

基于 DEA 的土地利用经济效率和生态效率评价*

——以西南地区为例

朱旭森^{1,2}

(1. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715; 2. 重庆师范大学 经济与管理学院, 重庆 401331)

摘要:以数据包络分析(DEA)中的C²R模型为基础,首先计算了2013年西南地区5个省(自治区、直辖市)土地利用经济效率和生态效率值,进而计算出综合效率值,在此基础上分别对各区域经济效率、生态效率和综合效率进行了评价。结果表明,重庆市与四川省的土地利用经济效率有效;其他3个省(自治区)的土地利用经济效率虽然均为无效,但效率值均接近1,说明都产生了较好的经济效益;除西藏自治区外,其他4个省(市)土地利用产生的生态效率均不佳,应注意加强生态环境的治理和保护。在合理选择反映土地利用带来的经济收益与附带产生环境影响指标之后,分析了投入过剩与产出不足的原因,设计出了基于经济与生态综合效率的西南地区土地利用产出优化方案。

关键词:数据包络分析;土地利用;经济效率;生态效率;西南地区

中图分类号:X24;F224

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2016)04-0194-07

数据包络分析(DEA)已广泛地应用于运筹学、管理学和经济学以及交叉科学研究^[1-2],适用于衡量拥有多个输入和输出变量的不同决策单元(DMU)的优劣,该方法优点在于可以针对多项投入和多项产出指标,并且不需要假设具体的生产函数形式^[3],在避免主观因素和简化算法、减少误差等方面有着巨大的优越性^[4],目前已经成为评价此类DMU相对有效性和规模收益等方面应用最为广泛的数理方法之一^[5]。DEA方法于1978年被Charnes和Cooper等人提出,并首次成功应用DEA模型评价了弱智儿童开设公立学校项目^[6]。近年来国内外仍有大量研究人员对数据包络分析法进行深入研究,并将该方法应用于评价土地利用效率、生态效率、学科有效性、产业结构经济效率等。国内魏权龄等人^[2]对DEA方法及其应用进行了深入研究,取得了一些重要的研究成果。特别地,魏权龄和Charnes、Cooper提出了C²W模型^[6],将C²R模型推广到了DMU是无限多个的情况,扩大了DEA方法的研究范围。另外也有学者对DEA模型进行了改进,在模型中增加随机因素,从而加强了DEA评价模型的可靠性和实用性^[7]。侯风华等人^[8]将DEA方法应用于评价石油企业的经济效益;郭立新^[9]将之应用于评价学科的有效性;马占新^[10]则分析归纳了该方法在中国经济管理中的几个重要应用领域;赵晨、王莹等人将DEA方法应用于评价水资源利用效率^[11-12];韩一杰等人^[13]则用超效率DEA模型对中国各地区钢铁行业能源效率及节能减排的潜力进行了分析;游和远等人^[14]将该方法应用于评价土地利用生态效率;郑新奇、申成磊、汪险生、崔新蕾、杨晶淇、许建伟、江立武等人分别在城镇和农村土地利用结构效率、农地流转效率、城市群土地集约利用等方面的评价中也应用了该方法,并取得较好效果^[15-21]。

从目前关于DEA方法的研究成果来看,研究者往往偏重于输出量只含有正向指标(输出越多越好的项目),即期望输出,如经济收益、产品产量等;或者研究者只关注输出量含有负向指标(输出越少越好的项目),即非期望输出,如二氧化硫排放量、废水排放量等对环境有影响的因素。对于输出量中含有双项指标(同时含正向和负向指标)的研究相对较少。而在实际问题中,一定的投入在一般情况下均会带来好与差两方面的结果。而实际中总是希望在同等投入的情况下,能够获得尽可能多的经济效益或者是其他的一些好的效果;尽可能减少投入带来的不利之处,诸如环境污染等。本研究以C²R模型为基础,研究DMU的输出量中既含有正向指标又含有负向指标。将输出量中的负向指标处理成正向指标,具体处理方法有两种:一种是在单独评价生态效率时,用一个合适的数除以每个DMU中的各个负向指标,使其转变为正向指标;而在评价生态和经济综合效率时,本研究

