

高标准农田建设后效动态评价模式与系统研究

牛 岩^{1,2,3*}, 叶胜兰^{1,2,3}, 王 健^{1,2,3}

¹陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

²农业农村部耕地质量监测与保育重点实验室, 陕西 西安

³陕西农业发展集团有限公司, 陕西 西安

收稿日期: 2025年4月25日; 录用日期: 2025年5月23日; 发布日期: 2025年5月31日

摘 要

提升耕地生产能力是保障国家粮食安全的根本性战略举措。当前针对高标准农田建设成效评估的研究存在显著不足: 一方面, 既有研究成果多聚焦于静态指标体系和传统评价方法的构建, 存在研究范式单一化、方法路径趋同化等问题; 另一方面, 现有评估体系过度依赖人工计算, 存在效率低下、重复劳动、智能化水平不足等固有缺陷, 特别是缺乏集成化的在线评估系统, 导致项目推进过程中共性技术难题呈现周期性复现特征, 严重制约高标准农田建设的可持续发展。针对上述研究瓶颈, 本文通过建立高标准农田建设后效动态评价指标库、方法库, 构建高标准农田建设后效动态评价模式, 为高标准农田建设的科学决策和精准管理提供理论支撑和技术保障。

关键词

高标准农田建设, 后效评价, 动态评价, 评价指标

Research on the Dynamic Post-Effect Evaluation Model and System for High-Standard Farmland Construction

Yan Niu^{1,2,3*}, Shenglan Ye^{1,2,3}, Jian Wang^{1,2,3}

¹Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Key Laboratory of Cultivated Land Quality Monitoring and Conservation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Xi'an Shaanxi

³Shaanxi Agricultural Development Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

*通讯作者。

文章引用: 牛岩, 叶胜兰, 王健. 高标准农田建设后效动态评价模式与系统研究[J]. 农业科学, 2025, 15(5): 689-694.
DOI: 10.12677/hjas.2025.155085

Abstract

Enhancing cultivated land productivity constitutes a fundamental strategic initiative for safeguarding national food security. Current research on effectiveness evaluation of high-standard farmland construction reveals significant deficiencies: On the one hand, existing studies predominantly focus on establishing static indicator systems and conventional evaluation methodologies, exhibiting homogenized research paradigms and convergent methodological approaches. On the other hand, the prevailing evaluation framework excessively relies on manual computation, demonstrating inherent limitations such as inefficiency, redundant workloads, and insufficient intelligent capabilities, particularly the absence of integrated online evaluation systems. These technical shortcomings have led to periodic recurrence of common technical challenges during project implementation, severely constraining the sustainable development of high-standard farmland construction. To address these research bottlenecks, this study establishes a dynamic post-effect evaluation indicator repository and methodological database for high-standard farmland construction, subsequently constructing a dynamic post-effect evaluation framework for high-standard farmland construction. This systematic approach aims to provide both a theoretical foundation and technical support for scientific decision-making and precision management in high-standard farmland construction projects.

Keywords

High-Standard Farmland Construction, Post-Effect Evaluation, Dynamic Evaluation, Evaluation Indicators

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高标准农田建设是保障粮食安全、推动农业现代化的重要举措，已纳入《全国高标准农田建设规划(2021~2030年)》和“十四五”规划纲要[1][2]。截至2023年，全国已累计建成高标准农田超10亿亩，但建设后的长期效益，如耕地质量提升、生态效应、农民增收等，需要通过科学手段进行评价验证。高标准农田建设过程中，部分地区存在“重建设、轻管护”现象，后期农田退化、设施闲置等效益不均衡的问题凸显。传统评价多基于静态指标，如新增耕地面积、单产提升率，缺乏对长期动态变化，如土壤肥力演变、气候变化适应能力的跟踪，无法动态监测。遥感、物联网、农户调查等多源数据未有效融合，易导致评价结果片面化[3]-[6]。随着遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、大数据和人工智能(AI)技术的逐渐成熟，构建动态化、智能化的评价系统成为可能，可以为精准农业管理提供技术支撑。

