DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2018.02.009

基于改进模糊物元法的电力自供区最优收购策略

张 刚[1]，李芳锋[1]，张江滨[1]，王永庆[2]，张靠社[1]，陈 斐[3]，刘福潮[4]

(1.西安理工大学 水利水电学院，陕西 西安 710048；2.国网陕西省电力公司电力科学研究院，陕西 西安 710048；3.国网陕西电力交易中心有限公司，陕西 西安 710048；4.国网甘肃省电力公司电力科学研究院，甘肃 兰州 730000)

摘要： 2015年新一轮电力体制改革背景下，为使电网公司在市场竞争中处于优势地位，选择优质电力自供区进行收购，保证存量市场十分重要。本文重点考虑影响电力自供区收购的因素，构建了电力自供区资产价值收购评价指标体系，利用信息熵赋权法确定资产价值收购评价指标权重，并在此基础上，对模糊物元法进行改进，提出一种基于改进模糊物元法的电力自供区客户价值评价模型。以某省8个自供区为例进行研究，结果表明，该方法可以客观有效的对自供区客户进行评价，提供最优收购策略，从而为电网公司资产收购提供参考和依据。

关键词： 电力自供区；资产价值；模糊物元法；信息熵；最优收购策略

中图分类号： TM715 **文献标志码：** A **文章编号：** 1006-4710(2018)02-0178-07

Optimal acquisition strategy for electricity self-supply area based on the improved fuzzy matter-element method

ZHANG Gang[1], LI Fangfeng[1], ZHANG Jiangbin[1], WANG Yongqing[2], ZHANG Kaoshe[1], CHEN Fei[3], LIU Fuchao[4]

(1. School of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China; 2. State Grid Shaanxi Electric Power Company, Shaanxi Electric Power Research Institute, Xi'an 710048, China; 3. State Grid Shaanxi Electric Power Trading Center Co., Ltd, Xi'an 710048, China; 4. State Grid Gansu Electric Power Company, Gansu Electric Power Research Institute, Lanzhou 730000, China)

Abstract: In the new round of power system reform in 2015, in order to enable grid companies to take a dominant position in the market competition, it is of importance to choose high-quality electricity acquired from the self-supplying area to ensure the stock market. This article focuses on the factors affecting the acquisition of electricity from the self-supplying area, builds the evaluation index system of assets acquisition from the power self-supplying area, and uses the information entropy method to determine the weight of the evaluation index of the assets value acquisition. Based on this, the fuzzy matter-element method is improved. This paper proposes a customer value evaluation model based on the improved fuzzy matter-element method. As for the province eight self-supplying area as an example application, the results show that this method can be the effective and objective evaluation on the supply area customers, and provides the best acquisition strategy, so as to present a reference and basis for the assets acquisition of power grid companies.

Key words: power self-supplying region; asset value; fuzzy matter method; information entropy; optimal acquisition strategy

20世纪末，为解决部分地区供电难的问题，我国鼓励当地政府自建发电企业[1-2]，以满足当地的用电需求，自供区由此产生。2015年3月，随着新一轮电力体制改革的正式开启(以下简称新电改)，电力市场主体发生变化，配售电公司与电力交易中心登上电力交易的舞台，新电改实施以后，电流输送变为两条线路：①电能从发电企业出发，通过电网企业的输电网络与配电网络，进行电能输送，最终到达用户；②电能从发电企业出发，通过电网企业的输电网络，再通过有配电运营权的售电公司的配电网路，最

收稿日期： 2017-12-08

基金项目： 国家自然科学基金资助项目(51507141)

