

## 乡村振兴战略下农网综合效益评价模型研究

赵会茹 白振奇

### Research on the Comprehensive Benefit Evaluation Model of Rural Power Grid Under Rural Revitalization Strategy

ZHAO Hui-ru BAI Zhen-qi

在线阅读 View online: [10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2023.05.000000](https://doi.org/10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2023.05.000000)

#### 您可能感兴趣的其他文章

##### Articles you may be interested in

##### 农村养老金融普惠式发展研究

Rural Revitalization Process and Rural Pension Finance

华北电力大学学报(社会科学版). 2020, 1(6): 66 doi: [10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2020.06.008](https://doi.org/10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2020.06.008)

##### 社会资本参与乡村产业振兴的内在逻辑及路径

The Internal Logic and Path of Social Capital Participating in Rural Industrial Revitalization

华北电力大学学报(社会科学版). 2020, 1(3): 70 doi: [10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2020.03.008](https://doi.org/10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2020.03.008)

##### “空心村”与“老龄化”背景下乡村振兴路径探析

An Analysis of The Path of Rural Revitalization Under The Background of "Hollow Village"and"Aging"

华北电力大学学报(社会科学版). 2020, 1(4): 52 doi: [10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2020.04.007](https://doi.org/10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2020.04.007)

##### 电网工程造价偏差分析与管理成效评价研究

Study on the Cost Deviation Analysis and Management Effect Evaluation of Power Grid Project

华北电力大学学报(社会科学版). 2021, 2(1): 56 doi: [10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2021.01.007](https://doi.org/10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2021.01.007)

##### 战略哲学：一种关于战略研究的新视域

Philosophy of Strategy: A New Perspective on Strategic Research

华北电力大学学报(社会科学版). 2021, 2(6): 95 doi: [10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2021.06.011](https://doi.org/10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2021.06.011)

##### 农村宅基地制度改革的现实难题与破解路径

The Difficulties and Solutions of Rural Homestead System Reform

华北电力大学学报(社会科学版). 2020, 1(1): 84 doi: [10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2020.01.011](https://doi.org/10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2020.01.011)



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2024.01.007

● 电力经济研究

# 乡村振兴战略下农网综合效益评价模型研究

赵会茹, 白振奇

(华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206)

**摘要:**农村地区之间存在着显著的地区差异, 为了指导农村电网投资, 提出一种基于组合赋权和多属性边界逼近区域比较法 (multi-attributive border approximation area comparison, MABAC) 的差异化农网综合效益评价模型。首先, 综合考虑农村地区差异及乡村振兴战略对农网发展的要求, 从农网投资经济效益、供电能力、基础设施情况、地区发展带动、生产生活质量、清洁低碳发展等6个方面构建农网综合效益评价指标体系; 其次, 基于最小化主客观权重异质性原则构建基于图模型—熵权法的组合赋权模型, 并引入MABAC方法用于解决农网综合效益评价问题; 最后, 通过算例分析验证了所提出模型的有效性。

**关键词:**乡村振兴战略; 农村电网; 地区差异; 组合赋权; MABAC; 综合效益

**中图分类号:**F206; F426.61 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-2603(2024)01-0055-15

随着乡村振兴战略的深入推进, 农村地区用电需求持续增加, 农网运行压力加重。此外, 当前电力行业已从粗放式增长转入高质量发展阶段<sup>[1]</sup>, 而农村地区保民生投资较大, 农网投资的政策性任务多、刚性强, 投资涉及因素多, 盲目的建设改造不仅会造成资金浪费, 也无法满足实际要求。因此, 亟需对农村电网开展投资效益分析, 支撑农网精准投资需求, 推动农网高质量发展。

目前关于电网投资效益的研究主要集中于输电网和城市配电网两方面。在城市配电网方面, He等<sup>[2]</sup>提出涵盖经济、技术和社会方面整体效益的指标体系用于开展电网投资项目效益评价; 罗宁等<sup>[3]</sup>引入三角模糊数改进传统可拓评估模型用于配电网综合评价; 徐斌等<sup>[4]</sup>考虑配电网的经济性与安全性, 提出基于改进AHP-TOPSIS法用于配电网综合评价。具体到农网投资效益方面, 杨红磊等<sup>[5]</sup>从电网性能、社会性和经济性出发建立农网改造升级综合效益评价指标体系, 并采用模糊评价方法开展评价; 贾梦雨等<sup>[6]</sup>建立综合考虑分布式电源、供电质量、供电能力和可调控负荷的农网

收稿日期: 2022-12-27

基金项目: 国家自然科学基金“考虑电力供需双侧不确定性的电化学储能系统综合价值测度及激励机制研究”(71973043)。

作者简介: 赵会茹, 女, 华北电力大学经济与管理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 电力市场理论及应用技术; 白振奇, 男, 华北电力大学经济与管理学院硕士研究生, 研究方向: 电力市场理论及应用技术。

评价体系,并基于博弈论组合赋权进行农网投资评价;王利利等<sup>[7]</sup>构建农网投资效益与风险评价指标体系开展投资效益与风险评价研究;肖白等<sup>[8]</sup>针对农网改造问题提出基于梯级组合评分的评价方法,并采用 CRITIC 法确定指标权重。

对于农网的研究主要关注农网的供电能力、供电质量等电网基础运行层面,尽管对于经济、社会、环境效益有所考虑,却难以适应新形势下对农网综合效益评价的要求。此外,由于不同农村地区的社会经济发展水平存在着较大的地域差异,农网投资解决的关键问题呈现不同的区域特征,各地区农网在综合效益方面的表现也不尽相同。

基于以上分析,本文首先综合考虑农网的投资经济效益、供电能力和基础设施情况,并结合其在地区发展带动、生产生活质量、清洁低碳发展方面的效益表现,建立适应乡村振兴战略的农网综合效益评价指标体系;其次,基于图论原理提出一种图模型指标赋权方法并结合熵权法进行组合赋权,确定指标组合权重;再次,根据所提出的评价指标体系建立基于 MABAC 的农村电网综合效益评价模型;最后,考虑地域差异,分别选取东中西部地区典型农网开展综合效益评价,评价结果为差异化农网投资提供参考。