* 收稿日期:2015-03-25 修回日期:2016-05-10 网络出版时间:2016-07-07 16:33

资助项目:重庆师范大学青年基金项目(No. 10XWQ10);重庆市教委项目(No. 12SKE18)

作者简介:朱旭森,男,讲师,研究方向为土地利用与资源管理,E-mail: 706948570@qq.com

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20160707.1633.030.html>

用该地区的生产总值除以土地利用产生的负向指标,再利用 C^2R 模型判断出各个 DMU 的相对有效性。考虑到双向指标的评价结果更加全面并且也更具有现实应用意义和参考价值,本研究结合西南地区土地利用的相关数据,综合期望产出和非期望产出,从投入剩余与产出不足等角度对该地区进行土地利用经济效率评价和生态效率评价,从而帮助提高土地利用效率,实现土地资源的可持续利用。

1 数据与方法

1.1 土地利用经济效率和生态效率的 DEA 模型

DEA 模型,将待评估的“单元”或“部门”称为 DMU。每个 U_{DM_j} ($j=1,2,\dots,n$) 有 r 项投入 $X_j=(x_{1j},x_{2j},\dots,x_{rj})$ 和 s 项产出 $Y_j=(y_{1j},y_{2j},\dots,y_{sj})^T$,其中 x_{mj} 表示第 j 个 U_{DM_j} 的第 m 个类型的输入量, y_{lj} 表示第 j 个的 U_{DM_j} 第 l 个类型的输入量, $x_{mj}>0,y_{lj}>0,m=1,2,\dots,r,l=1,2,\dots,s$ 。构造的 C^2R 模型如下。

模型 I $\min \theta_i$:

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + s^- = \theta_i X_i, i=1,2,\dots,n, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - s^+ = Y_i, i=1,2,\dots,n, \\ \lambda_j \geq 0, j=1,2,\dots,n, \\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0. \end{cases}$$

其中 θ_i 为 U_{DM_j} 的有效值,有效值越接近 1,说明这个 DMU 的投入越有效。有效性的判定方法为:如果 $\theta_i=1$,则称 U_{DM_j} 为 DEA 有效或弱有效,当 $s^- = s^+ = 0$ 时,则称 U_{DM_j} 为 DEA 有效;若 $\theta_i < 1$,则称 U_{DM_j} 为弱 DEA 无效。输入数据的松弛变量为 s^- , s^- 表示投入过剩即未被利用的资源,若 $s^- \neq 0$ 表示在产出不变的情况下,投入还可以减少 s^- ;输出的松弛变量为 s^+ , s^+ 表示产出不足, $s^+ \neq 0$ 表示在投入不变的情况下,产出还可以增加 s^+ 。故若某一 DMU 为非有效时,可以适当调整某些投入产出指标使 DEA 有效。假定在固定产出水平情况下,投入变量调整为: $\bar{X}_i = \theta_i X_i - s^-$;若假定固定投入水平情况下,产出变量调整为: $\bar{Y}_i = Y_i + s^+$ 。为了更好地分析解释本研究中

各个省(自治区、直辖市)的各个指标的综合效率,引入规模指数,用 β 表示。则 $\beta_i = \frac{1}{\theta_i} \sum_{j=1}^n \lambda_j$ ($i=1,2,\dots,n$),若 $\beta_i < 1$ 说明该单元为规模收益递增; $\beta_i > 1$ 说明该单元为规模收益递减; $\beta_i = 1$ 说明该单元为规模收益适当。

1.2 土地利用经济效率与生态效率评价投入产出指标选取

合理选择土地利用的投入产出指标是评价土地利用经济效率与生态效率的基础和关键。本研究选择西南地区重庆市、四川省、贵州省、云南省、西藏自治区共 5 个 DMU 为研究对象,需要确定能够反映土地利用带来的经济收益和附带产生环境影响的指标。最终以能源消耗、全社会固定资产投资、就业人员、用水总量、建设面积、农作物耕作总面积作为 DEA 土地利用效率与生态效率评价的输入指标,因为这些指标能够反映土地利用的发展与规模以及投入资金。在确定土地利用的输出量时,要考虑两个方面的因素,一个是期望产出,另一个是非期望产出。关于期望产出本研究主要考虑的是地区生产总值;而非期望输出则考虑的是土地利用过程中附带产生的废水排放量、 SO_2 排放量、氮氧化物排放量、烟(粉)尘排放量和氮氨排放量,并且这些指标均能反映土地利用对环境带来的影响(表 1)。