作者简介： 张刚，男，讲师，博士，研究方向为电力市场。E-mail:zhanggang3463003@163.com

终到达用户。由此可见，电网与配售电公司存在着明显的竞争关系，为保证电网公司的存量市场不流失，迫切需要对已有的电力自供区进行收购。

目前，国内关于新电改的研究主要集中在配售电侧，需要通过研究国外售电侧市场化改革以及总结国外市场化改革运行经验，得出对于中国售电侧放开的建议以及售电公司的购售电策略[3]。对于目前电力自供区收购问题，国内外研究较少。近年来，部分电网企业虽然根据国家有关规定，对电力自供区进行了资产收购[4-5]，例如，山东电力集团公司收购了费县电厂、鲁北电厂、黄岛三期、日照电厂、邹县电厂四期等五个电源项目配套送出工程，但由于不同地区、不同电厂之间存在明显差别，在收购进程中存在许多问题，经济性是其主要影响因素，因此如何选取优质电力自供区进行收购成为目前电网公司迫切需要解决的问题。

为此，本文结合国内新一轮电改的实际情况与配电网发展的要求，从电力资产收购时的成本与收购后的收入入手，分析其影响因素，建立电力自供区资产评价体系，提出一种基于改进模糊物元法的电力自供区最优收购策略，为电网公司进行资产收购提供依据。

1 电力自供区资产评价指标体系

在新电改背景下，收购电力自供区，保证电力存量市场对电网意义重大，因此需开展电力自供区资产评价。根据目前电力资产收购的现状，考虑资金时间价值，建立对不同电力自供区收购价值的量化指标体系，如图1所示。

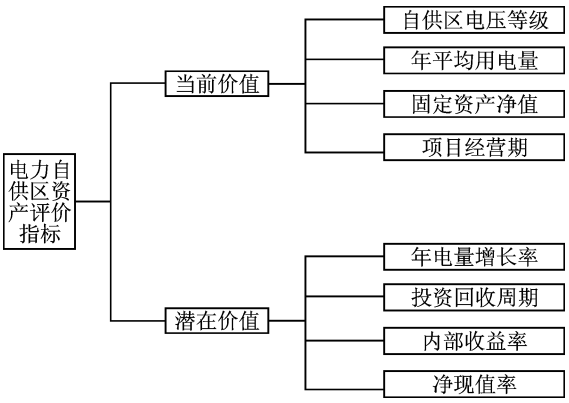

图1 电力自供区评价指标体系

Fig. 1 Electricity self-supplying area evaluation index system

1.1 当前价值指标

1）电压等级

资产收购后，电网企业交易的用户电压等级发生明显变化，根据陕西省输配电价政策，110 kV输配电价为0.108元/(kW·h)，35 kV输配电价为0.128元/(kW·h)，10 kV输配电价为0.148元/(kW·h)，在这些交易结算过程中存在着明显的价差。因此，电压等级可从一定程度上反映自供区的用电规模以及配电网络规模，电压等级越高，同等用电量情况下，收购后的利润越高。

2）年用电量

自供区年用电量能反映出用电规模，购电量越大说明该自供区的规模越大，进而收购后产生的利润越大，回收成本的速度越快，因此，将年用电量作为衡量该区域当期价值的指标之一。

3）固定资产净值

在资产收购过程中，固定资产是电网公司成本里非常重要的一部分，也是占比最大的一部分。在对固定资产进行评估的过程中，须由专业资产评估公司进行固定资产折旧，得出自供区固定资产的净值。对于自供区当前价值，固定资产是不可或缺的一部分。

4）项目经营期

电网在对某自供区进行收购时，对该自供区进行经营期限预估十分重要，经营期限内电网是否能收回成本并且获得净利润决定了该区域是否具有收购的价值。经营期限由专家根据实际情况预估得到。

1.2 潜在价值指标

电网在评价自供区收购的价值时，既要考量当前自供区的价值表现，也要考虑自供区其潜在的价值表现，即预测判断该区域在未来生命周期中给电网所带来的利润，这是影响电网是否收购该区域的重要因素之一。对于电网，衡量其潜在价值的主要因素有自供区的年电量增长率、投资回收周期、内部收益率和净现值率等。

