

基于 DEA 交叉效率模型的湖南省耕地利用动态评价

胡惊, 邓楚雄*, 范双云, 吴晟荣 (湖南师范大学资源与环境学院, 湖南长沙 410081)

摘要 在传统 DEA 模型基础上提出了交叉效率模型, 利用传统的和交叉效率 DEA 模型对湖南省 14 个市州的耕地利用效率进行动态评价。结果表明, 湖南省耕地利用效率整体不高, 就各市州来说, 株洲市耕地利用效率最高, 达 0.876 4; 张家界市的最低为 0.596 7。基于交叉效率的计算, 发现了 3 个在传统模型中出现的伪有效地区: 怀化市、娄底市及湘西州。最后利用聚类分析, 以投入作为变量, 将 14 个市(州)分为 3 组, 确立了相应的基准区域。

关键词 DEA; 交叉效率; 耕地利用效率; 湖南省

中图分类号 S28 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)23-09783-03

Dynamic Evaluation of Cultivated Land Utilization Efficiency in Hunan Province Based on Cross-efficiency DEA Model

HU Liang et al (School of Resources and Environment, Hunan Normal University, Changsha, Hunan 410081)

Abstract A dynamic evaluation was conducted on the cultivated land using efficiency of 14 cities in Hunan Province based on DEA model, a cross-efficiency model based on the traditional DEA model was put forward, the introduction of cross-efficiency effectively solve the defects of traditional model. The results revealed that; the whole efficiency of cultivated land use in Hunan Province is not efficient, none of the cities have reached 1.000. The highest efficiency of cultivated land use is Zhuzhou City, reached 0.876 4, the lowest is Zhangjiajie City, reached 0.596 7. Based on the calculation of cross-efficiency, it was found that there are three "false positive" cities in traditional DEA model, they are Huaihua City, Loudi City and Xiangxi State. Finally, using cluster analysis, and regards the inputs as the variable, 14 cities were divided into three groups to establish a benchmark region.

Key words DEA; Cross-efficiency; Efficiency of cultivated land use; Hunan Province

土地资源是人类获取生物资源的最主要基地, 是人类生存的基础, 耕地作为土地资源的精华部分, 在社会经济发展中起着至关重要的作用^[1]。1997 年开始, 我国加强了耕地保护的力度, 实行了世界上最严格的耕地保护政策。耕地保护的最终目的是解决国家粮食安全问题^[2]。所以, 对于耕地的保护要在加强数量的基础上提高利用效率, 保持耕地的可持续利用。

湖南省是全国重要的商品粮基地, 随着“长株潭一体化”、“3+5 城市群”的建设与发展, 耕地也在一定程度上受到影响。笔者以湖南省 14 个市州为研究对象, 利用客观性较强的 DEA 模型对 2010 年各个区域的耕地利用效率进行评价和排名, 分辨出各市州耕地利用的优劣, 然后利用聚类分析方法, 对利用效率较低的地区寻找改进基准, 为有关部门提供科学参考。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法 数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)是著名运筹学家 A. Charnes 和 W. W. Cooper 等人提出的一种相对效率评价方法。它把单输入、单输出的工程效率概念推广到多输入、多输出同类决策单元(DMU)的有效性评价中去, 极大地丰富了微观经济中的生产函数理论及其应用技术^[3]。自从第一个 DEA 模型——CCR 模型诞生以来, DEA 方法被广泛运用于各种领域。其中, 在对土地利用效率^[4]、耕地保护效率^[5-6]、耕地保护政策^[7]、建设用地结构^[8]等方面也均被涉及, 并取得了一定的成果。虽然学者们研究

的侧重点不同, 但是大部分方法都是基于传统的模型。传统模型主要存在 2 点不足: 一是传统模型是一种简单的自我评价(self-appraisal), 无法客观真实的反映平均结果; 二是评价结果往往会出现多个有效效率, 不能很好的进行同级之间的比较, 分不出决策单元之间的效率排名, 并且传统的方法评价往往会出现伪有效(false positive)的情况, 大大降低了评价的精确度。鉴于此, 该研究运用交叉效率模型来解决这 2 个问题。

交叉效率模型的主要思想是使用自互评价体系取代单纯的自评体系, 从而得到更加客观有效的效率值, 从根本上克服传统 CCR 模型中所存在的 2 个重要缺陷^[9]。传统的 CCR 模型表示如下:

$$E_k = \max_{r=1}^s \sum_r u_r y_{rk}$$

$$st: \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, j=1, 2, \dots, n,$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$$

$$u_r, v_j \geq 0$$

式中, n 表示决策单元; m 表示投入项, s 表示产出项。 y_{rk} 表示决策单元 k 的第 r 项产出; x_{ik} 表示决策单元 k 的第 i 项投入。 u_r 和 v_i 分别表示产出和投入的权重, E_k 表示决策单元 k 的效率。

