

证据推理方法在供应商评估中的应用

王广泽¹, 杨桂芝², 胡楠楠¹, 赵丽华¹

(1. 哈尔滨理工大学 图书馆, 黑龙江 哈尔滨 150080; 2. 哈尔滨理工大学 机械动力工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要: 供应商评估是供应商选择前的一个重要过程, 对供应商选择及供应链管理具有非常重要的意义。然而, 由于受到企业发展现状、目标、技术、管理等多方面的限制, 不同的企业需要根据自身实际需要做出判断, 这样就导致不同企业所选择的供应商评估因素也不同。针对这一问题, 提出采用证据推理方法建立多维度供应商评估模型, 根据不同企业的实际问题, 给出各个维度及因素的权重值。最后, 给出一个企业的应用实例, 通过该算例验证了评估模型的有效性及其合理性。

关键词: 供应商评估; 证据推理; 指标分类; 供应商选择

DOI: 10.15938/j.jhust.2017.06.015

中图分类号: TP399 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2017)06-0076-06

The Application of Evidence Theory in Supplier Evaluation

WANG Guang-ze¹, YANG Gui-zhi², HU Nan-nan¹, ZHAO Li-hua¹

(1. Library, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

(2. School of Mechanical and Power Engineering Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: Supplier evaluation is significant for enterprise's development. Nevertheless, as different enterprises have various restrictions such as target, technology, management and so on. Firstly, in accordance with the need of enterprises according to their actual need, the paper put forward a supplier evaluation index system which uses four dimensions of products, organization, information, environment to judge the case of supplier evaluation. And then set up a model which uses the evidential reasoning approach to address the practical issues. Finally, verify the evaluation model's validity and rationality through the numerical example application of an enterprise.

Keywords: supplier evaluation; evidence theory; target classification; supplier selection

0 引 言

而随着经济全球化的不断加深, 供应链中成员的数量也在不断增加, 供应链中各供应商之间的分

工也越来越详细, 日趋复杂的供应链使得企业在管理和运作过程中存在着许多风险因素, 这其中任意一个供应商出现问题都会给整个供应链带来难以估计的损失和负面效应^[1]。在2016年, 由于电池供应商在设计及生产过程中存在问题, 三星公司召回了350多万台三星 Note7 手机, 直接经济损失高达

收稿日期: 2017-11-15

基金项目: 黑龙江教育厅科学技术研究面上项目(12541180)。

作者简介: 王广泽(1965—), 男, 高级实验师, E-mail: cs2011wyh@126.com;

杨桂芝(1963—), 女, 高级工程师;

胡楠楠(1981—), 女, 馆员。

1 500亿元人民币,此外其品牌也受到了创伤,大量的用户流失^[9]。因此,供应商评估成为供应商选择前的一个重要阶段。一个好的供应商评估结果往往可以为决策者在选择供应商过程中提供正确及有效的建议。反之,不好的供应商评估结果可能会误导决策者,导致其做出错误的决定。

在供应商评估过程中,企业需要根据自己实际情况考虑不同因素对于供应商评估的影响选取自己合适的评估因素^[9]。邵施达提出以产品质量、产品价格、产品服务、供应商信誉作为供应商评估的主要因素^[9]。江山等根据企业的实际情况,选择价格控制、质量保证、市场信誉、资格认证、生产技术能力等11个因素对供应商进行评估^[9]。Dickson确定了采用质量、价格、售后服务等23种常见的供应商属性对供应商进行评估^[9]。Nair着重于供应商的运营与战略标准,建立产品成本、质量、交付情况、灵活性及企业创新能力为主要目标的供应商评估模型^[9]。综上所述,对于不同企业来说,供应商评估需要根据其实际情况选择不同供应商评估指标。

目前来说,企业往往需要考虑很多种因素相结合来对供应商进行评估,所以供应商评估问题通常被看作是一个多属性决策问题^[9]。对于多属性决策问题来说,由于决策信息是由人判断的,并且在判断过程中存在着许多不确定性因素,Govindan采用模糊理论解决供应商评估问题^[9]。颜异等人采用AHP方法建立混合指标下的供应商评估体系。Plebankiewicz等结合模糊理论与分析层次法建立建筑材料供应商评估模型^[10]。

