

基于DEA模型和Malmquist指数的 农业生产效率评价研究

——以吉林省为例

李 强¹, 庞钰凡², 汪 玥³

(1. 武汉理工大学 马克思主义学院, 武汉 430070; 2. 广西民族大学 经济学院, 南宁 530006;

3. 广西民族大学 民族学与社会学学院, 南宁 530006)

摘要: 基于农业投入、产出视角, 分别从纵向和横向层面入手, 利用DEA模型对2004—2017年吉林省及2017年吉林省9个地市的农业生产效率进行测算, 采用投影分析和Malmquist指数对吉林省的农业生产水平进行评价研究, 以此测算吉林省及其9个地市的农业生产效率, 为吉林省实现农业现代化发展提供理论参考。研究发现, 在纵向层面, 2004—2017年吉林省整体农业生产效率较高, 较多年份达到DEA有效, 但仍有提升空间, 动态观测表明, 全省技术进步率较低, 制约全要素生产率的提高; 在横向层面, 2017年吉林省9个地市的综合技术效率整体较高, 但区域差距明显; 总体来看, DEA无效的主要原因在于地区差异大、技术和规模效益没有充分发挥。通过投影分析发现, 各地市在播种面积、农业机械总动力、农林牧事务支出投入中都存在不同程度的冗余量, 投入资源未曾有效利用, 存在浪费情况。为此, 政府应实施全面性的农业生产现代化战略、差异性的农业生产区域化策略和统筹性的农业生产高效化策略。

关键词: 吉林省; 农业生产; 效率; DEA分析

中图分类号: F32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2020)9—0135—09

吉林省位于我国东北地区的中部, 是国家粮食主产区, 省域面积18.74万平方公里, 耕地面积553.78公顷, 占总面积的28.98%, 人均耕地面积0.21公顷, 是全国平均水平的2.18倍, 其农业生产水平在全国农业生产中有举足轻重的地位, 据统计, 2017年吉林省人均粮食产量达1.36吨, 与产量1.58吨的黑龙江省和产量1.1吨的内蒙古自治区一道成为全国仅有的人均粮食产量上吨数的3个省份; 2017年玉米出口量为4.21万吨, 出口金额为992.07万美元, 出口量和出口金额均位居全国第一; 2011—2016年间粮食作物每公顷产量一直位居全国第一。多年来, 吉林省粮食商品率以及人均粮食占有量均列全国第一, 但相关资料显示, 吉林省2017年粮食作物每公顷产量为7405.5公斤/公顷, 被上海市超越降为第2名。我国作为农业生产大国, 提升农业生产效率尤为重要, 吉林省农业发展水平的高低不仅影响其本区域粮食产量, 更直接影响我国农业的发展水平。因此, 作为我国重要商品粮生产基地, 研究其农业生产效率并采取提高效率的相应举措刻不容缓。

一、文献综述

目前, 对农业生产效率的评价研究一直是农业区域经济研究中的一重要课题, 研究中常用的分析方法主要是数据包络法分析法(data envelopment analysis, DEA), 通过测算不同区域农业效率水平, 对区域内各地市进行效率评价与排序, 再开展深入探讨与研究。王刚毅和刘杰^[1]采用数据包络分析法和Malmquist指数对东北地区36个城市2000—2015年间的农业生产效率进行实证分析, 结果发现东北地区农业生产效率的提升仍有很大空间, 且机械化水平的提高有利于东北地区农业全要素生产率的生长; 李中东和尉迟晓娟^[2]用DEA和Malmquist指数对山东省2011—2016年间的农业生产效率现状开展研究, 结果发现山东省17个地市存在农业生产的新旧动能转换力度不足的问题; 徐密等^[3]采用DEA法测算湖北省2001—2016年间农业机械化投

收稿日期: 2020—07—05

基金项目: 国家社会科学基金西部项目“中西部地区城市群培育与人口就近城镇化实现路径研究”(15XJL002)

作者简介: 李强(1975—), 男, 山东潍坊人, 武汉理工大学博士研究生, 桂林旅游学院马克思主义学院常务副院长、副教授, 研究方向: 社会治理与区域经济; 庞钰凡(1997—), 女, 山西临汾人, 广西民族大学经济学院硕士研究生, 研究方向: 区域可持续发展; 汪玥(1997—), 女, 湖北武汉人, 广西民族大学民族学与社会学学院硕士研究生, 研究方向: 民族经济学。

入产出效率,结果发现约 50% 的年份农业机械化投入产出具有效率,但整体投入产出比例合理;李勇辉和白利鹏^[4]利用 DEA 模型分析云南省 2001—2016 年间的农业科技创新资源配置效率,结果发现云南省农业科技创新资源在技术投入、人力资源和农业资金投入逐年增加,促使其农业创新资源的配置效率整体较高;吴振华和雷琳^[5]运用三阶段 DEA 模型对 2012—2016 年间河南省 18 个地市的农业土地生态效率开展研究,结果发现规模效率成为制约综合技术效率的关键;赵辉和方天堃^[6]基于 DEA 方法对改革开放以来 1978—2009 年吉林省现代农业发展水平进行评价,结果发现吉林省现代农业生产绝对有效率仅 10 年,占总数的不到 1/3;曾福生和高鸣^[7]基于数据包络分析法从决策单元有效性、规模效益、投入要素的冗余量、现代农业发展类型和动态面板的绩效评价 5 个角度评价我国 30 个省区的现代农业发展绩效情况,结果发现我国现代农业发展类型可分为高效率高出、高效率中产出、低效率中产出、低效率低产出 4 种类型;贺志亮和刘成玉^[8]运用三阶段 DEA 模型实证分析了我国 2012 年的农业生产效率,结果发现可以将我国各省份的农业生产效率水平分为“双高型”“高低型”“低高型”与“双低型”4 种类型。

