

考虑专家权重的包装企业云服务供应商综合评估

李联辉¹, 吕硕¹, 曹富宏², 张立³

(1.北方民族大学, 银川 750021; 2.昆明克林轻工机械有限责任公司, 昆明 650102;

3.耐帆包装工程(无锡)有限公司, 无锡 214028)

摘要: **目的** 提供一种包装企业云服务供应商综合评估的方法。**方法** 从应用和管理2个视域审视云服务供应商, 建立包装企业云服务供应商综合评估指标框架。考虑不同专家经验水平、知识水平等的差异, 通过BP神经网络从历史样本中求解各专家的权重。用基于专家权重改进的模糊层次分析法来对各评估指标进行主观赋权, 用CRITIC法来对各评估指标进行客观赋权, 基于主客观权重求解最终的合成权重。通过TOPSIS对候选的云服务供应商进行综合评估并排序。**结果** 在某包装企业的应用算例证明了该方法的可行性和有效性。**结论** 在包装产业与云计算的深度融合的背景下, 所提出的云服务供应商综合评估方法能够为包装企业云制造模式的实施提供支持。

关键词: 云制造; 云服务供应商; 包装企业; 专家权重; 模糊层次分析法

中图分类号: TB488 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)09-0069-06

Comprehensive Assessment of Packaging Enterprise Cloud Service Vendors Considering Expert Weight

LI Lian-hui¹, LYU Shuo¹, CAO Fu-hong², ZHANG Li³

(1.North Minzu University, Yinchuan 750021, China; 2.Kunming Light Industry Machinery Co., Ltd.,

Kunming 650102, China; 3.Nefab Packaging Engineering (Wuxi) Co., Ltd., Wuxi 214028, China)

ABSTRACT: The work aims to provide a comprehensive assessment approach of packaging enterprise cloud service vendors. Firstly, cloud service vendors were reviewed from the perspectives of application and management and the comprehensive assessment index framework of packaging enterprise cloud service vendors was established. Secondly, the difference of experience level and knowledge level of different experts was considered, and the expert weights were solved from historical samples through BP neural network. Thirdly, the FAHP improved based on expert weights was used to determine the subjective weighing of the index. CRITIC was used to determine the objective weighing of the index, and the final synthetic weight was solved based on its subjective and objective weights. Lastly, the candidate cloud service vendors were comprehensively evaluated and sorted by TOPSIS. The feasibility and effectiveness of the proposed method was demonstrated by an example of a packaging enterprise. Under the background of the deep integration of packaging industry and cloud computing, the proposed method for comprehensive assessment of cloud service vendors can provide support for the implementation of cloud manufacturing mode in packaging enterprises.

KEY WORDS: cloud manufacturing; cloud service vendor; packaging enterprise; expert weight; FAHP

近年来,我国包装工业蓬勃发展,中国包装正伴随着“中国制造”走向世界,为我国融入世界经济体系作出积极贡献^[1]。与此同时,虚拟化、网格计算等信息技术的发展催生了一种新兴的网络计算服务模式

——云计算^[2]。作为一个典型的物化应用领域,制造产业与云计算的融合诞生了一种面向服务的新制造模式,即云制造^[3-4]。包装企业采用云制造模式,能有效降低信息化的成本投入,实现资源的统一管

收稿日期: 2016-04-11

基金项目: 宁夏高等学校科研项目(NGY2016141)

作者简介: 李联辉(1986—),男,博士,北方民族大学讲师,主要研究方向为智能制造、包装供应链。

理、共享和按需使用,提高资源利用率,从而提升市场反应能力和核心竞争力^[4-7]。包装企业部署和实现云制造模式所面临的一个重要挑战是云服务供应商的综合评估。国际云服务测度联盟设计发布了服务测度指标体系,从责任性、敏捷性、保险性、价格、性能、安全隐私和可用性7个方面评估云服务^[8]。基于该体系构建云服务和应用需求之间的服务中介,逐渐成为云计算的一种重要发展趋势。以该体系为基础的多属性决策方法是另一种主流的云服务评价方法^[9-11]。这些研究存在2个方面的不足:服务测度指标框架重视从应用视域审视云服务,管理视域考虑较少;缺乏对不确定偏好的处理。目前的综合评估方法多采用专家经验法^[9-12],以专家的经验能力为核心,具有一定可取之处,但专家的经验水平、知识水平等存在差异,不同专家的选择结果出入很大,应考虑专家能力的差异性。文中提出一种考虑专家权重的包装企业云服务供应商综合评估方法。

