

HPLC 供应商多维度评价方法研究

张 波¹, 唐 亮¹, 梁晓伟², 李 明³, 唐轶轩³, 张 靖³

(1. 国网安徽省电力有限公司, 安徽 合肥 230022;

2. 国网安徽省电力有限公司电力科学研究院, 安徽 合肥 230601;

3. 国网安徽省电力有限公司信息通信分公司, 安徽 合肥 230061)

摘 要:在 HPLC(高速电力载波通讯)技术中,针对 HPLC 设备供产商评价问题,提出了多维度的评价方法。通过全面地考虑供应商各个方面的信息,从集中器、载波方式、CCO 模块、STA 模块四个维度对供应商进行评价,构建供应商多维度评价的架构示意图,并建立供应商评价的数据模型。通过采用集中器、载波方式、CCO 模块和 STA 模块的工作方式,实现高频数据采集、停电主动上报、时钟精准管理、相位拓扑识别、台区自动识别、ID 统一标识管理、档案自动同步、通信性能监测和网络优化等功能,进而通过多指标、多体系、多规则、多组织地对供应商行为进行评价监督和管理。试验结果表明,设计方案的评价标准优于其他方案的评价标准,大大提高了工作效率,优化了企业管理,降低了成本。

关键词:高速电力载波通讯设备;多维度评价;数据模型;评价指标;供应商行为

中图分类号:C931.9;TP399

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2021)06-0158-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2021.06.028

Research on HPLC Supplier Multi-dimensional Evaluation Method

ZHANG Bo¹, TANG Liang¹, LIANG Xiao-wei², LI Ming³, TANG Yi-xuan³, ZHANG Jing³

(1. State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd., Hefei 230022, China;

2. State Grid Anhui Electric Power Research Institute, Hefei 230601, China;

3. Information & Telecommunication Branch of State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd., Hefei 230061, China)

Abstract: In the HPLC (high-speed power carrier communication) technology, a multi-dimensional evaluation method is proposed for the evaluation of HPLC equipment suppliers. Comprehensively considering all aspects of supplier information, we evaluate suppliers from the four dimensions of concentrator, carrier mode, CCO module and STA module and construct a schematic diagram of supplier multi-dimensional evaluation and supplier evaluation data. The model adopts the working mode of concentrator, carrier mode, CCO module and STA module to achieve high-frequency data collection, active power failure reporting, accurate clock management, phase topology identification, automatic station identification, unified ID management and automatic file synchronization, communication performance monitoring, network optimization and other functions. Then the supplier behavior is evaluated, monitored and managed by multiple indicators, systems, rules and organizations. The test shows that the scheme designed is superior to other schemes in evaluation criteria, greatly improving work efficiency, optimizing enterprise management and reducing costs.

Key words: high-speed power carrier communication equipment; multi-dimensional evaluation; data model; evaluation index; supplier behavior

0 引言

随着 ERP 系统以及电子商务技术的完善和发展,很多企业乐意选用计算机技术为基础作为管理工具,以先进的管理技术为依托^[1-3],不断优化企业的供应链,以达到提高效率,优化管理,降低成本,增强企业竞争力的目的。HPLC 是一种高速电力线通信技术,电力线通信技术是指利用电力线作为通信介质进行数据

传输的一种通信技术^[4-6]。由于电力线是最普及、覆盖范围最广的一种物理媒体,利用电力线传输数据信息,具有极大的便捷性,无需重新布线^[7],即可将所有与电力线相连接的电器组成一个通信网络,进行信息交互和通信。这种方式实施简单,维护方便,可以有效降低运营成本、减少构建新的通信网络的支出,因而已成为智能电网、能源管理、智慧家庭、光伏发电、电动汽

车充电等应用的主要通信手段。通过 HPLC 技术,可实现高频数据采集、停电主动上报、时钟精准管理、相位拓扑识别、台区自动识别、ID 统一表示管理、档案自动同步、通信性能检测和网络优化等功能。在使用 HPLC 技术时,尤其是对于企业而言,可能会面临着多种供应商名称,如何选择供应商也是企业面临的一大难题^[8-10]。在常规技术中,通常依靠人力进行供应商评价,这种方法不仅在评价中会出现误差,而且人力工作难以做到公正,这就给供应商评价带来困难。基于此,提出一种多维度的评价方法,能够多角度、多方位地对供应商进行评价,大大增加了评价的准确率。

