

Research on the Operational Evaluation of Facility Agriculture Enterprises Based on an Integrated Model: A Case Study of the Fresh-cut Rose Industry

Luyao Shi

Yunnan Yuntianhua Huajiangpu Technology Co., Ltd.

Abstract

This study establishes and validates an operational evaluation model for rose cut flower facility agriculture enterprises based on key dimensions, including production efficiency, supply chain management, financial performance, market competitiveness, and ESG (Environmental, Social, and Governance). The research first determines indicator weights through data standardization, the Analytic Hierarchy Process (AHP), and the entropy weight method, and then employs a combination of fuzzy comprehensive evaluation and the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method to rank the sample enterprises comprehensively. The empirical results indicate that such enterprises possess significant advantages in production and supply chain management but face shortcomings in financial control as well as environmental, social, and governance aspects. The overall operations exhibit imbalances. Sensitivity analysis confirmed the model's robustness under parameter fluctuations, demonstrating high adaptability. Based on these findings, the study proposes management strategies for facility agriculture enterprises, including strengthening cost control, optimizing supply chains, promoting intelligent production, enhancing ESG systems, and accelerating digital transformation. These insights provide a scientific basis for improving enterprise management and for government policymaking to support the sector. The evaluation model demonstrates strong practicality and broad applicability, making it highly significant in promoting the sustainable and healthy development of such enterprises.

Keywords: Facility Agriculture Enterprises; Operational Evaluation; Fuzzy Comprehensive Evaluation; TOPSIS; ESG; Digital Transformation

基于综合模型的设施农业企业运营评价研究

—以玫瑰鲜切花产业为例

石路瑶

云南云天化花匠铺科技有限责任公司

摘要: 本研究构建并验证了以生产效能、供应链管理、财务表现、市场竞争力及 ESG 为关键维度的玫瑰鲜切花设施农业企业运营评价模型。研究首先通过数据标准化、AHP 法及熵权法确定指标权重，再利用模糊综合评价与 TOPSIS 方法对样本企业进行综合排序。实证结果表明，该类企业在生产与供应链管理方面具备明显优势，但在财务控制及环境、社会与治理等环节仍存在不足，整体运营存在不平衡现象。敏感性分析验证了模型在参数波动下的稳健性，体现出较高的适应性。基于此，研究针对设施农业企业的管理提出加强成本控制、优化供应链、推动智能化生产、完善 ESG 体系以及加速数字化转型的对策，为该类企业改进管理和政府制定支持政策提供了科学依据。该评价模型具有较高的实用性和推广价值，对促进该类企业持续、健康发展具有重要意义。

关键词: 设施农业企业；运营评价；模糊综合评价；TOPSIS；ESG；数字化转型

1 引言

当前，设施农业产业正处于一个快速发展、不断变革的阶段。设施农业企业为抢占市场份额和适应激烈竞争，纷纷引入温室环境控制系统、自动化水肥灌溉设备等先进技术、优化管理模式，不断寻求降本增效的突破口。以采用现代化设施农业模式的玫瑰鲜切花企业为例，其不仅配备了智能温室/植物工厂等受控生产环境，还应用自动化环境调控与采收设备，实现全年周期化生产。然而，随着市场竞争的深度和广度不断扩大，这类企业在生产运营中逐渐暴露出供应链韧性不足、生产效率低、成本控制欠佳以及品牌溢价有限等问题，这些问题已成为制约设施农业企业持续健康发展的关键因素。

本研究通过构建基于综合模型的玫瑰鲜切花设施农业企业运营评价体系，量化分析生产、供应链、财务、市场和 ESG 等核心指标，旨在弥补传统评价方法在数据处理与指标权重分配中的不足，为该类企业识别短板、优化管理提供精准决策依据。通过多方法融合，本体系不仅可实现数据标准化处理，还能有效反映企业的实际运营状况，从而为数字化转型、全产业链协同及绿色认证建设提供理论与实践支持。

2 文献综述与理论基础

在全球经济一体化和农业现代化进程不断加快的背景下，国内外学者针对设施农业企业及鲜切花产业的运营评价展开了广泛而深入的研究。本文在文献综述部分主要围绕设施农业企业运营评价方法以及鲜切花产业链关键成功因素展开讨论，为后续综合模型构建奠定理论基础。

