

云南少数民族贫困地区生态效率研究¹

杨红娟, 张成浩

(昆明理工大学 管理与经济学院, 云南 昆明 650093)

【摘要】：少数民族贫困地区急于发展的同时必须关注区域生态效率的变化。文章在选择少数民族贫困地区生态效率评价指标的基础上，运用 Super-SBM 模型和 Malmquist 指数，对云南少数民族贫困地区生态效率进行测算和动态分解，并构建 Tobit 模型分析影响生态效率的因素。结果表明：云南少数民族贫困地区生态效率总体水平不高，且各地区生态效率水平差距较大；2013—2015 年，各地区生态效率水平呈现出逐年上升的趋势，且上升幅度越来越大，表现出良好的发展势头；产业结构和投资在一定程度上促进了地区生态效率的提高；城市规模对地区生态效率产生了显著的负向影响；国有企业所占比重未对地区生态效率产生显著影响。在此基础上提出三点提升云南少数民族贫困地区生态效率的建议。

【关键词】：少数民族贫困地区；Super-SBM；Malmquist 指数；Tobit 模型回归

【中图分类号】：F062.2；X22

【文献标识码】：A

【文章编号】：1671-4407 (2018) 03-112-05

1、引言

云南是生态环境保护的前沿，处于伊洛瓦底江、金沙江、怒江、澜沧江、红河和珠江 6 大水系的源头或上游、中游，是全球生物多样性最为富集的地区之一。也一直是我国贫困发生的重灾区，全省有 73 个国家级贫困县，是全国国家级贫困县最多的省份，全省 29 个民族自治县中有 22 个是国家级贫困县。少数民族贫困地区经济基础薄弱，面临着发展与保护的双重压力和任务，在急于发展的过程中，必须注重环境的保护，不能走先污染后治理的老路。生态效率是指使用生态资源来满足人类需要的效率，是一种能够有效衡量经济、资源与环境之间协调发展的工具。本文对少数民族贫困地区的生态效率进行研究，分析少数民族贫困地区生态效率水平和生态效率变化趋势，促进少数民族贫困地区生态文明建设水平。

2、文献综述

国内外相关学者专家对生态效率的研究主要集中在生态效率评价方法和区域生态效率的分析方面。关于生态效率评价方法的研究有：Picazo-Tadeo 等^[1]运用数据包络分析方法和方向性距离函数，对西班牙有关企业的经济与生态绩效进行了测算；Hellweg 等^[2]认为可以用相关费用与环境影响的比值来表示生态效率；付丽娜等^[3]、吴金艳^[4]运用超效率 DEA 模型对生态效率进行了相关研究。关于区域生态效率的研究方面：Camarero 等^[5]基于 EDA 方法测算了欧盟国家的生态效率；蔡洁等^[8]使用 BCC-DEA 模型测算了山东省 17 个地市的生态效率，并对城镇化水平与区域生态效率之间的关系进行了分析；李青松等^[7]使用 SE-DEA 模型和 Malmquist 指数，分别对河南省 2007-2012 年的生态效率水平和生态效率变化趋势进行了分析，并使用 Tobit 模型分析了生态效率的影响因素；陈新华等^[6]运用三阶段 DEA 模型，测算了广东省 21 个城市的生态效率，并从科技进步角度分析了生态效率

¹**【基金项目】**：国家自然科学基金项目“云南少数民族贫困地区生态文明建设关键因素和有效路径研究”（71463034）；国家自然科学基金项目“基于生态文明的少数民族农户低碳行为模式研究——以云南为例”（71263030）；云南省省院省校合作项目“碳排放交易市场机制下云南企业碳减排效率研究”（SYSX201702）

【第一作者简介】：杨红娟（1966-），女，云南大理人，教授，博导，研究方向为可持续发展管理。E-mail: 939738277@qq.com

的影响因素。此外，王瑾^[9]、李胜兰等^[10]、李健等^[11]、张晓娣^[12]也分别对中国区域生态效率进行研究。

以上文献表明，在生态文明建设的大环境下，生态效率已成为国内外众多专家学者研究的热点问题，但缺乏对少数民族贫困地区生态效率的研究。本文针对云南少数民族贫困地区的发展现状，首先运用 Super-SBM 模型对云南少数民族贫困地区生态效率进行测算分析，然后根据 Malmquist 指数对云南少数民族贫困地区生态效率进行动态分解，最后构建 Tobit 模型分析云南少数民族贫困地区生态效率影响因素，进一步提出提升生态效率的建议。

