

# 云计算环境下基于灰色 AHP 的供应商信任评估研究\*

王磊, 黄梦醒

(海南大学 信息科学技术学院, 海口 570228)

**摘要:** 针对传统信任模型的不足,以改善供应链企业间的信任危机为目标,以灰色系统理论为基础,将层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)与灰色评估法相结合,提出一种基于灰色 AHP 的云计算供应商信任评估模型。通过定义信任评价等级灰类及白化权函数,计算云环境下供应商企业实体各信任证据的灰色评价权,结合层次分析法构建层次结构并确定信任证据权值,最后求出供应商企业的信任评估值及信任等级灰类。实例说明,该信任评估方法能够有效应用于云环境供应商评价中,评价结果客观有效。

**关键词:** 云计算; 信任评估; 灰色系统理论; 层次分析法

**中图分类号:** TP393      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-3695(2013)03-0742-03

**doi:**10.3969/j.issn.1001-3695.2013.03.024

## Research on trust evaluation of supplier based on gray AHP in cloud computing

WANG Lei, HUANG Meng-xing

(College of Information Science & Technology, Hainan University, Haikou 570228, China)

**Abstract:** Considering the deficiency of traditional trust model, this paper proposed a trust evaluation model of supplier based on gray AHP in cloud computing to improve the trust crisis between supply-chain enterprises by combining the AHP with gray evaluation method. Firstly, it defined grade of gray cluster and whitenization weight function of trust evaluation. And then, by computing the gray assessment weight of each supplier entity trust evidences in cloud computing, it built a hierarchy by using AHP and determined the weight of trust evidences. Finally, this paper worked out the gray comprehensive trust value and grade of gray cluster of the supplier entities. The examples prove that the assessment method can be effectively applied in evaluating providers in cloud computing, and that the assessment result is objective and effective.

**Key words:** cloud computing; trust evaluation; grey system theory; AHP

## 0 引言

随着网络技术的迅速发展,云计算作为智慧地球和现代服务业的主要支撑技术之一,已经成为近年来学术界和产业界的研究热点。由于基于云计算的供应链解决方案可为企业在线提供可扩展的、中心网络的、廉价的 IT 基础设施、中间件平台 and 应用程序,并提供按需服务,云计算将为企业带来创新的管理模式和运行环境,正逐步成为企业计算的新平台<sup>[1]</sup>。然而,云计算环境下的供应链企业都在云中,是虚拟化的,这为企业提供虚假信息,甚至欺骗信息来获利提供了可能<sup>[2]</sup>。因此,供应链节点企业间的互信程度是供应链(云)内信息是否真实,是否能有效获取、透明访问、发布和共享的先决条件,是供应链能否协同运作来满足市场快速变化的依据。如何在云环境中建立高效的供应链信任评估模型,以加强节点企业间的合作,提高效率是近年来一个研究的热点问题。

目前,国内外研究学者对信任模型问题作了大量的研究。现有典型的信任模型有 Beth 模型<sup>[3]</sup>、Josang 模型<sup>[4]</sup>和 Abdul-Rahman 模型<sup>[5]</sup>等,它们都采用概率论作为数学工具来解决信任模型中遇到的问题,然而这些模型并不能准确地描述信任模型中的不确定因素,同时计算结果易受恶意推荐的影响。此

外,在传统的信任管理评估模型中,主体对客体的信任评价往往仅针对于客体的某一特定属性进行<sup>[6]</sup>。因此,无法科学合理地计算出云环境下供应链中一个企业节点对另一个企业节点行为及能力的多种属性综合评估数据,也就无法科学合理地对应云环境下供应商企业实体的整体信任度进行相应评估。

