

引用格式:单玉红,朱枫,刘梦娇.湖北省县际种植业生产要素调控对策研究——基于三阶段DEA模型[J].资源科学,2017,39(2):367-377. [Shan Y H, Zhu F, Liu M J. Structural regulation countermeasures of planting industry production factors for counties in Hubei according to three-stage DEA modeling[J]. *Resources Science*, 2017, 39(2): 367-377]. DOI: 10.18402/resci.2017.02.18

湖北省县际种植业生产要素调控对策研究 ——基于三阶段DEA模型

单玉红,朱 枫,刘梦娇

(华中农业大学公共管理学院,武汉 430070)

摘 要:为探索湖北省县域差别化的种植业生产要素结构调整措施,本文采用三阶段DEA模型评价湖北省耕地生产效率并测度其生产要素结构的合理性。研究结果显示:①剔除外部环境和统计噪声的影响后,各研究单元的DEA相对效率值均有所提升,各生产要素投入的冗余度降低;②鄂西山区和鄂东南丘陵地区有较高的农业劳动力要素投入冗余;③鄂东北丘陵地区和江汉平原部分区域的农业机械投入冗余度都比较高,但二者有着投入过度 and 利用强度不高的区别;④化肥投入冗余度未呈现出规律性空间分布,江汉平原和鄂西北部分地区化肥投入冗余率过高,需缩减化肥投入用量。从方法上讲,三阶段DEA模型可在一定程度消除外部环境和随机误差对耕地生产效率表现的影响,有助于还原真实耕地生产效率和制定区域差别化的生产要素调控对策。

关键词:种植业;生产要素调控;区域差别化;三阶段DEA;湖北省

DOI: 10.18402/resci.2017.02.18

1 引言

在自然资源有限的约束条件下,优化生产要素结构以提升生产效率是人类经济发展和生产活动的理论研究和实践探索的永恒目标之一。主体功能区规划框架下,在省域范围内进行耕地生产效率评价并实施区域差别化的种植业生产要素结构调控,既是保障国家粮食安全的需要,也是对土地差别化利用管理政策的响应。文章以湖北省为研究区,进行县际单元的耕地生产效率评价并提出区域差别化的种植业生产要素结构调控对策。

DEA(Data Envelope Analysis)最早由美国运筹学家Charnes、Cooper和Rhodes^[1]提出,并由包括魏权龄^[2]在内的学者进一步发展完善。它利用样本间的线性联合来构造生产前沿面,测度各DMU(Decision Making Units)的相对有效性,并通过测算各无效DMU偏离前沿面的程度,探寻各无效DMU的优

化空间。DEA不需要预先知道多投入产出指标之间的具体函数形式和特定的行为假设,可避免主观因素导致的误差^[3],因而被广泛用于包括耕地生产效率在内的效率评价研究,其中,CCR、BBC等传统DEA模型的应用更为广泛^[3-8]。研究认为中国内陆省际层面上的耕地生产效率存在区域差异,处于生产前沿面上的比例较小,且呈现空间集聚态势^[3-8],需要实施区域差别化的生产要素调控对策^[7,8],其核心准则是要准确还原耕地的真实生产效率。但CCR、BBC等模型是将各DMU置于假定的无差外部环境下进行相对效率评价,这一假设下,由于外部环境较差的DMU到生产前沿面的真实距离被拉伸,各DMU的效率表现会被扭曲,从而造成生产要素结构调整决策的偏差;而三阶段DEA模型能较好地修正外生环境变量对效率评估的偏差,获取能更为真实反映生产要素结构不合理性的效率值^[9],其有效

收稿日期:2016-04-15;修订日期:2016-11-25

基金项目:教育部人文社科研究青年基金项目(16YJC630016)。

作者简介:单玉红,女,山东日照人,博士,硕士生导师,主要研究方向为土地资源配置效率及土地生态利用。

E-mail: shanyuhong@mail.hzau.edu.cn

性在能源利用、农业生产等研究领域也已得到验证^[10-14]。

因此,论文选择三阶段DEA模型评价湖北省耕地生产效率并测度其生产要素结构的合理性。根据区域差异,将研究区划分为鄂北山区、江汉平原、鄂东南丘陵以及鄂西山区,分区域对比投入要素的不足/冗余情况,提出区域差别化的种植业生产要素结构效率调控对策。

2 研究方法、研究区概况及数据来源

2.1 研究方法

三阶段DEA模型包括初始DEA模型效率评价、基于SFA的松弛变量回归解释和投入变量修正后的效率再评价三个阶段,其中核心为第二个阶段。

(1)初始DEA模型效率评价:

$$\begin{cases} \min \theta = V_D \\ s.t. \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + S^- = \theta x_{j0} \\ \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - S^+ = y_{j0} \\ \lambda_j \geq 0, j=1,2,\dots,n \quad (S^+ \geq 0; S^- \geq 0) \end{cases} \quad (1)$$

式中 x 和 y 分别为投入产出指标; λ_j 为单位组合系数; (x_{j0}, y_{j0}) 为 DMU_j 对应的线性规划 (V_D) 最优解在DEA有效面上的投影; S 为松弛变量,即理想值与实际值的差值,可表示投入过剩(S^-)或产出不足(S^+); θ 为 DMU_j 离有效前沿面的径向优化量,当 $\theta=1$ 时 DMU_j 为DEA有效, $\theta<1$ 时为DEA无效,存在优化空间。

(2)松弛变量 S 的回归解释。使用SFA模型对初始DEA效率评价中得到的松弛变量 S 进行回归解释,将其分解为外部环境因素、随机误差和管理无效率三个部分,其回归模型为:

$$S_{nj} = f^n(Z_j, \beta^n) + v_{nj} + u_{nj} \quad (n=1,2,\dots,N; j=1,2,\dots,J) \quad (2)$$

式中 S_{nj} 为 DMU_j 的第 n 个投入变量的松弛变量; $f^n(Z_j, \beta^n)$ 为环境因素对 S_{nj} 的影响程度,其中 Z_j 为环境变量向量; β^n 为待估系数; $v_{nj} + u_{nj}$ 为联合误差项; v_{nj} 为服从正态分布的随机误差, $u_{nj} \geq 0$ 为管理无效率,分解该联合误差项,得到管理无效率的期

望值 $\hat{E}[u_{nj}/(v_{nj} + u_{nj})]$,计算随机误差的期望值:

$$\hat{E}[v_{nj}/(v_{nj} + u_{nj})] = S_{nj} - z_j \beta^n - \hat{E}[v_{nj}/(v_{nj} + u_{nj})] \quad (3)$$