纵观以上研究概况,目前鲜有研究从横向纵向不同研究层面出发的关于吉林省农业生产效率的研究报道。因此,本文利用 DEA 模型和 DEA-Malmquist 分析方法开展对吉林省的农业生产效率研究,并展开投影分析,找到其农业发展的诟病,最终采取相应措施提升其农业生产效率水平,推动吉林省实施乡村振兴战略,加快推进农业农村现代化进程,从而为全省经济社会发展提供基础支撑。

二、数据来源与研究方法

(一)吉林省农业生产效率评价模型与分析方法

1. DEA 模型

1978 年美国运筹学家 Charnes 等^[9]提出一种数量分析法,即数据包络分析法(DEA),这一方法是用线性规划对所有决策单元 DMU 开展效率评价。其基本思路是:通过搜集各决策单元 DMU 的指标数据,计算得出 DMU 的综合技术效率值、纯技术效率值和规模效率值,从而准确测度决策单元 DMU 是否达到 DEA 有效。

3 项效率数值存在以下关系:综合技术效率(technology efficiency)=纯技术效率(pure technology efficiency)×规模效率(scale efficiency)。3 项数值越接近 1,表明效率水平越高。综合技术效率数值 < 1,表明该决策单元 DMU 属于 DEA 无效,若综合技术效率数值=1,则表示该决策单元 DMU 实现 DEA 有效。

本文采用的 DEA 模型均为 DEA 投入导向,在 CCR(规模收益不变)和 BCC(规模收益可变)模型基础上,引入投影分析,对吉林省农业生产效率进行评价研究。

2. 研究假设

设总体决策单元 DMU 有 n 个,且包含多项投入和产出,其中投入指标有 u 种,产出指标有 v 种,第 k 个 DMU 的第 m 种投入数量用 X_{mk} 表示,第 k 个 DMU 的第 s 种产出数量用 Y_{sk} 表示, V_m 表示投入数据的权重值, U_s 表示产出数据的权重值。下文公式中,向量 X_k 表示决策单元 DMU 的投入值, Y_k 表示决策单元 DMU 的产出值, P 和 Q 表示权重值向量,则可得:

$$X_k = (x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{mk})^T \quad (1)$$

$$Y_k = (y_{1k}, y_{2k}, \dots, y_{sk})^T \quad (2)$$

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_u)^T \quad (3)$$

$$Q = (q_1, q_2, \dots, q_v)^T \quad (4)$$

其中: $m = 1, 2, \dots, u$; $k = 1, 2, \dots, n$; $s = 1, 2, \dots, v$ 。

定义第 k 个 DMU 的效率评价指数为

$$h_k = \frac{\sum_{s=1}^v q_s y_{sk}}{\sum_{m=1}^u p_m x_{mk}}; \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

定义第 k_0 个 DMU 综合效率的数学模型为

$$\left\{ \begin{array}{l} \max \frac{\sum_{s=1}^v p_s y_{sk_0}}{\sum_{m=1}^u q_m x_{mk_0}} = Q \bar{a}, \\ \text{s.t.} \frac{\sum_{s=1}^v q_s y_{sk}}{\sum_{m=1}^u p_m x_{sk}} \leq 1, \\ P \geq 0, Q \geq 0 \end{array} \right. \quad (6)$$

通过观测以上参数的取值,便可测度第 k_0 个 DMU 是否达到 DEA 有效。公式(6)的实际意义是:通过线性规划,如果能找到决策单位 DMU 的某种线性组合,要求其实际产出不高于第 k_0 个 DMU 的实际产出,则意味着第 k_0 个 DMU 达到 DEA 有效,反之,属 DEA 无效。根据董明涛^[10]的研究,基于公式(6)的模型解的有效性判断定理是:若存在最优值 $\theta^* = 1$,则其对应的第 k_0 个 DMU 为弱 DEA 有效;若最优值 $\theta^* = 1$,且存在最优解,即投入松弛变量 $S^- = 0$,投入产出变量 $S^+ = 0$,则其对应的第 k_0 个 DMU 为 DEA 有效。

3. 数据投影分析

采用白建华等^[11]的研究方法,若第 k_0 个决策单元 DMU 的效率值 $\theta = 1$,则该 DMU 属 DEA 有效;与此同时,若第 t 个决策单元 DMU 的效率值 $\theta < 1$,即属 DEA 无效,借助投影分析可测度 DEA 无效地区的整改方向。

$$\Delta x_t = x_t^* - x_t = (\theta^t - 1)x_t - S_t^- \quad (7)$$

$$\Delta y_t = y_t^* - y_t = S_t^+ \quad (8)$$

其中: $x_t^* = \theta_t x_t - s_t^-$; $y_t^* = y_t + s_t^+$, (x_t^*, y_t^*) 为向量 (x_t, y_t) 在有效前沿面上的投影; s_t^- 、 s_t^+ 分别表示决策单元 DMU 投入松弛变量与产出松弛变量; Δx_t 、 Δy_t 分别表示定量后 DMU 的投入冗余度和产出不足额度。

