

重庆市典型县域生态效率评价¹

张鑫鑫, 尹珂*

(重庆师范大学地理与旅游学院, 重庆 404100)

【摘要】准确定位绿色发展理念的战略重要性, 对促进长江经济带的优质发展具有十分重要的意义。重庆市作为“一带一路”和长江经济带的联结点, 必须“发挥示范作用”。该文采用超效率 SBM 模型对 2007-2016 年重庆市 15 个典型县域生态效率水平进行测度, 借助 ArcGIS 对其时空分布进行可视化表达, 应用 Malmquist 生产率指数模型揭示内外部驱动因素, 为推进长江经济带绿色协同发展提供借鉴与参考。结果表明: (1) 2007-2016 年重庆市典型县域生态效率呈上升趋势, 但增幅较小, 渝东南与渝东北地区生态效率水平 U 型波动性增长反映了绿色发展思想指导下改善产业结构可以实现环境保护和经济发展的辩证统一。(2) 重庆市典型县域生态效率损失的内部动因是资源投入过多以及废弃物排放过量, 而纯技术效率指数和规模效率指数处于进步状态, 技术进步变化指数呈倒退状态, 则表明政府宏观调控及管理策略是否行之有效, 规模经济与资源利用效率的关系是否处理得当, 在很大程度上影响了重庆市生态效率水平。

【关键词】重庆市; 生态效率; 超效率 SBM; 全要素生产率

【中图分类号】X821 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1003-6504(2019)09-0178-09

doi: 10.19672/j.cnki.1003-6504.2019.09.027

改革开放以来中国经济持续高速增长, 2010 年国内生产总值首次超过日本, 跻身世界第 2 大经济实体。但是我国经济发展起步晚、基础差, 因而在较长一段时间里都是以粗放的增长模式来推动经济快速提升。面对资源禀赋、环境质量和经济水平三者间突出的矛盾, 党的十八大以来把生态文明建设作为统筹推进“五位一体”总体布局和协调推进“四个全面”战略布局的重要内容, 明确指出加强生态文明建设是极为关键的。重庆市作为西部地区唯一的直辖市, 同时作为“一带一路”和长江经济带的联结点, 在全国区域发展格局中具有重要地位。党中央对长江经济带发展的定位, 特别是生态文明建设先行示范带的定位和建设长江绿色生态廊道的任务要求, 推动着重庆市生态文明建设进入新的阶段, 也表明重庆市实现绿色发展任务的关键性。2016 年国家统计局公布的各省份绿色发展指数评价结果中, 重庆市位居第 5 位, 表明重庆市生态文明建设及绿色发展成果显著。因此, 研究 2007-2016 年重庆市典型生态文明建设示范区县生态效率将有助于明晰其区域内部差异, 对于推进长江经济带生态文明建设、实现绿色协同发展具有极为重要的参考价值。

生态效率是通过经济增长与环境影响的比值, 来寻求生态系统和经济系统间的平衡^[1], 即通过提供能满足人类需要和提高生活质量的竞争性定价商品和服务, 同时使整个生命周期的生态影响与资源强度逐渐减低到一个至少与地球的估计承载能力一致的水平来实现的^[2-4]。在此基础上, 国内外学者对生态效率进行深入研究, 逐渐从生态效率的概念^[5-7]扩展至指标体系的构建^[8-10]。测算方法也从简单的投入产出比值到综合数理模型, 包括数据包络分析法(DEA)^[11]、超效率 DEA^[12]、非期望产出 SBM 模型^[13]、超

¹收稿日期: 2019-06-27; 修回: 2019-08-08

基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目(18YJCZH227); 重庆市自然科学基金面上项目(cstc2019jcyj-msxmX0591)

作者简介:张鑫鑫(1994-), 女, 硕士研究生, 研究方向为城乡规划与区域发展, (电子信箱)1714735569@qq.com; *通讯作者, 副教授, 博士, 研究方向为土地利用与生态过程, (电子信箱)409072550@qq.com。

效率 SBM 模型^[14]、网络 DEA 模型^[10]及三阶段 DEA^[15]、物质流分析法和能值分析法^[16]等等。随着生态效率测算方法日趋成熟,研究尺度从单个企业生态效率表现到行业内部生态效率对比,近年来越来越多的研究聚焦至经济带^[17]、城市群^[18]等大区域尺度的生态效率时空分析。然而,单纯地利用综合数理模型只能对生态效率进行静态分析,无法反映动态变化情况;从外部因素分析也无法对生态效率损失原因和驱动因素进行探讨。鉴于此,本文以长江经济带联结点重庆市的典型生态文明建设区县为研究对象,构建生态效率评价指标体系,选用超效率 SBM 模型对 2007-2016 年生态效率值进行测算,分析其时空演变规律,并基于 Malmquist 全要素生产率模型对重庆市典型区县生态效率全要素生产效率及其分解指数跨期变动进行分析,旨在揭示重庆市典型区县生态效率内部差异,从投入产出的角度厘清损失原因及驱动因素,并提出相应的优化策略,以期为长江经济带实现绿色发展提供借鉴。

