

基于改进物元可拓模型的一体化营配调综合风险评估

李聪利¹, 刘日亮², 杜建³, 霍现旭¹, 张磐¹

(1. 国网天津市电力公司, 天津 300010; 2. 国家电网有限公司, 北京 100031; 3. 国网上海能源互联网研究院, 上海 201203)

摘要:营配调一体化实现了营销、生产、调度等多层次工作的有效集中,但营配调一体化也将使得供电系统面临的综合风险随之增加。为提升系统的综合风险预警能力,提出一种考虑营配调一体化的综合风险评估模型。首先根据营配调一体化系统的特点构建了供电风险评价指标体系,并提出一种以AHP和DEA为辅助模型的指标赋权方法,以降低传统物元可拓模型赋权过程中由于主观因素造成的误差;然后通过构造供电综合风险物元、划定供电风险评级,建立营配调一体化的综合风险评估模型。最后以某地区为例分析了其供电风险情况和影响因素,验证该模型在营配调风险评估方面的科学实用性。

关键词:营配调一体化;综合风险;物元可拓模型;评估

DOI:10.19781/j.issn.1673-9140.2021.05.018 中图分类号:TM77 文章编号:1673-9140(2021)05-0144-09

Comprehensive risk evaluation of integrated operation and distribution based on the improved matter element extension model

LI Congli¹, LIU Riliang², DU Jian³, HUO Xianxu¹, ZHANG Pan¹

(1. State Grid Tianjin Electric Power Company, Tianjin 300010, China; 2. State Grid Corporation of China, Beijing 100031, China; 3. State Grid Shanghai Energy Interconnection Research Institute, Shanghai 201203, China)

Abstract: The integration of operation and distribution has realized the effective concentration of multi-level work, such as the marketing, production and dispatching. However, the risk level of the power supply system also increases. Under the background, a new risk evaluation model of operation and deployment is proposed in order to enhance the risk early warning capability of the system. Firstly, a power supply risk evaluation index system is constructed based on the characteristics of the integrated system. Secondly, an index weighting method based on AHP and DEA is proposed to reduce the error caused by subjective factors in the weighting process of traditional matter-element extension model. Then, a comprehensive risk assessment model with integrated operation and distribution is established by constructing the comprehensive risk element for power supply and demarcating a power supply risk rating. Finally, a typical area is taken as an example to analyze its risk level and influencing factors, and the effectiveness of the proposed model is verified.

Key words: transmission network; investment efficiency; the matter element extension model; graph theory

收稿日期:2020-12-04;修回日期:2020-12-21

基金项目:国家电网有限公司总部科技项目(SGTJDK00DWJS1900100)

通信作者:李聪利(1974-),男,硕士,高级工程师,主要从事配电网运维管理研究;E-mail:zq_198302@163.com

近年来,中国的电力事业得到了长足的发展和进步。作为一项承担社会责任、服务民生的公共事业,努力提升服务品质、满足客户需求始终是电网企业的重要工作内容。与此同时,在2019年的国家电网公司工作会议中,也明确提出了“放管服”的企业改革要求,而其核心内涵之一就是要求电网企业能够切实提升服务品质,快速响应用户用电需求^[1]。因此为落实政策并响应实际需求,国家电网公司提出了推进营配调一体化的工作方案。

通过推进营配调一体化工作,不仅可以实现供电领域多层次、多领域工作有效集中,而且可以促进电网企业不同部门之间的横向贯通和纵向融合,有利于提升客户用电需求和服务质量^[2]。由于营配调系统的一体化的推进,也可能会使得系统面临的综合供电风险随之增加,例如营配数据的共享可能会带来经济环境和交易环节的风险,营配调的信息高度集成可能会引起安全风险进而引起供电风险。因此,考虑建立合适的营配调一体化风险评估模型,挖掘并分析潜在的风险因素,对于电网企业抵御供电风险具有重要的现实意义。

当前有学者对营配调一体化情形下的供电风险进行了一定研究,文献[3]开展了营配调数据融合情形下的配电网故障的分析和预测;文献[4]研究了营配调信息化过程中存在的问题。这些研究虽然指出了营配调一体化出现的问题,但仅仅根据营配调系统的检测数据开展风险研究,尚未提出合适的风险评估机制或方法。此外,也有学者考虑建立相关风险指标,通过对风险指标开展灰色关联分析,并依据神经网络等智能算法开展风险预测^[5-6]。虽然利用智能算法等方法可以精准计算出供电风险情况,但其缺点是无法反映出面临的供电风险程度,并且难以发现和分析影响风险的潜在因素,往往只能根据主观经验去判断,因此其在应用方面也具有一定的局限性。

