中国生态农业学报(中英文)
Chinese Journal of Eco-Agriculture
中文核心期刊
中国科技核心期刊
中国精品科技期刊
百种中国杰出学术期刊
中国科学引文数据库源刊

农业土地资源利用效率评价及改善路径研究 ——以江西省11个设区市为例

黄和平, 王智鹏

引用本文:
黄和平, 王智鹏. 农业土地资源利用效率评价及改善路径研究 ——以江西省11个设区市为例[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(5): 803−814.

在线阅读 View online: https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.180992

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

不同年限有机种植与常规种植农业资源综合利用效率对比*--以湖北省水稻种植为例

Efficiency analysis of comprehensive utilization of agricultural resources under organic and conventional agricultures*− A case study of rice cultivation systems in Hubei Province

中国生态农业学报. 2016(2): 201−209 https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.151048

基于供给生态服务价值的云南土地资源承载力评估方法研究

Methods of land carrying capacity research based on ecological services supply value in Yunnan

中国生态农业学报. 2015(12): 1605−1613 https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.150370

基于IUOCE的农业循环经济评价及障碍因素分析——以江西省为例

Evaluation and barrier factors analysis of agricultural circular economy based on IUOCE: A case study of Jiangxi Province

中国生态农业学报. 2018, 26(6): 916−925 https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.170963

1990—2012年榆林市土地生态风险综合评价

Comprehensive evaluation of ecological risk of land during 19902012 in Yulin City

中国生态农业学报. 2017, 25(5): 656−664 https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.160843

黄土高原旱塬区果−草−鸡生态循环模式及耦合效应分析

Ecological circle way and coupling effect of fruit−grass−chicken mode in dry highlands of the Loess Plateau

中国生态农业学报. 2017, 25(12): 1870−1877 https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.170406

DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.180992

黄和平, 王智鹏. 农业土地资源利用效率评价及改善路径研究——以江西省 11 个设区市为例[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(5): 803−814
HUANG H P, WANG Z P. Evaluation and improvement of agricultural land resource utilization efficiency: A case study of Jiangxi Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2019, 27(5): 803−814

农业土地资源利用效率评价及改善路径研究*

——以江西省 11 个设区市为例

黄和平, 王智鹏

(江西财经大学生态经济研究院 南昌 330013)

摘 要: 土地资源是世间万物生存与发展的根本, 科学评估农业土地资源利用效率时空演变特征, 厘清其效率损失原因与改善路径, 对缓解人地矛盾、保障粮食安全和实现农业可持续发展有着十分重要的意义。本文以江西省 11 个设区市为研究区域, 将土地资源生态价值纳入投入产出指标体系, 利用 VRS-DEA 模型与 Malmquist 指数对 1990—2016 年江西省农业土地资源利用效率时空特征进行分解分析, 定量分析农业土地资源利用效率损失原因, 并给出改善农业土地资源利用效率的有效路径。结果表明: 1)江西省农业土地资源整体利用效率较高, 1990—2016 年呈现“先下降后上升”的变动趋势, 效率均值为 0.889; 2)从效率分解情况来看, 综合技术效率是纯技术效率和规模效率共同作用的结果, 但规模效率影响能力强于纯技术效率; 3)从空间格局演变角度来看, 区域间效率变化轨迹差异显著, 非均衡发展趋势较为突出, 呈现“大聚集-小分散”的分布特征, 梯形层次明显; 4)从全要素生产率动态变化情况来看, 江西省农业土地资源利用全要素生产率整体呈增长趋势, 技术进步贡献最大, 且全要素生产率增长属于技术进步“单轨驱动”模式; 5)从效率损失原因来看, 种植业产值产出不足是效率损失的主要原因, 农药化肥、种植业从业人员等要素投入冗余是次要原因; 6)从效率改善路径来看, 优化资源要素配置, 规范减少农药化肥使用, 逐步转移农村剩余劳动力, 提高土地生产机械化、规模化水平是改善农业土地资源利用效率的关键路径。该研究结果可为深入了解江西省农业土地资源整体利用形势、识别存在问题和优化发展路径提供参考, 同时为未来政府制定农业土地资源高效利用与管理决策提供科学依据。

关键词: 农业土地资源; 土地利用效率; 技术效率; 规模效率; VRS-DEA 模型; Malmquist 指数; 江西省

中图分类号: F301.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-6237(2019)05-0803-12

Evaluation and improvement of agricultural land resource utilization efficiency: A case study of Jiangxi Province*

HUANG Heping, WANG Zhipeng

(Institute of Ecological Economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China)

Abstract: Land resources are material carriers for human reproduction, the basis of socioeconomic and cultural development, and the foundation for the survival and development of all things worldwide. Scientific evaluation of the spatial-temporal evolution characteristics of agricultural land use efficiency is necessary for alleviating negative impacts due to interactions between humans and land

* 国家自然科学基金项目(41661113)、江西省社会科学规划项目(18YJ13)和江西省高校人文社会科学重点研究基地招标项目(JD17042)资助
黄和平, 主要从事土地利用与可持续发展、生态系统管理与评价研究。E-mail: hphuang2004@163.com
收稿日期: 2018-11-11 接受日期: 2019-01-31

* This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (41661113), the Social Science Planning Program of Jiangxi Province (18YJ13) and the Humanities and Social Sciences Key Research Base Bidding Project of Jiangxi Provincial College (JD17042).
Corresponding author: HUANG Heping, E-mail: hphuang2004@163.com
Received Nov. 11, 2018; accepted Jan. 31, 2019

and for ensuring food security. The utilization efficiency of land resources has been the focus of academic attention and research. It is of great significance to assess the reasons for the loss of land efficiency and to find ways to improve it for sustainable agricultural development. In this study, the VRS-DEA (Variable Scale Reward-Date Envelopment Analysis) model and Malmquist index were used to analyze the spatial-temporal characteristics of agricultural land resource utilization efficiency in Jiangxi Province from 1990 to 2016. And the ecological value of agricultural land resources was incorporated into an input-output index system to quantitatively analyze the causes of its efficiency loss, and suggest effective ways to improve the agricultural land resource utilization efficiency in Jiangxi Province. The results of the research showed that: 1) The overall utilization efficiency of agricultural land resources was relatively high in Jiangxi Province. From 1990 to 2016, the utilization efficiency first decreased and then increased, with an average efficiency of 0.889. 2) Regarding efficiency decomposition, the comprehensive technical efficiency was the combination of pure technical and scale efficiencies; however, the scale efficiency impact was stronger than that of pure technical efficiency; therefore, the inefficiency of scale was an important reason for the inefficiency of comprehensive technology. 3) With regard to spatial pattern evolution, there were significant differences in the trajectories of efficiency variations among regions, and the trend of non-equilibrium development was more prominent. Over the years, the efficient and relatively efficient areas of DEA were mainly distributed in the cities of north-central Jiangxi, showing “large aggregation-small dispersion” characteristics with obvious trapezoidal layers. 4) The total factor productivity (TFP) of agricultural land resource utilization generally increased in Jiangxi Province. The contribution of technological progress was the largest, and the growth of total factor productivity was a result of the “monorail-driven” mode of technological progress. The main factors restricting the growth of TFP of agricultural land resource utilization were the low pure technical efficiency and scale efficiency. 5) The lack of output value of crop production was the main reason for loss of efficiency. The redundant input of pesticides, fertilizers, and planting practitioners were the secondary causes. The reasons for the loss of agricultural land use efficiency in different cities were different, and the input and output factors had great potential for improvement. 6) Regarding the efficiency improvement path, optimizing the allocation of resources, standardizing the use of pesticides and chemical fertilizers, gradually transferring surplus rural labor, and improving the level of mechanization and scale of land production were key to improving the efficiency of land resource utilization. The research results could provide a reference for further understanding the overall utilization situation of agricultural land resources, identifying existing problems, and optimizing the development path in Jiangxi Province. This research provided a scientific basis to formulate efficient utilization and management decisions of agricultural land resources in the future.