3、云南少数民族贫困地区生态效率测算

3.1 研究方法

3.1.1 Super-SBM 模型

DEA 模型由 Charnes 等^[13]最先提出，用于评价多要素投入和产出之间决策单元的相对效率，但传统的 DEA 模型忽视了投入产出的松弛性问题，因此所得效率值存在一定的偏差。Tone^[14]于 2001 年提出 SBM 模型，该模型是基于松弛变量测度的非径向非角度 DEA 分析方法，但该模型所测效率值有时存在多个决策单元同时为 1，以至于无法进一步对这些决策单元进行比较分析。为解决该问题，Tone^[15]在 2002 年提出 Super-SBM 模型，该模型能够在 SBM 模型出现多个有效决策单元的情况下，进一步对这些决策单元进行分析评价。

3.1.2 Malmquist 指数

Malmquist 指数最早由 Malmquist 提出，后经 Färe 等人^[16]进行完善，目前该指数被广泛应用于分析生态效率的变化情况。该指数具体计算公式如下^[17-18]：

$$M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \text{tfpch} = \text{pech} \times \text{sech} \times \text{techch} = \frac{D_V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_V^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})/D_V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_C^t(x^t, y^t)/D_V^t(x^t, y^t)} \times \left[\frac{D_C^t(x^t, y^t)}{D_C^{t+1}(x^t, y^t)} \times \frac{D_C^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中：M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)表示 Malmquist 指数，所计算的M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)值大于 1，说明生产率提高；M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)值小于 1，说明生产率出现下降；M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)值等于 1，表示生产率未发生变化。tfpch 为全要素生产率，纯技术效率 $\text{pech} = \frac{D_V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_V^t(x^t, y^t)}$ ，规模效率 $\text{sech} = \frac{D_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})/D_V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_C^t(x^t, y^t)/D_V^t(x^t, y^t)}$ ，技术进步 $\text{techch} = \left[\frac{D_C^t(x^t, y^t)}{D_C^{t+1}(x^t, y^t)} \times \frac{D_C^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$ ，综合技术效率 $\text{effch} = \text{pech} \times \text{sech} \times \text{techch}$ 。

3.2 指标选取与数据来源

通过借鉴成金华等^[19]、汪克亮等^[20]、郭思亮等^[21]相关学者专家对生态效率评价指标体系的研究，结合云南少数民族贫困地区实际情况，综合考虑数据的可获得性，构建了少数民族贫困地区生态效率评价指标体系，如表 1 所示。

表 1 少数民族贫困地区生态效率评价指标体系

指标	类别	具体指标构成	内容
投入指标	环境	废水排放	化学需氧量 (COD)
			氨氮 (NH ₃ -N) 排放量
		废气排放	二氧化硫 (SO ₂) 排放量
			氮氧化物 (NO _x) 排放量
	资源	能源消耗	单位地区生产总值能耗
产出指标	经济	经济发展总量	地区生产总值

根据地理区域、经济发展状况、少数民族种类选择代表性少数民族贫困地区。从云南 22 个国家级贫困县中选择禄劝彝族苗族自治县、双江拉祜族佤族布朗族傣族自治县、兰坪白族普米族自治县、孟连傣族拉祜族佤族自治县、寻甸回族彝族自治县、西盟佤族自治县、漾濞彝族自治县、维西傈僳族自治县作为研究样本收集数据资料。选取 2013-2015 年为期 3 年的数据进行研究,所有原始数据来源于《云南统计年鉴》、政府工作报告、环境监测机构和相关统计公报。

3.3 云南少数民族贫困地区生态效率静态分析

根据本文所构建云南少数民族贫困地区生态效率评价指标体系,测算得出 2013-2015 年云南 8 个少数民族贫困县生态效率值,具体结果见表 2。

表 2 2013-2015 年云南 8 个少数民族贫困县生态效率值

县域	2013 年	2014 年	2015 年	均值
寻甸回族彝族自治县	1.018	0.520	0.468	0.669
双江拉祜族佤族布朗族傣族自治县	0.310	0.355	1.681	0.782
兰坪白族普米族自治县	0.459	0.614	0.644	0.573
孟连傣族拉祜族佤族自治县	0.451	0.543	1.057	0.684
禄劝彝族苗族自治县	1.911	1.416	1.604	1.644
西盟佤族自治县	0.453	1.149	1.306	0.969
漾濞彝族自治县	0.327	0.304	0.355	0.329
维西傈僳族自治县	3.007	2.388	1.997	2.464
均值	0.992	0.911	1.139	1.014