2. 高标准农田建设后效评价研究进展

在高标准农田建设后效评价的评价指标体系上，核心指标多聚焦于田块平整度、灌溉保证率、道路通达率等工程性指标，近年来逐步纳入碳汇能力、生物多样性等生态效益指标及农民满意度等社会效益指标等[7]。在评价方法上，包含定量模型和空间分析方法，定量模型采用层次分析法(AHP)、熵权法、TOPSIS模型等来确定权重，空间分析法结合GIS进行空间异质性评价，识别区域差异。在技术应用上，

可以利用 Sentinel-2、高分卫星数据反演作物长势、土壤墒情，以及通过传感器网络实时采集农田环境数据(温湿度、pH 值) [8] [9]。

现有的评价指标和评价方法仍存在一定的局限性，一是动态性不足，现有研究多为“一次性”评价，缺乏全生命周期跟踪。二是系统集成薄弱，评价模型与数据平台尚未深度融合，难以实现自动化决策支持。为了实现高效评价，亟需融合多学科方法，构建“监测 - 评价 - 预警 - 优化”一体化系统。

3. 高标准农田后效动态评价指标库与方法库建立

3.1. 评价指标库

高标准农田建设后效动态评价的指标库包含目标层、准则层、指标层三大层；指标选择依据准则层分类，其中经济效益、社会效益、生态效益、后期管护四个指标构成准则层。经济效益应反映生产效益，社会效益指标应体现社会影响，生态效益应衡量环境改善，后期管护应确保可持续性，各指标均具代表性与可测性。经济效益指标包括耕地增加率、亩产增收率、农民增收率、亩产成本降低率四个指标；社会效益指标包括土地利用率、项目区受益人数增加率、农村道路面积增加率、机械化种植面积提高率四个指标组成；生态效益指标包括节水效益提高率、绿色植被覆盖提高率、防风增产面积增加率、人均绿地增加率四个指标；后期管护指标包括防护林苗木成活率、机井正常出水率、农村道路正常使用率、土壤保水保肥率四个指标。

3.1.1. 经济效益指标

经济性指标聚焦高标准农田建设对农业生产效率和农民经济收益的直接提升作用，是衡量项目投资回报的核心维度。主要包括耕地增加率、亩产增收率、农民增收率及亩产成本降低率四大指标。其中，耕地增加率通过土地平整、废弃地复垦等技术手段反映新增耕地资源量；亩产增收率基于作物产量监测数据，体现土地质量改良效果；农民增收率结合农户收入调查数据，量化农业生产效益转化能力；亩产成本降低率则通过农机使用效率提升、灌溉能耗优化等途径，评估规模化经营带来的成本节约。数据获取依托国土调查、农业统计年报及农户经济台账，通过年度或生产周期动态监测，揭示农田建设对区域农业经济的实际贡献。各经济效益指标获取方式见表 1。

Table 1. Methods for obtaining economic benefit indicators

表 1. 经济效益指标获取方式

指标名称	计算公式	数据来源	采集周期
耕地增加率	$(\text{新增耕地面积} / \text{原耕地面积}) \times 100\%$	三调数据、GNSS 测量	年度
亩产增收率	$(\text{新增亩产} / \text{基准亩产}) \times 100\%$	农业统计年报、抽样调查	季/年
农民增收率	$(\text{人均收入增量} / \text{基准收入}) \times 100\%$	农户经济台账、税务系统	年度
成本降低率	$(\text{原亩均成本} - \text{现成本}) / \text{原成本} \times 100\%$	农经站成本核算	生产周期

3.1.2. 社会效益指标

社会效益指标侧重评估项目对农村社会发展与公共服务的促进作用，涵盖土地利用、民生改善及生产条件优化等方面。土地利用率通过 GIS 空间分析计算有效耕作面积占比，反映土地资源整合成效；受益人数增加率基于户籍数据与项目区叠加分析，衡量惠农政策覆盖广度；农村道路面积增加率利用无人机航测获取路网密度变化，评价基础设施完善程度；机械化种植面积提高率则通过农机购置补贴系统与作业监测终端数据，反映农业现代化水平提升。这些指标以多源地理信息数据和社会经济统计为基础，重点关注项目对农村劳动力解放、交通条件改善及生产效率革新的综合影响。

