

DOI: 10.5846/stxb201909031828

姜微, 汤旭, 刘俊昌. 南方 13 省林业产业生态效率时空演变及其影响因素. 生态学报, 2020, 40(16): 5663-5673.

Jiang W, Tang X, Liu J C. Research on ecological efficiency of Forestry Industry in 13 Provinces of South China: Spatio-temporal and influence factor. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(16): 5663-5673.

南方 13 省林业产业生态效率时空演变及其影响因素

姜 微^{1, 2}, 汤 旭³, 刘俊昌^{1, *}

1 北京林业大学经济管理学院, 北京 100083

2 中南林业科技大学商学院, 长沙 410004

3 中南林业科技大学经济学院, 长沙 410004

摘要: 研究林业产业生态效率能够准确了解到目前南方林区林业产业可持续发展水平, 对于林业产业发展和生态文明建设有着重要意义。运用非径向方向距离函数测算 2005 年到 2016 年间南方林区 (13 个省域) 的林业产业生态效率, 分析其时空演变规律, 对比分析各省域的资源效率和环境效率, 运用变系数模型对不同省域的影响因素进行实证分析。结果表明: (1) 2005—2016 年间南方林区产业生态效率总体是呈缓慢上升趋势, 生态效率均值最高的是广东, 其次为江苏和浙江, 排在最后三位的是广西、贵州、云南; 除了广东、江苏、浙江、福建, 其他 9 个省的林业产业生态效率均值低于 0.5, 说明林业产业生态效率整体水平较低且呈现显著的较大差异; 根据时空演变可看出, 中部地区与东部地区的差距在逐渐缩小, 但西部地区整体水平较低, 仍有较大的提升空间, 与各省经济实力的梯次分布基本趋同。(2) 林业产业生态效率提升重点在环境效率, 特别是中西部地区环境效率相较于东部地区还有较大的提升空间, 其中环境效率中废气、废弃物排放效率是减排重点。(3) 环境规制对于林业产业生态效率影响最大, 其次市场化对林业产业生态效率影响较大, 森林覆盖度对林业产业生态效率影响跟自身经济发展水平有关, 固定资产投资对于林业产业生态效率影响是最为不显著的。文章从研究数据的局限性以及未来研究的重点方向等方面也进行了详细的探讨。

关键词: 林业产业; 生态效率; 非径向距离函数; 变系数

Research on ecological efficiency of Forestry Industry in 13 Provinces of South China: Spatio-temporal and influence factor

JIANG Wei^{1, 2}, TANG Xu³, LIU Junchang^{1, *}

1 School of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 School of Business, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China

3 School of Economics, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China

Abstract: The study on the ecological efficiency of forestry industry can accurately show the current sustainable development level of forestry industry in South China, which has a great significant meaning for the development of forestry industry and the construction of ecological civilization. In this paper, Non-radial Directional Distance Function (NDDF) is used to measure the ecological efficiency of forestry industry in southern forest regions (13 provinces) from 2005 to 2016, by analyzing Spatio-temporal characteristics. Then, resource efficiency and environmental efficiency of each province are compared and analyzed. Finally, Variable Coefficient Model is used to make empirical analysis on the influencing factors of different provinces. The results showed that: (1) from 2005 to 2016, the overall ecological efficiency of the forest industry in southern China showed a slow increasing trend, with the highest average of ecological efficiency in Guangdong, followed by

基金项目: 国家社科青年基金课题 (201602010088)

收稿日期: 2019-09-03; 网络出版日期: 2020-06-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liujuchang@vip.sina.com

Jiangsu and Zhejiang, and the last three in Guangxi, Guizhou and Yunnan; the average value of ecological efficiency of forestry industry in nine provinces such as Anhui, Guangxi and Guizhou is lower than 0.5, which indicates that the overall level of ecological efficiency of forestry industry is relatively low with significant differences; according to the temporal and spatial evolution, the gap between the central region and the eastern region is gradually narrowing, but the overall level of the western region is relatively low and still can make a great improvement, which is basically similar to the echelon distribution of economic strength of each province. (2) The key to improve the ecological efficiency of the forestry industry is environmental efficiency, especially in the central and western regions, where there is still more room for improvement, compared with the eastern regions. Among them, emission reduction priorities are the emission efficiency of waste gas and solid waste. (3) Environmental regulation has the greatest impact on the ecological efficiency of forestry industry, followed by marketization, which is the second largest impact. The impact of forest coverage on the ecological efficiency of forestry industry is related to its own economic development level, and the impact of fixed asset investment on the ecological efficiency of forestry industry is the least significant. At the end of the paper, the limitations of the selection of research data and indicators and the key directions of future research are discussed in detail.

Key Words: forestry industry; ecological efficiency; non-radial distance function; variable coefficient

林业是生态文明建设的主体,具有产业经济和森林生态双重属性。改革开放以来,我国森林覆盖率由 80 年代初 12.98% 提高到 2018 年的 22.96%,林业产值由 1978 年的 179.6 亿元增长到 2018 年的 76272 万亿元,年均增速 10.35%,呈现持续高速增长的态势。尽管林业产值取得了高速增长,但这种简单数量的增长却容易忽视了增长的质量与代价。《林业发展“十三五”规划》^[1] 数据显示,宜林荒山荒地、林业生产力低的疏林和灌木林两项合计占林地总面积的 47.5%,全国森林单位面积蓄积量只有全球平均水平的 78%,森林年净生长量仅相当于林业发达国家的一半左右,全国中度以上生态脆弱区域占国土陆地空间的 55%,这说明目前林业发展模式仍然是粗放式的增长,长此以往,它必将严重阻碍林业的可持续利用与发展。在此背景下,林业产业迫切需要向高质量集约型增长模式转型。由于简单的林业产值指标无法客观反映林业增长的质量和林业增长的代价,而综合了资源、环境等因素的生态效率指标能较为全面地测度林业产业增长质量,因此本文将基于生态效率指标以及 2005—2016 年的面板数据来分析南方林区的林业生态效率。本文将聚焦于以下几个问题:①从 2005 年以来南方林区的生态效率是否实现了持续增长?②南方林区 13 省生态效率的空间分布有何特征?③哪些因素会显著影响南方林区的林业产业生态效率?以上问题的研究有利于分析南方林区林业生态效率的时空分布特征,同时也能为相关林业产业的政策制定提供更多的科学依据。

