

福建省生态福利绩效影响因素研究

林克涛¹, 邓惺炜², 叶 颀^{3*}

1. 泉州师范学院 资源与环境科学学院, 泉州 362000

2. 福建农林大学 安溪茶学院, 泉州 362400

3. 泉州师范学院 商学院, 泉州 362000

摘要: 生态福利是进入新时代以来备受关注的议题, 是影响区域可持续发展的重要因素。文章基于 DEA 方法构建生态福利绩效指标体系, 采用考虑非期望产出的两阶段 Super-NSBM 模型评估福建省 2012—2019 年生态福利绩效水平, 并进一步构建 Tobit 回归模型检验生态福利绩效的影响因素。结果表明: (1) 福建省整体生态福利绩效较高, 但区域间差距较大; (2) 经济规模、产业结构、人口密度、森林资源对福建省生态福利绩效产生负向作用; (3) 森林生态补偿的不足阻碍了生态福利绩效的提升, 绿色发展技术创新的薄弱也导致科技进步对生态福利绩效的提升作用未能发挥。提出对策建议如下: (1) 强化绿色发展模式, 优先推动绿色创新; (2) 优化生态补偿机制, 推动海陆协同发展; (3) 加快公共服务体系建设, 因地制宜推动城市扩张; (4) 持续有效强化环保投入, 深化对外经贸技术交流。

关键词: 生态福利绩效; Super-NSBM 模型; Tobit 模型; 影响因素

Research on influencing factors of ecological welfare performance in Fujian Province

LIN Ketao¹, DENG Xingwei², YE Jie^{3*}

1. College of Resource and Environment Sciences, Quanzhou Normal University, Quanzhou 362000, China

2. Anxi College of Tea Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Quanzhou 362400, China

3. Business College, Quanzhou Normal University, Quanzhou 362000, China

Abstract: Background, aim, and scope Ecological welfare is a topic that has attracted significant attention since entering the new era. It has also been an important influencing factor for regional sustainable development. In addition, ecological welfare performance is an effective means for evaluating sustainable development. Taking Fujian Province (the first ecological civilisation experimental zone in China) as the research object, this study examined the temporal and spatial evolution rules and influencing factors of its ecological welfare performance. It is hoped that the findings can provide suggestions for constructing an ecological civilisation demonstration area in Fujian Province and improving regional sustainable development in China as a whole. **Materials and methods** This study creates an ecological welfare performance indicator system based on the DEA method by using a two-stage

收稿日期: 2022-02-10; 录用日期: 2022-07-01; 网络出版: 2022-07-16

Received Date: 2022-02-10; Accepted Date: 2022-07-01; Online first: 2022-07-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(41977358); 福建省自然科学基金项目(2021J05184); 福建省社会科学规划项目(FJ2022C096)

Foundation Item: National Natural Science Foundation of China (41977358); Natural Science Foundation of Fujian Province (2021J05184); Social Science Planning Project of Fujian Province (FJ2022C096)

通信作者: 叶 颀, E-mail: yejie0126@126.com

Corresponding Author: YE Jie, E-mail: yejie0126@126.com

引用格式: 林克涛, 邓惺炜, 叶 颀. 2022. 福建省生态福利绩效影响因素研究 [J]. 地球环境学报, 13(5): 588–597.

Citation: Lin K T, Deng X W, Ye J. 2022. Research on influencing factors of ecological welfare performance in Fujian Province [J]. *Journal of Earth Environment*, 13(5): 588–597.

Super-NSBM model that considers undesired output to evaluate the performance of Fujian Province's ecological welfare from 2012 to 2019. It also tests the influencing factors of ecological welfare performance by constructing a Tobit regression model. **Results** This study found the following: (1) the integral ecological welfare performance of Fujian Province is relatively high, but there is a large gap between regions; (2) economic scale, industrial structure, population density and forest resources have a negative effect on the ecological welfare performance of Fujian Province; (3) the insufficiency of forest ecological compensation hinders the improvement of ecological welfare performance and (4) the weakness of technological innovation in green development leads to the failure of scientific and technological progress toward improving ecological welfare performance. **Discussion** In general, although the construction of the ecological civilisation experimental zone in Fujian Province achieved good results, there are still some shortcomings. Based on the findings, economic growth failed to improve ecological welfare performance. Thus, the promotion of performance improvement should focus more on the supply of public services, social equity and narrowing the income gap. The lack of scientific research investment to support green development technology also indicates that technological progress has no significant effect on the improvement of ecological welfare performance. Moreover, the imperfect forest ecological compensation mechanism significantly lowers the ecological welfare performance of forest-rich areas. Hence, the forest ecological compensation policy should be optimized and innovated from many aspects, and the government-led environmental regulations should also focus on sustainability and eliminating 'soft governance'. **Conclusions** During the research period, the overall performance of Fujian Province's ecological welfare performance was relatively satisfactory. However, there were considerable deficiencies in green development technological innovation and forest ecological compensation. Therefore, it is necessary to further strengthen scientific research investment in green development, focus on solving the problem of technological transformation and promote the innovation of forest ecological compensation mechanisms. **Recommendations and perspectives** According to the research results and the characteristics of Fujian Province, the following ecological welfare performance improvement paths are proposed: (1) strengthen the green development model and give priority to promoting green innovation; (2) optimize the ecological compensation mechanism and promote the coordinated development of land and coastal regions; (3) speed up the construction of the public service system and promote urban expansion according to local conditions and (4) continue to strengthen environmental protection investment and deepen foreign economic and trade technology exchanges.