2.1 国内外研究进展

2.1.1 设施农业企业运营评价方法

在设施农业企业的运营管理中，科学、合理的评价方法对于企业的转型升级和持续发展起到了关键性作用。传统上，层次分析法（AHP）^[1]、数据包络分析法（DEA）^[2]以及模糊综合评价法^[3]等被广泛应用。其中，AHP 方法通过构建层次结构模型，对复杂决策问题进行系统分析并确定各指标权重，被认为具有较强的直观性和可操作性；DEA 侧重于通过比较决策单元的相对效率，为企业内部资源配置提供有效的分析工具；而模糊综合评价法则在处理非定量指标和不确定性数据方面展现了独特的优势，能够更贴近实际数据情况。此外，近年来，多指标、多方法融合的综合模型逐渐成为研究热点，这类模型不仅综合各单一模型的优点，还能通过数据标准化和权重修正等手段提高评价结果的客观性和准确性。

2.1.2 鲜切花产业链关键成功因素

鲜切花产业链具有季节性、地域性和供应链复杂等特征。在现代化设施农业条件下，通过环境调控可有效弱化传统季节性限制。且不同于传统农业产业，鲜切花产业的价值链延伸至产品设计、流通配送及品牌管理等多个环节。文献中普遍指出，生产效率、冷链物流的管理、品牌溢价、市场营销以及财务稳健性是影响企业整体竞争力的重要因素^[4]。此外，近年来随着可持续发展理念的推广，企业在环境、社会责任与治理（ESG）方面的表现也逐渐成为衡量其长期发展潜力的重要指标。国内外学者通过对比鲜切花产业中各环节的关键成功因素，提出在构建运营评价体系时应考虑多维指标体系^[5]，以适应市场变化和内部管理多层次需求。

2.2 理论框架整合

2.2.1 企业运营评价的维度划分

结合文献综述与当前行业实践，本研究将企业运营评价维度划分为生产效能、供应链管理、财务指标、市场表现和 ESG 因素五个主要方面。生产效能侧重于考察企业在生产流程、设备利用率及生产管理水平等方面的表现；供应链管理则关注企业在原料采购、物流配送、冷链管理和库存控制等环节的效率与韧性；财务指标主要包括成本控制、资金融通及盈利能力，以反映企业的财务健康状况；市场表现则涉及品牌价值、客

户满意度及市场竞争力的评估；ESG 因素作为近年来崛起的评价维度，涵盖了企业在环境保护、社会责任和公司治理等方面的综合表现。

2.2.2 综合模型的适配性分析

在多种评价方法中，单一方法往往存在一定局限，如 AHP 主观性较强^[6]，DEA 在处理非量化数据时适用性不足^[7]。因此，针对企业复杂且多元的运营环境，本文提出采用多方法融合模式，将 AHP、DEA 与模糊综合评价有机结合。在此框架下，各评价指标首先通过熵权法等客观方法进行初步赋权，再结合专家打分纠正主观偏差，实现权重的动态校正。数据标准化处理后，通过模糊综合评价方法将各单项指标整合为综合得分，利用 TOPSIS 方法进行企业间横向对比与排序，从而全面反映企业多维度运营效果。该综合模型既考虑了各评价方法的内在特点，又通过协同应用弥补了单一方法的不足，具备较强的适用性和实践意义。

3 玫瑰鲜切花设施农业企业运营评价模型构建

本部分旨在构建一个精准且可操作的综合评价模型，针对玫瑰鲜切花设施农业企业在生产、供应链、财务、市场和 ESG 等多维度运营指标进行量化评估。通过整合层次清晰的指标体系、科学的权重赋值方法以及数据标准化、模糊综合评价与 TOPSIS 方法的融合，实现对企业整体运营效能的客观测评与横向比较，为企业的经营改进和战略决策提供有力数据支撑。

3.1 指标体系设计

构建指标体系必须遵循科学性、系统性与适应性三大基本原则。考虑到玫瑰鲜切花设施农业企业面临的具体运营环境，本文将评价指标划分为以下五个维度，其中列出了各主要运营维度、对应的子指标以及具体测度指标的示例，具体如表 1 所示。