## 一、适应乡村振兴战略的农网综合效益评价指标体系

随着乡村振兴战略的深入推进,农网综合效益的内涵变得更加丰富,同时也对农网综合效益评价提出了新的要求。传统的农网投资重点在于推动网架结构和电力装备升级,提升农网基础性能,解决农网的低电压、重过载、安全隐患等问题。在新形势下,除了上述问题,农网还需要承担起促进乡村全面振兴与巩固脱贫攻坚成果衔接的责任,有力带动当地经济社会发展,提升农村居民的生产生活水平。2022年5月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《乡村建设行动实施方案》,明确指出要实施乡村清洁能源建设工程,在条件适宜地区探索建设多能互补的分布式低碳综合能源网络。随着新型电力系统的逐步推进,分布式能源在农村地区发展迅速,新型农网的高质量建设应当充分考虑当地发展状况与分布式能源发展特点,提升农网支撑高比例分布式能源并网发展的能力。

基于此,本文建立了考虑农网投资经济效益、供电能力、基础设施情况以及其在地区发展带动、生产生活质量、清洁低碳发展方面表现的农网综合效益评价指标体系,如表1所示。

## 二、基于组合赋权和 MABAC 的农网综合效益评价模型

为体现决策者对指标重要性的主观意愿,同时兼顾其自身数据信息特点,减小主观随意性,本文基于图论原理提出一种图模型主观赋权方法并结合熵权法进行组合赋权,进而以最小化主客观权重结果的异质性为目标求解组合权重。

### (一) 图模型指标赋权法

图模型指标赋权法确定主观权重的核心思路是运用图论原理,将评价对象视为图中的点(具有不同分数属性),用于描述其自身重要性程度;将评价者的评价行为信息视为图中的边,用于反映评价者通过评价行为将指标联系起来的关系<sup>[9]</sup>。基于上述思路,建立起一个以点(评价对象)-边(评价行为间的关联关系)连接形成的能够充分反映评价信息的图模型。假设评价对象有3个指标,对于各指标重要性的评分标准为两分制,其评价图如图1所示。

图1中框中数值为专家对各个指标的评分值,连接各框的连线则描述了评价者通过评价行为

表 1 农网综合效益评价指标

目标层	一级指标	二级指标	属性
农村电网综合效益	投资经济效益	单位投资增供负荷( $C_1$ )	正向
		单位投资增供电量( $C_2$ )	正向
		单位投资降损电量( $C_3$ )	正向
	电网供电能力	用户平均停电时间( $C_4$ )	逆向
		低电压用户占比( $C_5$ )	逆向
		变电容载比( $C_6$ )	适度
		户均配变容量( $C_7$ )	正向
	电网基础设施	N-1通过率( $C_8$ )	正向
		低压线路平均供电半径( $C_9$ )	逆向
		架空线路绝缘化率( $C_{10}$ )	正向
		老旧设备占比( $C_{11}$ )	逆向
	地区发展带动	配电自动化覆盖率( $C_{12}$ )	正向
		投资拉动GDP贡献度( $C_{13}$ )	正向
	生产生活质量	投资拉动就业人数( $C_{14}$ )	正向
		农田机井通电覆盖率( $C_{15}$ )	正向
		农村电气化率( $C_{16}$ )	正向
	清洁低碳发展	农村居民人均用电量( $C_{17}$ )	正向
		CO <sub>2</sub> 减排量( $C_{18}$ )	正向
		分布式电源渗透率( $C_{19}$ )	正向
		分布式电源可控率( $C_{20}$ )	正向

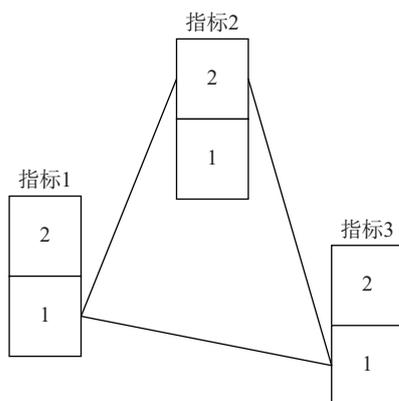


图 1 评价者的评价图示

将指标联系起来的关系,体现了专家对各指标评分时的评判比选过程。具体而言,这里的每个评价指标对应图中的点,而评价的行为将它们联系起来构成了图的边。例如,评价者对于指标1和指标2的评价行为构成了指标1的1分属性和指标2的2分属性间的关联关系,该关联关系即表现为图的边。由于个体差异的存在,不同专家的评价思维与评分标准是不同的,评价思维与评分标准的差异性对评价结果有着一定的联系和影响,而这个关系对于反映评价者的评价习惯和得到完整精准的指标评价信息则是重要的<sup>[10]</sup>。因此,应当将该评价行为关系(图1连线)考虑进来并加以量化,从而提升评价结果的精准性。

设有  $M$  个专家和  $N$  个指标,各位专家采用  $\alpha$  分制( $\alpha$  为正整数)对各个指标依次进行评价。我们用  $V_{NM}$  ( $1 \leq V_{Nm} \leq \alpha$ ) 记录为第  $M$  个专家对第  $N$  个指标的评分结果。

基于图模型指标赋权法确定指标权重的步骤如下:

1. 确定单个评价者评分信息向量。定义  $v_{\alpha N \times 1}^m$  为第  $m$  名专家的评分信息向量。当第  $m$  ( $m \leq M$ ) 名评价者没有评价第  $k$  个指标时,  $v_{l \times 1}^m = 0, l \in \{\alpha k - \alpha + 1, \alpha k - \alpha + 2, \dots, \alpha k\}$ ; 当第  $m$  名专家对第  $k$  ( $k \leq N$ ) 个指标作出评分  $z$  时, 向量  $v_{\alpha N \times 1}^m$  中各元素为:

$$\begin{cases} v_{l \times 1}^m = 0, l \in \{\alpha k - \alpha + 1, \alpha k - \alpha + 2, \dots, \alpha k\} \\ v_{l \times 1}^m = 1, l \in \{\alpha k - z + 1\} \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $v_{l \times 1}^m$  为向量  $v_{\alpha N \times 1}^m$  的第  $l$  个元素;  $\alpha$  为评分制;  $z$  为专家对第  $k$  个指标的评分。