灰色系统理论是由我国学者邓聚龙教授<sup>[7]</sup>提出的,是一种研究少数据、贫信息不确定性问题的新方法。由于云计算环境下的供应链节点企业都在云中,所有的企业在某种意义上来说都是虚拟的。因此,云环境下供应商的信任评价涉及了大量的模糊因素,信息是否完全难以判断,用于评价的各项信任证据与供应商信任评估的关系又不甚明确,导致云环境中交互的供应商企业对彼此的信息了解不够充分,从而构成了一个灰色系统。当前,基于灰色系统理论的信任机制的深入研究并不是很多,且尚处于初级阶段<sup>[8]</sup>。徐兰芳等人<sup>[9]</sup>提出的一种基于灰色系统理论的信誉报告机制,利用灰色聚类评估计算出实体所属信任等级灰类,但不能计算出实体的具体信任评估值。徐兰芳等人<sup>[10]</sup>提出了基于灰色系统的主观信任模型以灰关联度为基础能计算出实体的综合信任值的方法,但该方法求出的信任值只是对于一个特定待评实体集中各实体的相对综合信任值,当待评实体集改变时求出的信任值将会改变,所以该模型

**收稿日期:** 2012-07-10; **修回日期:** 2012-08-15      **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(71161007); 国家教育部社科基金资助项目(10YJZJ049); 海口市重点科技计划资助项目(2010-0067); 海南大学科研启动基金资助项目(kyqd1042)

**作者简介:** 王磊(1988-),男,江西南昌人,硕士,主要研究方向为云计算、供应链管理(ncwanglei@126.com); 黄梦醒(1974-),男,河南信阳人,教授,主要研究方向为数据与知识工程、电子政务与电子商务、物联网。

不适用于云计算这种大规模开放网络环境。

## 1 基于灰色 AHP 的信任评估模型

云计算将软件、平台、基础设施、数据、存储等全部作为服务提供给用户。这样,企业特别是中小企业通过云服务平台可以低成本地完成企业的信息化,从而快速、柔性、按需地构建供应链。本文针对云计算特点,将云计算服务平台看做虚拟经纪人,负责节点企业的权限管理,将各个节点企业看做网络节点,形成一个以云计算服务平台为中心的网状架构,如图1所示,即供应商的供应商、分销商的分销商间的位置是平行的。节点企业通过云服务平台来传送和接收消息,各个节点根据不同的需求接受服务,最终以实现供应链整体利益的最大化为目标整合处理信息流,从而面向整个供应链管理提供所需要的信息服务。

当供应链节点企业A需要知道将要与自己协作的企业B的综合信任评估值时,由于企业A与B之前没有交互历史,企业A无法计算出企业B的综合信任评估值。此时A向云计算服务平台提交请求向自己的邻居节点发送查询请求消息,查询企业B的信任管理数据;邻居企业节点收到请求消息后向云服务平台返回企业B的各个信任证据的管理数据;云计算服务平台收到返回消息中的信任管理数据后,利用信任评估模型计算出企业B的综合信任值返回给企业A。

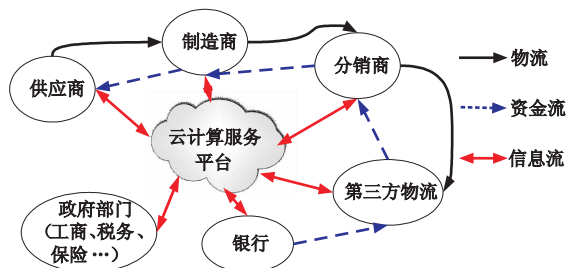


图1 基于云计算的供应链体系结构

## 2 供应商评价指标体系的建立

影响供应商选择的因素针对不同企业既有相似也有不同,在供应商选择研究领域最早,同时影响也是最大的是 Dickson 在 1996 年系统提出的选择供应商 23 条准则<sup>[11]</sup>,涵盖了影响供应商选择的所有要素,对云计算环境下供应商信任的评估有很好的借鉴作用。本文根据文献阅读、社会调查、专家分析、技术分析等方面的内容分析,同时结合云计算环境下供应链企业客户需求动态性、信息流量大、速度快等特点,将供应商信任证据详细分为以下几类子证据,如图2所示。