4. Malmquist 指数分析

Malmquist 指数是一种测量动态视角下决策单元全要素生产率(total factor productivity, TFP)的新型全方位效率考察模型,将生产效率解构为由技术与效率,相对于静态视角考察单因素的生产率而言,该模型更具全面性与科学性。其中,农业生产领域中的技术变化与进步体现于技术进步率(techch)的高低;农业生产领域中的技术革新与推广体现于纯技术效率(pech)的高低,规模生产的普及程度与效用水平表现于规模效率(sech)的高低,二者共同组成效率水平的测度指标。TFP 指数的解构公式为

$$TFP = TP \times PTE \times SE \quad (9)$$

其原理公式如下:

$$M_0(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[\frac{D_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^{t+1}(x_t, y_t)} \times \frac{D_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^t(x_t, y_t)} \right] \quad (10)$$

$$M_0(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \frac{S_0^t(x_t, y_t)}{S_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_0^t(x_{t+1}, y_{t+1}/VRS)}{D_0^t(x_t, y_t/VRS)} \times \left[\frac{D_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_0^t(x_t, y_t)}{D_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

其中:面板数据中 t 和 $t+1$ 两个时期的投入产出量分别用 $x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}$ 表示; D_0^t 和 D_0^{t+1} 表示在 t 时期既定技术水平之下和 $t+1$ 两个时间阶段的技术距离函数。

TFP 指数可继续解构为从左至右的规模效率(SE)、纯技术效率(PTE)、技术进步率(TP)的乘积,TFP 指数也可解释为综合技术效率(TE)和技术进步率(TP)的乘积。结合 DEA 模型,各指数含义如下:综合技术效率是否为 1 直接关乎面板数据是否实现 DEA 有效,其规模效率与纯技术效率分别表示生产规模的效用水平与生产技术的应用水平,若在 DEA 模型下皆等于 1,则意为实现 DEA 有效,反之无效;若在 Malmquist 指数分析中皆大于 1,则证实决策单元的规模报酬与技术效率水平实现逐年增长,反之,逐年下降。技术进步率和全要素生产率在 Malmquist 指数分析中若大于 1,表明决策单元的技术增长与生产效率水平逐年提升,反之逐年下降。

(二) 指标选取及数据来源

1. 指标选取

为准确测度吉林省农业生产效率,本文将农业生产的效率评价体系分为农业生产投入与农业生产产出 2 个评价理念。在农业生产投入指标体系的选取中,择取三大投入指标,分别是农作物总播种面积(X_1)、农业机械总动力(X_2)和历年财政农业支出(X_3),分别代表吉林省农业生产的基础投入、技术投入与资金投入。在农业生产产出指标体系的选取中,择取两大产出指标,分别是农林牧渔业总产值(Y_1)、农村居民人均可支配收入(Y_2),分别代表吉林省农业生产的直接产出和间接产出。

2. 数据来源

针对数据的可获得性和有效性,本文所用的数据均来源于 2004—2017 年的《吉林统计年鉴》,见表 1。

表 1 吉林省农业生产效率评价指标体系

一级理念	指标数据代码	二级理念	指标数据名称
农业生产投入	X_1	基础投入	农作物总播种面积(公顷)
	X_2	技术投入	农业机械总动力(万千瓦)
	X_3	资金投入	历年财政农林水事务支出(万元)
农业生产产出	Y_1	直接产出	农林牧渔业总产值(万元)
	Y_2	间接产出	农村居民人均可支配收入(元)

(三) 统计分析

首先,使用 DEAP Version 2.1 软件的 DEA 模型,通过纵向分析,计算 2004—2017 年吉林省农业生产效率,并计算全省自 2004 年起各时期的全要素生产率;再次,通过横向分析,计算 2017 年吉林省省域内 9 个地市的农业生产效率,对 5 个投入产出指标开展投影分析,综合测评其农业生产效率;最后,找出吉林省农业发展的制约项,并提出相应的建议和举措。

三、结果及分析

(一) 吉林省农业生产效率纵向分析结果

为科学观测吉林省农业生产效率,本文先从宏观入手,以时间轴为主线,纵向测量全省近 14 年的 DEA 效率值。

1. DEA 效率纵向分析

通过运行 DEAP Version 2.1 软件,得出吉林省 2004—2017 年间的农业生产效率结果,见表 2。

从表 2 可以看出,吉林省近 14 年来,农业生产工作投入产出比例较为合适,DEA 完全有效率的年份占据 78.5%,只有 3 个年份未达到 DEA 有效。从表 2 的数据均值可以看出,较之综合技术效率均值 0.989、纯技术效率均值 0.998 和规模效率均值 0.991 的水平而言,低于平均综合技术效率和平均规模效率水平的年份仅有 2 个,仅占总年份数的 14.3%;低于平均纯技术效率水平的省份仅有 1 个,占总年份数的 7.1%。说明吉林省农业生产资源的配置效率整体水平较高,各年份差距不大。

由年份纵向延伸观测出,2004—2006 年间的综合技术效率达到 DEA 有效,虽然自 2007 年起综合技术效率值下降,但 2011—2017 年效率值仍为 1,再次实现 DEA 有效,表明吉林省 2004—2017 年间的农业生产效率基本呈稳中有进的趋势。即使少数年份处于 DEA 无效阶段,但所有年份的规模报酬均处于不变或递增区间,借鉴董明涛^[10]的研究结论,说明吉林省近年来的农业生产效率整体水平向好,资源利用率有望实现稳步提升。