该文以物元理论和可拓集合论为基础,以层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)和数据包络分析法(data envelopment analysis, DEA)为辅助模型,提出了一体化营配调综合风险评估模型。该文首先针对传统物元可拓模型计算过程中的待评物元超出节域范围后存在的结果不相容问题,提出了

归一化的改进方法;然后,为降低评价指标赋权时,由于人为主观因素而使得指标权重与实际情况不相符的问题,采用了一种定性与定量相结合的赋权方法引入到风险评估模型中;最后,根据建立的营配调综合风险评估模型对某地电网实际供电风险开展了相关计算分析并研究了影响供电风险的主要因素,为今后电网企业在营配调一体化情形下的供电风险防控提供了有效参考。

1 营配调综合风险评估

1.1 供电综合风险评估指标体系

营销、配电、调度系统按专业各自独立建设,为反映一体化营配调系统面临风险的真实水平,需根据不同专业工作的特点,分析其各自面临的诸如经济、政策、内外部等主要风险。考虑到供电风险评估涉及很多定量因素和难以量化的因素,该文主要从经济和技术方面出发,针对一体化营配调系统存在的潜在风险,遵循定量和定性相结合的原则,建立了营配调一体化情形下的供电风险评估指标体系,如表1所示。

表1 营配调系统供电风险评估指标

Table 1 Power supply risk assessment indexes for the operation and distribution system

1级指标	2级指标	3级指标
经济环境风险		单位投资增供电量风险(A_1)
		单位投资增供负荷风险(A_2)
		区域电力需求风险(A_3)
		线损风险(A_4)
		电价政策风险(A_5)
政策环境风险		地方招商引资风险(A_6)
		供电政策风险(A_7)
		国家政策调整风险(A_8)
综合风险		现货交易风险(A_9)
		核算风险(A_{10})
		交易环境风险
		电费回收风险(A_{11})
		购网电价风险(A_{12})
		电网建设风险(A_{13})
		外部环境风险
供电可靠性风险(A_{14})		
		配售分开风险(A_{15})

表1中所建立的2级风险指标反映了营配调一体化系统面临的来自经济、政策等方面的风险,其中3级风险指标是对2级指标的细化。

1.2 指标计算方法

表1中建立的风险评估指标反映了营配调一体化情形下系统面临的风险情况,各项指标可分为定量评价和定性评价。对于定性类指标,例如“地方招商引资风险”、“国家政策调整风险”等主要根据专家及电网企业规划人员意见根据实际情况开展评估。该文主要采用分级语言对指标开展定性评估,定义分级语言为“显著、明显、一般、微小、无”,将这5个等级依次对应为5、4、3、2、1。考虑随着营配调一体化发展的深入,指标值的增加可能会逐渐显现的风险,因此评价判断应能体现出这一特点。同时为计算方便并考虑实际曲线的可能趋势,取偏大型柯西分布和对数函数作为隶属函数^[7],即

$$f(x) = \begin{cases} 1 + \alpha(x - \beta)^{-2}, & 1 \leq x \leq 3 \\ a \ln x + b, & 3 \leq x \leq 5 \end{cases} \quad (1)$$

式中 α, β, a, b 均为待定常数; x 为指标等级; $f(x)$ 范围为 $(0, 1)$ 。

对于定量类指标,例如“单位投资增供电量风险”、“线损风险”等,主要根据推进营配调融合前后系统的变化情况开展指标计算。考虑到风险指标属于成本型指标,即指标值越小越理想,则指标为

$$x = \begin{cases} \frac{x' - x''}{x'}, & x' \geq x'' \\ 0, & x' < x'' \end{cases} \quad (2)$$

式中 x', x'' 分别为开展营配调一体化前后的指标数值。

1.3 营配调综合风险评估流程

该文建立的营配调一体化系统供电风险分析流程如图1所示。

首先根据营配调一体化系统具有的数据共享、信息融合的特点,考虑系统面临的经济、政策、交易等环境下的各方面潜在风险,构建能反映系统供电风险的多层次评估指标;其次基于AHP和DEA模型开展对各级风险评估指标的主客观赋权;然后考