1 包装企业云服务供应商综合评估指标框架

指标体系是进行云服务供应商选择的核心基础^[13]。尽管服务测度指标体系^[8]从应用视域较好地规约了云服务选择的不同维度,但对管理视域考虑不足。不同的供应商可以提供类似或相同的云服务,因此供应商选择与云服务选择存在差异,而且供应商选择与应用产业有一定的内在关联性。基于此,立足于云制造的特征,兼顾其他产业,遵循系统全面性、简明科学性、灵活可操作、主客观结合的原则,从应用和管理2个视域审视云服务供应商,界定供应商选择的4个准则,包括云服务应用能力特征(C_1)、供应商实力水平(C_2)、供应商服务水平(C_3)和供应商服务质量水平(C_4),其中 C_1 体现应用视域,包括服务测度指标体系^[8]中的核心内容, C_2 , C_3 和 C_4 体现管理视域。 C_1 细化为二级指标 $I_1, I_2 \dots I_7$, C_2 细化为二级指标 $I_8, I_9 \dots I_{11}$, C_3 细化为二级指标 I_{12}, I_{13} 和 I_{14} , C_4 细化为二级指标 $I_{15}, I_{16} \dots I_{18}$,见图1,其中 $S_1, S_2 \dots S_n$ 为云服务供应商。



图1 包装企业云服务供应商综合评估指标框架

Fig.1 Comprehensive assessment index framework of packaging enterprise cloud service vendors

2 包装企业云服务供应商综合评估方法

2.1 基于BP神经网络的专家权重求解

专家经验法是综合评估的常用方法之一^[9-12],这种方法以专家的经验与智慧为核心,但专家的经验水平、知识水平等均不相同,应充分考虑专家在综合评估过程中的权重。文中通过神经网络训练^[14]的方法从历史样本中获取各个专家的能力度,假设有 N 个样本, $s(s>1)$ 个专家对 r 个对象 $O_1, O_2 \dots O_r$ 进行排序,

专家权重向量为 $\rho=[\rho_1, \rho_2 \dots \rho_s]^T$ (满足 $\sum_{i=1}^s \rho_i = 1, 0 \leq \rho_i \leq 1$)。在样本 $N(N=1, 2 \dots N')$ 中,专家 $i(i=1, 2 \dots s)$ 对 r 个对象 $O_1, O_2 \dots O_r$ 进行排序,用 $L_i^{(N)}(O_j)$ 表示专家 i 排序结果中位于 $O_j(j=1, 2 \dots r)$ 之后的对象个数(含 O_j 自身),也表示 O_j 在专家 i 排序结果中的得分;然后用 $L^{(N)}(O_j) = \sum_{i=1}^s \rho_i L_i^{(N)}(O_j)$ 对 $O_1, O_2 \dots O_r$ 进行最终排序,同时 $O_1, O_2 \dots O_r$ 存在一个真实的排序结果。

以样本 N 为例,求解专家权重的 BP 神经网络见图 2。

在输入层,神经元个数为 $s \times r$,输入矩阵为 $[L_i^{(N)}(O_j)]_{s \times r}$;在隐含层,神经元个数为 r ,神经元 $j(j=1, 2 \cdots r)$ 的输入依次为 $\rho_1 L_1^{(N)}(O_j), \rho_2 L_2^{(N)}(O_j) \cdots \rho_s L_s^{(N)}(O_j)$,输入层节点和隐含层节点之间的连接权重矩阵可分为 s 个子矩阵块,子矩阵块 $i(i=1, 2 \cdots s)$ 可表示为 $\Gamma_i^{(N)}$, $\Gamma_i^{(N)}$ 中除对角线外其他元素均为 0;在输出层,只有 1 个神经元,隐含层节点与输出层节点之间的连接权重向量为 $(1, 1 \cdots 1)^T$ 。