Key words: ecological welfare performance; Super-NSBM model; Tobit model; influencing factors

自改革开放以来,我国社会经济得到快速发展,创造了令人瞩目的“中国奇迹”,然而长期的粗放发展模式在创造巨大经济效益的同时,也逐渐产生一系列生态环境问题,进而影响人民的福利收益。从长远上看,生态环境问题不仅影响到经济社会的可持续发展,也将影响到人的可持续发展。随着生态、经济、福利三者之间矛盾的日益加深,生态文明可持续发展道路的探寻迫在眉睫,2016年中共中央办公厅、国务院办公厅联合发布《国家生态文明试验区(福建)实施方案》(http://www.gov.cn/gongbao/content/2016/content_5109307.htm),将福建省设为全国首个生态文明试验区,探索生态文明建设新模式,推

动我国生态文明体制改革。党的十九大报告也提出“坚持新发展理念”、“坚持人与自然和谐共生”、“坚持在发展中保障和改善民生”等议题,体现出进入新时代后决策者越来越将目光聚焦于保护生态环境、协调经济发展、提高人民福祉三者有机统一。而生态福利绩效作为生态、经济和福利多维协调发展的重要指标,是评价可持续发展的重要方式,其追求以最少生态资源消耗量换取最大人类发展福利量符合可持续发展理念。

生态福利绩效的概念最早可追溯到美国生态经济学家Daly的观点,他提出可通过计算区域内单位自然资源消耗所提升的人类福利量来评价区域的可持续发展状况,但限于评价指标与手段,

该思想在当时未能得到深化 (Daly, 1974)。进入 21 世纪以来, 学者们逐渐将目光投入到生态福利绩效的研究当中, 不断丰富其概念、内涵及评价方式, 国外学者 Common (2007) 提出了一种计算生态福利绩效的方法, 以人类满足程度与环境投入程度之比来测算。Dietz et al (2012) 将生态福利绩效表示为人类福利环境强度, 即出生时预期寿命与人均生态足迹的比率。我国学者臧漫丹等 (2013) 将“里约+20”峰会所提出的绿色经济新理念与生态福利绩效相结合, 阐述了生态福利绩效的概念、内涵, 并利用出生时预期寿命与生态足迹两个指标对 G20 国家的生态福利绩效进行实证分析。诸大建和张帅 (2014) 在国内外关于生态福利绩效研究的基础上将其定义为单位自然消耗所带来的福利水平提升。基于上述早期研究, 学者们对于生态福利绩效的探索逐步拓展到测算方法、影响因素等方面, 同时研究尺度多数是基于国际间再拓展到省际间、城市间的比较研究。测算方法主要有比值法 (Common, 2007; 臧漫丹等, 2013)、随机前沿分析法 (Dietz et al, 2012; 肖黎明和张仙鹏, 2019)、数据包络分析法 (龙亮军等, 2017; 龙亮军, 2019), 其中, 数据包络分析法 (DEA) 因其指标丰富, 科学性较强, 是当前主流的生态福利绩效测算方法。

在生态福利绩效影响因素的研究方法上, 既有应用传统回归计量模型也有利用空间计量模型。程艳茹 (2017)、龙亮军等 (2017)、郭炳南和卜亚 (2018) 基于 DEA 方法构建生态福利绩效评价指标体系, 运用 Super-SBM 模型测算研究对象生态福利绩效值, 并利用 Tobit 回归模型分析生态福利绩效的影响因素, 对区域发展提出针对性建议。杨瑞和张然 (2018) 运用人类发展指数与生态足迹测算青岛市 2006—2016 年生态福利绩效值, 并利用 Tobit 模型分析其影响因素。方时姣和肖权 (2019) 运用 Super-SBM 模型测算了我国 2005—2016 年 30 个省市的生态福利绩效值, 并进一步利用空间计量模型分析生态福利绩效影响因素。林木西等 (2019) 利用 Super-SBM 模型测算了我国 2014—2017 年 30 个省市生态福利绩效值, 而后运用 MLD 指数分解法研究地区间生态福利绩效的差距, 最后采用邓氏灰色关联模型分析生态福利绩效影响因素。李成宇等 (2019) 运用考虑非期望产出的 SBM 模型测算我国 2001—2015 年 30 个省市生态福利绩效值, 而后利用空间计量模

型分析了生态福利绩效的影响因素。

上述学者为生态福利绩效的研究奠定了坚实基础, 深化了生态福利绩效的概念与内涵, 丰富了研究测算方法及分析影响生态福利绩效因素的研究视角。但现有的研究多集中于大区域尺度, 单一省、市的研究较少且在生态代表性上不足; 同时受制于数据的可得性, 在指标设定上有一定缺陷; 现有研究在生态福利绩效测算方法选择上差别不大, 但许多应用 DEA 方法的研究都缺乏多阶段效率与超效率的考量, 可能造成结果的失真。本文尝试以我国首个国家生态文明试验区福建省作为研究对象, 选取福建省 2012—2019 年的面板数据, 通过构建基于两阶段 DEA 方法的生态福利绩效指标体系, 探究福建省时空上的生态福利绩效差异; 并进一步采用 Tobit 回归模型对生态福利绩效的影响因素进行研究, 最终探索经济增长、生态保护、人民福利协调增长的路径。

1 研究方法 with 指标选取

1.1 考虑非期望产出的两阶段 Super-NSBM 模型与 Windows DEA 模型

DEA 方法无需事先设定相关函数, 排除了主观因素, 可以避免参数误差, 是现在科学性较强的生态福利绩效测算方法。SBM 模型是 Tone (2001) 为改进传统 DEA 模型 (如 CCR、BCC 模型) 无法考虑到投入与产出之间的松弛性问题而提出的一种基于松弛变量的非径向、非角度 DEA 分析方法。后来在研究实践中发现 SBM 模型会出现多个决策单元值为 1 导致无法进行排序比较的问题, 鉴于此, Tone (2002) 对该模型进行修正, 提出了 Super-SBM 模型。在进一步的研究中发现 Super-SBM 模型以及其他传统 DEA 模型都是在测算单段效率, 将各个决策单元看作“黑箱”, 未考虑到其内部各个子系统之间相互关系 (何枫等, 2014)。因此, Tone and Tsutsui (2010) 又提出了一种基于松弛变量的 Network-DEA 模型, 该模型在评价决策单元综合效率时又能评价子阶段效率, 能够解析整体与部分之间的联结机制, 提升综合效率的精确度。同时该模型亦可加入非期望产出来衡量环境污染对生态福利绩效的影响, 故本文采用该模型与 Super-SBM 模型复合形成考虑非期望产出的 Super-NSBM 模型来测算福建省生态福利绩效值, 借鉴龙亮军 (2019) 的研究,