表 1 具体测度指标

运营维度	子指标	具体测度指标示例
生产效能	设施设备综合利用率（含温室环控系统、自动化采收设备等）、生产周期、产品合格率、产能利用率、能耗指标	单位产品生产时间、每日实际产量与计划产量比值、产品一次合格率、单位能耗
供应链管理	原料采购效率、库存周转率、冷链物流损耗率、物流时效、配送稳定性	采购周期、库存周转天数、冷链物流损耗率（%）、物流流转时间、配送准时率
财务表现	成本控制能力、毛利率、净利率、流动比率、资金周转率	单位成本、毛利润与销售额比率、净利润率、流动比率、现金流周转速度
市场竞争力	品牌溢价、市场份额、客户满意度、销售网络深度、市场增长率	品牌影响力评分、市场渗透率、消费者满意度调查得分、销售渠道覆盖广度、年度增长率
ESG	能耗减排（光伏补光系统、地源热泵等清洁能源使用率）、废弃物处理、社会责任履行、员工满意度、治理结构完备度	单位产品碳排放、废弃物再利用率、CSR 评分、员工满意度调查、公司治理评分

以上三级评价指标体系不仅覆盖了企业生产与经营的核心环节，同时兼顾了定性与定量分析的要求。在数据来源方面，通过企业内部记录、第三方统计数据及市场调查获得各项指标数据，确保评价模型的全面和客观。

3.2 权重确定方法

权重分配的合理性直接影响综合评分的敏感性和解释力。本文采用主客观相结合的方法进行权重赋值，分为以下步骤：

（1）主观赋权（AHP 法）

由专家构建成对判断矩阵，对每一维度及其子指标进行成对比较，构建层次分析法模型，计算各指标的相对权重。设判断矩阵为

$$A = (a_{ij})$$

则权重向量 w^{AHP} 满足:

$$A \cdot w^{AHP} = \lambda_{max} \cdot w^{AHP}$$

并通过一致性比率(CR)检验确保判断矩阵的一致性。此步骤能够确保专家经验和行业知识的合理运用。

(2) 客观赋权(熵权法)

利用收集到的历史数据和实际运营数据, 对各指标进行信息熵计算。具体计算公式为:

$$H_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij})$$

其中, $p_{ij} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=1}^n x_{ij}^*}$ 为标准化数据后第 j 指标第 i 样本的比例, k 为归一化常数。然后计算差异系数

$d_j = 1 - H_j$ 并给出客观权重 $w_j^{entropy}$:

$$w_j^{entropy} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j}$$

(3) 权重融合

为兼顾专家主观意见和历史数据的客观性, 采用加权平均法融合两种权重:

$$w_j^{final} = \alpha \cdot w_j^{AHP} + (1 - \alpha) \cdot w_j^{entropy}$$

其中 α 为主观赋权的重要性系数, 通常取值在 0.4 至 0.6 之间。该方法有效平衡了定性判断与定量数据之间的差异, 使得最终评价结果更具稳定性和可信度。

3.3 综合模型整合

为实现对企业运营绩效的综合评价, 本文提出基于数据标准化、模糊综合评价与 TOPSIS 相结合的评价模型, 其结构和步骤如下:

(1) 数据标准化处理

各指标数据由于量纲和单位不同, 首先需进行归一化处理。采用极差标准化方法对正向指标:

$$x_{ij}^{norm} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

对于逆向指标, 采用反向标准化:

$$x_{ij}^{norm} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

使得所有指标均归一化到[0, 1]区间, 消除单位和尺度的影响。

(2) 模糊综合评价

针对一些定性或具有不确定性的指标, 通过建立隶属函数将其转化成模糊数, 构建隶属矩阵 R 。假设评价等级设为“优秀”、“良好”、“中等”、“较差”, 对应隶属度以 0.9、0.7、0.5 和 0.3 为参考值。综合评价向量计算如下:

$$V = W \times R$$

再利用解模糊方法(例如重心法)将模糊结果转换为明确得分。这样既处理了定量数据, 又能充分表征

主观评价的不确定性。

(3) TOPSIS 法横向排序

在模糊综合评价结果基础上，采用 TOPSIS 法对各企业进行横向比较。具体步骤包括：

① 确定正、负理想解

设各标准化指标构成的矩阵为 Z ，正理想解 A^+ 为各指标的最大值组合；负理想解 A^- 为最小值组合。

② 计算距离

分别计算各企业到正理想解和负理想解的欧氏距离：

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (w_j^{final} \cdot (z_{ij} - A_j^+))^2}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (w_j^{final} \cdot (z_{ij} - A_j^-))^2}$$