生态效率最初由德国学者 Schaltegger 和 Sturm^[2] 提出,并由世界可持续发展工商理事会(WBCSD)和经合组织(OECD)推广。林业生态效率是以林业生产效率为基础展开的,主要是从企业、产业行业、区域 3 个方面展开。国外最先是从企业、行业展开的,如 Shiba 等^[3]、Jun Y L^[4]、Marileena^[5] 从企业层面测算林业生产效率。Salehirad 等^[6]、Luis 等^[7] 从林木产业方面测算生产效率;区域测算方面, Gouranga^[8] 测算美国林业生产率、Sporcic M^[9] 测算克罗地亚森林生产效率。而国内林业企业、行业层面研究成果相对较少,杨玮^[10] 测度林产业和森工产业生产效率,吕盈等^[11] 测算林业龙头企业生产效率;国内林业效率以区域测算为主展开不同区域、省域的研究,郑宇梅^[12]、李雪婷^[13]、史常亮等^[14]、姜钰等^[15] 运用不同模型测算不同地区或省域多年份的林业生产效率,并进行产业集聚、影响因素、要素分解分析、时空格局等方面延伸研究。通过以上文献梳理发现,国内外林业效率研究以全要素生产效率为主,其是衡量地区林业经济增长质量的重要方法,忽视资源、环境因素的生产效率评价体系会使测算结果出现偏差,误判林业经济绩效从而误导政策建议。因而,本文采用生态效率来研究资源、环境约束下林业产业经济增长质量及可持续发展水平。目前,国内外测算生态效率方法包括随机前沿法、DEA、超效率 DEA、SBM、非径向方法距离函数模型等,以 SBM 为主。DEA 模型^[16]、随机前沿法^[17] 是分解前沿技术和技术效率最主要的两种方法,超效率 DEA^[18] 解决了多决策单元同时评估生产前沿面

的问题,但都是处理多投入、多产出方面,均未将污染作为非期望产出。SBM 模型^[19]、非径向方向距离函数^[20]相比前面模型解决了决策单位的松弛变量问题和引入污染物排放为非期望产出变量,但非径向方法距离函数相比 SBM 模型未将资本和劳动变量纳入指标体系中^[21],能更好反映资源、环境约束下绿色经济发展水平,故本文选取非径向方向距离模型测度林业产业生态效率。影响机理分析多采用 Tobit 模型分析各因素的整体效应,而变系数模型深入探析各区域各个影响因素的差异性和趋同性,弥补了常参数计量经济研究的部分不足,对各区域因地制宜发展绿色经济提供支撑。基于此,本文以 2005—2016 年南方林区各省市面板数据为研究对象,采用非径向方法距离函数对南方林区林业产业生态效率进行测度,并分析林业产业生态效率的时空演变规律,利用变系数模型分析不同区域生态效率各因素影响情况,旨在为生态文明建设、缩小各地区间的产业发展不均衡提供科学的理论支撑。

1 研究区域

南方林区作为中国三大林区之一,包括广东省、广西省、福建省、浙江省、江苏省、湖南省、湖北省、云南省、贵州省、四川省、海南省、江西省、安徽省。2016 年林地总面积为 1.389 亿 hm^2 ,占全国的 44.43%,该区域林业产业较为发达,林业产业总产值为 4.61 万亿元,占全国林业总产值的 69.72%,是我国重要的林业经济发展优势区域。林业产业作为南方林区农村经济发展的重要支柱,然而在林业经济高速发展时,林业资源利用率较低、林木偷砍滥伐、粗放式生产管理造成水土流失、土壤荒漠化等生态问题,无疑会阻碍区域内绿色经济发展。林业产业生态效率是衡量林业产业绿色发展的重要指标,运用科学方法测度林业产业生态效率有利于明确南方林区林业产业发展方向、促进产业转型升级,对当地生态文明建设大有裨益。

2 研究方法

2.1 非径向方向距离函数

以传统 DEA 为框架,假设规模报酬不变的前提下,本文采用资源—环境非径向方向距离函数来测算南方林区林业产业生态效率。借鉴郑玉梅的研究^[12],投入指标包括资本要素(K),劳动力要素(L),能源要素(E),林木要素(M),林业产值(Y)为期望产出要素,废水(S)、废气(Q)、固体废弃物(W)为非期望产出要素。借鉴 Zhou 等^[22]的研究,构建测度资源环境效率的非径向方法距离函数,公式如下:

$$\overrightarrow{ND}(K, L, E, M, Y, S, Q, W; g) = \sup \{ \omega^T \beta : (K, L, E, M, Y, S, Q, W) + g \times \text{diag}(\beta) \in P \} \quad (1)$$

式中,松弛向量 $\beta = (\beta_K, \beta_L, \beta_E, \beta_M, \beta_Y, \beta_S, \beta_Q, \beta_W)^T \geq 0$,代表各要素增减变化的比例;权重向量 $\omega = (\omega_K, \omega_L, \omega_E, \omega_M, \omega_Y, \omega_S, \omega_Q, \omega_W)^T$ 表示各要素的权重; $g = (g_K, g_L, g_E, g_M, g_Y, g_S, g_Q, g_W)$ 为方向向量, $\text{diag}(\ast)$ 表示对向量 β 进行对角化处理。本文以资源环境效率为核心,借鉴林伯强和杜克锐的研究^[21],将资本、劳动的无效率分离出来有利于观察资源、环境的减排空间,故资本和劳动指标权重为 0。借鉴林伯强等的研究^[23],在没有其他先验条件下,指标体系中各投入产出要素均等对待可能更合理,故本文赋予资源投入、期望产出和非期望产出同等比例,故权重 $\omega = \left(0, 0, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{3}, \frac{1}{9}, \frac{1}{9}, \frac{1}{9}\right)^T$, $g = (0, 0, -E, -M, Y, -S, -Q, -W)$ 。将 ω, g 带入公式(2):

