

文章编号: 1006-4710(2011)02-0234-05

基于模糊多层次综合评价的风电建设项目社会评价

闫建文¹, 徐传召¹, 文位忠²

(1. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048;

2. 中电投宁夏青铜峡能源铝业集团有限公司, 宁夏 银川 750002)

摘要: 根据风电建设项目自身的特点运用模糊数学的理论和方法, 建立风电建设项目社会评价的模糊多层次综合评价模型, 建立风电建设项目社会评价的指标体系。运用 AHP 的基本思想, 创造性的使其与模糊多层次综合评价模型中指标分层思想相结合, 对指标分层, 确定各指标权重。最后, 运用该模型对某风电建设项目进行社会评价, 验证其实用性, 为项目的投资决策和资本运作提供科学的依据。

关键词: 风电建设项目; 模糊多层次综合评价; 社会评价指标

中图分类号: TK89

文献标志码: A

Social Evaluation of Wind Power Construction Project Based on Fuzzy Multitier Comprehensive Assessment

YAN Jianwen¹, XU Chuanzhao¹, WEN Weizhong²

(1. Faculty of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. China Power Investment Corporation Ningxia Qingtongxia Energy Aluminum Group Co., LTD, Yinchuan 750002, China)

Abstract: Based on wind power construction project's own characteristics and using fuzzy math's theory and method, fuzzy multi-tier comprehensive assessment model concerning social evaluation of wind power construction project and index system of social evaluation of wind power construction project are established. Using basic philosophy of AHP can creatively combine the basic philosophy with index tier in the fuzzy multi-tier comprehensive model so that index can be ranked and judge each index's importance. Finally, this model is used to carry out social assessment of some wind-power construction projects and to test its practicality, whereby providing the scientific basis for the project investment decision-taking and capital operation.

Key words: wind power construction project; Fuzzy multi-tier comprehensive assessment; social evaluation index

风电作为新兴的能源随着风力发电技术的日益成熟、风力发电成本的持续下降和国家政策的支持, 其发展速度越来越快。风电建设项目社会评价的研究方向从最初的单因素、单目标、定性评价到现在的多因素、多目标、定量评价, 其目的都是建立更有效、更准确的评价方法。目前, 国内外的许多研究人员已经对风电建设项目社会评价的相关方面进行了广泛而深入的研究^[1-3], 这些研究对风电建设项目社会评价的发展有着十分重要的指导和借鉴意义。但

总体来看风电建设项目的社会评价还没有形成统一的有权威的评价方法。

本研究结合我国风力发电产业的实际情况, 建立风力发电建设项目社会评价指标体系, 运用模糊数学的理论与方法, 建立风电建设项目社会评价的模糊多层次综合评价模型, 用综合模糊理论与层次分析法理论确定评价指标的权重, 成功对评价指标进行量化, 很好的解决了社会评价难以量化的问题, 建立了一套简单、准确、可行的风电建设项目社会评

收稿日期: 2010-12-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10872162)。

作者简介: 闫建文(1967-), 男, 陕西兴平人, 讲师, 研究方向为水利水电及新能源。E-mail: ynjnwn@xaut.edu.cn。

价方法。

1 模糊多层次综合评价模型

由于对复杂事物的评判要涉及的因素往往很多,对每个因素都要赋予一定的权数,故当因素很多时必然存在两种问题,即:权数难以恰当分配、得不到有意义的评判结果。因而模糊多层次综合评价是解决这些问题较好的方法。

模糊多层次综合评价的步骤为:

1) 因素分类

将因素集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 按某种属性分为 s 类,即:

$$U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{in_i}\}, i = 1, 2, \dots, s \quad (s \in N)$$

它们满足条件:

- ① $n_1 + n_2 + \dots + n_s = n$;
- ② $U_1 \cup U_2 \cup \dots \cup U_s = U$;
- ③ $(\forall i, j) (i \neq j \Rightarrow U_i \cap U_j = \phi)$ 。

2) 建立评判集,即:

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_p\} \quad (p \in N)$$

3) 建立权重集

① 因素类权重集

设第 i 类因素 U_i 的权数为 $a_i (i = 1, 2, \dots, s)$, 则因素类权重集为 $A = (a_1, a_2, \dots, a_s)$ 。

