是对传统 DEA 模型的进一步优化,即将松弛变量考虑进去。参考已有研究(徐伟等, 2021; 孔凡斌等, 2022),具体设置模型如下:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \rho = \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{ik}}}{1 - \frac{1}{S} \sum_{r=1}^S \frac{S_r^+}{y_{tk}}} \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^m x_{ij} \lambda_j - S_i^- \leq x_{ik} (i = 1, 2, \dots, m) \\ \sum_{j=1}^m y_{rj} \lambda_j + S_r^+ \leq y_{tk} (r = 1, 2, \dots, s) \end{array} \right. \quad (3)$$

式中: ρ 为决策单元相对效率值, $\rho < 1$ 时,表示决策单元与生产前沿面存在一定距离,存在效率损失, $\rho \geq 1$ 时,则相对有效; x_{ik} 、 x_{ij} 表示投入矩阵中的元素, y_{tk} 、 y_{rj} 表示产出矩阵中的元素; m 和 S 分别为输入和输出指标的数量; S_i^- 和 S_r^+ 分别为输入和输出的松弛变量; λ_j 为权重变量, $\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n (j \neq k)$; $S_i^- \geq 0, S_r^+ \geq 0$ 。

Malmquist 指数模型是探讨从研究期初到研究期末的丽水市效率动态变化值,用作衡量不同时间段内丽水市投入产出水平动态变化的特征与趋势。采用 MaxDEA 软件进行计算,借鉴已有研究(孔凡斌等, 2022),具体模型设置如下:

$$M(x^{t+1}, y^{t+1}; x^t, y^t) = \text{Tech} \times \text{Effch} = \text{Tech} \times \text{Pech} \times \text{Sech} = \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \times \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} =$$

$$\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \times \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

式中：转换效率即 $M(x^{t+1}, y^{t+1}; x^t, y^t)$ 表示丽水市某一决策单元生产效率在 t 至 $t+1$ 期间的变化程度， x^t 和 y^t 分别表示 t 时期的丽水市每一项投入和产出变量， $D^m(x^t, y^t)$ ($m=t, t+1$) 表示在 m 时期丽水市生产前沿面和实际产出间的距离，Tech、Effch、Pech、Sech 分别表示丽水市技术进步效率、技术效率变化指数、纯技术效率和规模效率。

2.3.2 时空地理加权回归模型 (GTWR) 采用 GTWR 将时间维度引入到地理加权回归模型以反映参数在丽水市不同时空的异质性，可以提高参数估计的有效性，从而解决空间非稳定性问题。借鉴已有研究 (林阳等, 2021)，具体模型设定如下：

$$y_i = \beta_0(\mu_i, \gamma_i, t_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(\mu_i, \gamma_i, t_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (5)$$

式中： y_i 为被解释变量； x_{ik} 为解释变量； (μ_i, γ_i, t_i) 为丽水市空间经纬度和时间坐标，丽水市下辖县 (市、区) i 和 j 的空间距离采用地区经纬度计算而成， ε_i 为序列， β_0 和 β_k 表示待估参数。

2.4 指标构建

2.4.1 投入产出指标构建 基于超效率 SBM-Malmquist 指数模型，从投入和产出两个方面构建丽水市森林生态资本经济转换效率的具体测度指标。同时考虑丽水市森林生态资本类型和数据可获得性、科学性和完整性，建立如表 1 所示的指标体系。具体投入指标为：1) 森林生态资本 用固碳释氧价值、水源涵养价值、土壤保持价值和气候调节价值表示。森林生态资本总量采用 InVEST 模型 (杨文仙等, 2021) 和中国科学院开发的 IUEMS (韩宝龙等, 2021) 核算，其价值采用市场价值法和影子价值法计算。2) 物质资本 用林业固定资产投资表示，林业固定资产投资水平会显著影响区域林业基础设施建设水平 (姜微等, 2020)。3) 劳动力 用林业有效劳动力表示 (Lucas, 1988)，林业有效劳动力资源配置会对生态环境、林农收入以及区域经济增长产生影响，该指标由林业劳动力乘以人均受教育水平得到。4) 林地面积 林地面积资源配置会显著影响区域经济增长水平和生态环境。产出指标用区域经济增长即第一、二和第三产业产值表示，产业产值状况可以全面反映地方经济变化水平。

表 1 森林生态资本经济转换效率的投入—产出指标

Tab. 1 Input-output indicators for the economic conversion efficiency of forest ecological capital