虑划分系统的风险等级,并结合相关技术规范、导则要求及专家意见根据评级的层次划分对应的指标区间范围,确定评估模型的经典域、节域和待评物元;最后根据已有数据和公式计算各评估指标与各风险等级的关联系数分析研究营配调一体化系统面临的综合风险情况。

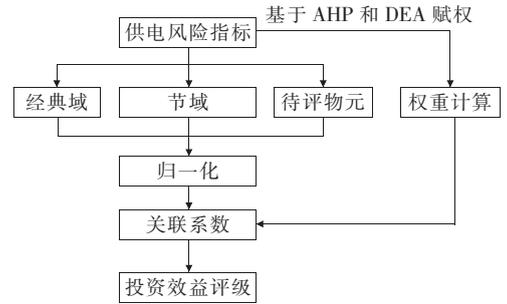


图1 营配调一体化系统风险评估流程

Figure 1 Risk assessment process of integrated operation and distribution system

2 基于AHP和DEA模型的指标赋权

权重是量化评价指标相对重要性的数值。在综合评价体系中,各指标权重分配的科学性直接影响评价结果,为了能够正确反映各分项指标的重要程度,采取加权予以修正^[8-9]。该文中涉及1级和3级指标的权重设置,其中对于2级指标,反映的是营配调一体化系统面临经济、政策、交易和环境4个方面的风险,考虑其难以实际度量,对该4个2级指标采用主观权重;对于3级指标,其重要性程度既具有主观性质又具有其天然的客观属性,该文采取主观权重和客观权重相结合的方法,即采用组合权重。

2.1 基于AHP模型的指标赋权

AHP是一种定性和定量相结合的多准则决策方法,主要将决策问题分解为准则层和方案层,并通过指标间的对比得出判断矩阵,进而计算出各指标的权重^[10-11]。其计算步骤主要分为以下3部分。

1) 构造判断矩阵。利用AHP法开展指标赋权计算,以上1级指标为准则层,对其下一级指标两两进行比较,并按照其相对准则层的重要程度对其赋

值。该文采用 1~9 标度,如表 2 所示。

表 2 AHP 模型指标标度

Table 2 AHP model index scale

指标 i 相对指标 j	标度值
同等重要	1
稍微重要	3
一般重要	5
非常重要	7
极度重要	9
中间值	2,4,6,8

2) 判断矩阵一致性校验。由于判断矩阵是根据主观意识构造出来的,因此需进行一致性校验。判断矩阵最大特征根为

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{(AW)_j}{\omega_j} \quad (3)$$

式中 A 为构造的判断矩阵; n 为矩阵阶数; W 为特征向量。

一致性指标为

$$C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

随机一致性比率为

$$C_R = \frac{C_1}{R_1} \quad (5)$$

式中 R_1 为随机一致性指标。其中,当 $C_R < 0.1$ 时,认定判断矩阵 A 通过一致性检验,否则需要对判断矩阵进行调整。

3) 权重计算。当构造的判断矩阵一致性检验通过时,计算各指标权重为

$$\lambda_{si} = \frac{\bar{\omega}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{\omega}_j} \quad (6)$$

其中, $\bar{\omega}_j = \sqrt[n]{M_j}$, $M_j = \prod_{k=1}^n r_{jk}$

2.2 基于 DEA 模型的指标赋权

DEA 是一种线性规划模型,针对各决策单元建立其最有利的数学规划模型并通过求其最优解来确定各指标的权重^[12-13]。该文采用 C²R 模型(属于 DEA 模型的一种)计算各风险指标权重。

设有 m 个决策单元 $D_{MU-i} (i = 1, 2, \dots, m)$, 其

中各决策单元有 p 种类型的输入和 q 类型的输出, $p+q=n$, n 为评价指标个数,则决策单元的输入向量为

$$X_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{si}, \dots, x_{pi})^T \quad (7)$$

输出向量为

$$Y_i = (y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{si}, \dots, y_{pi})^T \quad (8)$$