其形式见式 (1)。

Windows DEA 模型是将位于不同时期的决策单元视作不同的“决策单元”来处理, 通过类似于移动平均的方法选定不同的参考集来评价一个决策单元在研究期间的相对效率 (陈建丽等, 2014)。该模型最有效用的功能便是增加了决策单元的数量, 以便在有限数量的决策单元可用时, 提升结果精确性 (余华茂, 2019), 是解决决策单元数量不足的一种有效途径, 因此本文引入该模型与 Super-NSBM 模型复合, 提升测算结果准确性。采用 Windows DEA 模型时还需预设窗口宽度, 参考龙亮军 (2019) 的设定方法, 取窗口宽度 $d=3$ 。通过测算, 将各年份在不同窗口的效率值取平均值, 作为各决策单元按时间排序的最终效率值。

$$\rho_{se}^* = \min \frac{\sum_{k=1}^k \omega^k \times \left[1 + \frac{1}{m_k} \times \left(\sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_i^{k-}}{x_{i0}^k} \right) \right]}{\sum_{k=1}^k \omega^k \times \left[1 - \frac{1}{v_{1k} + v_{2k}} \times \left(\sum_{r=1}^{v_{1k}} \frac{s_r^{gk}}{y_{r0}^{gk}} + \sum_{r=1}^{v_{2k}} \frac{s_r^{bk}}{y_{r0}^{bk}} \right) \right]}$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq 0}^n x_{ij}^k \times \lambda_j^k + s_i^{k-} = \theta^k \times x_{i0}^k, i=1, \dots, m_k; k=1, \dots, k \\ \sum_{j=1, j \neq 0}^n y_{rj}^{gk} \times \lambda_j^k + s_r^{gk} = \theta^k \times y_{r0}^{gk}, r=1, \dots, s_k; k=1, \dots, k \\ \sum_{j=1, j \neq 0}^n y_{rj}^{bk} \times \lambda_j^k - s_r^{bk} = \theta^k \times y_{r0}^{bk}, r=1, \dots, s_k; k=1, \dots, k \\ \varepsilon \leq 1 - \frac{1}{v_{1k} + v_{2k}} \times \left(\sum_{r=1}^{v_{1k}} \frac{s_r^{gk}}{y_{r0}^{gk}} + \sum_{r=1}^{v_{2k}} \frac{s_r^{bk}}{y_{r0}^{bk}} \right) \\ z^{(k,h)} \times \lambda^h = z^{(k,h)} \times \lambda^k, \sum_{j=1, j \neq 0}^N \lambda_j^k = \sum_{k=1}^K \omega^k = 1 \\ \lambda^k \geq 0, s^{k-} \geq 0, s^{gk} \geq 0, s^{bk} \geq 0, \omega^k \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

上式中: m_k 和 v_k 表示第 k 个阶段输入与输出个数。 (k, h) 表示阶段 k 到阶段 h 的连接, x 为输入, y 为输出, z 代表中间产出, λ^k 表示 k 阶段的模型权重, ω^k 表示第 k 阶段权重。 s^{k-} 表示投入指标的松弛变量, s^{gk} 和 s^{bk} 表示期望产出和非期望产出的松弛变量。

同时, 当且仅当综合效率大于或等于 1 时, 决策单元视为 DEA 相对有效, 否则无效。

1.2 Tobit 模型

Tobit 模型属于计量经济学模型, 是一种因变量受限的回归模型, 主要应用于局部连续分布与局部离散分布的因变量分析 (Tobin, 1958)。其具体内涵为: 在一般情况下如若因变量 Y_i 的取

值范围在某个范围内或者在数据整理时进行了截断, 且因变量 Y_i 与自变量 X_i 有关, 则有线性回归模型如式 (2):

$$Y_i = \beta_0 + \beta^T \times X_i + M_i \quad (2)$$

上式中: $i=1, 2, 3, \dots$, Y_i 为受限因变量, X_i 为解释变量, β^T 为未知参数向量, 扰动项 $M_i \sim N(0, \sigma^2)$ 。

1.3 指标选择与数据来源

运用考虑非期望产出的 Super-NSBM 模型进行生态福利绩效测算需构建投入与产出指标体系, 其中投入指标主要为生态资源的消耗, 产出指标为人民的社会福利水平, 非期望产出主要为环境污染, 而经济增长则作为中间变量联结生态消耗与福利产出。结合福建省特征与相关指标体系构建方法 (程艳茹, 2017; 郭炳南和卜亚, 2018; 龙亮军, 2019), 基础生态资源消耗主要为能源、水资源、土地等关键自然资本, 故以这三者表征; 环境污染以总体“三废”表征, 以往部分研究采用工业污染物排放衡量该指标, 这种方式对于区域污染物排放的概括不全面, 而总体“三废”能够涵盖工业、农业、生活所产生的主要污染物排放; 中间变量经济增长则以人均 GDP 产出表示; 社会公共服务是社会福利的重要指标, 而公民教育与医疗卫生是公共服务的重要方面, 因此福利产出采用联合国开发计划署 (United Nations Development Programme, UNDP) 提出的人类发展指数 (human development index, HDI) 中代表教育与医疗的平均受教育年限、人均预期寿命两个指标表征 (UNDP, 1990), 详见表 1。