然而这几种方法在指标体系建立时,为评价的全面性和准确性,往往会设立尽可能多的评估指标,这就使得评估体系中存在许多冗余因素及关联性很强的因素,影响了评估效率。并且AHP等评估方法较大程度上依赖决策者主观意志,使得评价结果不够客观,模糊评价法的评价结果容易出现失真、误差很大的情况。因此,针对供应商评估的特点,用更加合理的方法对其进行评价,就显得极为必要

本文提出了采用证据推理方法对供应商进行评估。首先根据供应商评估因素,建立多维度供应商选择模型,选取产品维度、组织维度、信息维度、环境维度、其他维度等多个维度。其次,根据实际情况,给出各维度中不同指标,并给出各指标的属性。最后,给出一个企业实例,根据企业实际数据,选取维度及指标数据,验证了评估模型的有效性及其合理性。

1 问题描述及模型建立

1.1 供应商评估

为了更好的对企业供应链进行管理,降低供应商选择过程的风险,在供应商评估过程中应根据实际企业情况,基于供应链整体,采取主观与客观相结合的原则,通过分析现有的供应商评估体系,考虑企业供应链的实际情况,建立以产品维度、组织维度、信息维度、环境维度、其他维度等5个维度的供应商评估一级指标。

产品维度(P):主要考虑企业生产过程中考虑的最重要的内容,其中主要包括质量、价格、交货情况、其他因素等多个产品维度,该维度可以有效的了解该产品的主要情况。

组织维度(O):主要考察供应商的实力,包括供应商的软硬实力等发展潜力,其中主要包括售后服务、研发、技术、财务、生产、组织、资格等多个方面,该维度主要通过历史数据及专家评估等方法对企业进行评价。

信息维度(I):主要考虑供应商在供应链活动中其信息流转的效率和对外界信息的响应度,主要包括信息共享、信息合作、信息化水平等多方面因素组成。

环境维度(S):主要考察供应商运营的市场环境及其市场信誉情况,此维度主要为了宽阔企业长远的发展战略,降低企业长久发展的风险。

其他维度(E):由于供应商评估因素十分复杂,企业往往会根据不同行业、不同时间段选取不同的评估因素,而一些因素往往只在特殊情况下或者未知情况下存在,因此我们需要给出一个其他维度模块,用来考虑我们没有考虑到的因素,例如环保因素、地理因素等多方面因素。

1.2 供应商评估指标因素

对于供应商评估,我们将其评估指标分为产品维度、组织维度、信息维度、环境维度、其他维度等五个维度。其中影响这五个维度的因素也不尽相同,因此我们根据供应商评估的主要因素筛选出每个指标评估的主要因素,并根据专家知识,给出各个指标的评估等级。

产品维度(P):主要指供应商产品特性,是供应商评估的主要内容,包括质量(P_q)、价格(P_p)、交货情况(P_d)及其他因素(P_e)。

产品质量(P_t):主要是对供应商的产品质量进行评估,主要包括性能(P_{tp})、寿命(P_{tl})、可靠性(P_{tr})以及安全性(P_{ts})。

性能(P_{tp}):即根据产品使用目的所提出的各项功能要求,包括正常性能(P_{tpn})、特殊性能(P_{tps})以及效率(P_{tpe})。

寿命(P_{tl}):即产品能够正常使用的期限。包括使用寿命(P_{tlu})和储存寿命(P_{tls})两种。

可靠性(P_{tr}):即产品在规定时间内和规定条件下,完成规定功能的能力,包括时间可靠性(P_{trt})和条件可靠性(P_{trc})。

安全性(P_{ts}):即产品在流通和使用过程中保证安全的程度,一般要求极其严格,主要包括故障安全性(P_{tsm})和性能安全性(P_{tsp})。

产品价格(P_p):主要包括生产成本(P_{pc})、利润(P_{pp})。

生产成本主要包括各项支出(P_{pcv})及制造费用(P_{pcm})。

交货情况(P_d):主要包括交货准时程度(P_{da})及交货逾期情况(P_{do})。

逾期情况(P_{do}):主要包括逾期比例(P_{doo})及逾期处罚(P_{dop})。

组织维度(O):主要是评价供应商企业的组织能力,包括售后服务(O_a)、研发(O_r)及财务(O_f)。

售后服务(O_a):主要包括售后处理速率(O_{ar})及定期维护频率(O_{am}),其中售后处理速率主要包括售后态度(O_{ara})及售后处理能力(O_{arp}),定期维护频率主要包括维护周期(O_{amc})及维护时间(O_{amt})。