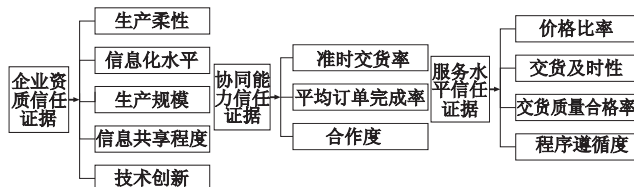


图2 云环境下企业信任证据分类

## 3 基于灰色 AHP 的云计算供应商信任评估算法

基于灰色 AHP 的信任评估模型其方法的具体推导过程如图3所示。

首先,进行云计算环境下供应商信任证据分析,构建层次结构,利用 AHP 原理计算信任证据的组合权重;其次,推荐节

点企业对待评价节点企业各信任证据的推荐信任值为评估依据,利用灰色系统理论算法得出信任证据的灰色评估权重向量;最后,计算灰色 AHP 的综合信任评估值及所属灰类。

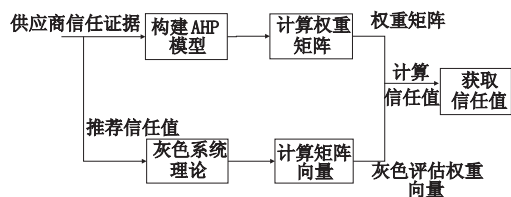


图3 基于灰色AHP的供应商信任值计算原理

### 3.1 信任子证据的规范化表示

文中子证据数值的主要表现形式有:a)百分比形式,如准时交货率、平均订单完成率等;b)在一个大体确定范围内的具体数值,如生产规模、交货及时性等,都是在一个某一范围内的具体数值,交货及时性是沿正向传递的,即交货及时的次数越多越好。由于证据表示形式的多样性,为了便于计算,需要将证据进行规范化处理,将数据按照某种比例进行大小缩放,使之落入一个特定的区间,如  $-1.0 \sim 1.0$  或  $0.0 \sim 1.0$ 。本文采用文献[12]给出的证据规范化表示方法,证据值通过规范化后落入  $0.0 \sim 1.0$  区间,这样每个证据值都希望越大越好。

### 3.2 确定信任子证据的相对权重

证据的相对权重的计算是基于云计算供应商评价指标体系的 AHP 信任模型的基础来计算的。引入 Saaty 的 9 级分制,利用 AHP 原理,通过两两成对的重要性比较,按  $1 \sim 9$  值建立判断矩阵,然后根据权重求解方法计算相邻层次下层元素对上层元素的相对权重,在此基础上再计算出底层元素对于目标的合成权重,即供应商信任证据的权重  $\omega$ :

$$\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) \quad (1)$$

### 3.3 求推荐样本矩阵

假设待评节点企业实体A的邻居节点有j个推荐企业实体对于i个信任子证据进行信任评估,则信任证据的评估样本矩阵R为

$$R = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1j} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2j} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{i1} & d_{i2} & \dots & d_{ij} \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中: $d_{ij}$ 为第j个推荐企业实体对企业实体A的第i个信任子证据的推荐信任值。

### 3.4 确定评估灰类

确定评估灰类就是要确定评估灰类的等级数、灰类的灰数及灰类的白化权函数。一般根据实际情况,通过定性分析确定。假设有  $e(e=1, 2, \dots, n)$  类评价灰类,通过选取一定的白化权函数来描述灰类。

### 3.5 计算灰色评价数

对于信任证据  $C_i$  由确定灰数的白化函数,求出属于第  $e$  类评价灰类的灰色评价数,记为  $n_{ie}^{(C)}$ :