1 整体方案架构设计

为做好安装 HPLC 的采集、计量装置推广应用,提升 HPLC 的运用水平,实现高频采集、费控操作、低压停电事件监控,满足用电信息采集系统支撑营销、运检、发展和调控等专业应用^[11],针对 HPLC 芯片及相关供应商评价,以业务为主线,以功能为核心,按安装 HPLC 芯片的集中器、载波方式、CCO 终端、STA 采集器四个维度进行,评价周期以月为单位进行,同时增加以周为单位的监控和以日为单位进行消缺。

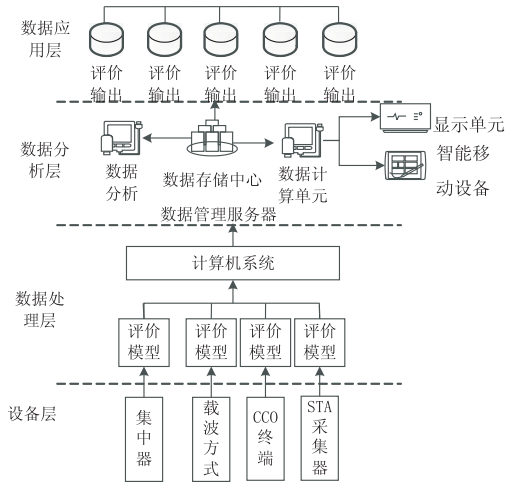


图1 总体架构示意图

通过构建图1所示的架构示意图实现 HPLC 供应商多维度评价。在评价系统图中,架构图主要包括设备层、数据处理层、数据分析层和数据应用层,通过构建“物联网”形式的架构图,能够实时在线评价 HPLC 供应商情况。在该设计中,通过评价集中器、载波方式、CCO 终端以及 STA 采集器的方式^[12],分别结合各种不同的评价标准多角度、多方位地评价 HPLC 供应商情况。其中 HPLC 模块的应用分为装载在集中器上的 CCO 模块和装载在电能表上的 STA 模块两部分,在对 HPLC 模块厂商进行综合评价时也按照模块装载位置的不同分两部分计算。下面对其数据模型进行介绍。

2 数据模型的建立

2.1 CCO 模块和 STA 模块评价模型

假设某 HPLC 模块厂商 A_1 提供的模块总数量为 N ,其中包含的 CCO 模块有 N^{cco} 个,分布到 B_{11}^{cco} 、 B_{12}^{cco} 两批次中的模块数量为 n_1^{cco} 、 n_2^{cco} ,剩余的 N^{sta} 个模块为 STA 模块分布到 B_{11}^{sta} 、 B_{12}^{sta} 、 B_{13}^{sta} 三个批次的电能表中,这三个批次的电能表数分别为 n_1^{sta} 、 n_2^{sta} 、 n_3^{sta} 。参照 HPLC 模块厂商评价维度可知,参与 HPLC 模块厂商评价指标共有 20 项,对应的权重记为: $f = (f_{11}f_{12}\cdots f_{120})$;CCO 模块的各项得分为: $V_{i1}^1, V_{i2}^1, \cdots, V_{i20}^1, i = 1, 2$;STA 模块的各项得分为: $V_{j1}^1, V_{j2}^1, \cdots, V_{j20}^1, j = 1, 2, 3$ 。在进行 HPLC 模块厂商的评价时,可利用以下公式:

(1) CCO 模块得分。

$$A_1^{\text{cco}} \begin{cases} B_{11}^{\text{cco}} (V_{11}^1 V_{12}^1 \cdots V_{120}^1) \\ B_{12}^{\text{cco}} (V_{21}^1 V_{22}^1 \cdots V_{220}^1) \end{cases}$$

$$S_{A_1}^{\text{cco}} = \frac{1}{N^{\text{cco}}} (n_1^{\text{cco}} S_{B_{11}}^{\text{cco}} + n_2^{\text{cco}} S_{B_{12}}^{\text{cco}})$$