$$\begin{aligned} \overrightarrow{ND}(K, L, E, M, Y, S, Q, W) &= \max \left\{ \frac{1}{6} \beta_E + \frac{1}{6} \beta_M + \frac{1}{3} \beta_Y + \frac{1}{9} \beta_S + \frac{1}{9} \beta_Q + \frac{1}{9} \beta_W \right\} \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{i,t} K_{i,t} &\leq K', \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{i,t} L_{i,t} \leq L', \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{i,t} E_{i,t} \leq E' - \beta_E g_E \\ \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{i,t} M_{i,t} &\leq M' - \beta_M g_M, \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{i,t} Y_{i,t} \leq Y' - \beta_Y g_Y \\ \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{i,t} S_{i,t} &\leq S' - \beta_S g_S, \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{i,t} Q_{i,t} \leq Q' - \beta_Q g_Q \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \gamma_{i,t} W_{i,t} &\leq W' - \beta_W g_W \\ \gamma_{i,t} &\geq 0, i = 1, 2, \dots, N \\ t = 1, 2, \dots, T, \beta_E, \beta_M, \beta_Y, \beta_S, \beta_Q, \beta_W &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

求解公式(3)可以得到最优解即 $\beta^* = (\beta_E^*, \beta_M^*, \beta_Y^*, \beta_S^*, \beta_Q^*, \beta_W^*)$ 。依据最优解可以求解出各要素效率,即要素效率等于要素最优值占产出最优值的比重与实际要素值占实际产出比重的比值,具体计算公式如下:

$$\text{能源效率} = \frac{(E_{it} - \beta_{E,it}^* \times E_{it}) / (Y_{it} + \beta_{Y,it}^* \times Y_{it})}{E_{it} / Y_{it}} = (1 - \beta_{E,it}^*) / (1 + \beta_{Y,it}^*) \quad (3)$$

$$\text{林木效率} = \frac{(M_{it} - \beta_{M,it}^* \times M_{it}) / (Y_{it} + \beta_{Y,it}^* \times Y_{it})}{M_{it} / Y_{it}} = (1 - \beta_{M,it}^*) / (1 + \beta_{Y,it}^*) \quad (4)$$

$$\text{环境效率} = \frac{1}{3} \left(\sum_{j=S,Q,W} \frac{(j_{it} - \beta_{j,it}^* \times j_{it}) / (Y_{it} + \beta_{Y,it}^* \times Y_{it})}{j_{it} / Y_{it}} \right) = \frac{1}{3} \left(\frac{(1 - \beta_{S,it}^*) + (1 - \beta_{Q,it}^*) + (1 - \beta_{W,it}^*)}{(1 + \beta_{Y,it}^*)} \right) \quad (5)$$

借鉴李江龙的研究^[24],能源效率与林木效率加权平均为资源效率,资源投入与环境非期望产出同等重要,即林业产业生态效率(EE)由能源、林木以及环境效率进行加权平均得出:

$$EE_{i,t} = \frac{1}{2} \left(\frac{(1 - \beta_{E,it}^*) + (1 - \beta_{M,it}^*)}{(1 - \beta_{Y,it}^*)} \right) + \frac{1}{6} \left(\frac{(1 - \beta_{S,it}^*) + (1 - \beta_{Q,it}^*) + (1 - \beta_{W,it}^*)}{(1 - \beta_{Y,it}^*)} \right) \quad (6)$$

由公式(6)可以得出林业产业生态效率 $EE \in [0, 1]$,数值越高,代表林业产业生态效率越好。

2.2 变系数模型

本文考虑建立林业产业生态效率的计量模型,量化分析影响因素在不同区域间的差异性。考虑到面板回归模型能较好的解释经济内涵,运用时空序列的面板数据对南方林区 13 省林业产业生态效率影响因素进行异质性分析。模型如下:

$$\ln EE_{i,t} = \alpha_i + \beta'_i \ln X_{i,t} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式中, α_i 是随机变量, $i = (1 \cdots N)$ 表示不同省份地区, $t = (1 \cdots T)$ 表示年份,从 2005 年开始到 2016 年, EE_{it} 表示被解释变量, X_{it} 表示解释变量, β 表示斜率系数, ε 表示随机干扰项。

变系数模型分为固定效应和随机效应两类模型。首先需对变系数模型进行合理性检验,用 F 检验判断是变截距模型、混合模型还是变系数模型,然后运用 Hausman 检验判断到底是固定效应变系数还是随机效应变系数模型。F 检验基于如下假设:

$$H_1: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \cdots = \beta_N$$

$$H_2: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \cdots = \alpha_N, \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \cdots = \beta_N$$

如果 F 检验结果与 H_2 原假设一样,则该模式属于混合模型,不需要再进一步检验。若拒绝了 H_2 原假设,则继续检验 H_1 原假设;若接受 H_1 原假设,则为变截距模型,若拒绝 H_1 原假设,则为变系数模型。然后进行 Hausman 检验,假设显著性水平是 5%,若 hausman 检验结果 P 值 < 0.05 时,则拒绝显著性假设,为固定效应模型,若 P 值大于 0.05,则接受显著性假设,为随机效应模型。

2.3 指标选取及数据说明

2.3.1 林业产业生态效率指标及数据说明

林业产业生态效率指标选取借鉴郑玉梅的研究^[12],考虑到数据的可得性以及连续性问题,最终以劳动力、资本、能源、林木作为投入指标,以期望产出和非期望产出作为产出指标。相关数据来源于《中国林业统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、和各省市的统计年鉴。如下:

(1) 劳动力要素。选取各省每年林业产业年末从业人员人数作为劳动力要素。

(2) 资本要素。利用“永续盘存法”对林业固定资产投资数据进行估计作为资本要素^[25]。

(3)能源要素。选取各省每年的林业第二产业的能源消耗量,即木竹加工和竹藤棕草制品业,造纸及纸制品业,木质、竹藤家具制造,文教用品行业一次性能源统一单位后的消耗量。