1）年电量增长率

年电量增长率是分析该区域未来利润增长的一个指标。它是指电力自供区用电量相比上一年或前几年的增长，是衡量收购价值的一个重要因素。若电力自供区在资产收购后，该区域用电量能以较稳定的增长率增长或者出现新工业企业入驻该地区，则更能表明该地区的潜在收购价值。

2）投资回收周期

投资回收周期是指使得累计的经济效益等于最初的投资费用所需的时间。投资回收周期根据是否考虑资金时间价值可分为静态回收周期和动态回收周期两种。本文采用动态回收周期，考虑资金时间

价值,将项目各年的净现金流量折成现值后(一般按照基准收益率进行折算),计算投资回收周期,具体计算流程如图2所示。

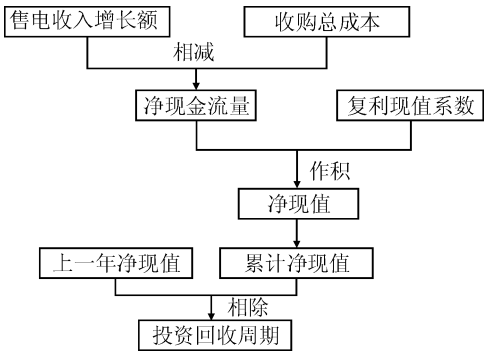

图2 动态投资回收周期流程图

Fig. 2 Dynamic investment recovery cycle flow chart

项目投资回收周期反映了资本的周转运行速度。项目资本的周转速度愈快,其投资回收周期愈短,所面临的风险也就愈小,盈利也就愈多。

3) 内部收益率

内部收益率[6-8]是指当资金流入现值总额与资金流出现值总额相等的折现率。具体计算流程如图3所示。

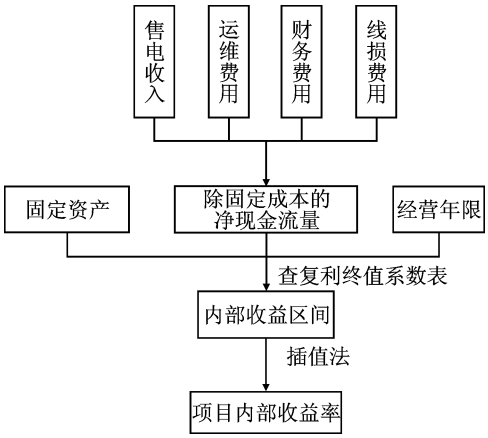

图3 内部收益率流程图

Fig. 3 Internal rate of return flow chart

项目投资总额与项目寿命周期内收益通过指标内部收益率联系在一起,它指明了该项目的收益情况,可以将它与同行业基准投资收益率比较,确定项目建设的可行性[7]。

复利现值[9]的计算公式为:

$$P = F \times \frac{1}{(1+i)^n} \tag{1}$$

其中,$1/(1+i)^n$ 就是复利现值系数。式(1)可记作$(P/F,i,n)$,其中 P 是现值,F 是终值,i 是利率(折现率),n 是年数。

在资产收购中,现值 P 即为固定资产成本 G,终值 F 为项目年均净现金流量 Q,故式(1)可化为:

$$G = Q \times \frac{1}{(1+i)^n} \tag{2}$$

其中,年均净现金流量 Q 不包括固定资产成本。

由项目固定资产与项目年均净现金流量即可求得两者比值,由设备使用年限查复利终值系数表再运用插值法即可求得项目内部收益率[10]。

4) 净现值率

净现值率[11]是指项目净现值与原始投资现值的比率,又称净现值比或净现值指数。具体计算流程如图4所示。

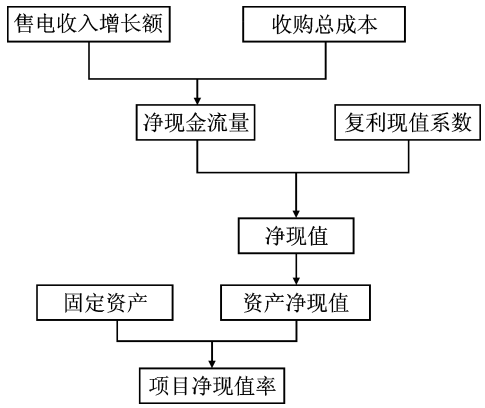

图4 净现值率计算流程图

Fig. 4 Net present value rate calculation flow chart

净现值率能够反映投资方案获利能力的大小,是一种动态投资收益指标[12]。项目净现值率高,说明该项目单位投资所能实现的收益就高,反之,则单位投资的收益就低[13]。