然后,将所有DMU置于相同的运营环境和随机误差环境来测算投入量的调整值,有两种选择:一是将运营环境调至最好且所有随机误差都降到最低;二则是将运营环境和随机误差均调到最差的情况。在使用第一种方法时需要在原投入量上减去环境和随机误差的影响,因此可能会产生负投入,所以本文选用第二种方法:

$$X_{nj}^* = X_{nj} + [\max\{z_j \beta^n\} - z_j \beta^n] + [\max\{v_{nj}\} - v_{nj}] \quad (4)$$

式中 X_{nj} 和 X_{nj}^* 分别为初始投入量和调整后的投入量,第一个中括号分别表示对环境因素的调整,即各决策单元的均以最差环境条件为基准调整投入量,使所有DMU都被调整至相同的环境水平;第二个中括号中所调整的是随机误差,即所有DMU面临相同的运气。

(3)效率的再评价和优化空间探寻。利用调整后的投入变量数值和初始的产出数据,重新进行DEA相对效率评价,得到新的DEA效率值,并基于“固定产出,最小化投入”的优化原则探寻最终表现为DEA无效的DMU的优化空间,提出生产要素结构的调控建议。

2.2 研究区耕地资源和农业生产情况概述

湖北省境内西、北、东三面被山地丘陵环绕,中南部为江汉平原,境内河流主属长江水系,水力资源丰富,是中国重要的粮食产区。耕作制度为二熟制,主要农作物为水稻、小麦、马铃薯等粮食作物和棉花、花生、油菜籽等经济作物,2013年全年粮食总产量2584.16万t。湖北省境内耕地资源和坡度差异较大,鄂东北、鄂东南、江汉平原和鄂西的耕地分别占18%、14%、38%和30%;6°以下耕地、6°~15°和15°~25°的耕地分别占71%、14%和15%,且15°以上的耕地主要分布在鄂西山区。

2.3 投入产出指标选取和数据来源

根据全面性、科学性和数据可获得性原则并参考相关文献,建立耕地投入产出指标体系,如表1所示。

研究过程中对市辖区作合并处理,确定78个研究单元(DMU)。数据来源于2014年的《湖北农村统

2017年2月

表1 耕地利用效率测度指标体系

Table 1 Indicator system for cultivated land use efficiency		
指标名称	测算方法	含义
农业劳动力/人	从事农业生产的劳动人员	劳动力投入
农用机械总动力/kW	农业生产经营活动的各种动力机械的动力总和	资本投入
农用化肥施用量/t	本年内实际用于农业生产的化肥施用折纯量	资本投入
农作物播种面积/hm ²	当年实际播种或移植有农作物的面积	耕地投入
种植业总产值/万元	统一折算至基期的种植业的总产值	产出水平

计年鉴》^[19]、《中国区域经济统计年鉴》^[20]、《中国农业发展银行统计年鉴》^[21]，及湖北省耕地统一年产值标准和综合区片地价等统计数据和政务公开数据^[22]。

3 结果及分析

3.1 第一阶段 DEA 模型效率分析

第一阶段的初始BBC模型给出的各DMU的相对效率值如图1所示。使用自然断点法将78个DMU分别划分前沿面(DMU=1)、高效率区(0.8 ≤ DMU<1)、中效率区(0.6 ≤ DMU<0.8)和低效率区(DMU<0.6)四个等级区。结果显示15个位于前沿面和高效率区的DMU主要为市辖区及其近郊区域；63个中低效率区的DMU主要位于鄂东南丘陵地区和鄂西山区，这与相关研究中农业及经济发展水平越高，DEA的相对效率值越高的结论是一致的^[8]。

由于外部环境差异及随机误差的存在，第一阶

段中各无效DMU的效率值可能被扭曲，因此需进行松弛变量分析，剔除外部环境和随机误差影响，以还原管理无效率的程度。

3.2 基于SFA的第二阶段松弛变量的回归解释

3.2.1 外部环境变量选取

根据湖北县际区域差异的主要表现及相关研究文献^[14-17]，确定经济社会发展背景、耕作条件(耕地质量等级、区位条件)以及农业劳动力的素质为外部环境变量，如表2所示。

3.2.2 外部环境因素对耕地生产效率影响的显著性分析

使用随机前沿分析(SFA)回归模型检验各外部环境因素对耕地生产效率影响的显著性。当检验结果t值接近0时，说明影响第一阶段效率表现的主要因素为外部环境变量和随机误差，几乎不存在管

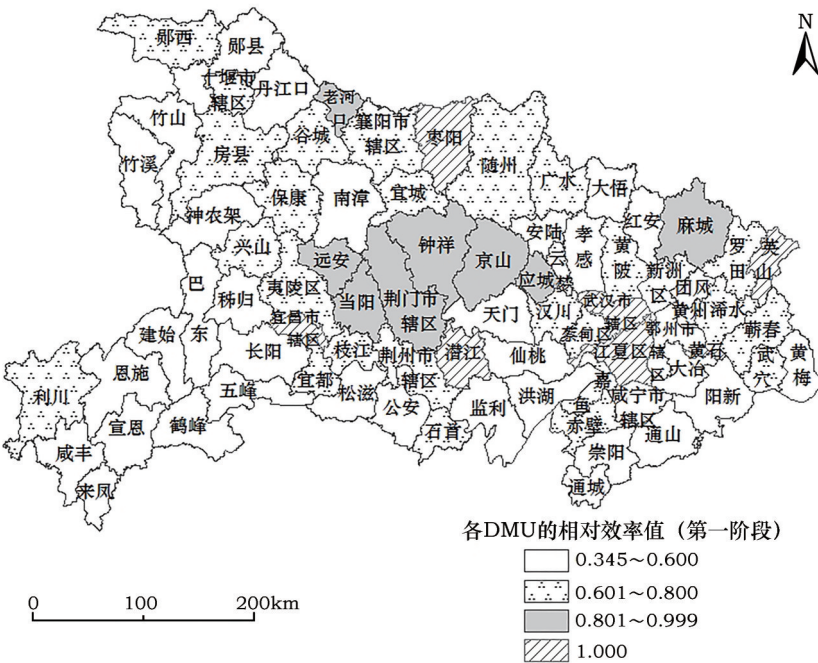


图1 2014年湖北省各DMU的第一阶段相对效率值及其空间分异

Figure 1 Efficiency of the DMU set based on the original BBC model and it's spatial differentiation in Hubei Province in 2014