由于传统模型都是本着利己思想进行自身评价, 且会出现多个决策单元有效, Sexton 等人在 1986 年引入了交叉效率的概念。交叉效率评价是通过求解 n 个线性规划得到 n 组最优权重, 最每个决策单元的效率值评价 n 次^[3]。这样, 交叉效率既包含了自我评价, 又包含了他评价(peer-appraisal)。

$$h_{kj} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}}, k, j=1, 2, \dots, n$$

基金项目 教育部人文社会科学研究青年基金项目(12YJC630032)。
作者简介 胡惊(1988-), 男, 湖南常德人, 硕士研究生, 研究方向: 国土资源利用与管理, E-mail: hujing5631@163.com。* 通讯作者, 博士, 副教授, 从事资源评价与区域规划研究, E-mail: dcxppd@163.com。
收稿日期 2013-06-29

式中, h_{kj} 表示决策单元 j 基于决策单元 k 的交叉效率值。当 $k=j$ 时即 h_{kk} 表示决策单元 k 的自评值, 但是该方法同时也存在一个问题, 即在进行交叉效率评价时, 满足最优权重 u_{rk} 和 v_{ik} 仍存在多解情况。针对这一问题, Doyle 和 Green 于 1994 年提出了压他型 (aggressive) 评价和利众型 (benevolent) 评价。压他型是指满足最大决策单元 k 自评价值的同时, 使得其他决策单元的效率值最小, 模型表示如下:

$$\begin{aligned} \min & \sum_{r=1}^s \sum_{j=1, j \neq k}^m u_{rk} y_{rj} \\ \text{st: } & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1, j \neq k}^m v_{ik} x_{ij} \\ & \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} - h_{kk} \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 0 \\ & h_{kj} \leq 1, \forall j \neq k, u_{rk}, v_{ik} \geq 0 \end{aligned}$$

对于伪有效的评价, 引入伪有效指数 (false positive index) [10] 用来衡量决策单元自评值和他评价之间的偏差程度, 定义如下:

$$FPI_j = \frac{h_{jj} - e_j}{e_j}$$

式中, $e_j = \frac{\sum_{k \neq j} h_{kj}}{n-1}$, e_j 表示决策单元 k 的平均他平均值。若 FPI_j

越大, 则说明决策单元为伪有效的可能性越大, 反之亦然。

最后, 根据所求矩阵, 可以得出决策单元 j 的最终评价

$E_j = \frac{\sum_{i=1}^n h_{ij}}{n}$ 为所求, E_j 被称为平均交叉效率值, 依据大小进行排序。

1.2 指标选取及数据来源 笔者运用交叉效率的 DEA 模型研究耕地利用动态, 首先选取适宜的投入和产出指标。

在耕地的投入方面, 选取耕地面积、劳动力投入、化肥投入、农业机械总动力作为投入指标; 产出涉及到生态、经济和社会方面的因素, 由于生态效率可以综合到社会经济中进行间接反映, 就是说, 生态环境优美, 人们的社会经济生活更加舒适, 社会经济发展指标相应就高 [11]。所以, 选取农业总产值和粮食总产量作为产出指标。

该研究数据来源于湖南省 2011 年统计年鉴, 由于 2009 年开展了全国第二次耕地面积详查, 数据尚在汇总审核, 所以耕地面积由农作物总播种面积来代替。

2 结果与分析

首先运用 DEAP 软件对湖南省 14 个市 (州) 进行效率评价 (综合效率、纯技术效率以及规模效率), 然后利用 matlab 求取平均交叉效率值, 对各市耕地利用效率进行排名, 找出伪有效区域。最后, 利用聚类分析方法, 以投入为变量, 将各市划分为不同的区域组, 找出各区域的基准, 所用软件为 SPSS17.0。

2.1 效率分析 对湖南省耕地利用效率分析结果见表 1。由表 1 可知, 湖南省 DEA 有效即综合效率为 1 的市 (州) 有: 长沙市、株洲市、衡阳市、邵阳市、岳阳市、常德市、怀化市、娄底市和湘西州; 无效的有湘潭市、张家界市、益阳市、郴州市和永州市。其中, “3+5” 城市群, 湘潭市和益阳市是处于 DEA 无效的, 湘潭市纯技术效率为 1, 说明在技术更新速度

的快慢和技术推广的有效程度上还是有效的, 可以适当扩大本市的耕地规模, 使之达到有效。DEA 无效, 说明投入与产出不匹配, 需要增加或减少规模, 比如张家界市和郴州市处于收益递增, 可以适当的增加投入, 达到规模收益最大; 而益阳市和永州市是处于规模效益递减, 则可以适当的减少投入规模。