2 基于信息熵和模糊物元法的电力自供区价值评价模型

2.1 基于模糊物元法的电力自供区价值评价模型

模糊物元法[14-15]运用"事物、特征、评价值"$\boldsymbol{R}=(\boldsymbol{A},\boldsymbol{C},\boldsymbol{a})$的三元有序对描述事物的基本元素,$\boldsymbol{A}=(A_1,A_2,\cdots,A_j,\cdots,A_m)$表示待评价的对象,$\boldsymbol{C}=(C_1,C_2,\cdots,C_k,\cdots,C_8)$表示评价对象的主要影响因素或指标,$\boldsymbol{a}$ 表示评价对象 $\boldsymbol{A}$ 在评价指标 $\boldsymbol{C}$ 下根据评价标度所给出的评价值。其表达式为:

$$\boldsymbol{a}=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1} & a_{k2} & \cdots & a_{kj} & \cdots & a_{km} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{81} & a_{82} & \cdots & a_{8j} & \cdots & a_{8m} \end{bmatrix}$$

其中 $j=1,2,\cdots,m$;$k=1,2,\cdots,8$。

在电力自供区价值评价过程中,选取8个评价

指标，m 个自供区，构成一个多元模糊物元系统：

$$\boldsymbol{R}=\begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & \cdots & A_j & \cdots & A_m \\ C_1 & a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1m} \\ C_2 & a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_k & a_{k1} & a_{k2} & \cdots & a_{kj} & \cdots & a_{km} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_8 & a_{81} & a_{82} & \cdots & a_{8j} & \cdots & a_{8m} \end{bmatrix} \tag{3}$$

考虑到在电力自供区价值评价过程中，运用模糊三参数标度直接进行计算存在一定的困难，所以在计算之前先将其去模糊化，使之转化为便于计算比较的实数，其去模糊化公式为：

$$Ff(\tilde{a})=\frac{1}{2}\left(a_{\mathrm{m}}+\frac{a_{\mathrm{r}}+\lambda a_{\mathrm{l}}}{\lambda+1}\right) \tag{4}$$

式中，λ 为常数，$\lambda\geqslant 0$；模糊数 $\tilde{a}=(a_{\mathrm{l}},a_{\mathrm{m}},a_{\mathrm{r}})$，其中 a_{l}、a_{m}、a_{r} 均为常数，是根据评价标度所给出的评价值。

设模糊物元矩阵 $\boldsymbol{R}$ 经过去模糊化后得到的模糊物元矩阵为：

$$\boldsymbol{B}=\begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & \cdots & A_j & \cdots & A_m \\ C_1 & a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1m} \\ C_2 & a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_k & a_{k1} & a_{k2} & \cdots & a_{kj} & \cdots & a_{km} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_8 & a_{81} & a_{82} & \cdots & a_{8j} & \cdots & a_{8m} \end{bmatrix} \tag{5}$$

已知电力自供区价值评价指标 $C_1,C_2,\cdots,C_8$ 的指标权重 $\boldsymbol{W}=(w_1,w_2,\cdots,w_8)$ 后，则电力自供区价值评价结果为：

$$\boldsymbol{Value}=\boldsymbol{WB}=(w_1,w_2,\cdots,w_k,\cdots,w_8)\cdot \begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & \cdots & A_j & \cdots & A_m \\ C_1 & a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1m} \\ C_2 & a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_k & a_{k1} & a_{k2} & \cdots & a_{kj} & \cdots & a_{km} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_8 & a_{81} & a_{82} & \cdots & a_{8j} & \cdots & a_{8m} \end{bmatrix} =(H_1,H_2,\cdots,H_j,\cdots,H_m) \tag{6}$$