指标类型 Indicator type	一级指标 First-level	二级指标 Second-level	计算方法 Calculation method
投入指标 Input indicators	森林生态资本 (X_1) Forest ecological capital (X_1)	固碳释氧价值 Carbon sequestration oxygen release value/ 100 million yuan	市场价值法、影子价值法和统计法 Market value method, shadow value method and statistical method
		水源涵养价值 Water conservation value/100 million yuan	
		土壤保持价值 Soil retention value/100 million yuan	
		气候调节价值 Climate regulation value/ 100 million yuan	
	物质资本 (X_2) Physical capital	林业固定资产投资 Investment in fixed assets of forestry / 100 million yuan	统计法 Statistical method
	劳动力 (X_3) Labor (X_3)	有效劳动力 Effective labor / 10 000 people	
	林地面积 (X_4) Forest area (X_4)	林地面积 Forest area/ hm^2	
	产出指标 Output indicators	第一产业产值 Output value of the primary industry / 100 million yuan	统计法 Statistical method
		第二产业产值 Output value of the secondary industry /100 million yuan	
		第三产业产值 Output value of the tertiary industry /100 million yuan	

2.4.2 森林生态资本经济转换效率的影响因素 选取年降雨量、地区开放度、人均可支配收入、环境污染和产业结构作为解释变量，表 2 报告了各个影响因素

的描述性统计，每个地区在每年的各影响因素及变量均提供 1 个样本量，共 9 个地区，时间范围为 2011—2019 年，因此每个地区提供的变量样本总数量为 81 个。

表 2 森林生态资本经济转换效率影响因素描述性统计

影响因素 Influencing factor	均值 Mean	标准差 Standard deviation	样本量 Sample size
年降雨量 Annua precipitation	1 630. 636	259. 544	81
地区开放度 Regional openness	0. 151	0. 061	81
人均可支配收入 Per capita disposable income	33 795. 84	12 201. 56	81
环境污染 Environmental pollution	1 467. 019	1 239. 739	81
产业结构 Industrial structure	28. 828	21. 583	81