2. 确定单个评价者评分信息矩阵。为反映评价者通过评价行为将指标联系起来的关系, 体现专家对各指标评分时的评判比选过程(图 1 连线), 定义  $A_{\alpha N \times \alpha N}^m$  为第  $m$  名专家评分信息矩阵, 该矩阵包含了专家  $m$  的评分信息和评价行为信息。

$$A_{\alpha N \times \alpha N}^m = v_{\alpha N \times 1}^m (v_{\alpha N \times 1}^m)^T \quad (2)$$

3. 确定包含所有评价者评分信息的矩阵。将各位专家的评分信息矩阵加总, 得到  $M$  名专家评分信息加总矩阵  $A_{\alpha N \times \alpha N}$ 。

$$A_{\alpha N \times \alpha N} = \sum_{m=1}^M A_{\alpha N \times \alpha N}^m \quad (3)$$

4. 评分信息矩阵降维。将式(3)得到的反映全体评价信息的矩阵  $A_{\alpha N \times \alpha N}$  (简记为  $A$ ) 降到一维, 并尽可能减少矩阵  $A$  的信息损失。

$$\begin{cases} \max \frac{W^T A W}{W^T W} \\ s.t. \sum_{i=1}^{\alpha N} w_i = 1 \end{cases} \quad (4)$$

式中,  $W$  为矩阵  $A$  投影后的一维向量;  $w_i$  为向量  $W$  的第  $i$  个元素。

式(4)相当于求解矩阵  $A$  在一维向量  $W$  上的投影, 根据 Perron-Frobinus 定理, 式(4)有唯一非负解。在求出该解的基础上, 对求得的  $W$  按照指标进行分块, 并针对各个分块单元依次进行归一化运算, 将运算结果与对应指标的得分值先求积再求和, 最后得到各指标评价得分  $V_1, V_2, \dots, V_N$ 。

5. 确定指标权重。第  $k$  个指标的权重  $\omega_k$  为:

$$\omega_k = \frac{V_k}{\sum_{k=1}^N V_k} \quad (5)$$

## (二) 熵权法

熵权法的基本原理为: 若某项属性的数据序列的变异程度越大, 则其权系数越大, 指标权重越高。熵权法动态确定指标权重, 可以消除指标权重固定的评价缺陷。有关熵权法及其应用步骤的研究已较为成熟, 本文不再赘述。

## (三) 基于最小化主客观权重异质性的组合赋权

在获得主客观权重的基础上, 需要对权重进行组合, 如果对其进行简单的算术平均, 将难以体现指标的重要性偏好, 也难以体现指标的数据性偏好。因此, 本文以主客观权重之间的异质性最小化为基本原则进行权重组合, 通过求解以下优化模型来获得最终的组合权重:

$$\begin{cases} \min \sum_{i=1}^n [(\omega_{i0} - \omega_{i1})^2 + (\omega_{i0} - \omega_{i2})^2] \\ s.t. \sum_{i=1}^n \omega_{i0} = 1 \end{cases} \quad (6)$$

式中,  $\omega_{i0}$  为第  $i$  个指标的组合权重;  $\omega_{i1}$  和  $\omega_{i2}$  分别为第  $i$  个指标的主观、客观权重。

经过式(6)的优化求解, 使得最终得到的组合权重与主客观权重之间的偏差距离最小, 从而对主客观权重结果进行了平衡, 即组合权重既能反映指标的自身属性, 又能充分利用指标数据信息。

#### (四) 基于 MABAC 的农网综合效益评价方法

考虑到本文的评价对象为多个地区农村电网的综合效益, 且所选指标均为定量指标, 因此针对多个备选方案的排序方法具有较好的适用性。TOPSIS 法通过计算各方案与理想解的相对接近度作为评估标准, 是一种常用的多方案综合排序法。但是传统的 TOPSIS 法在理想解的选取与距离计算上存在着不足, 可能出现方案逆排序等问题, 使得评价结果不够客观准确。为此, 本文引入 MABAC 用于开展农网综合效益评价。MABAC 是 Pamucar 和 Cirovic 提出的一种多属性决策问题解决方法, 其基本思路是通过计算各备选方案与边界近似区域之间的距离来对方案进行排序<sup>[11]</sup>。MABAC 具有计算过程简单, 评价结果鲁棒性强、准确度高的优点, 近年来在多属性决策问题中得到了广泛的应用<sup>[12,13]</sup>。利用 MABAC 进行决策的步骤如下。

1. 建立初始决策矩阵。设有  $m$  个备选方案,  $n$  个指标,  $x_{ij}$  为第  $i$  个备选方案的第  $j$  个指标值, 得初始决策矩阵  $X$ :

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

2. 对初始决策矩阵  $X$  进行标准化处理, 得标准化决策矩阵  $Y$ :

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

对于正向指标, 有:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \quad (9)$$

对于逆向指标, 有:

$$y_{ij} = \frac{x_i^+ - x_{ij}}{x_i^+ - x_i^-} \quad (10)$$

对于适度指标, 有:

$$y_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - x_i^-}{a - x_i^-} & x_{ij} < a \\ 1 & a \leq x_{ij} \leq b \\ \frac{x_i^+ - x_{ij}}{x_i^+ - b} & x_{ij} > b \end{cases} \quad (11)$$

其中,  $x_i^+ = \max(x_1, x_2, \dots, x_m)$  为对应指标的最大值;  $x_i^- = \min(x_1, x_2, \dots, x_m)$  为对应指标的最小值;  $[a, b]$  为适度指标的适度区间。

3. 计算加权标准化决策矩阵。设  $\omega_j$  为第  $j$  个指标的权重, 则加权标准化决策矩阵  $Z$ :

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_1(y_{11}+1) & \omega_2(y_{12}+1) & \dots & \omega_n(y_{1n}+1) \\ \omega_1(y_{21}+1) & \omega_2(y_{22}+1) & \dots & \omega_n(y_{2n}+1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \omega_1(y_{m1}+1) & \omega_2(y_{m2}+1) & \dots & \omega_n(y_{mn}+1) \end{bmatrix} \quad (12)$$

