

基于组合赋权-TOPSIS 模型的光伏项目 多属性投资决策评价

吴 浪, 何 香

(江西科技师范大学土木工程学院, 南昌 330013)

摘要: 为了使企业在选择光伏投资项目时更加科学全面,建立了从环境、经济和风险三方面综合考虑的投资评价指标体系,并提出了一种组合赋权-TOPSIS模型的光伏项目投资决策方法。该模型利用博弈论将序关系分析法和熵权法计算的主客观权重进行组合赋权,既考虑专家的主观判断也融入客观数据分析结果,使决策更加全面科学。在投资决策阶段,采取 TOPSIS 计算总体优势度,对备选项目进行优劣排序,选择最优投资对象。最后,用实例验证了该模型的适用性和可行性,为光伏行业的可持续发展提供了理论依据。

关键词: G1 法; 博弈论; 多属性决策; 投资决策; 光伏项目

中图分类号: F224; TU-9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)08-0045-06

随着全球能源结构的转型和可再生能源的快速发展,光伏发电作为一种清洁、可再生的能源形式,逐渐受到各国政府和投资者的关注。近年来,技术的进步和制造成本的降低,使光伏发电的经济性不断提升^[1]。与此同时,各种政策支持和市场机制的完善,为光伏产业的发展提供了良好的环境。然而,光伏发电项目的投资决策仍面临诸多挑战,包括市场波动、政策不确定性以及技术风险等^[2]。因此,对光伏发电项目进行深入的投资决策研究,能够为投资者提供科学、合理的决策依据,最大限度地降低风险,提高投资回报。

多属性决策理论在电力系统投资决策领域已获得初步利用,通常用于多个方案中选择出最优方案。Hassan 等^[3]通过结合 CRITIC(criteria importance through intercriteria correlation)及 TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution)两种多属性决策理论,提出一个新的混合投资决策模型,用于评估大规模太阳能光伏系统的合适场地和技术潜力。Wu 等^[4]在解决光伏发电制氢项目选址问题时,构建一套包括自然因素、经济因素、技术因素、社会因素和环境因素的评价指标体系,并引入模糊数学理论构建 BWM(best-worst-method)-CRITIC-MABAC 评价模型。Azmi

等^[5]分别运用层次分析法和模糊层次分析法进行决策分析,以确定潜在太阳能发电场的适宜区域,结果表明,两种方法在确定太阳能发电厂属性选择的五个最高优先级时,在决策方面没有显著差异。张凌浩等^[6]开发一种创新的数据采集技术,该技术运用灰色关联和神经网络,能够在只需少数数据采集装置的情况下,完成对区域内光伏电站运维信息的全面获取。冯喜春等^[7]依据多样的储能选项所涉及的技术、经济和环境因素,设计一个层次结构及指标体系,以支持大规模储能的选择。此外,他们还提出一种利用区间二型模糊集的 TOPSIS 方法,建立大规模储能选型的模型。关于多属性决策理论在电力领域投资、选址等问题已有了较为广泛的应用,但在整合主客观指标与多属性决策方法上尚存在空缺。

本文将围绕光伏发电项目的投资环境分析、经济性评估、风险管理等多个方面展开,建立科学的光伏项目投资决策评价指标体系,通过序关系分析法和熵权法计算主客观权重并利用博弈论组合赋权,最终构建组合赋权-TOPSIS 光伏项目投资决策评价模型,对多个光伏项目进行两两比对选择最优的投资对象,旨在为相关企业和投资者提供投资方面较为科学的指导,为未来的决策提供参考和借鉴,助力光伏行业的可持续发展。

收稿日期: 2024-10-30

基金项目: 江西省研究生创新专项基金(YC2023-S889);江西省大学生创新创业训练项目(S202311318048)

作者简介: 吴浪(1981—),男,江西武宁人,博士,副教授,研究方向为工程项目管理;通信作者何香(2000—),女,湖北黄冈人,硕士研究生,研究方向为工程项目管理。

1 光伏项目投资决策指标体系构建

企业在对光伏项目进行投资决策评价时,光伏项目投资决策评价指标体系的建立是首位任务,指标体系将直接影响到决策者对于光伏项目投资的判断^[8]。为了构建更完善的指标体系,使评估更加全面结果更准确,必须要遵守系统性原则、科学性原则、时效性原则、普适性原则和可操作性原则。基于光伏项目的构建原则及实际影响因素,并结合当前领域已有的研究,本文初步构建了投资决策评价指标体系(表 1)。