(2) STA 模块得分。

$$A_1^{\text{sta}} \begin{cases} B_{11}^{\text{sta}} (V_{11}^1 V_{12}^1 \cdots V_{120}^1) \\ B_{12}^{\text{sta}} (V_{21}^1 V_{22}^1 \cdots V_{220}^1) \\ B_{13}^{\text{sta}} (V_{31}^1 V_{32}^1 \cdots V_{320}^1) \end{cases}$$

$$S_{A_1}^{\text{sta}} = \frac{1}{N^{\text{sta}}} (n_1^{\text{sta}} S_{B_{11}}^{\text{sta}} + n_2^{\text{sta}} S_{B_{12}}^{\text{sta}} + n_3^{\text{sta}} S_{B_{13}}^{\text{sta}})$$

其中,

$$S_{B_{1i}}^{\text{cco}} = f_{11} V_{i1}^1 + f_{12} V_{i2}^1 + \cdots + f_{120} V_{i20}^1; i = 1, 2$$

$$S_{B_{1j}}^{\text{sta}} = f_{11} V_{j1}^1 + f_{12} V_{j2}^1 + \cdots + f_{120} V_{j20}^1; j = 1, 2, 3$$

特别地,在计算 HPLC 模块厂商的综合评价得分时,考虑到某 HPLC 集中器所装载的 CCO 模块厂商与该集中器下应采的各批次电能表所装载的 STA 模块可能来自不同的 HPLC 模块厂商,故追加评价不同 HPLC 模块厂商之间的兼容性。对此考虑对现有的 CCO 模块与所连接 STA 模块的不同组合方式下的得分情况,对所有 CCO 模块和 STA 模块组合相同的批次得分进行加权综合,得到每一种组合方式的评价得分用来比较各 HPLC 模块厂商之间的兼容性优劣^[13],得分越高说明该组合兼容性越好。

2.2 兼容性指标得分

兼容性指标得分的计算方式有别于其他指标,以某 HPLC 模块厂商 A_1 的兼容性得分计算方法作为示例,不妨假设该厂商的 STA 模块与其他 CCO 模块厂商的组合方式有 n 种,首先计算这 n 个组合的前 19 项评价指标的综合得分,记为^[14]: $(S_1^{\text{sta}} S_2^{\text{sta}} \cdots S_{19}^{\text{sta}})$,它们的中位数为 M^{sta} ,统计组合中得分大于或等于中位数的个数记为 n^{mid} ,则该厂商 STA 模块兼容性指标得

分为:

$$S_{\text{comp}} = f_{120} V_{120}^1 = \frac{n^{\text{mid}}}{n} f_{120}$$

同理可得该厂商 CCO 模块兼容性指标得分。通过以下公式进行评价:

(1) 正向有功及四费率采集成功率。

正向有功及四费率采集成功率 =

$$\frac{\text{正向有功采集成功电表数}}{\text{应抄电能表数}}$$

(2) 反向有功及四费率采集成功率。

反向有功及四费率采集成功率 =

$$\frac{\text{反向有功采集成功电表数}}{\text{应抄电能表数}}$$

(3) 电压准实时曲线采集成功率、完整率。

电压准实时曲线采集成功率 =

$$\frac{A、B、C \text{ 相电压采集成功数}}{\text{应抄电表数} \times \text{相数}}$$

电压准实时曲线采集完整率 =

$$\frac{A、B、C \text{ 相电压实采点数}}{\text{电流应采点数} \times \text{相数} - \text{电流停电影响点数}}$$

(4) 电流准实时曲线采集成功率、完整率。

电流准实时曲线采集成功率 =

$$\frac{A、B、C \text{ 相电流采集成功数}}{\text{应抄电能表数} \times \text{相数}}$$

电流准实时曲线采集完整率 =

$$\frac{A、B、C \text{ 相电流实采点数}}{\text{电流应采点数} \times \text{相数} - \text{电流停电影响点数}}$$