综合技术效率水平是受纯技术效率和规模效率共同影响,表 2 显示,吉林省纯技术效率总体水平较高,均值高达 0.998,除大部分年份效率值均为 1 以外,仅有 2007 年和 2010 年的纯技术效率分别为 0.990 和 0.982,可见吉林省充分发挥当前技术水平,投入资源的利用率较高,这也间接说明了总体效率水平较高的原因,但仍有发展空间。而致使 2007 年、2009 年、2010 年的 DEA 无效,除 2007 年和 2010 年外,只有 2009 年是由于规模效率无效引起的,但由于其尚且

表 2 吉林省 2004—2017 年间农业生产效率值

年份	综合技术效率值	纯技术效率值	规模效率值	规模报酬	单元 DEA 是否有效
2004	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
2005	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
2006	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
2007	0.990	0.990	1.000	—	单元 DEA 无效
2008	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
2009	0.940	1.000	0.940	irs	单元 DEA 无效
2010	0.914	0.982	0.930	irs	单元 DEA 无效
2011	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
2012	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
2013	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
2014	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
2015	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
2016	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
2017	1.000	1.000	1.000	—	单元 DEA 有效
均值	0.989	0.998	0.991		

注: irs 表示单元规模报酬递增;“—”表示单元规模报酬不变。

处于规模报酬递增区间,说明在这一年份,应适当提高规模效率从而提高整体效率。

2. 投影纵向分析

为更好地分析无效年份的投入产出效率值,利用 DEAP Version 2.1 软件运算,测得吉林省无效年份 2007 年、2009 年以及 2010 年的 DEA 投影分析结果,以及投入产出松弛变量和量化后的投产调整数额,最终结果见表 3、表 4。

表 3 DEA 无效年份投影结果

DEA 无效年份	综合技术效率	投入松弛变量			产出松弛变量	
		S_1^-	S_2^-	S_3^-	S_1^+	S_2^+
2007	0.990	4.004	3.701	0.000	0.000	18.894
2009	0.940	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2010	0.914	0.000	15.962	42.911	47.334	0.000

表 4 DEA 无效年份投影数值

DEA 无效年份	投入冗余量			产出不足量	
	总播种面积 (公顷)	农业机械总动力 (万千瓦)	历年财政农林水事务支出 (万元)	农林牧渔业总产值 (万元)	农村居民人均可支配 收入(元)
2007	-1.697	-17.229	-0.822	0.000	18.894
2009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2010	-94.846	-38.68	-4.309	47.334	0.000

由表 3、表 4 可以看出,无效年份 2009 年投入、产出松弛变量皆为 0,这是由于当年吉林省农业生产纯技术效率值为 1,即规模效率不足导致 DEA 无效。其余两年虽 DEA 无效,但其综合技术效率数值分别为 0.990 与 0.940,整体效率水平较高,且投产松弛变量数值较小,调整区间不大,这与吉林省近年来积极推进农业生产工作规范化、现代化,优化农机装备体系和服务体系等工作密切相关。

3. Malmquist 指数动态纵向分析

为动态考察吉林省近 14 年来的农业生产效率,利用 DEAP2.1 运行得出 TFP 数值,分析吉林省全要素生产率变化情况,结果见表 5。

由表 5 可知,综合技术效率、纯技术效率、规模效率皆为 1 且保持不变,且技术进步率与全要素生产率呈现同趋势涨跌,说明技术进步率是促进全省全要素生产率变化的关键因素。全要素生产率平均值为 0.978,超过 1 和小于 1 的年份均有 5 个,表明 2004 年以来吉林省农业全要素生产率的变化总体趋势有跌落趋势,且有一定的波动性;5 个时期实现了全要素生产负增长,占总时期数的 38%,表明从动态视角来看,吉林省历年技术引领的效率较低,动力不足。

(二) 吉林省农业生产效率横向分析结果

为继续科学观测,因此从微观出发,利用 2017 年吉林省 9 个地市的农业产出、投入数据,横向测度各区域的农业生产 DEA 效率。

1. DEA 效率横向分析

运用 DEAP Version 2.1 软件计算吉林省 2017 年 9 个地市农业生产的综合技术效率值、纯技术效率值、规模效率值,统计规模报酬以及各单位 DEA 是否有效的情况,结果见表 6。

表 5 吉林省 2004—2017 年全要素生产率及其分解

时期	综合技术效率	技术进步率	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
2004—2005	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2005—2006	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2006—2007	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2007—2008	1.000	1.005	1.000	1.000	1.005
2008—2009	1.000	0.766	1.000	1.000	0.766
2009—2010	1.000	1.011	1.000	1.000	1.011
2010—2011	1.000	1.144	1.000	1.000	1.144
2011—2012	1.000	1.026	1.000	1.000	1.026
2012—2013	1.000	1.015	1.000	1.000	1.015
2013—2014	1.000	1.015	1.000	1.000	1.015
2014—2015	1.000	0.881	1.000	1.000	0.881
2015—2016	1.000	0.874	1.000	1.000	0.874
2016—2017	1.000	0.978	1.000	1.000	0.978
平均值	1.000	0.978	1.000	1.000	0.978