3 结果与分析

3.1 丽水市森林生态资本经济转换效率及其变化特征
运用超效率 SBM-Malmquist 模型测算丽水

市森林生态资本经济转换效率及其区域变化特征,结果如表 3 所示。为表格表述方便,表 3 中的森林生态资本经济转换效率用 CCE 替代。

表 3 丽水市森林生态资本经济转换效率分解

Tab. 3 Factorization of the economic conversion efficiency of forest ecological capital in Lishui City											
地区 Region	指数 Index	时间 Period									均值 Mean
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
莲都区 Liandu District	CCE	0. 784	1. 405	0. 968	0. 944	1. 078	0. 814	1. 035	0. 998	2. 376	1. 156
	Pech	0. 985	0. 999	0. 985	0. 965	0. 998	0. 994	1. 038	0. 990	1. 267	1. 025
	Sech	1. 042	1. 053	1. 031	0. 866	1. 074	0. 956	0. 915	1. 018	0. 955	0. 990
	Tech	0. 763	1. 335	0. 953	1. 130	1. 006	0. 857	1. 090	0. 991	1. 965	1. 121
青田县 Qingtian County	CCE	0. 728	0. 850	0. 960	1. 827	0. 854	1. 146	0. 975	0. 898	3. 546	1. 309
	Pech	1. 224	0. 635	0. 974	1. 145	1. 054	0. 686	1. 404	0. 907	1. 244	1. 030
	Sech	0. 890	1. 088	1. 016	1. 097	1. 007	1. 025	1. 038	0. 988	0. 898	1. 005
	Tech	0. 669	1. 231	0. 970	1. 454	0. 804	1. 628	0. 668	1. 002	3. 174	1. 289
缙云县 Jinyun County	CCE	0. 798	1. 066	0. 952	1. 078	1. 170	4. 213	0. 313	1. 031	2. 314	1. 437
	Pech	1. 035	0. 801	1. 004	0. 951	1. 198	1. 838	0. 714	1. 079	0. 733	1. 039
	Sech	1. 000	1. 000	1. 000	0. 990	1. 010	1. 000	0. 981	0. 979	1. 029	0. 999
	Tech	0. 771	1. 331	0. 948	1. 145	0. 967	2. 293	0. 447	0. 976	3. 068	1. 327
遂昌县 Suichang County	CCE	0. 798	1. 066	0. 952	1. 078	1. 170	4. 213	0. 313	1. 031	2. 314	1. 437
	Pech	1. 035	0. 801	1. 004	0. 951	1. 198	1. 838	0. 714	1. 079	0. 733	1. 039
	Sech	1. 000	1. 000	1. 000	0. 990	1. 010	1. 000	0. 981	0. 979	1. 029	0. 999
	Tech	0. 771	1. 331	0. 948	1. 145	0. 967	2. 293	0. 447	0. 976	3. 068	1. 327
松阳县 Songyang County	CCE	0. 887	2. 247	0. 948	2. 122	1. 707	2. 227	0. 347	0. 674	5. 702	1. 873
	Pech	0. 998	1. 000	1. 003	0. 998	0. 403	2. 704	0. 399	2. 294	1. 114	1. 213
	Sech	0. 960	1. 092	0. 941	1. 189	2. 630	1. 078	0. 979	0. 455	2. 240	1. 285
	Tech	0. 926	2. 060	1. 005	1. 788	1. 610	0. 764	0. 890	0. 646	2. 285	1. 330
云和县 Yunhe County	CCE	0. 456	1. 454	0. 967	3. 114	0. 409	1. 776	1. 449	0. 398	4. 702	1. 636
	Pech	0. 972	1. 063	1. 010	1. 106	0. 905	1. 033	1. 135	0. 854	1. 066	1. 016
	Sech	0. 873	1. 004	1. 044	2. 355	0. 478	1. 090	1. 973	0. 487	1. 285	1. 177
	Tech	0. 538	1. 363	0. 916	1. 196	0. 947	1. 576	0. 647	0. 958	3. 432	1. 286
庆元县 Qinyuan County	CCE	0. 429	1. 345	0. 974	1. 499	1. 059	2. 504	0. 920	1. 577	3. 568	1. 542
	Pech	1. 083	1. 084	1. 040	0. 976	1. 281	3. 154	0. 389	3. 306	0. 252	1. 396
	Sech	1. 001	0. 944	0. 984	1. 190	0. 902	0. 387	2. 850	0. 450	1. 926	1. 182
	Tech	0. 396	1. 315	0. 952	1. 290	0. 916	2. 053	0. 829	1. 059	7. 358	1. 796
景宁县 Jingning County	CCE	0. 366	0. 622	2. 068	1. 325	1. 069	2. 896	0. 288	1. 024	7. 040	1. 855
	Pech	0. 964	0. 417	2. 513	0. 860	1. 176	1. 006	0. 789	1. 240	4. 862	1. 536
	Sech	0. 998	1. 230	0. 867	1. 052	0. 921	1. 054	1. 020	0. 902	0. 291	0. 926
	Tech	0. 381	1. 212	0. 949	1. 465	0. 987	2. 732	0. 358	0. 916	4. 972	1. 552
龙泉市 Longquan City	CCE	0. 678	0. 915	0. 933	0. 988	1. 347	5. 054	0. 806	1. 783	1. 723	1. 581
	Pech	4. 042	0. 252	0. 983	0. 863	1. 455	3. 688	0. 951	1. 463	0. 286	1. 554
	Sech	0. 382	2. 805	1. 000	0. 933	1. 027	1. 043	0. 96	0. 981	0. 667	1. 089
	Tech	0. 439	1. 293	0. 949	1. 227	0. 901	1. 314	0. 883	1. 243	9. 043	1. 921

从各个县(市、区)来看,森林生态资本经济转换效率波动上升,且多数地区平均值均超过 1,说明整体转换效率水平有所提高。其中,莲都区、松阳县、云和县、庆元县、景宁县等县(区)经济转换效率超过 1 的年份较多,资源配置较为合理。从经济转换效率与其分解效率的关系方面来看,纯技术效率变化较小,规模效率值趋近 1,而技术进步效率波动幅度较大。由于转换效率为纯技术性效率、规模效率和技术进步效率的三者乘积,因此,技术进步效率对森林生态资本经济转换效率的影响最大,对森林生态资本经济转换效率的解释能力最强,是影响区域经济增长的重要因素。

3.2 丽水市森林生态资本促进区域经济增长的边际效率

进行回归分析之前,首先进行多重共线性检验,结果显示方差膨胀因子(VIF)的最大值为 3.92,远远小于 10,因此各个解释变量不存在多重共线性问题。而后,进行 OLS 回归,结果如表 4 所示。

表 4 OLS 模型估计结果^①

Tab. 4 OLS model estimation results

变量名 Variable name	OLS 模型 OLS model	
	系数 Coefficient	T
$\ln X_1$	0.076 *	0.52
$\ln X_2$	0.235 **	2.59
$\ln X_3$	-0.296 ***	-4.36
$\ln X_4$	-0.311 ***	-6.82
常数项 Constant	-1.405	-0.042
R^2	0.490	
F	18.29	
P	0.000	

① *、** 和 *** 分别表示在 0.1、0.5 和 0.01 水平下显著。下同。*, ** and *** refer to significant differences at the 0.1, 0.5 and 0.01 levels. The same below.