4. 确定边界逼近区域矩阵  $G$ :

$$G = [g_1 \quad g_2 \quad \dots \quad g_n] \quad (13)$$

$$g_j = \left( \prod_{i=1}^m z_{ij} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

式中,  $g_j$  为第  $j$  个指标的边界逼近区域值。

5. 确定备选方案与边界逼近区域的距离矩阵  $H$ 。该矩阵由加权决策矩阵  $Z$  中的指标加权值与边界逼近区域矩阵  $G$  中相应指标边界逼近区域值的差值构成。

$$H = \begin{bmatrix} z_{11} - g_1 & z_{12} - g_2 & \dots & z_{1n} - g_n \\ z_{21} - g_1 & z_{22} - g_2 & \dots & z_{2n} - g_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{m1} - g_1 & z_{m2} - g_2 & \dots & z_{mn} - g_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1n} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{m1} & h_{m2} & \dots & h_{mn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

备选方案可能属于边界逼近区域矩阵  $G$  ( $h_{ij} = 0$ )、上逼近区域  $G^+$  ( $h_{ij} > 0$ ) 或下逼近区域  $G^-$  ( $h_{ij} < 0$ )。其中, 属于上逼近区域  $G^+$  的备选方案为理想方案, 属于下逼近区域  $G^-$  的备选方案为非理想方案。边界区域如图 2 所示。

6. 确定备选方案的优劣次序。借助距离矩阵  $H$  对各备选方案进行距离求和, 得到备选方案  $i$  的评价函数值  $S_i$ :

$$S_i = \sum_{j=1}^n h_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

### 三、算例分析

为突显地域差异对农网综合效益评价的影响, 本文从东中西部各选取 8 个典型区域农网的数

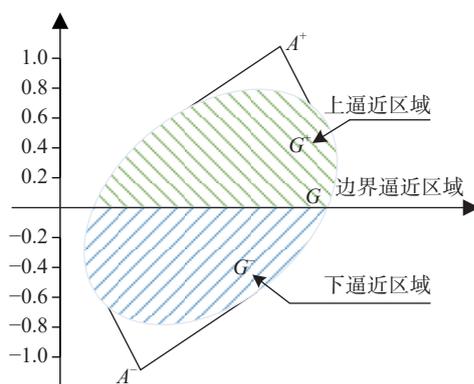


图2 边界区域示意图

据进行算例分析,并以此验证所提出的模型的有效性。其中,  $A_1 \sim A_8$  为东部某省所辖区域县域农网,  $A_9 \sim A_{16}$  为中部某省所辖区域县域农网,  $A_{17} \sim A_{24}$  为西部某省所辖区域县域农网。下面以东部地区某省份 8 个典型区域农网( $A_1 \sim A_8$ ) 为例进行详细说明。

(一) 指标赋权结果

1. 图模型指标权重

邀请 4 位专家采用 5 分制对农网的各指标进行打分,计算得到各指标的权重,如表 2 所示。

表 2 基于图模型的指标赋权结果

	一级指标权重	指标编号	二级指标权重	排序
投资经济效益	0.1228	$C_1$	0.0365	19
		$C_2$	0.0467	12
		$C_3$	0.0396	18
电网供电能力	0.1923	$C_4$	0.0507	10
		$C_5$	0.0474	11
		$C_6$	0.0512	7
		$C_7$	0.0431	16
电网基础设施	0.2556	$C_8$	0.0726	1
		$C_9$	0.0550	5
		$C_{10}$	0.0434	15
		$C_{11}$	0.0441	13
地区发展带动	0.1057	$C_{12}$	0.0405	17
		$C_{13}$	0.0545	6
		$C_{14}$	0.0512	8
生产生活质量	0.1449	$C_{15}$	0.0437	14
		$C_{16}$	0.0650	3
		$C_{17}$	0.0361	20
清洁低碳发展	0.1786	$C_{18}$	0.0695	2
		$C_{19}$	0.0581	4
		$C_{20}$	0.0510	9

2. 熵权法指标权重

计算熵权法下的各指标权重,权重结果如表 3 所示。

表3 基于熵权法的指标赋权结果

	一级指标权重	指标编号	二级指标权重	排序
投资经济效益	0.1221	C <sub>1</sub>	0.0288	18
		C <sub>2</sub>	0.0560	7
		C <sub>3</sub>	0.0373	16
电网供电能力	0.1949	C <sub>4</sub>	0.0649	5
		C <sub>5</sub>	0.0427	13
		C <sub>6</sub>	0.0468	12
		C <sub>7</sub>	0.0406	14
电网基础设施	0.1620	C <sub>8</sub>	0.0001	20
		C <sub>9</sub>	0.0554	9
		C <sub>10</sub>	0.0214	19
		C <sub>11</sub>	0.0295	17
		C <sub>12</sub>	0.0556	8
地区发展带动	0.1301	C <sub>13</sub>	0.0760	4
		C <sub>14</sub>	0.0541	10
生产生活质量	0.1656	C <sub>15</sub>	0.0481	11
		C <sub>16</sub>	0.0776	3
		C <sub>17</sub>	0.0398	15
清洁低碳发展	0.2253	C <sub>18</sub>	0.0874	1
		C <sub>19</sub>	0.0816	2
		C <sub>20</sub>	0.0563	6

### 3. 组合权重

基于以上求解得出的主观权重与客观权重结果,求解式(6),得东部地区基于最小化主客观权重异质性的组合权重结果,如表4所示。

同理,可以得到中部地区和西部地区典型区域农网的各指标组合权重,如表5所示。

由表4及表5可知,对于东部地区农网而言,权重排名前3位的指标分别为CO<sub>2</sub>减排量(C<sub>18</sub>)、农村电气化率(C<sub>16</sub>)、分布式电源渗透率(C<sub>19</sub>),这说明随着乡村振兴战略以及新型电力系统建设的深入推进,东部地区农网的综合效益将在清洁低碳发展以及提升农村居民生产生活质量方面得到更多地体现。对于中部地区农网而言,权重排名前3位的指标分别为变电容载比(C<sub>6</sub>)、农村电气化率(C<sub>16</sub>)、配电自动化覆盖率(C<sub>12</sub>),可见中部地区农网的综合效益主要体现在提升供电能力、改善居民生产生活质量方面。对于西部地区农网而言,权重排名前3位的指标分别为单位投资增供电量(C<sub>2</sub>)、投资拉动GDP贡献度(C<sub>13</sub>)、变电容载比(C<sub>6</sub>),说明经济基础较差、电网建设薄弱的西部地区更看重农网投资在地区发展带动及供电能力提升方面的表现。

