

经济发展新格局背景下粮食绿色 技术效率影响因素分析 ——以鄱阳湖流域为例

鲍丙飞¹ 张利国² 雷绪斌³ 杨胜苏^{2, 4} 赵丹丹³¹

(1. 安徽财经大学 统计与应用数学学院, 中国安徽 蚌埠 233030;

2. 江西财经大学 经济学院, 中国江西 南昌 330013;

3. 湖南财政经济学院 湖南省经济地理研究所, 中国湖南 长沙 410205;

4. 湖南财政经济学院 工程管理学院, 中国湖南 长沙 410205)

【摘要】: 基于鄱阳湖流域各县(市、区)粮食生产数据, 采用 MinDS 模型对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率进行度量, 并在此基础上采用空间自回归模型对其粮食绿色技术效率影响因素进行了探讨, 结果表明: (1) 2000—2017 年鄱阳湖流域粮食绿色技术效率年均值为 0.8172, 且年际间呈波动较为频繁态势, 其变动趋势主要由依托纯技术效率驱动转变为主要靠纯技术效率和规模效率“双轨驱动”而引起的。(2) 在其他条件不变的情况下, 除城镇化率、年平均降水量、产业集聚以及财政支农政策对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率起到负向作用外, 其他解释变量均对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率起到正向作用。其中, 年平均气温、年平均降水量、产业集聚、劳均经营规模、种粮人口占比均在 1% 的水平上显著影响粮食绿色技术效率; 复种指数在 10% 的水平上显著影响粮食绿色技术效率。

【关键词】: 粮食安全 粮食绿色技术效率 演变分析 空间计量模型 鄱阳湖流域

【中图分类号】: F307.11 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462(2022)07-0185-10

构建以国内大循环为主、国内国际双循环相互促进的新发展格局是我国“十四五”期间重要的战略布局, 对我国社会经济影响是全面且基础性的。就粮食而言, 需要充分利用国内和国际市场资源, 提高粮食质量、效益和竞争力, 即提高我国粮食科技含量、适度规模经营水平和劳动生产率。同时, 粮食也是我国经济发展、社会和谐稳定、国家安全的重要保证。因此, 在经济新

作者简介: 鲍丙飞(1987—), 男, 安徽六安人, 博士, 讲师, 硕士生导师, 研究方向为粮食经济、资源环境经济。E-mail:1114589483@qq.com; 雷绪斌(1990—), 男, 湖南双峰人, 博士, 讲师, 研究方向为土地利用管理与区域经济发展。E-mail:120383233@qq.com

基金项目: 安徽高校人文社会科学研究项目(SK2021A0230); 安徽财经大学科研项目(ACKYC21030); 湖南省教育厅科学研究项目重点项目(20A082); 湖南省社会科学成果评审委员会一般课题(XSP19YBZ141)

格局背景下保障粮食安全对推进我国生态文明建设和加强乡村振兴战略等具有重要意义。随着我国政府出台一系列“支农、扶农、惠农”政策，尤其是2006年以来，全面取消农业税征收，给予种粮农民粮食补贴，农民种粮积极性大幅提升，粮食产量稳定增加，到2021年产量创历史新高，达到6828.5亿kg，人均粮食占有量达到483kg，高于国际公认的400kg粮食安全线¹，然而，近年来，由于耕地减少、耕地质量下降、耕地结构调整、休耕、撂荒等，粮食播种面积大幅减少，非粮化较为严重，在一定程度上对我国粮食安全构成潜在的威胁^[1]。同时，粮食生产过程中伴随着农业面源污染问题越发严重²。因此，如何最大限度地减轻粮食生产对环境的负外部效应，实现耕地、水资源、劳动力等要素优化配置，推动粮食高质量发展是今后粮食生产的关键。即要求在资源节约条件下，提高粮食绿色技术效率，实现粮食经济朝着“绿色”与“高效”的方向发展，加快推动生态文明建设进程。由于鄱阳湖流域与江西省行政边界高度重合，且江西省是粮食主产区，在粮食生产中占有重要地位，是新中国成立以来从未间断向国家提供商品粮的两个省份之一，截止到2020年，粮食播种面积和产量实现“双增长”，产量连续8年稳定在215亿kg以上，以占全国2.3%的耕地生产了全国总量3.25%的粮食，每年口粮外调量约50亿kg，为确保国家粮食安全作出重要贡献。

已有学者对我国粮食技术效率进行广泛研究^[2,3,4]，主要集中在粮食技术效率测算方法和影响因素等方面。如在测算方法方面，大多学者均将粮食总产量作为产出变量，以劳动力、有效灌溉面积、农业机械总动力、化肥等作为投入变量，忽视了农业面源污染问题^[5,6]。实际上，在粮食生产过程中不仅产生期望产出，也会产生非期望产出（如农业面源污染）。那么，如何将非期望产出纳入传统粮食技术效率框架分析中，成为测度粮食绿色技术效率的关键。在影响因素方面，由于各个地区自然资源禀赋差异较大，各地区粮食生产的基础设施、科技投入等千差万别，且这些因素对粮食技术效率均产生重要影响^[7,8,9]。诸多学者对粮食技术效率的主要影响因素进行了深入研究，主要集中在自然因素^[10]、农业科技投入^[11]、人力资本投入^[12]、农业基础设施建设^[13]、农业政策^[14]和规模化生产^[15]等方面。然而，由空间计量经济学理论可知，地区之间的某种经济地理现象或各个属性值存在空间相关关系。如果忽视了这种空间相关性，则会使研究结果产生偏误。