1.3 数据来源

研究数据中的能源消耗分别来源于 2014 年的《重庆统计年鉴》、《贵州统计年鉴》、《云南统计年鉴》、《四川统计年鉴》、《西藏统计年鉴》,其他研究数据均来自 2014 年《中国统计年鉴》。

2 结果与分析

根据确定的指标和采集的数据,分别对 C^2R 模型进行三次求解,并按照如下原则进行优化设计:1) DMU 落在效率前缘面上是 DEA 有效的充分必要条件;2) 效率优化优先考虑污染物的排放控制与减少;3) 在实现 DEA 有效中,现实的客观条件不约束土地利用过程中的投入产出与实现 DEA 有效的投入产出指标。从而得到了西南地区土地利用经济效率与土地利用经济效率优化设计(表 2、表 3)、土地利用生态效率与土地利用生态效率设计(表 4~表 6)以及土地利用经济与生态综合效率与在固定地区生产总值下的生态效率优化设计(表 7~表 9)。

2.1 西南地区土地利用经济效率评价

从表 2 中可以看到,在只考虑土地利用的经济效率时,重庆市和四川省的这一指标都是有效的,并且此时土地利用规模收益都是恰当的,与西南地区的经济发展水平一致。而贵州省、云南省、西藏自治区该指标虽然无效,但是效率值均偏高,均接近于 1,说明土地利用产生的经济效益均较好。并且规模收益值均小于 1,说明这 3 个省(自治区)的规模收益均呈现递增的趋势。

再观察表 3 中的投入过剩与产出不足值可以发现,西南地区的 5 个省(自治区、直辖市)没有产出

过剩的情况发生。对于能源的投入,除了贵州省有能源投入过多之外,其他省(自治区、直辖市)均没有发生,说明其他省(自治区、直辖市)对能源的投入量把握较好,没有出现投入冗余的情况。根据表中信息可知,在产出不变的情况下贵州省的能源投入可以减少 0.039 9 万吨的投入。而对于全社会固定资产的投入,云南省和西藏自治区均出现了无效和产出不充分现象,即部分资产未被充分利用,但从表中可以看到,未被利用的固定资产相对总投入非常的少。对于就业人口这一指标,本研究发现贵州省、云南省和西藏自治区均存在在职人员过多现象,即某类岗位的人力资源量已超过了该类岗位的需求量,这不利于提高职工办事效率,可以考虑对企业在职工人数进行适当地调整。对于水资源的投入,贵州省、云南省和西藏自治区都出现了水资源未被充分利用的现象,部分水资源未尽其用;可减少水资源的投入或充分利用从而增加其带来的经济价值。而对于建设面积和耕地面积的投入,贵州省、云南省和西藏自治区出现了不同程度的投入过剩。贵州省未出现建筑面积投入过剩情况,但出现了耕地面积投入过剩的情况,未能充分利用。西藏自治区未出现耕地面积投入过剩的现象,但是发生了建筑面积投入过剩的情况。而云南省在建设面积与耕地面积的投入中均出现了产出不足情况,应合理规划土地用途,应加快产业结构调整,促进产业结构优化升级,改善资源利用效率,提高土地利用效率。

表 1 西南地区土地利用经济效率与生态效率评价指标体系

Tab.1 Evaluation index system of economic efficiency and ecological efficiency of land use in southwest China

指标分类	变量	指标名称	指标说明
投入指标	x_{1j}	折合成标准煤的能源消耗(单位:万 t)	反映土地利用规模与发展
	x_{2j}	全社会固定资产投资(单位:亿元)	
	x_{3j}	工业就业人员(单位:万人)	
	x_{4j}	工业用水总量(单位:亿 m^3)	
	x_{5j}	建设面积(单位:万 hm^2)	
	x_{6j}	农作物耕作总面积(单位:万 hm^2)	
产出指标	y_{1j}	废水排放量(单位:t)	反映土地利用对环境的影响
	y_{2j}	SO ₂ 排放量(单位:t)	
	y_{3j}	氮氧化物排放量(单位:t)	
	y_{4j}	烟(粉)尘排放量(单位:t)	
	y_{5j}	氮氨排放量(单位:t)	
	y_{6j}	地区生产总值(单位:亿元)	