本文利用福建省 9 地市 2012—2019 年面板数据进行实证分析, 其中生态资源消耗、环境污染、人均 GDP 数据及影响因素数据主要来自 2013—2021 年《中国统计年鉴》 (<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>)、《福建省统计年鉴》 (<https://tjj.fujian.gov.cn/xxgk/ndsj/>)、各地市统计年鉴及各地市 2012—2019 年的《国民经济和社会发展公报》 (<https://tjj.fujian.gov.cn/tjgg/>), 部分来自福建省科技厅统计数据。由于平均预期寿命数据更新周期较长, 缺失的数据采用内插法与外推法计算而得。平均受教育年限 (average education years, AEY) 指标参考《2013 年中国人类发展报告》 (<https://www.undp.org/china>) 中的计算方法 (联合国开发计划署驻华代表处和中国

社会科学院城市发展与环境研究所, 2013), 如式 (3):

$$AEY = (6 \times P_1 + 9 \times P_2 + 12 \times P_3 + 16 \times P_4) \div (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) \quad (3)$$

上式中: AEY 为平均受教育年限, P 表示受不同程度教育的人数, P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 分别为小学、初中、高中、大专及以上四个层次并以此进行平均教育年限计算。

表 1 生态福利绩效评价指标体系
Tab. 1 The evaluation index system of the ecological welfare performance

类别 Category	一级指标 Grade I index	二级指标 Grade II index	三级指标 Grade III index
投入指标 Input index	资源消耗 Resource consumption	能源消耗 Energy consumption	人均能源消费 (X_1) Energy consumption per capita
		土地资源消耗 Land consumption	人均建成区面积 (X_2) Area of built district per capita
		水资源消耗 Water consumption	人均用水量 (X_3) Water use per capita
		废水排放 Wastewater discharge	人均废水化学需氧量排放量 (U_1) Wastewater COD discharge per capita
中间指标 Intermediate index	非期望产出 Undesirable output	环境污染 Environmental pollution	人均废水氨氮排放量 (U_2) Wastewater ammonia nitrogen discharge per capita
			人均二氧化硫排放 (U_3) Sulfur dioxide emission per capita
			人均氮氧化物排放量 (U_4) Nitrogen oxides emission per capita
			人均烟 (粉) 尘排量 (U_5) Soot (dust) emission per capita
			人均一般工业固体废弃物产生量 (U_6) Industrial solid waste generated per capita
			人均生活垃圾清运量 (U_7) Volume of garbage disposal per capita
			期望产出 Desirable output
产出指标 Output index	福利水平 Benefit level	教育发展水平 Level of educational development	平均受教育年限 (Y_1) Average education years
		健康医疗水平 Level of health and medical	人口平均预期寿命 (Y_2) Average life expectancy of people

2 实证结果与分析

2.1 生态福利绩效的测度与评价

基于福建省 9 地市 2012—2019 年面板数据, 运用考虑非期望产出的两阶段 Super-NSBM 模型与 Windows DEA 模型, 借助 MaxDEA 8 Ultra 软件得出 2012—2019 年福建省生态福利绩效的综合效率及分阶段效率, 本文仅对综合效率进行评价分析, 其测算结果见表 2。

从表 2 可以看出福建省的整体生态福利绩效较高, 平均值为 0.903, 接近 DEA 相对有效, 在 2012—2019 年 8 a 间呈现出波动提升的状态, 但实现 DEA 相对有效的城市数量并未有显著提升, 福建省的生态福利发展可能陷入了瓶颈期。同时

区域内各城市生态福利绩效水平差异较大且波动明显, 最大值为 2017 年厦门 (1.501), 最小值为 2013 年龙岩 (0.330), 并表现出沿海高于内陆的分布格局。研究期间生态福利绩效全年份实现 DEA 相对有效的区域仅有厦门 1 个, 表明厦门较好地实现了资源投入、经济增长、福利产出三者的有机协调。9 地市绩效值排名从高到低依次为: 厦门、宁德、福州、漳州、南平、莆田、泉州、三明、龙岩, 除厦门实现 DEA 相对有效外, 宁德、福州、漳州、南平、莆田 5 市的生态福利绩效均值都在 0.9 以上, 说明这些地市虽在生态、经济、福利三者协调方面存在一定不足, 但有较大潜力实现 DEA 相对有效的质变提升, 需要

进一步针对性改进。福建省经济总量最大的泉州市 8 a 平均值为 0.805, 排名第 7 位, 研究时期并未有某一年份实现了 DEA 相对有效, 出现此情况的原因主要在于生态福利绩效不单单是考虑经济产出, 同时也考虑到了教育、医疗、资源转化率、环境保护等多种复杂因素, 追求的是资源投入、经济发展、福利产出三者的协调发展。宁德也可为此提供一些佐证: 虽然宁德相较于福建省发达区域, 经济水平较为落后, 但生态福利绩效平均值却排名第二, 可能由于该地前期工业发展较为滞后使得总体生态水平较高, 另一方面是能源结构的影响。宁德拥有福建省最大的核电站, 清洁能源的使用有效控制了传统热电厂三废的排放, 保持了较高的环境水平, 但宁德仍应注重经济水平的发展, 以此来加强城市基础设施与福利体系的建设(林克涛等, 2020)。三明、龙岩分别排名第 8 和第 9, 都处于 DEA 相对无效状态, 其中龙岩在 2014 年之前都处于生态福利绩效低值阶段, 其问题主要是资源投入冗余和污染排放较大,

该类区域在注重经济发展的同时, 也应加强对绿色发展的重视, 强化环境规制, 提升资源投入转化为福利产出的能力。从研究期间各年份看, 生态福利绩效达到 DEA 相对有效的区域比例依次为 33.3%、22.2%、22.2%、22.2%、33.3%、33.3%、11.1%、33.3%, 有效比例一直处于低值波动状态, 原因可能是经济粗放发展的弊端在 2012—2015 年集中爆发, 致使绩效较低, 而后 2016 年福建省被设立为国家生态文明试验区, 各种强力调控政策的出台使得绩效值开始缓慢波动提升。值得注意的是, 2019 年实现了 9 地市均值 DEA 相对有效, 且 9 地市生态福利绩效均大于 0.9, 说明前期出台的生态环境改革、人民福利提升政策取得了较好的成效。总体而言, 福建省在生态建设上一直处于较高水平, 但生态福利绩效考量的是生态、经济、福利是否协调, 从结果上看福建省生态福利绩效在未来仍有提升发展的空间, 应继续坚持“绿水青山”就是“金山银山”的理念, 进一步优化提升。