② 因素权重集

设第 i 类因素中的第 j 个因素 U_{ij} 的权数为 a_{ij} , 则因素权重集为:

$$A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in_i}), i = 1, 2, \dots, s$$

4) 一级综合评判

对每一类的各个因素进行综合评判。设一级 Fuzzy 综合评判的单因素评判矩阵为:

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{11}^{(i)} & r_{12}^{(i)} & \dots & r_{1p}^{(i)} \\ r_{21}^{(i)} & r_{22}^{(i)} & \dots & r_{2p}^{(i)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n_i1}^{(i)} & r_{n_i2}^{(i)} & \dots & r_{n_ip}^{(i)} \end{bmatrix}$$

第 i 类因素的 Fuzzy 综合评判为:

$$B_i = A_i \circ_T R_i =$$

$$(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in_i}) \circ_T \begin{bmatrix} r_{11}^{(i)} & r_{12}^{(i)} & \dots & r_{1p}^{(i)} \\ r_{21}^{(i)} & r_{22}^{(i)} & \dots & r_{2p}^{(i)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n_i1}^{(i)} & r_{n_i2}^{(i)} & \dots & r_{n_ip}^{(i)} \end{bmatrix} =$$

$$(b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{ip})$$

5) 二级综合评判

二级 Fuzzy 综合评判的单因素评判矩阵应为一

级 Fuzzy 综合评判矩阵,即:

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \circ_T R_1 \\ A_2 \circ_T R_2 \\ \vdots \\ A_s \circ_T R_s \end{bmatrix}$$

于是二级 Fuzzy 综合评判为:

$$B = A \circ_T R = A \circ_T \begin{bmatrix} A_1 \circ_T R_1 \\ A_2 \circ_T R_2 \\ \vdots \\ A_s \circ_T R_s \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_p)$$

如果有的子因素 U_i 仍含有较多的因素,可将 U_i 再划分,于是有三级模型,自然也就有更多级模型^[4]。

2 风电建设项目社会评价指标体系

风电建设项目社会评价指标体系是指用于风电建设部门的一系列互相联系、互相补充的社会评价指标的综合。建立风电建设项目社会评价指标体系是进行模糊多层次综合评价的基础。建立风电建设项目社会评价指标体系可以分为三个阶段:初始确定阶段、专家进行评定阶段及最终确定阶段。

1) 社会经济指标

环境污染指标。因为风力发电项目是利用风能这一清洁能源,几乎不排放二氧化碳、二氧化硫等环境有害气体,同时相对于火电来说也没有灰渣的产生。风电建设项目几乎不造成任何环境污染,对减少环境污染的贡献是十分巨大的。并且对于风电建设项目来说,可以进行节能减排量化,申请 CDM(清洁发展机制)项目,为风电建设项目带来可观的经济效益。

土地效益指标。风电建设项目的选址一般都是在风能资源非常丰富的地区,这些地区大都处在偏远的山区或者海岸线的附近,这些地区的土地利用率先往很低。风电项目的建设将促进这些地区的基础设施建设和风电的维护以及其它相关产业的区域聚集。最终促进该地区的相关设施建设,带来该地区的土地增值,并转化为社会效益。

就业指标。风电项目的建设可以带来很多就业机会,主要集中在如下几个方面:风电设备以及风电相关设备的制造方面、风电场的建造以及设备的安装方面、风力发电场的运行和维护方面。其中大约 2/3 的就业机会来自风电设备以及风电相关设备的制造领域,如风力发电机、风机叶片、塔架和零部件等。其他的就业机会来自风机系统的研发、运输、安

装、运行和维护等方面。

区域经济指标。风能资源比较丰富的地区大多自然条件差,经济基础薄弱,发展限制条件较多,风电项目的建设以及运行可以帮助当地群众脱贫致富,为当地的经济发展带来活力。而且一个风电项目的建设往往涉及到很多的行业,从风电建设项目的设计到风电相关设备制造、设备维护以及土木工程等基础设施建设等,无不带来可观的经济效益。而这些相关产业的发展会带来区域发展效应,从而促进当地经济的繁荣。