计算专家能力度的神经网络的推理过程为:

1) 对于隐含层神经元 $j(j=1, 2 \cdots r)$,输入可表示为 $\xi_j^{(N)} = \sum_{i=1}^s \rho_i L_i^{(N)}(O_j)$,输出为 $\zeta_j^{(N)} = f(\xi_j^{(N)} + \delta_j)$,其中 δ_j 为常量,作用函数 $f(x) = 1/(1 + e^{-x})$;

2) 对于输出层神经元,输入为 $\zeta_1^{(N)}, \zeta_2^{(N)} \cdots \zeta_r^{(N)}$,输出即为按输入进行最终排序后各个对象的得分;

3) 误差 $e^{(N)}$ 为样本 N 中最终排序后各对象得分与真实排序中对应对象得分之差的平方和。

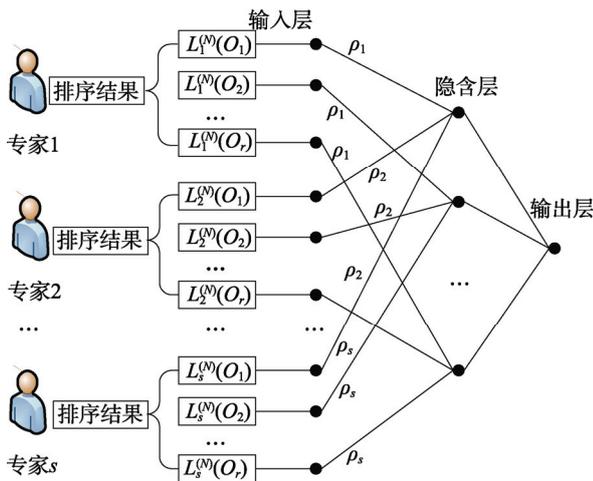


图 2 求解专家权重的 BP 神经网络

Fig.2 BP neural network for solving expert weight

求解专家权重的 BP 神经网络时,按 BP 神经网络训练过程完成训练后,见图 3,将得到的专家权重(即输入层节点与隐含层节点之间的连接权重)进行归一化处理:对于子矩阵块 $\Gamma_i^{(N)}$,算出其对角线元素的平均值 $\chi_i^{(N)} = \sum_{j=1}^r \chi_{i,j}^{(N)} / r$;依次算出 $\chi_1^{(N)}, \chi_2^{(N)} \cdots \chi_s^{(N)}$ 后进行归一化,则专家 i 的能力度为 $\rho_i = \chi_i^{(N)} / \sum_{i=1}^s \chi_i^{(N)}$ 。

2.2 评估指标赋权

2.2.1 主观权重

层次分析法(AHP)是匹兹堡大学 Saaty 教授在 20 世纪 70 年代初期提出的一种对定性问题进行定量分

析的多准则决策方法,该方法简便、灵活且实用^[15]。AHP 已被证明存在一些缺陷,评判矩阵一般通过 9 级标度获得,专家主观因素是实际操作中的主导因素,使得评判结果极易存在偏向,评判矩阵的一致性很难实现。当判断矩阵不一致时,对其调整往往带有盲目性且计算量偏大。在模糊层次分析法(FAHP)中,用 3 级标度来构造评判矩阵,这时专家很容易作出 2 个指标“孰轻孰重”的评判。由于专家的模糊评判矩阵满足一致性条件,无需经过一致性检验或调整,计算量较少且较为简便^[16],因此这里选用 FAHP 来求解专家对云服务供应商评估指标的主观赋权。具体步骤如下。