以所有决策单元效率指数为约束,对第 i_0 个决策单元开展效率评价得到最优化模型^[14]为

$$\begin{cases} \max h_{i_0} = \sum_{t=1}^q u_t y_{ti_0} \\ \text{s. t } \sum_{s=1}^p v_s x_{si} - \sum_{t=1}^q u_t y_{ti_0} \geq 0 \\ \sum_{s=1}^p u_s x_{si_0} = 1 \end{cases} \quad (9)$$

$$V = (v_1, v_2, \dots, v_s, \dots, v_p)^T \geq 0$$

$$U = (u_1, u_2, \dots, u_s, \dots, u_q)^T \geq 0$$

式中 V, U 分别为决策单元的输入向量和输出权重向量。根据式(6)、(9)并进行归一化处理得到各风险指标权重为

$$\lambda_{oi} = (v'_1, v'_2, \dots, v'_s, \dots, v'_p, u'_1, u'_2, \dots, u'_t, \dots, u'_q)^T \quad (10)$$

2.3 组合权重计算

采用 AHP 主观赋权法确定指标权重的结果具有很大的主观随意性,而根据 DEA 模型决策指标赋权结果虽然具有较强的数学理论依据,但没有将决策人的意向纳入考虑。为了弥补其不足,该文将主、客观权重向量结合,取组合权重^[15]为

$$\lambda_{ci} = \frac{\lambda_{si} \times \lambda_{oi}}{\sum_{j=1}^n \lambda_{sj} \times \lambda_{oj}} \quad (11)$$

式中 λ_{sj} 为主观权重; λ_{oj} 为客观权重。

3 营配调综合风险评估的物元可拓模型

物元可拓模型以物元理论和可拓集合论作为理论框架,以相应的评价指标体系为基础,通过建立指

标的经典域、节域和事物评价等级,根据实测数据计算待评物元关于评级等级的关联度,以此来确定评价对象的等级^[16-17]。利用该方法开展风险评估不是简单的利用指标数据迭代得到风险数值,而是考虑到了各指标与所划分风险等级的内在关联性,且由于指标划分的等级是根据相关标准和实际情况得到的,能够有效避免传统评价方法评价风险等级时存在的主观片面性^[18-19]。

3.1 物元构造

营配调一体化系统风险评估模型中的物元主要由经典域、节域和待评物元组成,包括待评价目标的名称(N)、特征(C)和量值(V)三要素,组成数组 $R = (N, C, V)$ 来描述营配调一体化系统的风险特征^[20]。假设将系统的供电风险等级划分为 y 个等级,相应评级指标有 n 个,供电风险的物元构造如下。

1) 风险评估经典域。

$$R_N = \begin{bmatrix} P_j & C_1 & (a_{j1}, b_{j1}) \\ & C_2 & (a_{j2}, b_{j2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & (a_{jn}, b_{jn}) \end{bmatrix} \quad (12)$$

式中 P_j 为供电风险达到第 j 等级, $j = 1, 2, \dots, y$; C_i 为供电风险等级 P_j 的第 i 个指标, $i = 1, 2, \dots, n$; (a_{ji}, b_{ji}) 为参考相关标准和文献划定的供电风险第 j 等级指标 C_i 的取值区间。可以看出经典域反映的是评价指标局部范围。

2) 风险评估节域。

$$R_p = \begin{bmatrix} P & C_1 & (a_{p1}, b_{p1}) \\ & C_2 & (a_{p2}, b_{p2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & (a_{pn}, b_{pn}) \end{bmatrix} \quad (13)$$

式中 P 为划分的全体风险等级; (a_{pi}, b_{pi}) 为在全体等级下指标 C_i 的整体取值范围。可以看出节域反映的是评价指标全体范围。

3) 风险评估待评物元。

$$R_0 = \begin{bmatrix} P_0 & C_1 & v_1 \\ & C_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & v_n \end{bmatrix} \quad (14)$$

式中 P_0 为待评物元; $v_1 \sim v_n$ 均为各指标的实际取值。

3.2 指标处理

在物元可拓模型计算过程中,当定量评价指标的数值超过节域时会出现结果分母为零的情况,因此为避免这种情形,该文采用极差法对指标数值和节域进行归一化处理。

假设 m 个数据指标 $x_1 \sim x_m$, 已经做了一致化, 有 n 组样本观测值 X_{ij} , 即

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - m_j}{M_j - m_j} \quad (15)$$

