

# 基于四阶段 DEA 的安徽省耕地利用效率分析

陈晨<sup>1</sup>, 伍国勇<sup>1,2</sup>

(1. 贵州大学 管理学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州大学 中国喀斯特地区乡村振兴研究院, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** [目的] 运用更为准确有效的手段评价安徽省耕地利用效率, 为安徽省耕地的集约高效利用提供参考依据。[方法] 利用四阶段 DEA 方法测算 2016 年安徽省 16 市的耕地效率值。[结果] ① 安徽省 16 个市综合效率均值为 0.743, 表明安徽省耕地利用效率整体水平不高, 纯技术效率和规模效率均有待提升。合肥市、亳州市、宿州市、六安市 4 市耕地的投入与产出比已达最优, 蚌埠市等 6 市仅技术有效, 其他 6 市不存在技术或规模有效; 除阜阳市和最优 4 市外, 其余 11 市耕地规模化经营尚具有一定潜力。② 提高耕地复种指数和提高农民人均可支配收入均能够缓解各类投入资源的过剩程度, 改善农田水利条件有利于提高耕地面积的利用率, 增加劳均播种面积也会缓解劳动力的过度供给。[结论] 适当提高复种指数, 改善农田水利条件、促进农民非农就业, 以区域发展带动农业发展是实现安徽省耕地高效集约利用的可行途径。

**关键词:** 四阶段 DEA; 耕地资源; 利用效率; 安徽省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)04-0288-07

中图分类号: F301

**文献参数:** 陈晨, 伍国勇. 基于四阶段 DEA 的安徽省耕地利用效率分析[J]. 水土保持通报, 2018, 38(4): 288-294. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.04.046. Chen Chen, Wu Guoyong. An analysis on efficiency of arable land utilization in Anhui Province based on Four-stage DEA Model[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(4): 288-294.

## An Analysis on Efficiency of Arable Land Utilization in Anhui Province Based on Four-stage DEA Model

CHEN Chen<sup>1</sup>, WU Guoyong<sup>1,2</sup>

(1. College of Management, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China;

2. Institute of China Karst Rural Revitalization Studies, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

**Abstract:** [Objective] Using reasonable and valid evaluation method to study the arable land utilization efficiency in Anhui Province in order to provide directions for its improvement. [Methods] Four-stage DEA method was used to evaluate the arable land efficiency of 16 regions in Anhui Province in 2016. [Results] ① For the whole province, the overall arable land utilization efficiency was 0.743, which indicated the arable land utilization efficiency in Anhui Province was not high, both technical efficiency and scale efficiency should be improved. For Hefei, Bozhou, Suzhou, Lu'an City, they were more efficient from the technology and scale perspectives. For Bengbu City and other three regions, they were only efficient in technology. For the remaining 6 regions, they were not efficient from both technology and scale perspectives. Except Fuyang and the best 4 regions, the remaining 11 regions had the potential to increase the scale further. ② Increasing cultivated land crop multiple index and economic earnings of farmers can decrease the oversupply of kinds of resources. Improving their irrigation and water conservation was beneficial to raise the efficiency of arable land utilization. Moreover, improving the unit labor consumption rate of cultivated land will relieve the oversupply of labor resources. [Conclusion] Raising cultivated land crop multiple index properly, improving

收稿日期: 2018-02-09

修回日期: 2018-05-21

**资助项目:** 2014 年贵州大学重点学科项目“农业生态安全问题的经济学研究”(GDZT201401); 2015 年贵州省教育厅基地项目“贵州农业保险财政补贴模式效率比较研究”(2015JD014); 2016 年贵州省科技厅软科学项目“农村产权改革与精准扶贫的对接研究”(GNYL[2017]002)

**第一作者:** 陈晨(1994—), 女(汉族), 湖北省南漳县人, 硕士研究生, 研究方向为农业经济理论与政策、农村产权改革。E-mail: aa092304@163.com。

**通讯作者:** 伍国勇(1979—), 男(彝族), 贵州省织金县人, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事农村与区域发展及生态经济等方面的研究。E-mail: 49431134@qq.com。

the condition of irrigation and water conservancy, promoting the non-agricultural employment of farmers, and driving agricultural development by regional development are feasible methods to help achieve more efficient arable land utilization in Anhui Province.