综上所述，现有文献主要从粮食技术效率测算方法和影响因素两个方面进行研究，这为本文奠定了坚实的理论和实践基础。但现有研究也存在需要进一步深入的地方，如传统粮食技术效率测度缺少考虑非期望产出以及其影响因素尚未将空间效应纳入，使得研究结果与真实情况产生偏误。基于此，本文尝试将农业面源污染等环境因素纳入传统粮食技术效率分析框架中，深入剖析鄱阳湖流域粮食绿色技术效率时空演变特征和规律，有利于正确掌握农业科技以及相关投入要素的利用状况，便于对各投入、产出等要素进行合理调整。在此基础上，将空间地理因素纳入到粮食绿色技术效率的影响因素分析框架中，采用空间计量模型对影响粮食绿色技术效率主要因素进行分析，旨在摸清鄱阳湖流域粮食绿色技术效率影响因素的作用机理，对优化粮食绿色生产空间布局提供有效的政策建议。

1 研究方法数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 MinDS 模型

为了弥补SBM模型选取强有效前沿上最远的投影点进行技术效率测算的不合理之处，本文将采用选取距离强有效前沿上最近点作为投影点的模型，即至强有效前沿最近距离模型（Minimum Distance to Strong Efficient Frontier, MinDS）^[16]。该模型求解的方法是先通过SBM模型获取有效的决策单元集合，以有效子集作为其参考集，再通过增加一组混合整数线性约束，将被评价决策单元的参考标杆限制在同一超平面内。模型构建如下：

$$\min \rho = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(1 - \frac{S_i^-}{x_{ik}}\right)}{\frac{1}{q_1} \sum_{r=1}^{q_1} \left(1 + \frac{S_r^+}{y_{rk}}\right) + \frac{1}{q_2} \sum_{t=1}^{q_2} \left(1 + \frac{S_t^-}{b_{tk}}\right)} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & S.t. \\ & \sum_{j \in E} x_{ij} \lambda_j + S_i^- = x_{ik} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\ & \sum_{j \in E} y_{rj} \lambda_j - S_r^+ = y_{rk} \quad (r = 1, 2, \dots, q_1) \\ & \sum_{j \in E} b_{tj} \lambda_j + S_t^- = b_{tk} \quad (t = 1, 2, \dots, q_2) \\ & S_i^- \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\ & S_r^+ \geq 0 \quad (r = 1, 2, \dots, q_1) \\ & S_t^- \geq 0 \quad (t = 1, 2, \dots, q_2) \\ & \lambda_j \geq 0 \quad (j \in E) \\ & -\sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} + \sum_{r=1}^{q_1} \mu_r y_{rj} - \sum_{t=1}^{q_2} \beta_t b_{tj} + d_j = 0 \quad (j \in E) \\ & \nu_i \geq 1 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\ & \mu_r \geq 1 \quad (r = 1, 2, \dots, q_1) \\ & \beta_t \geq 1 \quad (t = 1, 2, \dots, q_2) \\ & d_j \leq M h_j \quad (j \in E) \\ & \lambda_j \leq M(1 - h_j) \quad (j \in E) \\ & h_j \in \{0, 1\} \quad (j \in E) \\ & d_j \geq 0 \quad (j \in E) \end{aligned} \quad (2)$$

式中： $M > 0$ 且足够大。从式子中可以看出，若被评价单元的效率达到最优（即研究区某决策单元在生产前沿面上），其充要条件为： $S_i^- = S_r^+ = S_t^- = 0$ 。本文选择 MinDS 模型对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率进行测算和评价，能够对粮食生产过程的投入产出指标冗余进行改进，从而使得投入产出指标方面以最小的代价达到最有效率的期望目标。

1.1.2 空间面板计量方法

空间计量经济学是在传统计量经济学的基础上引入了空间效应，创造性地处理了传统计量方法在面对空间数据时的缺陷，考察了数据在地理观测值之间的关联。此外，基于面板数据的空间计量模型与基于截面数据的计量模型相比，更贴近现实状况。因此，本文基于空间计量模型探讨鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响因素。根据空间计量模型分类，空间面板计量模型可相应分为空间面板滞后模型（或空间面板自回归模型）和空间面板误差模型^[17]。

1.2 数据来源

鄱阳湖流域面积约为 16.20 万 km^2 ，位于江西省境内的流域面积为 15.70 万 km^2 ，占江西省国土面积的 94%^[18]，考虑其流域范

围与江西省行政区高度重合,故本文采用江西省的县(市、区)数据来探讨鄱阳湖流域粮食绿色技术效率情况。其行政区划包括南昌县、柴桑区等100个县(市、区),是江西省主要粮食产区。本文考虑到其中19个市辖区³和共青城市的城市化水平较高,粮食生产所占比例很低,甚至根本不生产粮食,对研究结果影响不大,因此,选择鄱阳湖流域80个县(市、区)为研究对象,时间序列为2000—2017年。研究数据主要来源于历年江西省各地市统计年鉴以及各县(市、区)统计公报,部分数据基于年鉴数据计算获得。