表 2 显示,云南 8 个国家级少数民族贫困县中仅有 2 个处于生态效率相对有效状态,其余 6 个处于相对无效状态,说明云南少数民族贫困地区生态效率总体水平不高,且各地区生态效率水平差异较大。2013-2015 年生态效率水平出现微弱波动,但整体呈现出上升趋势。具体来看,8 个贫困县中,只有维西县、禄劝县生态效率均值大于 1,分别为 2.464 和 1.644,表明维西县和禄劝县生态效率相对处于较高水平。而其他 6 个贫困县中,西盟县、双江县、孟连县、寻甸县、兰坪县和漾濞县生态效率均值分别为 0.969、0.782、0.684、0.669、0.573 和 0.329,均低于均值 1.014,说明 6 个贫困县生态效率相对处于较低水平。生态效率水平最高和最低的两个县,均值相差数倍,导致生态效率水平呈现出较大差距的原因是地理位置不同以及经济和社会发展水平相差较大,污染物的排放和资源利用效率也存在较大的差异。

2013-2015 年,各贫困县生态效率水平出现微弱波动,但整体呈现出上升的趋势。其中 2013-2014 年生态效率均值出现小幅下降,从 0.992 下降到 0.911,但 2014-2015 年得到快速提升,从 0.911 上升到 1.139,且 2015 年生态效率水平均值明显高于

2013 年和 2014 年。可能由于 2015 年云南省环境保护厅会同省发展改革委编制了《〈国家环境保护“十二五”规划〉终期考核云南省实施方案》，该方案促进了各少数民族贫困县加大了对所辖区环境保护力度，进而使得该地区生态效率在 2015 年表现出较高的水平。

3.4 云南少数民族贫困地区生态效率动态分析

为进一步分析云南少数民族贫困地区生态效率的变化趋势，本文根据所构建的生态效率评价指标体系和 2013-2015 年 8 个少数民族贫困县生态效率面板数据，运用 Deap2.1 软件测算出 2013-2015 年 8 个贫困县的各年份平均 Malmquist 指数和每个贫困县年均 Malmquist 指数。具体结果见表 3、表 4。

表 3 云南 8 个少数民族贫困县各年份平均 Malmquist 指数及其分解

年份	综合技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
2013-2014	1.013	1.047	1.042	0.972	1.060
2014-2015	1.089	1.186	1.011	1.077	1.292
均值	1.050	1.115	1.026	1.023	1.170

表 3 显示，2013-2015 年，8 个贫困县全要素生产率在各时间段均大于 1，其中，2013-2014 年为 1.060，2014-2015 年为 1.292，且均值为 1.170 大于 1，表明 2013-2015 年，生态效率水平呈现出逐年上升的趋势。并且 2014-2015 年比 2013-2014 年提高了 23.2%，表明生态效率不仅在逐年上升，而且上升幅度也越来越大，表现出较好的发展势头。从各要素分解来看，2013-2015 年，综合技术效率、技术进步、纯技术效率在各时间段均大于 1，表明各要素均呈现出逐年上升趋势。而规模效率在 2013-2014 年小于 1，说明规模效率出现下降。就各要素均值来看，2013-2015 年，各要素均值均大于 1，并分别上升 5%、11.5%、2.6%和 2.3%，表明各要素在评价期间内均表现出进步态势，且均在一定程度上促进了生态效率的增长，其中技术进步的拉动力最大，说明云南少数民族贫困地区对科学技术的投入促进了该区域科技的快速发展，目前已成为该地区生态效率提高的重要动力。