(4)林木要素。选取各省每年的国内林木砍伐量作为林木要素。

(5)期望产出要素。借鉴郑玉梅的研究^[12],选取各省林业第二产业年末产值作为林业产业生态效率期望产出要素,因为林业第二产业在南方林业产业中是主导性产业:例如 2016 年,南方林区林业三次产业产值分别为:1.241 万亿元、2.383 亿元、0.899 万亿元,比重为 27:53:19。

(6)非期望产出要素。选取各省林业第二产业废水排放量、林业第二产业废气排放量以及林业第二产业固体废弃物排放量为非期望产出要素。

2.3.2 影响因素变量选取及数据说明

生态效率影响因素较多,借鉴李雪婷^[13]和熊立春研究^[26]及数据可获得性,从资源禀赋、产业发展水平、环境政策、制度政策四个方面选取指标,相关数据来源于《中国林业统计年鉴》、《中国统计年鉴》、《中国分省份市场化报告》和各省市的统计年鉴。

具体如下:

(1)资源禀赋方面用森林资源覆盖率来体现,森林资源是林业产业发展和生态可持续发展的基础。

(2)产业发展水平方面用林业固定资产投资、科研研发两个要素来代表。林业固定资产投资反映政府对林业产业投资力度,金额越高对林业产业作用越大;科研研发反映林业科技投入情况,技术创新可以降低资源过耗、生产成本,以实现生态环境保护,推动林业产业升级转型,由林业调查规划设计费、林业教育费以及林业科技及重点实验室费加权组成。

(3)环境政策用环境规制强度来体现。环境规制利用市场环境规制逼迫企业降低环境污染程度,有利于企业转型升级及生态环境保护。环境规制强度本文采用综合指数法测度,选取等工业 SO₂去除率、工业粉尘去除率、工业固体废物综合利用率、生活污水处理率和生活垃圾无害化处理率这 5 个单项指标,利用熵值法计算权重,然后计算出各地区环境规制水平^[27]。

(4)制度政策用市场化指数来体现。市场化指数用来衡量当地经济发展水平的,有利于资源和要素优化配置,提升生产效率,推动林业产业转型升级。借鉴王小鲁、樊纲^[28]的研究成果,将政府与市场的关系、非国有经济的发展、产品市场的发育程度、要素市场的发育程度、市场中介组织的发育和市场的法制环境五个方面按照等权重的方法计算得出市场化指数。

3 结果分析

3.1 林业产业生态效率测度及时空演变

运用 MAXDEA 软件测算出南方 13 省 2005—2016 年的林业产业生态效率,结果如表 1 所示。2005—2016 年间,效率最高 3 个省为广东省、江苏省、浙江省,效率最低 3 个省为广西省、贵州省、云南省。广东省、江苏省、浙江省地处东部沿海经济发达地区,以先进制造业为支撑的现代化产业体系,其技术条件相对其他地区更为优越,对于环境保护和环境规制要求更为严格,因此其林业产业生态效率水平相对更高。广西省、贵州省、云南省地处西南部经济较不发达的内陆地区,当地经济发展水平较低以加工高污染、高损耗的初级林产品制造业为主,其产能较低、交通不便、技术较为落后,是其林业产业生态效率较低主因。其他省份处于中间水平,2005 年效率值均较低,而后都保持着增长态势,到 2016 年各省效率都保持在 0.5 以上的水平。福建省林业产业生态效率发展保持较稳定增长的态势,其森林覆盖率排名全国第一名的省份,而效率值却不是最高,说明福建省森林资源禀赋在一定程度制约了林业产业的发展,存在资源诅咒现象。南方 13 省林业产业生态效率均值为 0.454,高于均值的省份仅有安徽省、广东省、江苏省、浙江省 4 个省份,说明南方林区林业产业生态效率整体水平较低,且各区域间差距较大,有较大的上升空间。

表 1 2005—2016 年南方 13 省林业产业生态效率

Table 1 Ecological efficiency of forestry industry in 13 southern provinces from 2005 to 2016

省份 Provinces	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	均值 Average
安徽	0.252	0.260	0.295	0.353	0.355	0.401	0.509	0.531	0.513	0.538	0.521	0.541	0.423
福建	0.465	0.460	0.494	0.514	0.476	0.499	0.656	0.686	0.610	0.653	0.693	0.694	0.575
广东	0.829	0.800	0.816	0.812	0.793	0.801	0.842	0.853	0.851	0.851	0.898	0.900	0.837
广西	0.128	0.140	0.155	0.165	0.176	0.197	0.272	0.284	0.290	0.314	0.336	0.386	0.237
贵州	0.203	0.207	0.258	0.243	0.215	0.189	0.162	0.138	0.151	0.137	0.153	0.182	0.187
海南	0.396	0.439	0.563	0.497	0.375	0.402	0.364	0.161	0.145	0.109	0.112	0.124	0.307
湖北	0.285	0.287	0.341	0.387	0.370	0.401	0.407	0.453	0.503	0.532	0.546	0.685	0.433
湖南	0.191	0.209	0.244	0.276	0.294	0.328	0.403	0.421	0.432	0.450	0.536	0.541	0.360
江苏	0.724	0.758	0.762	0.770	0.757	0.775	0.771	0.799	0.887	0.892	0.872	0.888	0.805
江西	0.207	0.236	0.286	0.322	0.349	0.386	0.489	0.499	0.535	0.643	0.639	0.589	0.432
四川	0.289	0.343	0.455	0.342	0.385	0.447	0.447	0.455	0.357	0.575	0.490	0.492	0.423
云南	0.203	0.203	0.213	0.214	0.184	0.186	0.163	0.141	0.151	0.140	0.141	0.105	0.170
浙江	0.501	0.498	0.525	0.626	0.707	0.721	0.752	0.770	0.803	0.876	0.876	0.881	0.711
均值	0.359	0.372	0.416	0.425	0.418	0.441	0.480	0.476	0.479	0.516	0.524	0.539	0.454