注:j 表示的是第 j 个 DMU。

表 2 2013 年西南地区土地利用经济效率

Tab.2 Economic efficiency of land use in southwest China in 2013

	土地利用经济效率值	规模收益
重庆市	1.000 0	1.000 0
四川省	1.000 0	1.000 0
贵州省	0.848 3	0.414 6
云南省	0.963 4	0.463 3
西藏自治区	0.939 6	0.063 5

表 3 2013 年西南地区土地利用经济效率优化设计

Tab.3 Optimization of economic efficiency of land use in southwest China in 2013

	地均能源投入减少量	地均固定资产投资减少量	地均劳动力投入减少量	地均水资源投入减少量	地均建设面积减少量	地均耕作面积减少量	GDP 负荷增加量
重庆市	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
四川省	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
贵州省	0.039 9	0.000 0	0.145 8	0.077 1	0.000 0	0.319 9	0.000 0
云南省	0.000 0	0.053 3	0.205 0	0.240 4	0.086 6	0.358 9	0.000 0
西藏自治区	0.000 0	0.185 2	0.312 4	0.754 1	0.353 3	0.000 0	0.000 0

注:各指标的计量单位见表 1,下同。

2.2 西南地区土地利用生态效率评价

若只考虑土地利用生态效率时,由于 C²R 模型适于评价产出是正向指标的 DMU,故此处本研究将废水废气

的产量进行处理,用一个合适的数除以一个 DMU 里的每一项产出,使得产出量变成正向指标,本文用的数是 100 000(使用其他数值也可以)。从表 4 中可以看到此时只有西藏自治区是有效的,并且其他省(自治区、直辖市)的有效值都非常低,相对于西藏自治区,生态效率值的下降幅度已经超过了 90%(以西藏自治区为标准),说明西南地区除西藏自治区外土地利用产生的生态效率均不好,应注意加强生态环境的治理和保护。如只就生态环境而言,重庆市、四川省、云南省和贵州省的规模收益值均大于 1,说明规模收益呈递减的趋势。而从表 5 中的可以看到,对于生态效率而言,只有水资源的投入不存在投入过剩的现象,而能源、固定资产、就业人口、建设面积和耕地面积等都未能充分发挥效用,存在投入无效和产出不足的现象。另外,表 5 中的产出不足是指负向指标通过转化变成正向指标后能够增加的产量,所以原始的负向指标应该减少,而减少量的公式为:

$$\Delta s_{ij}^+ = y_{ij} - \frac{a}{\frac{a}{y_{ij}} + s_{ij}^+}$$

其中 $a=100\ 000$ ($i, j=1, 2, \dots, 5$)。根据该公式,可得到在投入不变的情况下,产出的废水废气的减少量(表 6)。

表 4 2013 年西南地区土地利用生态效率

Tab. 4 Ecological efficiency of land use in southwest China in 2013

	土地利用生态效率值	规模收益
重庆市	0.044	2.769
四川省	0.009	8.003
贵州省	0.070	3.036
云南省	0.043	4.941
西藏自治区	1.000	1.000

表 5 2013 年西南地区土地利用生态效率优化设计

Tab. 5 Optimization design of eco-efficiency of land use in southwest China in 2013

	地均能源投入减少量	地均固定资产投资减少量	地均劳动力投入减少量	地均水资源投入减少量	地均建设面积减少量	地均耕作面积减少量	废水-GDP 负荷增加量	SO ₂ -GDP 负荷增加量	氮氧-GDP 负荷增加量	烟粉-GDP 负荷增加量	氮氨-GDP 负荷增加量
重庆市	0.036	0.034	0.031	0.000	0.030	0.036	9.830	14.998	0.000	2.468	3.732
四川省	0.006	0.006	0.006	0.000	0.006	0.007	1.038	13.272	0.032	2.212	0.000
贵州省	0.048	0.045	0.050	0.000	0.045	0.060	0.278	49.261	1.685	8.532	0.000
云南省	0.024	0.024	0.029	0.000	0.026	0.036	1.701	32.600	1.509	11.173	0.000
西藏自治区	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 6 2013 年基于西南地区土地利用生态效率的产出优化