$$n_{ie}^{(C)} = \sum_{j=1}^j f_e(d_{ij}) \quad (3)$$

对于信任证据  $C_i$ ,企业属于各评价灰类的总灰色评价数为

$$n_i^{(C)} = \sum_{e=1}^e n_{ie}^{(C)} \quad (4)$$

### 3.6 计算灰色评估权重

由  $n_{ie}^{(C)}$  和  $n_i^{(C)}$  可计算出对于信任证据  $C$  的第  $e$  个评估灰类的灰色评估权重为

$$r_{ie}^{(C)} = \frac{n_{ie}^{(C)}}{n_i^{(C)}} \quad (5)$$

### 3.7 计算综合聚类系数,给出信任评估

设评估企业关于第  $e$  个灰类的综合聚类系数为  $\delta_e$ , 则有

$$\delta_e = \sum_{i=1}^i r_{ie}^{(C)} \times w_i \quad (6)$$

从而可求出云环境下供应商的信任评估值  $\delta_e^*$  及对应的信任评价灰类  $e^*$ 。

$$\delta_e^* = \max \{ \delta_e \} \quad (7)$$

## 4 灰色 AHP 模型实例分析

### 4.1 确定子证据的相对权重

根据图 2 确定的云计算环境下企业信任证据的 12 个指标,通过两两重要性比较,运用 9 级分制评分标准,利用 AHP 原理确定企业信任证据权重。文献[13]给出了层次分析法计算属性权重的具体方法,本文不再阐述。信任证据权重计算结果如表 1 所示。

表 1 信任证据权重

| 信任证据 $B$ | $B$ 的权重 | 子证据 $C$  | $C$ 的权重 | 总权重     |
|----------|---------|----------|---------|---------|
| $B_1$    | 0.109 5 | $C_1$    | 0.201 1 | 0.022 0 |
|          |         | $C_2$    | 0.115 3 | 0.012 6 |
|          |         | $C_3$    | 0.110 2 | 0.012 1 |
|          |         | $C_4$    | 0.510 6 | 0.055 9 |
|          |         | $C_5$    | 0.062 8 | 0.006 9 |
| $B_2$    | 0.309 0 | $C_6$    | 0.110 7 | 0.044 2 |
|          |         | $C_7$    | 0.187 3 | 0.073 7 |
|          |         | $C_8$    | 0.702 0 | 0.193 1 |
|          |         | $C_9$    | 0.165 2 | 0.096 1 |
|          |         | $C_{10}$ | 0.132 9 | 0.077 3 |
| $B_3$    | 0.581 6 | $C_{11}$ | 0.110 3 | 0.064 2 |
|          |         | $C_{12}$ | 0.591 6 | 0.344 1 |

对应的信任证据的相对权重矩阵为  $\omega = (0.022, 0.0126, 0.0121, 0.0559, 0.0069, 0.0442, 0.0737, 0.1931, 0.0961, 0.0773, 0.0642, 0.3441)^T$ 。

### 4.2 确定评估灰类

云环境下,供应商企业实体  $A$  与服务提供企业实体  $B$  进行协同运作,推荐企业实体集  $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}$  对企业  $B$  的 12 个信任证据评估样本矩阵  $R$  如下:

$$R = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0.6 & 0.5 & 0.5 \\ 0.7 & 0.7 & 0.85 & 0.85 & 0.7 \\ 0.85 & 0.7 & 0.85 & 0.7 & 0.8 \\ 0.7 & 0.6 & 0.8 & 0.5 & 0.7 \\ 0.65 & 0.8 & 0.8 & 0.7 & 0.7 \\ 0.9 & 0.9 & 0.85 & 0.9 & 0.9 \\ 0.8 & 0.8 & 0.85 & 0.7 & 0.8 \\ 0.7 & 0.8 & 0.8 & 0.75 & 0.8 \\ 0.8 & 0.75 & 0.7 & 0.7 & 0.7 \\ 0.9 & 0.9 & 1.0 & 0.9 & 0.9 \\ 0.8 & 0.8 & 0.9 & 0.85 & 0.8 \\ 0.8 & 0.85 & 0.9 & 0.8 & 0.9 \end{bmatrix}$$

按照评价灰类的确定方法,在本文中信任证据的评分等级划分为完全信任、比较信任、一般信任、不信任四个等级,对应的灰类为  $e = 1, 2, 3, 4$ , 其相应的白化权函数如下:

第一类为“完全信任”,设定灰数为  $\otimes_1 \in [0, 0.9, \infty)$ , 白化权函数为  $f_1(x)$ ; 第二类“比较信任”,设定灰数为  $\otimes_2 \in [0, 0.7, 1]$ , 白化权函数为  $f_2(x)$ ; 第三类“一般信任”,设定灰数为  $\otimes_3 \in [0, 0.5, 0.8]$ , 白化权函数为  $f_3(x)$ ; 第四类“不信任”,设定灰数为  $\otimes_4 \in [0, 0.1, 0.5]$ , 白化权函数为  $f_4(x)$ 。各函数图像如图 4 所示。