**Keywords:** four-stage DEA; arable land; utilization efficiency; Anhui Province

耕地资源是农业生产的最基本要素之一。“18亿亩耕地红线”在研究和修编《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020)》首次被提出,这也是我国积极应对未来人口增长、耕地减少、粮食短缺的理性发展思路<sup>[1]</sup>。目前中国农村耕地面临着工业污染、肥力消失、政策不利等现实困境,这不仅威胁着我国粮食库存的安全,也存在着粮食质量安全方面的隐患。十九大报告指出“……确保国家粮食安全,把中国人的饭碗牢牢端在自己手中……”,从某种意义上而言,在耕地面积不断减少的大背景下,如何实现耕地的集约有效利用是建设社会主义新农村和实现乡村振兴必须要面对的问题,耕地资源的利用方式将直接影响到农民收入结构与农村治理结构的渐变。从粮食长期短缺到丰年有余,国家体现了在农业制度构建上的坚定决心与稳重态度。因此,准确有效地评价当前耕地利用效率,对于实现有限资源高效利用,保障国家粮食安全、维护社会稳定运行是十分必要的。当前,DEA模型被广泛运用在各类效率评价中,相关的文献和研究众多。在耕地利用效率评价领域,从方法而言,绝大部分文献采用DEA-Tobit两段法,第一阶段采用DEA模型计算出效率,第二阶段采用Tobit回归进行影响因素分析,两段法的优点是简单易操作,运用范围广泛,以至于学界近年来对其的运用颇有泛滥的趋势。但其准确度有待提升,经典DEA模型并没有剔除环境因素对决策单元的影响,环境因素掺杂其中,使得经典DEA模型对效率的评价并不精确。因此,两段法在技术层面仍有进一步提升的空间。从研究内容来看,主要分为纵向、横向以及纵横结合3类。纵向研究是对针对同一主体不同时间段的耕地资源利用效率做出评价,如经阳等运用了DEA-Tobit两步法及类聚分析法,对1996—2008年江西省的耕地利用效率进行分析,发现效率平均值为0.967,总体水平较高;各条件因素对耕地利用效率的影响存在区别,总体来说,影响指数单位面积:机械总动力>耕地复种指数>有效灌溉面积>人均GDP<sup>[2]</sup>。横向研究则相反,是对同一时间段不同主体的耕地资源利用效率做出评价,如廖成泉等<sup>[3]</sup>对2012年湖北省17个市(州、林区)的耕地资源利用效率进行评价,发现湖北省整体上耕地资源利用效率不高,且主要是由纯

技术效率偏低导致的,区域经济发展水平与利用效率正相关,而耕地机械化投入与利用效率负相关。纵横结合则是纵向与横向评价同时进行,如罗冲等<sup>[4]</sup>对东北地区36个市(州)2005—2014年耕地利用效率进行评价,发现纯技术效率是综合效率上升的主要原因,综合效率排名:黑龙江>吉林>辽宁,其耕地资源的利用效率受到多种因素的共同影响。综上所述,虽然经典DEA模型(CCR模型或BCC模型)已被熟练地运用在耕地资源效率评价当中,可是相对简单的DEA-Tobit两步法在技术上仍存在一定缺陷<sup>[5]</sup>。四阶段DEA法虽然不能剔除所有外生环境变量的影响,却能控制大部分的环境变量对决策单元的影响,使得效率的评价更为客观,具有一定的技术意义。本研究选取安徽省为研究对象,主要有三方面的考虑,①从全国范围看,安徽省作为全国5大粮食调出省份之一,在保障粮食安全和社会稳定等战略问题上发挥着重要作用。与此同时,新时期下我国粮食产销时空格局也正在逐渐发生变化,要警惕调出大省逐渐转变为平衡省甚至是调入省,这是国家全局性战略的现实需要。②从安徽省的土地承载力看,耕地单位面积产量偏低,目前耕地面积尚能满足人口粮食需求,短至5a,安徽省就有可能面临粮食缺口的压力。由此来看,实现已有耕地高效集约利用,不仅是安徽省现实的迫切需求,更是其维持经济稳定发展的必行之路。③关于安徽省耕地资源利用效率的研究时间都较早,缺乏最新的跟进研究,因此具有较高的研究价值。为此,本研究以提高安徽省耕地的利用效率为出发点,利用四阶段DEA模型,更为准确地对2016年安徽省16个市的耕地资源利用效率进行评价,得出适合该省评价建议,希望通此方式能够为安徽省农业问题的解决提供有益参考。