表 1 光伏项目投资决策评价指标体系

目标层	一级指标	二级指标	属性
光伏项目投资决策评价指标体系	资源因素(A ₁)	年平均相对湿度(B ₁)	定量指标
		年太阳总辐射量(B ₂)	定量指标
		年平均温度(B ₃)	定量指标
		直射比(B ₄)	定量指标
	经济因素(A ₂)	初始投资成本(B ₅)	定量指标
		投资回收期(B ₆)	定量指标
		内部收益率(B ₇)	定量指标
		年平均上网电量(B ₈)	定量指标
	风险因素(A ₃)	极端天气(B ₉)	定性指标
		政策风险(B ₁₀)	定性指标
		经济风险(B ₁₁)	定性指标

2 光伏项目投资决策评价模型

2.1 权重计算

2.1.1 序关系分析法确定主客观权重

G1 法又称序关系分析法,相比于层次分析法的优点是无须一致性检验,而且在指标数量较多的情况下,可以克服专家们判断时因犹豫所导致的准确性,快速准确地确定主客观权重,为状态评估提供有效的依据^[9]。对于每一类指标集 $\{b_1, b_2, \dots, b_n\}$, 使用 G1 赋权法的具体步骤为:

(1)确定各指标的序关系。专家依据自身经验对指标集进行重要性排序,得到唯一序关系:

$$b_q > \dots > b_f > b_j, \quad j, f, q \in 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

(2)确定序关系中相邻指标的相对重要度。根据专家建议,指标 b_j 和 b_f 的重要度之比 r_j 为

$$\frac{w_f}{w_j} = r_j, \quad j, f = 1, 2, \dots, n-1 \quad (2)$$

式中: r_j 的取值为 1.0、1.2、1.4、1.6、1.8,分别表示同样重要、稍微重要、明显重要、强烈重要、极端重要,其中 1.1、1.3、1.5、1.7 代表上述两相邻判断的中值。

(3)根据相邻指标间的权重比值,以及各权重之和为 1,可以计算出排序在最后的指标 b_n 的权重,

具体为

$$W_n = \left(1 + \sum_{k=2}^n \prod_{j=k}^n r_j\right)^{-1} \quad (3)$$

其余指标的权重可通过递推公式得出:

$$W_{(k-1)} = \frac{W_k}{r_{(k-1)}}, \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

2.1.2 熵权法确定客观权重

熵权法是一种依据信息熵理论的决策方法,根据各项指标的变异程度来计算其权重,降低了指标赋权时受主观因素影响程度,适用于多目标决策问题^[10]。其计算过程如下。

(1)对原始矩阵进行标准化处理,本文采用极差法。假设 n 为对象个数, m 为指标个数,原始矩阵 $X = (x_{ij})_{n \times m}$ 标准化后得到矩阵 $Z = (z_{ij})_{n \times m}$ 。

效益型指标:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (5)$$

成本型指标:

$$z_{ij} = \frac{x_j^{\min} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (6)$$

(2)计算第 j 项指标熵值 E_j , 其中,当 $P_{ij} = 0$ 时, $P_{ij} \ln P_{ij} = 0$ 。

$$E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

$$P_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sum_{i=1}^n z_{ij}}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

(3)计算第 j 项指标的差异系数 G_j 。

$$G_j = 1 - E_j \quad (9)$$

(4)计算第 j 项指标的权重 W_j 。

$$W_j = \frac{G_j}{\sum_{j=1}^m G_j} \quad (10)$$

2.1.3 博弈论组合赋权

将序关系分析法和熵权法得到的权重利用博弈论进行组合赋权。博弈论组合权重的基本思想是针对某一评价指标的不同权重,寻找其一致性和折中,极小化可能的权重与各个基本权重之间的偏差^[11]。其计算步骤如下。