2) 社会环境指标

节能指标。风电项目是依靠风力发电,相对于传统的火力发电来说,最大的优点是不再使用煤、天然气等不可再生资源。对于一座装机容量为 500 MW 的火电厂,如果年发电时间 6 000 h,则年发电量约为 3×10^{10} kWh。取煤耗 $0.32 \text{ kg} \cdot \text{kWh}^{-1}$,则年耗煤量约为 $9.6 \times 10^5 \text{ t}^{[5]}$ 。在当今这个能源较为匮乏的时代,风能作为可再生能源替代传统的不可再生能源,对于可持续发展以及能源的节约有着非常重要的作用。

噪声指标。风电机在运行时会产生噪声,影响噪声强度的两个主要因素是风机机型及塔架设计。通过对叶片的合理设计与制造,能够有效降低气动噪音。风电机产生的噪音可以用声音功率水平来表示,单台风电机的声音功率水平通常在 90 ~ 100 dB(A),根据现场实测,850 kW 风电机组达到 45 dB(A)(1 类区夜间噪声标准)的距离约为 350 m。1 500 kW 风电机组达到 45 dB(A)的距离约为 380 m,远处以低频噪声为主^[6]。

视觉景观影响指标。风力机桨叶转动时所产生的阴影晃动是一种视觉污染,光影可使人产生心烦、眩晕的症状。但也有研究表明,在荒漠戈壁上点缀外观美丽的风力机,可以增加视觉美感使戈壁显得更加生动。

辐射与干扰指标。风力发电机组可能产生的电磁辐射与干扰是一个潜在的环境问题。电视信号、无线电导航系统以及微波传输等都可能因为风电机叶片的转动造成不良影响。

3) 生态环境指标

鸟类影响指标。大型风力发电机安装对环境的影响要考虑的主要问题之一就是它们可能对鸟类造成的危害,特别是对夜间迁徙的候鸟^[7]。

生态植被影响指标。风电项目的建设要占用大量的土地面积。而且在风电项目建设中风机基座、塔架基座及道路建设和施工都会对土壤及植被造成

一定的破坏。

3 风电建设项目社会评价指标权重确定

对风电建设项目进行模糊层次综合评价,指标权重的确定是关键步骤之一。所谓确定指标权重就是对各指标的重要性进行评价,指标越重要其权重就越大。反之,则越小。由于本文对风电建设项目社会效益的评价采用模糊多层次评价,即在建立指标体系时已经对指标建立了层次结构。指标权重由专家估测结合定量分析与层次分析法中的层次单排序相结合确定。通过建立风电建设项目社会评价指标体系,可得到风电建设项目社会评价指标层次表(见表 1)。

表 1 风电建设项目社会评价指标层次表

Tab. 1 Wind power construction project level form of social evaluation	
社会评价指标	
二级指标	一级指标
社会经济 U_1	环境污染指标 u_{11}
	土地效益指标 u_{12}
	就业指标 u_{13}
	区域经济指标 u_{14}
社会环境 U_2	节能指标 u_{21}
	噪声指标 u_{22}
	视觉景观影响指标 u_{23}
	辐射与干扰指标 u_{24}
生态环境 U_3	鸟类的影响指标 u_{31}
	植被影响指标 u_{32}

1) 确定二级指标权重

确定风电建设项目社会效益评价二级指标要素的判断矩阵 P 为:

P	U_1	U_2	U_3
U_1	1	1	9
U_2	1	1	9
U_3	1/9	1/9	1

$$V_1 = \sqrt[3]{9} = 2.08$$
$$w_1 = 2.08/4.391 = 0.4737$$
$$V_2 = \sqrt[3]{9} = 2.08$$
$$w_2 = 2.08/4.391 = 0.4737$$
$$V_3 = \sqrt[3]{0.01232} = 0.231$$
$$w_3 = 0.231/4.391 = 0.0526$$
$$\sum V_i = 4.391$$

2) 确定一级指标权重

① 社会经济指标

C_1	u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{14}
u_{11}	1	9	9	9/5
u_{12}	1/9	1	1	1/5
u_{13}	1/9	1	1	1/5
u_{14}	5/9	5	5	1

$V_1 = \sqrt[4]{145.8} = 3.475$
 $w_1 = 3.475/6.178 = 0.5625$
 $V_2 = \sqrt[4]{0.0222} = 0.386$
 $w_2 = 0.386/6.178 = 0.0625$
 $V_3 = \sqrt[4]{0.0222} = 0.386$
 $w_3 = 0.386/6.178 = 0.0625$
 $V_4 = \sqrt[4]{13.9} = 1.931$
 $w_4 = 1.931/6.178 = 0.3125$
 $\sum V_i = 6.178$