## 1 研究区概况

安徽省地处中国内陆,被江苏、浙江、河南、湖北、江西5省环绕,是典型的中东部过渡地区。在中国“一带一路”“长江经济带”与“中部崛起”的重大战略背景下,政策资源涌入,安徽省面临新的发展机遇。2016年末,安徽省生产总值达24 117.89亿元,比同期增长8.7%,耕地面积共计 $1.40 \times 10^5$  hm<sup>2</sup>,占全国的1.46%。境内地形丰富,山区面积占全省总面积的58.47%,而丘陵平原少。气候温暖,四季分明,适

合农作物生长。作为全国 13 个粮食主产省和 6 大粮食调出省份之一,安徽省不仅在国家粮食安全中占据重要位置,更是全国的蔬菜基地、蛋禽基地,各类农产品产量均居全国前列。然而,在安徽省粮食“十三连丰”的背后,却背负着耕地承载压力猛增,各类资源要素价格上涨,农业竞争力减弱等的沉重压力。在宋振江等<sup>[6]</sup>学者对长江中下游粮食主产区耕地生态安全的评价中,安徽省综合评价与 3 大子系统协调度皆为末位,这表明安徽省的耕地生态面临着巨大的挑战。事实上,自改革开放以来到 2010 年,安徽省耕地面积减少了大约  $3.53 \times 10^5 \text{ m}^2$ ,人均耕地面积由  $0.09 \text{ hm}^2$  减少到  $0.06 \text{ hm}^2$ <sup>[7]</sup>,安徽省始终面临着不断扩大的人口与不断减少的耕地、较低的粮食单产和负担国家商品粮基地较高的粮食自给率之间的矛盾。通过对 2016 年安徽省各市耕地人口承载水平的测算发

现(表 1),2016 年安徽省平均粮食单产为  $5\ 143.2 \text{ kg/hm}^2$ ,2015 年为  $5\ 334 \text{ kg/hm}^2$ ,比 2015 年下降近 4%。若采用温饱型粮食人均消费水平  $400 \text{ kg/a}$ ,安徽省总计可承载人口 7 551.51 万,可载率为 0.93,尚可满足当年户籍人口 7 026.98 万人的粮食需求。若按小康型人均消费  $450 \text{ kg/a}$  来计算,则只可承担 6 712.45 万人口,进一步说,安徽省现已产生粮食缺口。从省内各市的情况来看,宿州市的单产量最低,平均  $4\ 830.86 \text{ kg/hm}^2$ 。马鞍山市最高,平均为  $6\ 660.69 \text{ kg/hm}^2$ 。阜阳市和铜陵市的耕地人口承载水平较高,已经处在超载状态,黄山市因为园地较多,暂时还未出现超载情况。在这种客观形势下,提高安徽省粮食单产可谓是迫在眉睫。因此,对安徽省市层面的耕地资源利用效率进行研究,有助于指导区域农业发展布局,具有一定现实意义。

表 1 安徽省 2016 年各市耕地人口承载水平

城市名	年末耕地面积/ $10^4 \text{ hm}^2$	单产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	耕地可载人口/万人	实际人口/万人	耕地人口承载水平/% (实际/可载)	园地/ $10^3 \text{ hm}^2$	耕地加园地的承载水平/% (实际/可载)
合肥	55.88	6 185.37	864.14	729.83	0.84	5.55	0.84
淮北	16.77	5 217.25	218.68	216.54	0.99	2.77	0.97
亳州	59.89	5 323.29	797.08	646.85	0.81	4.19	0.81
宿州	57.30	4 830.86	691.97	654.05	0.95	73.66	0.84
蚌埠	37.75	5 804.35	547.73	379.52	0.69	1.21	0.69
阜阳	64.85	5 549.88	899.70	1 061.55	1.18	0.77	1.18
淮南	34.06	6 474.86	551.37	389.11	0.71	2.22	0.70
滁州	71.59	5 778.64	1 034.20	454.09	0.44	5.83	0.44
六安	52.04	6 092.55	792.57	587.39	0.74	48.45	0.68
马鞍山	17.50	6 660.69	291.34	229.35	0.79	1.12	0.78
芜湖	26.82	6 564.52	440.13	387.58	0.88	3.61	0.87
宣城	24.85	5 614.29	348.75	280.40	0.80	68.83	0.63
铜陵	9.41	5 016.97	117.96	170.85	1.45	0.74	1.44
池州	13.84	5 659.73	195.86	162.36	0.83	18.44	0.73
安庆	37.91	5 657.38	536.14	529.10	0.99	31.85	0.91
黄山	6.87	5 430.69	93.26	148.41	1.59	80.6	0.73
合计	587.3	5 143.20	7 551.51	7 026.98	0.93	349.84	0.88