由表 4 可以看出,OLS 模型估计结果较为显著,模型的参数联合检验的 F 值和相应的 P 值分别为

18.29 和 0.000,参数整体上较为显著,模型拟合优度 R^2 为 0.490。各个解释变量均通过显著性检验,即森林生态资本和劳动力在 0.1 水平上显著,物质资本和林地面积在 0.01 水平上显著。劳动力、物质资本和林地面积的产出弹性分别为 -0.296 和 -0.311。森林生态资本的产出弹性为 0.076,表明在保持劳动力、物质资本和林地面积等因素不变的条件下,森林生态资本每提高 1%,经济增长 0.076%,这表明森林生态资本能够积极地促进区域经济增长,这一结论验证了本文的研究假说一。

3.3 丽水市森林生态资本经济转换效率的主要影响因素

以经济转换效率作为被解释变量,以年降雨量、地区开发度、人均可支配收入、环境污染和产业结构等影响因素作为解释变量。多重共线性检验结果显示 VIF 最大值为 1.55,远远小于 10,因而各个解释变量不存在多重共线性问题。进一步对 2011-2019 年的相关数据采用随机效应和固定效应模型进行回归分析,结果如表 5 所示。

表 5 结果表明,固定效应模型的 F 值和 P 值分别为 4.47 和 0.001,拟合优度为 0.49,随机效应模型的 Wald 统计量和 P 值分别为 26.93 和 0.000,拟合优度为 0.59,即固定效应模型和随机效应模型整体都较为显著,且拟合效果较好,但 Hausman 检验结果($P=0.993$)未能拒绝原假设(随机效应模型),也即随机效应模型优于固定效应模型,因此选择随机效应模型回归结果进行影响因素的影响特征分析,结果表明:1)年降雨量(AP)对森林生态资本转换效率产生正向影响,并通过了 1% 水平的显著性检验,系数为 0.001 316,这表明年水量可以改善农业气候,促进森林生态资本的经济转换效率,一定程度上推动经济增长。2)人均可支配收入(perCDI)对森林生态资本经济转换效率产生正向影响,并通

表 5 森林生态资本经济转换效率影响因素回归结果

Tab. 5 Influencing factors of the economic conversion efficiency of forest ecological capital regression results

变量名 Variable name	固定效应模型 Fixed effect model		随机效应模型 Random effect model	
	系数 Coefficient	T	系数 Coefficient	Z
年降雨量 Annual precipitation	0.001 350 **	2.58	0.001 316 ***	2.76
地区开放度 Regional openness	3.762 069 *	1.18	3.517 612	1.61
人均可支配收入 Per capita disposable income	0.000 045 ***	2.86	0.000 042 ***	3.35
环境污染 Environmental pollution	-0.000 043	-0.18	-0.000 108	-1.03
产业结构 Industrial structure	-0.024 258	-1.11	-0.019 345 ***	-2.74
常数项 Constant	-2.727 463 **	-2.44	-2.530 710 **	-2.53
F	4.47		26.93	
R^2	0.49		0.59	
P	0.001		0.000	

过 1% 水平的显著性检验,弹性系数为 0.000 042,这表明人均可支配收入越高,对森林生态资本经济转换效率的促进作用越大,可能的原因在于人均收入的提高推动了人们森林生态产品的消费需求,进而带动了生态产品生产和供给,促进了森林生态产业的发展,从而极大地促进了森林生态资本转换为经济价值。3) 产业结构 (IS) 对森林生态资本经济转换效率产生负向影响,并通过了 1% 水平的显著性检验,弹性系数为 -0.019 345,说明区域整体产业结构调整尚未达到有利于森林生态产业发展的合理程度,森林生态产业发展规模尚未达到显著影响区域经济平稳增长的最优水平。4) 环境污染 (EP) 和地区开放度 (RO) 未能通过显著性检验,这表明污染治理和地区开放度并没有对森林生态资本经济转换效率的提升及推动区域经济增长方面起到良好的带动作用,可能的原因在于污染治理效能和地区开放度水平较低,难以吸引高素质人才和高新技术以及高端产业进入森林生态产业发展领域,致使森林生

态资本对区域经济增长的促进效果十分有限。综上所述,不同的影响因素对森林生态资本经济转换效率有着不同的作用方向和作用程度,这一结果验证了本文的研究假说二。

3.4 丽水市森林生态资本经济转换效率主要影响因素的作用机制特征

考虑到传统的随机效应回归模型估计有偏差且只能反应全局特征,并且森林生态资本经济转换效率具有时空非平稳性,各个影响因素在不同地区或不同时期对转换效率及区域经济增长的作用机制不同,具有较明显的时空异质性特征。为进一步精确分析不同影响因素对不同时期各个县(市、区)的贡献水平,对各个影响因素的作用机制及其时空异质性特征进行分析。具体基于 ArcGIS10.6,使用 GTWR 模型对作用机制进行回归分析,自动优化设置带宽。回归结果如表 6 所示, $AICc = 274.065$, $R^2 = 0.7698$,拟合效果较好。具体结果分析如下。