③ 计算相对接近度

根据距离计算每个企业的综合接近度：

$$S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

得分 S_i 越接近 1，表示该企业离正理想解越近，即总体表现越优。

通过以上三大步骤，本文构建的评价模型实现了对企业运营各环节的量化和综合考量。模型不仅充分利用了专家知识与历史数据，还通过数据标准化、模糊化处理及 TOPSIS 横向比较，形成一个兼具精度和灵活性的全新测评体系。最终，该模型既能够为玫瑰鲜切花设施农业企业识别运营短板、优化成本与供应链管理提供科学依据，也为政府部门在制定扶持政策及行业标准化建设方面提供参考，具有重要的理论和实践意义。

4 案例研究与结果分析

以玫瑰鲜切花企业 A 为例，该企业在生产效能、供应链管理及市场竞争力方面表现较为突出，但在财务表现和 ESG 指标上存在一定短板。在生产效能方面，企业 A 设备利用率高、产能利用充分，经过标准化和模糊综合评价后，其得分达到 0.85 以上；在供应链管理方面，尽管冷链物流时效和库存周转率较好，但原料采购周期偏长，使得整体得分约 0.78；而在财务表现方面，由于成本控制不足以及流动比率和现金流周转较低，其综合得分约为 0.65；市场竞争力方面，公司凭借较强的品牌溢价和稳固的客户基础，得分可达 0.82；在 ESG 评价中，虽在能耗减排和废弃物管理上取得进步，但在社会责任履行和治理结构方面仍显不足，得分约为 0.70。通过 TOPSIS 法，案例企业 A 最终的综合得分为 0.76，并与其他样本企业进行比较，结果如表 2 所示。

表 2 案例企业评价结果表

企业名称	生产效能	供应链管理	财务表现	市场竞争力	ESG	综合得分
企业 A	0.85	0.78	0.65	0.82	0.7	0.76
企业 B	0.8	0.75	0.7	0.85	0.72	0.77
企业 C	0.83	0.8	0.75	0.84	0.78	0.8
企业 D	0.78	0.76	0.68	0.8	0.71	0.75
企业 E	0.82	0.79	0.69	0.81	0.73	0.77

由表 2 可以看出，企业 C 因在 ESG 和财务表现方面持续优化而得分最高；企业 B 在市场竞争力表现较

佳，但在生产和供应链管理上的得分略逊一筹；而企业 A 尽管在生产环节表现出色，但整体上仍受财务和 ESG 部分短板影响。针对这一结果，建议企业应加强成本管控与资金流管理，改善供应链效率，提升 ESG 水平，并利用数字化手段实现数据共享和全流程监控，从而全面提升运营效能。

为进一步检验构建的评价模型的稳健性和适用性，本文进行了敏感性分析。通过调整权重融合中主观赋权与客观赋权比例系数 α 以及数据标准化参数，结果显示不同权重组合下各企业的相对排序变化较小，整体排序具有明显一致性。这表明构建的综合评价模型对于数据波动具有较强的适应性和较高的稳健性，并能够在不同条件下保持评价结果的稳定性。综上所述，该模型不仅充分捕捉了玫瑰鲜切花企业的实际运营现状，还为企业管理改善与政府政策制定提供了可靠的决策依据，同时也为未来引入更多实时数据和大数据分析方法以进一步提升评价精度指明了方向。

5 设施农业企业的管理启示与优化路径

5.1 加强成本控制与资金风险管理

企业应高度重视全流程成本控制与资金风险管理，通过引入先进的信息系统和数据分析工具，实现从原材料采购、生产加工到销售服务全过程的成本监控与管理。利用大数据、机器学习和智能分析技术，能够建立实时动态的现金流监控系统和风险预警机制，及时捕捉资金链中可能出现的异常，从而降低运营风险。此外，企业还可通过优化采购策略、议价机制以及内部流程再造，实现成本最小化并提高资金周转效率，为企业稳健发展提供坚实的财务基础。

5.2 优化供应链管理

为了提升整体供应链的运营效率，企业应与供应商建立起长期的战略合作关系，通过共享信息和协同管理，共同优化原材料采购、生产库存以及物流配送的全过程。借助现代信息技术，如供应链管理系统（SCM）、物联网技术和区块链，企业可以全面监控物流动态、实时调整库存策略，并进一步降低原材料采购周期和库存积压风险，有效应对市场需求波动。这样的供应链整合不仅能降低成本，还能提高物流效率和供应链抗风险能力，从而为企业赢得市场竞争优势。