(1)构建主客观权重与客观权重的离差函数。

$$\min \|\alpha_1 \omega_1^T + \alpha_2 \omega_2^T\|_2 \quad (11)$$

式中: ω_1 、 ω_2 分别为主客观权重矩阵; α_1 、 α_2 为主客观权重线性组合系数。

(2)求解最优组合系数。根据矩阵微分性质,将上式转化为最优化一阶导数的线性微分方程组。

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \omega_1^T & \omega_1 \omega_2^T \\ \omega_2 \omega_1^T & \omega_2 \omega_2^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_1 \omega_1^T \\ \omega_2 \omega_2^T \end{bmatrix} \quad (12)$$

(3) 确定最优组合系数。解上式的线性方程组,得到优化组合系数 α_1 和 α_2 ,并进行归一化处理。最终得到综合权重向量。

$$\begin{cases} \mathbf{W} = \alpha_1^* \omega_1^T + \alpha_2^* \omega_2^T \\ \alpha_1^* = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \\ \alpha_2^* = \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \end{cases} \quad (13)$$

2.2 基于 TOPSIS 法的光伏项目投资决策评价模型

TOPSIS 是 1981 年被 C. L. Hwang 和 K. Yoon 首次提出,通过评价对象与最优和最劣解的相对距离来进行排序,当评价对象最接近正理想解同时距离负理想解最远时被认为是最优方案;反之则为最差。因其能够有效处理原始数据,对数据分布和样本量的要求较低,且计算简单,因而在工程领域得到了广泛应用^[12]。其计算步骤如下^[13]。

(1) 构建加权决策矩阵。标准化矩阵 \mathbf{C} 每列与对应的权重相乘。

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} \omega_1 z_{11} & \omega_2 z_{12} & \cdots & \omega_m z_{1m} \\ \omega_1 z_{21} & \omega_2 z_{22} & \cdots & \omega_m z_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \omega_1 z_{n1} & \omega_2 z_{n2} & \cdots & \omega_m z_{nm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdots & c_{nm} \end{bmatrix} \quad (14)$$

(2) 确定正、负理想解。正理想解由加权标准化矩阵中每列元素的最大值组成,负理想解由每列元素的最小值组成。

正理想解:

$$\mathbf{Z}^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_m^+) \quad (15)$$

负理想解:

$$\mathbf{Z}^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_m^-) \quad (16)$$

(3) 使用欧式距离计算对象与正理想解和负理想解的距离。

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_j^+ - c_{ij})^2} \quad (17)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_j^- - c_{ij})^2} \quad (18)$$

(4) 使用负理想解距离计算相对贴近度并排

序。相对贴近度为 $0 \sim 1$,越大表示离负理想解越远,则认为该方案最优。

$$s_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (19)$$

3 实例分析

3.1 实例概述

某电力企业在近几年双碳背景下,致力于发展新能源工程,积极践行可持续健康发展道路。最近企业要投资一处分布式光伏发电项目,有以下几个备选项目可供投资。

项目一位于某中部城市,规划面积较大,该地区属于亚热带季风气候,总辐射处于第二等级稳定,太阳能资源较丰富,但政策扶持力度较小。项目二位于某南方城市,规划面积适中,该地区光资源稳定,气候稳定,年发电量少但投资风险也较小。项目三位于某北方城市,建设规模适中,属于温带大陆性干旱气候,是中国日照和太阳辐射最充足的地区,但其受极端天气影响可能较大。项目四位于临海地区,其政策风险和经济风险较小,但该地区空气湿度较大,且容易受到台风影响。项目五位于华东地区,太阳能资源较少,受极端天气影响较大,但该项目的投资回收期较短,内部收益率也较大。选取项目由于所处地理位置不同,在各项评价指标例如建设规模、太阳能资源等会存在明显差异,也能为验证本文的投资决策模型提供比较具有代表性的案例。

由于光伏产业在国内的迅速发展,光伏企业大量涌入市场,这也导致企业的竞争异常激烈。因此企业在投资决策方面也需要更加谨慎,综合各方面因素来权衡利弊,对三个项目进行科学系统的投资决策评价,选择出最佳的投资项目,获得最大的投资回报率,促进企业的可持续发展。

3.2 评价指标组合权重分析

3.2.1 确定原始数据

本文研究的指标包含定量指标与定性指标,其中定量指标是通过各投资项目的资料以及相关官方数据来获取,定性指标则邀请参与该项目的专家来进行评估获取,整合收集到的各项目的具体原始数据如表 2 所示。