研发(O_r):主要包括研发周期(O_{rc})及技术人员能力(O_{rt})。其中研发周期主要包括研发新技术周期(O_{rcn})及产品生命周期(O_{rcc}),技术人员能力主要包括技术人员职称(O_{rtj})及技术人员能力(O_{rta})。

财务(O_f):主要包括公司资产(O_{fa})及公司债务(O_{fd}),其中公司资产包括固定资产(O_{faf})、流动资产(O_{fal}),公司债务包括公司贷款(O_{fdl})、应付账款(O_{fdp})。

信息维度(I):主要是评价供应商在供应链中的信息能力,包括信息共享(I_s)和信息合作(I_c)。

信息共享(I_s):主要包括信息标准化(I_{ss})及信息规范化(I_{si}),信息标准化主要包括完整性(I_{ssc})及

唯一性(I_{sso}),信息规范化包括权威性(I_{sia})。

信息合作(I_c):主要为信息流通水平(I_{cs}),其中包括信息流通速率(I_{csr})市场反应速度(I_{csm})。

环境维度:主要是指供应商的周围环境因素,主要包括市场环境(S_e)和市场信誉(S_r)。

市场环境(S_e):主要为外部市场环境(S_{em}),包括政治环境(S_{emp})、经济环境(S_{eme})。

市场信誉(S_r):包括产品信誉(S_{rp})及竞争信誉(S_{rc}),其中产品信誉包括产品质量(S_{rpq})以及消费者评价(S_{rpe}),竞争信誉包括质量信誉(S_{rcq})及价格信誉(S_{rcp})。

其他维度(E):主要是指影响供应商评估的其他因素,对于企业供应商,由于评估因素过于复杂,我们无法一一列举所有因素,因此,我们给出一个其他因素,用来建立我们在实际过程中没有给出的因素。主要包括环保因素(E_f)及其他因素(E_t)。

环保因素(E_f):主要包括污染因素(E_{fp})及环保意识(E_{fe}),其中污染因素主要为污染情况(E_{fps}),环保意识主要为供应商的环保意识水平(E_{fpa})。其他因素主要为我们没有给出的因素。

1.3 供应商评估模型

根据供应商评估指标,我们建立了一个三级供应商评估模型,其中对于不同的指标给出不同的权重,权重值则根据供应商评估过程中决策者对于供应商需求给出。

评估登记根据实际情况我们对每个评估等级进行量化或等级化,给出评估等级。供应商评估模型部分指标如表1所示。

从图中我们可以看到每个指标的评估的等级都不相同。

在各项支出中,我们给出 $[P_1, P_2 \cdots P_n]$ 这样一组值为某个企业各个在生产项目方面的支出。 $[P_1, P_2 \cdots P_m]$ 为企业各个产品的制造费用。 $[P_1, P_2 \cdots P_p]$ 为企业年度净利润比。 $[P_1, P_2 \cdots P_r]$ 为如果生产时间延迟,供应商需要承担的惩罚费用。 $[P_1, P_2 \cdots P_j]$ 为产品在生产过程中的柔性。

我们设定 $[O_1, O_2 \cdots O_a]$ 为企业的固定资产, $[O_1, O_2 \cdots O_l]$ 为企业的流动资产, $[O_1, O_2 \cdots O_d]$ 为企业的贷款, $[O_1, O_2 \cdots O_p]$ 为企业应付账款。