表 4 2013-2015 年云南 8 个少数民族贫困县年均 Malmquist 指数及其分解

县域	综合技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
寻甸回族彝族自治县	0.972	0.981	1.000	0.972	0.953
双江拉祜族佤族布朗族傣族自治县	1.243	1.521	1.149	1.082	1.891
兰坪白族普米族自治县	1.179	1.184	1.171	1.006	1.396
孟连傣族拉祜族佤族自治县	1.071	1.061	1.000	1.071	1.136
禄劝彝族苗族自治县	1.000	0.964	1.000	1.000	0.964
西盟佤族自治县	1.016	1.21	1.000	1.016	1.229
漾濞彝族自治县	0.955	1.112	0.915	1.043	1.062
维西傈僳族自治县	1.000	0.979	1.000	1.00	0.979
均值	1.050	1.115	1.026	1.023	1.170

表 4 显示，2013-2015 年，云南 8 个贫困县中除寻甸县、禄劝县和维西县的全要素生产率小于 1 外，其他 5 个贫困县的全要素生产率均大于 1，其中年均增长率为 17%，而且整体生态效率呈现出上升趋势。值得注意的是本身处于生态效率较低水平的寻甸县，下降幅度最大，达到 4.7%，究其原因不难发现，除纯技术效率保持不变外，其他要素均呈下降趋势。因此，该地区需根

据实际情况，采取必要措施，努力扭转这种不利的发展趋势。处于生态效率水平相对较高的禄劝县和维西县，其全要素生产率也出现下降，下降幅度分别为 3.6%和 2.1%，其原因在于技术进步出现下降趋势。因此，禄劝县和维西县应重视科技对于生态效率的拉动作用，加大科技投入力度，鼓励绿色科技创新，不断提高科技水平，促进生态效率发展。双江县本身处于生态效率相对较低水平，但其全要素生产率增长最快，表现出较好的发展势头。

从各要素分解来看，云南省 8 个少数民族贫困县中，综合技术效率增长最快的是双江县、兰坪县和孟连县，其增长幅度分别为 24.3%、17.9%和 7.1%，均高于平均增长水平。技术进步增长最快的是双江县、西盟县和兰坪县，分别增长 52.1%、21%和 18.4%。纯技术效率除漾濞县出现下降外，其他 7 个县中有 5 个县保持不变，2 个县呈现上升趋势。规模效率有 5 个县呈现上升趋势，2 个县保持不变，1 个县呈现下降趋势。

4、云南少数民族贫困地区生态效率影响因素分析

4.1 变量解释

根据现有文献对生态效率影响因素的相关研究，结合云南少数民族贫困地区经济社会发展实际情况，并综合考虑数据的可获取性，本文从产业结构、城市规模、投资和国有企业占比四个方面进行影响因素测度分析。

（1）产业结构（dscyszbz）。产业结构能够直接影响某一地区经济的发展水平和发展速度，同时也会对环境产生重要影响，进而影响该地区生态效率。本文以第三产业占 GDP 比重表示产业结构。（2）城市规模（csgm）。城市规模对生态效率产生一定的影响。城市规模可用人口规模、经济规模以及土地规模来衡量，鉴于目前大多数学者通常用人口数反应城市规模，且少数民族贫困地区县城是人群集聚的地区，其人口数量能较好地反映出该县规模，因此本文用各少数民族自治县年末县城总人口数表示城市规模。（3）投资化（gdtz）。投资总额以及投资方向往往会对某一地区经济的发展产生重要影响。通常情况下人们认为投资能够拉动经济的快速增长，同时投资方向则会对环境产生一定影响，进而会对某一地区生态效率产生重要影响，因此，本文将各少数民族自治县固定资产投资表示投资。（4）国有企业占比（gyqzyb）。国有企业所占比重同样会对地区经济发展产生一定影响，同时国有企业的管理水平、管理方式和科技创新水平也会对地区环境产生一定影响，进而会间接影响某一地区生态效率水平，本文用国有企业总产值占工业总产值比重表示国有企业所占比重。

4.2 实证结果及分析

本文将前文所测算的生态效率值作为被解释变量，以产业结构、城市规模、投资和国有企业占比作为解释变量，为消除异方差，便于数据分析，本文对城市规模和投资两个变量取对数，运用 2013-2015 年云南 8 个少数民族贫困县面板数据进行 Tobit 回归，回归结果见表 5。