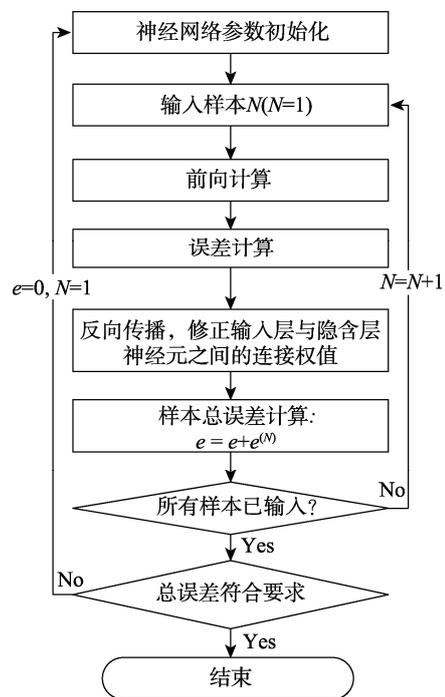


图 3 BP 神经网络训练过程

Fig.3 Training process of BP neural network

1) 由 $s(s > 1)$ 位专家对受总目标 T 支配的准则 $C_1, C_2 \cdots C_m$ 进行评判。专家 $k(k=1, 2 \cdots s)$ 的评判意见可表示为模糊评判矩阵 $F^k = (f_{ij}^k)_{m \times m}$,这里当专家 k 认为 C_j 比 C_i 重要时, $f_{ij}^k = 0$;当专家 k 认为 C_j 和 C_i 同等重要时, $f_{ij}^k = 0.5$;当专家 k 认为 C_j 不如 C_i 重要时, $f_{ij}^k = 1$ 。

2) 将模糊评判矩阵 $F^1, F^2 \cdots F^s$ 转化为模糊互反矩阵 $Q^1, Q^2 \cdots Q^s$,这里 $Q^k = (q_{ij}^k)_{m \times m}, q_{ij}^k = \frac{q_i^k - q_j^k}{2m} + 0.5, k=1, 2 \cdots s$,其中 $q_i^k = \sum_{j=1}^m f_{ij}^k$ 。

3) 通过 $|Q^k - \lambda E| = 0$ 求解 Q^k 的特征值 $\lambda_1, \lambda_2 \cdots \lambda_m$, E 为单位矩阵,最大特征值为 λ_{\max} ,可通过 $Q^k \alpha = \lambda_{\max} E \alpha$ 求解出 $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_m)^T$ 。对 α 进行归一化处

理后,可得专家 k 的评判下准则 $C_1, C_2 \dots C_m$ 的相对权重向量为 $\theta^k = (\theta_1^k, \theta_2^k \dots \theta_m^k)^T$, 其中 $\theta_i^k = \alpha_i / \sum_{i=1}^m \alpha_i$ 。

4) 将 s 位专家的评判结果 $\theta^1, \theta^2 \dots \theta^s$ 进行归一化处理, 可得准则 $C_1, C_2 \dots C_m$ 的相对权重向量为

$$\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m)^T, \text{ 其中 } \theta_i = \sum_{k=1}^s \rho_k \theta_i^k。$$

5) 重复上述步骤, 可得指标 $\{I_1, I_2 \dots I_7\}$, 指标 $\{I_8, I_9, I_{10}, I_{11}\}$, 指标 $\{I_{12}, I_{13}, I_{14}\}$, 指标 $\{I_{15}, I_{16}, I_{17}, I_{18}\}$ 的相对权重向量依次为 $(\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_7), (\gamma_8, \gamma_9, \gamma_{10}, \gamma_{11}), (\gamma_{12}, \gamma_{13}, \gamma_{14}), (\gamma_{15}, \gamma_{16}, \gamma_{17}, \gamma_{18})$ 。于是指标 $I_1, I_2 \dots I_{18}$ 的主观权重向量为:

$$\varphi = (\theta_1\gamma_1, \theta_1\gamma_2, \dots, \theta_1\gamma_7, \theta_2\gamma_8, \theta_2\gamma_9, \theta_2\gamma_{10}, \theta_2\gamma_{11}, \theta_3\gamma_{12}, \theta_3\gamma_{13}, \theta_3\gamma_{14}, \theta_4\gamma_{15}, \theta_4\gamma_{16}, \theta_4\gamma_{17}, \theta_4\gamma_{18}) \quad (2)$$

2.2.2 客观权重

专家 $k(k=1, 2 \dots s)$ 对云服务供应商 $S_1, S_2 \dots S_n$ 在指标 $I_p(p=1, 2 \dots l, l=18)$ 上的表现也可用类似于 F^k 的模糊评判矩阵 $G^{p,k} = (g_{ij}^{p,k})_{n \times n}$ 来表示。同理, 重复上文中的步骤 2—4, 云服务供应商 $S_1, S_2 \dots S_n$ 在 $I_p (p=1, 2 \dots l, l=18)$ 上的指标值可表示为 $z_p = [z_{1p}, z_{2p} \dots z_{np}]^T$ 。最终可得指标值决策矩阵 $Z = (z_{ij})_{n \times l}$, z_p 是 Z 的第 p 行。