② 社会环境指标

C_2	u_{21}	u_{22}	u_{23}	u_{24}
u_{21}	1	3	9	9
u_{22}	1/3	1	3	3
u_{23}	1/9	1/3	1	1
u_{24}	1/9	1/3	1	1

$V_1 = \sqrt[4]{243} = 3.948$
 $w_1 = 3.948/6.14 = 0.643$
 $V_2 = \sqrt[4]{3} = 1.316$
 $w_2 = 1.316/6.14 = 0.2144$
 $V_3 = \sqrt[4]{0.037} = 0.438$
 $w_3 = 0.438/6.14 = 0.0713$
 $V_4 = \sqrt[4]{0.037} = 0.438$
 $w_4 = 0.0713$
 $\sum V_i = 6.14$

③ 生态环境指标

C_3	u_{31}	u_{32}
u_{31}	1	1
u_{32}	1	1

$V_1 = 1$
 $w_1 = 1/2 = 0.5$
 $V_2 = 1$
 $w_2 = 1/2 = 0.5$
 $\sum V_i = 2$

对于上述判断矩阵,其最大特征值 $\lambda_{\max}$ 均等于

n ,故检验数 C_l 均为 0,不需要再进行一致性检验。

4 实例分析

某风电场场址区海拔高度在 1 900 ~ 1 970 m 之间,为低山丘陵地貌,梁沟发育,山顶场地较为开阔,地形起伏较大,对外交通较为便利。风电场场址周围区域内居民相对较少,风电场风电机组运行噪声对附近居民生活的干扰较小。风力发电具有较高的自动化运行水平,风电场运行和管理人员较少,生活废水经集中处理达到排放标准后再进行排放,对环境不会产生不利影响。由于本风电场安装了机型、转速、色彩相同的风电机组,工程建成后可为当地旅游事业的开发提供新的景观。

4.1 各单因素(评价指标)隶属度的确定

有很多方法确定评价指标的隶属度,如德尔菲法,最大、最小函数法等^[8]。就本工程来说,不太容易确定定量评价指标的优劣标准,并且存在较多的定性指标,于是采用模糊统计与德尔菲法相结合来确定指标的隶属度。

首先,由涉及风电项目建设各个社会评价指标方面的专家组成专家组,通过专家打分来确定风电建设项目社会评价指标的隶属度。在本研究建立的风电建设项目社会评价标准的基础上,建立风电建设项目社会评价的评价集 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{\text{好,较好,一般,较差,差}\}$ 。最后,通过各位专家对所有二级指标进行的评定,采用模糊统计的方法,统计计算出所有项评价指标的隶属度。

表2 社会评价指标隶属度评定表
Tab.2 Evaluation of social evaluation index membership list

指标隶属度评定	隶属度				
	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
减排 u_{11}	0.9	0.1	0	0	0
土地增值 u_{12}	0.7	0.2	0.1	0	0
促进就业 u_{13}	0.1	0.2	0.6	0.1	0
区域经济 u_{14}	0.5	0.3	0.2	0	0
节能 u_{21}	0.9	0.1	0	0	0
噪音污染 u_{22}	0	0	0.8	0.2	0
视觉景观 u_{23}	0	0.3	0.6	0.1	0
辐射与干扰 u_{24}	0	0	0.5	0.5	0
鸟类影响 u_{31}	0	0	0.5	0.3	0.2
植被破坏 u_{32}	0.1	0.5	0.4	0	0

4.2 进行模糊多层次综合评价

1) 三类因素集

$U_1 = \{u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}\}$
 $U_2 = \{u_{21}, u_{22}, u_{23}, u_{24}\}$

$U_3 = \{u_{31}, u_{32}\}$

它们所对应的单因素评判矩阵为： R_1 、 R_2 、 R_3 。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.6 & 0.1 & 0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.8 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.1 & 0.5 & 0.4 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2) U_1 、 U_2 、 U_3 各自的权重分配为：