表 5 云南少数民族贫困地区生态效率影响因素 Tobit 回归结果

变量	系数	标准差	Z 值
dscyszbz	4.151**	1.80975	2.29
ln (csgm)	-0.958**	0.44004	-2.18
ln (gdtz)	0.798***	0.25984	3.07
gyqzyb	-0.910	1.74583	-0.52
_cons	-0.639	1.05805	-0.60

注：上角标**和***分别表示在 5%和 1%的水平上显著。

表 5 显示，产业结构和投资对生态效率产生显著正向影响，城市规模产生了显著负向影响，国有企业所占比重未产生显著影响。从产业结构和投资对生态效率的影响来看，二者的回归结果均显著为正，表明产业结构和投资均在一定程度上促进了生态效率的提高。具体看来，第三产业所占比重和固定资产投资每提高 1%，将使得生态效率分别提高 4.151% 和 0.798%，说明第三产业所占比重和固定资产投资是生态效率提高的主要动力。这与实际情况相符，少数民族贫困地区地理位置相对闭塞，交通不便，各方面环境不利于工业化发展，但该地区拥有独特的少数民族文化和自然风光，这些资源形成了该地区特有的经济增长方式，第三产业所占比重很大，如生态效率整体排名第一、第二和第三的维西县、禄劝县和西盟县，2015 年其第三产业比重分别达到 0.53%、0.44% 和 0.54%。此外，投资金额和投资方向同样对生态效率的提高产生了显著的正向影响，对于少数民族贫困地区而言，投资促进了该地区经济的快速增长，进而对该地区生态效率产生了显著的促进作用。

城市规模对生态效率的回归结果显著为负，说明城市规模对生态效率的提高产生了一定的负向影响，城市规模每提高 1% 将导致生态效率下降 0.958%，说明随着县城人口的不断增加，其城市规模在不断扩大，为满足该地区人口活动的基本需要，对资源的消耗随之扩大，污染物排放迅速上升，不利于该地区生态效率的提高。国有企业所占比重同样对生态效率产生了负向影响，但其回归结果未通过显著性检验，说明国有企业所占比重对生态效率的影响不显著，其原因在于各贫困县国有企业所占比重小且相差不大，因此，未对生态效率产生显著影响。

5、结论与建议

5.1 结论

Super-SBM 模型测量结果表明，云南少数民族贫困地区生态效率总体水平不高，且各地区生态效率水平差异较大，2013-2015 年生态效率水平整体呈现出上升趋势，且上升幅度越来越大，表现出较好的发展势头。

Malmquist 指数分析结果显示，2013-2015 年，综合技术效率、技术进步、纯技术效率和规模效率在评价期间内均表现出进步态势，一定程度上拉动了云南少数民族贫困地区生态效率的提高，其中，技术进步对生态效率的拉动力度最大。

Tobit 模型回归结果显示，产业结构和投资对生态效率产生显著的正向影响，促进了该地区生态效率的提高，城市规模产生了显著的负向影响，一定程度上不利于该地区生态效率的发展，国有企业所占比重未对生态效率产生显著影响。

5.2 建议

发挥产业结构提升生态效率的作用，积极推进产业结构优化升级。按照“两型三化”要求，对准生物医药和大健康、旅游文化、信息、现代物流、高原特色现代农业、新材料、先进装备制造和食品与消费品制造八个云南有优势、有基础、有市场前景，能较快速形成经济增长行动力的重点产业，发展靶心，进行资源整合，利用少数民族贫困地区自然资源禀赋，通过科学规划，加强“政银企”合作，推进该地区产业结构的优化升级，推动技术进步。同时，政府部门要加强高污染、高消耗的企业监督和管理力度，积极引导其向绿色创新型产业转型，促进区域内产业结构的合理化、高级化。

改善投资环境，提高投资质量。投资在一定程度上不仅能促进云南少数民族贫困地区经济的增长，而且能提升该地区生态效率。地方政府通过制定相关优惠政策，加大简政放权力度，提高项目审批管理服务水平。一方面利用少数民族贫困地区丰富的资源进行筑巢引凤，通过电视台、旅游局、政府网站、民族特色产品博览会、微信等途径加以宣传，牵线搭桥，强化该地区对于外部资本的吸引力，加快推进 PPP 项目签约和落地实施。另一方面以农业供给侧结构性改革为抓手，狠抓行业覆盖面宽、产业关联度高、中小微企业多、带动农民就业增收作用强的基础性产业——农产品加工业，把少数民族贫困地区农产品加工业投资改造发展成为一举多得和牵动全局的“牛鼻子”。