(5) 功率准实时曲线采集成功率、完整率。

功率准实时曲线采集成功率 =

$$\frac{\text{有功、无功功率采集成功数}}{\text{应抄电能表数} \times \text{相数}}$$

功率准实时曲线采集完整率 =

$$\frac{\text{有功、无功功率实采点数}}{\text{功率应采点数} \times \text{相数} - \text{功率停电影响点数}}$$

(6) 零线电流准实时曲线采集成功率、完整率。

零线电流准实时曲线采集成功率 =

$$\frac{A、B、C \text{ 相零线电流采集成功电表数}}{\text{应采电能表数} \times \text{相数}}$$

零线电流准实时曲线采集完整率 =

$$\frac{A、B、C \text{ 相零线电流实采点数}}{\text{零线电流应采点数} \times \text{相数} - \text{电流停电影响点数}}$$

(7) 相位识别采集成功率(仅计算单相)。

相位识别采集成功率 =

$$\frac{\text{单相识别成功实采电能表数}}{\text{单相应采电能表总数}}$$

2.3 集中器评价

在评价集中器时,通过评价日冻结示值采集成功率、准实时曲线采集成功率、停电事件应用评价、相位识别应用、台区识别应用、费控应用、互联互通应用等,

根据这些参数实现集中器的综合评价。在工作时,集中器每天定时启动从节点主动注册,集中器载波模块主动注册新增电能表信息并上报给集中器,集中器根据路由上报的内容跟集中器自身档案比对,将档案外的新增电表信息进行存储,并产生新增电表事件通知主站^[15-16],主站拓展对比分析基于采集系统、营销系统的台区档案、已同步档案、黑名单档案等分析功能,生成待核查台区档案信息。其工作流程如图 2 所示。

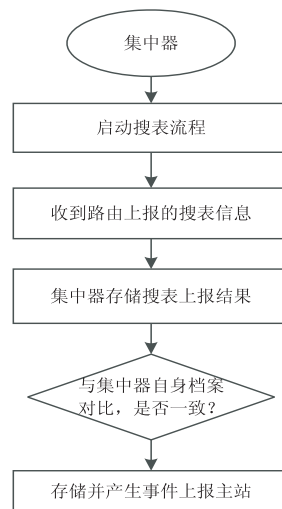


图 2 集中器工作原理

根据上述工作过程,在主站能够远程监控集中器的工作状态,通过集中器的运行情况,实现对集中器的工作特性进行综合评价和分析。

2.4 载波方式数据评价模型

载波方式包含全载波和半载波以及全载波、半载波共存的方式,如何通过这种方式综合评价载波情况,需要采用的数据均不同。

2.4.1 全载波评价方式

假设某 HPLC 厂商下挂 300 个电表,采用全载波方式,分属 4 个厂商 B_{11} 、 B_{12} 、 B_{13} 、 B_{14} ,对应电表数为 80、20、160、40。4 个 B 级厂商电表对应的 25 个指标值为: $V_{12}^1, V_{13}^1, \dots, V_{125}^1, i = 1, 2, 3, 4$ 。更清晰的从属关系如下所示:

$$A_1 \begin{cases} B_{11} (V_{11}^1 & V_{12}^1 & \dots & V_{125}^1) \\ B_{12} (V_{21}^1 & V_{22}^1 & \dots & V_{225}^1) \\ B_{13} (V_{31}^1 & V_{32}^1 & \dots & V_{325}^1) \\ B_{14} (V_{41}^1 & V_{42}^1 & \dots & V_{425}^1) \end{cases}$$

计算 HPLC 厂商 A_1 的综合得分为:

$$H_{A_1} = \frac{1}{300} (80H_{B_{11}} + 20H_{B_{12}} + 160H_{B_{13}} + 40H_{B_{14}}) \times 0.7$$

其中:

$$H_{B_{1i}} = 7.8V_{i1}^1 + \dots + 2.3V_{i12}^1 + \dots + 7.8V_{i25}^1, i = 1, 2, 3, 4$$