注:数据来源于《安徽省统计年鉴(2017年)》。

## 2 研究方法及变量选择

### 2.1 DEA 四步法

DEA 四步法由 Fried<sup>[8]</sup>等最早提出的,是 DEA 两步法的改进版本,既保留了 DEA 方法的主要优点,即可以有多个输入与输出目标,又进一步剔除了部分外生环境变量的影响,使得瞄准度更高,评价更为精确。在四阶段的模型中第 3 阶段的调整可以通过不

同的方法来实现,本文将全部决策单元纳入最差环境中来剔除环境变量对决策单元的影响。

(1) DEA-BCC 模型测算。结合本文实际,将 DEA-BCC 模型设置为投入导向型且规模报酬可变。其原理如下,假设有  $j(j=1,2,\dots,n)$  个 DMU,每个 DMU 有  $m$  项投入  $x_j=(x_{1j},x_{2j},\dots,x_{mj})$  和  $s$  项产出  $y_j=(y_{1j},y_{2j},\dots,y_{sj})$ ,其中  $x_j>0,y_j>0,j=1,2,\dots,n$ ,模型表示为:

$$(D_\epsilon) = \begin{cases} \min[\theta - \epsilon(\hat{e}^T s^- + e^T s^+)] \\ s. t. \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j - s^+ = y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ (s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0) \end{cases}$$

(2) 构建 Tobit 模型。采用 Tobit 截断模型来对外生环境变量对各类投入变量的松弛变量的影响进行分析,构建  $I$  个 Tobit 回归模型。模型如下,其中  $S_{ik}$  表示第一阶段计算得到的第  $i$  个投入要素的总松弛量,  $Z_{ik}$  为外生环境变量向量。

$$S_{ik} = \alpha_i + \beta_i Z_{ik} + \mu_i \quad (i=1, 2, \dots, I; k=1, 2, \dots, n)$$

(3) 根据 Tobit 结果调整投入指标。目标是利用阶段二的拟合值来剔除部分外生环境变量的影响。调整公式为:

$$\hat{x}_{ik} = x_{ik} = (\max^k \{ \hat{S}_{ik} \} - \hat{S}_{ik}),$$

$$(i=1, 2, \dots, I; k=1, 2, \dots, n)$$

(4) 将调整后的投入指标重新带入经典 DEA-BCC 模型进行测算。重新测算的效率值可更为精准地反映安徽省各市耕地资源利用效率的情况。

## 2.2 变量选取

(1) 投入变量的选择。要准确地对耕地利用效率做出评价,首先要明确耕地的投入要素种类,学界普遍认为土地、劳动和资本是土地必不可少的 3 大类投入要素<sup>[9]</sup>。以前人的研究为基础,本文选取年末耕地面积来反映耕地资源数量,代表土地的投入(表 2),安徽省的人口增长与耕地面积减少矛盾突出,耕地资源数量呈逐年下降的态势,因此对于耕地红线的保护十分重要;选取农业劳动人数来反映劳动力的投入,必须指出的是,体现劳动力投入的另一个重要指标是单位时间内的劳动时间,但这里并没有真实可取的数

据参考,故暂不予考虑;选取化肥施用量和农业机械总动力 2 个变量来代表资本技术的投入。化肥施用量是指该年内用于农业生产的化肥数量,本文选用总量数据。农业机械总动力则是用于农、林、牧、渔业各种机械动力的总和,它不仅反映了我国农业技术水平,更是衡量一个国家农业现代化的重要标志之一。

(2) 产出变量的选择。纵观已有文献,大多研究选取农业生产总值、农业增加值、粮食总产量、经济作物产值、农民人均纯收入这些变量中的一个或者一个以上作为产出变量<sup>[10-11]</sup>。选取前四者的相对较多,选取农民人均纯收入的相对较少。事实上,在“三化”的大背景下,安徽省作为人口外流最严重的省份之一,农民从事农业生产获得的收入比重减小,使用其当产出变量已不够客观,故本文不选用。其次,前 4 者在内涵上并无太大差异,都着重考虑耕地的经济效率,反映农业生产经营的成果,因此本文选取农业总产值作为耕地资源的产出变量。这里的农业是指狭义的农业,不包括林、牧、渔。