积极调整县城发展战略,改善少数民族贫困地区城镇发展面貌。城市规模对云南少数民族贫困地区生态效率的提高产生了一定的负向影响,为避免新型城镇化建设中因人口数量的增长给该地区生态环境造成过大的压力,各少数民族地区应根据经济社会发展实际情况,及时调整发展战略。首先,按照“资源节约和环境友好”的要求,依托县城的资源 and 环境承载能力聚集产业和人口,根据标准对垃圾、污水、噪音等污染物进行达标处理和控制在,增加绿地、林地面积,推动城市与自然、人与城市环境和谐相处,突出县城生态建设。其次,根据云南各少数民族分布呈大杂居、小聚居的特点,充分发挥民族风情多样性,挖掘文化内涵,发挥生态优势,依托当地区位条件、资源特色 and 市场需求,高标准开展宜业、宜居、宜游的城镇创建,推进民族地区特色小镇建设。

[参考文献]:

[1]Picazo-Tadeo A J, Beltran-Estevé M, Gomez-Limon J A. Assessing eco-efficiency with directional distance functions[J]. European Journal of Operational Research, 2012, 220 (3) :798-809.

[2]Hellweg S, Doka G, Finnveden G, et al. Assessing the eco-efficiency of end-of-pipe technologies with the environmental cost efficiency indicator: A case study of solid waste management[J]. Journal of Industrial Ecology, 2005, 9 (4) : 189-203.

[3]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.

[4]吴金艳.西部地区生态效率测度及其影响因素研究[J]. 学术论坛, 2014 (6) : 70-75.

[5]Camarero M, Castillo J, Picazo-Tadeo A J, et al. Eco-efficiency and convergence in OECD Countries[J]. Environmental and Resource Economics, 2013, 55 (1) : 87-106.

[6]蔡 洁,夏显力,李世平.新型城镇化视角下的区域生态效率研究——以山东省 17 地市面板数据为例[J]. 资源科学, 2015 (11) : 2271-2278.

[7]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 (4) : 194-199.

[8]陈新华,方 凯,刘 洁.科技进步对广东省生态效率的影响及作用机制[J]. 科技管理研究, 2017 (1) : 82-87.

[9]王 瑾.工业技术与资源环境协调发展的实证研究——基于超效率 DEA 生态效率和区域面板数据[J]. 科技管理研究, 2014 (22) : 208-212.

[10]李胜兰,初善冰,申 晨.地方政府竞争、环境规制与区域生态效率[J]. 世界经济, 2014 (4) : 88-110.

[11]李 健,邓传霞,张松涛.基于非参数距离函数法的区域生态效率评价及动态分析[J]. 干旱区资源与环境, 2015 (4) : 19-23.

[12]张晓娣.生态效率变动的产业及要素推动:基于投入产出和系统优化模型[J]. 自然资源学报, 2015 (5) : 748-760.

-
- [13]Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2 (6) : 429-444.
- [14]Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130 (3) : 498-509.
- [15]Tone K. A slack-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143 (1) : 32-41.
- [16]Fare R, Grosskopf S, Tyteca D. An activity analysis model of the environmental performance of firms application to fossil fuel fired electric utilities[J]. Ecological Economics, 1996, 18 (2) : 161-175.
- [17]陈 梅, 赵炜涛, 邬雪雅. 中国两型社会试验区生态效率对比研究[J]. 科技进步与对策, 2015 (22) : 39-45.
- [18]任俊霖, 李 浩, 伍新木, 等. 长江经济带省会城市用水效率分析[J]. 中国人口. 资源与环境, 2016 (5) : 101-107.
- [19]成金华, 孙 琼, 郭明晶, 等. 中国生态效率的区域差异及动态演化研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014 (1) : 47-54.
- [20]汪克亮, 孟祥瑞, 程云鹤. 环境压力视角下区域生态效率测度及收敛性——以长江经济带为例[J]. 系统工程, 2016 (4) : 109-116.
- [21]郭思亮, 宋廷山, 刁艳华. 蓝色经济区生态效率的统计测度[J]. 统计与决策, 2016 (12) : 91-94