表 1 湖南省各市 (州) 2010 年耕地利用效率分析结果

市 (州)	综合效率 (TE)	纯技术效率 (PTE)	规模效率 (SE)	规模收益 (RTS)
长沙市	1.000	1.000	1.000	不变
株洲市	1.000	1.000	1.000	不变
湘潭市	0.982	1.000	0.982	收益递增
衡阳市	1.000	1.000	1.000	不变
邵阳市	1.000	1.000	1.000	不变
岳阳市	1.000	1.000	1.000	不变
常德市	1.000	1.000	1.000	不变
张家界市	0.780	1.000	0.780	收益递增
益阳市	0.852	0.853	0.999	收益递减
郴州市	0.845	0.882	0.958	收益递增
永州市	0.967	0.994	0.973	收益递减
怀化市	1.000	1.000	1.000	不变
娄底市	1.000	1.000	1.000	不变
湘西州	1.000	1.000	1.000	不变

2.2 各市 (州) 耕地利用效率排名情况

表 1 是基于传统 DEA 模型对湖南省 14 个市 (州) 的效率评价, 可以看到效率值为有效的达到 9 个城市, 但是这 9 个区域是否都达到了效率有效, 是否存在伪有效区域, 9 个区域之间的利用效率排名是怎样的, 这些问题利用传统的模型是不能解决的, 需要利用交叉模型, 交叉模型一方面可以自评价, 也可以他评价, 且精度很高, 评价结果见表 2。

由表 2 可知, 湖南省 14 个市 (州) 的平均交叉效率值耕地整体利用效率不高, 最高的是株洲市 0.876 4, 最低的地区是张家界市 0.596 7, 说明湖南省耕地利用还有很大的提升空间。全省耕地利用效率在 0.8 以上的有长沙市、株洲市、衡阳市、岳阳市、常德市和永州市。值得注意的是, 长沙市 GDP 总值在全省中占据首位, 是 6 个城市中排名最低的, 说明在发展经济的同时也要重视耕地效率的提升, 节约集约用地, 是提高效率的有效途径之一。

表 2 基于交叉效率的湖南省各市 (州) 耕地利用动态评价及排名

市 (州)	自评价值	平均交叉效率值 (CEM ^{mean})	伪有效指数 (FPI) // %	名次
长沙市	1.000	0.810 7	23.35	6
株洲市	1.000	0.876 4	14.10	1
湘潭市	0.982	0.711 3	38.06	9
衡阳市	1.000	0.850 3	17.61	2
邵阳市	1.000	0.752 3	32.93	7
岳阳市	1.000	0.828 0	20.77	3
常德市	1.000	0.818 0	22.25	5
张家界市	0.780	0.596 7	30.72	14
益阳市	0.852	0.712 4	19.60	8
郴州市	0.845	0.692 2	22.07	10
永州市	0.967	0.818 6	18.13	4
怀化市	1.000	0.645 2	54.99	12
娄底市	1.000	0.680 8	46.89	11
湘西州	1.000	0.635 3	57.41	13

长株潭 3 城市中, 湘潭市在全省排名第 9, “3+5” 城市群

的益阳市和娄底市分别排名第 8 和第 11。尤其是娄底市,在传统的 DEA 自评价中效率值为 1,达到 DEA 有效,但是他评价中交叉效率值为 0.680 8,伪有效指数为 46.89%,说明娄底市是伪有效城市,耕地利用效率并不与传统模型相匹配。类似的城市还有怀化市、湘西州和邵阳市。邵阳市伪有效指数为 32.93%,虽然指数相对来说要小,但是也是弱伪有效城市。这 4 个城市出现伪有效的原因是因为评价指标的选取是朝着他们有利的选取,所以自评价效率值很高。永州市虽然在自评价效率中处于 DEA 无效,但是平均交叉效率值达到了 0.818 6,在全省排名第 4,可见在传统评价中处于无效率的单元,在交叉效率中不一定处于劣势状态,有可能比其他有效单元效率值还要高,这也从侧面反映出了传统评价的缺陷。

2.3 区域分类和参考基准的确立 由表 2 可知,耕地利用效率值位列后面的都是经济相对落后的地区,各区域间由于经济规模、地理环境以及人为因素存在着差异,这些差异将导致各个地区对于耕地投入的不同。基于各地区无法在短时期内大幅增加在投入上这一假设,认为在同等投入规模的条件下对各市(州)耕地利用效率进行评价有着重要的现实意义,有利于耕地利用效率低下的地区寻找较为实际的改进基准和赶超对象。鉴于此,尝试通过聚类的分析方法,以各市(州)的投入指标为变量,对湖南省 14 个市(州)进行聚类分析,将投入规模相似的省份进行合并。

借助 SPSS 分析软件,选择层次聚类方法(hierarchical clustering methods)。采用欧式距离对 14 个市(州)之间的相似性进行计算,聚类方法采用最短距离聚类法,聚类结果见表 3。