(3) 外生环境变量的选择。外生环境变量是一类不受主观控制,但是会对研究问题产生影响的因素。耕地利用作为一项传统的农业活动,它的效率受到社会、经济、环境等各方面的影响。已有的文献中将外界因素分为 3 大类,第 1 类是土地的自然条件,如耕地质量等级、耕地复种指数等;第 2 类与农业生产设施与耕地资源禀赋相关<sup>[12-13]</sup>,如有效灌溉率、人均耕地面积等;第 3 类与区域经济发展水平相关,如人均 GDP,区域经济水平、农业补贴等<sup>[14]</sup>。基于安徽省的实际情况和因素可量性原则,本文选取耕地复种指数来反映耕地利用程度,代表土地的自然条件;有效灌溉率来反映农田水利条件,代表农业生产设施水平;劳均播种面积来反映耕地资源禀赋<sup>[15]</sup>;农民人均可支配收入反映农民经济条件,代表区域经济发展水平。

表 2 耕地利用效率评价体系

变量类型	变量名	变量含义
投入变量	年末耕地面积/ $10^3 \text{ hm}^2$	反映耕地资源数量
	农业劳动人数/人	反映劳动的投入
	化肥施用量/t	反映资本的投入
	农业机械总动力/ $10^4 \text{ kW}$	反映资本的投入
产出变量	农业总产值/亿元	反映耕地资源产出
外生环境变量	耕地复种指数	农作物总播种面积和耕地面积之比,反映耕地利用程度
	有效灌溉率	有效灌溉面积与耕地面积之比,反映农田水利条件
	劳均播种面积( $\text{hm}^2/\text{人}$ )	播种面积与农业劳动力之比,反映耕地资源禀赋
	农民人均可支配收入/(元· $\text{a}^{-1}$ )	反映农民经济条件

注:使用的原始数据取自 2017 年《安徽省统计年鉴》以及各地级市的相关统计年鉴,其中各市(州)的人均耕地面积、耕地复种指数、有效灌溉率皆由公式计算得出。

### 3 实证分析

#### 3.1 一阶段初始效率值

运用 Deap 2.1 软件计算安徽省各市初始耕地资源利用效率值和投入松弛量。在忽略外生变量所带来的影响下,得到 2016 年安徽省 16 个市的综合效率均值为 0.841,其纯技术效率和规模效率出现双高,分别为 0.910 与 0.925。但受外生变量的影响,所测效率值并不准确,甚至出现“失真”情况。因此,下文运用四阶段 DEA 法剔除部分外生环境变量的影响,来进行较为准确的效率测算。

#### 3.2 二阶段 Tobit 回归分析

以一阶段中各投入要素的松弛量和各类外生环境变量构建回归函数,运用 Stata 12 进行 Tobit 回归分析,结果详见表 3。

表 3 显示,4 个回归模型均能通过卡方检验和  $p$  值检验,拟合度效果良好,表明外生环境对各类投入变量的松弛量影响显著,剔除外生环境因素的影响更够更加准确的评价安徽省耕地利用效率。松弛量即各类投入变量的冗余值,由表 3 可以看出,各类外生变量对松弛量的影响都十分显著,大部分通过了 10% 的显著性检验。通过分析外生变量对投入变量冗余量的影响,能为提升效率指明方向。具体分析,首先来看,耕地复种指数对年末耕地面积松弛量与农业劳动人数松弛量影响都非常显著,均通过了 1% 的显著性检验,并且均为负相关。表明提高耕地复种指数,即在单位面积耕地上增加播种次数会改善年末耕地面积和农业劳动人数的相对过剩。换言之,增加复种指数,减少农作物之间的播种间隔,扩大单位耕地上的农作物播种量会使得安徽省土地供给和劳动供给