2 鄱阳湖流域粮食绿色技术效率演变分析

选取鄱阳湖流域劳动力、土地、机械动力、水资源和化肥为投入指标^[19],选取两类产出指标,分别为期望产出和非期望产出。其中,劳动力投入用第一产业从业人员表示,土地投入用粮食作物播种面积表示,机械动力投入用农业机械总动力表示,水资源投入用有效灌溉面积表示,化肥投入用农用化肥施用量(折纯量)表示。以上投入指标皆为农业口径统计数据,为准确计算粮食生产投入情况,本文采用张利国等^[20]关于粮食生产技术效率的投入生产要素处理方法,将粮食生产投入要素从广义农业中剥离出来表示。期望产出用各年的粮食总产量表示;非期望产出用总氮(TN)、总磷(TP)表示⁴,且相关研究已经证实了化肥过量施用对环境产生负外部性^[21],不利于粮食绿色发展。运用MaxDEA软件对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率进行测算,并根据测算结果进行分析。具体如下:

总的来说,2000—2017年鄱阳湖流域粮食绿色技术效率年均值为0.8172。其中,2003年粮食绿色技术效率值最大,为0.8824,其次是2007年,为0.8670;2011年粮食绿色技术效率值最小,为0.7591,其次是2013年,为0.7665。从粮食绿色技术效率分解来看,2000—2017年鄱阳湖流域粮食纯技术效率年均值为0.8390。其中,2002年粮食纯技术效率值最大,为0.8852,其次是2003年,为0.8842;2015年粮食纯技术效率值最小,为0.8003,其次是2016年,为0.8018。2000—2017年鄱阳湖流域粮食规模效率年均值为0.9738。其中,2010年粮食规模效率值最大,为1.0222,其次是2007年,为1.0093;2011年其粮食规模效率值最小,为0.9305,其次是2012年,为0.9314。

从时序演变趋势来看,2000—2017年鄱阳湖流域粮食绿色技术效率、纯技术效率均呈先持续上升再波动下降后上升态势。而粮食规模效率变化趋势主要分两个阶段:第一阶段(2000—2007年)呈总体上升态势,且较为平缓,这一阶段的纯技术效率变化步调与粮食绿色技术效率基本一致,说明这一时期,纯技术效率是鄱阳湖流域粮食绿色技术效率增长的主要源泉,这主要是由于此阶段农业科技应用普及率高,农业产业化程度逐步提升,以及农业税的全面取消,降低了农民种粮成本,提高农民种粮积极性,有助于粮食绿色技术效率的提高;第二阶段(2008—2017年)呈总体波动下降态势,这一阶段规模效率和纯技术效率均呈总体下降趋势,说明这一时期,鄱阳湖流域粮食绿色技术效率增长主要靠纯技术效率和规模效率“双轨驱动”。可能由于劳动力成本较高,农村青壮年劳动力外出务工,导致大量耕地撂荒,不利于粮生产规模效率的提高,同时劳动力质量下降,势必对粮食生产质量和农业科技推广产生负面影响。此外,仍有相当一部分农户通过过量使用化肥、农药等来提高粮食产量,阻碍了粮食绿色技术效率的提高。

总的来说,2000—2017年鄱阳湖流域粮食绿色技术效率由开始主要依托纯技术效率驱动转变为主要纯技术效率和规模效率“双轨驱动”(图1)。

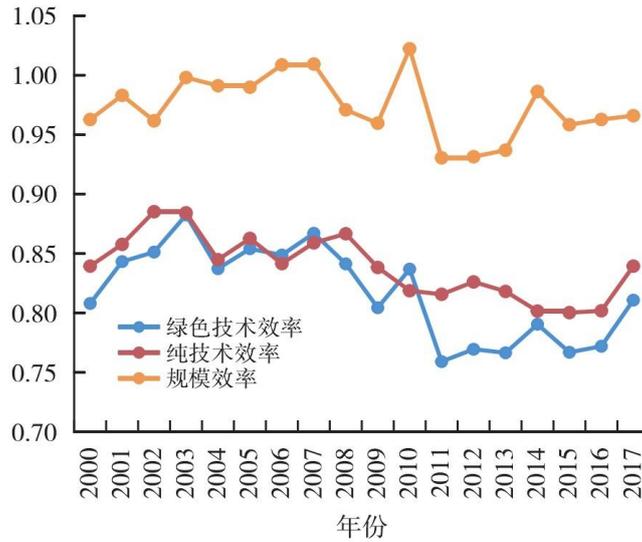


图1 2000—2017年鄱阳湖流域粮食绿色技术效率演变趋势

3 粮食绿色技术效率影响因素回归分析

由上述可知，鄱阳湖流域粮食绿色技术效率水平还很低，那么造成鄱阳湖流域粮食绿色技术效率低的原因是什么？如何有效地促进其粮食绿色技术效率水平的提高？这是当前迫切需要解决的问题。鉴于不同县（市、区）粮食生产要素间的空间流动及其产生的空间效应，在探讨鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响因素时，采用空间计量模型能够有效地捕捉这种空间效应，并掌握其规律。