1 研究方法 with 指标数据

1.1 包含非期望产出的超效率 SBM 模型

在实际生产过程中,产出往往并不是全部希望得到的,而那部分不希望得到的产出称为非期望产出,如工业“三废”、SO₂等,于是 Tone 网在 2001 年提出包含非期望产出的 SBM 模型。与传统的 DEA 模型相比,包含非期望产出的 SBM 模型能够将松弛变量和剩余变量考虑进来,很好地解决在实际生产过程中投入与产出的松弛性问题。但包含非期望产出的 SBM 模型无法进一步对生态效率值为 1 的决策单元进一步分析,因此 Tone 又提出了包含非期望产出的超效率 SBM 模型^[19,20],具体计算参照相关文献[14, 21]。

1.2 全要素生产率指数

Malmquist 全要素生产率表示从 t 期到 t+1 期的生产率变化,可分解为技术进步变化指数、纯技术效率指数、规模效率指数,能够反映生产率组成及动态增减程度。其原理可解释为:存在 K 个决策单元,每个决策单元在 t=1, 2, ..., T 期使用 n=1, 2, ..., N 种投入 $x_n^{k,t}$ 并得到 m=1, 2, ..., M 种产出 $y_m^{k,t}$, 即全要素生产率指数 TFP^[22]:

$$TFP = M(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = (M_t \times M_{t+1})^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

当规模报酬不变时,可分解为技术效率变动(Effch)和技术进步变动(Tech)2 部分:

$$M(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} = Effch \times Tech$$

规模报酬可变速,技术效率变动可以进一步分解为纯技术效率变动(Pech)和规模效率变动(Sech):

$$Effch = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | V)}{D_0^t(x^t, y^t | V)} \times \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | C) / D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | V)}{D_0^t(x^t, y^t | C) / D_0^t(x^t, y^t | V)} = Pech \times Sech$$

最终全要素生产率指数 TFP 是由技术进步 (Tech)、纯技术效率变化 (Pech) 和规模效率变化 (Sec/z) 组成。至者之间的关系表示如下:

$$TFP = Tech \times Effch = Tech \times Pech \times Sech$$

当 TFP 值 > 1 时, 表明全要素生产率提高, < 1 则相反, 纯技术效率变化 (Pech) 和规模效率变化 (Sech) 同理。

1.3 指标体系构建与数据来源

在具体的包含非期望产出的超效率 SBM 模型中, 一般将成本性的指标作为投入指标, 将正面收益性的指标作为期望产出指标, 而对人类生产生活产生负面影响的指标作为非期望产出指标。据此, 文章在《国家生态文明建设示范县、市指标 (试行)》文件以及相关研究文献 [13, 18, 21] 的基础上, 构建了适用于重庆市的生态效率评价指标体系 (表 1)。

表 1 生态效率评价指标体系

指标	类别	具体指标构成	说明
投入指标	资源投入	土地投入	建成区面积
		劳动投入	年末就业人口
		能源投入	规模以上工业能源消耗总量
		资本投入	全社会固定资产投资
产出指标	非期望产出	废气排放	SO ₂ 年均浓度
		废物排放	化学需氧量排放量
	期望产出	经济效益	地区生产总值

根据重庆市各区县生态建设情况, 选取 15 个典型示范区县为研究对象。其中, 大足区、巫山县、北碚区、丰都县列为国家级生态示范区, 璧山区为国家级生态文明建设示范区; 云阳县被列为重庆市生态文明建设示范县, 南川区、酉阳县被入选为重庆市生态县; 黔江区、荣昌区、合川区致力于建设生态示范区, 涪陵区、云阳县、巴南区、渝北区致力于构建生态文明示范区。涉及各区县的指标数据来自于《重庆市统计年鉴》、各区县的国民经济和社会发展统计公报以及各区县政府工作报告, 经整理汇总得到 2007 年、2010 年、2013 年、2016 年的时序数据。

2 结果分析

2.1 重庆市典型县域生态效率时空格局

演化分析

本文运用 DEA-SOLVER Pro5.0 测算研究区 4 个时间节点的生态效率后发现（表 2），研究区内生态效率均值从 1.015 逐渐增加至 1.101，生态效率整体趋向于不断提高。然而，研究区内各样本的生态效率水平参差不齐，存在明显区域异质性。根据相关文献对于生态效率等级的设定^[18, 23, 24]，本文将生态效率表现划分为 3 个等级以便对比分析其内部差异：经济发展、资源利用以及生态保护三者间的协调性相对较好的高等生态效率级（研究期内生态效率平均值 >1.3 ）；生态效率表现相似且仍有较大优化潜力的中等生态效率级（1.32 研究期内生态效率平均值 21.0）；以及经济发展与生态环境协调性存在不足的低等生态效率级（研究期内生态效率平均值 <1.0 ）。

表 2 重庆市典型生态文明建设区县生态效率测算结果

区县	2007 年	2010 年	2013 年	2016 年	研究期内 平均值
云阳县	1.470	1.958	1.693	1.330	1.613
巫山县	1.147	1.357	1.354	1.694	1.388
涪陵区	1.293	1.152	1.102	1.106	1.163
北碚区	1.007	1.043	1.047	1.036	1.033
渝北区	1.091	1.117	1.193	1.211	1.153
合川区	1.216	1.130	1.248	1.255	1.212
南川区	1.296	0.716	1.128	1.027	1.042
大足区	1.085	0.710	1.252	1.175	1.055
酉阳县	1.624	0.713	0.710	1.039	1.022
万州区	0.407	1.065	1.036	1.036	0.886
黔江区	0.617	1.124	1.093	0.826	0.915
巴南区	1.065	1.164	1.029	0.663	0.980
璧山区	0.540	0.568	1.003	1.036	0.787
荣昌区	1.005	0.806	1.028	1.075	0.978
丰都县	0.363	1.003	1.197	1.014	0.894
研究区内平均值	1.015	1.042	1.141	1.101	1.075