表 6 GTWR 模型森林生态资本经济转换效率影响因素估计结果

Tab. 6 Estimation results of the economic conversion efficiency of forest ecological capital influencing factors in GTWR model

地区 Regions	解释变量 Explanatory variables				
	年降雨量 Annual precipitation	地区开放度 Regional openness	人均可支配收入 Per capita disposable income	环境污染 Environmental pollution	产业结构 Industrial structure
莲都区 Liandu District	-0.000 031	-1.711 021 *	0.000 007 **	0.000 092 **	-0.013 194 ***
青田县 Qingtian County	0.000 149	-2.014 573	0.000 009	0.000 007	-0.022 753 ***
缙云县 Jinyun County	-0.000 277	-1.154 854	0.000 008 *	0.000 095 *	-0.009 504 **
遂昌县 Suichang County	0.001 757 ***	1.538 620 *	0.000 013 *	-0.000 195 **	-0.042 503 ***
松阳县 Songyang County	0.000 558 ***	-1.044 129 ***	0.000 011 ***	-0.000 145 ***	-0.016 354 ***
云和县 Yunhe County	0.000 558	-1.044 129 *	0.000 011 ***	-0.000 145	-0.016 354 ***
庆元县 Qingyuan County	0.000 131	3.108 327 ***	0.000 062	-0.000 058	-0.009 972 *
景宁县 Jingning County	-0.000 477 ***	-2.125 191	0.000 068 ***	0.000 695 ***	0.002 375 **
龙泉市 Longquan City	0.002 673 ***	21.138 824 ***	-0.000 253 ***	-0.000 230 ***	0.820 900 ***

1) 除莲都区、缙云县和景宁县以外,年降雨量对经济转换效率呈现正相关关系,并且对遂昌县、松阳县、景宁县和龙泉市影响较为显著。整体上来讲,降雨量的增加可以改善林业生产的气候环境,增加森林生态资本存量,有利于经济转换效率的提高。2) 除了遂昌县、庆元县和龙泉市之外,地区开放度与经济转换效率大体呈现负相关关系。但在遂昌县、庆元县和龙泉市产生显著性正向影响,说明这些地区开放度较高,利于吸引先进人才、先进技术和现代产业,从而促进森林生态资本经济转换效率,进而推动区域经济增长。3) 人均可支配收入对除龙泉市以外的其他大部分地区产生显著性正向影响,说明人均可支配收入的提高对森林生态资本经济转换效率具有较大的推动作用。4) 除青田县、云和县和

庆元县以外,环境污染对森林生态资本经济转换效率均有显著性影响,但方向不一,且在松阳县、景宁县和龙泉市表现尤为明显,均通过 0.01 水平的显著性检验。这说明环境污染对森林生态资本经济转换具有一定的约束力。5) 景宁县和龙泉市的产业结构对经济转换效率产生显著正向影响,且通过 0.05 水平以上的显著性检验,说明这些区域的产业结构调整有利于森林生态资本经济转换效率的提升。其他地区的产业结构对经济转换效率产生显著负向影响,且通过 0.1 水平以上的显著性检验,说明这些区域产业结构转型并未对森林生态资本经济转换效率起到良好的带动作用。

进一步对丽水市森林生态资本经济转换效率 GTWR 模型的估计系数进行分析,限于篇幅,仅对

2011、2015 和 2019 年影响因素的时空特征进行分析,结果如表 7 所示。具体分析如下。

表 7 2011、2015 和 2019 年森林生态资本经济转换效率影响因素系数时空分布
Tab. 7 Spatial-temporal distribution of coefficients of the forest ecological capital economic conversion efficiency influencing factors in 2011, 2015 and 2019

变化方向 Change direction	2011	2015	2019
年降雨量 Annual precipitation	从东到西逐渐变大 Growing from east to west	从东到西逐渐变大 Growing from east to west	从东到西逐渐变大 Growing from east to west
地区开放度 Regional openness	从东北到西南逐渐变大 Growing from northeast to southwest	从东北到西南逐渐变大 Growing from northeast to southwest	从东北到西南逐渐变大 Growing from northeast to southwest
人均可支配收入 Per capita disposable income	从东、西向中逐渐变大 Growing from the east and the west to the middle	从东、西向中逐渐变大 Growing from the east and the west to the middle	从东、西向中逐渐变大 Growing from the east and the west to the middle
环境污染 Environmental pollution	从西到东逐渐变大 Growing from west to east	从西到东逐渐变大 Growing from west to east	从西到东逐渐变大 Growing from west to east
产业结构 Industrial structure	从东到西逐渐变大 Growing from east to west	从东到西逐渐变大 Growing from east to west	从东到西逐渐变大 Growing from east to west