3.1 变量选取与预期方向

结合当前关于粮食绿色技术效率影响因素的相关文献，本文认为影响粮食绿色技术效率的可能因素主要有：空间地理因素^[6]、城镇化率^[22]、自然环境因素^[23]、复种指数^[24]、产业集聚^[25]、劳均经营规模^[26]、种粮人口占比^[19]、财政支农政策^[27]、单位面积农业机械总动力^[28]和粮食播种面积占比^[29]等因素。为了缓解异方差现象，对各影响因素进行对数处理。具体分析如下：

空间地理因素。由地理学第一定律可知，粮食绿色技术效率的高低不仅依赖于自身，还受到邻近地区粮食绿色技术效率的影响。因此，将空间地理因素纳入粮食绿色技术效率的影响因素分析框架中，促使研究结果更加准确。本文预期空间地理因素对粮食绿色技术效率的影响为正。

城镇化率（lnUr）。一方面，城镇化水平的提升，能够有效地推动粮食生产的规模化和机械化水平的提高，有利于粮食技术效率的提升^[30]。另一方面，由于城市就业机会多，吸引了大批青壮年劳动力进城务工等，导致从事粮食生产的劳动力质量下降，对现代农业新技术、新理念等在农村推广和应用起到阻碍作用，不利于粮食绿色技术效率水平的提高。因此，城镇化率对粮食绿色技术效率的影响方向有待进一步验证。

自然环境因素。粮食生产是受气候变化影响最为敏感和最为脆弱的农业领域之一。粮食生产与气候条件密切相关，气候变化主要通过温度、降水等影响粮食生产环境。若气候变化与粮食生长相适宜，则有利于粮食绿色技术效率的提高；反之，则导致粮食绿色技术效率降低。因此，年平均气温（lnT）和年平均降水量（lnRf）对粮食绿色技术效率的预期影响方向均需要进一步实证检验。

复种指数 (lnMci)。复种指数受到当地土壤、水分、肥料和科学技术水平等自然环境因素的约束。复种指数受到技术、品种、经济、管理等人类活动的影响,会正向或负向反馈于自然生态环境。因此,复种指数对粮食绿色技术效率的预期影响方向需要进一步的实证检验。

产业集聚 (lnIa)。产业集聚是指同一产业在某个特定地理区域内高度集中、产业资本要素在空间范围内不断汇聚的过程。本文借鉴程玉桂测算江西省农产品产业集聚方法^[31]来度量鄱阳湖流域各县(市、区)的粮食产业集聚程度。有学者认为在现有资源禀赋条件下,产业规模化提高在促进资源有效利用,推动农业经济发展的同时,也伴随着污染物排放量的增加。因此,预期产业集聚对粮食绿色技术效率的影响方向需要进一步实证检验。

劳均经营规模 (lnAls)。劳均经营规模反映种粮劳动力平均每人从事种粮的能力。一些学者认为劳均经营规模扩大伴随着粮食生产成本降低以及环境负外部性减少,有利于提高粮食绿色技术效率;然而,也有一些学者认为适度经营规模有助于粮食绿色技术效率的提高^[32]。由此可知,经营规模与粮食绿色技术效率之间关系并未达成共识。因此,劳均经营规模对粮食绿色技术效率的影响方向需要进一步实证检验。

种粮人口占比 (lnPgpp)。随着经济快速发展,种粮人口占比减小。一方面,经济快速发展带来农村劳动力流失严重,这不利于粮食绿色技术效率的提高;另一方面,由于农业现代化水平的不断提高,农业科技普及推广与应用弥补了农村劳动力的不足,在一定程度上提高了粮食绿色技术效率水平。因此,预期种粮人口占比对粮食绿色技术效率的影响方向需要进一步实证检验。

财政支农政策 (lnFsap)。本文采用各县(市、区)的财政涉农支出占总财政支出的比例来表示。现有研究认为财政支持政策将会改变农产品和粮食生产资料的相对价格,从而对农民的生产行为产生影响,进而导致不同的环境效应。因此,财政支农政策对粮食绿色技术效率的预期影响方向需要进一步的实证检验。

单位面积农业机械总动力 (lnTpampua)。单位面积农业机械总动力反映单位面积的农业机械化水平,而农业机械化水平对粮食生产作用还取决于一个地区的地形复杂程度,进而影响粮食绿色技术效率^[33,34]。因此,单位面积农业机械总动力对粮食绿色技术效率的影响方向需要进一步实证检验。

粮食播种面积占比 (lnPgasa)。在其他条件一定情况下,粮食播种面积占比越大,越便于粮食规模化生产,有利于粮食生产环境逐步改善和资源的合理利用,促进粮食技术效率水平的提高。因此,预期粮食播种面积占比对粮食绿色技术效率的影响方向为正。

3.2 空间面板模型检验和模型选择

为了选择合理的空间计量模型,在进行空间面板实证分析之前需要做两方面的工作:①确定面板回归模型选择固定效应还是随机效应;②在前者确定的基础上,选择合适的空间面板模型(空间面板自回归模型或空间面板误差模型)。

鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的空间面板自回归模型(SAR模型)和空间面板误差模型(SEM模型)的Hausman检验结果。其中,粮食绿色技术效率的SAR和SEM模型的Hausman检验统计值分别为120.5700和137.0000,均通过1%水平下通过的显著性检验。通过以上分析可知,粮食绿色技术效率拒绝原假设($P>0.05$),表明选择固定效应的空间计量模型更加适合。

在基于固定效应的空间计量模型基础上,继续对两种空间计量模型进行LMSAR、LMSEM、RobustLMSAR、RobustLMSEM检验。结果显示:粮食绿色技术效率的Moran's I指数的统计值为10.9260,且在1%水平下通过显著性检验,进一步验证了粮食绿色技术效率具有空间效应;粮食绿色技术效率的LMSAR的统计值为169.5350,且在1%水平下通过显著性检验,LMSEM的统计值为

113.8370, 且通过 1%显著性检验; 粮食绿色技术效率的 RobustLM-SAR 的统计值为 57.4650, 且在 1%水平下通过显著性检验, RobustLMSEM 的统计值为 1.7670, 且其显著性水平为 18.40%。由此可见, 空间面板自回归模型相对于空间面板误差模型更为稳健, 因此, 选择构建空间面板自回归模型更为合适。

3.3 空间面板模型估计结果

在上文选择空间面板自回归模型的基础上, 采用 Stata15.0 软件对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响因素进行空间面板模型估计。其中, 基于空间邻接权重矩阵的粮食绿色技术效率的空间面板自回归模型的估计结果。模型 I、模型 II、模型 III、模型 IV 分别基于空间面板的无固定效应、空间固定效应、时间固定效应、时间空间双向固定效应。

从模型解释变量的回归系数来看, 模型 II 各个解释变量的回归系数大部分通过显著性检验。总的来说, 模型 II 要优于模型 III、模型 IV。此外, 模型 II 的 AIC 和 BIC 值均低于模型 III、模型 IV, R^2 均高于模型 III 和模型 IV。在空间面板自回归模型中, 模型 I 是假定各县(市、区)之间具有相同的粮食绿色技术效率水平, 显然忽视了粮食绿色技术效率的地区性差异; 模型 III 考虑了时间的影响, 但同样忽视了粮食绿色技术效率的地区性差异影响, 模型估计结果也会显示出不同程度的偏差; 模型 IV 考虑了粮食绿色技术效率的地区差异与时间的影响, 理论上避免了因时间和地区差异而产生的估计结果偏差, 但从空间计量估计结果来看, 模型 IV 的 AIC 和 BIC 值均高于模型 II, 同时 R^2 低于模型 II, 表明在模型 II、模型 IV 中, 模型 IV 要劣于模型 II。这可能由于时间固定效应不仅对粮食绿色技术效率的当期有影响, 对未来若干期仍然具有辐射作用, 同时在地区差异的背景下, 使得双向固定效应模型估计结果并不优于空间固定效应模型。由上述分析可知, 选择固定效应的空间面板自回归模型更为恰当。

3.4 空间面板模型估计结果的稳健性检验

由于鄱阳湖流域各县(市、区)内部间粮食绿色技术效率具体相互作用无法知晓, 上述实证选择的权重矩阵是否能够反映实际情况, 需要进一步对回归结果进行稳健性检验。因此, 下文通过变化空间权重矩阵(包括地理距离空间权重矩阵和经济距离空间权重矩阵)来考察各影响因素的回归系数符号与显著性等情况来判断上述空间计量回归结果是否具有稳健性。

模型 II、模型 III 的各影响因素的回归系数符号方向与模型 I 的结果完全一致, 其回归系数的大小也保持相对稳定, 且显著性水平也基本不变。说明各主要影响因素对粮食绿色技术效率的空间效应保持稳定, 并没有因为空间权重矩阵选取的不同而产生较大差异。因此, 本文基于固定效应的空间面板自回归模型估计结果具有稳健性。

3.5 空间面板模型估计结果分析

3.5.1 空间自回归系数的计量结果分析

根据固定效应的空间面板自回归结果可知, 鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的空间自回归系数 ρ 的估计值为 0.3620, 且通过 1%显著性检验。表征地理因素的空间相关系数为正并通过了显著性检验。进一步验证了选择空间计量模型而非传统面板数据模型的合理性。鄱阳湖流域相邻县(市、区)间的粮食绿色技术效率水平存在空间依赖性: 一个县(市、区)的粮食绿色技术效率不仅与其自身城镇化率、财政支农政策、种粮人口占比等因素息息相关, 在一定程度上还依赖于与之具有相似空间特征的相邻县(市、区)的粮食绿色技术效率水平, 且县(市、区)存在着相互间的正向影响。

3.5.2 影响因素的计量结果分析

基于固定效应的空间面板自回归模型计量估计结果, 对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响因素进行分析, 具体分析如下。

①城镇化率。城镇化率的系数为-0.0080，说明城镇化率对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响为负。在其他条件不变的情况下，城镇化率每增加1个百分点，粮食绿色技术效率将降低0.0080个百分点。这可能由于城镇地区就业机会、劳动报酬、生活条件等明显高于农村地区，使得外出务工的青壮年劳动力和农村走出去的大学生从多方面考虑更愿意留在城市生活，留守农村的大部分都是老人、妇孺，即从事粮食生产的劳动力结构呈现出“老龄化”“弱质化”等特点。无法完全满足农业现代发展的需求，主要表现为从事粮食生产的劳动力老龄化严重、科学素质不高，对农业面源污染认识不清，且大多数仍然保持传统粗放式的种粮方式，不利于农业现代化发展中出现的新技术、新理念等在农村推广和应用，加剧对资源不合理利用和环境破坏的严重程度，不利于粮食绿色技术效率的提高。