Keywords: Agricultural land resources; Land use efficiency; Technical efficiency; Scale efficiency; VRS-DEA model; Malmquist index; Jiangxi Province

党的十九大报告提出实施乡村振兴战略，对“三农”工作做出重大决策部署，要求以生态理念为导向，统筹山水林田湖草系统治理，改变过度消耗资源的农业发展方式，全面推进农业农村可持续发展。土地资源是人类生存与发展的根本，是乡村振兴的重要载体，具有提供产品和服务的多种功能属性。不仅能够为人类提供重要的原材料，产生经济效益，而且具有保障国家粮食安全和维护社会稳定的社会效益，同时还具有生态涵养、调节气候和净化生态环境的生态效益[1]。“绿水青山就是金山银山”的生态理念让土地资源具备的生态系统服务价值不容忽视，农业生态环境的好坏已成为生态文明建设的关键。然而，随着工业化、城镇化进程的加快，土地资源利用受限、后备不足、耕地非农化等一系列问题日益凸显，过度消耗农业资源导致土地资源污染加重、质量变差、生态环境遭到破坏，加剧了土地资源与人口、经济、社会发展之间的矛盾，严重制约了我国农业可持续发展。随着国家生态文明建设的推进，我国各级政府高度重视区域土地资源的保护，逐渐意识到土地资源生态功能与社会保障功能的重要性，出台了最严格的耕地保护红线与生态红线保护政策。2018 年中央“一号文件”明确指出“深入实施藏粮于地、藏粮于技战略，严守耕地红线，确保国家粮食安全。全面落实永久基本农田特殊保护制度，稳步提升耕地质量”。对此，在我国人多地少、农业土地资源稀缺的基本国情下，如何实现土地资源可持续化利用与效率最大化，是保障粮食安全、解决人地矛盾和农业生态环境保护的重要基础，也是实施乡村振兴战略的基本要义与关键[2]。

国际上对土地资源利用效率研究起源于 19 世纪 70 年代新古典经济学的市场配置效率理论[3]。随着 20 世纪 20 年代生态区位理论的应用，土地资源利用效率研究得到进一步发展[4]，众多学者在土地资源利用变化[5]、集约度分析[6]、效率测度评价[7]、驱动机制机理[8]、研究模型方法[9]、优化模式策略[10]等方面开展了大量实证研究。国内学者对土地资源利用效率的研究起步较晚，但随着研究的不断深入及方法上的日趋丰富与完善，相关方面的研究也取

得了较大进展, 主要包括以下几个方面: 1)指标体系构建方面, 土地资源利用效率从单项指标逐渐转向包括经济、社会、生态的多项指标应用[1], 考虑将生态价值作为判别土地资源利用合理化程度的核心要素[11]; 2)研究对象方面, 对城市土地[12]、都市农业用地[13]、林地[14]、草地[15]、耕地[16]等各类土地资源进行研究; 3)研究尺度方面, 从全国范围[17]、区域[18]、省域[19]、地市[20]、村落[21]等层次入手; 4)研究方法方面, 从早期的描述性、趋势性等定性分析, 逐步引入综合指标评价[22]、SFA 模型[23-24]、DEA 模型[25-26]、超效率 SBM 模型和 Malmquist 指数[27]以及到考虑非期望产出的 SBM-Undesirable 模型[18]、DDF 模型[28]、空间计量模型[21,29]等多种定量分析方法来测度土地资源利用效率。综上所述, 国内外学者从不同对象、不同角度、不同尺度和运用不同方法对土地资源利用效率进行了研究, 并取得了丰富的研究成果, 为本文奠定了坚实的理论基础。但还存在几点有待探索之处: 1)国内学者大多从全国范围内或者省域入手研究城市土地利用效率情况, 有关地市尺度的农业土地资源利用效率探讨相对不足; 2)现有研究对土地利用效率测算的短时间范围研究较多, 从更长时间范围来揭示区域的土地利用效率变化规律的还较少; 3)现有研究侧重于土地利用效率的测算、评价的静态研究居多, 从时序或空间格局上将土地利用效率的动态演变与静态评价相结合的研究还较少; 4)现有关于土地资源利用效率的评价, 大多关注经济社会效益, 忽略了土地资源具备的生态价值产出, 难以科学准确地评价土地资源利用效率。

江西省是我国重要的商品粮油生产基地, 也是新中国成立以来全国仅有的 2 个从未间断向省外输出粮食的省份之一, 农业和种植业在全国具有举足轻重的地位[28]。在江西省全面开展生态文明建设和乡村振兴战略背景下, 江西省近 30 年来农业土地资源利用现状如何? 存在什么问题? 利用效率的变化特征如何? 如何进一步提升优化? 都是亟待解决的关键性问题。目前, 对江西省农业土地资源利用的研究甚少, 多集中于城市土地、建设用地等方面。鉴于此, 本文从化解农业土地资源利用现实矛盾角度出发, 以江西省 11 个设区市为典型研究区域, 运用 VRS-DEA 模型和 Malmquist 指数测算 1990—2016 年江西省农业土地资源利用效率, 揭示其时空动态演变特征, 并识别效率损失的原因与改善潜力, 提出提高土地利用效率的路径, 以期为政府制定农业土地政策提供理论依据与决策参考。

1　研究方法、指标选取与数据来源

1.1　研究方法

1.1.1　数据包络分析法(DEA)

数据包络分析法(Date Envelopment Analysis Method, DEA)也称为非参数方法, 是由美国著名运筹学家和经济学家 Charnes、Cooper 和 Rhodes 于 1978 年提出的一种基于生产函数理论基础, 对“多投入(inputs)-多产出(outputs)”情况下相同类型决策单元(decision making unit, DMU)的评价模型, 是要素投入-产出之间相对效率评价的分析方法[30]。DEA 模型由于无需事先设定具体模型形式与估计参数, 有效避免了人为确定指标权重的主观影响, 评价结果具有内在客观性, 是目前应用最为广泛的相对效率评价方法[31]。DEA 模型包括固定规模收益模型(CRS-DEA)和可变规模报酬模型(VRS-DEA), 效率值介于 0~1, 属于截尾数据。考虑到需要进一步对评价单元规模和技术进行差异性分析, 故选取 VRS-DEA 进行评价。通过建立 VRS-DEA 模型可以得到综合技术效率、纯技术效率和规模技术效率, 综合技术效率=纯技术效率×规模技术效率。其中, 当综合技术效率越接近于 1, 表明决策单元的土地利用综合效率越高; 综合效率为 1 时, 表明对应农业土地利用综合效率达到生产前沿面上, 投入产出达到最优组合。

将每个设区市作为一个决策单元, 假设有 n 个决策单元 DMU_j (j=1, 2, … , n), 每个决策单元(DMU)都有 m 种投入 x_i (i=1, 2, … , m), 以及 s 种产出 y_r (r=1, 2, … , s), 当前要评价的 DMU 记作 DMU_k, 那么第 j 个设区市在锥性、凸性、无效性和最小公理性假设下, 基于可变规模报酬的模型(即 VRS-DEA 模型), 如下所示:

$$\begin{cases} \min\left[\theta-\varepsilon\left(\sum_{i=1}^{m}s_i^-+\sum_{j=1}^{m}s_r^+\right)\right] \\ \sum_{j=1}^{n}x_{ij}\lambda_j+s_i^-=\theta x_{ik} \quad i\epsilon(1,2,\cdots,m) \\ \text{s.t.}\sum_{i=1}^{m}y_{rj}\lambda_j+s_r^+=y_{rk} \quad r\epsilon(1,2,\cdots,s) \\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1 \\ \theta,\lambda_j,s_i^-\ s_r^+\geqslant 0 \\ j=1,2,\cdots,n \end{cases} \tag{1}$$