综上所述,地区差异在农网综合效益评价指标的权重上得到了充分体现。随着乡村振兴战略的深入推进,西部地区农网解决基础薄弱问题较为迫切,带动地区经济发展、巩固脱贫攻坚成果任务依然艰巨。中东部地区农网基础相对较好,其投资重点在于提升农网品质,实现从“用上电”到“用好电”、从污染低效到清洁高效方向的转变,不断提升农村居民的用电体验。此外,相较于城市配电网而言,农网各方面的基础仍较为薄弱,因此无论是中东部还是西部地区,完善基础设施建设,解决低电压、“卡脖子”等问题仍是农网综合效益的重要基础保障。

表 4 东部地区基于最小化主客观权重异质性的组合权重

	一级指标权重	指标编号	二级指标权重	排序
投资经济效益	0.1104	C <sub>1</sub>	0.0172	20
		C <sub>2</sub>	0.0462	14
		C <sub>3</sub>	0.0470	12
电网供电能力	0.1880	C <sub>4</sub>	0.0545	5
		C <sub>5</sub>	0.0444	15
		C <sub>6</sub>	0.0465	13
		C <sub>7</sub>	0.0426	16
电网基础设施	0.2169	C <sub>8</sub>	0.0390	18
		C <sub>9</sub>	0.0504	9
		C <sub>10</sub>	0.0340	19
		C <sub>11</sub>	0.0423	17
		C <sub>12</sub>	0.0512	8
地区发展带动	0.1165	C <sub>13</sub>	0.0648	4
		C <sub>14</sub>	0.0517	7
生产生活质量	0.1686	C <sub>15</sub>	0.0489	10
		C <sub>16</sub>	0.0727	2
		C <sub>17</sub>	0.0470	11
清洁低碳发展	0.1995	C <sub>18</sub>	0.0772	1
		C <sub>19</sub>	0.0693	3
		C <sub>20</sub>	0.0531	6

表 5 中部和西部地区的指标组合权重

	指标编号	中部地区		西部地区	
		一级指标权重	二级指标权重	一级指标权重	二级指标权重
投资经济效益	C <sub>1</sub>		0.0246		0.0474
	C <sub>2</sub>	0.1240	0.0573	0.1799	0.0782
	C <sub>3</sub>		0.0421		0.0543
电网供电能力	C <sub>4</sub>		0.0563		0.0628
	C <sub>5</sub>	0.2191	0.0485	0.2382	0.0565
	C <sub>6</sub>		0.0712		0.0682
	C <sub>7</sub>		0.0431		0.0507
电网基础设施	C <sub>8</sub>		0.0416		0.0435
	C <sub>9</sub>		0.0547		0.0561
	C <sub>10</sub>	0.2606	0.0462	0.2349	0.0487
	C <sub>11</sub>		0.0517		0.0472
	C <sub>12</sub>		0.0664		0.0394
地区发展带动	C <sub>13</sub>	0.1189	0.0651	0.1278	0.0717
	C <sub>14</sub>		0.0538		0.0561
生产生活质量	C <sub>15</sub>		0.0412		0.0339
	C <sub>16</sub>	0.1655	0.0693	0.1496	0.0631
	C <sub>17</sub>		0.0550		0.0526
清洁低碳发展	C <sub>18</sub>		0.0424		0.0295
	C <sub>19</sub>	0.1119	0.0354	0.0696	0.0214
	C <sub>20</sub>		0.0341		0.0187

(二) 综合效益评价结果

仍以东部地区为例,对所选的8个典型区域农网的数据进行标准化处理,并结合表4中所求的组合权重确定加权标准化决策矩阵,如表6所示。

表6 基于MABAC的加权标准化决策矩阵

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
C <sub>1</sub>	0.0308	0.0259	0.0272	0.0282	0.0172	0.0194	0.0291	0.0344
C <sub>2</sub>	0.0625	0.0479	0.0924	0.0869	0.0462	0.0621	0.0540	0.0823
C <sub>3</sub>	0.0940	0.0825	0.0774	0.0908	0.0470	0.0542	0.0905	0.0601
C <sub>4</sub>	0.0810	0.0824	0.0632	0.1091	0.0916	0.0545	0.0683	0.0940
C <sub>5</sub>	0.0712	0.0532	0.0500	0.0888	0.0620	0.0444	0.0620	0.0780
C <sub>6</sub>	0.0930	0.0465	0.0465	0.0880	0.0703	0.0930	0.0875	0.0749
C <sub>7</sub>	0.0852	0.0572	0.0426	0.0624	0.0824	0.0480	0.0847	0.0558
C <sub>8</sub>	0.0499	0.0513	0.0654	0.0781	0.0659	0.0390	0.0644	0.0630
C <sub>9</sub>	0.1007	0.0886	0.0657	0.0793	0.0504	0.0568	0.0924	0.0622
C <sub>10</sub>	0.0591	0.0430	0.0340	0.0513	0.0666	0.0481	0.0661	0.0680
C <sub>11</sub>	0.0508	0.0491	0.0525	0.0816	0.0688	0.0423	0.0686	0.0845
C <sub>12</sub>	0.0951	0.0827	0.0670	0.1024	0.0512	0.0530	0.0603	0.0906
C <sub>13</sub>	0.1124	0.0942	0.1296	0.1261	0.0648	0.0685	0.0801	0.0900
C <sub>14</sub>	0.1035	0.0825	0.0766	0.0935	0.0517	0.0604	0.0682	0.0582
C <sub>15</sub>	0.0718	0.0869	0.0978	0.0921	0.0638	0.0721	0.0788	0.0489
C <sub>16</sub>	0.1029	0.1276	0.1031	0.1454	0.0882	0.0727	0.1280	0.1362
C <sub>17</sub>	0.0696	0.0587	0.0697	0.0940	0.0665	0.0470	0.0803	0.0674
C <sub>18</sub>	0.1064	0.1349	0.0957	0.1543	0.0772	0.0853	0.0999	0.1477
C <sub>19</sub>	0.1385	0.1021	0.0858	0.1259	0.1192	0.0693	0.0971	0.0790
C <sub>20</sub>	0.0990	0.0576	0.1062	0.0834	0.0626	0.0845	0.0698	0.0531