②自然环境因素。固定效应的空间自回归模型回归结果可知，年平均气温的系数为0.3460，说明年平均气温对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响为正。在其他条件不变的情况下，年平均气温每增加1个百分点，粮食绿色技术效率将提高0.3460个百分点，且年平均气温在1%的水平下显著影响鄱阳湖流域粮食绿色技术效率。总的来说，鄱阳湖流域年平均气温在18℃，且年际间呈总体缓慢上升态势，气候较为适宜，有利于粮食作物的生长，对粮食绿色技术效率的提高有促进作用。而年平均降水量的系数为-0.0250，说明年平均降水量对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响为负。在其他条件不变的情况下，年平均降水量每增加1个百分点，粮食绿色技术效率将降低0.0250个百分点，且年平均降水量在1%的水平下显著影响鄱阳湖流域粮食绿色技术效率。鄱阳湖流域年平均降水量均在1000mm以上，远高于全国年均降水量（628mm），年际降水量波动幅度较大，降水量太高在一定程度上不利于粮食绿色技术效率的提高。

③复种指数。复种指数的系数为0.0160，说明复种指数对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响为正。在其他条件不变的情况下，复种指数每增加1个百分点，粮食绿色技术效率将提高0.0160个百分点，且复种指数在10%的水平下显著影响鄱阳湖流域粮食绿色技术效率。这由于粮食生产技术水平和管理水平得到提升改善了耕地复种指数受到当地土壤、水分、化肥等因素制约，使得增加一熟的粮食产量相当于二亩新垦荒地的生产力，耕地利用潜力得到挖掘，土地生产力得到提高，进而有利于粮食绿色技术效率水平的提高。

④产业集聚。产业集聚的系数为-0.0990，说明产业集聚对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响为负。在其他条件不变的情况下，产业集聚增加1个百分点，粮食绿色技术效率将降低0.0990个百分点，且产业集聚在1%的水平下显著影响鄱阳湖流域粮食绿色技术效率。说明在一定条件下产业集聚对粮食绿色技术效率的影响效应为负，即产业集聚水平越高，粮食生产环境技术效率越低，这可能是由于粮食产业集聚过程中伴随着粮食产业规模的快速扩张，导致资源利用程度加大，污染物排放量增加。

⑤劳均经营规模。劳均经营规模的系数为0.2790，说明劳均经营规模对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响为正。在其他条件不变的情况下，劳均经营规模增加1个百分点，粮食绿色技术效率将提高0.2790个百分点，且劳均经营规模在1%的水平下显著影响鄱阳湖流域粮食绿色技术效率。说明在一定条件下劳均经营规模对粮食绿色技术效率的影响效应为正，由于劳均经营规模扩大的同时伴随着农业机械化水平提高，推动当地农业现代水平的提高，有利于粮食生产要素的合理配置，提高了粮食绿色技术效率水平。

⑥种粮人口占比。种粮人口占比的系数为0.2640，说明种粮人口占比对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率的影响为正。在其他条件不变的情况下，种粮人口占比增加1个百分点，粮食绿色技术效率将提高0.2640个百分点，且种粮人口占比在1%的水平上显著影响鄱阳湖流域粮食绿色技术效率。根据原始数据可知，2000—2017年鄱阳湖流域种粮人口占比呈缓慢减少趋势，据经验判断，鄱阳湖流域粮食绿色技术效率应该下降，但由于农业现代化的不断发展，农业社会化服务体系不断完善，促使该地区粮食种植的规模化、机械化水平提高，这不仅弥补了农村劳动力不足，还降低了环境负外部水平，在一定程度上提高粮食绿色技术效率。

⑦财政支农政策。财政支农政策的系数为-0.0060，说明在其他条件不变的情况下，财政支农政策每增加1个百分点，粮食绿色技术效率将降低0.0060个百分点。可能由于用于粮食生产的财政支出结构没有得到优化，则会出现粮食生产结构不合理，

导致粮食生产过程中的投入要素出现不足或冗余，不利于粮食绿色技术效率的提高。

⑧单位面积农业机械总动力。单位面积农业机械总动力的系数为 0.0070，说明在其它条件不变的情况下，单位面积农业机械总动力每增加 1 个百分点，粮食绿色技术效率将提高 0.0070 个百分点，但未通过显著性检验，这说明单位面积农业机械总动力对粮食绿色技术效率影响不明显，这可能是受鄱阳湖流域东南部三面环山、中部丘陵起伏的影响，土地细碎化较为严重，规模化水平较低。

⑨粮食播种面积占比。粮食播种面积占比的系数为 0.0270，说明在其他条件不变的情况下，粮食播种面积占比增加 1 个百分点，粮食绿色技术效率将提高 0.0270 个百分点。粮食播种面积占比越大，越便于粮食规模化生产，从而推动粮食生产环境逐步改善和资源的合理利用，比如粮食生产规模化有助于提高农业机械化水平，完善灌溉基础设施建设，提高粮食生产有效灌溉率，同时喷洒农药、化肥施用量也会大量减少等，从而降低粮食生产投入要素和农业面源污染等标排放量，有利于粮食绿色技术效率水平的提高。