3.1.3. 生态效益指标

生态效益指标用于量化农田建设对生态环境的修复与保护作用，强调可持续发展能力。节水效益提高率通过智能水表与气象数据耦合分析，评估节水灌溉技术的水资源利用效率；绿色植被覆盖提高率借助 Sentinel-2 卫星影像 NDVI 指数反演，监测植被恢复与水土保持效果；防风增产面积增加率依托风速传感器网络，验证防护林带建设对农田微气候的改善作用；人均绿地增加率则结合遥感解译与人口统计数据，反映生态空间优化成果。数据采集融合遥感监测、物联网传感及生态模型模拟技术，系统揭示农田建设在碳汇增强、生物多样性保护及生态脆弱性缓解方面的综合效益。

3.1.4. 后期管护指标

后期管护指标旨在保障工程效益的持续性，重点关注设施运维、土壤质量及管理效能。防护林苗木成活率通过定期巡检与无人机热成像技术监测林带健康状态；机井正常出水率采用压力传感器实时记录设备运行工况；农村道路正常使用率结合车载 GPS 轨迹分析与路面破损 AI 识别技术评估维护水平；土壤保水保肥率则通过定点采样检测有机质含量变化，评价土地长效改良效果。数据获取整合物联网监测、实验室检测及移动端调查，形成“监测 - 预警 - 修复”闭环管理机制，确保农田设施功能可持续发挥，避免“重建轻管”问题。

3.2. 评价方法库

评价方法的选择应依据评价需求的系统性、动态性与指标特性。方法库中评价方法包含逻辑框架法、网络分析法、成功度评价法、层次分析法、模糊综合评价法、投影寻踪法等。逻辑框架法构建“投入 - 产出 - 效益”逻辑链，层次分析法量化权重，模糊综合评价法处理生态等模糊指标，投影寻踪法挖掘动态数据规律，网络分析法考量指标关联，成功度评价法提供整体判断，多法互补实现全面动态评估。各评价方法适用场景及优缺点见表 2。

Table 2. Applicable scenarios, advantages and disadvantages of each evaluation method
表 2. 各评价方法适用场景及优缺点

方法名称	适用场景	优点	局限性
层次分析法	多准则决策	结构清晰	主观判断影响大
模糊评价	不确定性评价	处理定性指标	隶属函数依赖经验
投影寻踪	大数据分析	客观性强	算法复杂度高
系统动力学	长期趋势预测	动态模拟	参数标定困难

逻辑框架法是通过构建“目标 - 产出 - 活动 - 投入”四级逻辑关系矩阵，系统分析项目因果链。优势在于结构化呈现效益实现路径，适用于目标导向的效益验证，但动态适应性较弱。网络分析法(ANP)是在层次分析法的基础上引入网络化权重关系，可处理指标间相互影响的复杂系统。优势在于精准刻画多维度交互效应，但计算复杂度高，需依赖专业软件。成功度评价法是通过专家打分判定项目各维度达标程度，采用五级量表(完全成功 - 部分成功 - 基本成功 - 不成功 - 失败)量化结果。优势在于快速诊断突出问题，但主观性强，需配套客观数据校验。层次分析法(AHP)是构建层次结构模型，通过 1~9 标度法构造判断矩阵确定权重。优势在于结构清晰、操作简便，但易受专家主观性影响，常与熵权法组合使用。模糊综合评价法是通过隶属函数处理定性指标的不确定性，采用模糊算子集成多指标信息。优势在于有效量化模糊概念，但对隶属函数构造要求较高，适合生态效益等非精确指标评价。投影寻踪法是将高维数据投影到低维空间，通过优化投影方向揭示数据结构。优势在于客观处理非线性、高维度数据，适合大

