

基于AHP-FCE模型的智能园区 管理效能综合评判决策

同昕

(国网陕西省电力有限公司渭南供电公司)

【摘要】针对智能园区管理效能多维度评估需求,文章构建4个一级指标、12个二级指标的智能园区管理综合评价体系,将层次分析法(AHP)的系统化权重分配优势与模糊综合评价(FCE)的不确定性处理能力相结合,通过建立动态隶属度函数和改进合成算子,实现定性分析与定量计算的深度融合。以某智能园区为实证对象,对传统管理、初步智能化和深度智能化三种方案进行评估。结果表明:深度智能化方案在基础设施、技术创新等维度显著优于其他方案,综合评价价值达0.4103。研究结果对提升智慧园区管理效能、优化资源配置具有重要理论价值和实践意义。

【关键词】AHP; FCE; 智能园区; 综合评判

【基金项目】陕西省中华职业教育2024年度职业教育课题,课题编号:ZJS202426

中图分类号:F291.1;TP391

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2026.05.039

Comprehensive Evaluation and Decision-making of Intelligent Park Management Efficiency Based on AHP-FCE Model

TONG Xin

(State Grid Shaanxi Electric Power Co., Ltd. Weinan Power Supply Company)

【Abstract】In response to the multidimensional evaluation needs of intelligent park management efficiency, this article constructs a comprehensive evaluation system for intelligent park management with 4 primary indicators and 12 secondary indicators. The systematic weight allocation advantage of Analytic Hierarchy Process (AHP) is combined with the uncertainty handling ability of Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCE). By establishing a dynamic membership function and improving the synthesis operator, a deep integration of qualitative analysis and quantitative calculation is achieved. Using a certain intelligent park as the empirical object, it evaluates three solutions: traditional management, preliminary intelligence, and deep intelligence. The results show that the deep intelligence scheme is significantly better than other schemes in terms of infrastructure and technological innovation, with a comprehensive evaluation value of 0.4103. The research results have important theoretical value and practical significance for improving the management efficiency of smart parks and optimizing resource allocation.

【Keywords】AHP; FCE; intelligent park; comprehensive evaluation

1 引言

据工业和信息化部统计,截至2024年,我国已建成智慧园区超2900个,但其管理效能滞后问题日益突出^[1-3]。当前相关研究存在两方面局限:其一,现有评价体系多聚焦宏观政策维度,如文献[4]构建的城市级管理评价体系侧重政策法规层面,却忽视了园区运营的场景特异性;其二,方法论层面存在明显技术瓶颈,传统AHP方法的模糊性指标存在隶属度界定难题,而单一模糊评价(FCE)缺乏系统的层次化权重体系,导致评估结果信效度欠佳;如文献[5]提出的数字化转型成熟度模型虽引入大数据分析技术,但其权重赋值的主观性仍影响了评估结果的信效度。在方法论层面,传统AHP方法的隶属度界定

困难,已成为制约管理效能评估精度的关键技术瓶颈^[6]。李杰等人^[7]提出AHP融合熵权法的智慧园区管理评价模型,却缺乏对园区的整体性评价。针对上述问题,本文提出AHP-FCE混合模型创新解决方案,通过构建包含4个一级指标、12个二级指标的多层次评价体系,结合动态隶属度函数与改进合成算子,有效突破传统方法的局限性。该模型不仅可为智慧园区管理者提供精准的效能诊断工具,其方法论框架还可迁移应用于智慧社区、数字工厂等微观场景,对推动城市治理数字化转型具有重要的理论与实践价值。

2 智能园区管理评估指标体系构建

智能园区管理是一个复杂多元、目标多样、不确

定因素较多的综合性管理过程。本文所建立的指标体系主要包括:基础设施指标、管理服务指标、技术创新指标以及可持续发展指标。其中各指标又细分成若干个子指标,为便于量化评估,将智能园区管理评估指标以层次结构的形式呈现,具体架构见图1。