从图 1 中可以看出，重庆市 15 个样本区县生态效率均值并未呈正态分布，高等生态效率级仅有云阳县和巫山县，还有 6 个样本区县为低等生态效率级，说明重庆市生态效率水平虽有改善，但还有较多提升空间。利用 ArcGIS10.2 分析 15 个样本区县逐年演变趋势（图 2）发现：2007-2016 年云阳县始终处于高等生态效率级，但 2010 年开始云阳县产业空心化现象逐渐显现，期望产出不足，生态效率表现不断下降；巫山县则呈显著上升态势，2007 年后巫山县坚持发展生态经济，因而经济、资源与环境间协调程度高，连续 3 年处于高等生态效率级。

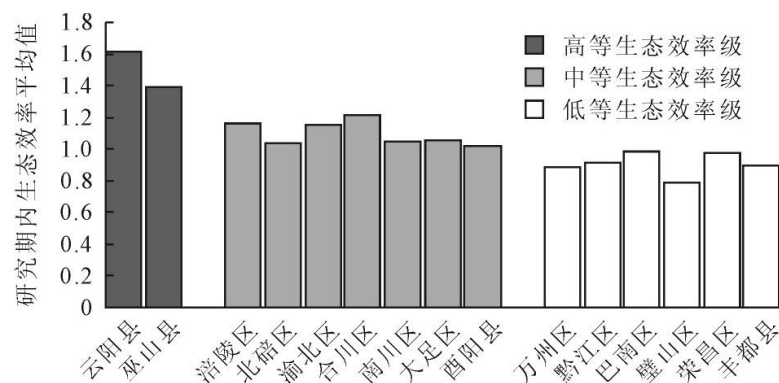


图1 研究期内生态效率平均值分布

2007-2016 年涪陵、北碚、渝北以及合川生态效率均值都处于中等生态效率级（图 1）。2010 年南川、大足以及荣昌都曾跌入低等生态效率级,但原因各不相同：作为重庆市“一小时经济圈”的重要组成部分，荣昌区为推进城镇化和工业化加快畜牧科技城建设，对地资源的需求量急剧增加，因而土地投入冗余率成为影响荣昌区生态效率的主要因素；而造成南川区和大足区生态效率骤降的因素是能源消耗冗余率较大，南川区和大足区多以装备制造、能源加工等工业为主推动经济发展，工业能源消耗过多，因而对生态效率产生影响。

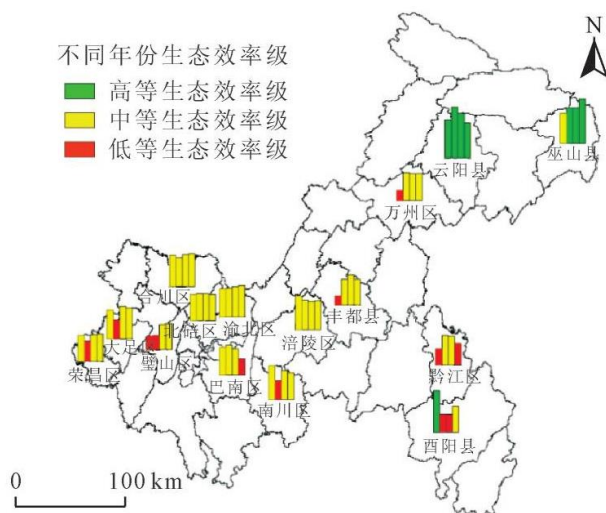


图2 2007-2016年样本区县生态效率级分布

2010 年和 2013 年酉阳县连续处于低等生态效率级,但凭借 2007 年较高的生态效率水平,所以其平均值依然处于中等生态效率级,这与其产业发展有关：2007 年酉阳县的产业基础并不雄厚，且以第一产业为主，环境问题并不十分突出；为了加快经济发展,2008 年酉阳县提出以“工业强县”为第一方略，掀起工业园区建设浪潮，推动经济水平显著提高，但同时生态环境也受到不同程度影响，因而在一段时间内生态效率倒退；不过 2015 年后开始通过产业联动，以生态旅游和特色农业加强与工业的垂直整合，使得经济发展与环境间的紧张关系有所缓和，生态效率得以回升。

2007-2016 年万州、巴南以及丰都生态效率均值为低等生态效率级（图 1），皆因某一年较低的生态效率值拉低了平均水平。2007 年为将万州建设成重庆主城以外的第 2 大城市，渝万高速公路、万州机场、达万铁路等重大交通工程相继投入使用,使得万州区固定资产投资及全年供电量冗余率增加，因而生态效率表现较差；而丰都县 2007 年进一步拓展“重庆丰都工业园区”，力争建成“一区五园”发展格局，但由于发展工业的经验并不丰富，园区的建设曾一度陷入困境，导致当年能源消耗冗余率增加，