基于加权标准化决策矩阵确定边界逼近区域矩阵为

$$G_{1 \times 20} = [0.0259 \quad 0.0647 \quad 0.0724 \quad 0.0787 \quad 0.0622 \quad 0.0724 \quad 0.0628 \\ 0.0585 \quad 0.0725 \quad 0.0532 \quad 0.0605 \quad 0.0729 \quad 0.0929 \\ 0.0724 \quad 0.0749 \quad 0.1104 \quad 0.0679 \quad 0.1094 \quad 0.0996 \quad 0.0749]$$

计算得到东部8个地区农网与边界逼近区域的距离矩阵,具体如表7所示。

计算东部8个地区农网的评价函数值,并对所选的农网进行排序。同理,计算得到中部地区和西部地区典型区域农网基于MABAC的评价结果,具体如表8所示。

由表7、表8可知,在东部地区所选的8个典型区域农网中,A<sub>4</sub>的综合效益表现最好,A<sub>6</sub>表现最差。具体而言,在权重排名前五的指标中,A<sub>4</sub>在用户平均停电时间(C<sub>4</sub>)、农村电气化率(C<sub>16</sub>)以及CO<sub>2</sub>减排量(C<sub>18</sub>)的表现最优,在投资拉动GDP贡献度(C<sub>13</sub>)和分布式电源渗透率(C<sub>19</sub>)的表现次优;A<sub>6</sub>在指标C<sub>4</sub>、C<sub>16</sub>以及C<sub>19</sub>的表现最差,在C<sub>13</sub>和C<sub>18</sub>的表现次差。在中部地区所选的典型农网中,A<sub>10</sub>的综合效益表现最好,A<sub>13</sub>表现最差。具体而言,在权重排名前五的指标中,A<sub>10</sub>在变电容载比(C<sub>6</sub>)、配电自动化覆盖率(C<sub>12</sub>)以及农村电气化率(C<sub>16</sub>)的表现最优,在单位投资增供电量(C<sub>2</sub>)和投资拉动GDP贡献度(C<sub>13</sub>)的表现次优;A<sub>13</sub>在指标C<sub>2</sub>和C<sub>16</sub>的表现最差,在C<sub>6</sub>和C<sub>13</sub>的表现次差。在西部地区所选的典型农网中,A<sub>17</sub>的综合效益表现最好,A<sub>19</sub>表现最差。具体而言,在权

表7 东部8个地区农网与边界逼近区域的距离矩阵

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$
$C_1$	0.0049	0.0000	0.0013	0.0023	-0.0087	-0.0065	0.0032	0.0084
$C_2$	-0.0022	-0.0168	0.0277	0.0222	-0.0185	-0.0026	-0.0107	0.0176
$C_3$	0.0216	0.0101	0.0050	0.0184	-0.0254	-0.0182	0.0181	-0.0123
$C_4$	0.0023	0.0037	-0.0155	0.0303	0.0128	-0.0242	-0.0104	0.0153
$C_5$	0.0090	-0.0090	-0.0122	0.0266	-0.0002	-0.0178	-0.0002	0.0158
$C_6$	0.0205	-0.0259	-0.0259	0.0156	-0.0021	0.0205	0.0151	0.0025
$C_7$	0.0224	-0.0056	-0.0202	-0.0004	0.0196	-0.0148	0.0219	-0.0070
$C_8$	-0.0086	-0.0072	0.0069	0.0196	0.0074	-0.0194	0.0060	0.0046
$C_9$	0.0282	0.0161	-0.0068	0.0068	-0.0221	-0.0157	0.0199	-0.0103
$C_{10}$	0.0059	-0.0101	-0.0192	-0.0018	0.0134	-0.0050	0.0129	0.0148
$C_{11}$	-0.0097	-0.0114	-0.0080	0.0210	0.0083	-0.0183	0.0080	0.0240
$C_{12}$	0.0222	0.0098	-0.0059	0.0295	-0.0217	-0.0199	-0.0127	0.0177
$C_{13}$	0.0195	0.0013	0.0367	0.0332	-0.0281	-0.0244	-0.0128	-0.0029
$C_{14}$	0.0310	0.0101	0.0042	0.0210	-0.0207	-0.0121	-0.0042	-0.0143
$C_{15}$	-0.0031	0.0120	0.0228	0.0171	-0.0112	-0.0029	0.0039	-0.0261
$C_{16}$	-0.0075	0.0172	-0.0072	0.0351	-0.0221	-0.0377	0.0177	0.0258
$C_{17}$	0.0017	-0.0092	0.0018	0.0261	-0.0015	-0.0209	0.0124	-0.0005
$C_{18}$	-0.0031	0.0254	-0.0137	0.0449	-0.0323	-0.0241	-0.0095	0.0382
$C_{19}$	0.0389	0.0026	-0.0138	0.0263	0.0196	-0.0303	-0.0025	-0.0206
$C_{20}$	0.0241	-0.0173	0.0313	0.0085	-0.0123	0.0096	-0.0051	-0.0218

表8 东中西部各地区农网评价结果

农网	东部地区		中部地区		西部地区			
	评价函数值	排序	农网	评价函数值	排序	农网	评价函数值	排序
$A_1$	0.2181	2	$A_9$	-0.1627	7	$A_{17}$	0.2386	1
$A_2$	-0.0043	5	$A_{10}$	0.3443	1	$A_{18}$	0.0696	4
$A_3$	-0.0110	6	$A_{11}$	0.0041	4	$A_{19}$	-0.1742	8
$A_4$	0.4023	1	$A_{12}$	-0.0736	6	$A_{20}$	0.0150	5
$A_5$	-0.1458	7	$A_{13}$	-0.2429	8	$A_{21}$	-0.0454	6
$A_6$	-0.2846	8	$A_{14}$	0.2376	2	$A_{22}$	0.1738	2
$A_7$	0.0710	3	$A_{15}$	-0.0080	5	$A_{23}$	0.1082	3
$A_8$	0.0689	4	$A_{16}$	0.1594	3	$A_{24}$	-0.1327	7

