

何 登,杨如军,詹长根. 基于 DEA 模型的耕地利用效率评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(4):327-330.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.04.080

基于 DEA 模型的耕地利用效率评价

何 登¹, 杨如军², 詹长根¹

(1. 武汉大学资源与环境科学学院,湖北武汉 430079; 2. 广西壮族自治区国土资源厅信息处,广西南宁 530000)

摘要:从“投入-产出”角度出发,构建一套合理、有效的耕地利用指标体系。在传统 C^2R -DEA 数据包络分析模型的基础上,使用改进后的“超效率”模型对耕地利用效率进行评价,从而弥补传统模型只将评价单元分为“DEA 有效”和“DEA 无效”两大类的不足。广西耕地利用效率是规模效率驱动模式,2000—2014 年耕地利用综合效率值不断提高,2013 年和 2014 年均达到最优状态。2014 年广西耕地利用效率区域差异可以分为三级:一级包括桂林市,其自然资源优越,耕地利用效率最高;二级包括南宁市、柳州市等,其经济发展状况较好,第一、第二、第三产业较为均衡;三级包括北海市、贵港市等,其或是经济发展状况较差或是处于沿海港口。人均 GDP、有效灌溉面积、农业机械总动力与耕地利用效率呈正向影响关系,农业劳动人数与耕地利用效率呈负向影响关系,4 个驱动因素对耕地利用效率的影响程度绝对值大小顺序为有效灌溉面积 = 农业机械总动力 = 农业劳动人数 > 人均 GDP。

关键词:广西壮族自治区;耕地利用效率;“超效率”数据包络分析(SE-DEA);规模效率驱动模式;影响因素

中图分类号: F303.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)04-0327-04

2004 年以来,中央连续以 1 号文件的形式对我国农业、农村、农民发展战略进行部署,“三农”问题是治国安邦的重中之重,早已成为我国进入新世纪以来的焦点。耕地作为农业生产的基本要素,是人类赖以生存的保障。近年来,随着工业化、城镇化的快速发展,我国耕地总面积不断减少,粮食安全面临严峻挑战。研究耕地利用效率,对于提高耕地利用水平、增加粮食产量具有重要的现实意义,同时对于农业规模化经营具有重要的指导意义。

近年来,数据包络分析模型(DEA)在耕地利用效率评价中得到应用。经阳等利用 1996—2008 年农业生产数据,借助 DEA 模型对江西省及其全部市辖区的耕地利用效率进行评价^[1];梁流涛等引进了效率波动率的概念,对我国 1998—2005 年耕地利用效率波动的状况及其原因进行了细致的分析^[2];廖成泉等在利用 DEA 模型对湖北省耕地利用效率进行评价的同时,引进了 Tobit 回归分析模型,对耕地利用效率进行了单因素指标分析^[3];刘玉海等引进了“全要素”的概念,解决了变量的松弛性问题^[4]。利用 DEA 模型对耕地利用效率进行研究几乎都采用了传统的 C^2R -DEA 模型,其结果是将评价单元分为“DEA 有效”(效率值为 1)和“DEA 无效”(效率值不为 1),但还不能将效率值为 1 的“DEA 有效”单元区分开来。因此,利用传统的 C^2R -DEA 模型得出的效率值对评价单元进行类别划分时只能分为 2 类,同时在进行线性回归分析时,由于被解释变量存在较多相同值“1”,使得回归分析结果不够科学、合理。另一方面,已有研究所采用的都是

2005 年前后农业生产数据,其缺乏现实性,得出的结论难以让人信服。因此,笔者查阅大量文献,收集、整理、汇总其指标体系并统计得到了指标频数,根据指标使用频率并结合当下客观实际得到本研究的耕地利用效率指标体系。同时,以广西壮族自治区 2000—2014 共 15 年的农业生产数据进行实证分析,利用传统的 C^2R 数据包络分析模型结合改进后的“SE”模型(“超效率”数据包络分析模型)得到耕地利用“超效率”值,并借助线性回归分析模型对影响耕地利用效率的驱动因素进行分析。

1 研究区域及数据

1.1 指标体系构建

土地利用是指人类以经济和社会为目的,通过各种使用活动对土地进行长期性或周期性的经营,其本质是一种“投入”的过程,利用耕地进行农业生产离不开土地、资本、劳动力 3 个要素。效率,指有用功率对驱动功率的比值,其本质是“产出”对于“投入”的反映。耕地利用效率,即指耕地产出与投入的比值。