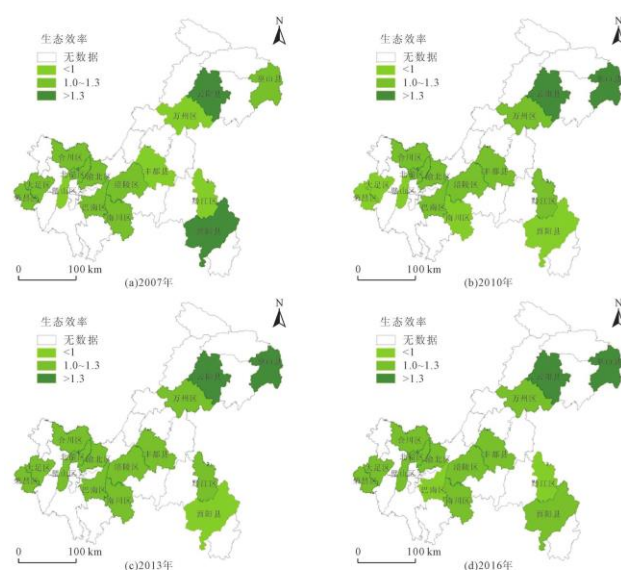
地区生产总值产出不足,生态效率表现也不理想;2010年以后两地利用三峡库区国家政策优势,积极实现产业转型,发展绿色经济,实现经济与环境间的动态平衡,推动生态效率不断提高。2016年巴南区投入大量土地资源以发展工业、农牧业和旅游业,但受外部经济环境影响,期望产出未达到理想水平,因而阻碍生态效率的提升。

2007-2010年璧山区以科技含量较低的皮革皮鞋、传统建材、汽车装备等加工制造业为主,这样产业结构对资源能源以及土地需求量大,造成能源消耗及土地投入冗余率较大。2013年以后该县的支柱产业已调整为装备制造、电子信息、医药食品,这一转变使璧山生态效率得以大幅度提升。黔江区生态效率水平分别在2007和2016年处于低级,2007年黔江区在渝东南地区的经济首位度并不突出,同时又是国家扶贫开发重点地区,发展实力弱,因而生态效率水平低;2016年黔江区以电力、矿业、化工、建材为主的工业园区不断发展,资源及用地需求不断增加,因而使得生态效率水平有所下降。

利用 ArcGIS10.2 进一步分析重庆市各样本区县的时空分布特征(图3)后发现:从时间序列来看,2007年11个样本区县生态效率水平有效(即生态效率值 >1),其中处于中等生态效率级的区县有9个,处于高等生态效率级的区县有2个;2010年10个样本区县生态效率水平有效,其中处于中等生态效率级的区县减少至8个;2013年14个样本区县生态效率水平有效,其中中等生态效率级的区县增加至12个;2016年13个样本区县生态效率水平有效,其中中等生态效率级的区县减少至11个。生态效率级各年分布情况表明研究区内生态效率水平整体变动不大,2010-2013年处于中等生态效率级的区县数量明显增加,主要是由于2010年重庆市政府大力践行生态建设和环境保护“十二五”规划,在严格环境准入的基础上,发展循环经济和绿色低碳经济,使得生态效率水平有所提高。

从空间分布来看,2007年研究区生态效率高的区县主要集中在重庆市东北、东南地区;2010年东南地区处于高等生态效率水平区县减少,而东北地区高等生态效率水平的区县增至2个,中西部地区中等生态效率水平的区县略有减少;至2013年中西部地区中等生态效率水平的区县显著增加,其它地区生态效率水平无明显变动;2016年中部地区中等生态效率水平的区县略有减少,其它地区无明显变化。由此可见,重庆市处于高等生态效率水平的区县主要集中在渝东北地区,且变动较小,而渝东南地区生态效率等级分布则出现了一定的波动变化,中西部地区整体变动小且趋于稳定态势。

生态效率既是衡量经济、资源与环境间协调程度的重要参考,也是加强生态文明建设、推动绿色发展的重要依据。因此,经济、资源和环境是影响生态效率表现的主要原因。而区域的管理水平(纯技术效率)、科技水平(技术效率)及生产规模(规模效率)是影响区域生态效率产生内部差异及动态变化的驱动因素^[23]。因此,本研究引入投入冗余率、产出不足率以及全要素生产率指数以探求导致研究区内生态效率产生区域差异的内外部原因。



2.2 重庆市典型县域生态效率驱动

因素分析

根据超效率 SBM 模型原理可知,当生态效率值 <1 时,就会产生投入冗余和产出不足的松弛变量。松弛变量可以反映研究区生态效率损失的内部动因,其变化在一定程度上反映了经济、资源与环境对生态效率的驱动力大小。据此,本文将各区县的投入松弛量除以对应的投入指标值得到各区县的投入冗余率;同理,将期望产出松弛量除以相应的产出值得到期望产出不足率,非期望产出松弛量除以相应的非期望产出值得到非期望产出冗余率(表 3)。

通过研究发现:北碚区和渝北区各项冗余率与不足率均为 0,表明这 2 个区县的投入与产出达到最佳,经济、资源与环境间的协调程度最高。从整体来看,各区县除了黔江区和荣昌区以外经济效益产出不足率均为 0,表明经济效益并不是造成生态效率损失的主要原因。通过对比其它各项因素,发现影响研究区生态效率损失的原因主要包括电力、资本等资源投入过多以及废弃物排放过量。为进一步明确影响生态效率的外部驱动因素,本文通过全要素生产率指数及其分解,利用全要素生产率、纯技术效率、规模效率、技术进步的变动状况对生态效率的驱动力进行分析,从而判断区域的管理水平、科技发展状况以及生产规模等外部因素对生态效率产生的影响。