表 2 2012—2019 年福建省生态福利绩效综合水平测算结果
Tab. 2 Results of the ecological welfare performance of Fujian Province in 2012—2019

区域	Region	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	均值	Mean	排名	Rank
福州	Fuzhou	1.014	1.026	0.999	1.007	1.012	1.016	0.800	1.025	0.987		3	
厦门	Xiamen	1.029	1.008	1.014	1.029	1.157	1.501	1.177	1.022	1.117		1	
莆田	Putian	0.982	0.975	0.968	0.968	0.968	0.671	0.952	0.946	0.929		6	
三明	Sanming	0.508	0.674	0.677	0.757	0.709	0.433	0.962	0.982	0.713		8	
泉州	Quanzhou	0.953	0.913	0.948	0.729	0.680	0.529	0.730	0.962	0.805		7	
漳州	Zhangzhou	0.991	0.989	0.911	0.993	0.985	0.780	0.970	0.989	0.951		4	
南平	Nanping	1.000	0.999	1.007	0.836	1.004	0.999	0.762	0.998	0.950		5	
龙岩	Longyan	0.333	0.330	0.385	0.641	0.951	0.650	0.943	0.905	0.642		9	
宁德	Ningde	0.989	0.948	0.968	0.969	0.970	1.029	0.959	1.449	1.035		2	
平均	Mean	0.867	0.874	0.875	0.881	0.937	0.845	0.917	1.031	0.903		—	

2.2 Tobit 模型结果及分析

影响生态福利绩效的因素颇多, 除上述的投入产出指标外, 仍有许多因素值得探究, 从福建省区域特点看, 其对外经济活跃, 经济外向性的底色明显; 同时福建省森林覆盖率连续 40 a 全国排名第一, 生态基础良好, 也是第一批全国医改试点省份, 以上特性都会对生态福利绩效产生一定影响。因此, 考虑区域的特性、数据的可得性与完整性, 参考已有研究(程艳茹, 2017; 龙亮军等, 2017; 郭炳南和卜亚, 2018), 选取如下影响因素变量: ①经济规模(GDP), 以各地级市占福建省 GDP 比重表征; ②产业结

构(industrial structure, IS), 以各地级市第二产业增加值占 GDP 的比重表征; ③经济外向性(economic extroversion, EE), 经济外向性反映了区域对外交流的整体水平, 以各地级市进出口总额占 GDP 比重表征; ④人口密度(population density, PD), 以各地级市每平方千米人口数量表征; ⑤城市绿化水平(urban greening, UG), 城市绿化可为居民休憩娱乐与健身运动提供必要的场地, 同时也是城市生态建设的表现, 以各地级市人均公园绿地面积表征; ⑥技术进步(technological progress, TP), R&D 经费支出是推动区域技术进步的重要动力, 以各地级市 R&D

内部经费支出占 GDP 比重表征；⑦ 环境规制 (environmental regulation, ER)，环境规制对于城市污染排放、环境改善具有一定影响，而城市污染主要集中于工业，故以各地级市工业污染治理投资总额占 GDP 比重表征；⑧ 森林资源 (forest resources, FR)，以各地级市森林覆盖率表征；⑨ 医疗水平 (medical level, ML)，医疗卫生水平作为社会公共服务的重要体现，对于人民福祉有重要影响，以各地级市每千人卫生技术人员数量表征。将前文通过测算而得的福建省生态福利绩效值 (ecological welfare performance, EWP) 作为因变量，上述影响因素作为自变量，并对各个自变量进行标准化处理，构造 Tobit 模型如下：

$$EWP = \beta_0 + \beta_1 \times GDP_i + \beta_2 \times IS_i + \beta_3 \times EE_i + \beta_4 \times PD_i + \beta_5 \times UG_i + \beta_6 \times TP_i + \beta_7 \times ER_i + \beta_8 \times FR_i + \beta_9 \times ML_i + M \quad (4)$$

式中： β_0 为常数项， β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 、 β_6 、 β_7 、 β_8 、 β_9 为估计参数， M 为随机误差项。

依据上文通过两阶段 Super-NSBM 模型测算而得的生态福利绩效值及影响因素数据，利用 Stata 软件对生态福利绩效的影响因素进行 Tobit 回归分析，见表 3。结果表明：经济规模 (GDP)、产业结构 (IS)、人口密度 (PD)、森林资源 (FR) 4 个影响因素与福建省生态福利绩效呈负相关；而经济外向性 (EE)、城市绿化水平 (UG)、技术进步 (TP)、环境规制 (ER)、医疗水平 (ML) 5 个影响因素未通过显著性检验。

表 3 福建省生态福利绩效影响因素的 Tobit 回归分析结果

Tab. 3 The Tobit model regression results of factors affecting ecological welfare performance in Fujian Province

变量 Variable	系数 Coefficient	标准差 Standard deviation	T 值 T value	P 值 P value
GDP	-1.0458	0.3988	-2.620	0.011
IS	-1.0093	0.4398	-2.300	0.025
EE	0.1409	0.1586	0.890	0.378
PD	-0.0002	0.0011	-1.830	0.072
UG	0.2997	0.0184	1.630	0.108
TP	0.0594	0.0372	1.600	0.115
ER	8.2262	12.2631	0.670	0.505
FR	-2.0693	0.5055	-4.090	0.000
ML	0.0041	0.0227	0.180	0.857
常数 Constant	2.4762	0.5342	4.640	0.000