式中: θ($0\leqslant\theta\leqslant1$)表示相对效率; s_i^-和 s_r^+表示松弛变量, 分别为第 i 种要素的无效投入量和第 r 种要素的产出不足量; ε 表示非阿基米德无穷小, 通常 ε=0.000 001; s.t.为限制性条件; λ_j 为权重向量; x_{ij} 和

y_{rj}分别表示投入向量和产出向量; x_{ik}和 y_{rk}为当前正测量的决策单元; $\sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1$表示在 CRS-DEA 模型基础上增加的约束性条件, 该约束可将公式转化为 VRS-DEA 模型。假设模型有最优解 θ^*、s_i^{*-}和 s_r^{*+}、λ^*, 那么: 1)若 $\theta^*=1$, $s_i^{*-}\neq0$, 或 $s_r^{*+}\neq0$, 或 $s_i^{*-}\neq0$ 和 $s_r^{*+}\neq0$, 则表示 DMU 为弱有效; 2)若 $\theta^*=1$ 且 $s_i^{*-}=s_r^{*+}=0$, 则表示 DMU 为 DEA 有效; 3)若 $\theta^*<1$, 且 $s_i^{*-}\neq0$, $s_r^{*+}\neq0$, 则表示相应的 DMU 为 DEA 无效。而且 θ^*值越大, 则决策单元的相对效率就越高。

1.1.2 Malmquist 指数

Malmquist 指数最早于 1953 年由瑞典经济学、统计学家 Malmquist 提出, 后经 Fare 等的发展, 使得 Malmquist 指数得到广泛应用[32]。Malmquist 指数针对不同时期不同决策单元效率可以进行动态评价分析, 有效弥补了 DEA 模型在不同时期生产前沿面差异、难以运用面板数据测度的不足; 与其他方法相比, 具备数据易获取、无需投入与产出的价格变量且不需要对主体行为及目标进行假设, 还可以分解为几个有意义的指标, 能更深入系统了解动态演变结果等优势, 是目前经济社会领域生产率变化指数应用最广泛的模型之一[33]。因此, 在规模不变报酬(CRS)条件下, Malmquist 生产率变化指数(TFPC)为:

$$F(C)=E(C)\times T(C) \tag{2}$$

$$E(C)=\frac{D_c^{t+1}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)}{D_c^{t}\left(x^{t},y^{t}\right)} \tag{3}$$

$$T(C)=\sqrt{\frac{D_c^{t}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)}{D_c^{t+1}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)}\times\frac{D_c^{t}\left(x^{t},y^{t}\right)}{D_c^{t+1}\left(x^{t},y^{t}\right)}} \tag{4}$$

式中: x 表示投入变量, y 表示产出变量, t 表示某一时期, $F(C)$为基于 CRS 的 Malmquist 生产率变化指数, $E(C)$为基于 CRS 的技术效率变化指数(TEC), $T(C)$为基于 CRS 的技术进步变化指数(TC), D_c为基于 CRS 的距离函数。

在规模报酬可变(VRS)条件下, Malmquist 生产率变化指数(TFPC):

$$F(V)=P(V)\times T(C)\times S(C,V) \tag{5}$$

$$P(V)=\frac{D_v^{t+1}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)}{D_v^{t}\left(x^{t},y^{t}\right)} \tag{6}$$

$$S(C,V)=\frac{D_v^{t}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)}{D_v^{t+1}\left(x^{t+1},y^{t+1}\right)}\times\frac{D_v^{t}\left(x^{t},y^{t}\right)}{D_v^{t+1}\left(x^{t},y^{t}\right)} \tag{7}$$

式中: x 表示投入变量, y 表示产出变量, t 表示某一时期, $F(V)$为基于 VRS 的 Malmquist 生产率变化指数, $P(V)$为基于 VRS 的纯技术效率变化指数(PTEC), $S(C,V)$为基于 VRS 的规模变化指数(SEC), D_v为基于 CRS 的距离函数。其中, TPFC>1(<1), 表示决策单位从 t 时期到 t+1 时期的全要素生产率提高(下降); 当 TPFC=1, 则表示全要素生产率不变。TFPC 还可以分解为技术效率变化指数(TEC)和技术进步指数(TC), 为 TEC×TC; TEC 还可以分解为纯技术效率变化指数(PTEC)和规模效率变化指数(SEC), 为 PTEC×SEC。

1.2 指标选取

农业土地是一个多投入多产出的复合生态系统, 不仅产生经济、社会价值, 而且具备重要的生态价值, 为全球生态安全提供了重要保障。借鉴已有研究[13,16,34], 综合考虑数据指标的可量化、合理性和科学性, 选取土地、资本、劳动力为投入指标, 构建涵盖经济效益、社会效益和生态效益的农业土地资源利用效率综合评价体系(表 1)。其中, 土地投入指标采用农作物播种面积表示, 资本投入选取农业机械总动力、农药使用量、化肥施用量和农膜使用量 4 个指标表示, 劳动力投入指标用种植业从业人员数来表示。产出指标方面, 选取种植业产值作为经济效益衡量指标, 反映某个区域农业生产活动的规模和总量; 选取粮食总产量作为社会效益衡量指标, 主要表现为保障国家粮食安全和社会稳定; 选取农业土地资源生态系统服务价值作为生态效益衡量指标, 表现为提供水源涵养、废物处理和气候调节等一系列重要的生态系统服务。其中, 农业土地资源生态系统服务价值当量参考谢高地等[35]在 Costanza 等[36]生态系统服务功能分类的基础上, 构建的一种基于专家经验的生态系统服务价值化方法进行推算, 具体过程此处不再赘述。

1.3 数据来源

本文共收集整理了 1990—2016 年涉及江西省 11 个设区市、9 项指标的面板数据, 相关的经济、社会、资源、生态数据源于 1991—2017 年《江西统计年鉴》《中国县域统计年鉴》以及江西各设区市统计年鉴, 部分当量因子系数来源于已有文献成果。其中, 研究周期内缺失的部分数据, 分别从江西省统计局统计数据库、各设区市《国民经济和社会发展统计公报》获取, 个别缺失年份数据采用平滑数据处理法进行处理与换算。为统一口径和消除价格因素, 各设区市的相关经济数据均统一换算成 1990 年不变价格。

表 1　农业土地资源利用效率投入产出指标描述性统计
Table 1　Descriptive statistics of input and output indexes of agricultural land resource use efficiency

指标类型 Index type	分项指标 Sub index	指标名称 Index name	最大值 Max value	最小值 Min value	均值 Mean value	标准差 Standard deviation
投入指标 Input index	土地 Land	X_1 农作物播种面积 Planting area of crops (khm^2)	975.79	116.94	510.24	299.63
	资本 Capital	X_2 农业机械总动力 Total power of agricultural machinery (10^4kW)	705.31	12.65	155.42	145.39
		X_3 农药使用量 Pesticides usage (t)	20 467	354	6 222	4 953
		X_4 化肥使用量 Fertilizers consumption[1)] (10^4t)	24.11	1.47	10.99	6.61
		X_5 农膜使用量 Agricultural film consumption[1)] (t)	13 401	106	3 217	2 891
	劳动力 Labor	X_6 种植业从业人员数 Number of employees in plantation industry (10^4person)	156.01	9.12	45.05	31.78
产出指标 Output index	农业总产值 Agricultural output value	Y_1 种植业总产值 Total output value of planting industry (10^8¥)	251.62	2.01	56.02	51.84
	粮食总产量 Grain output	Y_2 粮食总产量 [2)] Grain output[2)] (10^4t)	428.97	38.06	173.70	112.17
	生态价值 Ecological value	Y_3 生态系统服务价值 Ecosystem service value (10^8¥)	222.61	22.34	103.30	62.46

1)化肥使用量采用化肥折纯量表示; 2)粮食总产量中粮食作物不仅包括水稻、玉米、小麦及其他杂粮, 还包括薯类、豆类和花生等。1) Fertilizers consumption is expressed by the effective amount of chemical fertilizers. 2) The total grain output includes not only rice, maize, wheat and other miscellaneous grains, but also potatoes, beans and peanuts.