其中, $M_j = \max_{1 \leq i \leq n} \{x_{ij}\}$, $m_j = \min_{1 \leq i \leq n} \{x_{ij}\}$, $i = 1, 2, 3, \dots, n, j = 1, 2, 3, \dots, m$ 。则 $x'_{ij} \in [0, 1]$ 是无量纲的标准观测值。

3.3 关联系数计算

根据归一化得到的经典域、节域和待评物元, 计算评价指标 i 与供电风险等级的关联度为

$$r_j(v_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(v_i, V_{ij})}{|V_{ij}|}, & v_i \in V_{ij} \\ \frac{\rho(v_i, V_{ij})}{|\rho(v_i, V_{pi}) - \rho(v_i, V_{ij})|}, & v_i \notin V_{ij} \end{cases} \quad (16)$$

$$V_{ij} = |b_{ji} - a_{ji}|$$

$$\rho(v_i, V_{ij}) = \left| v_i - \frac{1}{2}(a_{ji} + b_{ji}) \right| - \frac{1}{2}(b_{ji} - a_{ji})$$

$$\rho(v_i, V_{pi}) = \left| v_i - \frac{1}{2}(a_{pi} + b_{pi}) \right| - \frac{1}{2}(b_{pi} - a_{pi})$$

式中 $r_j(v_i)$ 为指标 i 相对于风险等级 j 的关联度; v_i 为指标 i 的实际数值; V_{ij} 为指标 i 在风险等级 j 下的经典域范围; V_{pi} 为指标 i 节域量值范围。

3.3 供电风险等级计算

待评物元关于风险等级 j 的关联度为

$$K_j(P_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i(v_i), i = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

式中 $K_j(P_0)$ 为待评物元关于风险等级 j 的关联度; λ_i 为指标 i 的权重。若 $K_j(P_0)$ 为最大值, 则认定待评价系统的风险等级为 j 。

4 实例分析

为验证该文模型的有效性,选取 4 个营配调一体化建设较为完善的供电公司 $P_1 \sim P_4$ 为研究对象,根据各公司在 1~12 月的指标数据情况,将其面临综合风险划分为 4 个等级,分别为无风险(I 级)、轻微风险(II 级)、显著风险(III 级)、严重风险(IV 级),基于该文提出的风险评估模型开展营配调一体化情形下的综合风险分析。

4.1 风险评估经典域、节域及待评物元

1) 经典域。目前电网公司对于风险指标的各等级区间范围的划分并没有明确的规范。该文根据专家意见,同时考虑指标实际的历史数值变化,对各指标风险等级区间进行了划分,计算得到归一化后的经典域 R_N 。

2) 节域。在风险评估的节域矩阵中,各指标的范围为其经典域范围之和,由于采取了归一化处理,因此节域矩阵中各指标范围均为(0,1)。

3) 待评物元。统计营配调系统风险指标数据并对各指标进行归一化计算,得到待评物元 R_0 。

$$R_N =$$

	I 级	II 级	III 级	IV 级
A_1	(0,0.31)	(0.31,0.74)	(0.74,0.85)	(0.85,1)
A_2	(0,0.36)	(0.36,0.63)	(0.63,0.93)	(0.93,1)
A_3	(0,0.31)	(0.31,0.60)	(0.60,0.87)	(0.87,1)
A_4	(0,0.29)	(0.29,0.56)	(0.56,0.87)	(0.87,1)
A_5	(0,0.27)	(0.27,0.56)	(0.56,0.86)	(0.86,1)
A_6	(0,0.31)	(0.31,0.53)	(0.53,0.89)	(0.89,1)
A_7	(0,0.30)	(0.30,0.52)	(0.52,0.92)	(0.92,1)
A_8	(0,0.24)	(0.24,0.55)	(0.55,0.86)	(0.86,1)
A_9	(0,0.22)	(0.22,0.59)	(0.59,0.87)	(0.87,1)
A_{10}	(0,0.30)	(0.30,0.63)	(0.63,0.86)	(0.86,1)
A_{11}	(0,0.34)	(0.34,0.61)	(0.61,0.89)	(0.89,1)
A_{12}	(0,0.30)	(0.30,0.53)	(0.53,0.83)	(0.83,1)
A_{13}	(0,0.28)	(0.28,0.61)	(0.61,0.87)	(0.87,1)
A_{14}	(0,0.32)	(0.32,0.55)	(0.55,0.81)	(0.81,1)
A_{15}	(0,0.29)	(0.29,0.63)	(0.63,0.87)	(0.87,1)