Tab. 6 Output optimization of eco-efficiency of land use in southwest China in 2013

	废水-GDP 负荷增加量	SO ₂ -GDP 负荷增加量	氮氧-GDP 负荷增加量	烟粉-GDP 负荷增加量	氮氨-GDP 负荷增加量
重庆市	25 650	0.446 21	0	0.009 018 5	23 515
四川省	1 036.3	0.875 76	0.001 247 2	0.019 369	0
贵州省	14.141	4.571 1	0.052 283	0.077 257	0
云南省	363.56	1.403 1	0.041 349	0.166 53	0
西藏自治区	0	0	0	0	0

2.3 西南地区土地利用经济与生态效率综合评价

当同时考虑西南地区土地利用的经济效率与生态效率时,从表 7 可以发现,西藏自治区的土地利用综合效率仍然是有效的,但除此以外的其他区域的综合效率均无效。虽然重庆市、四川省土地利用的经济效率都是有效的,但是加入生态因素后,两者的综合效率均不再有效。这说明重庆市、四川省的生态环境对土地利用的综合效率产生了极大影响,表明重庆市、四川省在土地利用的过程中,生态环境付出了较大的代价。在只考虑经济效率和

表 7 2013 年西南地区土地利用经济与生态综合效率

Tab. 7 Comprehensive efficiency value of economy and ecology land use in southwest China in 2013

	土地利用经济与生态综合效率值	规模收益
重庆市	0.692 9	2.769 0
四川省	0.297 6	8.003 3
贵州省	0.697 3	3.036 3
云南省	0.623 9	4.940 6
西藏自治区	1.000 0	1.000 0

只考虑生态效率时,西藏自治区的有关评价结果分别为无效和有效;而同时考虑土地利用的经济与生态效率时,西藏自治区的有关评价结果为有效。这说明西藏自治区的经济发展以资源的低消耗、环境的低污染为前提,并且经济的发展也并非落后,从而使得在经济和生态同时考虑的时候土地利用仍然有效。虽然重庆市、贵州省和云南省在同时考虑生态和经济时土地利用是无效的,但是有效值均分布在 0.6 到 0.7 之间,只有四川省的土地利用有效值在 0.3 左右,相对较低。观察这 4 个省(市)在固定地区生产总值下的生态规模收益值,会发现均大于 1,故这 4 个省(市)的规模收益分别呈增递减的趋势。从表 8 中可以看到,除西藏自治区外,其余 4 个省(市)的每一项投入都存在产出不足和投入无效的现象。而该表中的产出不足是指对产出的负向指标用对应省(自治区、直辖市)的生产总值除对应的非期望产出量所得产出量的不足量,所以在投入不变的情况下,负向指标可减少量的计算公式为:

$$\Delta s_{ij}^+ = y_{ij} - \frac{y_{i6}}{\frac{y_{i6}}{y_{ij}} + s_{ij}^+}$$

其中, $i, j = 1, 2, \dots, 5$ 。根据该公式,可得到在投入不变的情况下产出的废水废气的减少量(表 9)。

最后,本研究给出西南地区各省(自治区、直辖市)生态、经济、生态与经济综合效率值比较图(图 1),从中可以看到只针对经济效率评价而言,西南地区的经济发展都相对比较均衡;而只针对生态效率而言,西南地区各个省(自治区、直辖市)相差比较明显;当同时考虑生态效率与经济效率时,只有西藏自治区为有效,而这也比较符合西南地区的发展现状。

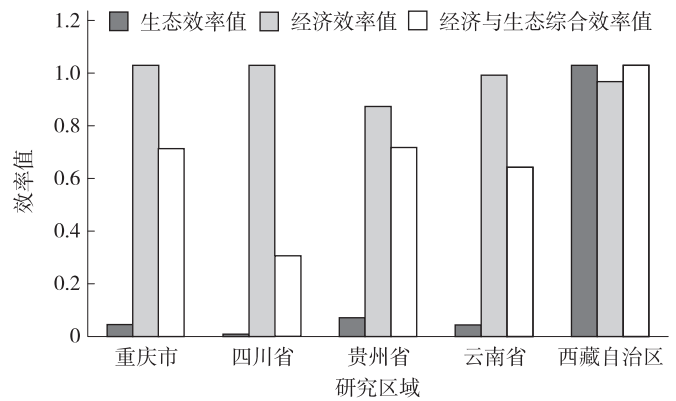


图 1 西南地区生态、经济、生态与经济综合效率值比较

Fig. 1 Comparison of efficiency value of ecology, economic and comprehensive efficiency value ecology and economy in southwest China