本文利用 ArcGIS 软件对 2005 年、2009 年、2013 年、2016 年的林业产业生态效率值进行了空间化分析,具体如图 1 所示。将林业产业生态效率值划分为 5 个层次,分别用不同的颜色进行标识,颜色越深代表该省林业产业生态效率值档次越高。东部地区:整体保持较高的水平区间,处于第四、五档。海南省作为特例,由于其旅游资源丰富,故林业产业多以旅游业为主,制造业发展受到极大的制约,导致林业产业生态效率水平不升反而降低。中部地区:初始处于第一、二档,说明当时林业产业生态效率水平较差,2016 年均处于第三档及以上达到中等水平,说明中部地区林业产业可持续发展程度在逐渐提高。西部地区:期间整体变化不大,基本上在第一档、二档之间波动,虽然林业资源丰富,但当地经济发展水平较低,阻碍林业产业的发展导致效率低下。而四川作为特例,其经济水平相比其他西部省份要高,而且注重环境保护以及技术水平迭代,故在 2016 年达到第三档,表现较为突出。南方林区产业生态效率总体是呈缓慢上升趋势,且中部地区与东部地区的差距在逐渐缩小,有了较大幅度的提升,但西部地区整体水平仍较低,有较大的发展空间,与各省份经济实力的梯次分布基本趋同。

3.2 林业产业各要素效率分析

根据上节公式算出能源效率、林木效率、环境效率,资源效率由能源效率和林木效率加权平均算出^[24],将资源效率与环境效率进行比较。如图 2 所示为 2005 年、2016 年各省资源、环境效率的散点图。2005 年样本点集中在右下角,而到 2016 年样本点往左上方分散,说明在 12 年间资源、环境效率有了较大幅度的提升。2005 年资源效率略高于环境效率,2016 年的资源效率要明显优于环境效率,表明随着全社会生态意识提高,注重林业资源保护并对森林资源砍伐和能源消耗进行严格限制措施,同时引入先进的生产技术,故资源效率要好于环境效率。东部地区省份其资源效率要高于环境效率,说明其对于节能意识摆在更为重要的位置;而西部地区省份其环境效率要高于资源效率,说明其减排效果要大于节能效果。

本文根据测算出来的能源和污染物排放的最优值与实际值进行对照,得到能源和污染物排放的可减少比例,结果如图 3。由于林木消耗数据仅包括国内砍伐量不能代表整体林木消耗水平,故本文不分析林木效率。可知,能源消耗可减少比例中,东部地区比例维持在 0.3 区间波动,中部地区呈显著的下降趋势,而西部地区仍维持在较高水平。观察污染物排放可减少比例可看出,东部地区的废水、废气、固体废弃物利用产业升级以及技术更新,达到了较好的减排效果,其可优化比例在 0.3 以下,说明其污染物减排效果非常好。中、西部地区中,废水的

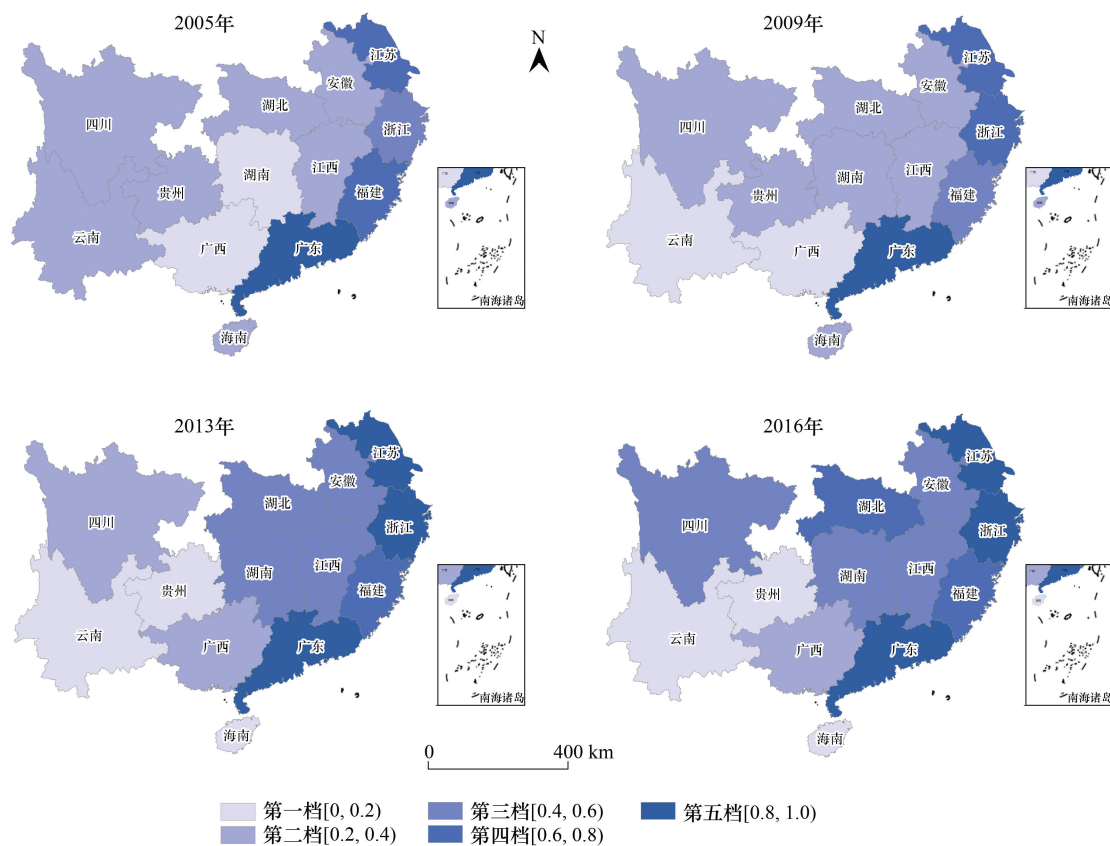


图 1 2005 年、2009 年、2011 年、2016 年南方 13 省林业产业生态效率

Fig.1 Ecological Efficiency of Forestry Industry in 13 Southern Provinces in 2005, 2009, 2011 and 2016