表1 供应商评估模型部分指标

维度	一级指标	二级指标	三级指标	评估等级
产品维度(P)	质量(P _l)	性能(P _{tp})	正常性能(P _{tpn})	[优秀,良好,正常,差]
			特殊性能(P _{tps})	[优秀,良好,正常,差]
			效率(P _{tpc})	[高,中,低]
		寿命(P _{tl})	使用寿命(P _{tlu})	[非常长,长,短,非常短]
			储存寿命(P _{tls})	[非常长,长,短,非常短]
	可靠性(P _{tr})	时间可靠性(P _{trt})	[非常可靠,可靠,不可靠]	
		条件可靠性(P _{trc})	[非常可靠,可靠,不可靠]	
		安全性(P _{ts})	故障安全性(P _{tsm})	[特别危险,轻度危险,无]
	价格(P _p)	生产成本(P _{pc})	性能安全性(P _{tsp})	[高,中,低]
			各项支出(P _{pcv})	[P ₁ , P ₂ , …… P _n]
制造费用(P _{pcm})			[P ₁ , P ₂ , …… P _m]	
利润(P _{pp}) :			[P ₁ , P ₂ , …… P _i]	
组织维度(O)	研发(O _r)	技术人员职称(O _{rtj})	[高,中,低]	
		技术人员能力(O _{rita})	[高,中,低]	
信息维度(I)	信息共享(I _s)	信息标准化(I _{ss})	[优秀,良好,正常,差]	
		信息规范化(I _{si})	完整性(I _{ssc})	[优秀,良好,正常,差]
			权威性(I _{sia})	[优秀,良好,正常,差]
环境维度(S)	市场环境(S _e)	外部市场环境(S _{em})	政治环境(S _{emp})	[优秀,良好,正常,差]
		产品信誉(S _{rp})	经济环境(S _{eme})	[优秀,良好,正常,差]
			竞争信誉(S _{rc})	产品质量(S _{rpq})
	市场信誉(S _r)	消费者评价(S _{rpe})	[特别满意,满意,好,不好]	
		质量信誉(S _{rcq})	[高,中,低]	
			价格信誉(S _{rcp})	[高,中,低]
其他维度(E)	环保因素(E _f)	污染因素(E _{fp})	污染情况(E _{fps})	[优秀,良好,正常,差]
		环保意识(E _{fe})	环保意识水平(E _{fpa})	[优秀,良好,正常,差]
	其他因素(E _t)	其他因素(E _{tt})	其他因素(E _{tt})	[E ₁ , E ₂ , …… E _i]

2 基于证据推理理论的供应商选择评估

2.1 证据推理理论

证据理论又被叫做 Dempster-Shafer 信任度函数理论,是一种主观贝叶斯理论泛化方法。证据理论的特点是不仅可以采用定量知识,也可以采用定性知识对问题进行解决。证据推理理论主要包括:

1) 证据: 证据是指人们通过分析要解决的问题,求其可信度所依据的事务的属性或客观环境,包括专家经验、知识及对问题的认识程度等。

2) 识别框架: 是指问题所有能够认知到的结果的有限集合,一般我们设为集合框架为 Ω 。

3) 基本可信度分配: 首先,我们给出识别框架 Ω 的所有子集构成的幂子集为 2^Ω , m 是 2^Ω 在 $[0, 1]$ 中的函数,如果满足 $m(\emptyset) = 0$ 且对于 $\forall A \in Q$, $\sum_{A \subseteq Q} m(A) = 1$, 则称 $m(A)$ 为识别框架 Ω 的基本可信

度分配集合。

4) 信度函数:

$$bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B) \quad (1)$$

式(1)中 $bel(A)$ 表示对 A 的总的信任等于其每个子集信度之和,表示支持 A 的最小信任。

5) 信度函数:

$$pl(A) = 1 - bel(A) - \sum_{B \cap A \neq \emptyset} m(B) \quad (2)$$

式(2)中 $pl(A)$ 则表示不怀疑 A 的程度,它包括了所有与 A 相容的哪些命题的基本可信度,表示支持 A 的潜在信任。

以信度函数和似然度函数为命题的证据区间的上、下限,证据区间则描述命题的不确定性。

6) 合成规则: 设 $bel_1, bel_2, \dots, bel_n$ 是同一框架 Ω 的信度函数,如果 $bel_1 \oplus bel_2 \oplus \dots \oplus bel_n$ 存在且基本可信度分配为 $m(A)$ 。那么

$$m(A) = K \sum_{A_1, A_2, \dots, A_n \in \Omega} m_1(A_1) \cdots m_n(A_n) \quad (3)$$

$$K = \left(1 - \sum_{A_1, A_2, \dots, A_n \in \Omega} m_1(A_1) \cdots m_n(A_n) \right) - 1 \quad (4)$$