2.4.2 半载波评价方式

假设某 HPLC 厂商 A_2 下挂 300 个电表,采用半载波方式,分属 2 个厂商 B_{21} 、 B_{22} ,对应电表数均为 100。2 个 B 级厂商电表对应的 25 个指标值为: $V_{i2}^1, V_{i3}^1, \dots, V_{i25}^1, i = 1, 2$ 。更清晰的从属关系如下所示:

$$A_2 \begin{cases} B_{21} (V_{11}^2 & V_{12}^2 & \dots & V_{125}^2) \\ B_{22} (V_{21}^2 & V_{22}^2 & \dots & V_{225}^2) \end{cases}$$

计算 HPLCA₂ 厂商的综合得分为:

$$H_{A_2} = \frac{1}{200} (100H_{B_{21}} + 100H_{B_{22}}) \times 0.3$$

其中:

$$H_{B_{2i}} = 7.8V_{i1}^2 + \dots + 2.3V_{i12}^2 + \dots + 7.8V_{i25}^2, i = 1, 2$$

2.4.3 全载波、半载波共存评价方式

假设某 HPLC 厂商 A_3 下挂 500 个电表,分属 6 个厂商。全载波 300 个,分属 4 个厂商 B_{31} 、 B_{32} 、 B_{33} 、 B_{34} ,对应电表数为 80、20、160、40。半载波 200 个,分属 2 个厂商 B_{35} 、 B_{36} ,对应电表数均为 100。6 个 B 级厂商电表对应的 25 个指标值为: $V_{i2}^3, V_{i3}^3, \dots, V_{i25}^3, i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ 。更清晰的从属关系如下所示:

$$A_3 \begin{cases} B_{31} (V_{11}^3 & V_{12}^3 & \dots & V_{125}^3) \\ B_{32} (V_{21}^3 & V_{22}^3 & \dots & V_{225}^3) \\ \dots \\ B_{36} (V_{61}^3 & V_{62}^3 & \dots & V_{625}^3) \end{cases}$$

计算 HPLCA₃ 厂商的综合得分为:

$$H_{A_3} = \frac{1}{300} (80H_{B_{31}} + 20H_{B_{32}} + 160H_{B_{33}} + 40H_{B_{34}}) \times 0.7 + \frac{1}{200} (100H_{B_{35}} + 100H_{B_{36}}) \times 0.3$$

其中:

$$H_{B_{3i}} = 7.8V_{i1}^3 + \dots + 2.3V_{i12}^3 + \dots + 7.8V_{i25}^3, i = 1, 2, \dots, 6$$

假设某 HPLC 厂商 A_4 下挂 200 个电表,分属 2 个厂商 B_{41} 、 B_{42} 。厂商 B_{41} 对应电表中有 80 个全载波记为 B_{41}^a , 20 个半载波记为 B_{41}^b 。厂商 B_{42} 对应 100 个电表均为全载波。2 个 B 级厂商电表对应的 25 个指标值为: $V_{i2}^4, V_{i3}^4, \dots, V_{i25}^4, i = 1, 2$ 。更清晰的从属关系如下所示:

$$A_4 \begin{cases} B_{41}^a (V_{q11}^4 & V_{q12}^4 & \dots & V_{q125}^4) \\ B_{41}^b (V_{b11}^4 & V_{b12}^4 & \dots & V_{b125}^4) \\ B_{42} (V_{21}^4 & V_{22}^4 & \dots & V_{225}^4) \end{cases}$$

计算 HPLCA₄ 厂商的综合得分为:

$$H_{A_4} = \frac{1}{200} \left(\frac{1}{100} (80H_{B_{41}^a} \times 0.7 + 20H_{B_{41}^b} \times 0.3) + 100H_{B_{42}} \times 0.7 \right)$$

其中:

$$H_{B_{4i}} = 7.8V_{i1}^4 + \dots + 2.3V_{i12}^4 + \dots + 7.8V_{i25}^4, i = 1, 2$$