表 6 2017 年吉林省各地区农业生产效率分析

地区	综合技术效率值	纯技术效率值	规模效率值	规模报酬	单位 DEA 是否有效
长春	0.961	1	0.961	drs	单元 DEA 无效
吉林	0.927	1	0.927	drs	单元 DEA 无效
四平	1	1	1	—	单元 DEA 有效
辽源	1	1	1	—	单元 DEA 有效
通化	0.852	0.856	0.995	drs	单元 DEA 无效
白山	1	1	1	—	单元 DEA 有效
松原	0.728	0.746	0.946	irs	单元 DEA 无效
白城	0.502	0.531	0.993	irs	单元 DEA 无效
延边朝鲜族自治州	0.321	0.324	0.993	irs	单元 DEA 无效
均值	0.810	0.828	0.977		

注: drs 表示单元规模报酬递减; irs 表示单元规模报酬递增; “—”表示单元规模报酬不变。

从表 6 可以看出,2017 年吉林省 9 个地市农业生产的综合技术效率平均值为 0.810,纯技术效率平均值为 0.828,规模效率平均值为 0.977,吉林省省域内低于平均综合技术效率水平、平均纯技术效率水平以及平均规模效率水平的地市均为 3 个,占总地市数的 33.3%。说明吉林省 2017 年 9 个地市的农业生产效率水平一般,在提高效率配置方面应继续加大力度。

由表 6 观测出,2017 年吉林省 9 个地市中,综合技术效率值最高的是四平市、辽源市、白山市,综合技术效率为 1,数目占总地市数的 33.3%,均实现 DEA 有效,说明这 3 个地市生产效率高,资源没有产生太大浪费。剩余 6 个地市的综合技术效率值由高到低排序依次为:长春市、吉林市、通化市、松原市、白城市、延边朝鲜族自治州,综合技术效率值分别为:0.961、0.927、0.852、0.728、0.502、0.321,除长春市和吉林市的纯技术效率为 1 以外,其余地市的 3 项效率指标均不达标,同属 DEA 无效地区,说明这些地市投入的农业生产资源并未得到充分有效的利用,且产出水平相对较低。

在 2017 年处于 DEA 有效的 3 个地市中,四平市是吉林省第 3 大城市,自 2012 年起,全市种植结构不断优化,粮食播种面积平稳增长,经济作物面积减少,2017 年四平市粮食播种面积 85.8 万公顷,省内排名第 3,而在全省各地市粮食产量与农林牧渔业总产值排名中,四平市排名第 2 位,仅次于省会长春市。这一结果在一定程度上反映了四平市农作物种植面积并不占据优势,但粮食产量越大、产值越高,区域综合效率越有效;辽源市地理概貌为五山一水四分田,农产品加工业是辽源市支柱产业。目前,全市各类农产品加工企业已经发展到近 500 户,市级以上龙头企业 114 户,国家级龙头企业 2 户,省级龙头企业 24 户,市级龙头企业 88 户。2018 年农产品加工业销售收入 449 亿元,同比增长 6.7,农民可支配收入在全省处靠前位置,可见,辽源市农业生产效率较高,达到 DEA 有效;白山市属“九山半水半分田”地貌,优先发展依附于森林资源的特色种植业。全市人参种植面积达 2363 公顷,人参产品也成功打造“吉字号”公共产业,其中,全省唯一的两个农业农村部地理标志认证人参产品就是白山市盛产的靖宇林下参和西洋参。2018 年,全市特色产业产值实现 155 亿元,比上年增长 9%。发展特色产业使白山市综合技术效率水平较高,达到 DEA 有效。

在 2017 年处于 DEA 非有效的 6 个地市中,纵观纯技术效率,长春市与吉林市纯技术效率均为 1,总体综合技术效率水平较高,只存在规模效率不足的问题,这与其地处吉林省经济、政治中心密切相关,故 DEA 无效。纵观规模效率,长春市、吉林市、通化市处于规模报酬递减阶段,说明这 3 个地市投入的农业生产资源存在浪费情况,资源未完全利用,应调整这类地区的农业生产资源投入的数量以及质量,一定程度上缩小农业生产规模,以提高其生产效率。剩余省份如松原市、白城市、延边朝鲜族自治州处于规模报酬递增阶段,说明由于其生产规模普遍较小,虽然 DEA 无效,但又较大发展空间,可通过加大农业生产资源投入,扩大生产规模,提高该地区农业生产效率。

2. 投影横向分析

为科学观测 DEA 无效地区的效率值,通过 DEAP Version 2.1 软件,测度出 2017 年吉林省农业生产效率 DEA 无效地区的投影分析结果、投产松弛变量值以及调整数值,结果见表 7、表 8。

表 7 2017 年吉林省 DEA 无效地区投影结果

地区	综合技术效率	投入松弛变量			产出松弛变量	
		S_1^-	S_2^-	S_3^-	S_1^+	S_2^+
长春	0.961	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
吉林	0.927	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
通化	0.852	0.000	16.099	0.000	0.000	0.000
松原	0.728	261992.361	200.302	0.000	0.000	1333.307
白城	0.502	68269.307	118.142	0.000	0.000	2355.814
延边朝鲜族自治州	0.321	49656.148	44.142	0.000	0.000	70.079