经济规模的影响为负，与龙亮军等 (2017)、方时姣和肖权 (2019) 的研究具有一致性。从该

结果看，福建省可能遭遇了“福利门槛”，即 GDP 对于生态福利绩效提升存在边际效应。一方面 GDP 增长带来人民物质财富的增加，使得区域有足够的资金进行生态环境改善、社会公共服务体系强化等有利于生态福利绩效提升的工作；但若一味地追求经济增长，不能较好地实现生态、经济、福利三者的协调发展，则容易产生持续性环境污染、公共产品供给不足等问题，使经济与生态失衡，反而降低生态福利绩效。

产业结构的影响为负。第二产业的确能够增加地方财政和人民收入，带来经济福利提升，但由于其集聚了大量的高耗能、高污染企业，因此也会带来复杂的环境问题，导致社会福利减少 (李成宇等, 2019; 郭炳南等, 2021)。从回归分析结果看，第二产业对福建省生态福利绩效的影响弊大于利。

人口密度的影响为负，说明福建省在城镇化发展中未实现人口与生态资本的较好协调。人口集中在一定程度上能够提升各种资源要素的利用率，但过度集中可能导致生态资本需求增多，导致区域生态承载力超限，阻碍生态福利绩效的提升 (刘晓晖和庄晓惠, 2022)。

森林资源的影响为负，与魏鹏等 (2022) 的研究结果相似。森林生态资本的积累较为缓慢，其发挥作用往往也具有迟滞性 (魏鹏等, 2022)。另一方面也体现出当前福建省森林生态补偿制度无法弥补林区人民因“发展权”缺失而带来的福利减少，经济发展与生态保护仍存在两难抉择。

经济外向性的影响为正，但不显著。原因可能在于对外贸易的正反两面性，在对外贸易过程中国外先进知识技术的溢出效应明显，有利于推动生态福利绩效提升，但对外贸易也存在市场换技术、初级产品交易比重过大等问题，会抑制绿色全要素生产率，阻碍生态福利绩效提升 (张建清和董洁明, 2019)。

城市绿化水平的影响为正，但不显著。一般而言，公共绿地能为居民生活提供良好的游憩、休闲场所，满足其强身健体、休闲娱乐的需要，使其得到身心上的福利增长，推动人均寿命的延长 (李成宇等, 2019)。其不显著的原因可能在于公共绿地的正面作用往往局限于大中城市或县区中心，而在更大区域的乡镇或偏远山区无法发挥 (刘玲和阎东彬, 2020)。

技术进步的影响为正，但不显著。一般而

言, 技术改进能够提升区域资源转化率, 对于节能减排有着重要意义, 其不显著原因可能在于福建省部分地级市大量 R&D 经费支出投入到规模以上工业企业中, 据《2020 年全国科技经费投入统计公报》(http://www.gov.cn/xinwen/2021-09/22/content_5638658.htm), 全国规模以上工业企业 R&D 经费支出占总支出的 65% 左右, 并逐年下降, 而龙岩、三明等地市该项指标达 90% 以上。这些地市的工业企业仍以传统产业为主, 即使有大量的研究经费投入, 其转型升级也较为缓慢, 无法快速反映到生态福利层面, 导致科技研发对于区域绿色发展的支撑力度不足, 阻碍了生态福利绩效提升。

环境规制的影响为正, 但不显著。原因可能在于政府主导的环境污染治理投资具有一定的不确定性与不持续性, 即存在较多的“被动治理”, 只有当环境污染严重时才加大治理投资力度(郭四代等, 2018); 同时环境规制压力下生态系统改良的响应也具有一定滞后性, 可能导致其对于生态福利绩效反应的迟滞。

医疗水平的影响为正, 但不显著。医疗卫生水平是社会福利的一个重要方面, 医疗水平的提升能够带来更丰富的医疗服务供给, 同时亦能够削减环境污染对人体健康的负面效应(李成宇等, 2019), 有利于生态福利绩效提升。但从当前城乡医疗资源分配情况看, 大量的医疗资源集中于城市中心, 县区、乡镇的医疗资源仍相对匮乏, 不利于整体的生态福利绩效提升(陈少炜等, 2021)。

3 研究结论与提升路径

3.1 结论

本文基于 DEA 方法构建生态福利绩效指标体系, 运用更加精确的考虑非期望产出的两阶段 Super-NSBM 模型与 Windows DEA 模型, 测算了福建省 2012—2019 年的生态福利绩效, 而后进一步利用 Tobit 模型分析其影响因素。结果表明:

(1) 福建省的整体生态福利绩效较高, 平均值为 0.903, 但在 2012—2019 年实现 DEA 相对有效的城市数量并未有显著提升, 而是呈现出水平波动的状态, 福建省的生态福利发展可能陷入了瓶颈期。(2) 区域间的生态福利绩效差距较大且波动明显, 最大值为 2017 年厦门 (1.501), 最小值为 2013 年龙岩 (0.330), 同时表现出沿海高于内陆的分布格局。(3) 经济规模、产业结构、人口密度、森林资源与福建省生态福利绩效呈负相关,

单纯的经济增长并不能带来福建省生态福利绩效的提升, 其遭遇了“福利门槛”, 森林生态补偿的不足阻碍了生态福利绩效的提升, 绿色发展技术创新的薄弱也导致科技进步对生态福利绩效的提升作用未能发挥。

3.2 福建省生态福利绩效提升路径

基于以上研究结论, 为提升福建省生态福利绩效, 进一步强化生态文明试验区建设, 提出生态福利绩效提升路径如下:

第一, 强化绿色发展模式, 优先推动绿色创新。应遵循经济绿色发展模式, 加快推进福建省新旧发展动能转换, 重点实现石化产业的绿色转型、清洁能源在钢铁等重工业中的应用比例提升, 以清洁排放打造更好的绿水青山。同时发挥科技创新在绿色发展中的核心作用, 重点强化社会与生态方面的科研投入, 强化绿色创新技术应用, 推动绿色创新成果转化。而面对工业企业因生态绿色技术创新的长期性、收益不确定性等问题产生的创新惰性, 政府应从战略层面引导相关企业进行技术攻关与生态化转变。