的浪费量减少。复种次数越多,播种间隔越短,理论上需要的耕地面积和劳动人数应该越多。但对于安徽省而言,当前程度的土地复种承载能力还不足以满足当前土地和劳力的需要,从另一层面表明安徽省的劳动人数还应进一步减少,应促进农民非农就业。因此,安徽省各地区应该在可允许的范围内增加耕地复种指数,以此解决安徽省土地与劳动力投入的相对过剩。其次,有效灌溉率与年末耕地面积松弛量负相关,且通过 5% 的显著性检验。表明有效灌溉率越高,年末耕地面积的冗余量就会减少。换言之,提高有效灌溉率可以改善年末耕地面积的冗余程度。因此,加大农业技术的投入和改善农田设施会使得耕地投入的冗余量减小,耕地资源利用率上升。劳均播种面积与农业劳动人数松弛量呈负相关,并通过 5% 的显著性检验。劳均播种面积反映的是耕地资源禀赋,人均拥有的播种面积越多,能承载的劳动力越多,劳动人数的冗余量就越少。最后,就农民人均可支配收入而言,它对 4 大类松弛量的影响均非常显著,说明农民人均可支配收入是影响安徽省耕地投入要素冗余的最主要原因之一。它与 4 项松弛量均呈负相关,表明人均可支配收入的增加,会改善年末耕地面积、农业劳动人数、化肥施用量以及农业机械总动力的相对过剩。即农民人均收入的提高,会使得 4 项投入变量的过度投入减少。对此的解释可能是,当前在当前三化的大环境下,安徽省作为外出务工人员的输出大省,农业家庭非农收入增加,人均可支配收入增长,人员外流会减少参与生产的耕地的数量,从而减少了土地、劳动力与相关农业生产资料的过剩供给。从另一方面看,当今农业的利益偏低也会降低农业从业者的从业意愿。

表 3 二阶段 DEA-BCC 的 Tobit 回归结果

解释变量	被解释变量			
	年末耕地面积 松弛量	农业劳动人数 松弛量	化肥施用量 松弛量	农业机械总动力 松弛量
常数项	1 437.73*** (0.00)	3 558 809*** (0.00)	658 566.3 (0.15)	686.12 (0.66)
耕地复种指数	-521.65*** (0.00)	-1 192 377*** (0.00)	-318 359** (0.01)	-996.54** (0.03)
有效灌溉率	-389.28** (0.03)	-275 137.9 (0.67)	-39 240.23 (0.9)	1790.10 (0.17)
劳均播种面积	217.84 (0.19)	-1 450 027** (0.03)	204 371.5 (0.53)	1 226.42 (0.33)
农民人均可支配收入	-0.029 96*** (0.00)	-83.84*** (0.00)	-15.90* (0.07)	-.0729 3** (0.03)
LRchi2(4)	33.49	25.43	11.35	12.11
Prob>chi2	0.00	0.00	0.02	0.01
对数似然值	-39.43	-104.93	-102.45	-57.89

注:\*\*\*, \*\*, \* 分别表示在 1%, 5%, 10% 水平上显著, 括号内为  $p$  值。

### 3.3 三阶段调整投入变量

利用二阶段 Tobit 函数,反向求出各个投入变量松弛量的拟合值,将所有的决策单元统一置于最差的外部环境中,以剔除外生环境变量对耕地资源利用效率的影响。

### 3.4 四阶段 DEA 效率值

将 3 阶段调整后的投入变量重新利用 Deap 2.1 软件进行测算,得到新的效率值,调整后的效率值详见表 4。

在 DEA-BCC 模型中,有 3 项效率值,包括综合效率,纯技术效率和规模效率,且综合效率=纯技术效率 $\times$ 规模效率,它们的最大值为 1,当 PTE 和 SE 均为 1 时,表明决策单元为 DEA 有效,该决策单元处于效率的前沿;当 PTE 和 SE 只有其中一者值为 1 时,表明决策单元仅技术有效或仅规模有效,此时决策单元为弱 DEA 有效;当 PTE 和 SE 都不为 1 是,表明该决策单元在技术上或规模上都未达到相对最优,有继续提升的空间,此时决策单元为非 DEA 有效。由表 4 可知,安徽省 16 个市技术效率均值为 0.743,纯技术效率均值为 0.857,规模效率均值 0.860。与一阶段效率值相比,纯技术效率和规模效率均小幅下降,纯技术效率由 0.910 降至 0.857,规模效率由 0.925 降至 0.860,综合效率随之降低,由 0.841 降至 0.743。省内各市出现分化,表现出巨大差异。总体来看,安徽省综合效率 $<$ 纯技术效率 $<$ 规模效率,相比于相邻的湖北与浙江,综合效率处于中间水平,表明安徽省耕地资源利用效率整体水平不高,纯技术效率和规模效率均有待提升。