本研究从“投入-产出”角度建立耕地利用效率评价指标体系,在查阅大量文献的基础上,收集 45 篇文献,对投入、产出指标进行整理、归纳及合并之后,统计出指标频数并绘制其频数分布直方图,如图 1、图 2 所示。

根据统计结果,耕地投入指标使用频率较高的有 4 个:农业劳动人数、农业机械总动力、化肥施用量、耕地面积;耕地产出指标使用频率较高的有 3 个:粮食单产、农村居民人均纯收入、农业生产总值。

需要重点说明的是“农村居民家庭人均纯收入”,如今农村结构发生了巨大变化,农村居民收入来源更加多样化,农民经营性收入占比显著降低,工资性收入占比显著提高。广西壮族自治区从 1995—2010 年间,农村居民经营性收入占比由 86.5% 降低至 55.3%,其他收入(工资性收入、财产性收入、

收稿日期:2016-12-14

基金项目:广西壮族自治区国土资源厅公开招标项目(编号:GXZC2015-G3-0575-GTZB)。

作者简介:何 登(1993—),男,湖北黄冈人,硕士研究生,研究方向为现代地籍理论与方法研究。E-mail:1152921062@qq.com。

通信作者:杨如军,硕士,高级工程师,主要从事 GIS、国土资源大数据分析研究。E-mail:2205583181@qq.com。

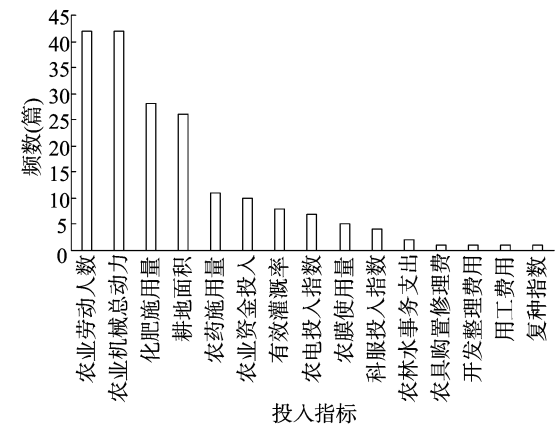


图1 投入指标频数统计直方图示

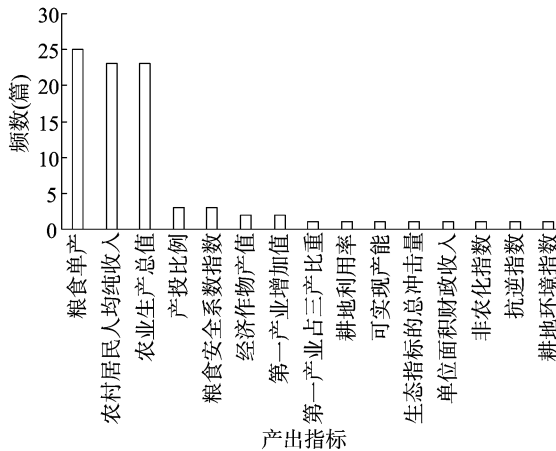


图2 产出指标频数统计直方图示

转移性收入)由 13.5% 提高至 44.7. %^[5]。“农村居民人均纯收入”不能客观反映耕地的产出效果,因此笔者剔除了该指标。同时,粮食单产和农业生产总值都是表征耕地产量,两者取其—即可,本研究采用的是“农业生产总值”指标。最终构建的耕地利用指标体系如表 1 所示。

表 1 耕地利用效率评价指标体系

目标层	准则层	指标层
耕地利用效率评价指标体系	投入(A)	农业劳动人数(A1)
		农业机械总动力(A2)
		化肥施用量(A3)
		耕地面积(A4)
	产出(B)	农业总产值(B1)

1.2 评价区域选择

广西壮族自治区地处我国南方沿海,位于 104°26′~112°04′E,20°54′~26°24′N,属亚热带季风气候区。地貌总体是山地丘陵性盆地地貌,丘陵占广西总面积的 10.3%,平地占 26.9%,喀斯特占 37.8%。2014 年土地时点变更调查结果显示,广西壮族自治区全区土地总面积 2 376.29 万 hm²,全区耕地面积 441.94 万 hm²,占土地总面积的 18.60%,其中水田 196.30 万 hm²,水浇地 0.35 万 hm²,旱地 245.30 万 hm²,2014 年内全区耕地增加了 9 117.95 hm²。