式中，$H_j=\sum_{k=1}^{8}w_k a_{kj}$，其中 a_{kj} 为第 j 个电力自供区第 k 项指标去模糊化后的分数。

通过比较 $(H_1,H_2,\cdots,H_m)$ 的大小来实现对电力自供区 $A_1,A_2,\cdots,A_m$ 的价值排序和评价。

2.2 基于信息熵的指标权重确定方法

电力自供区价值评价时，只有确定了指标权重，才能得到综合评价结果。电力自供区所处环境不同，指标的权重就不同，因此，为了更合理地确定权重，应采用客观赋权法。

熵权法是一种应用广泛的客观赋权法[15-16]。在信息论中，信息的无序度可用信息熵来反映，一般来说，信息熵越大，则表明其信息的无序度越大，该信息中的有用信息量就越少。将熵权法这一思想与电力自供区评价指标权重的确定相结合，其优点是能够较好的运用评价数据自身的信息特征来确定指标权重，其基本步骤如图 5 所示。

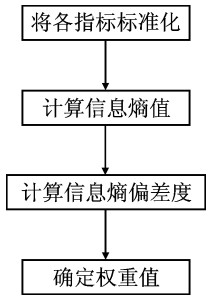

图 5 熵权法的基本步骤

Fig. 5 The basic steps of entropy method

具体评价指标权重的确定可分为 4 个步骤。

步骤 1 归一化处理：汇总去模糊化的矩阵，对其进行归一化处理，得到归一化矩阵为：

$$\boldsymbol{P}=\begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & \cdots & A_j & \cdots & A_m \\ C_1 & p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1j} & \cdots & p_{1m} \\ C_2 & p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2j} & \cdots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_k & p_{k1} & p_{k2} & \cdots & p_{kj} & \cdots & p_{km} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_8 & p_{81} & p_{82} & \cdots & p_{8j} & \cdots & p_{8m} \end{bmatrix} \tag{7}$$

其中 $p_{kj}=\frac{a_{kj}}{L}$，$L=\sum_{j=1}^{m}a_{kj}$，表示 m 个电力自供区第 k 项指标分数之和。

步骤 2 计算信息熵 e_k：由信息熵公式可得第 k 个评价指标的信息熵为：

$$e_k=-\frac{1}{\ln m}\sum_{j=1}^{m}p_{jk}\ln p_{jk} \tag{8}$$

步骤 3 计算偏差度 δ_k：由步骤 2 可得到每个评价指标的信息熵，若得到的信息熵越大，则评价结果的无序性越强，不同指标之间的偏差就越小，而指标偏差越大，越能反映指标的重要性，因此需要计算每个指标的偏差度，其计算公式为：

$$\delta_k=1-e_k \tag{9}$$

步骤 4 计算信息熵权重：对步骤 3 中的偏差度 δ_k 进行归一化处理，即可获得电力自供区价值评

价指标权重向量 $\boldsymbol{W}=(w_1,w_2,\cdots,w_8)$，其计算公式为：

$$w_k=\frac{\delta_k}{D} \tag{10}$$

式中，δ_k 为第 k 项电力自供区价值评价指标偏差度；$D=\sum_{k=1}^{8}\delta_k$ 表示8项电力自供区价值评价指标偏差度之和。

通过熵权法确定的指标权重充分利用了所获得数据中所包含的信息，具有一定的客观性，所以采用熵权法确定指标权重是可行的。

3 实例分析

3.1 指标量化及物元矩阵

对某省8个电力自供区进行价值等级评定。首先，将各指标类别的影响力数据化，按照新电改相关政策及专家建议对评价指标进行量化，如表1至表5所示。其中，打分遵循指标值越大，投资潜力就越大，对应量化值也越大的原则。