客观赋权的常用方法包括熵权法、标准差法和 CRITIC 法等。与其他方法相比, CRITIC 法中指标权重是由指标值的波动性和指标间的冲突性综合决定的, 其中, 指标值的波动性一般用标准差的形式来表示, 呈现了所有评估对象在同一指标上的指标值差异程度, 某指标的标准差越大, 则其包含更多信息, 应赋予较大的权重; 指标间的冲突性一般用指标间的相关系数形式来表示, 2 个指标间负相关性越强, 则两者冲突度越高, 从而在评估结果中两者所反映的信息有较大差异, 它们应被赋予较大的权重。可见, CRITIC 法^[17]更加全面、合理, 因此文中通过 CRITIC 法来实现客观赋权。

两指标 I_i 和 I_j 的相关系数为:

$$\psi_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^l (z_{ki} - \bar{z}_i)(z_{kj} - \bar{z}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^l (z_{ki} - \bar{z}_i)^2} \sqrt{\sum_{k=1}^l (z_{kj} - \bar{z}_j)^2}}$$

式中: \bar{z}_i 和 \bar{z}_j 为指标 I_i 和 I_j 的算术平均值。

指标 I_j 与其他指标之间的冲突度为:

$$R_j = \sum_{i=1, i \neq j}^l (1 - \psi_{ij})$$

指标 I_j 包含的信息量可表示为 $\theta_j = \sigma_j R_j$, 其中 σ_j 为指标 I_j 的标准差。最终可得指标 I_j 的客观权重为:

$$\tau_j = \theta_j / \sum_{i=1}^l \theta_i$$

2.2.3 主客观权重的合成

根据指标 $I_j(j=1, 2 \dots m)$ 的主观权重向量 φ_j 和客观权重向量 τ_j , 可得 I_j 的合成权重为:

$$\omega_j = \frac{\varphi_j \cdot \tau_j}{\sum_{j=1}^m \varphi_j \cdot \tau_j}$$

2.3 基于 TOPSIS 的包装企业云服务供应商评估

TOPSIS 是一种经典的综合评估方法^[18], 其基本思想是在有限个评估对象中, 分别以一组最优指标数据和最劣指标数据作为正理想点和负理想点, 用评估对象与 2 个理想点之间的欧氏距离来计算相对逼近程度, 并以此来对评估对象进行排序。

设加权指标值矩阵为 $H = (h_{ij})_{n \times m}$, $h_{ij} = \omega_j z_{ij}$, 则有正理想点 $H^+ = \{h_1^+, h_2^+ \dots h_m^+\}$ 和负理想点 $H^- = \{h_1^-, h_2^- \dots h_m^-\}$, 其中 $h_j^+ = \max\{h_{1j}, h_{2j} \dots h_{nj}\}$, $h_j^- = \min\{h_{1j}, h_{2j} \dots h_{nj}\}$ 。第 k 个云服务供应商的加权指标值向量即为 H 的第 k 行, 即 H_k , 其与正理想点 H^+ 和负理想点 H^- 的欧氏距离分别为:

$$d_k^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (h_{kj} - h_j^+)^2}, d_k^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (h_{kj} - h_j^-)^2}$$

那么 H_k 与理想点的逼近度为:

$$d_k = d_k^- / (d_k^+ + d_k^-)$$

依次计算出各供应商 $\{H_1, H_2 \dots H_m\}$ 与理想点的逼近度后, 按从大到小排列即可得到最终的综合评估结果。

3 算例分析

为应对信息化形势的发展, 某包装企业的管理层经过慎重分析讨论, 决定引入云制造模式。经过包装产业云服务市场调查和以包装企业业务集成与更新需求为导向的云服务供应商的初步筛选, 企业管理层拟从 $S_1, S_2 \dots S_7$ 共 7 家云服务供应商中选出最佳供应商。根据提出的云服务供应商选择指标体系和过程, 综合行政、财务、IT、生产等相关部门专家及管理者的意见, 企业决策者对各云服务供应商进行综合评估。参与综合评估的有 3 位专家, 首先从 6 个历史样本中通过神经网络训练的方法获取 3 位专家的能力度。经过神经网络训练后, 算得专家权重向量为 $\rho = [0.4285, 0.3346, 0.2369]^T$ 。