本研究的评价区域选择为广西壮族自治区全区及其 14 个市级行政区,评价 2000—2014 年共 15 年广西壮族自治区全区耕地利用效率纵向变化情况,以及评价时点为 2014 年

的 14 个市级行政区耕地横向利用效率。

1.3 数据来源

本研究所需数据全部来源于《广西统计年鉴》《广西壮族自治区国土资源综合统计公报》以及《中国农业统计年鉴》。其中,从统计年鉴上获取的数据有农业劳动人数、农业机械总动力、化肥施用量、农业总产值;从自治区统计公报上获取的数据有耕地面积。农业生产总值由农林牧渔业生产总值排除林、牧、渔业及其副产品总产值后得到;化肥施用量采用的是折吨量;农业劳动人数是以农业总产值占农林牧渔业总产值的比重作为权数,对第一产业从业人员数量进行换算而得到^[6]。

2 评价模型

2.1 C²R 数据包络分析模型^[7]

数据包络分析模型(data envelopment analysis,DEA)就是根据“投入—产出”指标借助数学线性规划模型得出决策单元(DMU)的相对效率,对决策单元进行评价。

DEA 分析有多种模型,其中 C²R 模型最为经典。设有 n 个决策单元,每个决策单元都有 m 种投入和 s 种产出,设 X_{ij}(i=1,⋯,m;j=1,⋯,n)表示第 j 个决策单元的第 i 种投入量,X_{rj}(r=1,⋯,s;j=1,⋯,n)表示第 j 个决策单元的第 r 种产出量,v_i(i=1,⋯,m)表示第 i 种投入的权值,u_r(r=1,⋯,s)表示第 r 种产出的权值。向量 X_j、Y_j(j=1,⋯,n)分别表示决策单元 j 的输入和输出向量,v 和 u 分别表示输入、输出权值向量,则 X_j=(x_{1j},x_{2j},⋯,x_{mj})^T,Y_j=(y_{1j},y_{2j},⋯, y_{sj})^T,u=(u₁,u₂,⋯, u_m)^T,v=(v₁,v₂,⋯, v_s)^T。

定义决策单元 j 的效率评价指数为:h_j=(u^TY_j)/(v^TX_j),j=1,2,⋯,n,评价决策单元 j₀ 效率的数学模型:

$$\begin{aligned} &\max \frac{u^T Y_{j_0}}{v^T X_{j_0}}; \\ \text{s. t. } &\begin{cases} \frac{u^T Y_j}{v^T X_j} \leq 1, j=1, 2, \cdots, n. \\ u > 0, v > 0 \end{cases} \end{aligned}$$

对于 C²R 模型,有如下定义:(1)若线性规划问题的最优目标值 V_{j0}=1,则称决策单元 j₀ 是弱 DEA 有效的。(2)若线性规划问题存在最优解 ω^{*}>0,μ^{*}>0,并且其最优目标值 V_{j0}=1,则称决策单元 j₀ 是 DEA 有效的。

2.2 “超效率”数据包络分析模型^[8]

C²R 模型认为评价结果为“1”的是一个有效的决策单元,即“DEA 有效”,而未达到有效的决策单元,其效率值小于 1。事实上,在运用 C²R 模型时,一般情况下值为“1”的决策单元不止 1 个。C²R 模型只能指出有效决策单元,而不能反映这些值为“1”的决策单元之间的效率差异。为了解决这一问题,基于 C²R 模型又提出了一个新的 DEA 模型——“超效率”模型,即“SE”模型。改进后的“超效率”DEA 模型将决策单元自身排除出去,用模型表示如下:

$$\begin{aligned} &\min \theta, \text{SE-DEA } C^2R \\ &\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq \theta X_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \geq Y_{j_0} \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \cdots, n \end{cases} \end{aligned}$$