对全要素生产率指数及其分解(表 4、图 4)的总体特征分析后发现:(1)从全要素生产率指数变化情况来看,其平均值为 0.991,表明研究区生产率水平整体下降了 0.9%。2010 年和 2016 年全要素生产率指数 >1 ,表明这些年份的生态效率呈进步态势;而 2007 年和 2013 年全要素生产率指数 <1 ,是由于技术进步急剧下降导致。(2)从纯技术效率和规模效率变化指数来看,在研究期内的平均值分别为 1.006、1.009,其增长幅度分别为 0.6%、0.9%,表明纯技术效率和规模效率处于进步状态,对生态效率水平的提高具有积极的促进作用。(3)从技术进步变化指数来看,研究期内技术进步变化指数平均值为 0.978,表明技术进步变化指数在研究期内呈倒退状态,尚未达到最优,有待进一步提高。

表 3 生态效率投入产出优化结果

区县	投入冗余率/%					非期望产出冗余率/%		期望产出不足率/%
	土地投入	劳动投入	能源投入	资本投入	电力投入	废气排放	废水排放	经济效益
万州区	-3.22	0.00	0.00	-3.40	-5.01	0.00	0.00	0.00
黔江区	-14.86	0.00	-10.05	-5.58	-16.81	0.00	-7.33	8.70
涪陵区	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.93	0.00
北碚区	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
渝北区	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
巴南区	-4.93	-30.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合川区	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-29.71	0.00
南川区	0.00	0.00	-10.72	-2.58	-1.27	-14.19	0.00	0.00
大足区	-4.03	0.00	-7.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
璧山区	0.00	0.00	0.00	0.00	-38.13	0.00	-12.77	0.00
荣昌区	-4.45	-3.75	0.00	0.00	-0.17	0.00	0.00	36.16
丰都县	0.00	0.00	0.00	-29.71	0.00	0.00	0.00	0.00
云阳县	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-25.14	0.00
巫山县	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-48.72	-5.05	0.00
酉阳县	-1.18	-9.24	-4.03	-1.77	-13.72	-10.75	0.00	0.00

表 4 研究区生态效率全要素生产率指数及其分解

区县	技术进步 变化指数(Tech)	纯技术效率 变化指数(Pech)	规模效率 变化指数(Sech)	全要素生 产率指数(TFP)
万州区	0.952	1.059	1.010	1.018
黔江区	0.860	0.999	1.030	0.885
涪陵区	0.969	1.000	1.000	0.969
北碚区	1.143	1.000	1.000	1.143
渝北区	1.316	1.000	1.000	1.316
巴南区	1.130	1.000	0.989	1.117
合川区	1.009	1.000	1.000	1.009
南川区	0.968	1.000	1.000	0.968
大足区	0.986	1.000	1.000	0.986
璧山区	0.899	1.030	1.068	0.990
荣昌区	0.926	1.000	1.000	0.926
丰都县	0.838	1.000	1.031	0.864
云阳县	0.763	1.000	1.000	0.763
巫山县	1.038	1.000	1.000	1.038
酉阳县	0.866	1.000	1.000	0.866
平均值	0.978	1.006	1.009	0.991

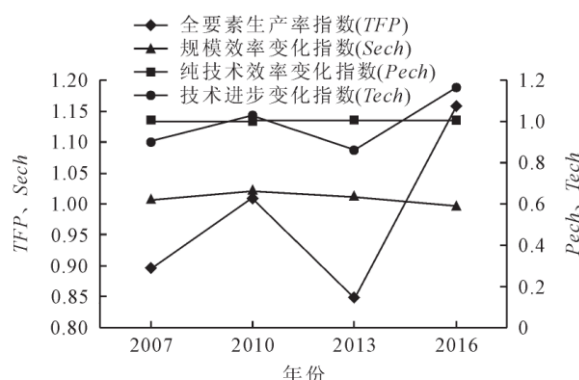


图4 研究区生态效率全要素生产率及其分解指数

对全要素生产率指数及其分解的空间特征分析后发现：(1)在研究的 15 个区县中，万州区、北碚区、渝北区、巴南区、合川区和巫山县的全要素生产率指数 >1 ，呈上升趋势，上升幅度在 0.9%~31.6%之间。北碚区、渝北区和巴南区的全要素生产率指数增长幅度最快，在 10%以上，其它区县均呈下降趋势，如涪陵区、南川区、云阳县等，其生态效率大多居中等水平，表明这些区县的生态效率仍有较大的优化潜力，尤其是云阳县，生态效率处于中等水平，提升潜力巨大。(2)除黔江区以外，其它区县纯技术效率指数均 ≥ 1 ，表明纯技术效率呈略微上升趋势，上升幅度在 0.6%~5.9%。而黔江区的纯技术效率指数 <1 ，表明黔江区的政府宏观调控及管理策略尚未对其生态效率产生显著影响。巴南区的规模效率指数 <1 ，表明巴南区的生产规模存在资源闲置问题，投入产出比例尚未达到最优，有待进一步优化。其它区县的规模效率指数均 >1 ，呈略微上升趋势。(3)在 15 个研究区县中，只有北碚区、渝北区等 5 个区县在内的技术进步变化指数 >1 ，其它 10 个区县的技术进步变化指数均 <1 ，表明多数区县的科学技术水平较低，在资源利用效率及环境污染问题治理上科学技术实力并未凸显，尚不足以对生态效率产生显著的促进作用。

