

风电项目可持续发展能力评价研究

朱国栋

(华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206)

摘要:对风电项目可持续发展能力进行了研究,从风资源、风电消纳、运行状况、财务状况四个方面考虑建立评价指标体系,在此基础上运用灰色关联度 TOPSIS 法构建了风电项目可持续发展能力评价模型,最后选取了五个风电项目进行了算例分析。建立的基于灰色关联度 TOPSIS 法的风电项目可持续发展能力评价模型,不仅能帮助风电企业制定发展规划,也能为政府等部门制定相关政策提供一些理论支持。

关键词:风电项目;可持续发展能力评价;灰色关联度 TOPSIS 法

中图分类号:F403.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2017)10-0109-04

随着对低碳减排、改善能源结构等需求的日益迫切,我国已将大力开发可再生能源作为能源发展战略的重要组成部分^[1]。在这一形势下,风电产业迅猛发展,装机容量已经位居世界第一,但由于弃风限电等原因,导致风电在全国电源结构中的比例仍然较低。目前,我国的弃风率居高不下,尤其是三北地区投产的风电规模仍在不断增长,但本地电力需求不足、送出能力受限,从而使得风电消纳形势更加严峻^[2]。因此,我们迫切需要一个综合考虑多方面因素的风电项目可持续发展能力评价模型,以科学评价风电项目的运行状况及其可持续发展水平,为政府、企业制定风电发展决策提供借鉴和参考。

1 指标体系构建

风电项目可持续发展能力受到风资源状况、技术水平、运行状况、电力市场等多种因素的影响,而指标体系作为一个有机整体,应从不同角度客观、真实地反映出风电项目的可持续发展能力^[3]。因此,在构建风电项目可持续发展能力评价指标体系时,要遵循科学性、系统性、层次性等原则。本文从风资源状况、风电消纳状况、运行状况、财务状况四个方面总共选取了 16 个指标,具体如表 1 所示^[4]。这些指标按性质可以划分为两大类,一类是定量指标,一类是定性指标。对于定量指标按其定义,根据基础数据计算出指标值;对于定性指标,首先给这些指标以明确定义,再根据定义和实际情况,按高、较高、一般、较低、低划分为五个等级,分别规定相应的评分值,通过专家打分

给评价对象,做出评价,以此作为该指标的指标值。

表 1 风电项目可持续发展能力评价指标体系

目标	一级指标	二级指标
风电项目 可持续发 展能力评价	风资源状况(X1)	风功率密度(X11)
		平均风速(X12)
		湍流强度(X13)
	风电消纳状况(X2)	地区用电负荷(X21)
		地区用电量增长率(X22)
		风电限电情况(X23)
		调峰电源情况(X24)
		电网输电能力(X25)
	运行状况(X3)	风机技术先进性(X31)
		售电量(X32)
		设备故障损坏率(X33)
		风电调度运行水平(X34)
		安全事故数(X35)
	财务状况(X4)	资产负债率(X41)
		净资产收益率(X42)
		总资产增值率(X43)

2 风电项目可持续发展能力评价模型构建

2.1 评价指标预处理

本文选用归一化处理法对指标进行无量纲化处理。

归一化处理法的计算原理如下:

收稿日期:2017-06-05

作者简介:朱国栋(1992—),男,山西闻喜人,华北电力大学经济与管理学院,硕士生,研究方向:电力技术经济评价及预测。

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (1)$$

从原理上来看,归一化方法是线性比例法的一种特例,要求 $\sum_{i=1}^n x_{ij} > 0$, 当 $x_{ij} > 0$ 时, $x_{ij}^* \in (0, 1)$, 无固定的最大最小值, 且 $\sum_i x_{ij}^* = 1$ 。

2.2 确定指标权重

本文采用熵值法确定指标权重,熵值法是根据各指标信息量的大小来确定指标权重的方法^[5-6]。具体计算步骤如下:

1) 计算第 j 项指标下,第 i 个系统的特征比重或贡献度。

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (2)$$

式中: p_{ij} 表示第 j 个指标属性下,第 i 个方案的贡献度。

2) 计算第 j 项指标的熵值 e_j 。

熵值 e_j 表示所有方案对第 j 个指标的贡献总量。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (3)$$