4 结论与建议

本文基于经济新格局背景下对 2000—2017 年鄱阳湖流域粮食绿色技术效率影响因素进行分析，得出如下结论：

①总的来说，2000—2017 年鄱阳湖流域粮食绿色技术效率年均值为 0.8172。其中，从粮食绿色技术效率分解来看，2000—2017 年鄱阳湖流域粮食纯技术效率年均值为 0.8390，规模效率年均值为 0.9738。从时序演变趋势来看，2000—2017 年鄱阳湖流域粮食绿色技术效率、纯技术效率均呈先持续上升再波动下降后上升态势，而粮食规模效率变化趋势主要分两个阶段：第一阶段（2000—2007 年）呈总体上升态势，且较为平缓；第二阶段（2008—2017 年）呈总体波动下降态势，这一阶段规模效率和纯技术效率也均呈总体下降趋势。其粮食绿色技术效率由开始主要依托纯技术效率驱动转变为主要靠纯技术效率和规模效率“双轨驱动”。②在其他条件不变的情况下，除城镇化率、年平均降水量、产业集聚以及财政支农政策对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率起到负向作用，其他解释变量均对其起到正向作用。其中，年平均气温、年平均降水量、产业集聚、劳均经营规模、种粮人口占比均在 1%的水平上显著影响鄱阳湖流域粮食绿色技术效率；复种指数在 10%的水平上显著影响粮食绿色技术效率。

通过对鄱阳湖流域粮食绿色技术效率影响因素分析，提出如下建议：

①完善基础设施建设，提高粮食生产机械化水平。首先，由于鄱阳湖地区以山地、丘陵为主，四周地势高、中部低，地形由外向内倾斜等地势因素，决定其粮食生产的山区需要加强水利基础设施建设，如灌溉沟渠、农田修建低压灌溉、喷灌等设施建设。其次，鄱阳湖流域洪涝、干旱灾害频繁，故对其交通、通信等现代设施条件的不断完善，有利于防洪抗旱，提高鄱阳湖流域粮食生产抵御自然灾害的能力。适度提高粮食生产机械化水平，通过机械化作业方式从事粮食生产，可以有效地替代劳动力，逐步提高山区机械使用率，促进农机发展，加快改变传统粮食生产方式，从而达到提高粮食绿色技术效率的目的。②调整粮食生产结构，减少农业面源污染。根据不同粮食结构对化肥面源污染的影响，适当减少消耗化肥量较大的粮食作物的种植面积。根据研究区各县（市、区）当地的实际情况，制定适合当地的化肥面源污染防治政策，完善化肥使用的相关法律、法规等，能够不断规范当地农户的化肥投入行为，有效地控制化肥投入数量，提高化肥投入水平，从而降低化肥面源污染。③推动跨区域交流合作，能够有效地带动周边地区粮食绿色技术效率水平的提高。从粮食绿色发展来看，各县（市、区）政府应该打破传统的行政地域壁垒，统筹规划、设立跨县（市、区）环境合作机制与污染补偿制度，为县（市、区）交流合作提供良好的外部环境，并积极倡导跨区域的经济技术交流合作，引导先进技术、高技术人才、优良的管理模式等向相对落后县（市、区）流动，促进落后县（市、区）粮食绿色技术效率快速提高，缩小不同县（市、区）之间的差异，形成合作共赢的良性循环发展，从而协调不同县（市、区）粮食绿色技术效率增长速度，为粮食绿色生产提供发展途径，推动区域生态文明建设和乡村振兴。

参考文献：

-
- [1]魏后凯. 当前“三农”研究的十大前沿课题[J]. 中国农村经济, 2019(4):2-6.
- [2]Zhong M, Y Zhu, Chen Q, et al. Does household engagement in concurrent business affect the farm size-technical efficiency relationship in grain production? Evidence from Northern China[J]. China Agricultural Economic Review, 2019, 11(1):125-142.
- [3]Ma X, Zhao X, Zhang L, et al. Spatial-temporal characteristics and influencing factors of atmospheric environmental efficiency in China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(10):12428-12440.
- [4]朱丽娟, 顾冬冬. 劳动力流动、服务外包与粮食技术效率——基于河南省 2058 个农户的实证[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(8):253-264.
- [5]赵丹丹, 周宏. 农业生产集聚: 如何提高粮食生产效率——基于不同发展路径的再考察[J]. 农业技术经济, 2020(8):13-28.
- [6]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, 39(9):207-212.
- [7]Zhou Y, Liu Z, Liu S, et al. Analysis of industrial eco-efficiency and its influencing factors in China[J]. Clean Technologies and Environmental Policy, 2020, 22(3):1-16.
- [8]Wei J, Lei Y, Yao H, et al. Estimation and influencing factors of agricultural water efficiency in the Yellow River basin, China[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 308(10):127249.
- [9]彭魏倬加. 农村劳动力老龄化对农户技术选择与技术效率的影响[J]. 经济地理, 2021, 41(7):155-163.
- [10]栾健, 韩一军. 干旱灾害与农田灌溉对小麦生产技术效率的影响[J]. 资源科学, 2019, 41(8):1387-1399.
- [11]杨义武, 林万龙, 张莉琴. 农业技术进步、技术效率与粮食生产——来自中国省级面板数据的经验分析[J]. 农业技术经济, 2017(5):46-56.
- [12]马林静, 欧阳金琼, 王雅鹏. 农村劳动力资源变迁对粮食生产效率影响研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(9):103-109.
- [13]Zhang Q, Xiao H, Duan M, et al. Farmers' attitudes towards the introduction of agri-environmental measures in agricultural infrastructure projects in China: Evidence from Beijing and Changsha[J]. Land Use Policy, 2015, 49:92-103.
- [14]朱萌, 齐振宏, 綦校海, 等. 究竟是什么影响了稻农水稻生产技术效率? ——基于湖北省稻农的调查数据[J]. 科技管理研究, 2015, 35(8):77-82, 95.
- [15]冀县卿, 钱忠好, 李友艺. 土地经营规模扩张有助于提升水稻生产效率吗? ——基于上海市松江区家庭农场的分析[J]. 中国农村经济, 2019(7):71-88.