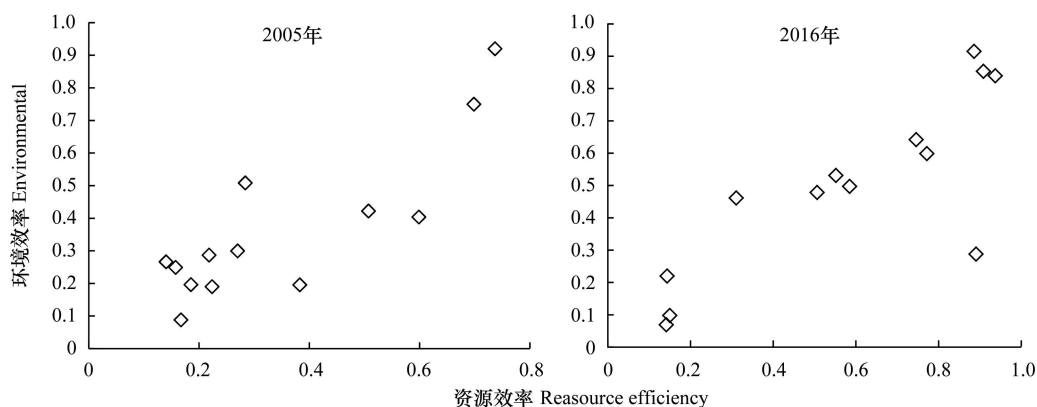


图 2 2005、2016 年资源效率和环境效率的对比图

Fig.2 Comparison of Resource Efficiency and Environmental Efficiency in 2005 and 2016

减排效果相对最好,呈现下降趋势,废气、固体废弃物的减排效果非常不理想,仍有较高比例的可优化空间。说明污染物排放的减排中,中西部地区较为重视废水的减排,达到较好的数值,但是忽视废气、固体废弃物的减排,特别是固体废弃物的减排,仍然有 80% 以上的优化空间。生态效率提升重点在环境效率,特别是中西部地区环境效率相较东部地区还有较大的提升空间,其中环境效率中废气、废弃物排放效率是减排重点。

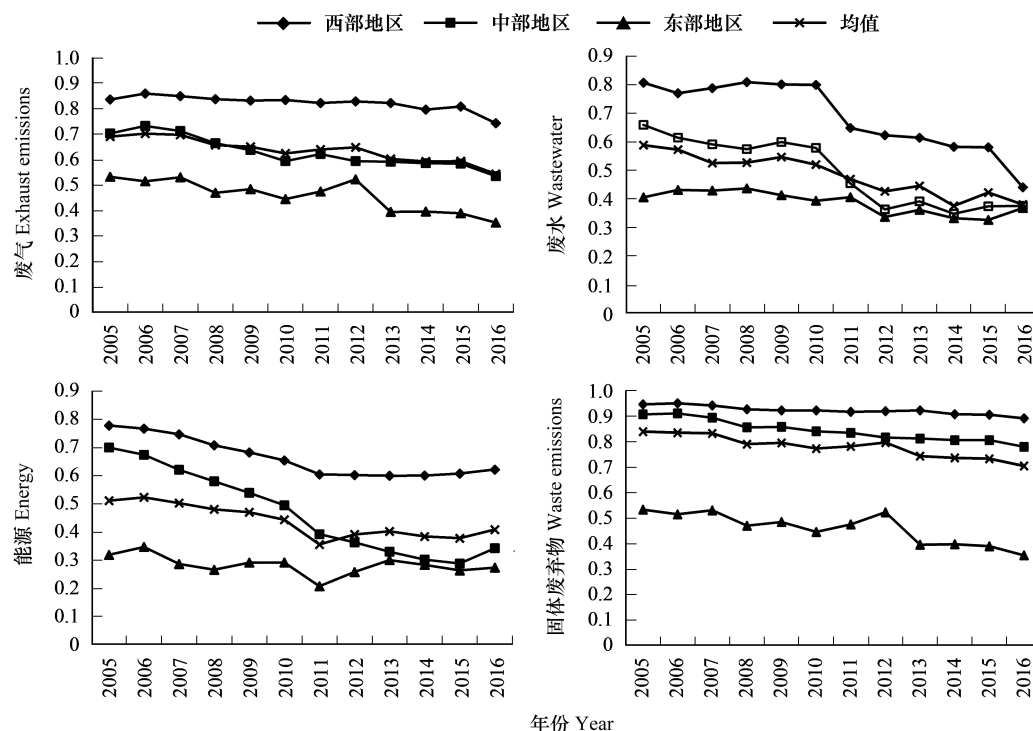


图3 2005—2016年东、中、西部地区能源、废水、废气、固体废弃物可减少比例

Fig.3 Reduction Ratio of Energy, Waste Water, Waste Gas and Solid Waste in Eastern, Central and Western Regions from 2005 to 2016

3.3 影响因素分析

首先对 2005—2016 年相关数据进行 LLC 单位根检验、Fisher 协整检验, 结果表明, 面板数据可以进行回归分析。利用上节所介绍的模型形式设定检验方法, 计算得到的两个 F 统计量分别为:

$$F_2 = 18.59566 \quad F_1 = 11.11392$$

查 F 分布表, 在给定 5% 的显著性水平下, 得到相应的临界值为:

$$F(60, 78) = 1.47 \quad F(72, 78) = 1.35$$

由于 $F_1 > 1.47$, 所以拒绝 H_1 假设; 而 $F_2 > 1.35$, 又拒绝 H_2 假设, 因此模型为变系数模型; 根据 Hausman 检验结果 P 值小于 0.05, 模型应拒绝显著性假设, 即为固定效应变系数模型。如表 2 环境管制对于林业产业生态效率影响最为显著, 有明显的地域差异, 福建省、湖北省及四川省影响最为明显。东部地区广东、江苏、浙江的环境效率本来就很高, 故环境管制产生的影响不如环境效率略低地区产生的影响大; 近几年, 中部地区较为重视生态环境保护, 承接产业转型过程中抓住了产业升级的机遇, 故其环境管制对产业生态效率产生了较大影响; 海南省、贵州省、广西省本身效率较低, 由于经济水平较低限制其产业发展, 故其环境管制产生影响为负值, 云南省虽然数值为正但影响相对较小。

科研投资对林业产业生态效率的影响不如环境管制那么明显影响。其中, 广西省、海南省、贵州省、云南省产生的影响为负, 且数值非常小。东部、中部地区对林业产业生态效率产生影响为正向, 但是数值也较小, 中部地区影响相对东部地区数值要大一些, 说明科研投资对中部省份促进作用要强过东部地区省份。