由此可知,研究区全要素生产率指数波动幅度较大;纯技术效率指数和规模效率指数在研究期内处于进步状态,对生态效率提高有积极作用;而技术进步变化指数在研究期内呈倒退状态,对生态效率影响较小,有很大的提升空间,表明研究区生态效率水平的提高主要得益于政府、企业的管理手段以及总体生产规模的扩大,科学技术水平尚未对生态效率产生显著影响。全要素生产率指数 >1 的区县增长范围较大, <1 的区县优化潜力较大;黔江区的纯技术效率 <1 ,管理手段尚未对其生态效率产生显著影响;巴南区规模效率指数 <1 ,生产规模的投入产出存在问题;多数区县的技术进步变化指数均 <1 ,是科学技术实力不足所致。

3 结论与讨论

3.1 讨论

包含非期望产出的超效率 SBM 模型结合了 SBM 模型与超效率 DEA 模型的优势,既解决了在实际问题中投入产出的松弛性问题,又能够进一步区分生态效率值为 1 的决策单元,使测算结果更加科学准确。目前,超效率 SBM 模型主要应用于测算能源效率^[25,26]和碳排放效率^[27,28]以及生态效率的评价^[21],其中生态效率研究尺度多为省域或跨省域的宏观视角,研究结果与中东西部地区发展实力密切相关。已有研究发现,西部城市生态效率提升显著,生态效率较高的城市的增量多于东部城市^[20],且西部地区的投入产出效率省际差异明显^[11],但对于西部地区尤其是长江经济带重点城市的生态效率具体水平尚未涉及。本文研究结果显示重庆市典型县域生态效率年均值从 1.015 逐渐增加至 1.101,整体趋向于不断提高,侧面印证了已有研究结论。但是,本文中生态效率时空特征却反映出重庆市生态效率总体水平不高,部分地区的产业发展导致生态效率水平明显下降,充分暴露了西部地区生态环境脆弱本质与产业结构失衡问题。2007–2016 年渝东南与渝东北地区样本区县的生态效率水平 U 型波动较为显著,反映了绿色发展思想指导下改善产业结构可以实现环境保护和经济发展的辩证统一。

生态效率作为衡量经济、资源与环境间协调程度的重要参考,任何一个要素的变化都会对生态效率产生直接影响。从投入产出的角度计算冗余率与不足率能够有效地确定生态效率损失的内部原因^[18,30],而资源投入过多、污染物排放过量成为目前造成生态效率损失的关键因素。本文分析各项冗余率与不足率后发现重庆市典型县域生态效率损失的主要原因为电力、资本等资源投入过多以及废弃物排放过量,揭示出重庆市实现绿色发展还面临资源利用率低下、环境污染等问题。生态效率是以最少的资源投入和最小的环境污染实现最大的经济效益,也就是通过优化组合劳动力、资本等生产要素实现最大的效益产出。在实际的经济活动中,产生的经济效益既包括了有形的投入生产要素的部分,也包含了管理、技术等无形要素的贡献。因此,单纯地利用超效率 SBM 模型只能描述每个研究对象每年的生态效率值,属于静态测度,无法从管理、技术等方面揭示生态效率变动的具体驱动因素以及驱动力的大小。将 Malmquist 生产率分解为纯技术效率指数、规模效率指数和技术进步变化指数,可以从管理水平、生产规模以及科学技术等多角度分析生态效率的驱动力阳网。本文利用全要素生产率指数及其分解的发现与其他学者的结论基本一致,即纯技术效率和规模效率对于研究区生态效率的提高具有积极的促进作用,即政府宏观调控及企业管理策略是否行之有效,规模经济与资源利用效率的关系是否处理得当,在很大程度上影响了重庆市生态效率水平。

需要指出的是,本研究仅选取重庆市的 15 个典型区县为研究样本,研究期只选择了 4 个时间点,所得出的结论有一定局限性,若能在连续性时间段内对重庆市所有区县进行研究,将增强生态效率测算的科学性。同时,研究中所涉及的非期望产出指标仅包含了对生态环境的负面效应,尚未考虑其对经济、社会环境所产生的负面影响,所以完善生态效率评价指标体系将是未来关注的重点。此外,导致生态效率损失的原因不仅仅只包括指标体系的投入产出部分,还涉及其它多方面的因素,因此对生态效率的影响因素做进一步分析也是未来研究的重点内容。

3.2 结论

(1) 从 2007–2016 年典型县域生态效率的表现看出,重庆市生态效率缓慢提高,但增幅较小,尚有一定的提升空间。通过划分不同生态效率级分析区域特征的异质性,发现重庆市生态效率整体水平不高,处于高等生态效率水平的区县主要集中在渝东北地区,仅有云阳县和巫山县居于高等生态效率级;城市化水平较高、经济发展较为平稳的涪陵、北碚、渝北以及合川生态效率亦