年降雨量对森林生态资本经济转换效率影响的回归系数从东到西逐渐变大,如西部地区遂昌县和龙泉市,遂昌县森林覆盖率达到 82.3%,龙泉市森林覆盖率达到 84.2%,位于全市前列,自然资源条件良好,生态系统服务价值较高,森林生态资本价值较大。同时,遂昌县和龙泉市地区开放度位于全市前列,吸引了较多科技人才,促进了经济转换效率的提升。低值区域主要位于莲都区、缙云县、景宁县、和云和县,这些县区经济发展水平较高,受自然环境影响相对较小。

地区开放度的回归系数高值地区变化较小,且以较高值区域为主。随着长江三角洲地区发展一体化水平的提高,各县(市、区)致力于科技水平的提升,相应地对外商企业技术的吸引力呈现增强的趋势,有利于森林生态资本经济转换及促进区域经济增长作用的提升。

人均可支配收入的回归系数以正值为主,主要原因在于随着收入水平的提高,人们更加注重生态产品的消费,带动了森林生态产业的发展。云和县和景宁县人均可支配收入因素的促进作用最为明显,其主要原因可能在于两县农林业龙头企业的不断增加,生态产业发展迅速,有效促进了森林生态资本经济转换效率的提高。

环境污染的回归系数从西到东逐渐变大,且低值主要位于西部的龙泉市、庆元县和遂昌县等地。可能的原因在于当地政府为促进经济快速发展,大力发展传统工业产业,县域生态环境压力不断加大,在一定程度上抑制了森林生态产业的发展,影响了森林生态资本经济转换效率。在景宁县,随着时间的推移,环境污染负向影响呈现减弱的趋势。这得

益于景宁县工业废物排放量的降低以及生态系统保护修复强度的提升,有利于提升森林生态资本价值量与经济转换效率。

产业结构与森林生态资本经济转换效率在大部分区域表现为负相关,这表明丽水市产业结构优化对森林生态资本经济转换效率整体上尚未起到良好的带动作用。但该影响因素对龙泉市森林生态资本经济转换效率具有一定的促进作用。随着时间的推移,丽水市各个县(市、区)相关系数不断扩大,表明这些地区在产业结构优化调整过程中,污染型工业产业发展被抑制,高新技术与低碳产业得到发展。

4 结论与启示

本文借助超效率 SBM-Malmquist 模型、OLS 模型、随机效应和固定效应模型以及时空地理加权回归模型(GTWR),实证分析了 2011—2019 年期间丽水市森林生态资本经济转换及促进区域经济增长的效率、变化特征以及主要影响因素和机制特征。得到如下结论。

第一,森林生态资本作为一种投入要素,对区域经济增长有着显著影响。从经济转换效率与其分解效率的关系方面来看,纯技术效率变化较小,规模效率值趋近于 1,技术进步效率波动幅度较大,对促进区域经济增长的制约最大,对森林生态资本促进区域经济增长的解释能力最强。森林生态资本每提高 1%,区域经济增长率将会增加 0.076%,这表明当前森林生态资本在促进区域经济增长的边际贡献有限,也说明了提升生态资本经济转换效率的潜力巨大。为此,地方政府要围绕持续提升森林资源存量与增加森林生态资本价值这一目标,科学平衡物质

资本、林地面积和劳动力之间的投入,即合理增加物质资本,适当限制林地面积和劳动力的投入,避免冗余,以此推动生态资本价值转换。

第二,不同的影响因素对森林生态资本经济转换及促进区域经济增长效率有着不同的作用方向和作用程度。年降雨量和人均可支配收入对森林生态资本经济转换效率产生显著正向影响,产业结构对森林生态资本经济转换及区域经济增长整体上产生显著负向影响,环境污染和地区开放度的影响不显著。为此,要积极引进内外资金,不断优化产业结构,积极发展劳动密集型的生态资源产业,吸纳当地人口就业,大力提升人均可支配收入,带动和提升森林生态资本经济转换效率水平,促进区域经济持续增长。