考虑专家权重向量, 首先应用 FAHP 来求解 4 个准则 C_1, C_2, C_3, C_4 的相对权重向量。专家 1 认为在总目标 T 下 $C_1 > C_3 > C_2 > C_4$, 那么其模糊评判矩阵为:

$$F^1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0.5 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0.5 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0.5 \end{bmatrix}$$

F^1 可转化为模糊互反矩阵：

$$Q^1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.25 & 0.125 & 0.375 \\ 0.75 & 0.5 & 0.375 & 0.625 \\ 0.875 & 0.625 & 0.5 & 0.75 \\ 0.625 & 0.375 & 0.25 & 0.5 \end{bmatrix}$$

Q^1 的最大特征值 λ_{\max} 为 1.8292, 由 $Q^1 \alpha = \lambda_{\max} E$, 可求得对应的特征向量 $\alpha = (-0.2821, -0.5435, -0.6742, -0.4128)^T$. 对 α 进行归一化处理后可得：在总目标 T 下, 根据专家 1 的评判, C_1, C_2, C_3, C_4 的相对权重向量 $\theta^1 = (0.1475, 0.2824, 0.3525, 0.2158)^T$. 同理, 有 $\theta^2 = (0.1078, 0.2534, 0.4108, 0.2280)^T$, $\theta^3 = (0.2006, 0.2986, 0.4037, 0.0971)^T$. 将 3 位专家的评判结果 $\theta^1, \theta^2, \theta^3$ 进行归一化处理, 可得在总目标 T 下准则 C_1, C_2, C_3, C_4 的相对权重向量为 $\theta = (0.1468, 0.2773, 0.3841, 0.1918)^T$.

重复上述步骤, 可得在准则 C_1 下指标 $I_1, I_2 \cdots I_7$ 的相对权重向量为 $(0.2031, 0.0987, 0.1765, 0.3078, 0.0098, 0.1002, 0.1039)^T$; 在准则 C_2 下指标 I_8, I_9, I_{10}, I_{11} 的相对权重向量为 $(0.3786, 0.2087, 0.4002, 0.0125)^T$; 在准则 C_3 下指标 I_{12}, I_{13}, I_{14} 的相对权重向量为 $(0.2876, 0.5876, 0.1248)^T$; 在准则 C_4 下指标 $I_{15}, I_{16}, I_{17}, I_{18}$ 的相对权重向量为 $(0.1245, 0.5002, 0.1018, 0.2735)^T$. 从而在总目标 T 下指标 $I_1, I_2 \cdots I_{18}$ 的主观权重向量为 $\varphi = (0.0298, 0.0145, 0.0259, 0.0452, 0.0014, 0.0147, 0.0153, 0.1050, 0.0579, 0.1110, 0.0035, 0.1105, 0.2257, 0.0479, 0.0239, 0.0959, 0.0195, 0.0525)^T$.

下面以指标 I_1 为例, 说明 7 家云服务供应商指标值的计算过程. 在指标 I_1 上, 针对 7 家云服务供应商的表现, 专家 1 的评判意见为 $S_1 > S_3 > S_2 > S_6 > S_7 > S_4 > S_5$; 专家 2 的评判意见为 $S_3 > S_1 > S_7 > S_2 > S_6 > S_4 > S_5$; 专家 3 的评判意见为 $S_3 > S_2 > S_1 > S_7 > S_6 > S_5 > S_4$. 3 位专家的评判可用模糊评判矩阵 $G^{1,1} = (g_{ij}^{1,1})_{7 \times 7}, G^{1,2} = (g_{ij}^{1,2})_{7 \times 7}, G^{1,3} = (g_{ij}^{1,3})_{7 \times 7}$ 来表示, 其中:

$$G^{1,1} = (g_{ij}^{1,1})_{7 \times 7} = \begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0.5 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0.5 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0.5 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0.5 \end{bmatrix}$$