表2 影响耕地生产效率的外部环境变量

Table 2 The external indicators affecting the arable land using efficiency

指标名称	测算方法	含义
农业发展水平/万元	第一产业产值/总产值	当地农业与非农产业的均衡发展关系
二元经济结构/元	农村居民人均纯收入/城镇居民人均可支配收入	从事农业劳动和非农业劳动的收入差距程度
支农财政支出/万元	-	政府对于种植业的支持力度
耕地征收的区片价/元	湖北省农用地征收的区片价格	耕地肥力,和耕地的区位特征(到中心城区的远近程度)
平均受教育年限/年	农业劳动力的受教育年限	劳动力的文化素质

资料来源:湖北省县级统计年鉴^[19],农地征收价格资料^[22]。

理无效率的现象;反之, r 值接近1时,则主要因素为管理无效率。以表2的五个外部环境要素作为解释变量,以第一阶段得到的4个投入要素的松弛变量 S_{nj} 为被解释变量,根据公式(2)建立回归方程,在Frontier4.1环境下进行解算,结果如表3所示。

由表3,农业发展水平因素和劳动力平均受教育年限对4个投入要素的松弛变量均通过了显著性检验;二元经济结构因素仅对农用机械投入的松弛变量通过了显著性检验;农用地区片地价因素未通过农用机械投入松弛变量的显著性检验。支农财政因素对4个投入要素的松弛变量均未通过显著性检验,也说明湖北省域内支农财政额度并无明显区域差异。

剔除支农财政要素,再次构建SFA回归模型,结果表明剩余的4个外部环境因素对各投入要素的松弛变量的显著性都有所提高,各外部环境因素的系数大多通过了显著性检验(表4)。

各模型似然比的单边检验LR test也都通过了置信度99%的显著性检验,说明混合误差项中存在

管理无效率,因此使用SFA模型分解混合误差项中的技术无效率和随机误差项。

$$\gamma = \sigma_{ij}^2 / (\sigma_{ij}^2 + \sigma_{vj}^2) \tag{5}$$

式中 γ 为联合误差项方差($\sigma_{ij}^2 + \sigma_{vj}^2$)中管理无效率方差 σ_{ij}^2 所占的比重,4个外部环境因素对投入要素松弛变量影响程度的 γ 值均接近1,说明各投入要素的冗余受管理因素的影响较高,受统计噪声的影响相对较小,即各投入要素的冗余主要由管理无效率造成。

3.3 第三阶段:投入要素调整后的DEA效率再测度及冗余率分析

二阶段测度结果表明:4个投入要素会显著影响到耕地生产效率表现,因此按照公式(4)调整初始投入要素数值,从而将所有的DMU置于同等的经济环境和运气环境上。将调整后的投入值与原始的产出值再次代入BBC模型进行效率评价,结果如图2所示。相对于第一阶段的初始DEA评价而言,各DMU的效率值均有较大提升,其中处于前沿面的决策单元的比例也从第一阶段DEA的9%(7个)上

表3 5个外部环境变量的SFA参数估计

Table 3 SFA parameter estimates of five external indicators

自变量	劳动力投入松弛变量	农用机械投入松弛变量	化肥投入松弛变量	播种面积投入松弛变量
常数项	10 173.038***	-351 115.240***	-29 607.774***	-26 613.358***
农业发展水平	633.016**	4 741.902***	150.377*	1 499.014***
二元经济结构	-18.208	2 788.009***	168.200	140.476
支农财政支出	-0.048	0.696	-0.116	0.188
耕地征收的区片地价	1.298***	1.237	1.096***	1.523***
平均受教育年限	-6 598.996***	8 469.101***	-2 239.363***	-5 841.115***
σ^2	15.600E+08***	394.700E+08***	10.200E+08***	15.230E+08***
γ	0.898***	0.957***	0.999***	0.765***
log likelihood function	-904.232	-1 021.940	-861.302	-911.864
LR test of one-sided error	7.435***	20.885***	44.312***	2.615***

注:*,**和***分别表示10%、5%和1%的显著水平。

2017年2月

表4 4个显著外部环境变量的SFA 参数估计

Table 4 SFA parameter estimates of four significant external indicators

自变量	劳动力投入松弛变量	农用机械投入松弛变量	化肥投入松弛变量	播种面积投入松弛变量
常数项	-47 614.355***	-29 894.088***	-489 257.390***	-3 220.933***
农业发展水平	1 418.113***	231.380***	5 219.026***	749.020***
二元经济结构	217.074	203.670***	3 149.287***	-9.586
耕地征收的区片地价	1.784***	0.886***	2.418	1.351***
平均受教育年限	-4 563.499***	-2 211.632***	17 602.233***	-5 849.717***
σ^2	18.700E+08***	10.200E+08***	496.000E+08***	17.260E+08***
γ	0.859***	1.000***	0.961***	0.901***
Log likelihood function	-904.458	-1 024.185	-860.783	-911.852
LR test of one-sided error	8.489***	22.752***	45.352***	5.308***