第二, 优化生态补偿机制, 推动海陆协同发展。当前福建省沿海地区在社会经济发展、公共服务体系等方面普遍优于内陆地区, 但也受益于内陆地区生态资源保护工程, 而森林保护便是其中的重要部分, 应通过深化集体林权制度改革、推动森林生态补偿市场化、强化林区基础设施等方式优化林区生态补偿机制, 提高内陆林区人民生态福利。其次, 内陆地区也应积极发展生态休闲、生态康养、文化创意等产业, 将生态资源优势转化为生态经济优势。最后, 可建立沿海帮扶内陆的长效运行机制, 在区域资源分配上适当对内陆发展缓慢地区进行倾斜。

第三, 加快公共服务体系建设, 因地制宜推动城市扩张。在城市公共服务相对完善的基础上, 应重点推动县域公共服务体系的升级, 对区域用地、水电、道路交通与信息通讯等公共资源进行统筹谋划, 增加优质教育产品供给, 稳步建设公共绿地与特色景观。其次, 合理的人口密度能够提高城市资源利用率, 有益于生态福利绩效, 因此在推动城市化进程中, 应从当地资源禀赋出发, 合理规划城市人口容量, 集约发展城市用地, 协调推动福建省大、中、小城市有序发展。

第四, 持续有效强化环保投入, 深化对外经贸技术交流。针对当前福建省可能存在的“被动

治理”现象，应科学谋划区域污染综合治理，建立长效污染预警与环保投入机制。同时应以构建新发展格局为契机，深化对外经贸中的先进技术交流，重点引进国外清洁能源、绿色生产等方面的先进技术，同时禁止高污染、高能耗的外资企业进入，通过区域内部绿色创新与外部先进产品技术的双重利用升级，有效促进福建省生态福利绩效提升。

参考文献

- 陈建丽, 孟令杰, 姜彩楼. 2014. 两阶段视角下高技术产业技术创新效率研究——基于网络 SBM 模型和 DEA 窗口分析 [J]. *科技管理研究*, 34(11): 11–16. [Chen J L, Meng L J, Jiang C L. 2014. Research on technological innovation efficiency of high-tech industry from two-stage perspective—based on network SBM model and DEA window analysis [J]. *Science and Technology Management Research*, 34(11): 11–16.]
- 陈少炜, 罗林杰, 查欣洁. 2021. 黄河流域生态福利绩效测算及影响因素分析 [J]. *生态经济*, 37(9): 146–154, 168. [Chen S W, Luo L J, Zha X J. 2021. Research on the measurement and influencing factors of ecological well-being performance: evidence from the Yellow River region of China [J]. *Ecological Economy*, 37(9): 146–154, 168.]
- 程艳茹. 2017. 我国生态福利绩效区域差异性及其影响因素研究 [D]. 大连: 大连理工大学. [Cheng Y R. 2017. Research on the regional disparity and influence factors of ecological well-being performance [D]. Dalian: Dalian University of Technology.]
- 方时姣, 肖 权. 2019. 中国区域生态福利绩效水平及其空间效应研究 [J]. *中国人口·资源与环境*, 29(3): 1–10. [Fang S J, Xiao Q. 2019. Research on regional ecological well-being performance and spatial effect in China [J]. *China Population, Resources and Environment*, 29(3): 1–10.]
- 郭炳南, 卜 亚. 2018. 长江经济带城市生态福利绩效评价及影响因素研究——以长江经济带 110 个城市为例 [J]. *企业经济*, 37(8): 30–37. [Guo B N, Bu Y. 2018. Study on evaluation and influencing factors of urban ecological welfare performance in the Yangtze River Economic Belt—to 110 cities in the Yangtze River Economic Belt [J]. *Enterprise Economy*, 37(8): 30–37.]
- 郭炳南, 林 基, 刘堂发. 2021. 环境规制对长三角地区城市生态福利绩效的影响 [J]. *统计与决策*, 37(4): 15–18. [Guo B N, Lin J, Liu T F. 2021. Impact of environmental regulations on urban ecological welfare performance in the Yangtze River Delta [J]. *Statistics & Decision*, 37(4): 15–18.]
- 郭四代, 全 梦, 郭 杰, 等. 2018. 基于三阶段 DEA 模型的省际真实环境效率测度与影响因素分析 [J]. *中国人口·资源与环境*, 28(3): 106–116. [Guo S D, Tong M, Guo J, et al. 2018. Measurement and influencing factors of inter-provincial real environmental efficiency based on three-stage DEA model [J]. *China Population, Resources and Environment*, 28(3): 106–116.]
- 何 枫, 祝丽云, 徐晓宁. 2014. 考虑非期望产出的两阶段生产过程全要素生产率评价研究 [J]. *科技管理研究*, 34(24): 218–223. [He F, Zhu L Y, Xu X N. 2014. Total factor productivity evaluation of two-stage process based on the undesirable outputs [J]. *Science and Technology Management Research*, 34(24): 218–223.]
- 李成宇, 张士强, 张 伟, 等. 2019. 中国省际生态福利绩效测算及影响因素研究 [J]. *地理科学*, 39(12): 1875–1883. [Li C Y, Zhang S Q, Zhang W, et al. 2019. Measurement and influencing factors of inter-provincial ecological well-being performance in China [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 39(12): 1875–1883.]
- 联合国开发计划署驻华代表处, 中国社会科学院城市发展与环境研究所. 2013. 2013 中国人类发展报告: 可持续与宜居城市——迈向生态文明 [M]. 北京: 中国对外翻译出版有限公司. [United Nations Development Programme, Institute for Urban and Environmental Studies, Chinese Academy of Social Sciences. 2013. China national human development report 2013: sustainable and liveable cities: toward ecological civilization [M]. Beijing: China Translation & Publishing Corporation.]
- 林克涛, 邓惺炜, 叶 颀. 2020. 基于 Super-NSBM 与 Window DEA 模型的区域生态福利绩效评价研究——以福建省为例 [J]. *生态环境学报*, 29(10): 2110–2117. [Lin K T, Deng X W, Ye J. 2020. Evaluation of regional ecological well-being performance based on super-NSBM and window DEA model: a case study of Fujian Province [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 29(10): 2110–2117.]
- 林木西, 耿 蕊, 李国柱. 2019. 省域生态福利绩效水平的空间非均衡性研究——基于 MLD 指数与分布动态学模型 [J]. *东岳论丛*, 40(10): 73–83. [Lin M X, Geng R, Li G Z. 2019. Research on spatial disequilibrium of ecological well-being performance level in provinces: based on MLD index and distribution dynamics model [J]. *Dongyue Tribune*, 40(10): 73–83.]