2　结果与分析

2.1　农业土地资源利用综合效率分析

2.1.1　效率时序演变分析

利用 DEAP2.1 软件计算得到江西省 1990—2016 年农业土地资源利用效率情况, 如图 1 所示。总体来看, 江西省农业土地资源利用综合技术效率整体水平较高, 均值为 0.889; 呈现“先下降后上升”的波动趋势, 且阶段性变化特征显著。其中, 1990—2005 年呈缓慢波动下降的态势, 该阶段为追求农业高产值, 一方面农药、化肥、农膜等要素大量使用[28]; 另一方面年轻农业从业人员逐渐外流, 土地资源撂荒趋势开始加剧[37], 多种因素共同导致综合技术效率值在 2005 年下降至整个研究期间的最低值 0.766, 年均降低 1.35%。2005—2016 年农业土地资源利用综合技术效率呈现先快速上升(2005—2009 年)后缓慢上升(2009—2016 年)的态势, 年均增长 2.45%, 且在 2016 年达到最优水平。其中, 2005—2009 年的效率值上升较快, 一方面是由于国家从 2004 年后逐步取消农业税, 且 2004—2016 年连续 13 年“中央一号文件”都聚焦“三农”问题, 多方面支持和鼓励农业现代化发展, 这些政策很大程度上促进了农民从事农业生产的积极性, 提高了耕地利用水平[38]; 另一方面是由于经济社会发展与农业科学技术进步, 一定程度上促进农业经营向机械化、规模化、集约化方向转变。2009—2016 年的效率值上升幅度较为缓慢, 是由于农民积极性和技术、规模的边际效用递减等因素共同作用的结果。因此, 在生产要素投入达到一定程度后, 促进要素有效配置、农业技术进步和科学经营管理将是今后实现综合技术效率提升的关键。

根据 VRS-DEA 模型原理, 综合技术效率可分解为纯技术效率和规模效率。从图 1 来看, 1990—2016 年江西省农业土地资源利用纯技术效率整体水平较高, 呈现“平稳-下降-上升-平稳”的变动趋势, 均值为 0.985; 分别在 1990—1998 年、2007—2009 年和 2013—2016 年达到效率最优值 1, 在 2002 年降至 27 年的最低值 0.892。纯技术效率下降所体现的并不是真正意义上的退步, 而是说明这时期投入的资本和劳动获得较低的收益, 由于技术效率或者配置效率的低下, 使得农业经济低质量增长。相比较规模效率而言, 纯技术效率值更高且在多数年份达到了有效状态。而规模效率与综合技术效率值总体上接近, 且在 1990—2016 年的大部分年份保持了相同的变化特征, 说明规模效率对综合技术效率的影响能力强于纯技术效率, 规模效率低是造成综合技术效率不高的重要原因。因此加强农业土地资源规模化、集约化利用是未来提高农业土地资源利用效率的有效路径。

2.1.2　效率空间格局演变分析

根据前文 DEA 模型测算结果, 采用等距法选取 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年以及最近 2016 年江西省 11 个设区市的综合技术效率值, 运用 ArcGIS10.1 软件绘制空间分布图(图 2), 对其空

间格局演变过程进行分析。本文按照杨清可等[39]对效率的分类方法, 将效率值划分为 DEA 有效(效率值为 1)和 DEA 无效(效率值小于 1)两大类, 然后对 DEA 无效进一步以效率值均值加减半个标准差作为划分标准, 将 DEA 无效地区划分为 DEA 相对高效地区、相对中效地区以及相对低效地区。

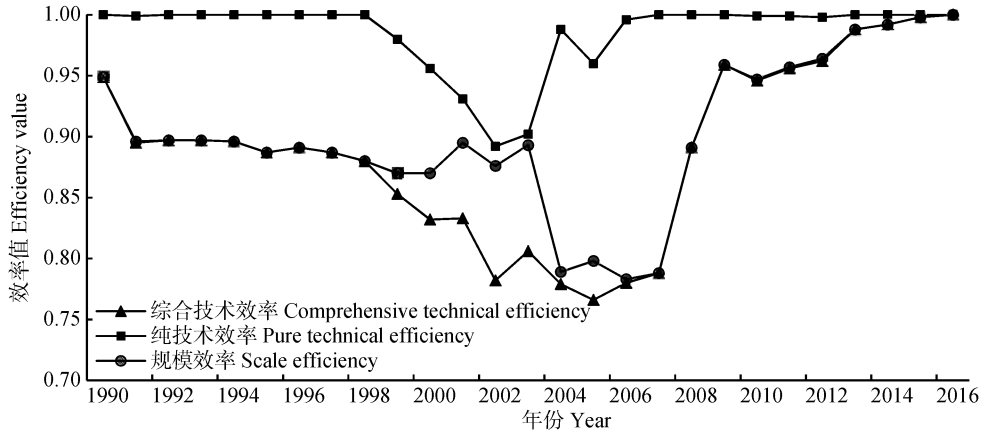

图 1 1990—2016 年江西省农业土地资源利用效率变化趋势

Fig. 1 Changes of agricultural land use efficiency in Jiangxi Province from 1990 to 2016

如图 2 所示: 1)1990 年, DEA 有效地区有 8 个(南昌市、萍乡市、鹰潭市、赣州市、吉安市、宜春市、抚州市和上饶市), 整体利用水平较高, 有效地区呈“连片”分布格局; DEA 无效地区有 3 个, 景德镇市、九江市为 DEA 相对高效地区, 新余市为 DEA 相对中效地区, 无效地区呈“点状”分布。2)1995 年, 综合效率水平开始下降, DEA 有效地区缩减为 1 个(宜春市); DEA 无效地区上升为 10 个, 其中景德镇、九江市下降为 DEA 相对中效地区, 有效地区由“连片”向“点状”格局转变。3)2000 年和 2005 年, 综合效率整体水平下降明显, DEA 有效地区下降至 0 个, 其中南昌市、九江市下降明显, 降至 DEA 相对低效地区; 无效地区呈“连片”分布格局, 相对高效地区聚集在江西中北部地区。4)2010 年, 综合效率整体水平开始上升, DEA 有效地区增至 3 个(南昌市、景德镇市和新余市), 有效地区呈“点状”分布格局。5)2016 年, 综合效率整体水平进一步提升, DEA 有效地区增至 9 个(南昌市、景德镇市、新余市、鹰潭市、赣州市、吉安市、宜春市、抚州市和上饶市), 其中赣州市上升最为明显, 而萍乡市、九江市仍属于 DEA 无效地区, 有效地区呈绝对的“连片”分布格局。

从整体上来看, 江西省 11 个设区市农业土地资源利用效率区域变化轨迹差异明显, 空间格局分布非均衡化趋势较为突出, 历年 DEA 有效和相对高效率地区主要聚集在江西中北部城市, 呈现“大聚集-小分散”的分布特征, 梯级层次明显。其中, 南昌市、鹰潭市、吉安市和宜春市等历年效率水平相对处于较优水平, 这与这类城市更靠近省会以及是老牌商品粮食生产基地有关, 自然条件和农业设施、技术条件更为优越[31]。而赣州市、萍乡市和九江市等地区历年效率值相对处于较低水平, 这与城市的地理环境有很大的关系, 萍乡市和赣州市山地比例更高, 耕地质量与细碎化程度相对较高; 九江市处于鄱阳湖与长江衔接地区, 每年洪涝灾害受损情况更为严重。

2.2 基于 Malmquist 指数的农业土地资源利用动态效率分析

根据 Malmquist 指数计算方法, 运用 DEAP2.1 软件计算得到 1990—2016 年江西省农业土地资源利用动态效率, 反映了各年份效率相对于前一年效率的动态变化情况, 如表 2 所示。总体来看, 江西省农业土地资源全要素生产率指数在[0.839, 1.452]之间波动变化, 年均增长 2.1%, 增幅较小, 其中技术效率和技术进步分别贡献 0.3%和 1.8%, 说明技术进步是推动全要素生产率增长的主要推动力; 换言之, 1990—2016 年江西省农业土地资源利用全要素生产率增长属于技术进步的“单轨驱动”模式。这说明随着农业科学技术的不断进步与应用, 江西省农业土地资源利用效率持续地朝着生产前沿面发展, 资源要素总体配置更加科学合理。从结构上看, 技术效率变化指数呈现先小于 1 后大于 1 的波动变化趋势, 在 1990—2005 年几乎都小于 1, 而在 2005—2016 年几乎都大于 1, 特别在 2006—2009 年技术效率变化指数相对较大, 印证了前文综合技术效率呈现“先下降后上升”的阶段性变化特征, 且总体上与规模效率变化指数变化相同, 说明规模效率对综合技术效率的影响起着决定性作用。纯技术效率变化指数年均