注:**和***分别表示5%和1%的显著水平。

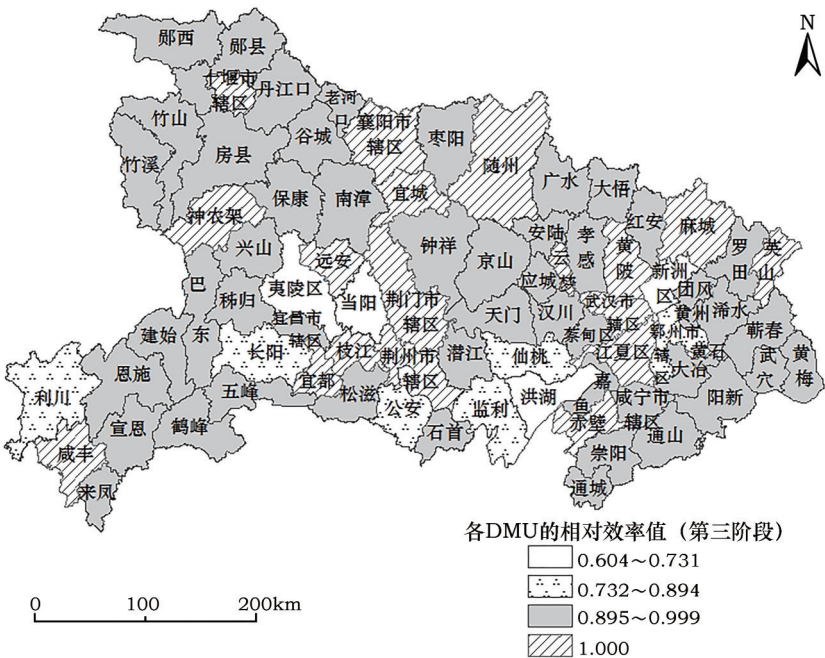


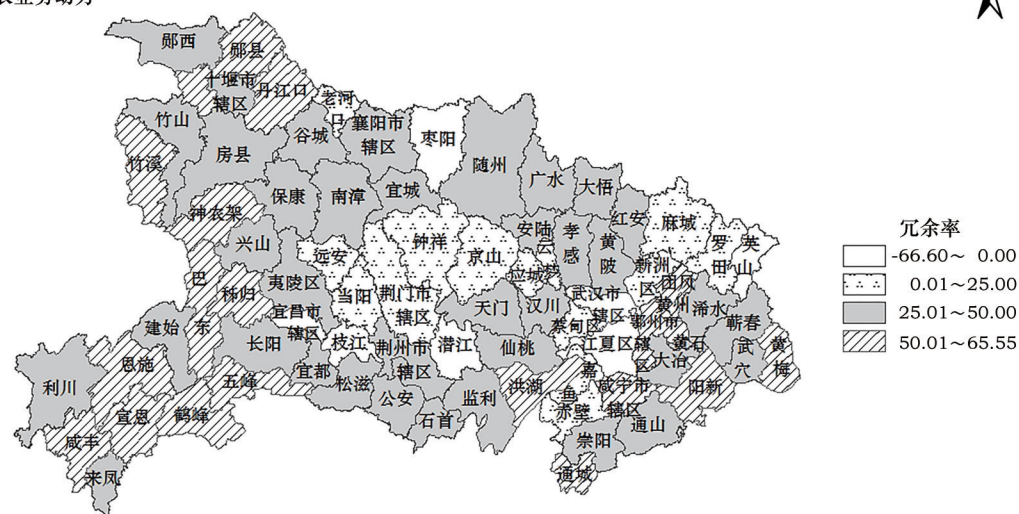
图2 2014年湖北省各DMU的第三阶段的相对效率值及其空间分异

Figure 2 Efficiency of the DMU set based on the third BBC model and it's spatial differentiation in Hubei Province in 2014

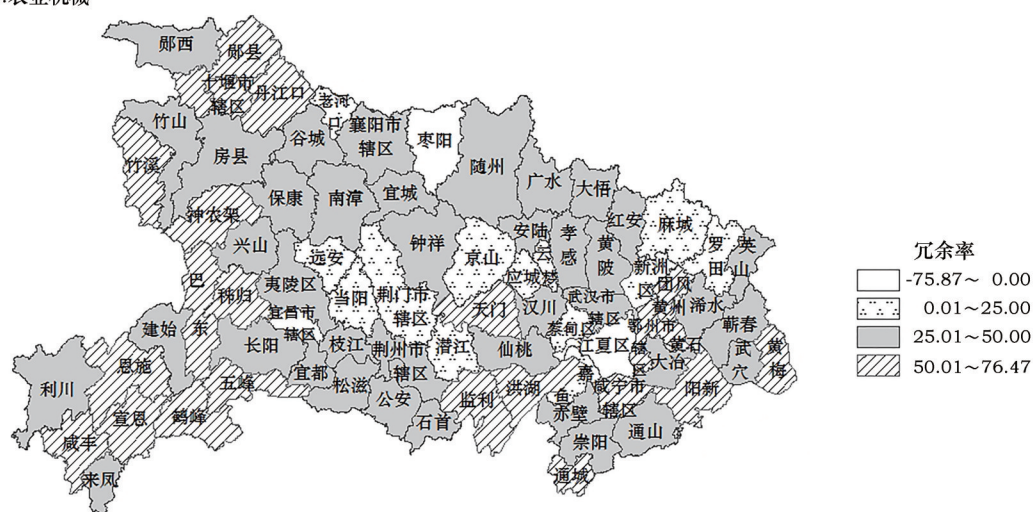
升至22%(17个)。
依据“固定产出最小化投入”的优化原则,给出第一阶段(图3)和第三阶段(图4,见第374页)中各无效DMU的投入要素冗余率。
图3与图4对比了外部因素和统计噪声对各投入要素的冗余率表现的影响。在剔除外部环境和随机误差影响之前,78个DMU中劳动力、农用机械、化肥和播种面积存在冗余的比例分别为92%、95%、94%和95%,剔除之后,这一数值降为82%、86%、83%和85%。此外,各投入要素的冗余程度也有较大幅度的降低,剔除之前,四类要素的冗余率

大于25%的DMU均占比75%左右,而剔除之后,除劳动力外,农业机械投入冗余小于20%的DMU占比78%,化肥投入冗余和播种面积投入冗余小于10%的DMU分别占比74%和80%。
3.4 冗余率的空间分异及区域差别化的生产要素调控对策
3.4.1 冗余率的内涵分析
数学意义上冗余率代表在实现DEA有效的前提下,既定的(粮食)产出所需要的各投入要素的优化量与实际投入量之间的差值;资源学角度的投入要素冗余是一种资源浪费,可从两个方面予以解

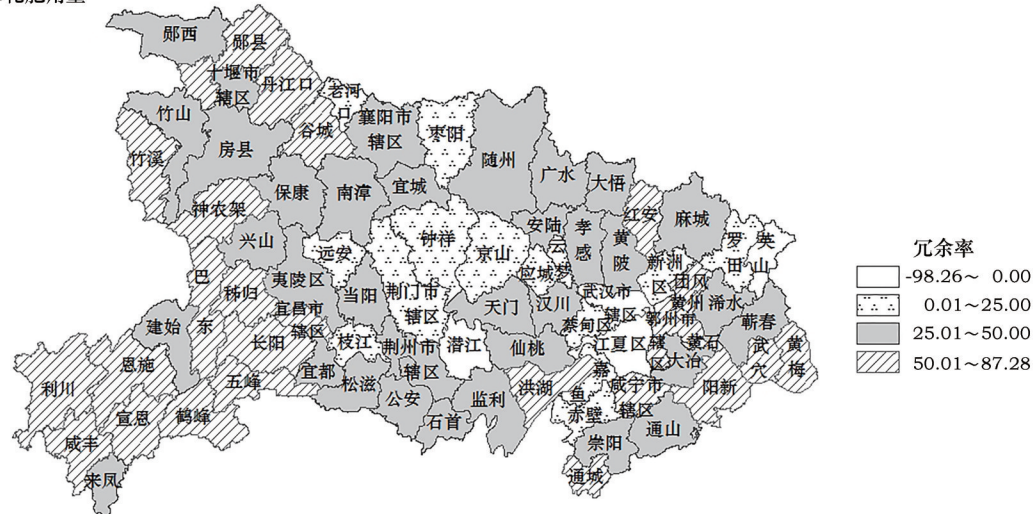
a. 农业劳动力



b. 农业机械



c. 化肥用量



(转下页)