具体可用图 3 表示。

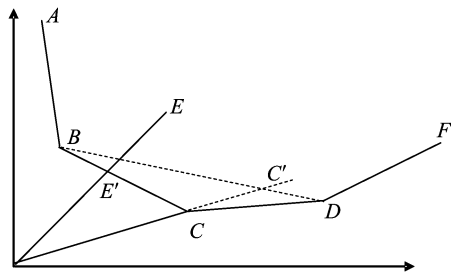


图3 “SE”生产前沿面示意

图3中 $ABCDF$ 为由传统 C^2R 模型计算得到的效率值为“1”的有效决策单元构成的生产前沿面,决策单元 E 与其交点为 E' , E 点的效率值为 $OE'/OE < 1$ 。改进后的“超效率”DEA模型将决策单元自身排除出去,因此对决策单元 C 而言,其生产前沿面为 $ABDF$,此时决策单元 C 的效率值为 $OC'/OC > 1$,而针对非有效决策单元 E 而言,其生产前沿面仍为 $ABCDF$,所以其效率值并没有发生改变,仍为 $OE'/OE < 1$ 。

由图3可知,传统 C^2R 模型计算得到的非有效决策单元的效率值与改进后的“超效率”DEA模型得到的效率值是一致的。而对于那些由 C^2R 模型得到的效率值为“1”的多个有效决策单元,“超效率”DEA模型对其进行了细分,得到其“超效率”值,且均大于1。

3 结果与分析

3.1 广西耕地利用效率分析

借助数据包络分析系统工具进行 C^2R 分析,其输出结果如表2所示。其中,综合效率=技术效率×规模效率,技术效率表示耕地利用的技术经验,规模效率表示耕地利用的投入规模。2000—2014年,广西壮族自治区耕地利用效率水平不断提高,于2013、2014年达到最优状态,效率值为“1”。

表2 广西壮族自治区2000—2014年耕地利用效率

年份	综合效率	技术效率	规模效率	年份	综合效率	技术效率	规模效率
2000	0.505	1.000	0.505	2008	0.825	1.000	0.825
2001	0.502	0.990	0.507	2009	0.787	0.969	0.812
2002	0.502	0.983	0.511	2010	0.857	0.962	0.891
2003	0.523	1.000	0.523	2011	0.948	1.000	0.948
2004	0.608	1.000	0.608	2012	0.956	0.992	0.964
2005	0.660	1.000	0.660	2013	1.000	1.000	1.000
2006	0.730	0.980	0.745	2014	1.000	1.000	1.000
2007	0.808	1.000	0.808				

将广西耕地利用效率值反映在折线图上,结果如图4所示,2000—2014年技术效率值一直处于一个较高的水平,都在最优效率值“1”左右,而规模效率值则逐年增加,从2000年的“0.505”变化至2014年的“1”。规模效率折线与综合效率折线基本重合,表明广西耕地利用效率是规模效率驱动模式。

3.2 耕地利用效率区域差异

分析广西14个市辖区2014年耕地利用效率区域差异,利用 C^2R 模型计算出的效率值如表3所示。达到“DEA有效”的评级单元有4个,分别是柳州市、桂林市、梧州市、钦州市,它们的耕地利用效率值为“1”,农业生产技术经验以及农业投入规模都达到最优状态,位居后2位的是贵港市、河池市,效率值分别为0.551、0.534。贵港、河池2市2014年人均

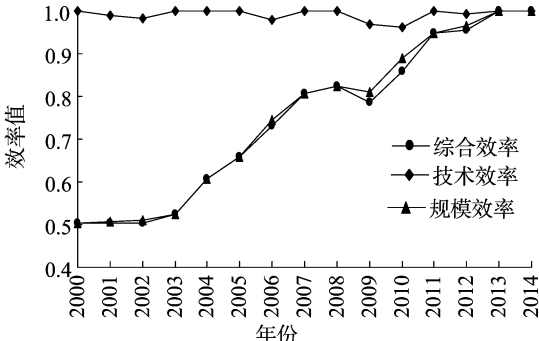


图4 广西壮族自治区2000—2014年年耕地利用效率变化趋势

表3 广西各市2014年耕地利用效率值

评价单元	效率值	技术效率值	规模效率值	规模收益
南宁市	0.992	1.000	0.992	递减
柳州市	1.000	1.000	1.000	不变
桂林市	1.000	1.000	1.000	不变
梧州市	1.000	1.000	1.000	不变
北海市	0.716	1.000	0.716	递增
防城港市	0.608	1.000	0.608	递增
钦州市	1.000	1.000	1.000	不变
贵港市	0.551	0.600	0.918	递增
玉林市	0.793	0.833	0.952	递增
百色市	0.763	0.804	0.949	递减
贺州市	1.000	1.000	1.000	不变
河池市	0.534	0.580	0.921	递增
来宾市	0.934	0.961	0.972	递增
崇左市	0.998	1.000	0.998	递增