表 8 2013 年西南地区在固定地区生产总值下的生态效率优化设计

Tab. 8 Optimal design of eco-efficiency of the fixed area in southwest China in 2013

	地均能源投入减少量	地均固定资产投资减少量	地均劳动力投入减少量	地均水资源投入减少量	地均建设面积减少量	地均耕作面积减少量	废水-GDP 负荷增加量	SO ₂ -GDP 负荷增加量	氮氧-GDP 负荷增加量	烟粉-GDP 负荷增加量	氮氨-GDP 负荷增加量
重庆市	0.566 1	0.531 9	0.490 2	0.000 0	0.476 1	0.557 3	9.829 6	14.997 8	0.000 0	2.467 9	3.732 0
四川省	0.201 2	0.194 9	0.204 8	0.000 0	0.198 0	0.236 4	1.038 3	13.271 8	0.031 6	2.211 8	0.000 0
贵州省	0.478 6	0.445 8	0.500 6	0.000 0	0.442 6	0.599 7	0.277 7	49.260 7	1.685 1	8.532 4	0.000 0
云南省	0.354 7	0.353 0	0.419 8	0.000 0	0.370 8	0.516 7	1.700 5	32.600 1	1.509 2	11.172 9	0.000 0
西藏自治区	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0

表 9 2013 年基于西南地区土地利用经济与生态综合效率产出优化

Tab. 9 Output optimization based on the economic and ecological comprehensive efficiency value of land use in southwest China in 2013

	废水-GDP 负荷增加量	SO ₂ -GDP 负荷增加量	氮氧-GDP 负荷增加量	烟粉-GDP 负荷增加量	氮氨-GDP 负荷增加量
重庆市	32 212	3.337 5	0	0.070 93	36 351
四川省	3 090.7	3.235 8	0.005 337 1	0.073 432	0
贵州省	164.27	37.245	0.646 76	0.937 06	0
云南省	1 975.3	10.322	0.350 61	1.374 8	0
西藏自治区	0	0	0	0	0

3 结语

本研究利用 DEA 方法对西南地区土地利用经济效益与生态效率、经济与生态综合效率进行了分析,结果如下。

1) 只针对土地利用的经济效率而言,只有重庆市与四川省的土地利用经济效率是有效的,说明在西南地区

重庆市与四川省的经济发展是最好的。而对于贵州省、云南省和西藏自治区而言,它们的土地利用经济效率均不足1,但均偏高,说明这3个省(自治区)土地经济效率均较佳。同时本研究求解出来的投入过剩与产出不足现象说明在今后的经济社会发展中应更加合理规划土地用途,发挥要素效用,并加快产业结构调整,促进产业结构优化升级。

2) 只针对土地利用的生态效率而言,西南地区的土地利用生态效率有效的只有西藏自治区。说明当地在经济发展中注重资源的低消耗和环境的低污染,其他几个省(市)在发展经济的同时应重视对生态环境的保护,实现可持续发展。

3) 从综合考虑西南地区土地利用的经济和生态效率的研究结果中可以看到,只有西藏自治区的评价结果是有效的。虽然在经济效率评价中重庆市和四川省的评价结果均为有效,但若加入生态因素,则结果变为无效;说明这两个区域的生态环境都相对较为脆弱。而对于贵州省而言,在本研究中考虑的各种情况下相关评价结果均为无效,说明在西南地区贵州省的发展相对落后,应尽可能均衡各区域的统筹协调发展。