趋于平稳,都处于中等生态效率级,而不断进行产业结构调整的南川、大足、荣昌以及酉阳则在2010年都曾跌入低等生态效率级;2007-2016年万州、巴南、丰都、璧山以及黔江平均水平虽处于低等生态效率级,但各年表现却非常接近中等效率级,表明这部分区县未来具备较大的提升潜力。

(2)投入产出冗余率分析表明,经济效益并非造成研究区生态效率损失的直接原因,所伴生的电力、资本等资源投入过多以及废弃物排放过量才是影响重庆市生态效率损失的内部动因。因此节约资源、提高资源利用率,减少污染物排放是优化研究区生态效率的有效路径。研究区 Malmquist 全要素生产率指数呈明显起伏,纯技术效率指数和规模效率指数在研究期内处于进步状态,对生态效率提高有积极作用,而技术进步变化指数在研究期内呈倒退状态,对生态效率影响较小。这表明目前重庆市生态效率的提高得益于政府宏观调控、管理水平及生产规模的扩大,在今后的发展中须不断使产业结构高级化,才能凸显科学技术实力对生态效率显著的促进作用。

参考文献

- [1]Moller A, Schaltegger S. The sustainability balanced scorecard as a framework for eco-efficiency analysis [J]. Journal of Industrial Ecology, 2005, 9(4):73-83.
- [2]United Nations Conference on Trade and Development. Integrating Environmental and Financial Performance at The Enterprise Level-A Methodology for Standardizing Eco-efficiency Indicators[M]. United Nations Publication, 2003, 2930.
- [3]Maia R, Silva C, Costa E. Eco-efficiency assessment in the agricultural sector:The Monte Novo irrigation perimeter,Portugal [J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 138(2): 217228.
- [4]Bonfiglio A, Arzeni A, Bodini A. Assessing eco-efficiency of arable farms in rural area[J]. Agricultural Systems, 2017, 151(2):114-125.
- [5]Yin Ke, Wang Rusong, An Qingxian, et al. Using eco-efficiency as an indicator for sustainable urban development: a case study of Chinese provincial capital cities [J]. Ecological Indicators, 2014, 36:665-671.
- [6]Lin Jianyi, Li Yang, Wang Wei, et al. An eco-efficiency- based urban sustainability assessment method and its application [J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2010, 17(4):356-361.
- [7]诸大建, 朱远. 生态效率与循环经济[J]. 复旦学报:社会科学版, 2005(2):60-66.
- Zhu Dajian, Zhu Yuan. Eco-efficiency and circular economy [J]. Fudan Journal: Social Sciences, 2005(2):60-66.
- [8]杨斌. 2000—2006年中国区域生态效率研究——基于DEA方法的实证分析[J]. 经济地理, 2009, 29(7):1197-1202.
- Yang Bin. Research on regional eco-efficiency of China from 2000 to 2006—an empirical analysis based on DEA [J]. Economic Geography, 2009, 29(7):1197-1202.
- [9]王晓玲, 方杏村. 东北老工业基地生态效率测度及影响因素研究——基于DEA-Malmquist-Tobit模型分析[J]. 生态经济, 2017, 33(5):95-99.

Wang Xiaoling, Fang Xingcun. Eco - efficiency evaluation and its influencing factors for the old northeastern industrial base of China on DEA-Malmquist-Tobit model [J]. Ecological Economy, 2017, 33(5):95-99.

[10]杨佳伟, 王美强. 基于非期望中间产出网络 DEA 的中国省际生态效率评价研究[J]. 软科学, 2017, 31(2):92-97.

Yang Jiawei, Wang Meiqiang. Research on the provincial eco-efficiency evaluation based on network DEA model with undesirable intermediate outputs [J]. Soft Science, 2017, 31(2):92-97.

[11]宋周莺, 康蕾, 刘毅. 中国区域投入产出效率的综合测度与时空格局[J]. 地理研究, 2019, 38(2):326-336.

Song Zhouying, Kang Lei, Liu Yi. Spatio-temporal analysis of provincial input-output efficiency in China [J]. Geographical Research, 2019, 38(2):326-336.

[12]魏俊, 胡静, 朱磊, 等. 鄂皖两省旅游发展效率时空演化及影响机理[J]. 经济地理, 2018, 38(8):187-195.

Wei Jun, Hu Jing, Zhu Lei, et al. Spatial-temporal differentiation and influencing mechanism of tourism development efficiency in Hubei Province and Anhui Province[J]. Economic Geography, 2018, 38(8):187-195.

[13]任宇飞, 方创琳. 京津冀城市群县域尺度生态效率评价及空间格局分析[J]. 地理科学进展, 2017, 36(1):87-98.

Ren Yufei, Fang Chuanglin. Spatial pattern and evaluation of eco-efficiency in counties of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration [J]. Progress in Geography, 2017, 36(1): 87-98.

[14]宫大鹏, 赵涛, 慈兆程, 等. 基于超效率 SBM 的中国省际工业化石能源效率评价及影响因素分析[J]. 环境科学学报, 2015, 35(2):585-595.

Gong Dapeng, Zhao Tao, Ci Zhaocheng, et al. Evaluation of regional industrial fossil energy efficiency in China based on super SBM and factors analysis [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2015, 35(2):585-595.

[15]刘阳, 秦曼. 中国东部沿海四大城市群绿色效率的综合测度与比较[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(3):11-20.