$$R_0 =$$

	P_1	P_2	P_3	P_4
A_1	0.85	0.66	0.67	0.72
A_2	0.66	0.68	0.85	0.78
A_3	0.92	0.87	0.89	0.86
A_4	0.66	0.81	0.88	0.93
A_5	0.88	0.76	0.88	0.82
A_6	0.95	0.88	0.86	0.98
A_7	0.78	0.91	0.86	0.93
A_8	0.52	0.82	0.86	0.75
A_9	0.44	0.55	0.45	0.49
A_{10}	0.53	0.69	0.71	0.81
A_{11}	0.73	0.82	0.60	0.58
A_{12}	0.85	0.60	0.75	0.93
A_{13}	0.85	0.46	0.85	0.61
A_{14}	0.66	0.82	0.63	0.81
A_{15}	0.89	0.79	0.83	0.79

4.2 指标权重计算

根据该文第 2 节基于 AHP 和 DEA 模型的指标赋权 AHP 方法,计算得到各指标权重如表 3 所示。

表 3 指标权重

Table 3 The weights of indices

2 级指标	指标权重	3 级指标	指标权重
经济环境风险	0.332	A_1	0.318
		A_2	0.240
		A_3	0.246
		A_4	0.196
		A_5	0.316
政策环境风险	0.212	A_6	0.234
		A_7	0.142
		A_8	0.308
		A_9	0.234
		A_{10}	0.230
交易环境风险	0.211	A_{11}	0.236
		A_{12}	0.300
		A_{13}	0.316
外部环境风险	0.244	A_{14}	0.238
		A_{15}	0.446

4.3 指标关联系数风险评级计算

以公司 P_1 为例,根据构建的经典域、节域和相关数据,利用式(11)计算风险指标与各等级的关联系数和风险评级,结果如表 4 所示。同理,计算其他 3 个公司的综合风险等级情况,结果如表 5 所示。

表 4 风险评估结果

Table 4 Risk evaluation result

公司	各等级关联系数				风险等级
	IV	III	II	I	
P_1	-0.59	-0.27	-0.19	-0.02	I
P_2	-0.67	-0.46	-0.18	0.09	I
P_3	-0.69	-0.47	0.16	-0.22	II
P_4	-0.67	-0.44	-0.09	0.06	I

表 5 P_3 指标关联系数及风险评级结果

Table 5 Correlation coefficient of P_3 and risk evaluation results

风险指标	各等级关联系数				评估等级
	IV	III	II	I	
A_1	-0.51	0.18	-0.38	-0.18	I
A_2	-0.23	0.12	-0.20	0.46	I
A_3	-0.67	0.23	0.17	-0.35	II
A_4	-0.23	0.17	0.21	-0.45	II
A_5	-0.45	-0.16	0.24	0.39	I
A_6	-0.59	-0.46	0.23	0.45	I
A_7	-0.76	-0.66	0.17	0.28	I
A_8	-0.39	0.00	0.01	0.13	I
A_9	-0.80	-0.67	-0.10	0.10	I
A_{10}	-0.52	-0.24	-0.36	-0.08	I
A_{11}	-0.92	-0.87	-0.35	0.27	I
A_{12}	-0.82	-0.75	-0.35	0.39	I
A_{13}	-0.53	0.32	0.15	0.17	III
A_{14}	-0.88	-0.82	-0.53	0.47	I
A_{15}	-0.76	-0.23	-0.56	-0.09	I
经济环境	-0.42	0.163	-0.03	-0.41	II
政策环境	-0.50	-0.25	-0.38	0.20	I
交易环境	-0.74	-0.59	-0.02	0.01	I
外部环境	-0.73	-0.09	-0.18	0.13	III
综合	-0.59	-0.27	-0.02	-0.19	II

4.4 结果分析

在物元可拓模型中,指标或者项目与某等级关联系数越大,则与该等级关联程度越高。根据表 4

可知,从整体上来看,对于供电公司 P_1 、 P_2 、 P_4 ,其风险评估结果均与 I 级关联程度最大,表示其在营配调一体化情形下面临的风险较小,根据表 4 可以看出供电公司 P_3 与 II 级关联度最大,其次与 I 级关联度大,表明了公司 P_3 风险等级有向 I 级变化的趋势。