重排名前五的指标中,  $A_{17}$ 在单位投资增供电量( $C_2$ )、用户平均停电时间( $C_4$ )以及投资拉动GDP贡献度( $C_{13}$ )的表现最优,在变电容载比( $C_6$ )和农村电气化率( $C_{16}$ )的表现次优;  $A_{19}$ 在指标 $C_2$ 和 $C_{13}$ 的表现最差,在 $C_4$ 和 $C_6$ 的表现次差。

上述评价结果表明,新形势下农网综合效益主要体现在以下几个方面:其一,面向乡村全面振兴以及巩固脱贫攻坚成果的要求,西部地区农网应当大力加强电力基础设施建设,巩固网架结构,提升供电能力,改善供电质量。其二,面向农村电网的大体量投资可以产生显著的投资效应,中西部地区农网应当主动承担起带动当地社会投资、促进农村新兴产业的发展的责任,从而拉动当地经济增长,帮助解决就业问题。其三,相较于西部而言,中东部地区农网基础较好,在满足基本需求的前提下,应当侧重于提升农网品质,从而改善供电服务水平,提高生产生活质量。其四,随着越来越

越多的分布式电源接入农村电网,农网所面临的压力与日俱增,提升农网对于分布式能源的承载力,推动分布式能源可调可控变成了亟需解决的问题,而这一问题在分布式电源渗透率较高的东部地区尤为突出。因此,未来东部地区农网的建设改造升级应当更加重视其在支撑高比例分布式能源并网发展方面的表现,助力电网清洁低碳发展。

(三) 模型有效性检验

为验证所提出的模型的有效性,选取模型 2-4 与本文提出的模型 1 进行对比,并开展排序一致性检验与样本分离度检验,对比模型设置情况如表 9 所示。

表 9 对比模型设置情况

模型编号	赋权方法	评价方法
模型1	图模型+熵权组合赋权	MABAC
模型2	图模型赋权	MABAC
模型3	熵权法赋权	MABAC
模型4	图模型+熵权组合赋权	TOPSIS

1. 排序一致性检验

在多属性决策问题中,验证决策方法鲁棒性的重要依据之一是排序一致性指标。本文参考相关文献构建排序一致性检验指标<sup>[14,15]</sup>,具体如下:

$$r_s = 1 - \frac{6 \times \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}{N \times (N^2 - 1)} \quad (17)$$

$$r_w = 1 - \frac{6 \times \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2 [(N - x_i + 1)(N - y_i + 1)]}{N \times (N^3 + N^2 - N - 1)} \quad (18)$$

$$WS = 1 - \sum_{i=1}^N \left( 2^{-x_i} \times \frac{|x_i - y_i|}{\max\{|x_i - 1|, |x_i - N|\}} \right) \quad (19)$$

式中,  $r_s$ 、 $r_w$ 和 $WS$ 分别是斯皮尔曼等级相关系数、加权的斯皮尔曼等级相关系数和 $WS$ 排序相关系数。 $x_i$ 和 $y_i$ 是待检验的两种排序结果, $N$ 是备选方案数量。上述检验指标的值越大,表示两种排序结果一致性越高。

基于上述东部地区 8 个典型区域农网的数据,按照模型 2、3、4 分别进行运算,得到对于应模型下的排序结果,并借助式(17)–(19)计算得出排序一致性检验指标值,具体如表 10 所示。

由表 10 可知,除模型 2 的  $r_w$  指标之外,其余各对比模型的排序一致性检验指标值均大于 0.9,且半数以上的指标值大于 0.95。从各对比模型的排序结果来看,排名前两名以及排名最后两名是方案完全一致的。以上结果表明,对比模型与本文所提出的模型的排序情况具有高度的一致性,因此本文所提出的模型在备选方案排序方面具有较好的鲁棒性,排序结果可靠性较高。

2. 样本分离度检验

样本分离度是判别多属性决策模型有效性的依据,因此本文选取标准差( $\sigma$ )、相对极差( $\theta$ )、变异系数( $\vartheta$ )和灵敏度( $\eta$ )进行样本分离度检验<sup>[16]</sup>,具体如下:

表 10 模型排序一致性检验结果

	模型1	模型2	模型3	模型4	
排序结果	A <sub>1</sub>	2	2	2	2
	A <sub>2</sub>	5	6	5	6
	A <sub>3</sub>	6	5	6	5
	A <sub>4</sub>	1	1	1	1
	A <sub>5</sub>	7	7	7	7
	A <sub>6</sub>	8	8	8	8
	A <sub>7</sub>	3	4	4	3
	A <sub>8</sub>	4	3	3	4
一致性指标	r <sub>s</sub>	1.0000	0.9524	0.9762	0.9762
	r <sub>w</sub>	1.0000	0.8889	0.9206	0.9683
	WS	1.0000	0.9484	0.9594	0.9891

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (\delta_j - \bar{\delta})^2}{N}} \quad (20)$$

$$\theta = \frac{\delta_{j,\max} - \delta_{j,\min}}{\bar{\delta}} \times 100\% \quad (21)$$

$$\vartheta = \sigma / \bar{\delta} \quad (22)$$

$$\eta = \frac{\delta_{j,\max} - \delta_{j,\text{sec}}}{\delta_{j,\max}} \quad (23)$$

式中,  $\delta_j$  是备选方案  $i$  与理想解的相对接近程度;  $\bar{\delta}$  为  $\delta_j$  的平均值;  $\delta_{j,\max}$  与  $\delta_{j,\min}$  分别为  $\delta_j$  的最大值、最小值;  $\delta_{j,\text{sec}}$  取  $\delta_j$  中排名第二的数值;  $N$  为备选方案数量。上述检验指标的值越大, 表示排序结果的样本分离度越大, 即该模型对备选方案的区分能力越强。