Liu Yang, Qin Man. Evaluation and comparison of green efficiency of four coastal urban agglomerations in eastern China[J]. China Population, Resources and Environment, 2019, 29(3):11-20.

[16]李名升, 佟连军. 基于能值和物质流的吉林省生态效率研究[J]. 生态学报, 2009, 29(11):6239-6247.

Li Mingsheng, Tong Lianjun. Eco-efficiency of Jilin Province based on energy and material flow[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(11):6239-6247.

[17]邢贞成, 王济干, 张婕. 长江经济带全要素生态效率的时空分异与演变[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(4):792-799.

Xing Yucheng, Wang Jigan, Zhang Jie. Research on spatial-temporal variation and evolution of total-factor ecological efficiency in the Yangtze River Economic Belt [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018,

27(4):792- 799.

[18]付丽娜, 陈晓红, 冷智花. 基于超效率 DEA 模型的城市群生态效率研究——以长株潭“3+5”城市群为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2013(4):169-175.

Fu Lina, Chen Xiaohong, Leng Zhihua. Urban agglomeration eco-efficiency analysis based on super-efficiency DEA model: case study of Chang-Zhu-TanU3+5V urban agglomeration [J]. China Population, Resources and Environment, 2013(4):169-175.

[19]Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.

[20]Tone K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis [J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1): 32-41.

[21]马晓君, 李煜东, 王常欣, 等. 约束条件下中国循环经济发展中的生态效率——基于优化的超效率 SBM-Malmquist-Tobit 模型[J]. 中国环境科学, 2018, 38(9):3584-3593.

Ma Xiaojun, Li Yudong, Wang Changxin, et al. Ecological efficiency in the development of circular economy of China under hard constraints based on an optimal super efficiency SBM-Malmquist - Tobit model [J]. China Environmental Science, 2018, 38(9):3584-3593.

[22]李青松, 徐国劲, 邓素君, 等. 基于 DEA-Malmquist-Tobit 模型的河南省生态效率研究[J]. 环境科学与技术, 2016, 39(4): 194-199.

Li Qingsong, Xu Guojin, Deng Sujun, et al. Eco-efficiency evaluation in Henan Province based on SBM - Malmquist - Tobit model[J]. Environmental Science and Technology, 2016, 39(4):194-199.

[23]王耕, 李素娟, 马奇飞. 人类福祉视角下中国生态效率时空演化研究[J]. 地理科学, 2018, 38(10):1597-1605.

Wang Geng, Li Sujuan, Ma Qifei. Spatial - temporal Evolution of Chinese Eco-efficiency from the Perspective of Human Well-being[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38 (10):1597-1605.

[24]马占新. 数据包络分析模型与方法[M]. 北京:科学出版社, 2010.

Ma Zhanxin. Data Envelopment Analysis Model and Method [M]. Beijing: Science Press, 2010.

[25]吴传清, 董旭. 环境约束下长江经济带全要素能源效率研究[J]. 中国软科学, 2016(3):73-83.

Wu Chuanqing, Dong Xu. Analysis on influencing factors of total factor energy efficiency in the Yangtze River Economic Belt under environmental constraints [J]. China Soft Science, 2016(3):73-83.

[26]杨仲山, 魏晓雪. “一带一路”重点地区全要素能源效率测算、分解及影响因素分析[J]. 中国环境科学, 2018, 38(11):4

384-4392.

Yang Zhongshan, Wei Xiaoxue. Total factor energy efficiency of the regions along the belt and road: measurement, decomposition and influence factors analysis [J]. China Environmental Science, 2018, 38(11):4384-4392.

[27]袁长伟, 张帅, 焦萍, 等. 中国省域交通运输全要素碳排放效率时空变化及影响因素研究[J]. 资源科学, 2017, 39(4):687-697.

Yuan Changwei, Zhang Shuai, Jiao Ping, et al. Temporal and spatial variation and influencing factors research on total factor efficiency for transportation carbon emissions in China[J]. Resources Science, 2017, 39(4):687-697.

[28]李晨, 冯伟, 邵桂兰. 中国省域渔业全要素碳排放效率时空分异[J]. 经济地理, 2018, 38(5):179-187.

Li Chen, Feng Wei, Shao Guilan. Spatio-temporal difference of total carbon emission efficiency of fishery in China [J]. Economic Geography, 2018, 38(5):179-187.

[29]侯孟阳, 姚顺波. 中国城市生态效率测定及其时空动态演变[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(3):13-21.

Hou Mengyang, Yao Shunbo. Measurement and temporal-spatial dynamic evolution of urban eco-efficiency in China [J]. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(3):13-21.

[30]任宇飞, 方创琳, 蔺雪芹. 中国东部沿海地区四大城市群生态效率评价[J]. 地理学报, 2017, 72(11):2047-2063.

Ren Yufei, Fang Chuanglin, Qi Xueqin. Evaluation of ecoefficiency of four major urban agglomerations in eastern coastal area of China[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(11):2047-2063.

[31]李姣, 周翠烟, 张灿明, 等. 基于生态足迹的湖南省洞庭湖生态经济区全要素生态效率研究[J]. 经济地理, 2019, 39(2):199-206.

Li Jiao, Zhou Cuiyan, Zhang Canming, et al. Total-factor ecological efficiency of Dongting Lake ecological and economic zone in Hunan Province on the basis of ecological footprint[J]. Economic Geography, 2019, 39(2):199-206.