表 3 耕地利用投入规模地区分类结果

类别	区域组	市(州)
第一类	1	衡阳市,长沙市,邵阳市,岳阳市,益阳市,郴州市,永州市
第二类	2	株洲市,湘潭市,娄底市,怀化市,湘西州,张家界市
第三类	3	常德市

由表 3 可知,区域组 1 中耕地利用效率最大的是衡阳市,区域组 2 最高的是株洲市,区域组 3 只有常德市,是因为在投入方面,农作物总播种面积、劳动力和化肥使用都是处于较高水平,没有相类似的市洲,但是尽管常德市在投入方面领先于其他市(州),耕地利用效率在全省也只处于中等水平,可见高投入并不和高产出划等号。区域组 1 以衡阳市作为投入基准,衡阳市与该组效率最低的郴州市交叉效率值相差 0.158 1,区域组 2 以株洲市作为投入基准,与张家界的交叉效率相差 0.279 7,张家界市在投入方面是各个市洲中是

最少的,应该要加强投入规模,行政区域面积小也是投入不多的一方面;两组差距都不是很大,应该能够达到理想的效果。

3 结论

(1)耕地利用效率具有时空性,该研究对 2010 年湖南省各市(州)耕地利用效率进行分析,评价结果表明,湖南省整体耕地利用效率水平不高,各市(州)之间也存在着较大的差距,效率在 0.800 以下的有 8 个地区,张家界市甚至在 0.600 以下,可见耕地利用不科学,粗放经营是当前最普遍的一个现象。效率的评价主要从技术效率和规模效率两个方面。技术效率主要体现在技术更新、技术推广以及技术的利用成熟度上面;规模效率主要体现在对投入的适当增减,以达到最佳经济和生态效益状态。把握好这 2 点,对耕地利用效率有一定的提升作用。聚类分析就是以投入作为标准,将类似的地区划分为一类,选取利用效率高的城市做为基准,以期达到规模效率最优。

(2)评价方法有一定的创新,以往利用 DEA 模型对耕地利用效率的评价只限于 CCR 和 BCC 等一些传统模型,该研究采用交叉效率模型能很好的对所有的 DMU 决策单元进行排序,较于传统方法具有客观性,能够有效地判断出好的和差的 DMU 单元,并辨认伪有效性区域。该研究也存在一些不足,比如在指标的选取方面,产出指标只考虑了耕地的经济效益,忽视了耕地的生态效益以及社会效益,尤其是生态效益,对结果的评价有一定的影响。对各市(州)进行聚类分析,也可以更深入地细分。

参考文献

- [1] 谢炳庚,李晓青,王瑞龙. 湖南省耕地数量变化过程及变化趋势分析[J]. 经济地理,2003,23(6):813-816.
- [2] 丁洪建,吴次芳,梁留科. 耕地保护理念的创新研究[J]. 中国土地科学,2002,16(4):14-19.
- [3] 荆浩,赵希勇. DEA 中交叉效率评价的新思考[J]. 运筹与管理,2008,17(3):46-51.
- [4] 王家庭,李凯文. 中国城市土地集约利用效率评价——来自 34 个典型城市数据的实证分析[J]. 学习与实践,2009(4):28-34.
- [5] 梁流涛,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.
- [6] 冯晓红,周宝同,陈昉. 基于 DEA 方法的耕地利用效率分析——以重庆市丰都县为例[J]. 中国农学通报,2011,27(26):249-253.
- [7] 谭木魁,张红霞. 基于数量视角的耕地保护政策绩效评价[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(4):153-158.
- [8] 王利敏,欧名豪,郭杰. 基于 DEA 无效改进的南通市建设用地结构预测[J]. 资源科学,2011,33(3):521-527.
- [9] 郭磊,郭志迎,周志翔. 基于 DEA 交叉效率模型的区域技术创新效率评价研究[J]. 科学学与科学技术管理,2011,32(11):138-143.
- [10] LU W M, LO S F. A closer look at the economic-environmental disparities for regional development in China[J]. European Journal of Operational Research,2007,183:882-894.

(上接第 9719 页)

- [19] 吕少宁,李栋梁,文军,等. 全球变暖背景下青藏高原气温周期变化与突变分析[J]. 高原气象,2010,29(6):1378-1385.
- [20] 施雅风,沈永平. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初探[J]. 科技导报,2003(2):54-57.
- [21] 左洪超,吕世华,胡隐樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析

[J]. 高原气象,2004,23(2):238-244.

- [22] 张国宏,李智才,宋燕,等. 中国降水量变化的空间分布特征与东亚夏季风[J]. 干旱区地理,2011,34(1):35-42.
- [23] 翟盘茂,邹旭恺. 1951-2003 年中国气温和降水变化及其对干旱的影响[J]. 气候变化研究进展,2005,1(1):16-18.