根据物元可拓模型的定义,指标与各等级的关联系数影响风险等级评估的结果。因此可通过计算指标与各等级的关联系数来分析表 4 中风险等级为 II 级公司的影响因素。根据表 5 可知,指标区域电力需求风险和线损风险与 II 级关联系数最高,其中电网建设风险与 III 级关联系数最高,在所有指标中表现最差,从而使得 P_3 在整体指标评级中表现最差。

5 结语

对于营配调一体化情形下的系统综合风险评估问题,针对传统评估方法存在的风险等级难以判断、结果模糊性,以及指标赋权过程中存在的人为误差等缺点,主要研究内容及结论如下。

1)提出了基于改进物元可拓模型的分析方法,针对物元可拓模型中经典域、节域与待评物元范围可能存在的不相容问题,提出归一化改进方法;基于 AHP 和 DEA 模型提出了指标的组赋权方法,提升了物元可拓模型计算结果的准确性。

2)根据所提的模型对 4 个地区电网营配调一体化情形下的综合风险开展了案例分析,计算结果验证了风险评估模型的有效性。此外,通过对案例中的风险指标与各等级的关联系数开展分析,表明电网建设风险指标对营配调一体化情形下的电网综合风险影响较大,因此为提升电网的抗风险能力,后续可对其薄弱风险指标方面开展重点建设工作。

根据该文的案例分析可以看出,电网建设风险指标为影响 P_3 营配调一体化风险的主要因素。更进一步由指标定义可知,电网建设风险主要与项目投资、建设等方面有关。综上可知,为降低面临的潜在风险,今后可考虑对系统的该方面进行适当优化,

以提高公司的抗风险能力。

参考文献:

- [1] 杨雍琦,薛万磊,单葆国,等.新旧动能转换背景下综合能源服务模式[J].中国电力,2019,52(8):135-143+163.
YANG Yongqi, XUE Wanlei, SAN Baoguo, et al. Comprehensive energy service mode under the replacement of old growth drivers with new ones[J]. Electric Power, 2019, 52(8):135-143+163.
- [2] 郝思鹏,楚成彪,方泉,等.营配调一体化平台及其关键技术研究[J].电测与仪表,2014,51(24):101-105.
HAO Sipeng, CHU Chenbiao, FANG Quan, et al. Research on marketing-distribution-dispatching integration platform and its key technologies[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2014, 51(24):101-105.
- [3] 刘岩峥.营配调数据融合的配网故障分析预测[J].电子技术与软件工程,2018(22):159.
LIU Yanzheng. Analysis and prediction of distribution network faults based on data fusion of business distribution[J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2018(22):159.
- [4] 翟长国,黄小鈇,叶剑斌,等.农村电网营销配电调度管理模式优化的探讨[J].电力系统自动化,2012,36(3):101-105.
ZHAI Changguo, HUANG Xiaoshu, YE Jianbin, et al. Marketing-distribution-dispatch management model optimization for country grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(3):101-105.
- [5] 樊磊,周永超,贺蓉,等.营配调末端融合的供电综合风险预警模型[J].电网与清洁能源,2019,35(9):64-68.
FAN Lei, ZHOU Yongchao, HE Rong, et al. Comprehensive risk warning early model of power supply based on business distribution terminal integration[J]. Power System and Clean Energy, 2019, 35(9):64-68.
- [6] 李端超,王松,黄太贵,等.基于大数据平台的电网线损与窃电预警分析关键技术[J].电力系统保护与控制,2018,46(5):143-151.
LI Duanchao, WANG Song, HUANG Taigui, et al. Key technologies of line loss and stealing electricity prediction analysis based on big data platform[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(5):143-151.
- [7] 曾婷婷.考虑双向契合的产品设计中人岗匹配度测算研究及应用[D].重庆:重庆大学,2014.
- [8] 李琼林,代双寅,丁同,等.基于主客观组合赋权法的低压配电网电能质量能耗综合评估[J].电测与仪表,2020,57(12):52-59.
LI Qionglin, DAI Shuangyin, DING Tong, et al. Comprehensive assessment of power quality and energy consumption of low-voltage distribution network based on subjective and objective combination weighting method[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2020, 57(12):52-59.
- [9] 李锰,刘巍,李鹏,等.计及投资效益评估的县级配电网投资分配方法[J].电力科学与技术学报,2020,35(6):83-89.
LI Meng, LIU Wei, LI Peng, et al. County-level distribution network investment distribution method considering investment benefit evaluation[J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2020, 35(6):83-89.
- [10] 王楠,王伟,张鑫,等.改进的层次分析法在变压器油纸绝缘状态评估中的应用[J].高压电器,2019,55(12):187-192.
WANG Lan, WANG Wei, ZHANG Xin, et al. Application of improved analytic hierarchy process in the evaluation of transformer oil-paper insulation state[J]. High Voltage Apparatus, 2019, 55(12):187-192.
- [11] 王先甲,张熠.基于AHP和DEA的非均一化灰色关联方法[J].系统工程理论与实践,2011,31(7):1222-1229.
WANG Xianjia, ZHANG Yi. Non-uniform grey relational method based on AHP and DEA[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2011, 31(7):1222-1229.
- [12] 鲁强,刘进,蒋东方.中国电网行业发展效率及区域差异分析[J].中国电力,2019,52(2):119-124.
LU Qiang, LIU Jin, JIANG Dongfang. Analysis of the development efficiency and regional differences of China's power grid industry[J]. Electric Power, 2019, 52(2):119-124.
- [13] 雍浩,杨少华,杨颖,等.基于DEA-Malmquist指数法的供电企业绩效评价研究[J].智慧电力,2019,47(4):