增长 0.2%，在 1999—2003 年均小于 1 且相对较小，说明这段时间综合技术效率下降是由纯技术效率下降造成的。规模效率变化指数年均增长 0.3%，说明江西省土地利用规模效率和纯技术效率水平不高是制约全要生产率提升的主要因素，因此也是未来农业土地资源利用效率提升的关键点。

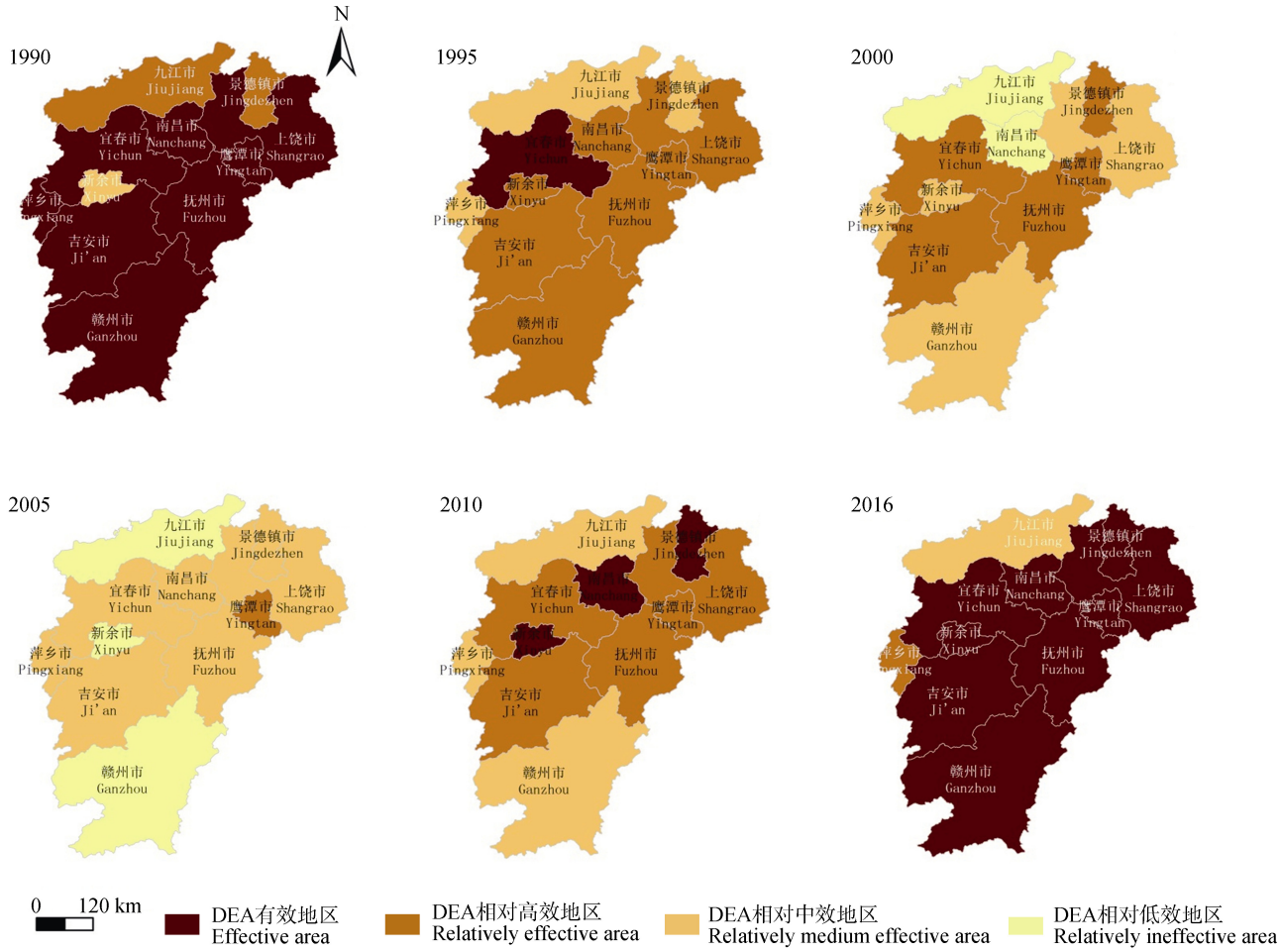

图 2　1990—2016 年江西省 11 个设区市农业土地资源利用效率空间格局演变过程

Fig. 2　Spatial pattern of agricultural land use efficiency in 11 cities of Jiangxi Province from 1990 to 2016

表 2　1990—2016 年江西省农业土地资源利用效率变化指数

Table 2　Change indexes of agricultural land resource use efficiency in Jiangxi Province from 1990 to 2016

时间段 Year	技术效率变化指数 Technical efficiency change	技术进步变化指数 Technical change	纯技术效率变化指数 Pure technical efficiency change	规模效率变化指数 Scale efficiency change	Malmquist 生产率变化指数 Total factor productivity change
1991—1992	0.943	0.890	0.999	0.944	0.839
1992—1993	1.002	1.008	1.001	1.001	1.010
1993—1994	1.000	1.011	1.000	1.000	1.011
1994—1995	0.999	0.994	1.000	0.999	0.993
1995—1996	0.990	0.991	1.000	0.990	0.981
1996—1997	1.005	1.031	1.000	1.005	1.036
1997—1998	0.996	0.983	1.000	0.996	0.979
1998—1999	0.992	0.934	1.000	0.992	0.927
1999—2000	0.969	0.998	0.980	0.989	0.967
2000—2001	0.975	0.909	0.976	1.000	0.887
2001—2002	1.001	1.015	0.974	1.029	1.016
2002—2003	0.939	0.961	0.958	0.979	0.902

表 2 续

时间段 Year	技术效率变化指数 Technical efficiency change	技术进步变化指数 Technical change	纯技术效率变化指数 Pure technical efficiency change	规模效率变化指数 Scale efficiency change	Malmquist 生产率变化指数 Total factor productivity change
2003—2004	1.031	1.126	1.011	1.019	1.161
2004—2005	0.967	0.896	1.095	0.884	0.866
2005—2006	0.983	0.995	0.972	1.011	0.978
2006—2007	1.018	1.100	1.038	0.981	1.120
2007—2008	1.010	0.912	1.004	1.006	0.921
2008—2009	1.131	1.148	1.000	1.131	1.298
2009—2010	1.076	1.001	1.000	1.076	1.077
2010—2011	0.986	1.015	0.999	0.987	1.001
2011—2012	1.011	1.111	1.000	1.011	1.123
2012—2013	1.006	0.963	0.999	1.007	0.969
2013—2014	1.027	1.414	1.002	1.025	1.452
2014—2015	1.004	1.001	1.000	1.004	1.005
2015—2016	1.006	1.017	1.000	1.006	1.023
2016—2017	1.002	1.055	1.000	1.002	1.057
均值 Mean	1.003	1.018	1.000	1.003	1.021

就具体区域而言(表 3), 1990—2016 年间江西省 11 个设区市各类变化指数的增减幅度比较平稳, 均未超过 10%, 其中全要素生产率变化指数、技术效率变化指数和效率进步变化指数分别年均增长 2.1%、0.3%和 1.8%, 说明各设区市未来的提升潜力较大。除鹰潭市、宜春市和上饶市受技术进步影响导致全要素生产率指数均出现不同程度下降之外, 其他 8 个设区市的全要素生产率指数均呈上升状态且技术进步变化指数均大于 1, 说明技术进步是其生产率提升的关键推动要素。九江市的纯技术变化指数和规模变化指数均呈现负增长的态势, 是今后政府政策制定的重点关注区。在规模效率变化指数上, 各设区市大多数都为 1, 说明江西省农业生产规模效应贡献作用很小。因此, 如何提升农业生产规模化、集约化水平是实现农业土地资源利用转型与提升土地利用效率的关键。