GDP分别是20 330.86、17 906.65元,位居广西倒数2位,而经济实力较强的南宁市、柳州市、桂林市,其耕地利用效率值也较高。可见,广西耕地利用效率区域差异与经济发展状况相关,经济实力越强,则耕地利用效率值越高。

进一步分析发现,整体上广西各市技术效率值、规模效率值都比较高。贵港市、河池市的技术效率值极低,分别是0.600 0、0.580,说明这2个地区经济发展较慢,农业技术经验不足,应当引进先进农业生产技术经验来提高耕地产出。防城港、北海2个港口城市由于产业结构的原因,着力发展第二、第三产业,第一产业投入不足,其规模效率值分别为0.608、0.716,规模收益也处于递增阶段,可适当提高农业投入规模提高耕地产出。

“超效率”模型将4个效率值为1的“DEA有效”决策单元进行细分,而非“DEA有效”决策单元效率值则保持不变,广西各市2014年耕地利用“超效率”值如表4所示,其中桂林耕地利用效率最高,为1.504。

表4 广西各市2014年耕地利用“超效率”值

评价单元	超效率值	评价单元	超效率值
南宁	0.992	贵港	0.551
柳州	1.018	玉林	0.793
桂林	1.504	百色	0.763
梧州	1.115	贺州	1.137
北海	0.716	河池	0.534
防城港	0.608	来宾	0.934
钦州	1.074	崇左	0.998

根据“超效率值”对评价单元进行“K-均值聚类”,设置迭代次数为10、类别数为3,根据聚类中心值大小及各评价单

元与聚类中心的距离划分评价单元级别,各评价单元级别如表 5、图 5 所示。

表 5 广西各市 2014 年耕地利用效率级别

级别	评价单元
一级	桂林市
二级	南宁市、柳州市、梧州市、钦州市、贺州市、来宾市、崇左市
三级	北海市、防城港市、贵港市、玉林市、百色市、河池市

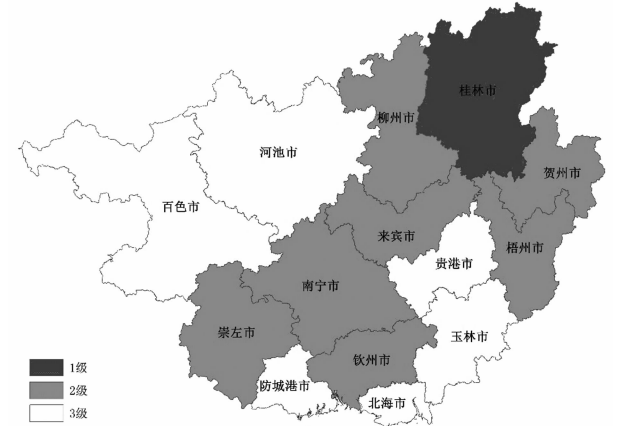


图 5 广西各市 2014 年耕地利用效率级别

一级地区有 1 个,为桂林市。桂林依托其得天独厚的自然资源,享有“桂林山水甲天下”的美誉,其在经济发展过程中注重保护农业生产、生态环境,给农业生产较大的发展空间,因此其耕地生产效率最高。

二级地区比较集中,分布于广西中部区域,包括南宁、柳州、梧州、崇左等 7 个市。这类地区经济发展发展较好,人均 GDP 水平较高,一二三产业发展较为均衡。

三级地区较为分散,分布于广西西北部以及沿海港口,这类地区情况较为复杂,耕地利用效率低的原因不一。防城港、北海是我国 2 个重要的港口城市,由于其特殊的产业结构,经济增长依赖于第二、第三产业,第一产业相对薄弱。百色市作为中国十大有色金属矿区之一,其铝土矿含量约占我国铝土矿总量的 1/4,同时也是广西产煤的主要基地,这些因素势必会造成百色市耕地利用效率偏低。河池、贵港、玉林 3 个市经济状况较差,2014 年人均 GDP 分列广西倒数第一、第二、第四位,其农业生产技术经验以及投入规模不足,造成耕地利用效率低下。