第三,由于地理区域、经济社会发展水平以及森林生态资源禀赋等条件的差异,丽水市森林生态资本经济转换及促进区域经济增长的影响因素在各地区之间也存在比较明显的时空差异性特征。年降雨量对大部分地区有着正向影响,遂昌县、松阳县、景宁县和龙泉市受到较为显著的影响,且时空异质性回归系数表现为从东到西逐渐变大的特征。遂昌县、庆元县和龙泉市的地区开放度对森林生态资本经济转换效率产生显著性正向影响,对其他大部分地区产生负向影响,并且时空异质性回归系数表现为从东北到西南逐渐变大特征。大体上来讲,人均可支配收入的提高对森林生态资本经济转换效率具有较大的推动作用,其时空异质性回归系数表现为从东、西向中逐渐变大的特征。除青田县、云和县和庆元县以外,环境污染对森林生态资本经济转换效率均有着方向和程度不同的显著性影响,其时空异质性回归系数表现为从西到东逐渐变大的特征。产业结构对森林生态资本经济转换效率影响显著,景宁县和龙泉市的产业结构优化促进了森林生态资本经济转换效率的提升,其他地区的产业结构转型并未对森林生态资本经济转换效率起到良好的带动作用,其空间异质性回归系数表现为从东到西逐渐变大的特征。这表明提高森林生态资本经济转换及促进区域经济增长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。森林生态资本经济转换和区域经济增长受限于区域经济结构、地区开放度、人均可支配收入、环境污染和气候条件等要素的影响。生产要素集聚与森林生态资本经济转换和区域经济增长相辅相成,因此,需要根据各地森林资源禀赋以及影响生态资本经济转换效率的因素差异性特征,合理制

定森林资源培育、保护与产业化利用规划,不断完善环境和资源约束下的森林生态资本要素合理配置,分区分类施策,因地制宜发展森林生态产业,力求实现要素适配与均衡,推动要素集聚水平与经济增长效率的协同提升。同时,要不断完善区域间差异化的森林生态资本保育财政补贴、市场融资机制和支持政策体系,均衡配置林业资金投入规模和结构,聚焦关键地区和薄弱环节,精准施策,着力减缓和纠正快速城镇化和高度工业化对森林生态资本保育及生态产业发展带来的冲击和挤出,力求实现城乡和工农之间的资源最优配置,推动实现地区间森林生态资本经济转化及促进区域经济发展能力的均衡发展。

参 考 文 献

- 陈志刚,姚 娟. 2022. 环境污染、经济高质量发展与生态资本利用的空间关系——以北部湾经济区为例. 自然资源学报, 37(2): 277-290.
- (Chen Z G, Yao J. 2022. On spatial relationship between environmental regulation, high-quality economic development and the utilization of ecological capital: Taking the Beibu Gulf Economic Zone as an example. Journal of Natural Resources, 37(2): 277-290. [in Chinese])
- 程文杰,孔凡斌,徐彩瑶. 2022. 国家试点区森林调节类生态产品价值转化效率初探. 林业经济问题, 42(4): 354-362.
- (Cheng W J, Kong F B, Xu C Y. 2022. A preliminary study on conversion efficiency of forest regulating ecological product value in National Pilot Zone. Issues of Forestry Economics, 42(4): 354-362 [in Chinese])
- 董娅楠,缪东玲,程宝栋. 2018. FDI对中国林业全要素生产率的影响分析——基于 DEA-Malmquist 指数法. 林业经济, 40(4): 39-45.
- (Dong Y N, Miao D L, Cheng B D. 2018. Analysis on the impact of FDI on China's forestry total factor productivity—based on DEA-Malmquist. Forestry Economics, 40(4): 39-45. [in Chinese])
- 韩宝龙,欧阳志云. 2021. 城市生态智慧管理系统的生态系统服务评估功能与应用. 生态学报, 41(22): 8697-8708.
- (Han B L, Ouyang Z Y. 2021. The comparing and applying intelligent urban ecosystem management system(IUEMS) on ecosystem service assessment. Acta Ecologica Sinica, 41(22): 8697-8708. [in Chinese])
- 姜 微,汤 旭,刘俊昌. 2020. 南方 13 省份林业产业生态效率时空演变及其影响因素. 生态学报, 40(16): 5663-5673.
- (Jiang W, Tang X, Liu J C. 2020. Research on ecological efficiency of forestry industry in 13 Provinces of South China: spatio-temporal and influence factor. Acta Ecologica Sinica, 40(16): 5663-5673. [in Chinese])
- 林 阳,吴克宁. 2021. 土地资源市场化与产业结构升级——基于非线性因果关系和时空地理加权模型的考察. 地域研究与开发, 40(3): 20-24.