3.2.2 计算主观权重

采用 G1 序关系分析法计算各项指标的主观权重,为了使结果更加科学,邀请三位专家依据自身经验对同一层次的指标体系进行重要性排序,得到唯一序关系并确定相对重要度,如表 3 所示。

表 2 光伏项目原始数据

项目	B_1	$B_2/(kWh \cdot m^{-2})$	B_3	B_4	$B_5/万元$	$B_6/年$	B_7	$B_8/(MW \cdot h)$	B_9	B_{10}	B_{11}
项目一	0.59	1 240.9	16	0.31	13 446	13.62	5.58	23 922.12	0.62	0.73	0.60
项目二	0.62	1 276	17.7	0.33	1 935.13	11.74	7.18	4 534.80	0.67	0.69	0.59
项目三	0.46	1 650	8.8	0.56	888.45	14.18	5.06	2 263.40	0.72	0.67	0.73
项目四	0.77	1 313	15.1	0.63	663.19	11.79	7.51	1 710.00	0.74	0.52	0.54
项目五	0.81	1 281.94	17	0.53	1 043	11.65	8.64	2 272.70	0.73	0.61	0.59

表 3 各指标体系重要度排序及 r_j 赋值

指标	专家	指标排序	r_1	r_2	r_3
A	1	$A_2 > A_1 > A_3$	1.3	1.1	
	2	$A_2 > A_1 > A_3$	1.4	1.3	
	3	$A_2 > A_3 > A_1$	1.2	1.4	
A ₁	1	$B_2 > B_4 > B_3 > B_1$	1.3	1.6	1.2
	2	$B_2 > B_4 > B_1 > B_3$	1.4	1.3	1.3
	3	$B_4 > B_2 > B_3 > B_1$	1.4	1.1	1.2
A ₂	1	$B_8 > B_5 > B_6 > B_7$	1.5	1.4	1.1
	2	$B_8 > B_6 > B_7 > B_5$	1.3	1.3	1.5
	3	$B_8 > B_5 > B_6 > B_7$	1.6	1.4	1.1
A ₃	1	$B_{11} > B_9 > B_{10}$	1.7	1.4	
	2	$B_{11} > B_{10} > B_9$	1.5	1.2	
	3	$B_{11} > B_9 > B_{10}$	1.7	1.3	

根据上述三位专家对各指标层的相对重要性赋值,利用式(4)对其进行计算,分别得到各专家对应的权重,再取三位专家对一级指标和二级指标的平均值作为平均权重。二级指标的主观权重则等于一级指标的平均权重乘以对应二级指标平均权重,具体计算结果如表 4 所示。

3.2.3 确定客观权重

根据原始数据,利用式(10)求各指标熵值和差异系数,并计算得到客观权重,具体计算结果如表 5 所示。

3.2.4 确定组合权重

综合上述计算的主客观权重值,根据博弈论方法计算得到优化组合系数分别为 0.392 8 和 0.607 2,以此计算出组合权重值,计算结果如表 6 所示。

从表 6 和图 1 可知,各指标体系组合权重的计算结果,在光伏项目投资决策评价模型的指标体系中,年平均上网电量、年太阳总辐射量和极端天气三项指标的综合权重值最大,并且权重值都超过 0.1,是企业在对光伏项目投资决策时应首先重点关注的方面。

3.3 基于 TOPSIS 法的投资决策分析

基于计算得到的各项指标权重值,并结合各备选项目的数据,根据 TOPSIS 模型计算过程对三个投资项目进行优劣排序,从而选择出最优的投资对象,具体计算结果如表 7 所示。