3.3 耕地利用效率驱动因素分析

选取人均 GDP、有效灌溉面积、农业机械总动力、农业劳动人数分别代表经济、自然禀赋、耕作水平、劳动力投入 4 种耕地利用效率驱动因素^[9]。以广西 2000—2014 年的“超效率”值作为因变量,将广西 2000—2014 年人均 GDP、有效灌溉面积、农业机械总动力、农业劳动人数分别作为自变量 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 ,借助 SPSS 进行多元线性回归分析,其结果如表 6 所示。

从回归分析结果来看, $R^2 = 0.968$,表明模型拟合度很高, $P = 0.000 < 0.005$,说明该模型显著,是可信的。从回归系数来看,人均 GDP (X_1)、有效灌溉面积 (X_2)、农业机械总动力 (X_3) 对耕地利用效率呈正向关系影响,农业劳动人数 (X_4) 对耕地利用效率呈负向关系影响,且就其影响程度绝对值来看,有效灌溉面积 (X_2) = 农业机械总动力 (X_3) = 农业劳动人数

表 6 2000—2014 年广西耕地利用效率驱动因素的线性回归分析结果

解释变量	系数	标准误差	t 值	P 值
常数项	0.151	1.403	0.107	0.917
人均 GDP (X_1)	9.791×10^{-6}	0.000	0.730	0.482
有效灌溉面积 (X_2)	0.001	0.001	0.764	0.463
农业机械总动力 (X_3)	0.001	0.002	0.650	0.530
农业劳动人数 (X_4)	-0.001	0.001	-2.611	0.026

注: $R^2 = 0.968$, $P = 0.000$ 。
(X_4) > 人均 GDP (X_1)。最终的回归模型数学表达式为: $Y = 0.151 + 9.791 \times 10^{-6} X_1 + 0.001 X_2 + 0.001 X_3 - 0.001 X_4$ 。

4 结论

基于“投入—产出”理论构建了一套耕地利用效率评价指标体系,共有 5 个指标,其中产出指标有 1 个,为农业总产值;投入指标有 4 个,为农业劳动人数、农业机械总动力、化肥施用量、耕地面积。

利用传统的 C^2R 模型可以得出各评价单元是否为“DEA 有效”,然而其不能将“DEA 有效”单元的效率值高低区分开来,改进后的“超效率”数据包络分析模型很好地解决了这一缺陷。得到各评价单元的“超效率值”,有利于判断评价单元自身效率变化趋势,有利于对评价单元进行级别划分,同时,由于被解释变量值的大小都不相同,在应用线性回归分析时也更加科学、合理。

农业发展至今,农业生产技术经验和投入规模都已基本达到最优状态,农用地规模化经营在这个关键时点应运而生显得尤为关键,这将是激发农业生产效率的又一次重大革命。继续稳步推进农用地有序流转,规范、健全农用地流转市场是农村改革的一个重大方向^[10]。

参考文献:

[1] 经 阳,叶长盛. 基于 DEA 的江西省耕地利用效率及影响因素分析[J]. 水土保持研究,2015,22(1):257-261.
[2] 梁涛涛,曲福田,王春华. 基于 DEA 方法的耕地利用效率分析[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(2):242-246.
[3] 廖成泉,胡银根,章晓曼. 基于四阶段 DEA-Tobit 的湖北省耕地资源利用效率及其影响因素研究[J]. 农业现代化研究,2015,5(5):876-882.
[4] 刘玉海,张 丽. 耕地生产率与全要素耕地利用效率——基于 SBM-DEA 方法的省际数据比较[J]. 农业技术经济,2012(6):47-56.
[5] 韦敬楠,张立中. 广西农民人均纯收入区域差异分析[J]. 广西社会科学,2015(2):21-25.
[6] 赵淑霞,刘学录. 基于 DEA 模型的耕地经济效益分析——以甘肃省庄浪县为例[J]. 干旱地区农业研究,2012(5):170-192.
[7] 吴德胜. 数据包络分析若干理论和方法研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2006.
[8] 陈金晓. 超效率数据包络分析模型与评价方法的改进研究[D]. 杭州:浙江大学,2011.
[9] 赵 京,杨钢桥. 耕地利用集约度变化及其驱动因素分析——以湖北省为例[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(1):30-35.
[10] 中国社会科学院农村发展研究所“农村集体产权制度改革研究”课题组. 关于农村集体产权制度改革的几个理论与政策问题[J]. 中国农村经济,2015(2):12-37.