限于篇幅, 不再详细给出 $G^{1,2}$ 和 $G^{1,3}$. 同理可得云服务供应商 $S_1, S_2 \cdots S_7$ 在指标 I_1 上的指标值为 $z_1 = (0.1920, 0.1631, 0.2005, 0.0927, 0.0809, 0.1300,$

$0.1408)$. 继而可得指标值决策矩阵 $Z = (z_{ij})_{7 \times 18}$. 根据 CRITIC 法, 可得指标 $I_1, I_2 \cdots I_{18}$ 的客观权重向量 $\chi = (0.0478, 0.0505, 0.0623, 0.0553, 0.0455, 0.0713, 0.0619, 0.0560, 0.0576, 0.0575, 0.0530, 0.0587, 0.0530, 0.0498, 0.0683, 0.0430, 0.0609, 0.0477)^T$. 从而得到最终的合成权重为向量 $\omega = [0.0402, 0.0353, 0.0469, 0.0510, 0.0269, 0.0474, 0.0422, 0.0767, 0.0577, 0.0801, 0.0321, 0.0806, 0.1259, 0.0490, 0.0496, 0.0653, 0.0434, 0.0497]^T$.

加权指标值矩阵 $H = (h_{ij})_{7 \times 18}, h_{ij} = \omega_j \cdot z_{ij}$, 则有正理想点 $H^+ = [0.0081, 0.0078, 0.0116, 0.0095, 0.0050, 0.0171, 0.0113, 0.0145, 0.0167, 0.0179, 0.0090, 0.0245, 0.0270, 0.0122, 0.0177, 0.0156, 0.0121, 0.0125]$, 负理想点 $H^- = [0.0033, 0.0008, 0.0017, 0.0004, 0.0011, 0.0007, 0.0004, 0.0053, 0.0021, 0.0042, 0.0015, 0.0052, 0.0084, 0.0008, 0.0002, 0.0033, 0.0011, 0.0010]$. 7 家云服务供应商 $\{H^1, H^2 \cdots H^7\}$ 与理想点的逼近度依次算得为 $0.4687, 0.4920, 0.4847, 0.5427, 0.4753, 0.5288, 0.4797$, 最终综合评估结果为 $S_4 > S_6 > S_2 > S_3 > S_7 > S_5 > S_1$, 可得 S_4 最优, S_1 最劣.

4 结语

近年来, 随着包装技术的快速发展和用户对包装可靠性、安全性要求的不断提高, 传统的垂直制造模式逐渐难以保证在一定成本和周期约束下完成包装的设计、制造、集成全过程. 云制造为这一问题提供了有效的解决途径, 将 IT 制造能力按需、廉价地与传统的包装业结合, 实现包装企业的快速集成与更新. 云制造平台为包装产业链上不同企业间的深度协同提供了极大的便利. 更重要的是, 包装企业通过云制造平台可以逐步实现由生产型向服务型的转变, 不断提高企业的自主创新能力和核心竞争力. 为解决包装企业云服务供应商的综合评估问题, 文中对国际云服务测度联盟设计发布的服务测度指标体系进行了扩展, 从应用和管理 2 个视域审视云服务供应商, 建立了包装企业云服务供应商综合评估指标框架, 提出一种考虑专家权重的包装企业云服务供应商综合评估方法, 更进一步以某包装企业的云服务供应商评估为实例, 对所提方法的应用过程进行了详细阐释, 验证了该方法的可行性和实用性.