就 DEA 的有效性而言,16 个市中合肥市、亳州市、宿州市、六安市这 4 市 DEA 有效,表明这 4 市在技术和规模上均有效,耕地资源的投入与产出比例达到相对最优水平。蚌埠市、阜阳市、淮南市、滁州市、宣城市、池州市这 6 市为弱 DEA 有效,仅在技术上有效,表明这 6 市在技术上已到达最优,但是规模方面仍有相对冗余或不足。其余 6 个市为非 DEA 有效,不存在规模和规模有效,表明这些地区在耕地资源的投入和产出上均有技术和规模上的过剩或不足,没有达到相对最优水平。在经营规模方面,合肥市、亳州市、宿州市、六安市 4 规模报酬不变,表示其经营规模处在适度水平;仅阜阳市表现为规模报酬递减阶段,但其规模效率值为 0.990,说明其规模化程度稍大,只需保持现状即可;其余 11 个地区均处在规模报酬递增阶段,说明还需继续促进发展规模经营,提升耕地资源利用效率。

表 4 DEA 四阶段效率值

排序	DUM	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
1	合肥	1.000	1.000	1.000	不变
2	淮北	0.477	0.728	0.655	递增
3	亳州	1.000	1.000	1.000	不变
4	宿州	1.000	1.000	1.000	不变
5	蚌埠	0.895	1.000	0.895	递增
6	阜阳	0.990	1.000	0.990	递减
7	淮南	0.711	1.000	0.711	递增
8	滁州	0.977	1.000	0.977	递增
9	六安	1.000	1.000	1.000	不变
10	马鞍山	0.531	0.661	0.803	递增
11	芜湖	0.701	0.825	0.850	递增
12	宣城	0.782	1.000	0.782	递增
13	铜陵	0.197	0.229	0.862	递增
14	池州	0.513	1.000	0.513	递增
15	安庆	0.792	0.868	0.912	递增
16	黄山	0.318	0.394	0.807	递增
均值		0.743	0.857	0.860	—

### 3.5 安徽省耕地利用效率的内部差异分析

将 2016 年安徽省 16 市按照耕地资源综合效率由高到低大体分为 I, II, III 类。I 类为综合效率介于 0.81~1.00 的决策单元,包括合肥市、亳州市、宿州市、蚌埠市、阜阳市、滁州市、六安市 7 市;II 类为综合效率介于 0.51~0.80 的决策单元,包括淮南市、马鞍山市、芜湖市、宣城市、池州市、安庆市 6 市;III 类为综合效率介于 0.01~0.50 的决策单元,仅包括淮北市、铜陵市、黄山市 3 市。I 类 7 市耕地利用效率表现良好,除阜阳市以外,其他市的综合效率较低的主要是由于规模效率偏低所致,需要进一步扩大耕地经营规模,实现一定程度的规模化经营。II 类 6 市中,淮南市、宣城市、池州市 3 市纯技术效率值为 1,说明这 3 市在技术效率上已达到最优,需要进一步提高规模效率。池州市的规模效率仅为 0.513,处于垫底位置,亟需扩大规模经营,提高规模效率。马鞍山市技术效率排名倒数第 3,仅为 0.661,亟需提高技术效率,这可能与马鞍山市更关注工业建设、农技投资不足有关。III 类中,位于安徽省最北端的淮北市、行政区域面积最小的铜陵市和位于安徽省最南端的黄山市综合效率均低于 0.5,其中铜陵市、黄山市呈现出“一高一低”的状态,纯技术效率极低,规模效率高。淮北市则属于“双低”,纯技术效率和规模效率排名均靠后。分析原因,铜陵市的总面积较小,仅有 3 081 km<sup>2</sup>,耕地面积少,可能其内耕地破碎分散,农业技术的推广和使

用受到限制,因此纯技术效率低;黄山自然保护区是世界著名风景区、跨皖南4个县,保护区内有严格限制,农业技术推广也受到限制;淮北市虽行政面积大,但耕地面积在16市中排名倒数第四,仅高于铜陵市、黄山市和池州市,其技术效率和规模效率还有进一步提升的空间。因此淮北市应当推广农业技术、发展规模经营,促进土地合理有序流转。