森林资源覆盖度对林业产业生态效率产生影响有正有负。林业产业生态效率较低的地区没有很好利用森林资源发展起林业产业, 故影响为负。浙江省、江西省、福建省利用自身的森林资源优势大力发展林业产业, 故其影响最为明显。森林资源覆盖率高对林业产业生态效率有正向影响, 但是如果自身经济水平有限反而会限制其生态效率的发展, 会过度发展高能耗高污染的产业经济。

表 2 变系数固定效应回归结果
Table 2 Regression Results of Fixed Effect of Variable Coefficient

省份 Provinces	环境管制 Environmental regulation	科研投资 Investment in scientific research	森林覆盖度 Forest coverage	固定资产投资 Fixed assets investment	市场化 Marketization
安徽	0.254745 *** (3.209154)	0.000670 *** (2.336923)	0.006321 *** (2.196414)	-0.00000006 *** (-3.132744)	-0.036865 * (-1.753440)
福建	0.836750 ** (1.935112)	0.000225 *** (2.384353)	0.045571 *** (2.675534)	0.00000073 ** (1.814375)	0.022937 ** (1.878086)
广东	0.084065 *** (2.214338)	0.000014 (1.223771)	0.000257 *** (2.231353)	-0.00000016 ** (-1.918763)	0.007704 *** (2.160401)
广西	-0.225664 *** (-3.591022)	-0.000393 ** (-1.869280)	-0.000371 (-1.031991)	0.00000002 ** (1.807571)	0.006521 *** (2.401140)
贵州	-0.190281 *** (-3.096902)	-0.000053 *** (-2.904615)	-0.001740 *** (-4.263413)	0.00000020 *** (3.219594)	0.032461 (1.139109)
海南	-1.904667 ** (-2.646035)	-0.004043 ** (-1.784391)	-0.014994 *** (-2.536682)	0.00000382 *** (2.102005)	-0.024360 *** (-3.597176)
湖北	0.375281 *** (2.156143)	0.000611 *** (2.636103)	0.013271 ** (-1.712569)	0.00000019 (1.277625)	0.012404 (1.615103)
湖南	0.305756 (1.434424)	0.000163 *** (1.988864)	0.003443 *** (2.309924)	0.00000021 *** (3.540739)	-0.000576 *** (-2.031896)
江苏	0.092307 *** (2.106539)	0.000210 *** (2.694640)	0.015380 (1.405548)	0.00000002 *** (2.285260)	0.012424 ** (1.807434)
江西	0.243237 * (1.690315)	0.000615 *** (2.461682)	0.067515 *** (2.346052)	-0.00000023 *** (-1.986089)	0.040529 ** (1.739275)
四川	0.44786 ** (1.932789)	0.001084 *** (2.385758)	0.021096 ** (1.773210)	0.00000003 (0.007901)	0.039158 *** (2.409548)
云南	0.092564 (1.152592)	-0.000685 ** (-1.807622)	-0.007288 *** (-3.091605)	0.00000012 ** (1.791717)	0.003464 ** (1.859446)
浙江	0.171181 *** (2.077029)	0.000238 ** (1.813936)	0.057195 ** (1.993163)	-0.00000307 * (-1.534319)	-0.022438 ** (-1.913207)

***、**和* 分别代表在 1%、5% 和 10% 的水平下通过显著性检验;表中仅给出了最终模型的回归结果;括号内为 t 统计值

固定资产投资对于林业产业生态效率影响是最不显著的,基本上都为正向影响但是影响较小,只有安徽省、广东省、江西省、浙江省为负向影响,而且数值很小。说明固定资产投资对于林业产业生态效率影响非常有限。

市场化对林业产业生态效率产生的影响有正有负。安徽、浙江、湖南、海南为负向影响,其他为正向影响。江西省、四川省、贵州省市场化对林业产业生态效率影响相对较大,因为这些地区市场化程度与林业产业生态效率等级较为匹配符合发展的规律。而安徽省、湖南省、海南省市场化程度较低与林业产业生态效率等级不符,故产生负向影响;浙江省市场化程度虽然较高但是企业规模小而且散,而且过度追求高效率对会产生负向影响。

4 结论与讨论

本文运用非径向方法距离函数方法测算出南方 13 个省份的 2005—2016 年的林业产业生态效率,并利用变系数回归模型检验了环境规制、科研投资、森林覆盖率等因素对林业产业生态效率的影响。结论如下:

第一,林业产业生态效率展现出由西向东逐渐升高的趋势,与各省份经济实力的梯次分布基本趋同。期间,广东省、江苏省、浙江省林业产业生态效率值最高,贵州省、云南省、广西省林业产业生态效率值最低。南方 13 省林业产业生态效率均值低于 0.5,表明该区林业产业生态经济水平仍较低,各区域间差距较大,特别西部地区仍有较大发展潜力。西部地区相比中东部地区以低附加值初级产品加工为主,生产技术和环境保护、经济水平都较落后,故数值较低。因而,林业产业结构转型升级需因地制宜发展当地的林业产业。西部地区可

借鉴中东部地区发展经验,结合自身发展特点林业产业。中东部地区要加强各企业间的融合,进行资源整合,淘汰高污染、低产能的落后企业,提高行业的集中度,增强资源利用率。

第二,林业产业的资源效率、环境效率不断优化。生态效率越高的省份,其资源效率相对越好;生态效率较低省份,环境效率相对较好。安徽省、湖南省、湖北省、江西省、江苏省、浙江省资源优化效果较明显,贵州省、云南省、广西省资源优化水平有待提高。因西部相比中东部地区多为低附加值粗放式的产品加工模式,故其值较低。各省份生态效率提升重点在环境效率,环境效率中需加强废气、废弃物排放效率。各地区仍然要把生态文明建设放在重心位置,利用严格的规章制度来保护环境资源,设定量化的节能减排标准特别是废气、废弃物排放标准,督促企业主动改进技术降低污染,对排放超标企业进行严惩,从源头上降低环境污,促进林业产业绿色健康发展。