其中,常数 k 一般取 $k = 1/\ln n$, 这样能保证 $0 \leq e \leq 1$ 。当某个指标属性下各个方案的贡献度趋于一致时, e_j 趋于 1。由于贡献度趋于一致,说明该指标属性在决策时不起作用,特别是当全相等时,可以不考虑该目标的属性,既可以认为该目标属性的权重为 0。

3) 计算指标 x_j 的差异性系数 g_j 。

差异性系数 g_j 表示第 j 个指标下各方案贡献度的不一致性程度,由式确定。

$$g_j = 1 - e_j \quad (4)$$

显然, g_j 越大,越重视该项指标的作用。

4) 确定权重系数。

权重系数 ω_j 为经归一化后的权重系数,由下式确定。

$$\omega_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (5)$$

2.3 建立评价模型

本文选用灰色关联度 TOPSIS 法评价风电项目可持续发展能力。理想解 TOPSIS 方法是基于原始数据,能充分利用原始信息,真实反映各备选方案之间的差距,客观评价真实情况,具有真实、客观等优点。将灰色关联度法引入 TOPSIS 法,所形成的灰色关联度 TOPSIS 法与现有的理想解 TOPSIS 法相比,

既能对备选方案进行整体评判,又能反映备选方案内部各因素变化趋势与理想方案之间的区别,是一种更为有效的综合评价方法^[7-8]。

1) 传统理想解 TOPSIS 法。

首先,计算加权标准化矩阵,加权标准化矩阵为:

$$X = (\omega_j y_{ij})_{m \times n} \quad (6)$$

其中, ω_j 为权重系数, y_{ij} 为归一化后的标准矩阵。

其次,确定正负理想解。

$$X_0^+ = \{(\max x_i(j) | j \in J^+) \}, \quad (\min x_i(j) | j \in J^-) \} \quad (7)$$

$$X_0^- = \{(\max x_i(j) | j \in J^-) \}, \quad (\min x_i(j) | j \in J^+) \} \quad (8)$$

2) 运用灰色关联度对 TOPSIS 法进行改进。

首先,计算各方案与理想解灰色关联系数与灰色关联度。各方案与正理想解灰色关联系数计算公式为:

$$e_{ij} = \frac{[\min_i \min_j |x_0^+(j) - x_i(j)| + \zeta \max_i \max_j |x_0^+(j) - x_i(j)|]}{|x_0^+(j) - x_i(j)| + \zeta \max_i \max_j |x_0^+(j) - x_i(j)|} \quad (9)$$

其中, ζ 为分辨系数,一般取值 0.5。则各方案与正理想解的灰色关联度为:

$$E_i^+ = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e_{ij}^+ \quad (10)$$

计算各方案与负理想解灰色关联系数的方法与正理想解类似,各方案与负理想解的灰色关联度为:

$$E_i^- = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e_{ij}^- \quad (11)$$

最后,计算相对贴进度,一般相对贴进度越大越好。

$$C_i = \frac{E_i^-}{E_i^+ + E_i^-} \quad (12)$$

3 算例分析

现以风资源较丰富地区的五个风电项目 A1、A2、A3、A4、A5(2016 年)为例进行风电项目可持续发展能力评价研究,为政府、风电企业等部门提供决策依据。首先对收集到的相关数据进行整理分析,根据归一化处理的结果,采用熵值法确定指标权重:

$$W = [0.065, 0.066, 0.068, 0.064, 0.074, 0.062, 0.069, 0.073, 0.076, 0.068, 0.059, 0.058, 0.049, 0.055, 0.057, 0.037]$$

进而可得加权标准化矩阵,如表 2 所示。

表 2 加权标准化矩阵

	A1	A2	A3	A4	A5
X11	0.012 9	0.011 3	0.014 6	0.014 1	0.012 1
X12	0.014 0	0.011 2	0.014 4	0.013 5	0.012 9
X13	0.014 5	0.013 4	0.013 2	0.013 9	0.013 0
X21	0.013 0	0.011 9	0.015 2	0.011 1	0.012 8
X22	0.013 7	0.016 6	0.013 3	0.014 7	0.015 7
X23	0.011 6	0.013 9	0.011 4	0.012 0	0.013 1
X24	0.013 5	0.011 3	0.015 3	0.012 4	0.016 5
X25	0.013 1	0.012 1	0.014 5	0.017 3	0.016 1
X31	0.016 6	0.015 2	0.017 9	0.013 7	0.012 6
X32	0.013 6	0.011 0	0.012 6	0.014 6	0.016 2
X33	0.011 5	0.009 9	0.013 2	0.010 5	0.014 0
X34	0.013 5	0.011 8	0.011 1	0.008 4	0.013 2
X35	0.010 6	0.008 0	0.008 8	0.010 4	0.011 1
X41	0.012 2	0.010 9	0.009 7	0.013 3	0.008 8
X42	0.011 2	0.012 6	0.009 3	0.013 0	0.010 9
X43	0.006 5	0.007 8	0.007 1	0.008 3	0.007 3

由加权标准化决策矩阵可得正理想解和负理想解为：

$E^+=[0.0146,0.0144,0.0145,0.0152,0.0166,0.0139,0.0165,0.0173,0.0179,0.0162,0.0140,0.0135,0.0111,0.0133,0.0130,0.0083]$

$E^-=[0.0113,0.0112,0.0130,0.0111,0.0133,0.0114,0.0113,0.0121,0.0126,0.0110,0.0099,0.0084,0.0080,0.0088,0.0093,0.0065]$

计算五个风电项目与正理想解灰色关联系数矩阵,如表 3 所示。

表 3 各个项目与正理想解灰色关联系数矩阵

	A1	A2	A3	A4	A5
X11	0.500 0	0.333 3	1.000 0	0.769 2	0.400 0
X12	0.826 1	0.333 3	1.000 0	0.655 2	0.513 5
X13	1.000 0	0.400 0	0.363 6	0.571 4	0.333 3
X21	0.487 2	0.387 8	1.000 0	0.333 3	0.463 4
X22	0.361 7	1.000 0	0.333 3	0.459 5	0.629 6
X23	0.351 4	1.000 0	0.333 3	0.393 9	0.619 0
X24	0.469 4	0.333 3	0.697 0	0.389 8	1.000 0
X25	0.382 4	0.333 3	0.481 5	1.000 0	0.684 2
X31	0.675 7	0.490 2	1.000 0	0.384 6	0.333 3
X32	0.500 0	0.333 3	0.419 4	0.619 0	1.000 0
X33	0.446 8	0.333 3	0.724 1	0.368 4	1.000 0
X34	1.000 0	0.600 0	0.517 2	0.333 3	0.882 4
X35	0.757 6	0.333 3	0.396 8	0.675 7	1.000 0
X41	0.681 8	0.483 9	0.384 6	1.000 0	0.333 3
X42	0.500 0	0.800 0	0.333 3	1.000 0	0.461 5
X43	0.333 3	0.666 7	0.421 1	1.000 0	0.470 6

则各个项目与正理想解的灰色关联度为：

$E^+=[0.5796,0.5101,0.5878,0.6221,0.6328]$

同理可得出各个项目与负理想解的灰色关联度为：

$E^-=[0.5440,0.7035,0.5958,0.5494,0.5428]$

那么,各个项目的相对贴进度为：

$C=[0.4842,0.5797,0.5034,0.4690,0.4618]$

根据相对贴进度大小对五个风电项目可持续发展能力进行排序,排序结果如表 4 所示。

表 4 灰色关联度 Topsis 法评价结果

风电项目	相对贴进度	排序
A1	0.484 2	3
A2	0.579 7	1
A3	0.503 4	2
A4	0.469 0	4
A5	0.461 8	5

4 结论

本文综合运用灰色关联度 TOPSIS 法进行风电项目可持续发展能力评价,并选取 A1、A2、A3、A4、A5 五个风电项目进行算例分析,从测算结果可以看出,A2 风电项目的可持续发展能力在这五个中是最好的,之后依次为 A3、A1、A4、A5。A2 风电项目的可持续发展能力之所以优于其他四个风电项目,主要由于 A2 风电项目的风电消纳状况较好,包括地区用电量增长率、限电情况等都表现较好,而且 A2 风电项目的风资源状况、整体运营情况虽然表现不是最好但均保持在平均水平以上。另一方面,风电的并网消纳问题仍然在很大程度上影响着风电项目的可持续发展能力,如何解决风电的并网消纳问题、减少弃风弃电将是当前亟需研究的课题。

参考文献

[1] 李萌. 中国低碳经济中可再生能源持续发展问题研究[J]. 华中科技大学学报:社会科学版,2010,24(4):91—94.