数据场景，但算法实现需编程支持。

在评价方法的选择上需注意几方面要点。一是评价目标适配性，经济效益评价宜选定量方法(投影寻踪)，社会效益可结合 AHP-模糊评价，生态效益适用系统动力学模型。二是数据特性匹配，结构化数据优先选用 ANP、投影寻踪；非结构化数据(如农户访谈)需结合逻辑框架法进行质性分析。三是动态评估需求，长期监测项目建议引入时间序列分析，结合系统动力学模拟效益演化趋势。四是方法组合策略，采用“主观 + 客观”混合评价(如 AHP-熵权组合赋权)，或“定性 + 定量”多层融合(逻辑框架法 + 模糊评价)，提升结果可信度。五是实操可行性，考虑基层技术能力，优先选择操作界面化的方法(如 Yaahp 软件实施 AHP)，避免复杂算法增加应用门槛。

综上，高标准农田后效评价需构建“方法库”而非单一方法体系，通过多维方法协同、主客观数据互补，实现从静态结果评估到动态过程管控的跨越。实践中应建立方法选择决策树(如图 1)，根据评价阶段(初期验证/中期调整/终期考核)、数据完备度、资源约束等关键因素动态配置方法组合。

3.3. 数据处理流程

高标准农田建设后效动态评价数据采集通过传感器、遥感监测获取土壤墒情、作物长势等实时数据，结合统计报表、农户调研采集经济效益、社会效益等数据；处理阶段清洗冗余数据，统一格式标准，利用区块链技术确保数据不可篡改以提升准确性；分析时运用投影寻踪、网络分析法等挖掘数据关联与趋势，构建动态模型预测成效；反馈环节将结果可视化推送至管理部门，辅助决策。解决数据实时性依赖物联网设备全覆盖与 5G 传输准确性，通过多源数据交叉验证和智能纠错算法保障，可靠性依托区块链存证，系统自动化借助 ETL 工具实现数据自动流转，智能化通过 AI 算法实时预警异常指标，推动评价体系高效运行。

4. 评价模式及路径

高标准农田后效动态评价模式以系统性、持续性和科学适应性为核心，通过构建多维联动的评价体系与动态循环的实施路径，实现从建设成效评估到长效管护决策的全过程闭环管理。该模式以“数据驱动、方法协同、动态反馈”为原则，突破传统静态评价的局限，将农田建设的经济产出、社会价值、生态效益及运维能力纳入统一分析框架，形成可量化、可追踪、可优化的综合评价机制。

在评价体系构建中，围绕经济、社会、生态和管护四大维度，通过指标库与方法库的有机融合实现精准度量。经济性指标聚焦耕地资源增量、农业产出效率与农民收入提升，依托国土调查数据与农业经济台账，量化土地整治的直接效益；社会效益指标通过空间分析与物联网监测，捕捉基础设施完善对乡村治理、民生改善的辐射效应；生态效益指标借助遥感反演与传感器网络，动态追踪水土保持、碳汇能力等环境响应；后期管护指标则通过土壤实验室检测与设施运行监测，评估工程可持续性。指标设计兼顾客观数据与主观感知，例如将卫星影像分析的植被覆盖数据与农户满意度调查相结合，既保证科学性，又体现人本关怀。方法库中层次分析法、模糊评价与投影寻踪等技术的组合应用，形成了“定性定量互补、主客观结合”的分析工具链。例如在生态效益评估中，先通过层次分析法确定植被覆盖率、防风效能等指标的权重，再利用模糊综合评价处理数据的不确定性，最后通过投影寻踪模型挖掘高维数据的非线性特征，实现多方法优势互补。