- 刘玲,阎东彬. 2020. 京津冀城市生态福利绩效时空分异及影响因素[J]. *企业经济*, 39(12): 14–21. [Liu L, Yan D B. 2020. Spatio-temporal differentiation and influencing factors of urban ecological welfare performance in Beijing-Tianjin-Hebei [J]. *Enterprise Economy*, 39(12): 14–21.]
- 刘晓晖,庄晓惠. 2022. 中国城市群生态福利绩效水平测度及影响因素分析[J]. *技术经济与管理研究*, (5): 10–15. [Liu X H, Zhuang X H. 2022. Measurement of ecological welfare performance level and analysis of influencing factors of urban agglomeration in China [J]. *Journal of Technical Economics & Management*, (5): 10–15.]
- 龙亮军,王霞,郭兵. 2017. 基于改进DEA模型的城市生态福利绩效评价研究——以我国35个大中城市为例[J]. *自然资源学报*, 32(4): 595–605. [Long L J, Wang X, Guo B. 2017. Evaluation of urban ecological well-being performance based on revised DEA model—a case study of 35 major cities in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 32(4): 595–605.]
- 龙亮军. 2019. 基于两阶段Super-NSBM模型的城市生态福利绩效评价研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 29(7): 1–10. [Long L J. 2019. Evaluation of urban ecological well-being performance of Chinese major cities based on two-stage super-efficiency network SBM model [J]. *China Population, Resources and Environment*, 29(7): 1–10.]
- 魏鹏,菊春燕,李莉,等. 2022. 基于面板Tobit模型的环境规制对中国生态福利绩效的影响分析[J]. *济南大学学报(自然科学版)*, 36(3): 338–348. [Wei P, Ju C Y, Li L, et al. 2022. Analysis on effect of environmental regulations on China's ecological welfare performance based on panel Tobit model [J]. *Journal of University of Jinan (Science and Technology)*, 36(3): 338–348.]
- 肖黎明,张仙鹏. 2019. 强可持续理念下绿色创新效率与生态福利绩效耦合协调的时空特征[J]. *自然资源学报*, 34(2): 312–324. [Xiao L M, Zhang X P. 2019. Spatio-temporal characteristics of coupling coordination between green innovation efficiency and ecological welfare performance under the concept of strong sustainability [J]. *Journal of Natural Resources*, 34(2): 312–324.]
- 杨瑞,张然. 2018. 生态福利绩效视角下的绿色发展评价研究——以青岛市为例[J]. *生态经济*, 34(12): 58–63, 122. [Yang R, Zhang R. 2018. Study on green development evaluation of Qingdao from the perspective of ecological welfare performance [J]. *Ecological Economy*, 34(12): 58–63, 122.]
- 余华茂. 2019. 基于Windows DEA模型的我国自然灾害应急公共投入绩效研究[J]. *中国安全生产科学技术*, 15(7): 39–45. [Yu H M. 2019. Research on performance of public input for natural disaster emergency in China based on Windows DEA model [J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 15(7): 39–45.]
- 臧漫丹,诸大建,刘国平. 2013. 生态福利绩效:概念、内涵及G20实证[J]. *中国人口·资源与环境*, 23(5): 118–124. [Zang M D, Zhu D J, Liu G P. 2013. Ecological well-being performance: concept, connotation and empirical of G20 [J]. *China Population, Resources and Environment*, 23(5): 118–124.]
- 张建清,董洁明. 2019. 对外贸易对“一带一路”沿线省份绿色全要素生产率水平的影响[J]. *云南财经大学学报*, 35(12): 63–72. [Zhang J Q, Dong J M. 2019. The impact of foreign trade on the level of green total factor productivity in the provinces along “the Belt and Road” [J]. *Journal of Yunnan University of Finance and Economics*, 35(12): 63–72.]
- 诸大建,张帅. 2014. 生态福利绩效与深化可持续发展的研究[J]. *同济大学学报(社会科学版)*, 25(5): 106–115. [Zhu D J, Zhang S. 2014. Ecological wellbeing performance and further research on sustainable development [J]. *Journal of Tongji University (Social Science Edition)*, 25(5): 106–115.]
- Common M. 2007. Measuring national economic performance without using prices [J]. *Ecological Economics*, 64(1): 92–102.
- Daly H E. 1974. The world dynamics of growth: the economics steady state [J]. *American Economic Review*, 64(2): 15–23.
- Dietz T, Rosa E A, York R. 2012. Environmentally efficient well-being: is there a Kuznets curve? [J]. *Applied Geography*, 32(1): 21–28.
- Tobin J. 1958. Estimation of relationships for limited dependent variables [J]. *Econometrica*, 26(1): 24.
- Tone K, Tsutsui M. 2010. Dynamic DEA: a slacks-based measure approach [J]. *Omega*, 38(3/4): 145–156.
- Tone K. 2001. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 130(3): 498–509.
- Tone K. 2002. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 143(1): 32–41.
- UNDP. 1990. Human development report 1990 [M]. New York, Oxford: Oxford University Press: 10.