[2] 张运洲,胡泊.“三北”地区风电开发、输送及消纳研究[J]. 中国电力,2012,45(9):6—11.

[3] 王晗. 风电项目可持续性评价研究[D]. 南昌:南昌大学,2015.

[4] 盖起磊. 风电项目经济运行影响因素与结构模型分析[J]. 自然科学:文摘版,2015(10):00053—00053.

[5] 何永秀. 电力综合评价方法及应用[M]. 北京:中国电力出版社,2011.

[6] 王道平,王煦. 基于 AHP/熵值法的钢铁企业绿色供应商选择指标权重研究[J]. 软科学,2010,24(8):117—122.

[7] 李彦斌,于心怡,王致杰. 采用灰色关联度与 TOPSIS 法的光伏发电项目风险评价研究[J]. 电网技术,2013,37(6):1514—1519.

[8] 丁士,王致杰,薛松,等. 基于灰色关联度 TOPSIS 法的市级
供电企业安全投入产出效果评价[J]. 水电能源科学,2013
(4):222—225.

Study on Evaluation of Sustainable Development Capacity of Wind Power Project

ZHU Guo-dong

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

Abstract: This paper studies the sustainable development capability of wind power project, and establishes the evaluation index system from four aspects: wind resources, wind power accommodation, operation status and financial status. On this basis, the gray correlation analysis and topsis method are used to construct the evaluation model of wind power project sustainable development capacity, and finally five wind power projects were selected for case analysis. This paper established the evaluation model of sustainable development capacity of wind power project based on gray correlation analysis and topsis method, can not only help the wind power enterprises to formulate the development plan, but also can provide some theoretical support for government and other departments to formulate relevant policies.

Key words: wind power project;evaluation on sustainable development capacity;gray correlation analysis and topsis method

(上接第 104 页)

[2] 王朝. 机场行李处理系统与航站楼旅客流程关系的研究[J].
科技视界,2013(6):5.37.
[3] 孟玉新. 重庆机场服务流程再造[D]. 重庆:重庆大学,2005.
[4] 机场航班运行保障标准[S]. 中国民航局,2013.
[5] 刘小晶. AOE 网的关键路径求解算法改进及其应用[J]. 计算机系统应用,2006(9):47—49.53.
[6] WONG K F,LOW B T. A workflow model for chinese business processes[J]. International of Computer Processing of Oriental Languages,2001,14(3):233—258.
[7] 陶泽,谢里阳,袁锋. 受时间约束的工作流关键路径的确定[J]. 计算机工程与应用,2004(29):21—23.
[8] 严蔚敏,吴伟民. 数据结构[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
[9] 魏云. 多跑道机场的场面调度优化问题研究[D]. 天津:中国民航大学,2016.

The Study of Starting Flights Running Process Control

YANG Lu-lu, ZHANG Hao, DI Ya-ping

(Airport Engineering and Transportation Management School,
Civil Aviation Flight University of China,Guanghan Sichuan 618307,China)

Abstract: During the actual operation, it is discovered that low starting flights punctuality rate will directly affect all-day flight normality. According to whether the cabin door is closed,the paper divided the flight process into two parts:”before the cabin door closed”and”after the cabin door closed” so that it can help to analyses the starting flights process control. The paper’s first part introduces three processes of “before the door closed”and the runway choosing problem of”after the door closed”. The second part puts forward AOE critical path method to resolve optimization and controlling strategies of “before the door closed”. Finally,this paper discusses the runway choosing problem to make sure the aircraft could leave the airport as soon as possible after the cabin door is closed.

Key words: starting flights;process control;AOE critical path;runway assignment