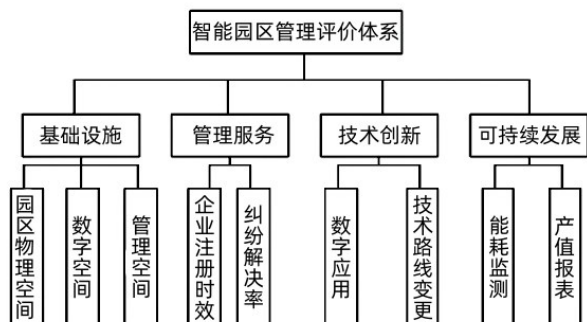


图1 智能园区管理效能指标体系

3 基于AHP-FCE综合决策模型

3.1 AHP层次分析法

层次分析法(AHP)是一种将与决策相关的元素分解为目标、准则、方案等层次,在此基础上开展定性与定量分析的决策方法。该方法将复杂问题拆解为多个层次,通过构建层次结构模型,将人们的主观判断转化为数量形式进行表达和处理,进而求得决策问题的最优解。

1)判断矩阵构建机理

判断矩阵中的每个元素,反映了智能园区效能管理各评价指标的相对重要性。针对同一层次的各项评价元素,通过两两比较其重要性,采用特定标度进行量化,本文选用1-9标度法,对重要性判断结果进行量化,构造判断矩阵。

2)权重计算与一致性验证

通过计算判断矩阵的最大特征值及其对应特征向量,得到各元素相对于上一层次某元素的相对权重向量。

采用特征向量法求解权重:首先计算第*i*个元素的几何平均值:

$$M_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n c_{ij}} \quad (1)$$

再进行归一化处理的权重向量。

为确保判断矩阵的合理性,需进行一致性检验:计算一致性指标*CI*和随机一致性指标*RI*,若*CI/RI*小于0.1,则判断矩阵具有满意一致性,否则需调整判

断矩阵。

3.2 模糊综合评价

FCE(Fuzzy Comprehensive Evaluation)模糊综合评价法,是运用模糊数学原理,对受多种因素影响的事物或对象进行综合评价的方法。通过建立模糊集合,将定性的模糊信息定量化,整合各类影响因素,对评价对象的整体状况进行综合评判,从而更精准地反映客观实际。

1)评语集与隶属度函数

建立四级评语集:

$$V = \{ \text{优秀}(v_1), \text{良好}(v_2), \text{一般}(v_3), \text{较差}(v_4) \}。$$

采用改进sigmoid函数构建动态隶属度函数:

$$\mu_{B_{ij}}(v_k) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha_k(x - \beta_k)}} \quad (2)$$

2)隶属度矩阵合成

首先采集评价数据并计算API调用成功率,将实测数据代入隶属度函数,得到各指标的隶属向量,对隶属向量进行归一化处理后,构建隶属度矩阵*R*。

3)多级模糊合成运算

采用加权平均型合成算子,实现AHP权重与模糊评价的深度融合:

$$B = W \circ R = \left(\sum_{i=1}^4 \omega_i r_{i1}, \sum_{i=1}^4 \omega_i r_{i2}, \sum_{i=1}^4 \omega_i r_{i3}, \sum_{i=1}^4 \omega_i r_{i4} \right) \quad (3)$$

3.3 AHP-FCE融合模型

本研究构建“权重分配—模糊量化—综合合成”的三级融合框架,实现评价的科学性与客观性。

①权重传递机制:通过AHP计算得到准则层权重与子准则层权重,构建完整的权重矩阵,为综合评价提供权重支撑。

②模糊转换机制:将评价指标原始数据通过改进sigmoid隶属度函数,转换为模糊矩阵(如方案3的技术创新维度模糊矩阵),实现定性指标的定量化。

③多级合成运算:采用“准则层—目标层”二级合成模式,先计算各准则层的综合评价得分,再通过权重矩阵合成目标层最终评价价值,完成全流程综合评价。

4 实例分析

4.1 实例

为检验AHP-FCE模型的有效性,选取某智能园

区进行综合评估。该园区总占地面积150万㎡,其中产业功能区100万㎡、配套生活区30万㎡、公共绿化及休闲区域20万㎡。园区管理部门拟定三个代表性管理方案:方案1(传统管理)以常规管理为主,信息化应用薄弱;方案2(初步智能化)引入部分智能管理系统;方案3(深度智能化)全面运用大数据、人工智能等技术,实现园区高度智能化管理。各方案具体数据见表1。同时,将“数值越低管理效果越好”设为负向评估指标,“数值越高管理效果越好”设为正向评估指标。