表1 电压等级分数表

Tab.1 Voltage rating score table

电压等级/kV	分数
10	20
35	50
110	80

表2 用电量分数表

Tab.2 Power consumption score table

年用电量/(10^4 kW·h)	分数
0～500	20
500～1 000	50
1 000～5 000	60
5 000～10 000	70
10 000～50 000	80
50 000～100 000	90
＞100 000	100

表3 年电量增长率分数表

Tab.3 Annual electricity growth rate score table

年电量增长率	分数
＜0	20
0～0.5	50
0.5～1.0	60
1.0～2.0	70
2.0～3.0	80
3.0～5.0	90
＞5.0	100

表4 内部收益率分数表

Tab.4 Internal rate of return score sheet

内部收益率	分数
＜5	20
5～10	50
10～15	60
15～20	70
20～25	80
25～30	90
＞30	100

表5 净现值率分数表

Tab.5 Net present value rate score table

净现值率	分数
＜10	20
10～20	50
20～30	60
30～40	70
40～50	80
50～60	90
＞60	100

选择模糊三参数作为评价标度，并按照指标量化规定，以问卷调查和聘请专家组的形式对电力自供区的价值进行评价，汇总专家组作出的评价结果，可得电力自供区价值评价的物元矩阵。

取 $\lambda=4$，对模糊物元矩阵进行去模糊化，得到物元矩阵为：

$$\boldsymbol{B}=\begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 & A_6 & A_7 & A_8 \\ C_1 & 76.00 & 61.40 & 88.50 & 72.60 & 68.00 & 55.80 & 75.80 & 83.20 \\ C_2 & 67.00 & 82.00 & 63.40 & 60.00 & 82.80 & 77.60 & 87.40 & 75.00 \\ C_3 & 63.40 & 88.40 & 71.00 & 72.50 & 85.90 & 83.00 & 60.20 & 65.20 \\ C_4 & 90.10 & 90.20 & 59.00 & 89.00 & 62.00 & 73.50 & 75.80 & 92.50 \\ C_5 & 82.30 & 87.30 & 77.40 & 77.20 & 86.40 & 84.50 & 71.00 & 80.50 \\ C_6 & 87.00 & 70.10 & 72.00 & 89.60 & 84.20 & 57.70 & 77.40 & 71.10 \\ C_7 & 67.10 & 76.60 & 71.50 & 65.00 & 70.20 & 74.30 & 76.70 & 90.40 \\ C_8 & 68.50 & 72.40 & 76.50 & 74.60 & 67.30 & 83.00 & 59.00 & 71.20 \end{bmatrix}$$

3.2 指标权重确定

对去模糊化后的物元矩阵按行归一化得到归一化矩阵 $\boldsymbol{P}$：

$$\boldsymbol{P}=\begin{bmatrix}0.1307 & 0.1056 & 0.1523 & 0.1249 & 0.1170 & 0.0960 & 0.1304 & 0.1431\\ 0.1126 & 0.1378 & 0.1065 & 0.1008 & 0.1391 & 0.1304 & 0.1468 & 0.1260\\ 0.1075 & 0.1499 & 0.1204 & 0.1230 & 0.1457 & 0.1408 & 0.1021 & 0.1106\\ 0.1426 & 0.1427 & 0.0933 & 0.1408 & 0.0981 & 0.1163 & 0.1199 & 0.1463\\ 0.1273 & 0.1350 & 0.1197 & 0.1194 & 0.1336 & 0.1307 & 0.1098 & 0.1245\\ 0.1428 & 0.1151 & 0.1182 & 0.1471 & 0.1383 & 0.0947 & 0.1271 & 0.1167\\ 0.1134 & 0.1294 & 0.1208 & 0.1098 & 0.1186 & 0.1256 & 0.1296 & 0.1528\\ 0.1196 & 0.1265 & 0.1336 & 0.1303 & 0.1175 & 0.1450 & 0.1031 & 0.1244\end{bmatrix}$$