表 8 2017 年 DEA 无效地区投影数值

地区	投入冗余量			产出不足量	
	总播种面积 (公顷)	农业机械总动力 (万千瓦)	历年财政农林水事务支出 (万元)	农林牧渔业总产值 (万元)	农村居民人均可支配收入 (元)
长春	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
吉林	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
通化	-46540.223	-25.017	-46804.387	0.000	0.000
松原	-332181.003	-174.385	-178826.81	0.000	1333.307
白城	-402886.396	-255.309	-326494.147	0.000	2355.814
延边朝鲜族自治州	-242965.022	-157.991	-450318.281	0.000	70.079

由表 7 可以看出,长春市、吉林市没有出现投入松弛与产出紧缩值,只是规模效率不足,因此两市应立足提高规模效率,加强规模效应。通化市出现了投入松弛值,无产出紧缩值,其余松原市、白城市、延边朝鲜族自治州均有投入松弛值和产出紧缩值。

在当前松弛变量值分析之下,可进一步得出 DEA 无效地区的投入冗余量与产出不足量。由表 8 可以看出,通化市、松原市、白城市、延边朝鲜族自治州在农作物总播种面积、农业机械总动力、财政农林水事务支出的投入中都出现了相应的投入冗余量和产出不足量,相较之无产出不足量的通化市,可进一步说明其余 3 个地市在减少一定量投入、扩大一定量产出后,很可能实现效率提升,但通化市在减少一定投入量之后,仍处于现有产出水平,借鉴白建华等^[12]的研究,表明其资源利用率低下,存在资源浪费。

由表 8 可以看出,吉林省 9 个地市中的 6 个 DEA 无效地区,其农作物播种面积的投入冗余平均值为 256143.161 公顷,超出平均值地市包括松原市和白城市,说明这些地市的土地利用率较低。6 个地市的农业机械总动力的投入冗余平均值为 154.176 万千瓦,超出平均值的地市包括松原市、白城市、延边朝鲜族自治州,说明这 3 个地市的农机利用率较低。6 个地市的历年财政农林水事务支出的投入冗余平均值为 250610.906 万元,超出平均值的地市有通化市、白城市、延边朝鲜族自治州,说明这些地区的资金利用率不高,未达到预期效果,借鉴熊鹰和许钰莎^[13]的研究,说明导致了资源浪费。

四、讨论

本文采用 DEA 模型与 Malmquist 指数分析,基于 2004—2017 年吉林省省域及 2017 年吉林省 9 个地市的农业投入、产出的面板数据测算出吉林省的农业生产效率,结果发现:

(1)从纵向分析来看,全省农业生产缺乏规模效用,生产技术遇发展瓶颈。这与郭庆海^[14]研究吉林省农业供给侧结构性改革问题时得出的研究结果基本一致。综合吉林省近 14 年效率情况来看,总体水平较高,综合技术效率、纯技术效率、规模效率的均值分别为 0.989、0.998、0.991,处于较高水平,依据何晓瑶等^[15]的研究,仍有提升的空间。尤其是全省整体规模报酬处于不变状态的居多,只有 2009 年和 2010 年实现规模报酬递增,这与王晓丽和祝源清^[16]提出的吉林省县域农业生产存在规模无效的研究结论基本一致。从动态视角来看,全省自 2004 年以来技术进步率较低,导致全要素生产率不高,农业生产技术水平未实现持续稳步正增长。因此,寻求新的发展出路、提高农业科技水平对于全省农业发展取得突破性进展至关重要,这与赵辉和方天堃^[6]得出的吉林省现代农业发展应加速技术进步的研究结果基本一致。

(2)从横向分析来看,地市农业生产缺乏区域平衡,发展水平遇失衡瓶颈。本文选取的吉林省 9 个地市的效率表明,纯技术效率与综合技术效率不高成为制约农业生产效率的关键,致使此情形发生是因为 9 个地市效率水平严重失衡。四平市、辽源市、白山市的农业生产效率达到 DEA 有效,综合技术效率为 1,但松原市综合技术效率仅有 0.728、纯技术效率仅有 0.746,白城市综合技术效率仅有 0.502、纯技术效率仅有 0.531,延边朝鲜族自治州综合技术效率仅有 0.321、纯技术效率仅有 0.324,区域发展不平衡问题较为严重,大部分地市存在农业投入冗余与产出不足的问题,地区性发展不平衡形势很严峻,这与王晓丽和祝源清^[16]在分析吉林省县域农业生产效率评价时得出的研究结果一致。

(3)从投影分析来看,全省各地市农业生产缺乏统筹规划,投产资源有浪费现象。这与吴晓红^[17]、潘玥^[18]、赵辉和方天堃^[6]在研究吉林省农业发展水平时得出的研究结果基本一致。吉林省在效率无效年份 2007 年综合技术效率为 0.990,2010 年综合技术效率为 0.914,投入冗余量的调整主要从农作物播种面积、农业机械总动力、财政支出进行小幅度调整,产出不足量也是从 2007 年的农民人均可支配收入和 2010 年的农林牧渔总产量开展小范围调整。但在 6 个 DEA 无效地市中,除长春市和吉林市是由于规模效率不足引起的 DEA 无效之外,通化市、松原市、白城市、延边朝鲜族自治州均有较高的投入冗余量及产出不足量,特别是白城市的耕地面积、农业机械总动力投入冗余量最高,农民人均可支配收入产出不足最高,延边朝鲜族自治州的财政农林水事务支出冗余量最大。