73-80.

YONG Hao, YANG Shaohua, YANG Yin, et al. Research on performance evaluation of power supply enterprise based on DEA-Malmquist index method[J]. Smart Power, 2019, 47(4): 73-80.

- [14] 周剑, 罗添允, 李智勇, 等. 基于改进可拓层次分析的停电影响综合评估[J]. 电力系统保护与控制, 2019, 47(3): 31-38.

ZHOU Jian, LUO Tianrong, LI Zhiyong, et al. Comprehensive evaluation of power outage impact based on improved extensional analytic hierarchy process[J]. Power System Protection and Control, 2019, 47(3): 31-38.

- [15] 马国顺, 何广平. 确定权重的主客观综合法[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2000, 36(3): 25-27.

MA Guoshun, HE Guangping. The synthetic method of selecting weight[J]. Journal of Northwest Normal University(Natural Science), 2000, 36(3): 25-27.

- [16] 李泓泽, 郭森, 唐辉, 等. 基于改进变权物元可拓模型的电能质量综合评价[J]. 电网技术, 2013, 37(3): 92-98.

LI Hongze, GUO Shen, TANG Hui, et al. Comprehensive evaluation on power quality based on improved matter-element extension model with variable weight[J]. Power System Technology, 2013, 37(3): 92-98.

- [17] 刘颖英, 冯丹丹, 林才华, 等. 电能质量综合评估研究现状及发展趋势[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(4):

167-176.

LIU Yinying, FENG Dandan, LIN Caihua, et al. Current status and development trend of comprehensive evaluation of power quality[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(4): 167-176.

- [18] 冷华, 童莹, 李欣然, 等. 配电网运行状态综合评估方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(1): 53-59.

LENG Hua, TONG Yin, LI Xinran, et al. Comprehensive evaluation method research of the operation state in distributed network[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(1): 53-59.

- [19] 郑倩, 罗耀明, 刘鲲鹏, 等. 基于 AHP-Entropy 的电网营销服务网点投资合理性模糊综合评价研究[J]. 电网与清洁能源, 2020, 36(1): 41-45.

ZHEN Qian, LUO Yaoming, LIU Kunpeng, et al. Research on fuzzy comprehensive evaluation of investment rationality of power grid marketing service network based on AHP-Entropy[J]. Power System and Clean Energy, 2020, 36(1): 41-45.

- [20] 史智萍, 单体华, 刘文峰, 等. 基于物元-可拓模型的电网运行风险综合评价[J]. 电网技术, 2015, 39(11): 3233-3239.

SHI Zhiping, SHAN Tihua, LIU Wenfeng, et al. Comprehensive evaluation of power network operation risk based on matter-element extensible model[J]. Power System Technology, 2015, 39(11): 3233-3239.