矩阵归一化后，利用熵权法确定信息熵 $\boldsymbol{e}$ 为：

$\boldsymbol{e}=(0.9953, 0.9962, 0.9955, 0.9937, 0.9990, 0.9958, 0.9977, 0.9979)$

计算偏差度 $\boldsymbol{\delta}$ 得：

$\boldsymbol{\delta}=(0.0047, 0.0038, 0.0045, 0.0063, 0.0010, 0.0042, 0.0023, 0.0021)$

从而得到 8 个评价指标的权重：

$\boldsymbol{W}=(0.1634, 0.1321, 0.1570, 0.2172, 0.0340, 0.1442, 0.0800, 0.0722)$

3.3 综合价值确定

由 3.2 节可以确定出指标的权重，利用加权法可得到电力自供区的综合价值分数：

$\boldsymbol{Value}=(76.44, 78.76, 71.05, 76.62, 74.55, 71.49, 73.81, 79.18)$

综上，在电力自供区的最终评价中，$A_8>A_2>A_4>A_1>A_5>A_7>A_6>A_3$，其中评价结果最好的是 A_8。

绘制 8 个电力自供区的综合价值分数如图 6 所示。资产收购价值分数在 75 分以上的为优质电力自供区，资产收购价值分数在 75 分以下的为待考量电力自供区。

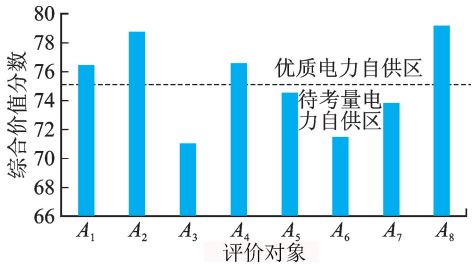

图 6 综合价值分数

Fig. 6 Comprehensive value score

图 6 中，A_8、A_4、A_2、A_1 为急需收购的自供区，应优先收购，因其在保证存量市场的同时，能快速收回成本并产生利润；对于 A_5、A_7、A_6、A_3 这 4 个电力自供区，应进一步分析其潜在价值，通过预测未来的运营情况，决定是否收购。

4 结 语

本文在新电改背景下，从电网尝试保证存量市场入手，分析电力自供区收购成本与未来利润，针对如何选取优质电力自供区的问题，提出采用改进物元法对自供区资产价值进行评价。

首先，建立了由当前价值与潜在价值构成的价值评价指标体系。当前价值指标包括电压等级、年用电量、固定资产净值、项目经营期；潜在价值指标包括年电量增长率、投资回收周期、净现值率、内部收益率。

然后，根据新电改相关政策与专家建议对指标进行量化，运用模糊三参数标度评价客户，经过去模糊化得到模糊物元矩阵，由熵权法确定指标的权重，建立基于信息熵和模糊物元法的电力自供区价值评价模型。

最后，将该模型运用于某省 8 个电力自供区的评价，分析各电力自供区的潜在投资价值，筛选出优质电力自供区供电网公司进行优先收购，以期达到保证存量市场的目的，并使该电网在市场竞争中处于优势地位。

本文建立的模型使评价过程系统化，能够较为准确客观的对电力自供区进行评价，而且现有案例的评估结果与实际情况基本一致，说明该方法是可行的。实践表明，该模型具有普遍适用性和较好的可操作性。

参考文献：

[1] 魏书光. 电网企业回购电源项目 2015 年完成 [J]. 水力发电，2014，40(5)：95.
WEI Shuguang. Power grid enterprise repurchase power project completed in 2015 [J]. Hydroelectric Power，2014，40(5)：95.

[2] 邹水坤. 发电企业自建电源送出工程存在的问题与对策分析 [J]. 安全与健康，2010，(7)：44-45.
ZOU Shuikun. Problems existing in power generation

enterprise self-built power project and countermeasures analysis [J]. Safety and Health, 2010,(7): 44-45.