从不同的投入视角来看,其一,在基础投入方面,吉林省作为粮食大省,耕地资源丰富,有效利用现有耕地资源就显得颇为重要。但通化市、松原市、白城市、延边朝鲜族自治州在作物播种面积方面有冗余,且白城市冗余量最大,表明整体在农作物耕地资源利用率较低,这与王晓丽和祝源清^[16]提出的提高吉林省县域土地资源产出率的结论基本一致;其二,在技术投入方面,农业机械总动力作为农业生产的技术资本投入,在

DEA 无效地区中利用率较低,其中,投入冗余额最大的是白城市 255.309 万千瓦,存在大量的资本浪费;其三,在资金投入方面,吉林省政府的财政农林水事务投资巨大,但得不到高效利用;最后,在产出方面,在吉林省的 9 个地市中,3 个 DEA 无效地区出现了农民人均可支配收入产出不足的情况,表明城镇化的不断推进造成了农村人口数量逐年下降,农民外出务工也更减少了农村劳动力,这与段梦和黄德林等^[19]在研究农业转移人口市民化对农业经济的影响是得出的结论基本一致,且城镇化、经济发展、人口转型等诸多因素也造成了该地区大量的闲置土地,这与孙悦^[20]在研究乡村振兴战略下的农村土地闲置问题是得出的研究结果基本一致,说明在无效地区存在农民收入不高、农业生产成果转化率较低且劳动力不足的情况。

由此可见,与已有研究文献相比,本文结论与实际情况比较相符,且通过对农业生产效率进行分析可发现投入产出不匹配的相关因素,可有针对性地调整投入,以充分保证农业生产效率。但本文仅从农业生产效率的视角出发,忽视了其农业创新效率的评价研究,因此,对于吉林省农业发展水平的研究,未来可考虑将农业创新因素引入评价体系,从而提出更加微观的农业生产策略与建议,使本文更具有显著的经济意义。

五、建议

综上所述,通过分析吉林省的农业生产效率可得出,吉林省的农业生产不仅在省域内存在规模效应不足的问题,在各地市也存在着发展失衡以及资源浪费的现象。因此,在推进吉林省农业新常态的工作中,调整和改善以上不足对于粮食大省的农业发展具有重要意义。据此,提出以下几点建议:

(1)实施全面性的农业生产现代化战略。政府应积极转换思路,在夯实农业生产能力的基础上,适时推进全面性的农业基础设施建设、农业生产适度规模建设和农业现代化建设。顺应国家政策,加大资金投入,提高农田机械化水平,培育大量高标准农田,实现农田高质量生产,促进农业基础设施建设;吸取社会资本投入力量,加大对新型农业生产经营主体的各项投入,配合土地流转、托管、入股、联耕、联种、代种多种经营模式,合力提升种田大户和家庭农场等种植主体的农业生产效率,稳步提升农民专业合作社和农业公司等经营主体的生产规模效率^[21];转变“量化投入”的传统思路,推进农业供给侧结构性改革,革新先进技术的研发和推广,政策鼓励和资金支持农业科技人员开展进村入户等科技服务,释放农业生产潜能,构建现代农业体系,实现转型高质量发展。

(2)实施差异性的农业生产区域化策略。综合测度各地市的效率水平,将吉林省农业生产区域划分为:包含长春市、吉林市、四平市、辽源市、白山市在内的生产领先区,以及包含松原市、通化市、白城市、延边朝鲜族自治州在内的生产薄弱区。薄弱区应以条件为导向,着重考虑其农业资源禀赋、农业发展潜力和产品产销平衡条件,在优化投入产出结构的基础上,因地制宜实现区域特色产业的规模集约式发展;以问题为导向,加强管理机构与人才基地的建设,解决基建落后、设施缺失、设备低端等难题。领先区应以资源为导向,发挥自身资源效应和政策效应的优势,共同构建地市区间农机合作机制^[22],促进领先区与薄弱区之间信息链、技术链、资金链、物流链的流通,减少机会成本;以设计为导向,革新农机产业的发展重心,由注重农机推广转变为提升投入利用率与成果转化率,使用新型机具避免效率缺失,引导技术企业开展田野调查,创立教育机构培育高端人才,力争实现区域协同递进式发展^[23]。

(3)实施统筹性的农业生产高效化策略。统筹实施国家 2017 年提出的《关于建立粮食生产功能区和重要农产品生产保护区指导意见》的重要规划,强化省区耕地综合生产能力建设,运用现代农业信息技术,建立耕地生产信息监管监督体系,定期对吉林省农作物耕地生产状况进行实时动态监测,掌握农业生产投入和产出的精细化数据。建立全省区的信息报送制度,落实数据库的及时更新,开放信息接口,共享信息资源,在数据可测的前提下,实时监测并同步投入产出数据,实现统筹规划耕地资源、高效利用农机资源、优化财政支农结构、转化农业生产成果、完善土地流转制度,竭力降低地区农业生产投入冗余额与产出不足额,推进资源高效利用,从而统筹农业生产。

参考文献

- [1] 王刚毅,刘杰.东北地区农业生产效率测度及影响因素[J].北方园艺,2018(15): 192-202.
- [2] 李中东,尉迟晓娟.山东省农业生产效率研究——基于超效率 DEA 和 Malmquist 指数[J].山东农业大学学报(社会科学版),2019,21(2): 45-51.
- [3] 徐密,邹韵,涂鸣.基于 DEA 的湖北省农业机械化投入产出效率[J].农业工程,2018(7): 12-16.
- [4] 李勇辉,白利鹏.云南省农业科技创新资源配置效率及影响因素研究[J].中国农业资源与区划,2019,40(6): 63-69.