3 试验结果与分析

通过上述讨论,将该技术方案在国网安徽省电力有限公司进行试验,按照上文所述的计算模型,根据集中器、载波方式、CCO 模块、STA 模块四个维度对供应商进行评价。试验的硬件条件为:操作系统为 Microsoft Windows 2015, 64 位。主要开发工具为 Visual Studio 2015, OpenCV 3.0。运行环境硬件参数为 CPU: inter(R) Core(TM) i7; 主频为 2.59 GHz; 内存 16G。然后再结合设备质量和售后服务两部分对 HPLC 供应商进行多维度评价与考核^[17-19]。

用户对相同厂家不同载波方式赋予不同权重进行计算考核得分。在进行质量考察时,其中设备质量模块考虑设备检定、日冻结采集成功率、准实时曲线采集成功率、相位识别、停电应用、台户识别、费控应用率、互联互通等项目。在每个项目下又分为不同的子项。售后服务模块主要考虑连续 3 天采集失败电能表和软件版本管理两个评价项目。在试验时,选取 5 家地市公司 9 个台区共计 3 404 户,涉及 10 个模块厂家,3 个集中器厂家。5 个模块厂家为一组,每个试点台区,载波模块数量尽量均等,以一周时间为一个测试周期,表计的载波模块(采集器)保持不变,每个测试周期结束后,集中器更换不同厂家的载波模块,保证每个厂家的模块都能进行集中器磨合测试,以实现互联互通。试验架构如图 3 所示。



图3 试验架构图

其中试验通讯图如图 4 所示。

采用文中的方法对集中器、电能表、交换机分别进行评价,如表 1 所示。

通过试验,在高频数据采集方面:试点台区日冻结示值采集成功率 99.93%,其中全载台区基本达到 100%。96 点负荷曲线采集成功率 98.73%。停上电事件主动上报方面:完成所有试点台区测试工作,单户、表箱、分支箱停电后均有停电报文上送至用采主

站,在淮南西城嘉园台区完成模块复电事件上报测试;相位识别方面:收集试点台区的相位信息,现场手动调整部分采集器与表计接线相位,通过主站侧进行招测核实,完成相位识别测试。目前已安装至现场在运的 HPLC 模块集中器 204 台,涉及的电能表数为 23 290 只,整体日冻结值采集成功率 89.12%,负荷曲线成功率均为 67.53%。按上述综合评价方法与步骤得到的最终考核得分越高表示该 HPLC 厂商供应的机器越好。

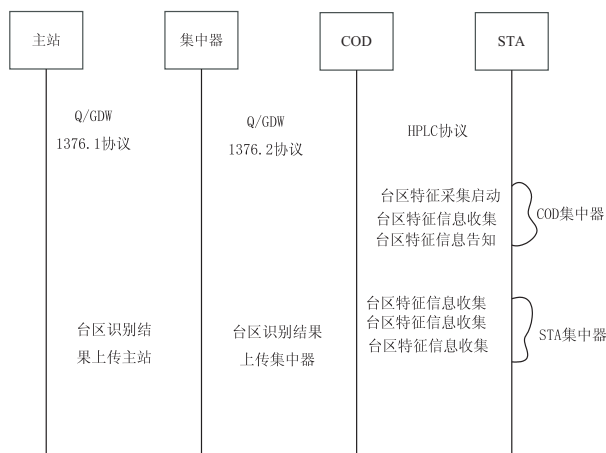


图 4 试验通讯结构

表 1 试验对比

试验仪器台	台数	测试项目	成功率/%
集中器	100	台区日冻结值采集成功率	99.87
		负荷曲线成功率	99.71
电能表	100	台区日冻结值采集成功率	99.62
		负荷曲线成功率	99.31
交换机	100	台区日冻结值采集成功率	99.17
		负荷曲线成功率	99.31