2017年2月

(接上页)

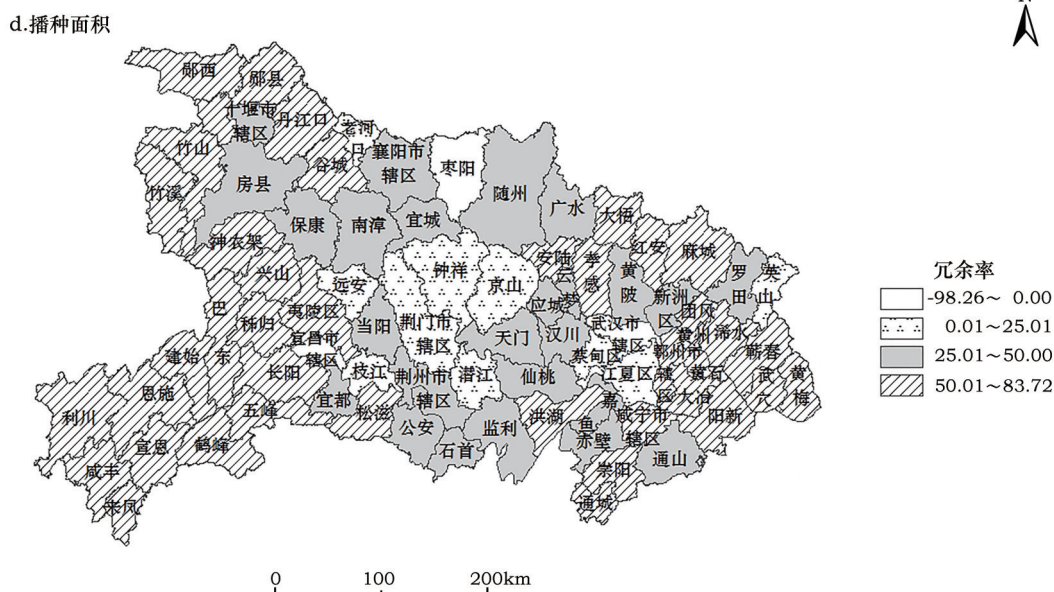


图3 2014年湖北省各DMU的四类投入要素的冗余率及其空间分异(第一阶段)

Figure 3 Redundancy rates and the spatial differentiation of the four input elements' based on the original BBC model in Hubei Province in 2014

读,一是资源投入过度,二则是资源利用强度不足,二者之间存在关联性,但针对不同类别的生产要素需区分其冗余是源于投入过度还是利用效率低下。

3.4.2 冗余率的区域差异及差别化的生产要素调控对策

将研究区划分为鄂西山区、鄂东南丘陵地区、江汉平原(中部)和鄂东北区域,根据图4中四类要素投入冗余率的区域表现提出生产要素结构调控对策。

(1)劳动力投入冗余。共有37%的DMU表现为20%~50%的中度冗余,9%的DMU表现为>50%的高度冗余,这部分区域主要位于鄂西山区和鄂东南丘陵地区。农业劳动力冗余是人口持续增长而耕地不断减少的社会背景下形成的投入过度型冗余。因此,以上区域应着力出台灵活的农业劳动力转移和配套的福利保障政策,以有效释放冗余沉积的劳动力。

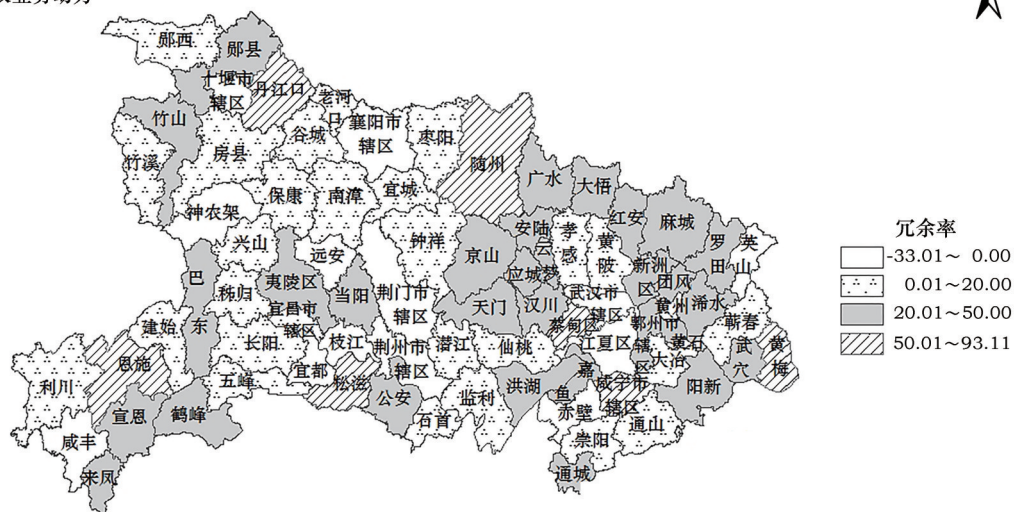
(2)农业机械投入冗余。共有9%的DMU的农业机械投入的冗余率大于20%,主要位于江汉平原和鄂东北区域,其中新洲区和洪湖市的农业机械投入冗余率分别为32%和40%。农业机械动力投入的冗余存在着要素投入过度和利用强度不足的区别,丘陵地区和山区缺乏农业机械的适用环境,易