-
- [16]陈明华,刘文斐,王山,等.长江经济带城市生态效率的空间格局及演进趋势[J].资源科学,2020,42(6):1087-1098.
- [17]赵丹丹,金声甜,鲍丙飞,等.基于地理探测器的中国中部城市土地绿色利用效率时空演变及影响因素研究[J].地球信息科学学报,2020,22(12):2358-2370.
- [18]陆瑶,高扬,贾珺杰,等.鄱阳湖流域多尺度 C、N 输送通量及其水质参数变化特征[J].环境科学,2019,40(6):2696-2704.
- [19]张利国,鲍丙飞.我国粮食主产区粮食全要素生产率时空演变及驱动因素[J].经济地理,2016,36(3):147-152.
- [20]张利国,鲍丙飞,潘丹.鄱阳湖生态经济区粮食生产技术效率时空演变及环境协调性探究[J].经济地理,2016,36(11):116-123.
- [21]侯孟阳,姚顺波.异质性条件下化肥面源污染排放的 EKC 再检验——基于面板门槛模型的分组[J].农业技术经济,2019(4):104-118.
- [22]赵丽平,侯德林,王雅鹏,等.城镇化对粮食生产环境技术效率影响研究[J].中国人口·资源与环境,2016,26(3):153-162.
- [23]白秀广,陈晓楠,霍学喜.气候变化对苹果主产区单产及全要素生产率增长的影响研究[J].农业技术经济,2015(8):98-111.
- [24]亢霞,刘秀梅.我国粮食生产的技术效率分析——基于随机前沿分析方法[J].中国农村观察,2005(4):25-32.
- [25]赵丹丹.资源禀赋、生产集聚与粮食生产效率[D].南京:南京农业大学,2018.
- [26]罗光强,姚旭兵.粮食生产规模与效率的门槛效应及其区域差异[J].农业技术经济,2019(10):92-101.
- [27]唐建,Jose Vila.粮食生产技术效率及影响因素研究——来自 1990—2013 年中国 31 个省份面板数据[J].农业技术经济,2016(9):72-83.
- [28]邓楚雄,卢涛,李忠武,等.长沙市农地利用净碳排放变化趋势及驱动因素分析[J].湖南师范大学自然科学学报,2021,44(3):9-17.
- [29]田红宇,祝志勇.中国粮食生产效率及影响因素分析——基于 DEA-Tobit 两步法研究[J].中国农业资源与区划,2018,39(12):161-168.
- [30]王欧,唐轲,郑华懋.农业机械对劳动力替代强度和粮食产出的影响[J].中国农村经济,2016(12):46-59.
- [31]程玉桂.江西农产品加工产业集群的识别与优劣势分析——基于区位商(LQ)理论的研究[J].江西社会科学,2009(7):218-221.
- [32]罗光强,姚旭兵.粮食生产规模与效率的门槛效应及其区域差异[J].农业技术经济,2019(10):92-101.

[33]成德宁, 杨敏. 农业劳动力结构转变对粮食生产效率的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 社会科学版, 2015, 15(4):19-26.

[34]胡逸文, 霍学喜. 农户禀赋对粮食生产技术效率的影响分析——基于河南农户粮食生产数据的实证[J]. 经济经纬, 2016, 33(2):42-47.

注释:

1 <https://m.gmw.cn/baijia/2022-06/27/1303017446.html>

2 <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1701358554268919792&wfr=spider&for=pc>

3 19 个市辖区包括濂溪区、青山湖区、临川区、渝水区、安源区、青原区、章贡区、信州区、湾里区、昌江区、浔阳区、月湖区、西湖区、东湖区、吉州区、珠江去、青云谱区、湘东区、袁州区。

4 粮食的污染物产生源包括有化肥、农药和农膜, 而鄱阳湖流域粮食作物主要是水稻, 在水稻生产过程中, 化肥、农药是农业面源污染物的主要来源, 根据数据可获得性以及农药无法测算面源污染量等诸多原因, 本文仅测算化肥面源污染量作为非期望产出。