- [5] 吴振华,雷琳. 基于三阶段 DEA 模型的农业土地生态效率研究——以河南省为例[J]. 生态经济, 2018, 34(10): 76-80.
- [6] 赵辉,方天堃. 吉林省现代农业发展效率综合评价: 基于 1978—2009 年的分析[J]. 农业经济, 2014(8): 9-11.
- [7] 曾福生,高鸣. 我国各省区现代农业发展效率的比较分析: 基于超效率 DEA 及 Malmquist 模型的实证分析[J]. 农业经济与管理, 2012(4): 38-44.
- [8] 贺志亮,刘成玉. 我国农业生产效率及效率影响因素研究: 基于三阶段 DEA 模型的实证分析[J]. 农村经济, 2015(6): 48-51.
- [9] 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.
- [10] 董明涛. 我国农业科技创新资源的配置效率及影响因素研究[J]. 华东经济管理, 2014, 28(2): 53-58.
- [11] 白建华,宋连久,朱桂丽. 基于 DEA 模型的西藏农业效率实证分析及改进策略研究[J]. 天津农业科学, 2016, 22(5): 96-102.
- [12] 白建华,杨文凤,央青卓嘎. 基于数据包络分析的高原地区青稞种植效率评价——基于 427 户青稞种植户的入户调查[J]. 东北农业科学, 2019, 44(3): 64-70.
- [13] 熊鹰,许钰莎. 四川省环境友好型农业生产效率测算及影响因素研究——基于超效率 DEA 模型和空间面板 STIRPAT 模型[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(7): 1134-1146.
- [14] 郭庆海. 吉林省农业供给侧结构性改革: 问题、框架与路径[J]. 吉林农业大学学报, 2018, 40(4): 517-523.
- [15] 何晓瑶,彭文英,李若凡. 基于 DEA 模型的现代农业发展效率评价——以内蒙古磴口县为例[J]. 水土保持研究, 2019, 26(1): 374-380.
- [16] 王晓丽,祝源清. 基于数据包络分析方法的吉林省县域农业生产效率评价[J]. 税务与经济, 2014(2): 106-109.
- [17] 吴晓红. 农机推广助力农业机械化发展[J]. 农业工程技术, 2019, 39(20): 50.
- [18] 潘玥. 基于 DEA 的吉林省农业信息化投入产出效率测度[J]. 吉林农业, 2018(1): 36.
- [19] 段梦,黄德林. 基于 CGE 模型的农业转移人口市民化对农业经济的影响研究. 中国农业资源与区划, 2018(9): 224-230.
- [20] 孙悦. 乡村振兴战略下的农村土地闲置问题研究[J]. 南方农机, 2018, 49(21): 77, 82.
- [21] 侯琳,冯继红. 基于超效率 DEA 和 Malmquist 指数的中国农业生产效率分析[J]. 河南农业大学学报, 2019, 53(2): 316-324.
- [22] 张济建,刘宏筓,张茜. 考虑递进发展的我国农业机械化效率评估——基于 Bootstrapped 修正的三阶段 DEA 模型[J]. 中国农机化学报, 2019, 40(8): 193-200.
- [23] 伍国勇,张启楠,张凡凡. 中国粮食生产效率测度及其空间溢出效应[J]. 经济地理, 2019(9): 207-212.

Evaluation of Agricultural Production Efficiency in Jilin Province Based on DEA Model and Malmquist Index

Li Qiang¹, Pang Yufan², Wang Yue³

(1. Marxism School of Wuhan University for Technology, Wuhan 430070, China;

2. Business School of Guangxi University for Nationalities, Nanning 530006, China;

3. College of Ethnology and Sociology, Guangxi University for Nationalities, Nanning 530006, China)

Abstract: Based on the perspective of agricultural input and output, the author uses DEA model to calculate the agricultural production efficiency of Jilin Province from 2004 to 2017 and 9 cities in Jilin Province from the vertical and horizontal levels. Through projection analysis and Malmquist index, the author evaluates the agricultural production level of Jilin Province, and calculates the agricultural production efficiency of Jilin Province and its nine cities, so as to provide theoretical reference for realizing the development of agricultural modernization in Jilin Province. The results show that the overall agricultural production efficiency of Jilin Province is high from 2004 to 2017, and DEA is effective in many years, but there is still room for improvement. Dynamic observation shows that the technological progress rate of Jilin Province is low, which restricts the improvement of total factor productivity. At the horizontal level, the comprehensive technical efficiency of the nine cities in Jilin Province in 2017 is overall high, but the regional gap is obvious. On the whole, the main reasons of DEA ineffectiveness lie in the large regional differences, and the technology and scale benefits are not fully played. Through the projection analysis, the author found that there are different degrees of redundancy in the sown area, the total power of agricultural machinery, and the expenditure of agriculture, forestry and animal husbandry affairs in different cities, and the input resources have not been effectively utilized and there is waste. Therefore, the government should implement comprehensive agricultural production modernization strategy, differentiated Agricultural Production Regionalization strategy and overall agricultural production efficiency strategy.

Keywords: Jilin Province; agricultural production; efficiency; DEA analysis