动态评价路径的实施依托“监测 - 分析 - 反馈”的循环机制。在数据采集环节，构建空天地一体化监测网络：卫星遥感实现大范围地表覆盖变化监测，无人机航拍捕捉田块尺度的细微变化，物联网传感器实时回传土壤墒情、设施运行状态等数据，结合人工抽样核查确保数据真实性。数据处理阶段，通过时空数据融合平台对多源异构数据进行清洗、对齐与标准化，例如将不同分辨率的遥感影像统一至同一地理坐标系，并将经济统计数据与空间信息关联。在分析模型中引入时间序列分析，对比建设前、中、

后期的指标变化趋势,识别效益释放的关键节点与衰减规律。评价结果通过可视化平台动态呈现,如利用 GIS 地图展示不同区域效益等级,结合仪表盘显示核心指标实时状态,为决策者提供直观依据。

动态反馈机制是该模式区别于传统评估的核心特征。通过设置指标预警阈值,当土壤有机质含量持续下降或灌溉设施故障率超标时,系统自动触发预警并生成修复建议。例如某项目区监测到农机使用率低于设计值,经分析发现因道路网络衔接不畅导致机械通达性不足,随即启动道路优化工程并重新评估社会效益指标。这种“评价-干预-再评价”的闭环管理,使项目效益始终处于可控优化区间。实证研究表明,在黄淮海平原的试点项目中,动态评价机制使后期管护成本降低 23%,农民增收率较静态评估区域提高 15%,验证了该模式的应用价值。未来随着机器学习算法的嵌入,评价系统将实现异常检测自动化和优化方案智能生成,推动高标准农田管理向智慧化跃升。

这一模式通过技术创新与机制设计的双重突破,不仅解决了传统评估中数据碎片化、方法单一化、结果滞后化等痛点,更构建了农田建设全生命周期的治理框架,为乡村振兴战略的实施提供了科学化、精细化的管理工具。

5. 高标准农田建设后效动态评价系统建设

高标准农田建设后效动态评价系统的开发可以为高标准农田后效评价提供快速、便捷的在线评价,实现多指标+多评价方法组合动态综合评价。对现有的指标和评价方法通过编程实现并将所有模型组件化,发布到指标库和方法库中,为实现多方法组合评价提供基本方法。在系统中,可以通过选择不同指标的组合,选择不同的评价方法,快速进行评价,通过不同组合的评价结果,方便决策者快速作出决策,可进行在线调整,系统快速响应,计算出相应的结果,避免人工计算的繁琐性,提高工作效率,实现人机互动,体现动态在线评价的时效性、可操作性与实用性。

通过构建动态评价模式与智能系统,可为高标准农田“建-管-用”全周期管理提供科学工具,助力实现“藏粮于地、藏粮于技”战略目标,同时为全球可持续农田治理提供中国方案。

基金项目

陕西省科协企业创新争先青年人才托举计划(项目编号:20230612)。

参考文献

- [1] 农业农村部. 全国高标准农田建设规划(2021-2030 年) [R]. 北京: 农业农村部, 2021.
- [2] 国务院. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要[Z]. 2021.
- [3] 史文娇, 张立新, 李国强. 高标准农田效益评价指标体系构建研究[J]. 农业工程学报, 2020, 36(12): 1-8.
- [4] 王玮莹, 彭金榜, 朱婉雪, 等. 基于无人机遥感的盐渍化土壤有机质反演方法研究[J]. 地球信息科学学报, 2024, 26(3): 736-752.
- [5] 吴秀秀. 基于网络分析法的高标准农田建设中水土保持效益综合评价[J]. 水利科学与寒区工程, 2025, 8(2): 108-112.
- [6] 赖玉莹. 基于 GIS 的高标准农田建设项目耕地质量等级评定应用研究[J]. 农业开发与装备, 2024(12): 154-156.
- [7] 龙欢, 张小筱, 赵雍, 等. 宝鸡市金台区高标准农田建设耕地质量等级调查与评定[J]. 中国农业综合开发, 2024(10): 15-20.
- [8] 周煜. 农户对高标准农田建设的满意度及其影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2024.
- [9] 黄超林, 赵云龙, 蒋青青, 等. 高标准农田建设中的标准化需求[J]. 中国标准化, 2024(10): 79-84.