3 农业土地资源利用效率改善路径分析

3.1 农业土地资源利用效率损失的原因与改善潜力

根据DEA 模型原理, 当农业土地资源利用效率值小于 1 时, 松弛变量的大小可以反映农业土地资源利用效率损失的原因与改善潜力。本文将 1990—2016 年江西省 11 个设区市各投入松弛量除以相对应的投入原始量计算得到投入冗余率, 将农业土地资源产出松弛量除以相对应的产出量计算得到农业土地产出不足率, 结果如表 4 所示。

表 3 1990—2016 年江西省 11 个设区市农业土地资源利用效率平均指数

Table 3 Average change indexes of agricultural land use efficiency in 11 cities in Jiangxi Province from 1990 to 2016

城市 City	技术效率变化指数 Technical efficiency change	技术进步变化指数 Technical change	纯技术效率变化指数 Pure technical efficiency change	规模效率变化指数 Scale efficiency change	Malmquist 生产率变化指数 Total factor productivity change
南昌市 Nanchang City	1.002	1.025	1.002	1.000	1.015
景德镇市 Jingdezhen City	1.001	1.031	1.000	1.001	1.032
萍乡市 Pingxiang City	1.000	1.029	1.000	1.000	1.029
九江市 Jiujiang City	0.993	1.022	0.995	0.999	1.015
新余市 Xinyu City	1.002	1.041	1.000	1.002	1.043
鹰潭市 Yingtan City	1.023	0.977	1.002	1.021	0.977
赣州市 Ganzhou City	1.000	1.032	0.996	1.004	1.032
吉安市 Ji'an City	1.000	1.028	1.000	1.000	1.008
宜春市 Yichun City	1.000	0.999	1.000	1.000	0.999
抚州市 Fuzhou City	1.000	1.033	1.000	1.000	1.013
上饶市 Shangrao City	1.014	0.982	1.014	1.000	0.982
均值 Mean	1.003	1.018	1.000	1.003	1.021

表 4　江西省农业土地资源利用投入和产出的优化结果

Table 4　Optimized input and output of agricultural land resources utilization in Jiangxi Province

城市 City	投入冗余率 Input redundancy rate (%)						产出不足率 Output insufficient rate (%)		
	农作物播种面积 Crop sown area	农业机械总动力 Total mechanical power	农药使用量 Pesticide use	化肥施用量 Fertilizer use	农膜使用量 Agricultural film use	种植业从业人员 Planting practitioners	种植业产值 Agricultural output value	粮食总产量 Total grain output	生态系统服务价值 Ecosystem service value
南昌市 Nanchang City	0.88	5.06	29.15**	14.28*	0.00	13.64	73.61***	13.70	7.33
景德镇市 Jingdezhen City	0.00	4.55	7.59	13.39	37.88**	14.44*	43.73***	5.05	0.00
萍乡市 Pingxiang City	4.88	4.17	15.58*	20.18**	8.39	11.24	22.55***	3.45	2.06
九江市 Jiujiang City	12.78	3.86	21.51*	15.79	13.02	25.65**	0.00	28.44***	0.00
新余市 Xinyu City	0.00	0.00	13.99*	7.45**	10.68	4.49	37.88***	0.00	4.34
鹰潭市 Yingtan City	0.22	1.42	13.96**	10.05*	3.65	0.00	55.99***	0.38	0.00
赣州市 Ganzhou City	1.79	2.28	14.29	13.94	33.22***	25.03**	20.42*	3.26	10.63
吉安市 Ji'an City	9.41	3.40	33.60***	17.26	9.58	20.44*	21.67**	2.03	10.03
宜春市 Yichun City	5.17	8.50	22.58***	13.61*	10.54	11.07	19.82**	0.00	4.17
抚州市 Fuzhou City	0.83	6.33	19.73*	18.72	27.41**	13.65	32.67***	3.26	12.92
上饶市 Shangrao City	2.83	3.36	27.32**	17.25*	10.40	16.72	34.64***	11.77	9.27

投入冗余率和产出不足率表示应该改善潜力的百分比; 按照冗余率和不足率进行排序, ***、**和*分别表示对农业土地资源利用效率损失影响的第 1、第 2 和第 3 影响要素。The input redundancy rate and output insufficient rate indicate the percentage of potential improvement. ***, ** and * indicate the first, second and third factors affecting the loss of agricultural land use efficiency according to the input redundancy rate and output insufficient rate.

从表 4 可以发现江西省 11 个设区市农业土地资源利用效率损失的原因, 以及各设区市投入产出要素改善潜力情况。

1)从全省范围来看, 农业土地资源利用效率损失的主要影响因素依次为种植业产值产出不足、农药和劳动力投入过多。首先, 种植业产值不足在江西省农业土地资源利用效率损失占的比重最高, 说明当前江西省农业土地生产总体产值不足是最大的影响因素。其次, 由于农户追求农产品产出与经济效益, 导致农药使用过量是造成效率损失的第 2 影响因素。最后, 种植业劳动力投入过多是造成效率损失的第 3 影响因素, 这与江西省丘陵地形和传统农业生产方式有关。江西省主要以丘陵和山地地形为主, 农地细碎化程度高, 适合于小规模"精细化"的土地经营方式[37], 中大规模机械化生产程度低, 仍属于高劳动力投入与低经济产出的传统农业生产模式, 劳动力投入冗余率高; 与机械化、规模化程度较高的高效率生产地区相比, 江西省目前还存在大量老弱的农村剩余劳动力, 导致农业土地资源利用效率损失。

2)分区域来看, 各设区市农业土地资源利用效率损失的原因各有不同。南昌市、景德镇市、萍乡市、新余市、鹰潭市、抚州市和上饶市均种植业产值不足, 是影响农业土地资源利用效率损失的第 1 要素, 特别是南昌市、景德镇市和鹰潭市改善潜力巨大, 分别达到 73.61%、55.99%和 43.73%; 九江市农业土地资源利用效率损失的第 1 影响要素是粮食产出不足, 改善潜力达到 28.44%; 赣州市农业土地资源利用效率损失的第 1 影响要素是农膜投入冗余, 改善潜力达到 33.22%; 吉安市和宜春市农业土地资源利用效率损失的第 1 影响要素是农药投入冗余, 次要因素是种植业产值不足。农药投入冗余是影响南昌市、鹰潭市和上饶市农业土地资源利用效率损失的次要因素, 化肥投入冗余是影响萍乡市和新余市农业土地资源利用效率损失的次要因素, 农膜投入冗余是影响景德镇市和抚州市农业土地资源利用效率损失的次要因素, 种植业劳动力投入冗余是影响九江市农业土地资源利用效率损失的次要因素。各设区市农药化肥农膜和劳动力等投入冗余对效率损失都造成了不同程度的影响。

3.2　农业土地资源利用效率的改善途径

通过对江西省 11 个设区市农业土地资源利用效率损失的原因和改善潜力分析, 可以清楚地厘清各

设区市效率损失的主要影响因素, 为改善效率提供可行性路径以及制定有针对性的政策。

从资源要素投入端来看: 1)农药投入。农药投入过多会导致农业土地利用的效率损失、危害农产品安全甚至人们的健康。目前江西各设区市农药使用过量情况较为严重, 几乎所有设区市都具有较高的农药改善潜力, 因此减少农药使用量对这些设区市实现农业土地资源利用效率提升非常关键。2)化肥投入。化肥是农业土地生产基本投入之一, 过多的化肥投入不仅导致效率损失、增加农业经营成本, 而且会造成面源污染破坏农业生态环境。萍乡市、抚州市、新余市、吉安市和上饶市等设区市都具有较高的化肥改善潜力, 这些设区市大多属于粮食生产基地, 化肥投入较多, 容易导致化肥投入冗余问题。因此, 减少化肥施用量或提高化肥利用率是这些设区市农业土地资源利用效率提高的重要路径。3)农膜投入。特别是景德镇市、赣州市和抚州市的农膜改善潜力较大。4)种植业从业人员。江西省属于高劳动力投入低产出的传统农业生产欠发达省份, 农村剩余劳动力较多, 赣州市、九江市和吉安市和其他设区市都具有较大的劳动力改善潜力, 因此大力推进农村土地制度改革, 走机械化、规模性和集约化的土地生产模式是江西省农业土地资源效率改善的关键。