需要指出的是,本研究选择废水排放量、SO₂排放量、氮氧化物排放量、烟(粉)尘排放量、氮氨排放量作为衡量生态效率的产出指标,可能存在一定的片面性,不能全面反映土地利用的生态效率;同时,选择地区生产总值作为衡量经济效率的产出指标也具有一定的单一性;此外,西藏自治区是非常独特的地理单元,农作物耕种总面积这个指标对西藏来说意义不大,西藏自治区的工业也非常少,污染物排放极少,从某种程度上说西藏自治区与其他省(市)的可比性不强。因此,后期继续围绕上述具体问题开展深入相关研究十分有意义。

参考文献:

- [1] 魏权龄,岳明. DEA 概率与 C²R 模型-数据包络分析(一)[J]. 系统工程理论与实践,1989,9(1):58-69.
Wei Q L, Yue M. DEA probability and C²R model-data envelopment analysis (one)[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 1989, 9(1): 58-69.
- [2] 魏权龄,卢刚. DEA 方法与模型应用-数据包络分析(三)[J]. 系统工程理论与实践,1989,9(3):67-75.
Wei Q L, Lu G. DEA model and the application of model-data envelopment analysis (three)[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 1989, 9(3): 67-75.
- [3] 刘静,吴普特,王玉宝,等. 基于数据包络分析的河套灌区农业生产效率评价[J]. 农业工程学报,2014,30(9):110-118.
Liu J, Wu P T, Wang Y B, et al. Assessment of agricultural productive efficiency for Hetao irrigation district based on data envelopment analysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(9): 110-118.
- [4] 王惊涛,郝春晖. 数据包络分析(DEA)理论综述及展望[J]. 科技情报开发和经济,2009,19(19):127-129.
Wang J T, Hao C H. Theoretical summary and prospect of data envelopment analysis (DEA)[J]. SCI-TECH Information Development & Economy, 2009, 19(19): 127-129.
- [5] 杨国梁,刘文斌,郑海军. 数据包络分析方法(DEA)综述[J]. 系统工程学报,2013,28(6):840-860.
Yang G L, Liu W B, Zheng H J. Review of data envelopment analysis[J]. Journal of Systems Engineering, 2013, 28(6): 840-860.
- [6] 杨印生,李树根,赫海. 数据包络分析(DEA)的研究进展[J]. 吉林工业大学学报,1994(4):111-118.
Yang Y S, Li S G, Hao H. Research development of data envelopment analysis(DEA)[J]. Journal of Jilin University, 1994(4): 111-118.
- [7] 马立杰,崔玉泉,李振波. 一种新的双目标 DEA 模型[J]. 中国管理科学,2005,13(6):69-74.
Ma L J, Cui Y Q, Li Z B. A new DEA model based on two objective programming[J]. Chinese Journal of Management Science, 2005, 13(6): 69-74.
- [8] 侯风华,张在旭,徐青山. DEA 方法在石油企业经济效益评价中的应用[J]. 系统工程理论方法应用,2000,9(3):252-256.
Hou F H, Zhang Z X, Xu Q S. Application of DEA in economic benefit evaluation of petroleum enterprises[J]. Systems Engineering Theory Methodology Applications, 2000, 9(3): 252-256.
- [9] 郭新立. 基于 DEA 的学科有效性评价[J]. 中国管理科学,2003,11(6):77-80.
Guo X L. Efficiency measurement for the emphasis subjects based on DEA[J]. Chinese Journal of Management Science, 2003, 11(6): 77-80.
- [10] 马占新. 数据包络分析方法在中国经济管理中的应用进展[J]. 管理学报,2010,7(5):785-789.
Ma Z X. Application of data envelopment analysis to economics and management in China[J]. Chinese Journal of Management, 2010, 7(5): 785-789.
- [11] 赵晨,王远,谷学明,等. 基于数据包络分析方法的江苏省水资源利用效率[J]. 生态学报,2013,33(5):1636-1644.
Zhao C, Wang Y, Gu X M, et al. Water use efficiency of Jiangsu province based on the data envelopment analysis approach[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(5): 1636-1644.
- [12] 王莹. 基于 DEA 的江苏省工业水资源利用效率研究[J]. 水利经济,2014,32(5):19-22.