第三,环境管制对于林业产业生态效率影响最为显著,尤其以中部地区最为明显;其次市场化对林业产业生态效率影响较显著与匹配程度有关;森林覆盖度对林业产业生态效率影响跟自身经济发展水平有关;科研投资对中部地区林业产业生态效率影响要大于东部和西部地区;固定资产投资对林业产业生态效率影响最为不显著,说明影响非常有限。中部地区在承接东部地区产业转移的契机时,加大科研投入力度和注重高新技术的引进,提升其生态效率。各地区需加强地区间的经济融合与协同合作,引导人才交流与资本、资源等要素间的流动,引导企业技术升级、管理水平提升,进而缩小地区间的差距。同时要推行整体的经济发展规划,避免地区间的同质性竞争。

通过对南方林区林业产业生态效率时空演变及影响因素分析,为林业产业转型升级和可持续发展提供参考。同时,本文也存在一些不足和可供探讨之处:首先,本文基于省级面板数据进行分析稍显粗放,因而从县域角度分析林业产业生态效率及影响因素是下一步的方向;其次,由于数据获得的局限性,林业能源消耗及“三废”排放量数据无法直接获取,用间接方法计算得出,会导致结果有误差;最后,本文仅研究了林业第二产业的生态效率,对第一、三产业的生态效率没有展开讨论,这也是以后林业产业生态效率研究方向。因此县域研究、数据局限性、细分方向是今后需要不断完善的重点。

参考文献 (References):

- [1] 国家林业局.林业发展“十三五”规划.(2016-05-20)[2019-09-02]. http://www.ljforest.gov.cn/zw/lqzw/hljssjllq_139/hljshlljy/f-zgh_1739/201712/t20171228_47213.htm.
- [2] Schaltegger S, Sturm A. Ökologische rationalität: anstanzpunkte zur ausgestaltung von Ökologieorientierten managementinstrumenten. Die Unternehmung, 1990, 44(4): 273-290.
- [3] Shiba M. Measuring the efficiency of managerial and technical perlbmanics in forestry activities by Meal'ls of DEA. Inter.J. of Forest Engineering, 1997, 8(1): 7-19.
- [4] Lee J Y. Application of the three-stage DEA in measuring efficiency-an empirical evidence. Applied Economies Letters, 2008, 15(1): 49-52.
- [5] Marileena K. Measuring eco-efficiency in the Finnish forest industry using public data. Journal of Cleaner Production, 2015, 98(4): 316-327.
- [6] Salehirad N, Sowlati T. Productivity and efficiency assessment of the wood industry: a review with a focus on Canada. Forest Products Journal, 2006, 56(11): 25-32.
- [7] Luis Diaz-Balteiro, A casimiro Herruzo, Margarita Martinez, Jacinto Gonza'lez-Pacho'o. An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: An application to Spain's wood-based industry. Forest Policy and Economics, 2006, 8: 762-773.
- [8] Gouranga G D, Janaki R, Alavalapati R, Douglas R, C and Marinos E T. Regional impacts of environmental regulations and technical change in the US forestry sector: a multiregional CGE analysis. Forest Policy and Economics, 2005, 7: 25-38.
- [9] Sporic M, Martinic I, Landekic M. Measuring efficiency of organizational units in forestry by nonparametric model. Croatian Journal of Forest Engineering, 2009, 30(1): 1-13.
- [10] 杨玮. 基于 DEA 方法的我国林业全要素生产率实证研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [11] 吕盈, 石峰. 基于 DEA 模型的国家林业龙头企业生产效率分析. 林业经济, 2018, 40(1): 82-86.
- [12] 郑宇梅, 高纯一, 雷光春. 林业产业集聚水平与生态效率实证分析——基于中国 15 个省域面板数据的检验. 经济地理, 2017, 37(10): 136-142.

- [13] 李雪婷.基于 DEA-Malmquist 指数的中国林业生态效率研究[D].沈阳农业大学,2016.
- [14] 史常亮,揭昌亮,石峰,温亚利.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,2017,53(12):126-135.
- [15] 姜钰,管时一.中国林业全要素生产率的时空演变及集聚特征分析.华东经济管理,2018,32(2):117-121.
- [16] Farrell M J.The measurement of productive efficiency.Journal of the Royal Statistic Society.1957,120(3):253-229.
- [17] Battese G E,Coelli T J.A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data.Empirical Economics,1995,20(2):325-332.
- [18] Andersen P,Petersen N C.A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis.Management Science,1993,39(10):1261-1264.
- [19] Tone K.A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis.European Journal of Operational Research,2001,130(3):498-509.
- [20] Zhang N,Y Choi.Total-factor carbon emission performance of fossil fuel power plants in China: a metafrontier non-radial malmquist index analysis.Energy Economics,2013,40(11),549-559.
- [21] 林伯强,杜克锐.要素市场扭曲对能源效率的影响.经济研究,2013,48(9):125-136.
- [22] Zhou P,B.W.Ang,H.Wang,Energy and CO₂ emission performance in electricity generation: a non-radial directional distance function approach.European Journal of Operational Research,2012,3(221),625-635.
- [23] 林伯强,刘泓汛.对外贸易是否有利于提高能源环境效率——以中国工业行业为例.经济研究,2015,50(9):127-141.
- [24] 李江龙,徐斌.“诅咒”还是“福音”:资源丰裕程度如何影响中国绿色经济增长?.经济研究,2018,53(9):151-167.
- [25] Young A.Gold into base metals:productivity growth in the people's republic of china during the reform period.Journal of Political Economy,2003,111(6),1220-1261.
- [26] 熊立春,王凤婷,程宝栋.中国林业产业结构优化及其影响因素分析.农业现代化研究,2018,39(3):378-386.
- [27] 钟茂初,李梦洁,杜威剑.环境规制能否倒逼产业结构调整——基于中国省际面板数据的实证检验.中国人口·资源与环境,2015,25(8):107-115.
- [28] 王小鲁,樊纲,余静文.中国分省份市场化指数报告(2016).北京:社会科学文献出版社,2017.
- [29] 何亚芬,谢花林.中国林地绿色利用效率时空差异分析.生态学报,2018,38(15):5452-5460.