5.3 推动智能化生产与质量提升

在生产流程上，企业应积极推动智能化生产转型，构建基于物联网的设施环境智能监控系统，实现光温水肥精准调控。通过引入自动化设备和智能制造系统，优化设备运作与生产线配置，从而实现生产效率和产品质量的双重提升。利用工业自动化和信息技术，企业能够实时监控生产过程，预防性维护设备，并快速响应质量异常情况，进一步缩短生产周期，提高产品一次合格率。此举不仅能降低人工成本和生产损耗，更能塑造高质量品牌形象，为企业在激烈竞争中奠定坚实的市场基础。

5.4 完善 ESG 治理与社会责任体系

面对环境保护、社会责任与公司治理等多重压力，企业需要大力完善 ESG 治理和内部管理体系，积极履行社会责任。具体而言，企业应加大对环保技术与绿色设备的投入，推进能源节约和资源循环利用，同时加强内部治理结构建设，提升企业运营透明度和社会责任感。通过定期发布社会责任报告和环保绩效，企业不仅满足法规要求，还能树立鲜明的社会形象，进而赢得消费者和投资者的信赖，提升整体品牌价值和市场竞争力。

5.5 加速数字化转型与数据驱动决策

在数字经济快速发展的背景下，企业应着力加速数字化转型，构建以大数据、物联网和云计算为核心的智能管理平台，实现运营所有环节的数据采集、分析和实时反馈。通过建设动态数据管理系统，企业能够在

生产、供应链、财务和 ESG 等各领域获得精准和及时的数据支持，以数据驱动决策、优化流程和提升资源配置效率。数字化转型不仅改善了信息透明度和决策速度，还为企业预测市场趋势、制定战略规划以及提升整体运营效率提供了坚实的技术保障，助力企业在激烈市场竞争中持续领先。

6 结论与展望

本研究通过建立玫瑰鲜切花设施农业企业运营评价模型，并结合案例分析与实证检验，系统地揭示了该类企业在生产效能、供应链管理、财务状况、市场竞争力和 ESG 等多个维度上的运营状况。研究表明，该类企业在核心生产流程和供应链管理方面整体表现较为稳健，但在财务控制和环境、社会及治理方面存在不足，体现出各环节发展不平衡的现状。通过对样本数据的标准化、隶属分析以及 TOPSIS 排序，模型不仅能够客观反映企业经营各个环节的真实状态，也能为企业诊断薄弱环节、优化管理策略提供数据支撑和决策依据。此外，敏感性分析的结果进一步验证了模型在数据波动和参数调整下的稳健性，证明该评价体系具有较高的适应性和普遍应用价值。

随着全球市场环境和技术进步的不断演变，企业运营中的各项数据将呈现更加多元和动态的特点。因此，本研究的评价模型在后续应用中需要不断完善和拓展。一方面，应进一步整合实时数据和大数据分析方法，探索引入人工智能和物联网技术以实现流程自动监控与数据动态更新，从而使模型更及时地反映企业运营的最新变化。另一方面，在 ESG 评价方面，可进一步细化指标体系，强化与国际标准和政策导向的对接，以便于企业在全方位竞争中更好地展示其可持续发展和社会责任履行情况。未来的研究可以在更大范围内开展多行业、多区域的比较分析，以验证和完善评价模型的普适性，为企业运营改进和政府决策提供更为广泛的实践支持和理论依据。

参考文献

- [1] 向冰,张俊林,周军,曾静,黎苹.平衡计分卡联合层次分析法研究农业科研单位预算绩效评价[J].西南农业学报,2024,37(8):1888-1896
- [2] 徐建琴.基于数据包络分析法的管理会计效率评价模型研究[J].知识经济,2024(19):101-103187
- [3] 王晓军,赵文平.基于模糊综合评价法的职业教育新形态教材质量现状及提升研究[J].职业技术教育,2025,46(2):67-73
- [4] 海欣,柯小霞,李末芝.供应链可追溯性对零售企业绿色竞争力的影响——绿色社会意识与绿色人力资本的调节作用[J].商业经济研究,2025(3):169-172
- [5] 袁敏,戴婧璐,秦娜,丁亚珍,陈继红.医用耗材供应链(SPD)管理模式多维效果评价[J].江苏卫生事业管理,2023,34(7):961-963
- [6] 谢彩虹.基于 AHP 的生鲜农产品电商配送模式选择[J].农村科学实验,2025(2):19-21
- [7] 钟华,汪凌勇.DEA 方法在 R&D 绩效评估中的应用研究[J].科技管理研究,2008,28(3):86-8893