[3] SANTOSO N B, BAHAWERES R B, ALAYDRUS M. Cost-benefits, NPV, IRR and QoS analysis of the dynamic telecytology system in Indonesia [C]// 2016 1st International Conference on Biomedical Engineering (IBIOMED), October 5-6, 2016, Yogyakarta, c2016: 1-6.

[4] 毛玮阳. 国家能源局:继续落实电源项目自建配套送出工程回购 [N]. 机电商报, 2015-06-22(A05).

[5] 邹鹏, 李春晖, 郭静, 等. 考虑可中断负荷的配售电公司最优购售电策略 [J]. 南方电网技术, 2017, 11(2): 71-77.
ZOU Peng, LI Chunhui, GUO Jing, et al. Optimal marketing strategy of distribution and retail companies considering interruptible load [J]. Southern Power System Technology, 2017, 11(2): 71-77.

[6] 蒋习梅. 节能成本分析法在节能技术评价中的应用 [J]. 中国能源, 2012, 34(9): 34-36.
JIANG Ximei. Application of energy cost analysis in energy saving technology evaluation [J]. Energy of China, 2012, 34(9): 34-36.

[7] XIONG S, LI X. Empirical analysis: the parameter and internal rate return (IRR) of wind power factory in China [C] // 2010 International Forum on Information Technology and Applications, July 16-18, 2010, Kunming, c 2010: 377-380.

[8] 谭丽娜. 内部收益率在企业投资决策中的运用 [J]. 统计与决策, 2012,(3): 183-185.
TAN Lina. The application of internal rate of return in enterprise investment decision [J]. Statistics and Decision, 2012,(3): 183-185.

[9] 孙丙香, 姜久春, 张维戈, 等. 基于内部收益率法的动力电池租赁价格测算 [J]. 电力系统自动化, 2011, 35(13): 27-30.
SUN Bingxiang, JIANG Jiuchun, ZHANG Weige, et al. Measurement of the power battery leasing price based on the internal rate of return method [J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(13): 27-30.

[10] YUJIA T J, FINENKO A. Moving beyond LCOE: impact of various financing methods on PV profitability for SIDS [J]. Energy Policy, 2016, 98: 749-758.

[11] 苏力. 利用净现值率协调资本预算评价方法 [J]. 财会通讯, 2013,(17): 65-66.
SU Li. Use NPV to coordinate capital budgeting evaluation method [J]. Communication of Finance and Accounting, 2013,(17): 65-66.

[12] RODRIGUES S, CHEN X J, MORGADO-DIAS F. Economic analysis of photovoltaic systems for the residential market under China's new regulation [J]. Energy Policy, 2017, 101: 467-472.

[13] 李如忠. 基于模糊物元分析原理的区域生态环境评价 [J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2006, 29(5): 597-601.
LI Ruzhong. Regional eco-environmental quality assessment based on fuzzy matter-element analysis [J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science), 2006, 29(5): 597-601.

[14] 殷春武. 模糊多准则群决策方法研究 [D]. 西安: 西安理工大学, 2007.
YIN Chunwu. The study of fuzzy multicriteria group decision making method [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2007.

[15] 王亚萍, 王秋萍, 熊国强. 基于级别高于关系的区间犹豫模糊决策新方法 [J]. 西安理工大学学报, 2017, 33(1): 86-92.
WANG Yaping, WANG Qiuping, XIONG Guoqiang. A novel method for decision-making with the interval-valued hesitant fuzzy set based on outranking relation [J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2017, 33(1): 86-92.

[16] 沈航. 基于信息熵和模糊物元法的会计诚信评价 [J]. 统计与决策, 2014,(2): 176-178.
SHEN Hang. Accounting honesty evaluation based on information entropy and fuzzy matter-element method [J]. Statistics and Decision, 2014,(2): 176-178.

(责任编辑 周 蓓)