表1 各方案输入数据

评估维度	子指标	方案1	方案2	方案3
基础设施	网络通信设施完善度	0.6	0.75	0.9
	能源供应稳定性	0.7	0.8	0.9
	交通设施便捷性	0.65	0.7	0.85
管理服务	园区运营管理效率	0.5	0.7	0.85
	企业服务满意度	0.6	0.7	0.9
	安全管理水平	0.65	0.75	0.8
技术创新	研发资金投入占比	0.05	0.1	0.2
	科技人才占比	0.1	0.15	0.25
	新技术应用数量	2	4	6
可持续发展	园区绿化率	0.3	0.4	0.5
	资源循环利用率	0.4	0.5	0.6
	长期发展规划合理性	0.6	0.7	0.8

4.2 实验结果分析

运用AHP-FCE模型评估三个方案,首先通过AHP层次分析法确定各指标权重。邀请15位园区管理专家、行业学者组成专家团队,经多轮研讨构建各层次指标判断矩阵。以基础设施、管理服务、技术创新、可持续发展四个一级指标为例,构建判断矩阵及计算得到的权重向量如下。

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 & 1/4 \\ 2 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 3 & 2 & 1 & 1/2 \\ 4 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

经计算,得到这四个指标的权重向量:

$W^{(0)} = [0.1047, 0.1978, 0.2953, 0.4022]^T$ 对判断矩阵进行一致性检验,计算得一致性指标CI与随机一致性指标RI, $CI/RI < 0.1$, 判断矩阵具有满意一致性。

根据模糊综合评价法,建立四级评语集优良中差,采用改进sigmoid函数构建动态隶属度函数。以网络通信设施完善度指标为例,方案1的隶属向量经计算为(0.1,0.3,0.4,0.2),表示其在网络通信设施完

善度方面,属于“优”的隶属度为0.1,“良”为0.3,“中”为0.4,“差”为0.2。同理计算其他指标隶属向量,构建模糊关系矩阵R。

采用加权平均型合成算子进行多级模糊合成运算,得到各方案综合评价结果向量:方案1[B1=0.1025, 0.2684, 0.3413, 0.2878]、方案2[B2=0.1846, 0.3721, 0.2852, 0.1581]、方案3[B3=0.3257, 0.4103, 0.2012, 0.0628]。

依据最大隶属度原则,方案1对应“中”、方案2对应“良”、方案3对应“优”,即方案3管理效能最优,方案2次之,方案1最差。该结果与园区实际相符,验证了深度智能化管理方案能有效提升园区管理效能。

5 结语

本文将AHP-FCE模型应用于智能园区管理效能评判,实例验证表明,该模型可合理评估不同管理方案,精准识别园区管理的优势与薄弱环节。其通用性与可扩展性强,可迁移应用于其他复杂系统评价,为相关决策提供支撑。未来可进一步优化指标体系,引入更多客观及实时监测数据,提升模型精度与时效性,为智能园区可持续发展提供决策支撑。

参考文献

[1] 张雯, 周明升. 一种基于物联网和人工智能的园区物业管理平台[J]. 物联网技术, 2024, 14 (12): 78-81.

[2] 杨鑫磊. 科技智慧园区建设中的数字化应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025 (2): 125-127.

[3] 刘苑红, 张磐, 马丽, 等. 智能配用电园区评价指标体系及评价方法研究[J]. 供用电, 2017, 34 (7): 49-53.

[4] 辛建波, 范瑞祥, 郑蜀江, 等. 智能配用电园区低碳效益仿真与评价系统及其在江西的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42 (7): 86-90.

[5] 邢爱国, 孙佰清. 高新技术园区投入产出绩效的智能评价[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2006 (5): 78-81.

[6] 李杰, 董博, 马旭光. 基于AHP-熵权法的智慧园区管理平台评价研究[C]//中冶建筑研究总院有限公司. 2022年工业建筑学术交流会议论文集(下册). 中共国网甘肃省电力公司党校(培训中心), 2022: 1409-1413.

[7] 李超, 金凤花. 基于AHP-模糊综合评价法的供应链绩效评价研究——以智能手表制造企业为例[J]. 中国储运, 2025 (2): 84-85.