其中 $(1-k)^{-1}$ 称为归一化因子, 其中 k 值越大, 证据之间的冲突越激烈。

2.2 基于证据推理理论的供应商评估

设多级供应商评估总评价指标为 A , 产品维度、组织维度及其他维度等五个维度记作向量 $[P, O, I, S, E]$, 将各维度分为 M 层来评价, 各层的节点数为 $N_1, N_2 \cdots N_M$ 。第 h 层上的节点记为 B_{ij}^h ($1 \leq i \leq N_h, 1 \leq j \leq N_{h-1}, 1 \leq h \leq M$), 其中每个层的权重记为 W_{ij}^h ($1 \leq i \leq N_h, 1 \leq j \leq N_{h-1}, 1 \leq h \leq M$), 满足 $0 \leq W_{ij}^h \leq 1$, 且 $\sum_{i,j=k} W_{ij}^h = 1, 1 \leq k \leq N_{h-1}$ 。每个叶节点的识别框架为 $\Omega_1, \Omega_2 \cdots \Omega_N$ 。因此, 各节点的评估数据可以记为:

$$A(B_{ij}^h) = \{ (H_{ni}, \theta_{ni,i}), ni = 1, 2, \cdots NI, NI = |\Omega_i|, \theta_{ni,i} \geq 0 \} \quad (5)$$

其中如果 $\sum_{ni=1,2,\cdots NI} \theta_{ni,i}^h = 1$, 则 $A(B_{ij}^h)$ 为完全评估; 反之则为不完全评估。

对叶节点评估数据进行由下至上逐级合成时, 需要将评估数据统一到公共识别框架 Ω 上。对于定量评估数据, 需要先规划成一个, 规划方法为:

$$u(D_{ij}^k(y)) = \frac{y - y_i^{\min}}{y_i^{\max} - y_i^{\min}}, i \in \Omega \quad (5)$$

同时, 一个定量评估值 y_i , 为一定可以用两个相邻的精确评估登记所示, 即 $y_{ni,i} \leq y_i \leq y_{ni+1,i}$, 令

$$\theta_{ni,i} = \frac{y_{ni+1,i} - y_i}{y_{ni+1,i} - y_{ni,i}}, \theta_{ni+1,i} = \frac{y_i - y_{ni,i}}{y_{ni+1,i} - y_{ni,i}} \quad (6)$$

式(5)、(6)中 $u(D_{ij}^k(y))$ 、 $y_i^{\min}$ 、 $y_i^{\max}$ 、 $\theta_{ni,i}$ 、 $\theta_{ni+1,i}$ 分别表示叶节点 $B_{ij}^h(y)$ 上定量评估值 y 的效用、最大值、最小值、信念度下限和上限, 则定量评估值 y_i 可以表示为:

$$y_i \Leftrightarrow \{ (H_{ni}, \theta_{ni,i}), (H_{ni+1,i}, \theta_{ni+1,i}) \} \quad (7)$$

各叶节点评估结果统一后, 由专家给出各个识别框架对于公共框架转换矩阵, 将不同识别框架多的评估数据映射到公共识别框架 Ω 上。借着对统一好的数据由下到上逐级合成, 合成规则为:

$$u(B(A)) = \sum_{n=1}^N u(H_n) * \theta_n + \frac{u(H_1) + u(H_N)}{2} * (1 - \sum_{n=1}^N \theta_n) \quad (8)$$

且 $0 \leq u(B(A)) \leq 1$ 。

2.3 评估步骤

根据上述分析, 下面给出供应商评估的具体流程:

Step1: 根据供应商实际需求, 选取合适的维度

和因素构建评估模型, 别确定各级因素的权重。

Step2: 根据相关专家知识对各个节点进行评估, 收集专家评估指标, 其中这些指标即包括定性指标也包括定量指标。

Step3: 把收集到的专家评估因素按照各自节点及权重转化成统一公共识别框架上的评估数据

Step4: 运用证据推理理论由下至上对所有评估因素及权重进行逐层合并形成最终评估数据 $B(A)$ 。

Step5: 最终由决策者以企业实际情况为基础, 以评估数据为参考最终选择供应商。

3 算例仿真分析

本文中的实验数据取自某汽车备件供应商数据库, 在服务备件商评估中, 存在 2 个汽车零件采购公司, 10 个汽车零件供应企业; 其中甲公司根据自己实际需求, 以产品维度、组织维度、信息维度及环境维度四个维度为供应商评估指标, 乙公司以产品维度、组织维度、环境维度及其他维度等四个维度为评估指标, 并根据实际需求给出产品维度的权重如表 2 所示。