借助式(20)–(23)计算得出样本分离度检验指标值, 具体如表 11 所示。

表 11 模型样本分离度检验结果

	$\sigma$	$\theta$	$\vartheta$	$\eta$
模型1	0.1966	17.4655	4.9986	0.4580
模型2	0.1917	17.1989	4.9068	0.4531
模型3	0.1912	17.1582	4.9680	0.4010
模型4	0.1948	1.6577	0.4888	0.2042

由表 11 可知, 对比其他模型, 本文所提出的模型 1 的各样本分离度指标值是最大的, 即模型 1 的样本分离度表现是最好的。因此, 在排序结果没有巨大差异的情况下, 本文所提出的模型对各备选方案的区分能力更加优秀, 结合排序一致性检验结果, 可以认为本文所提出的模型能够在保证鲁棒性的前提下更为有效地区分各方案的优劣。

## 四、结论

本文综合考虑农网投资经济效益、供电能力、基础设施情况以及其在地区发展带动、生产生活

质量、清洁低碳发展方面的表现,建立了适应乡村振兴战略的农网综合效益评价指标体系,并据此构建了基于图模型—熵权法组合赋权以及 MABAC 的差异化农网综合效益评价模型。算例结果表明,地域差异对农网综合效益的表现有着显著影响。随着乡村振兴战略的深入推进,西部地区农网投资效益主要体现在解决基础薄弱问题、带动地区经济发展、巩固脱贫攻坚成果方面。中东部地区农网基础相对较好,当前投资效益重在提升农网品质。在满足基础需求的前提下,不断改善居民的用电体验,并使得农网向着清洁低碳发展。本文所提出的模型在农网综合效益评价方面具有较好的适用性,能够为乡村振兴战略下农网综合效益评价研究提供借鉴与参考。

[参考文献]

- [1] 陈国平,董昱,梁志峰. 能源转型中的中国特色新能源高质量发展分析与思考[J]. *中国电机工程学报*, 2020, 40(17): 5493–5505.
- [2] He Y X, Liu W Y, Jiao J, et al. Evaluation method of benefits and efficiency of grid investment in China: a case study [J]. *The Engineering Economist*, 2018, 63(01): 66–86.
- [3] 罗宁,贺墨琳,高华,等. 基于改进的 AHP-CRITIC 组合赋权与可拓评估模型的配电网综合评价方法[J]. *电力系统保护与控制*, 2021, 49(16): 86–96.
- [4] 徐斌,马骏,陈青,等. 基于改进 AHP-TOPSIS 法的经济开发区配电网综合评价指标体系和投资策略研究[J]. *电力系统保护与控制*, 2019, 47(22): 35–44.
- [5] 杨红磊,盛万兴,王金宇,等. 基于模糊评价方法的农网改造升级工程投资效果分析[J]. *电工电能新技术*, 2015, 34(02): 55–60.
- [6] 贾梦雨,李锰,韩松,等. 基于博弈论组合赋权的农村电网综合评价体系研究[J]. *电力科学与技术学报*, 2020, 35(02): 69–75.
- [7] 王利利,贾梦雨,韩松,等. 基于 TOPSIS—灰色关联度的农网投资效益与风险能力综合评价[J]. *电力科学与技术学报*, 2020, 35(04): 76–83.
- [8] 肖白,李攀攀,姜卓,等. 基于梯级组合评分的农村电网精益化改造方法[J]. *电力系统自动化*, 2020, 44(03): 220–228.
- [9] 周恩泽,黄勇,陈洁,等. 基于图模型的架空输电线路山火风险等级预测模型[J]. *南方电网技术*, 2020, 14(04): 8–16.
- [10] 李永立,吴冲. 基于图模型和最优化的评价方法[J]. *系统工程学报*, 2013, 28(03): 403–409.
- [11] Pamučar D, Ćirović G. The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC) [J]. *Expert Systems with Applications*, 2015, 42(06): 3016–3028.
- [12] Deveci M, Erdogan N, Cali U, et al. Type-2 neutrosophic number based multi-attributive border approximation area comparison (MABAC) approach for offshore wind farm site selection in USA [J]. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2021, 103: 104311.
- [13] Wang J, Wei G W, Wei C, et al. MABAC method for multiple attribute group decision making under q-rung orthopair fuzzy environment [J]. *Defence Technology*, 2020, 16(01): 208–216.
- [14] Sałabun W, Wątróbski J, Shekhovtsov A. Are MCDA methods benchmarkable? A comparative study of TOPSIS, VIKOR, COPRAS, and PROMETHEE II methods [J]. *Symmetry*, 2020, 12(09): 1549.
- [15] Kizielewicz B, Wątróbski J, Sałabun W. Identification of relevant criteria set in the MCDA process—Wind farm

location case study [ J ] . *Energies*, 2020, 13(24): 6548.

[16] Zhao H R, Li B K, Lu H, et al. Economy-environment-energy performance evaluation of CCHP microgrid system: a hybrid multi-criteria decision-making method [ J ] . *Energy*, 2022, 240: 122830.

## **Research on the Comprehensive Benefit Evaluation Model of Rural Power Grid Under Rural Revitalization Strategy**

ZHAO Hui-ru, BAI Zhen-qi

(School of Economics and Management, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

**Abstract:** There are significant regional differences among rural areas. In order to guide rural power grid investment, a differentiated comprehensive evaluation model of rural power grid investment benefits is proposed based on combination weighting and multi-attributive border approximation area comparison method. Firstly, considering the differences between rural areas and the requirements of the rural revitalization strategy for the development of rural power grid, a comprehensive benefit evaluation index system of rural power grid is constructed from six aspects: economic benefits of rural power grid investment, power supply capacity, infrastructure, regional development drive, production and living quality, and clean and low-carbon development. Secondly, based on the principle of minimizing the heterogeneity of subjective and objective weights, a combined weighting model based on the graph model entropy weight method is built, MABAC method is introduced to solve the problem of comprehensive benefit evaluation of rural power grid. Finally, the validity of the proposed model is verified by the example analysis.

**Key words:** rural revitalization strategy; rural power grid; regional differences; combined weight; MABAC; comprehensive benefits

(责任编辑: 杜红琴)