从土地经营产出端来看, 土地经营产值是衡量土地利用效率的重要指标, 江西省大部分设区市种植业产值都具有较高的改善潜力; 九江市粮食产出具有较高的改善潜力, 这与九江市地理位置有关, 易发生自然灾害, 存在粮食产量不足的情况; 此外, 抚州市、赣州市、吉安市和上饶市也存在较高的农业土地生态价值改善潜力, 在城镇化、工业化快速进程下, 减少农地违规非农化, 合理开发和保护农业土地资源以及保护好生态环境质量是提升土地生态价值的重要路径。

4 结论与讨论

4.1 结论

通过对 1990—2016 年江西省 11 个设区市农业土地资源利用效率时空演变特征以及效率损失原因与改善路径分析, 得出了以下几点结论:

1)从时空演变特征来看, 时序演变上, 研究期内江西省农业土地资源利用水平整体较高, 呈现“先下降后上升”的变动趋势, 效率均值为 0.889; 效率分解上, 综合技术效率是纯技术效率和规模效率共同作用的结果, 规模效率对综合技术效率的影响能力强于纯技术效率, 而规模效率低是造成综合技术效率不高的重要原因; 空间格局演变上, 江西省 11 个设区市农业土地资源利用区域间效率变化轨迹差异明显, 非均衡发展趋势较为突出, 历年 DEA 有效和相对高效率地区主要聚集在江西中北部城市, 呈现“大聚集-小分散”的分布特征, 梯级层次明显。

2)从全要素生产率动态变化来看, 研究期内江西省农业土地资源利用全要素生产率年均增长 2.1%, 其中技术效率和技术进步分别贡献 0.3%和 1.8%, 说明江西省农业土地资源利用全要素生产率增长属于技术进步“单轨驱动”模式; 纯技术效率和规模效率低下, 是制约农业土地资源利用全要素生产率增长的核心因素; 各设区市效率指数的年均涨幅比较平稳, 未来的提升潜力较大。

3)从效率损失原因来看, 种植业产值产出不足是江西省农业土地资源利用效率损失的主要原因, 农药化肥、种植业从业人员等要素投入冗余是次要原因; 各设区市农业土地利用效率损失的原因有所不同, 投入产出要素改善潜力较大。

4)从效率改善路径来看, 优化资源要素配置能力, 规范和减少农药化肥农膜使用, 逐步转移农村剩余劳动力, 培育新型职业化农民, 提高土地生产机械化、规模化水平以及减少环境污染物提升生态环境质量水平是改善江西省农业土地资源利用效率的关键路径。

4.2 讨论

通过本研究可较为全面掌握江西省农业土地资源利用效率时空动态演变特征, 明确今后江西省农业土地资源利用效率改善潜力与路径实现的基本方向, 为未来政府制定土地资源高效利用与管理决策提供科学的依据。在与已有研究成果相比较发现, 谢花林等[31]测度得到鄱阳湖生态经济区 1999—2010 年耕地利用效率为 0.844, 黄祥芳等[28]计算得到江西省 2001—2015 年耕地环境效率值为 0.850, 略低于本研究的效率值 0.889; 在时序变化均呈现出“先下降后上升”的变动趋势, 则与本研究得到变动趋势相类似。当前, 农业土地资源利用效率尚无统一的指标体系, 产出指标多以粮食总产量或者农业产值单一指标为主。随着生态系统服务价值持续利用理论的完善与相关数据的积累, 有必要将生态环境价值纳入投入-产出核算体系, 将有利于增强效率测算结果的科学性和准确性[22]。

此外, 本文认为尚存在以下不足以供讨论: 1)在构建农业土地资源利用效率投入产出指标体系时, 将农业土地资源具备的生态系统服务价值纳入其中, 考虑了其环境正效应而使得整体的利用效率稍

偏高，土地资源生态价值的衡量有待于进一步完善；2)未考虑农业土地资源利用过程中污染产生的环境负效应，使得分析结果全面性有所欠缺，有待于今后研究进一步深入；3)针对多个决策单元同时有效而无法进一步比较评价以及技术效率和随机扰动项存在差异的情况，仍需继续完善效率测度方法。农业土地资源利用效率及损失是多种因素共同作用的结果，进一步对农业土地资源利用效率及损失的影响机制以及区域间存在空间依赖性、异质性等问题进行定量分析，为未来提供了重要的研究方向。

参考文献 References

[1] 孙丽娜, 石占胜, 宫月. 河北省耕地利用效益评价及其时空分异特征研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(18): 92–98
SUN L N, SHI Z S, GONG Y. Cultivated land use benefit in Hebei Province: Evaluation and spatiotemporal differentiation[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(18): 92–98

[2] 方莹, 王静, 孔雪松, 等. 耕地利用多功能权衡关系测度与分区优化——以河南省为例[J]. 中国土地科学, 2018, 32(11): 57–64
FANG Y, WANG J, KONG X S, et al. Trade-off relation measurement and zoning optimization of multi-functionality of cultivated land use: A case study of Henan Province[J]. China Land Science, 2018, 32(11): 57–64

[3] 李长健, 苗苗. 长江中游城市群土地利用效率测算: 现实机理与时空分异[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(12): 157–164
LI C J, MIAO M. Urban land use efficiency measurement of city group in middle reaches of Yangtze River: Reality mechanism and spatiotemporal diversities[J]. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(12): 157–164

[4] 朱孟珏, 傅晓婷. 粤港澳大湾区土地利用效率的时空特征及其影响机制[J]. 热带地理, 2017, 37(6): 814–823
ZHU M J, FU X T. Spatial-temporal evolution of urban land use efficiency in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area[J]. Tropical Geography, 2017, 37(6): 814–823

[5] GRUNDY M J, BRYAN B A, NOLAN M, et al. Scenarios for Australian agricultural production and land use to 2050[J]. Agricultural Systems, 2016, 142: 70–83

[6] KÜHLING I, BROLL G, TRAUTZ D. Spatio-temporal analysis of agricultural land-use intensity across the western Siberian Grain Belt[J]. Science of the Total Environment, 2016, 544: 271–280

[7] VAN ZANTEN H H E, MOLLENHORST H, KLOOTWIJK C W, et al. Global food supply: Land use efficiency of livestock systems[J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2016, 21(5): 747–758

[8] LI Y Y, LI X B, TAN M H, et al. The impact of cultivated land spatial shift on food crop production in China, 1990–2010[J]. Land Degradation & Development, 2018, 29(6): 1652–1659

[9] LIN H C, HÜLSBERGEN K J. A new method for analyzing agricultural land-use efficiency, and its application in organic and conventional farming systems in Southern Germany[J]. European Journal of Agronomy, 2017, 83: 15–27

[10] YUAN X F, SHAO Y J, WEI X D, et al. Study on the potential of cultivated land quality improvement based on a geological detector[J]. Geological Journal, 2018, 53(S1): 387–397

[11] LI S, COLSON V, LEJEUNE P, et al. Agent-based modelling of the spatial pattern of leisure visitation in forests: A case study in Wallonia, South Belgium[J]. Environmental Modelling & Software, 2015, 71: 111–125

[12] 岳立, 李文波. 环境约束下的中国典型城市土地利用效率——基于 DDF-Global Malmquist-Luenberger 指数方法的分析[J]. 资源科学, 2017, 39(4): 597–607
YUE L, LI W B. Typical urban land use efficiency in China under environmental constraints based on DDF-Global Malmquist-Luenberger index modeling[J]. Resources Science, 2017, 39(4): 597–607