- Wang Y. Industrial water use efficiency of Jiangsu province based on DEA[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2014, 32(5): 19-22.
- [13] 韩一杰, 刘秀丽. 基于超效率 DEA 模型的中国各地区钢铁行业能源效率及节能减排潜力分析[J]. 系统科学与数学, 2011, 31(3): 287-298.
- Han Y J, Liu X L. Analysis of energy efficiency and energy-saving and emission-reduction potential of steel industry in various regions of China based on super-efficiency DEA model[J]. J Sys Sci & Math Sci, 2011, 31(3): 287-298.
- [14] 游和远, 吴次芳, 李宁, 等. 基于数据包络分析的土地利用生态效率评价[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 309-315.
- You H Y, Wu C F, Lin N, et al. Assessment of eco-efficiency of land use based on DEA[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 309-315.
- [15] 郑新奇, 王筱明. 城镇土地利用结构效率的数据包络分析[J]. 中国土地科学, 2004, 18(2): 34-39.
- Zheng X Q, Wang X M. DEA analysis for the efficiency of land use structure in cities and towns[J]. China Land Science, 2004, 18(2): 34-39.
- [16] 申成磊, 李满春, 李飞雪, 等. 基于数据包络分析的分水镇农村土地利用效率评价[J]. 中国土地科学, 2011, 25(1): 16-21.
- Shen C L, Li M X, Li F X, et al. Assessment of rural land use efficiency in Fenshui town based on DEA[J]. China Land Science, 2011, 25(1): 16-21.
- [17] 汪险生, 郭忠兴. 基于 DEA 方法的农地非农化效率研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(6): 944-955.
- Wang X S, Guo Z X. Farmland conversion efficiency based on the DEA model[J]. Journal of Natural Resources, 2014, 29(6): 944-955.
- [18] 崔新蕾, 钟海玥, 张安录. 基于数据包络分析的农地城市流转效率研究[J]. 水土保持通报, 2013, 33(1): 289-294.
- Cui X L, Zhong H Y, Zhang A L. A study of rural-urban conversion efficiency based on data envelopment analysis[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2013, 33(1): 289-294.
- [19] 杨晶洪, 吴立潮, 李春华, 等. 长株潭城市群土地集约利用相对效率评价的数据包络分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(6): 37-41.
- Yang J Q, Wu L C, Li C H, et al. Data envelopment analysis of relative efficiency land intensive use for Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2012, 32(6): 37-41.
- [20] 许建伟, 许新宇, 朱明侠, 等. 基于数据包络分析的长三角城市群土地利用效率及其变化研究[J]. 世界地理研究, 2013, 22(1): 121-129.
- Xu J W, Xu X Y, Zhu M X, et al. Urban land use efficiency and its change of the Yangtze River Delta based on data envelopment analysis[J]. World Regional Studies, 2013, 22(1): 121-129.
- [21] 江立武, 赵小敏. 数据包络分析法在开发区土地集约利用规模效应评价中的应用[J]. 中国人口·资源环境, 2010, 20(3): 115-118.
- Jiang L W, Zhao X M. Application of land intensive use scale efficiency evaluation in development zone based on data envelopment analysis method[J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(3): 115-118.

Evaluation on Economic Efficiency of Land Use and Eco-efficiency Based on Data Envelopment Analysis: Taking Southwest China for Example

ZHU Xusen

(1. College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715;

2. School of Economics and Management, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: This paper is mainly based on the C²R model of DEA (data envelopment analysis). First, evaluation are made on land use economic efficiency and eco-efficiency evaluation of five provinces, districts and autonomous region in southwest China in 2013, thus obtaining land-use efficiency and eco-efficiency of economic value. So we can get a comprehensive evaluation of the economic efficiency of land use, ecological efficiency and comprehensive value of economic and ecological efficiency in land use. The results show that the economic efficiency of land use in Chongqing and Sichuan is effective, which are not effective in other three regions in southwest China, however. But the values are close to 1, which means it brought great economic benefit. Ecological efficiency of land use of other four regions is not well, except Tibet. Attention should be paid to strengthening the management and protection of the ecological environment. After reasonably choosing the index of benefits and other environmental influence brought by land use, analysis of the reasons for excessive input and shortage output are conducted. Finally, optimization is designed on the basis of economic and ecological efficiency.

Key words: data envelopment analysis; land use; economic efficiency; eco-efficiency; southwest China

(责任编辑 方 兴)