造成投入过度型冗余,而江汉平原等适宜于规模化种植的区域,应进一步地改善种植方式和农用机械布局,提高农业机械的利用率以消除农业机械动力冗余。

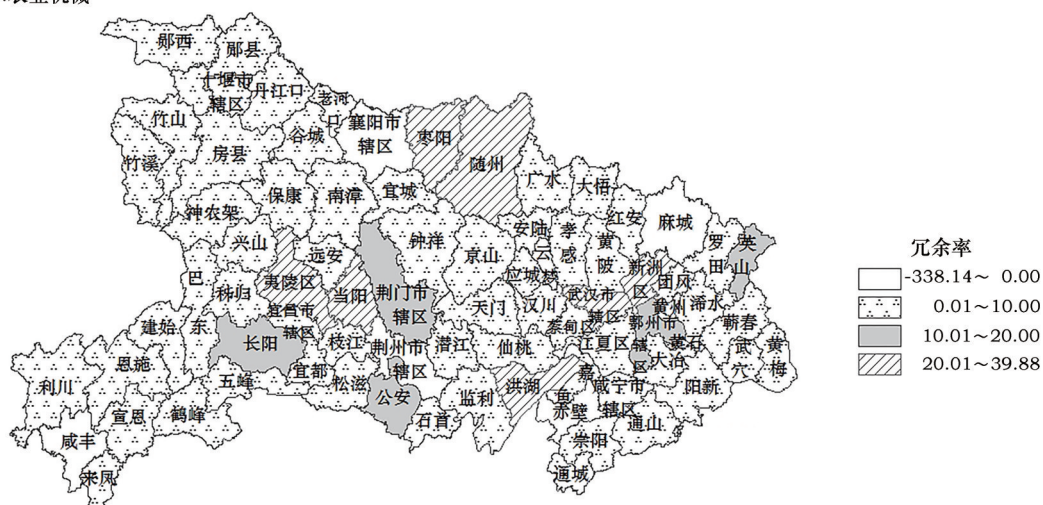
(3)化肥投入冗余。可理解为由于边际报酬递减造成的一种投入过度型冗余。化肥投入冗余率并未呈现出明显的空间分布规律,共有74%的DMU的化肥要素投入冗余小于10%,做小幅度的调整即可达到最优投入量;但洪湖、当阳、新洲区、夷陵区和枣阳共5个县域表现出较高的化肥投入冗余,需尽快缩减化肥投入,维护土地生态促进耕地资源的可持续利用。

(4)播种面积冗余。依据“固定产出最小化投入”的优化原则可知,“播种面积冗余”表示既定的粮食产出对应的播种面积过高,即复种次数过高,但并不能据此得出需要降低复种指数的结论,有研究认为湖北省的复种指数在2003-2013年期间并无显著提升^[23]。而依据“固定投入最大化产出”的效率优化原则,播种面积冗余也表明固定播种面积上的产出不足,即播种面积的冗余属于利用强度不足型冗余。根据图4,80%的DMU的播种面积冗余率小于10%,表明湖北大部分地区的耕地利用强度适宜,这与近年来湖北省耕地集约利用度不断提升的

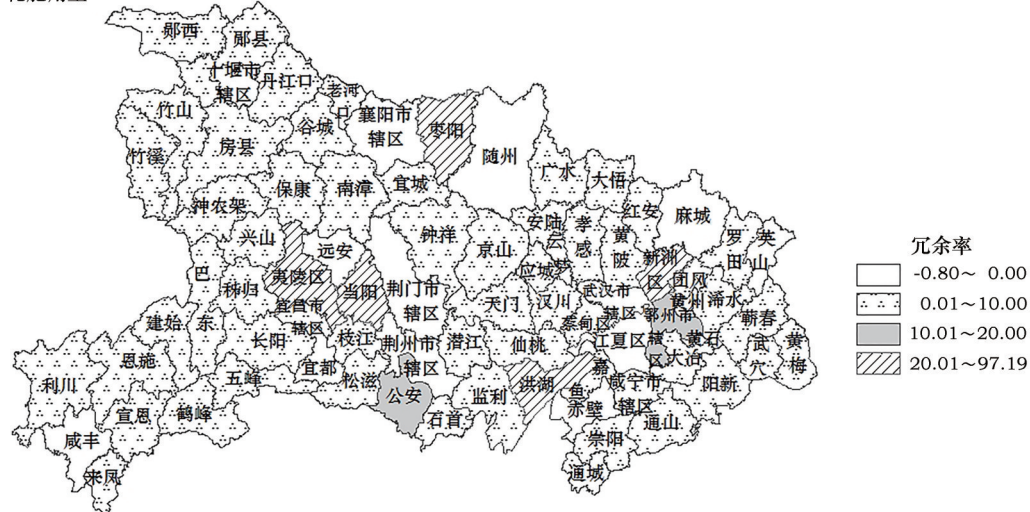
a. 农业劳动力



b. 农业机械



c. 化肥用量



(转下页)

2017年2月

(接上页)

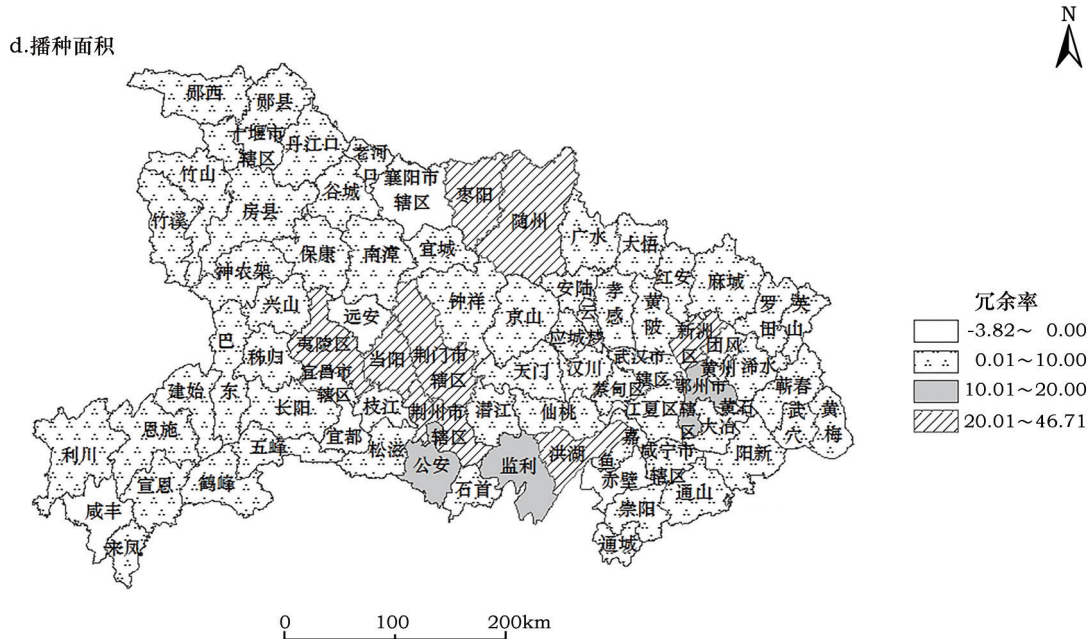


图4 2014年湖北省各DMU的四类投入要素的冗余率及其空间分异(第三阶段)

Figure 4 Redundancy rates and the spatial differentiation of the four input elements' based on the third BBC model in Hubei Province in 2014

结论是一致的^[24,25]。7个DMU的播种面积冗余率位于10%~30%之间,新洲区、洪湖市、随州市辖区和枣阳市的冗余率超过30%,表明以上区域须提升耕地利用强度。