[13] 王云, 周忠学. 多功能性的都市农业用地效率评价——以西安市为例[J]. 经济地理, 2014, 34(7): 129–134
WANG Y, ZHOU Z X. Evaluation of urban agricultural land use efficiency based on urban agricultural multi-functionality — A case study of Xi'an City[J]. Economic Geography, 2014, 34(7): 129–134

[14] 何亚芬, 谢花林. 中国林地绿色利用效率时空差异分析[J]. 生态学报, 2018, 38(15): 5452–5460
HE Y F, XIE H L. Spatio-temporal difference analysis of green utilization efficiency of forested land in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(15): 5452–5460

[15] 穆少杰, 游永亮, 朱超, 等. 中国西北部草地植被降水利用效率的时空格局[J]. 生态学报, 2017, 37(5): 1458–1471
MU S J, YOU Y L, ZHU C, et al. Spatio-temporal patterns of precipitation-use efficiency of grassland in northwestern China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(5): 1458–1471

[16] 张荣天, 焦华富. 中国省际耕地利用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

[17] 卢新海, 匡兵, 李菁. 碳排放约束下耕地利用效率的区域差异及其影响因素[J]. 自然资源学报, 2018, 33(4): 657–668
LU X H, KUANG B, LI Q. Regional differences and its influencing factors of cultivated land use efficiency under carbon emission constraint[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(4): 657–668

[18] 匡兵, 卢新海, 韩璟, 等. 考虑碳排放的粮食主产区耕地利用效率区域差异与变化[J]. 农业工程学报, 2018, 34(11): 1–8
KUANG B, LU X H, HAN J, et al. Regional differences and dynamic evolution of cultivated land use efficiency in major grain producing areas in low carbon perspective[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(11): 1–8

[19] 丘雯文, 杨子生. 云南省耕地生产效率的时空差异及影响因素[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(5): 786–793
QIU W W, YANG Z S. Spatial differences and influences of cultivated land use efficiency in Yunnan Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(5): 786–793

[20] 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
SUN Y P, TU W L. Based on the DEA analysis of the agricultural land resource use efficiency in Jingzhou[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(8): 93–97

[21] 朱向楠, 刘淑英, 王平. 村域尺度耕地利用效益时空格局演化分析[J]. 水土保持通报, 2018, 38(4): 337–344
ZHU X N, LIU S Y, WANG P. A study on village level of spatial and temporal pattern evolution of cultivated land use efficiency[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(4): 337–344

[22] 伍玉鹏, 陈远新, 吴中波, 等. 不同年限有机种植与常规种植农业资源综合利用效率对比——以湖北省水稻种植为例[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(2): 201–209
WU Y P, CHEN Y X, WU Z B, et al. Efficiency analysis of comprehensive utilization of agricultural resources under organic and conventional agricultures — A case study of rice cultivation systems in Hubei Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2016, 24(2): 201–209

[23] 刘维哲, 常明, 王西琴. 基于随机前沿的灌溉用水效率及影响因素研究——以陕西关中地区小麦为例[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(9): 1407–1414
LIU W Z, CHANG M, WANG X Q. Irrigation water efficiency based on stochastic production frontier and influencing factors: An empirical study of wheat in Guanzhong Region, Shaanxi[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2018, 26(9): 1407–1414

[24] 杨勇, 邓祥征, 李志慧, 等. 2000—2015 年华北平原土地利用变化对粮食生产效率的影响[J]. 地理研究, 2017, 36(11): 2171–2183
YANG Y, DENG X Z, LI Z H, et al. Impact of land use change on grain production efficiency in North China Plain during 2000–2015[J]. Geographical Research, 2017, 36(11): 2171–2183

[25] 孔庆书, 李洪英, 师伟力. 基于 DEA 的河北省休闲农业评价研究——以河北省休闲农业与乡村旅游示范点为例[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(4): 511–518
KONG Q S, LI H Y, SHI W L. Evaluation of leisure agriculture based on DEA in Hebei Province — The case of Hebei leisure agriculture and rural tourism demonstration sites[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21(4): 511–518

[26] 栾敬东, 焦丽娟, 朱乾隆. 耕地利用效率时空差异及影响因素研究——基于乡村振兴战略[J]. 山西农业大学学报: 社会科学版, 2018, 17(6): 45–53
LUAN J D, JIAO L J, ZHU Q L. Study on the spatio-temporal differences and impact factors of cultivated land use efficiency — Based on the strategy of rural rejuvenation[J]. Journal of Shanxi Agricultural University: Social Science Edition, 2018, 17(6): 45–53

[27] 盖兆雪, 孙萍, 张景奇. 环境约束下的粮食主产区耕地利用效率时空演变特征[J]. 经济地理, 2017, 37(12): 163–171
GAI Z X, SUN P, ZHANG J Q. Cultivated land utilization efficiency and its difference with consideration of environmental constraints in major grain producing area[J]. Economic Geography, 2017, 37(12): 163–171

[28] 黄祥芳, 李湘玲. 江西省耕地利用与环境协调发展测度及提升策略[J]. 水土保持通报, 2018, 38(5): 127–133
HUANG X F, LI X L. Measurement and strategies for coordinated development of cultivated land use and environment in Jiangxi Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(5): 127–133

[29] 张晗, 赵小敏, 欧阳真程, 等. 多尺度下的南方山地丘陵区耕地质量空间自相关分析——以江西省黎川县为例[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(2): 263–273
ZHANG H, ZHAO X M, OUYANG Z C, et al. Multi-scale spatial autocorrelation analysis of cultivated land quality in China's southern hillside areas: A case study of Lichuan County, Jiangxi Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2018, 26(2): 263–273

[30] 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

[31] 谢花林, 张道贝, 王伟, 等. 鄱阳湖生态经济区耕地利用效率时空差异及其影响因素分析[J]. 水土保持研究, 2016, 23(5): 214–221
XIE H L, ZHANG D B, WANG W, et al. Analysis of cultivated land use efficiency and its influencing factors for Poyang Lake Ecological Economic Zone[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2016, 23(5): 214–221

[32] FAERE R, GROSSKOPF S, LOVELL C A K, et al. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: A nonparametric approach[J]. The Review of Economics and Statistics, 1989, 71(1): 90–98

[33] 施建刚, 徐天珩. 基于 VRS-DEA 模型与 Malmquist 指数的工业园区土地利用效率评价——以长三角城市群 16 个工业园区为例[J]. 资源科学, 2017, 39(6): 1026–1036
SHI J G, XU T H. Efficiency evaluation of industrial parks land in Yangtze River Urban Agglomerations based on VRS-DEA model and Malmquist Productivity Index[J]. Resources Science, 2017, 39(6): 1026–1036

[34] 聂弯, 于法稳. 农业生态效率研究进展分析[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(9): 1371–1380
NIE W, YU F W. Review of methodology and application of agricultural eco-efficiency[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2017, 25(9): 1371–1380

[35] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243–1254
XIE G D, ZHANG C X, ZHANG L M, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area[J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(8): 1243–1254

[36] COSTANZA R, D'ARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253–260

[37] 刘曲. 江西省耕地利用效率的时空差异及其影响因素研究[D]. 南昌: 江西财经大学, 2016
LIU Q. Study on the spatiotemporal differences and its influencing factors of farmland use efficiency in Jiangxi Province[D]. Nanchang: Jiangxi University of Finance and Economics, 2016

[38] 黄祥芳. 面源污染视角下江西省耕地利用效率研究[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(12): 177–183
HUANG X F. A study on efficiency of cultivated land use of Jiangxi Province from the perspective of non-point source pollution[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, 39(12): 177–183

[39] 杨清可, 段学军, 叶磊, 等. 基于 SBM-Undesirable 模型的城市土地利用效率评价——以长三角地区 16 城市为例[J]. 资源科学, 2014, 36(4): 712–721
YANG Q K, DUAN X J, YE L, et al. Efficiency evaluation of city land utilization in the Yangtze River Delta using a SBM-Undesirable model[J]. Resources Science, 2014, 36(4): 712–721