表 4 各指标体系主观权重

指标	各专家对应权重			平均权重	主观权重
	1	2	3		
A ₁	0.311 6	0.242 7	0.245 1	0.266 5	
A ₂	0.405 1	0.315 5	0.343 1	0.354 6	
A ₃	0.283 3	0.441 8	0.411 8	0.378 9	
B ₁	0.151 2	0.157 3	0.186 3	0.164 9	0.043 9
B ₂	0.181 4	0.204 5	0.223 6	0.203 2	0.054 1
B ₃	0.290 2	0.265 9	0.245 9	0.267 3	0.071 2
B ₄	0.377 3	0.372 3	0.344 3	0.364 6	0.097 2
B ₅	0.168 1	0.143 2	0.163 8	0.158 4	0.056 2
B ₆	0.184 9	0.214 8	0.180 2	0.193 3	0.068 5
B ₇	0.258 8	0.279 2	0.252 3	0.263 4	0.093 4
B ₈	0.388 2	0.362 9	0.403 7	0.384 9	0.136 5
B ₉	0.209 2	0.250 0	0.221 7	0.227 0	0.086 0
B ₁₀	0.292 9	0.300 0	0.288 3	0.293 7	0.111 3
B ₁₁	0.497 9	0.450 0	0.490 0	0.479 3	0.181 6

表 5 各指标体系客观权重

指标	熵值	差异系数	权重
B ₁	0.75	0.25	0.080 1
B ₂	0.53	0.47	0.149 9
B ₃	0.86	0.14	0.046 2
B ₄	0.73	0.27	0.086 6
B ₅	0.86	0.14	0.044 7
B ₆	0.79	0.21	0.066 5
B ₇	0.77	0.23	0.074 6
B ₈	0.34	0.66	0.212 6
B ₉	0.65	0.35	0.110 9
B ₁₀	0.75	0.25	0.081 3
B ₁₁	0.85	0.15	0.046 8

表 6 各指标体系组合权重

指标	B	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
组合权重	0.065 9	0.112 3	0.056 0	0.090 8	0.049 2	0.067 3
指标	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	
组合权重	0.082 0	0.182 7	0.101 1	0.093 1	0.099 7	

表 7 投资项目优劣排序

变量	项目一	项目二	项目三	项目四	项目五
正理想解距离(D ⁺)	0.216	0.262	0.262	0.280	0.283
负理想解距离(D ⁻)	0.250	0.132	0.191	0.162	0.142
相对接近度(C)	0.537	0.335	0.421	0.367	0.335
排序	1	4	2	3	5

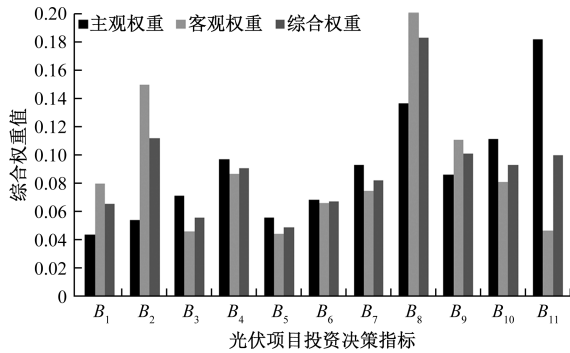


图1 各指标权重对比

从表7的计算结果显示,在五个备选项目中,项目一相对贴近度为0.537,是最具投资价值的项目;项目三相对贴近度为0.421,排名第二;项目四相对贴近度为0.367,排名第三;项目二相对贴近度为0.335,排名第四;项目五相对贴近度为0.335,排名第五。

由表7结合表2分析,项目一在年均上网电量和极端天气风险方面具有明显优势,尽管其初始投资成本较高,但从长远角度看,项目完成后抗风险能力强,项目具有长期稳定性,因此在所有项目中名列前茅;而处于末位的项目五,其各项指标均没有较突出的优点,相对湿度对光伏各组件的影响较大,且与排名第二的项目三相比,年均上网电量差异不大,但在投资成本方面比项目三差异明显,因此投资价值最小。

这五个项目案例涵盖了不同地理环境、投资成本和项目风险的光伏项目,能够体现不同的决策变量和复杂的投资决策因素。通过组合赋权-TOPSIS模型的计算,综合考虑影响光伏项目投资的主要影响因素,以数据形式的计算结果科学的对项目进行投资决策。分析上述案例可以看出,即使在各项指标条件复杂、项目之间的指标差异显著且难以直接对比的情况下,该投资决策模型依然能够有效分析项目间各因素的重要性及差异程度,从而为企业选择最优投资对象提供有力支持。

4 结论

针对企业进行光伏项目投资决策,本文构建了主客观组合赋权-TOPSIS模型来对备选方案进行排序以选出最优投资对象。该模型在指标权重的确定过程,采用博弈论对主客观数据进行组合赋权,避免了权重确定的片面性,综合了专家判断的主观性与实际数据的客观性,使权重的计算更加科