4 结束语

通过集中器、载波方式、CCO 模块、STA 模块四个维度对供应商进行多角度评价,实现对供应商行为的多标准评价和监督管理。该研究还通过构建系统结构图实现供应商的物联网技术通讯,通过远程监控端,实现设备的监测和数据接收,并构建不同形式的供应商评价模型,进而多个角度地基于交易数据的评价指标对供应商进行自动评分。利用 HPLC 高速率特点,可以有效提升电能表自动抄表成功率,并可实现电能表电压、电流数据的高频采集,可以开展供电线路老化趋势分析,监测电网电压质量和负荷波动情况。由系统自动对历史数据进行归集和计算,以数据的形式跟踪供应商交易过程,进而达到优化企业供应商资源,降低采购成本,保证提高产品质量,增强市场竞争力的目的。该研究为做好安装 HPLC 的采集、计量装置推广

应用,提升 HPLC 的运用水平,实现高频采集、费控操作、低压停电事件监控,满足用电信息采集系统支撑营销、运检、发展和调控等专业应用奠定技术基础,也为下一步 HPLC 的应用提供了应用依据。

参考文献:

- [1] 张树梁,陈友玲,张 豆. 供应链中供应商选择决策方法[J]. 计算机应用研究,2015,32(4):1024-1027.
- [2] 江 山,鲍俊材. 浅析供应商的选择与评价[J]. 核标准计量与质量,2014(2):22-25.
- [3] 付立坤,乔佩利,朱立峰. 供应商选择的分布式搜索算法[J]. 哈尔滨理工大学学报,2014,19(4):106-110.
- [4] 王广泽,杨桂芝,胡楠楠,等. 证据推理方法在供应商评估中的应用[J]. 哈尔滨理工大学学报,2017,22(6):76-81.
- [5] 李 娜,李随成,王 玮. 供应商供应网络位置与企业绩效:网络认知能力的作用[J]. 管理科学,2015(2):49-59.
- [6] 陈志宗,尤建新. 基于超效率 Context-Dependent DEA 模型的供应商评价[J]. 工业工程与管理,2013,18(5):6-12.
- [7] 张立军,陈 跃,袁能文. 基于信度分析的加权组合评价模型研究[J]. 管理评论,2012,24(5):170-176.
- [8] 张 诚. 我国供应链管理研究综述[J]. 华东交通大学学报,2011,28(3):92-97.
- [9] 胡保亮,方 刚. 网络位置、知识搜索与创新绩效的关系研究-基于全球制造网络与本地集群网络集成的观点[J]. 科研管理,2013,34(11):9-27.
- [10] 吴福象,蒋天颖,孙 伟. 网络位置、知识转移对集群企业竞争优势的影响——一项基于对温州乐清低压电器产业集群的实证研究[J]. 科研管理,2013,34(12):48-57.
- [11] 贺金霞. 快递企业竞争力评价指标体系研究[J]. 河南工程学院学报:社会科学版,2009,24(3):19-22.
- [12] 李 勃,李随成. 制造企业供应商整合对供应商创新性影响研究[J]. 科技进步与对策,2015(4):77-84.
- [13] 彭张林,张 强,王素凤,等. 基于评价结论的二次组合评价方法研究[J]. 中国管理科学,2016,24(9):156-164.
- [14] 李随成,李 勃,张延涛. 供应商创新性、网络能力对制造企业产品创新的影响-供应商网络结构的调节作用[J]. 科研管理,2013,34(11):103-113.
- [15] 郭 彬,梁江萍,刘引萍. 绿色供应链环境下基于 ANP-TOPSIS 的供应商评价与选择研究[J]. 科技管理研究,2015(11):229-234.
- [16] 罗新星,彭素华. 绿色供应链中基于 AHP 和 TOPSIS 的供应商评价与选择研究[J]. 软科学,2011,25(2):53-56.
- [17] 孙文清. 第三方物流供应商评价的实证研究-基于探索性因子分析与综合赋权法[J]. 中国流通经济,2014(3):91-95.
- [18] 李美娟,陈国宏,陈 勃,等. 基于方法集化的动态组合评价方法研究[J]. 中国管理科学,2013,21(2):132-136.
- [19] 王先甲,汪 磊. 基于马氏距离的改进型 TOPSIS 在供应商选择中的应用[J]. 控制与决策,2012,27(10):1566-1570.