4 结论与讨论

(1)湖北省是粮食主产区,也是国土资源部确立的全国首个国土资源节约集约示范省。区域差别化的种植业生产要素结构调控对策有助于农业生产资源配置的空间均衡和耕地生产总量的提升,实践了粮食安全和耕地利用的“耕地面积总量的动态平衡”到“耕地生产总量的动态平衡”这一指导原则转换。

(2)三阶段DEA测算结果认为:鄂西山区和鄂东南丘陵地区是农业劳动力调控的重点区域;农业机械的投入需要视区域条件而定;化肥投入冗余仅在部分县域过高;大部分地区的耕地复种次数和利用强度均较适度。

(3)从方法来说,三阶段DEA模型可在一定程度上纠正外部环境和随机因素造成的效率表现偏差,但是也有可能产生变量遗漏和变量测度偏差,因此,需谨慎对待非效率估计值,这也是本文后续的研究方向。

参考文献(References):

- [1] 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.
- [2] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004. [Wei Q L. Data Envelopment Analysis[M]. Beijing: Science Press, 2004.]
- [3] 张荣天, 焦华富. 中国省际耕地生产效率时空格局分异与机制分析[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(2): 277-287. [Zhang R T, Jiao H F. Spatial-temporal pattern differentiation and its mechanism analysis of using efficiency for provincial cultivated land in China [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(2): 277-287.]
- [4] 刘玉海, 武鹏. 转型时期中国农业全要素耕地生产效率及其影响因素分析[J]. *金融研究*, 2011, (7): 114-127. [Liu Y H, Wu P. Agricultural cultivated land total factor productivity of China and its influencing factors during the period of transition[J]. *Journal of Financial Research*, 2011, (7): 114-127.]
- [5] 李茗薇, 付强, 张军生. 等. 基于DEA的吉林省耕地生产效率及其影响因素研究[J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(3): 3682-3684. [Li M W, Fu Q, Zhang J S, et al. A DEA-based research on the farmland utilization efficiency and its influencing factors of Jilin Province[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(3): 3682-3684.]
- [6] 杨朔, 于文海, 李世平. 基于DEA非有效改进的陕西省耕地生产效率研究[J]. *中国土地科学*, 2012, 27(10): 62-68. [Yang S, Yu W H, Li S P. Study on the non-effective improvement of

- productive efficiency of cultivated land in Shaanxi Province based on DEA[J]. *China Land Science*, 2012, 27(10): 62–68.]
- [7] 王良健, 李辉. 中国耕地生产效率及其影响因素的区域差异—基于281个市的面板数据与随机前沿生产函数方法[J]. 地理研究, 2014, 33(11): 1995–2004. [Wang L J, Li H. Cultivated land use efficiency and the regional characteristics of its influencing factors in China: By using a panel data of 281 prefectural cities and the stochastic frontier production function[J]. *Geographical Research*, 2014, 33(11): 1995–2004.]
- [8] 刘新平, 孟梅, 罗桥顺. 基于数据包络分析的新疆农用地利用效益评价[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(1): 40–43. [Liu X P, Meng M, Luo Q S. Evaluation of agricultural land use efficiency in Xinjiang based on data envelopment analysis[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2008, 22(1): 40–43.]
- [9] Fried H O, Lovell C, Schmidt S, et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2002, 17(1): 157–174.
- [10] 郭军华, 倪明, 李帮义. 基于三阶段DEA模型的农业生产效率研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2010, (12): 27–38. [Guo J H, Ni M, Li B Y. Research on agricultural production efficiency based on three-stage DEA model[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2010, (12): 27–38.]
- [11] 邓姗姗, 张莹莹, 陈蕾. 中国省际可实现节能减排潜力测度基于三阶段DEA模型的研究[J]. 产业经济与评论, 2016, (1): 44–58. [Deng S S, Zhang Y Y, Chen L. The potential measures of energy saving and emission reduction in China—research based on the three stage DEA model[J]. *Review of Industrial Economics*, 2016, (1): 44–58.]
- [12] 华坚, 任俊, 徐敏, 等. 基于三阶段DEA的中国区域二氧化碳排放绩效评价研究[J]. 资源科学, 2013, 35(7): 1447–1454. [Hua J, Ren J, Xu M, et al. Evaluation of Chinese regional carbon dioxide emissions performance based on a three-stage DEA model [J]. *Resources Science*, 2013, 35(7): 1447–1454.]
- [13] 刘子飞, 王昌海. 有机农业生产效率的三阶段DEA分析—以陕西洋县为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(7): 105–112. [Liu Z F, Wang C H. Organic agricultural production efficiency based on a three-stage DEA model: A case study of Yang County, Shaanxi Province[J]. *China Population Resources and Environment*, 2015, 25(7): 105–112.]
- [14] 易晓峰, 罗其友. 基于三阶段DEA的中国马铃薯主产区生产效率分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(3): 270–276. [Yi X F, Luo Q Y. Evaluation on efficiency potato producing areas based on three-stage DEA model[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 31(3): 270–276.]
- [15] 张晓峰, 王宏志, 纵兆伟, 等. 中国农业劳动力转移与土地利用效率的空间耦合度研究[J]. 地理与地理信息科学, 2014, 30(3): 56–61. [Zhang X F, Wang H Z, Zong Z W, et al. Space coupling of land use efficiency and labor migration in China[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2014, 30(3): 56–61.]
- [16] 叶浩, 濮励杰. 我国耕地生产效率的区域差异及其收敛性研究[J]. 自然资源学报, 2011, 26(9): 1467–1474. [Ye H, Pu L J. Study on the cultivated land use efficiency between different regions of china and its convergence[J]. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(9): 1467–1474.]
- [17] 梁流涛, 曲福田, 王春华. 基于DEA方法的耕地生产效率分析[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2): 242–246. [Liang L T, Qu F T, Wang C H. Analysis on cultivated land use efficiency based on DEA[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, 17(2): 242–246.]
- [18] 龙开胜, 陈利根, 占小林. 不同利用类型土地投入产出效率的比较分析—以江苏省耕地和工业用地为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(5): 174–178. [Long K S, Chen L G, Zhan X L. Comparative analysis of input–output efficiency among different land use types in Jiangsu: A case of cultivated land and industry land[J]. *China Population Resources and Environment*, 2008, 18(5): 174–178.]
- [19] 湖北省统计局. 湖北农村统计年鉴(2014)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014. [Hubei Bureau of Statistics. Rural Statistical Yearbook of Hubei Province[M]. Beijing: China Statistic Press, 2014.]
- [20] 国家统计局. 中国区域统计年鉴(2014)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015. [National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook for Regional Economy (2014) [M]. Beijing: China Statistic Press, 2015.]
- [21] 中国农业发展银行. 中国农业发展银行统计年鉴(2014)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014. [China Agricultural Development Bank. Statistical Yearbook of China Agricultural Development Bank(2014)[M]. Beijing: China Statistic Press, 2014.]
- [22] 湖北省政府办公厅. 湖北省耕地地一年产值标准和综合区片地价[EB/OL]. (2014–03–13)[2016–04–15]. http://gkml.hubei.gov.cn/auto5472/auto5473/201403/t20140327_494588.html. General Office of Hubei Provincial Government. Hubei Standard of Unified Arable Land's Annual Output Value and Comprehensive Land Price [EB/OL]. (2014–03–13)[2016–04–15]. http://gkml.hubei.gov.cn/auto5472/auto5473/201403/t20140327_494588.html]
- [23] 丁明军, 陈倩, 辛良杰, 等. 1999–2013中国耕地复种指数的时空变化格局研究[J]. 地理学报, 2015, 70(7): 1080–1090. [Ding M J, Chen Q, Xin L J, et al. Spatial and temporal variations of multiple cropping index in China based on SPOT–NDVI during 1999–2013[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(7): 1080–1090.]
- [24] 赵亮, 龚健, 王文婷, 等. 基于灰色概率模型的耕地集约利用评价—以湖北省为例[J]. 水土保持研究, 2014, 21(4): 263–267. [Zhao L, Gong J, Wang W T, et al. Evaluation of intensive