学合理。最后运用TOPSIS法,分别计算各项目的正负理想解距离和相对贴近度,对多个项目进行择优。本文模型综合考虑了光伏项目的投资影响因素,为企业投资决策提供了理论参考,促进光伏企业的可持续发展。

参考文献

- [1] 李刚,张璐,张晋,等. 新能源风电和光伏工程中的储能技术应用[J]. 流体测量与控制, 2024, 5(5): 87-90.
- [2] 宁湘宇, 郭明权, 牛铮. 海南岛集中式光伏电站选址综合定量评估[J]. 遥感信息, 2024, 39(4): 153-165.
- [3] HASSAN I, ALHAMROUNI I, AZHAN N H. A CRITIC-TOPSIS multi-criteria decision-making approach for optimum site selection for solar PV farm[J]. Energies, 2023, 16(10): 4245.
- [4] WU Y, DENG Z, TAO Y, et al. Site selection decision framework for photovoltaic hydrogen production project using BWM-CRITIC-MABAC: a case study in Zhangjiakou [J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 324: 129233.
- [5] AZMI R, AMAR H, CHENAL J, et al. Decision analysis related to solar farm investments based on analysis hierarchical process and fuzzy AHP for sustainable energy production[J]. International Journal of Energy Research, 2022, 46(9): 11730-11755.
- [6] 张凌浩, 张明, 稽文路, 等. 基于灰色关联理论和BP神经网络的分布式光伏电站运维数据虚拟采集方法[J]. 电力建设, 2021, 42(1): 125-131.
- [7] 冯喜春, 张松岩, 朱天瞳, 等. 基于区间二型模糊多属性决策方法的大规模储能选型分析[J]. 高电压技术, 2021, 47(11): 4123-4136.
- [8] 孙勇, 陈响响. 屋顶分布式光伏项目投资评价探究——基于TRWL项目投资案例[J]. 财务管理研究, 2024(7): 38-43.
- [9] 慈铁军, 赵占占, 任行健, 等. 基于G1序关系分析法的光伏瓦片发电系统综合效益评价[J]. 电力科学与工程, 2023, 39(6): 48-54.
- [10] 左林霄, 高鹏, 冯栋, 等. 基于AHP-熵权法耦合方法的地质构造复杂程度定量评价[J]. 煤炭科学技术, 2022, 50(11): 140-149.
- [11] 董鹏宇, 王红卫, 陈游. 基于博弈论的GRA-TOPSIS辐射源威胁评估方法[J]. 北京航空航天大学学报, 2020, 46(10): 1973-1981.
- [12] 范勇峰, 李轲, 王军平, 等. 基于CRITIC-TOPSIS法地铁车站基坑开挖施工安全风险评估: 以济南地铁9号线开源路站为例[J]. 科技和产业, 2024, 24(5): 239-245.
- [13] 袁永博, 刘丽霞, 张明媛. DEA/TOPSIS模型在建筑材料供应商选择中的应用[J]. 土木工程与管理学报, 2016, 33(1): 7-11.

Evaluation of Multi-attribute Investment Decision Making for Photovoltaic Projects Based on Portfolio Empowerment-TOPSIS Modeling

WU Lang, HE Xiang

(College of Architectural and Civil Engineering, Jiangxi Science and Technology Normal University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In order to make enterprises more scientific and comprehensive when choosing photovoltaic investment projects, a comprehensive investment evaluation index system was established from the environment, economy and risk and a combination of empowerment-TOPSIS model investment decision-making method for photovoltaic projects was proposed. Game theory is used to combine the subjective and objective weights calculated by the order relationship analysis method and entropy weighting method, which take into account the subjective judgment of experts and also integrates the results of objective data analysis to make the decision more comprehensive and scientific. In the investment decision-making stage, TOPSIS is adopted to calculate the overall degree of superiority, and the alternative projects are ranked in order of superiority and inferiority, so as to select the optimal investment object. Finally, the applicability and feasibility of the model are verified with examples, a theoretical basis is provided for the sustainable development of the photovoltaic industry.

Keywords: G1 method; game theory; multi-attribute decision making; investment decision making; photovoltaic projects