参考文献:

[1] 李明辉, 石宇强, 王俊佳, 等. 面向中小包装企业的云制造服务平台研发与应用[J]. 包装工程, 2016, 37(5): 178—184.
LI Ming-hui, SHI Yu-qiang, WANG Jun-jia, et al. Development and Application of Cloud Manufacturing Service Platform for Small and Medium Packaging

- Enterprises[J]. *Packaging Engineering*, 2016, 37(5): 178—184.
- [2] 陈康, 郑纬民. 云计算: 系统实例与研究现状[J]. *软件学报*, 2009, 20(5): 1337—1348.
- CHEN Kang, ZHENG Wei-min. Cloud Computing: System Instances and Current Research[J]. *Journal of Software*, 2009, 20(5): 1337—1348.
- [3] BUYYA R, YEO C S, VENUGOPAL S, et al. Cloud Computing and Emerging IT Platforms: Vision, Hype, and Reality for Delivering Computing as the 5th Utility[J]. *Future Generation Computer Systems*, 2009, 25(6): 599—616.
- [4] 李伯虎, 张霖, 王时龙, 等. 云制造——面向服务的网络化制造新模式[J]. *计算机集成制造系统*, 2010, 16(1): 1—7.
- LI Bo-hu, ZHANG Lin, WANG Shi-long, et al. Cloud Manufacturing: a New Service-oriented Networked Manufacturing Model[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2010, 16(1): 1—7.
- [5] XU X. From Cloud Computing to Cloud Manufacturing[J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2012, 28(1): 75—86.
- [6] REN L, ZHANG L, WANG L, et al. Cloud Manufacturing: Key Characteristics and Applications[J]. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2014(1): 1—15.
- [7] HE W, XU L. A State-of-the-art Survey of Cloud Manufacturing[J]. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2014, 28(3): 239—250.
- [8] SIEGEL J, PERDUE J. Cloud Services Measures for Global Use: The Service Measurement Index (SMI) [C]// *Srii Global Conference*, IEEE Computer Society, 2012: 411—415.
- [9] GARG S K, VERSTEEG S, BUYYA R. A Framework for Ranking of Cloud Computing Services[J]. *Future Generation Computer Systems*, 2013, 29(4): 1012—1023.
- [10] 董元发, 郭钢. 基于模板与全局信任度的云制造服务评价与选择方法[J]. *计算机集成制造系统*, 2014, 20(1): 207—214.
- DONG Yuan-fa, GUO Gang. Evaluation and Selection Approach for Cloud Manufacturing Service Based on Template and Global Trust Degree[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2014, 20(1): 207—214.
- [11] SUN L, DONG H, HUSSAIN F K, et al. Cloud Service Selection: State-of-the-art and Future Research Directions[J]. *Journal of Network & Computer Applications*, 2014, 45(10): 134—150.
- [12] GOVINDAN K, RAJENDRAN S, SARKIS J, et al. Multi Criteria Decision Making Approaches for Green Supplier Evaluation and Selection: a Literature Review[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015(8): 66—83.
- [13] 付超, 肖明, 孙超平. 考虑公平权重的云服务供应商选择[J]. *计算机集成制造系统*, 2015, 21(8): 2240—2248.
- FU Chao, XIAO Ming, SUN Chao-ping. Selection of Cloud Service Providers Considering Fair Weights[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2015, 21(8): 2240—2248.
- [14] LLER M F. Original Contribution: A Scaled Conjugate Gradient Algorithm for Fast Supervised Learning[J]. *Neural Networks*, 1993, 6(4): 525—533.
- [15] PEDRYCZ W, SONG M. Analytic Hierarchy Process (AHP) in Group Decision Making and Its Optimization with an Allocation of Information Granularity[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2011, 19(3): 527—539.
- [16] 朱德馨, 刘宏昭. 基于改进的模糊层次分析法的电主轴可靠性分配[J]. *中国机械工程*, 2011, 22(24): 2923—2927.
- ZHU De-xin, LIU Hong-zhao. Reliability Allocation of High Speed Motorized Spindle Based on Improved Fuzzy AHP Method[J]. *China Mechanical Engineering*, 2011, 22(24): 2923—2927.
- [17] 曹玮, 王瑛. 基于改进 CRITIC-CPM 的科技奖励评价模型[J]. *科学学与科学技术管理*, 2012, 33(2): 17—21.
- CAO Wei, WANG Ying. The Improved CRITIC-CPM Evaluation Model in Science and Technological Awards[J]. *Science of Science & Management of S&T*, 2012, 33(2): 17—21.
- [18] WANG J W, CHENG C H, HUANG K C. Fuzzy Hierarchical TOPSIS for Supplier Selection[J]. *Applied Soft Computing*, 2009, 9(1): 377—386.