cultivated land utilization based on grey probability model—a case study in Hubei Province[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2014, 21(4): 263–267.]

[25] 席娟. 基于GIS的湖北省县域耕地集约利用时空差异分析[D].

武汉: 华中农业大学, 2013. [Xi J. Based on the GIS Analysis of the Hubei Province County Cultivated Land Intensive Use of Space and Time Difference[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.]

Structural regulation countermeasures of planting industry production factors for counties in Hubei according to three-stage DEA modeling

SHAN Yuhong, ZHU Feng, LIU Mengjiao

(College of Public Administration, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Using three-stage DEA modeling we estimated the real production efficiency of arable land at the county level in Hubei, China. Research shows: By comparing differences among the four regions of Hubei (western mountain region, southern-eastern hill region, Jiangnan plain and northern-eastern region), some responding region-differential proposals are put forward for regulating the structure of plant industry production factors. Compared with the results of BBC (first stage), in the third stage the efficiency increases and redundancy declines significantly, verifying that the three-stage DEA model, to a certain extent, can eliminate the influence of external environmental factors and random factors, and can show the real efficiency of one DMU in a degree. There are obvious spatial differences in arable land production efficiency and redundancy of plant production factors. The western mountain region and southern-eastern hill region have high redundancy rates for labor force and it is important to take certain measures to transfer the agricultural labor force to nonagricultural industries. The Jiangnan plain and the northern-eastern region have higher redundancy rates for agricultural machines, yet there is a difference between the poor use of agricultural machines and redundant agricultural machine resource inputs and methods to raise the efficiency of agricultural machinery in the Jiangnan plain and reduce the amount of agricultural machines in the northern-eastern region are needed. Fertilizer input redundancy has a regularity of spatial distribution. The Jiangnan plain and northern-western region should cut down on the amount of chemical fertilizer used. Policy makers should lay down regional-differential policies to improve the structure of planting factors and the efficiency of arable land usage.

Key words: planting industry; regulation of production factors; region-differential; three-stage DEA modeling; Hubei Province

《资源科学》投稿须知

1. 投稿要求

(1)本刊设立18个栏目编排文章,各栏目的详细说明可阅读网站(www.resci.cn)“简介”中的“栏目设置”部分,所投稿件选题应符合相应栏目的要求。

(2)文稿题目限定在25个汉字内;篇幅一般不超过8个版面页,并附300字左右的中文摘要及4~8个关键词,摘要应涵盖文章的研究目的、方法、主要论点和结论;英文摘要和中文摘要相对应,正文不多于300个单词。

(3)文章编写格式按照国家标准GB7713-87(《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》)的规定,采用阿拉伯数字分级编号。图形、图例、表格、参考文献、量和单位等的使用在本刊网站“作者”栏中有详细介绍,请作者投稿前参照本刊最新已发表文章统一规范。

(4)本刊实行网上投稿(网址:<http://www.resci.cn>,要求Word97-2003文本,大小不超过2M),不接受纸质稿件,个别上网确有困难的作者可通过Email(zykx@igsrr.ac.cn)或寄送光盘投稿(通信地址:北京市朝阳区大屯路甲11号,《资源科学》编辑部收,邮政编码100101)。

2. 审稿

本刊实行“编辑部初审—同行专家评审—责任编委复审—主编终审”的审稿制度。

初审重点是查新、查重和审查数据,以及选题和写作是否达到本刊基本要求(初审通过后即发审稿费通知)。

评审重点是鉴定文稿的学术质量和价值,采用国际惯用的双向匿名审稿制。

复审主要是对有异议或者评审意见分歧的文稿进行重审,并检查作者修改是否恰当。

终审根据近期稿源情况,综合考虑多种因素,决定稿件采用与否,并对拟采用的稿件进行排队和处理。

每个阶段审稿一般在30个工作日(法定节假日顺延)内完成,超出预定时限(以网上设定为准),作者可以在通知编辑部撤稿后将稿件转投其他期刊。

3. 发表与版权

(1)文章发表。通过主编终审的稿件经编校后首先制作成电子文档在本刊网站发布,并按照规定收取版面费等费用,收费后随即编入最近一期书版正式发表,并同时在本刊网站及相关网站刊出。编校过程中有可能依照相关法律法规或专业要求对原稿的文字及图、表外观做适当修改,如作者不同意对原稿做任何修改,必须以书面形式函告编辑部。

文稿一旦刊出,作者要承担文章内容及其影响的责任。

(2)版权。文章发表后作者拥有该文的著作权,第一作者为其著作权人代表。

文稿刊出后,该文不得以同种文字在其他期刊再次发表(含纸质、光盘、网络等各种介质、媒体),汇编个人作品(含网页)或文集使用该文及其版式须注明出处。

论文一经录用,《资源科学》编辑部同时享有论文的数字化复制权、发行权、汇编权及信息网络传播权。如果作者不同意其文以电子媒介传播,必须在来稿时声明。

文稿刊用后酌致稿酬(其中包含网络版稿酬),并赠送当期杂志3册。