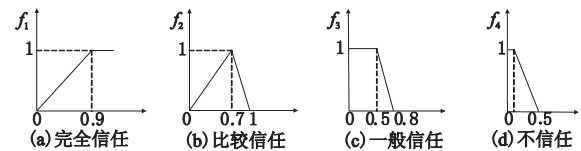


图 4 各灰类白化权函数

### 4.3 计算灰色评价系数、灰色评估权重

对于信任子证据  $C_1$ , 其中 4 个评估灰类的灰色评估系数分别为

$$\begin{aligned} e=1 \quad n_{11} &= f_1(0.5) + f_1(0.5) + f_1(0.6) + f_1(0.5) + f_1(0.5) = 2.8889 \\ e=2 \quad n_{12} &= 3.7143 \\ e=3 \quad n_{13} &= 4.6667 \\ e=4 \quad n_{14} &= 0 \end{aligned}$$

则信任子证据对于各个评估灰类的总灰色评估系数为

$$n_1 = \sum_{i=1}^4 n_{1i} = n_{11} + n_{12} + n_{13} + n_{14} = 11.2698$$

信任子证据属于 4 个评估灰类的灰色评估权重分别为

$$r_{1,1} = 0.2563; r_{1,2} = 0.3296; r_{1,3} = 0.4141; r_{1,4} = 0$$

同理,可求得信任子证据  $C_2 \sim C_{12}$  的灰色评估权重分别为

$$r_{2,1} = 0.4578; r_{2,2} = 0.4337; r_{2,3} = 0.1084; r_{2,4} = 0$$

$$r_{3,1} = 0.5000; r_{3,2} = 0.4231; r_{3,3} = 0.0769; r_{3,4} = 0$$

$$r_{4,1} = 0.3581; r_{4,2} = 0.4140; r_{4,3} = 0.2279; r_{4,4} = 0$$

$$r_{5,1} = 0.4276; r_{5,2} = 0.4494; r_{5,3} = 0.1230; r_{5,4} = 0$$

$$r_{6,1} = 0.7295; r_{6,2} = 0.2705; r_{6,3} = 0; r_{6,4} = 0$$

$$r_{7,1} = 0.5338; r_{7,2} = 0.4257; r_{7,3} = 0.0405; r_{7,4} = 0$$

$$r_{8,1} = 0.4968; r_{8,2} = 0.4452; r_{8,3} = 0.0581; r_{8,4} = 0$$

$$r_{9,1} = 0.4171; r_{9,2} = 0.4629; r_{9,3} = 0.1200; r_{9,4} = 0$$

$$r_{10,1} = 0.7895; r_{10,2} = 0.2105; r_{10,3} = 0; r_{10,4} = 0$$

$$r_{11,1} = 0.6194; r_{11,2} = 0.3806; r_{11,3} = 0; r_{11,4} = 0$$

$$r_{12,1} = 0.6538; r_{12,2} = 0.3462; r_{12,3} = 0; r_{12,4} = 0$$

### 4.4 计算综合聚类系数,信任评估值

云计算环境下供应商信任子证据关于 4 个灰类的综合聚类系数分别为

$$\delta_1 = \sum_{i=1}^{12} (r_{i,1} \times w_i) = 0.5723, \delta_2 = 0.3795, \delta_3 = 0.0507, \delta_4 = 0$$

由  $\delta_e^* = \max_{1 \leq e \leq 4} \{ \delta_e \} = 0.5723$  可知,该供应商在云计算环境下的信任评价为“完全信任”,其信任评估值为 0.5723。

## 5 结束语

目前,云计算环境中针对供应商信任评估的方法比较少。本文提出的云计算环境下基于灰色 AHP 的供应商信任评估方法充分考虑到云环境下企业信任证据的灰色性,利用层次分析法确定信任证据的权重,应用灰色评估法处理定性信息的量化和比较,对供应商进行了综合评估。此方法 (下转第 750 页)