## 4 结论

(1) 安徽省16个市综合效率均值为0.743,表明安徽省耕地利用效率整体水平不高,纯技术效率和规模效率均有待提升。合肥市、亳州市、宿州市、六安市4市在技术和规模上均有效,表明耕地资源的投入与产出比已达最优,蚌埠市等6市仅技术有效,其他6市不存在技术或规模有效。在经营规模方面,合肥市、亳州市、宿州市、六安市、阜阳市5市经营规模处在适度水平,其余11个地区耕地经营规模还有发展潜力,处于规模报酬递增阶段。

(2) 安徽省内16市耕地效率差异巨大,将安徽省各市耕地利用效率划分为3类。Ⅰ类地区耕地利用效率最高,效率值均高于0.81,不足的原因主要是由于规模效率偏低,大部分市集中在皖北地区;Ⅱ类地区耕地效率值在0.51~0.80之间,大部分市集中在皖南地区;Ⅲ类地区包括淮北市、铜陵市、黄山市3市,效率值均不超过0.5,主要由纯技术效率偏低导致。

(3) 提高耕地复种指数和提高农民人均可支配收入能够缓解各类投入资源的过剩程度,改善农田水利条件有利于提高耕地面积的利用率,增加劳均播种面积也会缓解劳动力的过度供给。

(4) 安徽省需要充分重视制度手段,充分做好顶层设计,通过一系列政策设计和落实来确保自身的粮食安全。2016年安徽省整体的耕地人口承载水平较高,3市处于超载状态,9市处于超载边缘,提高耕地资源的利用效率迫在眉睫。安徽省在保障粮食安全战略中发挥着重要作用,要警惕调出大省转变为平衡省甚至是调入省。

(5) 从整体来看,安徽省需要实施严格的耕地保护制度,减缓耕地向非农化发展的速度。同时,可以进一步开展农田整理,增减挂钩、土地复垦等工作,确保耕地和粮食总量不下降。其次,安徽省迫切需要提高粮食单产,主要可以通过合理提高耕地复种指数,改善农田水利条件,进一步提高农民人均可支配收入,促进农业人口非农就业来实现。

(6) 具体来说,淮北市、淮南市、宣城市、池州市规模效率较低,应重视扩大耕地经营规模,实现耕地合理有序流转;铜陵市、黄山市纯技术效率较低,这可能与地形与生态保护有关,要在控制好耕地开发强度的同时保护生态环境,同时加大技术投入,科学发展农业生产,以免引起各类生态问题。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李爱华.“18亿亩耕地红线”的生态困境[J].中国国情国力,2013(3):41-42.
- [2] 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,2015,29(1):257-261.
- [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):876-882.
- [4] 罗冲,姜博,张文琦,等.东北地区耕地利用效率时空差异及其影响因素分析[J].中国农业资源与区划,2017,38(10):38-44.
- [5] Worthington A C. Cost efficiency in Australian local government[J]. Financial Accountability and Management, 2000,16(3):201-224.
- [6] 宋振江,杨俊,李争.长江中下游粮食主产区耕地生态安全评价:基于省级面板数据[J].江苏农业科学,2017,45(20):290-294.
- [7] 陈薇,张跃.安徽省耕地压力分析及趋势预测[J].干旱区地理,2010,33(5):831-836.
- [8] Fried H O, Schmidt S S, Yaisawarng S. Incorporating the operating environment into a nonparametric measure of technical efficiency[J]. Journal of Productivity Analysis, 1999,12(3):249-267.
- [9] 张宁,陆文聪.中国农村劳动力素质对农业效率影响的实证分析[J].农业技术经济,2006(2):74-80.
- [10] 孙耀鹏,涂维亮.基于DEA模型的荆州市耕地资源利用效率分析[J].中国农业资源与区划,2017,38(8):93-97,104.
- [11] 戴劲,彭文英,连莉,等.基于DEA的东北黑土区耕地利用效率研究:以嫩江县为例[J].干旱区资源与环境,2017,31(6):38-43.
- [12] 冯晓红,周宝同,陈昉暄.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.
- [13] 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(2):242-246.
- [14] 李在军,管卫华,臧磊.山东省耕地生产效率及影响因素分析[J].世界地理研究,2013,22(2):167-175.
- [15] 李茗薇,付强,张军生,等.基于DEA的吉林省耕地利用效率及其影响因素研究[J].安徽农业科学,2013,41(8):3682-3684.