$A_1 = (0.562\ 5, 0.062\ 5, 0.062\ 5, 0.312\ 5)$

$A_2 = (0.643, 0.214\ 4, 0.071\ 3, 0.071\ 3)$

$A_3 = (0.5, 0.5)$

3) 综合评判

首先进行一级综合评判。

使用加权平均模型,模糊综合评价为：

$$B_1 = A_1 \times R_1 = (0.712\ 5, 0.175, 0.106\ 25, 0.006\ 25, 0)$$

$$B_2 = A_2 \times R_2 = (0.578\ 7, 0.085\ 69, 0.249\ 95, 0.085\ 66, 0)$$

$$B_3 = A_3 \times R_3 = (0.05, 0.25, 0.45, 0.15, 0.1)$$

由此得到二级单因素评判矩阵：

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.712\ 5 & 0.175 & 0.106\ 25 & 0.006\ 25 & 0 \\ 0.578\ 7 & 0.085\ 69 & 0.249\ 95 & 0.085\ 66 & 0 \\ 0.05 & 0.25 & 0.45 & 0.15 & 0.1 \end{bmatrix}$$

U_1 、 U_2 、 U_3 的权重分配为：

$A = (0.473\ 7, 0.473\ 7, 0.052\ 6)$

由此得到二级综合评判为：

$$B = A \times R = (0.614\ 3, 0.136\ 6, 0.192\ 4, 0.051\ 4, 0.005\ 3)$$

4.3 社会评价

通过以上的计算,该风电项目“好”的隶属度为 0.614 3,“较好”的隶属度为 0.136 6,“一般”的隶属度为 0.192 4,“较差”的隶属度为 0.051 4,“差”的隶属的为 0.005 3。按最大隶属度原则,该风电建设项目的社会效益评价为好的隶属度远远大于其它隶属度,评价结果为好。以上对该风电建设项目的

社会效益评价可以为决策者的决策提供参考。需要注意的是,虽然多层次综合评价的结果用数字表示,但其评价结果并不具有数学意义上的精确性,而只能大体反映被评价对象的特点,其评价结果的准确与否并不是绝对的。

5 结 论

1) 结合我国风力发电产业发展的实际情况,建立了风力发电建设项目的社会评价指标体系；

2) 结合模糊数学的理论与方法,建立了风电建设项目社会评价的模糊多层次综合评价模型；

3) 采用定量与定性分析相结合,模糊数学理论与层次分析法理论相结合的方法确定了指标权重；

4) 结合实际工程对风电建设项目社会评价方法进行研究,对风电建设项目社会评价进行了一些有益探讨,提高该模型的实用价值,为决策者的决策提供可靠的依据。

参考文献：

[1] Torres S A C , Cloquell B V A, Darton R. Development and validation of a multicriteria indicator for the assessment of objective aesthetic impact of wind farms[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009, 13 (1) : 40-66.

[2] Munksgaard J, Larsen A. Socio-economic assessment of wind power—lessons from denmark [J]. Energy Policy, 1998, 26 (2) : 85-93.

[3] Kennedy S. Wind power planning: assessing long-term costs and benefits [J]. Energy Policy, 2005, 33 (13) : 1661-1675.

[4] 胡宝清. 模糊理论基础 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.

[5] 俞海森, 周海珠, 裴晓梅. 风力发电的环境价值与经济性分析[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2009, 37 (5) : 704-708.

Yu Haimiao, Zhou Haizhu, Pei Xiaomei. Environmental value and economic analysis of wind power[J]. Journal of Tongji University (Natural Sciences), 2009, 37 (5) : 704-708.

[6] 谷朝君. 风力发电项目主要环境问题及可能的解决对策 [J]. 环境保护科学, 2010, 36 (2) : 89-91.

Gu Zhaojun. Main environmental problems of wind power generation projects and the possible solution countermeasures[J]. Journal of Environment Protect Science, 2010, 36 (2) : 89-91.

[7] 卞兴中, 蒋志学. 风力发电场对鸟类迁徙的影响分析与对策[J]. 环境科学导刊. 2010, 29 (4) : 80-82.

Bian Xingzhong, Jiang Zhixue. Impact analysis and countermeasures of wind power plants on birds migration[J]. Journal of Environmental Science, 2010, 29 (4) : 80-82.

[8] 熊义杰. 运筹学教程 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.

(责任编辑 李虹燕)