给定目标的状态空间模型:

$$\begin{cases} X(k+1) = F(k)X(k) + \Gamma(k)W(k) \\ z(k) = \arctan(y(k)/x(k)) + v(k) \end{cases} \quad (14)$$

其中:状态变量  $X(k) = (x(k), \dot{x}(k), y(k), \dot{y}(k))^T$ ;  $F$  和  $\Gamma$  由二阶常速运动模型确定;  $W(k) \sim N(0, 1)$ ;  $v(k) \sim N(0, R)$ 。

系统参数设置如下:目标的初始状态  $X(0) = (1.8 \text{ km}, 0.2 \text{ km/s}, 3 \text{ km}, -0.3 \text{ km/s})^T$ ;过程噪声协方差  $Q = \text{diag}(16 \text{ m}^2/\text{s}^4, 20 \text{ m}^2/\text{s}^4)$ ;方位角观测标准差为  $R = 0.02 \text{ rad}$ ;粒子数目  $N = 500$ ;Monte Carlo 仿真次数  $M = 50$ 。图1给出了PF、局部重采样粒子滤波(PRPF)和改进重采样粒子滤波(IRPF)的相对均方根误差(RMSE)曲线。表1给出了三种算法的平均RMSE性能评价,从图1和表1可以明显看出,本文提出的改进算法性能优于PF和PRPF。

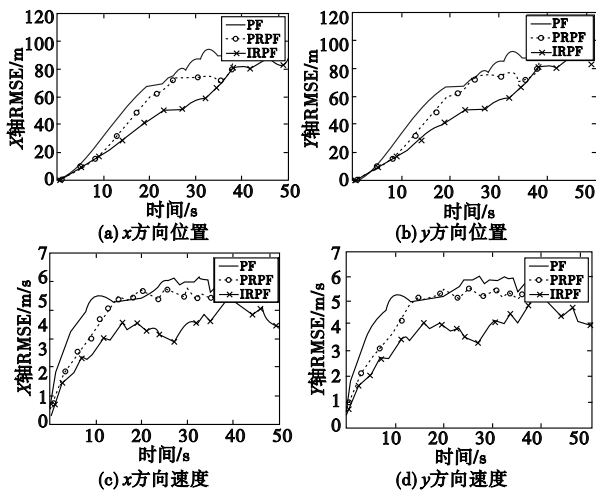


图1 三种算法的RMSE曲线

表1 目标位置、速度均方根误差

| 算法   | x 方向位置/m | x 方向速度/m/s | y 方向位置/m | y 方向速度/m/s |
|------|----------|------------|----------|------------|
| PF   | 69.440 7 | 5.360 8    | 64.986 0 | 5.350 6    |
| PRPF | 55.760 0 | 4.164 4    | 57.551 2 | 4.663 1    |
| IRPF | 47.509 3 | 3.385 8    | 48.517 7 | 3.284 5    |

#### 4 结束语

本文参照局部重采样将粒子按权值分类,采用 Thompson-

Taylor 算法对大权值粒子和小权值粒子进行随机线性组合产生新粒子,在保证粒子有效性的同时提高了粒子的多样性,有效地解决了粒子的有效性和多样性之间存在的矛盾,提高了滤波精度。纯角度跟踪仿真实验表明,改进算法的跟踪性能优于基本粒子滤波算法和局部重采样粒子滤波算法。