表 2 两公司维度权重表

维度	甲公司	乙公司
产品维度	0.50	0.40
组织维度	0.20	0.15
信息维度	0.20	0.25
环境维度	0	0.20
其他维度	0.10	0

其中甲公司各个因素权重表如表 3 所示。这里, 对于因素为 0 的在这里我们不给出, 其中我们只给出几个主要指标。

表 3 甲公司指标权重表

一级指标	二级指标	三级指标
$P_t(0.60)$	$P_{tp}(0.5)$	$P_{tpn}(0.6)$
		$P_{tpen}(0.4)$
	$P_{tl}(0.25)$	$P_{tlu}(0.47)$
		$P_{tld}(0.53)$
$P_p(0.25)$	$P_{ts}(0.25)$	$P_{tsm}(1.00)$
	$P_{pc}(0.76)$	$P_{pev}(0.65)$
		$P_{pcm}(0.35)$

续表 3

一级指标	二级指标	三级指标
$P_d(0.10)$	$P_{ds}(0.67)$	$P_{dss}(0.60)$
	$P_{do}(0.33)$	$P_{doo}(0.70)$
$P_e(0.05)$	$P_{ef}(0.80)$	$P_{eff}(0.90)$
	$O_{ar}(0.57)$	$O_{ara}(0.62)$
$O_a(0.69)$	$O_{am}(0.43)$	$O_{arp}(0.38)$
		$O_{ame}(0.44)$
		$O_{amt}(0.56)$
$O_f(0.31)$	$O_{fd}(0.80)$	$O_{fdl}(0.70)$
		$O_{fdp}(0.30)$
		$I_{ssc}(0.50)$
$I_s(0.71)$	$I_{ss}(0.30)$	$I_{sso}(0.50)$

最终,我们给出了两个公司对于 10 个汽车厂商的最后评估结果,其中为了显示方便,我们将数字乘以 10,并保留小数点后 2 位数字,结果如表 4 所示。

表 4 两公司评估结果

供应商	甲公司	乙公司
供应商 1	70.45	71.24
供应商 2	71.35	65.54
供应商 3	68.47	62.10
供应商 4	53.24	59.80
供应商 5	54.36	62.10
供应商 6	56.45	60.12
供应商 7	80.54	76.25
供应商 8	78.54	83.21
供应商 9	45.25	38.42
供应商 10	25.14	40.14

从表中可以看出,由于评估因素及因素权重不同,供应商评估的结果也不尽相同,对于一些比较复杂的供应商评估,我们可以根据专家知识及企业需要,最终得到供应商评估结果,为企业决策提供参考。

4 结 语

在本文中,我们根据实际情况建立了以产品维度、组织维度、信息为度、环境维度及其他维度为主的 3 层供应商评估模型,并给出了每层的主要评估因素,然后采用证据推理算法对模型进行解决,从下到上对各个层的因素进行统一,并根据算例证明该算法的可行性及实用性。

参 考 文 献:

[1] 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.

[2] 康永星, 马军海. 基于离差分析的供应商选择模型[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2007, 12(4): 90-94.

[3] 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.

[4] 邵施达. 供应商选择与评价的指标体系研究[J]. 企业研究, 2014(1X): 159-160.

[5] 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.

[6] KARSAK E E, DURSUN M. An Integrated Fuzzy MCDM Approach for Supplier Evaluation and Selection[J]. Computers & Industrial Engineering, 2015(82): 82-93.

[7] NAIR A, JAYARAM J, DAS A. Strategic Purchasing Participation, Supplier Selection, Supplier Evaluation and Purchasing Performance[J]. International Journal of Production Research, 2015, 53(20): 1-16.

[8] GHORABAE M K, ZAVADSKAS E K, AMIRI M, et al. Multi-criteria Evaluation of Green Suppliers Using an Extended WASPAS Method with Interval Type-2 Fuzzy Sets[J]. Journal of Cleaner Production, 2016(137): 213-229.

[9] GOVINDAN K, JEPSEN M B. ELECTRE: A Comprehensive Literature Review on Methodologies and Applications[J]. European Journal of Operational Research, 2016.

[10] 颜义, 孙树栋, 王宁, 等. 基于 AHP 的供应商评估优选模型研究[J]. 机械设计与制造工程, 2009, 38(3): 1-5.

[11] PLEBANKIEWICZ E, KUBEK D. Multicriteria Selection of the Building Material Supplier Using AHP and Fuzzy AHP[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2016, 142(1): 04015057.

(编辑: 王 萍)