- (Lin Y, Wu K N. 2021. Marketization of land resources and industrial structure upgrade: an investigation based on nonlinear causal relationship and geographically and temporally weighted regression. *Areal Research and Development*, 40(3): 20-24. [in Chinese])
- 孔凡斌, 王 宁, 徐彩瑶. 2022. “两山”理念发源地森林生态产品价值实现效率. *林业科学*, 58(7): 12-22.
- (Kong F B, Wang N, Xu C Y. 2022. Value realization efficiency of forest ecological products in the birthplace of “two mountains” idea. *Scientia Silvae Sinicae*, 58(7): 12-22. [in Chinese])
- 梅怡明, 严立冬 邓远建, 等. 2019. 中国省域生态资本运营水平综合评价与空间差异分析. *中国地质大学学报(社会科学版)*, 19(6): 61-72.
- (Mei Y M, Yan L D, Deng Y J, *et al.* 2019. Comprehensive evaluation and spatial difference analysis of ecological capital operation level in China. *Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition)*, 19(6): 61-72. [in Chinese])
- 史常亮, 揭昌亮, 石 峰, 等. 2017. 中国林业技术效率与全要素生产率增长分解——基于 SFA-Malmquist 方法的估计. *林业科学*, 53(12): 126-135.
- (Shi C L, Jie C L, Shi F, *et al.* 2017. Estimation of the technical efficiency and the decomposition of TFP of Chinese forestry: basing on SFA-Malmquist method. *Scientia Silvae Sinicae*, 53(12): 126-135. [in Chinese])
- 田 杰, 张晓棠, 姚顺波. 2015. 考虑自然因素投入的林业生产效率评价研究——以南方集体林区为例. *西安工业大学学报*, 35(5): 378-386.
- (Tian J, Zhang X T, Yao S B. 2015. Study on efficiency of forestry production based on the natural factors: a case of southern collective forest areas. *Journal of Xi'an Technological University*, 35(5): 378-386. [in Chinese])
- 王学渊. 2008. 基于前沿面理论的农业水资源生产配置效率研究. 杭州: 浙江大学.
- (Wang X Y. 2008. Research on production allocation efficiency of agricultural water resources based on frontier theory. Hangzhou: Zhejiang University. [in Chinese])
- 向红玲, 陈昭玖, 廖文梅, 等. 2021. 南方集体林区林业发展驱动机制及技术效率影响因素分析. *林业经济*, 43(8): 5-21.
- (Xiang H L, Chen Z J, Liao W M, *et al.* 2021. Analysis on driving mechanism of forestry development and influencing factors of technical efficiency in collective forest regions in South China. *Forestry Economics*, 43(8): 5-21. [in Chinese])
- 徐 伟. 2021. 基于 Super-SBM 模型和 Malmquist 指数的中国工业创新效率评价. *宏观经济研究*, (5): 55-68.
- (Xu W. 2021. Evaluation of China's industrial innovation efficiency based on Super-SBM model and Malmquist index. *Macroeconomics*, (5): 55-68. [in Chinese])
- 严立冬, 刘昊昕, 邓远建, 等. 2021 农业生态资本投资水平及其空间溢出效应研究. *中国地质大学学报(社会科学版)*, 21(6): 77-90.
- (Yan L D, Liu H X, Deng Y J, *et al.* 2021. Study on the investment level of agro-ecological capital and its spatial spillover effect. *Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition)*, 21(6): 77-90. [in Chinese])
- 严立冬, 屈志光, 方时姣. 2011. 水资源生态资本化运营探讨. *中国人口, 资源与环境*, 21(12): 81-84.
- (Yan L D, Qu Z G, Fang S J. 2011. Discussion on eco-capital operation of water resources. *China Population, Resources and Environment*, 21(12): 81-84. [in Chinese])
- 杨文仙, 李石华, 彭双云, 等. 2021. 顾及地形起伏的 InVEST 模型的生物多样性重要区识别——以云南省为例. *应用生态学报*, 32(12): 4339-4348.
- (Yang W X, Li S H, Peng S Y, *et al.* 2021. Identification of important biodiversity areas by InVEST model considering topographic relief: a case study of Yunan Province, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 32(12): 4339-4348. [in Chinese])
- Chavas J P, Cox, T L A. 1999. Generalized distance function and the analysis of production efficiency. *Southern Economic Journal*, 66(2), 294-318.
- Hausenbuiller R L. 1985. *Soil science: principles and practices*. Dubuque, Iowa: William C Brown, Publishers.
- Lucas Jr. R E. 1988. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1): 3-42.
- Vogt W. 1948. *Road to survival*. New York: William Sloan, 54.
- Wang N, Xu C Y, Kong F B. 2022. Value realization and optimization path of forest ecological products: case study from Zhejiang Province, China. *International Journal of Environment Research and Public Health*, 19(12): 7538.
- Xiong L C, Wang F T, Cheng B D, *et al.* 2018. Identifying factors influencing the forestry production efficiency in Northwest China. *Resources, Conservation and Recycling*, 130: 12-19.

(责任编辑 万贤崇)