#### 参考文献:

- [1] 刘文静,于金霞,汤永利. 粒子滤波自适应部分系统重采样算法研究[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(3): 912-914.
- [2] 程水英,张敏云. 粒子滤波综述[J]. 宇航学报, 2008, 29(4): 1099-1111.
- [3] 周尚波,何革,柳玉炯. 一种改进的粒子滤波目标跟踪算法[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(7): 2757-2759.
- [4] VALYRAKIS A, TSAKONAS E E, SIDIROPOULOS N D, et al. Stochastic modeling and particle filtering algorithms for tracking a frequency-hopped signal [J]. IEEE Trans on Signal Processing, 2009, 57(8): 3108-3118.
- [5] GORDON N, SALMOND D. Novel approach to non-linear and non-Gaussian Bayesian state estimation [J]. Proceedings of Institute Electric Engineering, 1993, 140(2): 107-113.
- [6] BELVIKEN E, ACKLAM P J. Monte Carlo filters for non-linear state estimation [J]. Automatica, 2001, 37(1): 177-183.
- [7] GILKS W R, BERZUINI C. Following a moving target Monte Carlo inference for dynamic Bayesian models [J]. Journal of the Royal Statistical Society, 2001, 63(1): 127-146.
- [8] CARPENTER J, CLIFFORD P, FEARNEHEAD P. An improved particle filter for non-linear problems [J]. IEEE Proceedings on Radar Sonar Navigation, 1999, 146(1): 2-7.
- [9] 李翠芸,姬红兵. 新遗传粒子滤波的红外弱小目标跟踪与检测[J]. 西安电子科技大学学报, 2009, 32(4): 619-623.
- [10] 王朝辉,徐一兵. 一种基于优化的自适应遗传算法的粒子滤波算法[J]. 计算机安全, 2012(3): 13-16.
- [11] 程松. 一种利用粒子滤波的实时交通状态估计方法[D]. 上海: 复旦大学, 2008.
- [12] BOLIC M, DJURICJ P M, HONG S. Resampling algorithms and architectures for distributed particle filters [J]. IEEE Trans on Signal Processing, 2005, 53(7): 2442-2450.
- [13] TAYLOR M S, THOMPSON J R. A data based algorithms for the generation of random vectors [J]. Computational Statistics & Data Analysis, 1986, 4(2): 93-101.
- [14] 罗飞腾. 目标跟踪的粒子滤波技术研究[D]. 杭州: 中国科学技术大学, 2010.
- [15] 许丽佳,王厚军,龙兵. 一种状态监测与健康评估方法及其在模拟电路中的应用[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2008, 20(12): 1550-1556.

(上接第744页)所需样本量少,充分利用已有的评价信息,能减少人为的误差,能够比较客观、公正地得出供应商企业的信任值,对云环境下核心企业供应商的选择提供了一个直观的数值参考。但是,该模型目前只是对企业实体的综合信任值进行评估,虽然子证据的相对权重一般情况下是不会发生改变的,但很多子证据的基础数值是要随着时间的积累才能计算出来的。因此,如何对云环境下供应商实体信任值进行更新是进一步研究的内容。

#### 参考文献:

- [1] TAI S. Cloud service engineering [C]//Proc of the 18th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises. Washington DC: IEEE Computer Society, 2009: 3-4.
- [2] 冯国登,张敏,张妍. 云计算安全研究[J]. 软件学报, 2011, 22(1): 71-83.
- [3] BETH T, BORCHERDING M, KLEIN B. Valuation of trust in open networks [C]//Proc of the 3rd European Symposium on Research in Computer Security. Berlin: Springer-Verlag, 1994: 3-18.
- [4] JOSANG A. A logic for uncertain probabilities [J]. International

Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based System, 2001, 9(3): 279-311.

- [5] ABDUL-RAHMAN A, HAILES S. A distributed trust model [C]//Proc of Workshop on New Security Paradigms. New York: ACM Press, 1997: 48-60.
- [6] 张徐,高承实,戴青,等. 网格环境下基于灰色理论多属性综合信任评价模型[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(6): 2148-2150.
- [7] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.
- [8] 李勇军,代亚非. 对等网络信任机制研究[J]. 计算机学报, 2010, 33(3): 390-405.
- [9] 徐兰芳,胡怀飞,桑子夏,等. 基于灰色系统理论的信誉报告机制[J]. 软件学报, 2007, 18(7): 1730-1737.
- [10] 徐兰芳,张大圣,徐凤鸣,等. 基于灰色系统理论的主观信任模型[J]. 小型微型计算机系统, 2007, 28(5): 801-804.
- [11] DICKSON G W. An analysis of vendor selection systems and decisions [J]. The Journal of Supply Chain Management-Supplier Performance, 1966, 2(1): 5-17.
- [12] 冀铁果,田立勤,胡志兴,等. 可信网络中一种基于 AHP 的用户行为评估方法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(19): 123-126.
- [13] 赵焕臣,许树柏,和金生. 层次分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 22-26.