

基于模糊数学理论的信誉评估算法研究^{*}

徐兰芳，余院兰

(华中科技大学 计算机科学与技术学院 信息安全系, 湖北 武汉 430074)

摘 要：针对信任评估的主观性、模糊性以及无法精确地描述和验证等问题，提出信誉评估算法。算法定义了信任度、隶属度、信任关系、关键属性以及模糊变换等基本概念和关键属性集 U 、代理集 X 、评价集 V 、评价集矩阵 R 四个要素。根据模糊数学理论，将代理 X 的信任程度以及各代理对被代理的各关键属性的评估进行模糊变换，得到即将交易的代理 Y 的信任向量，并根据实际对原代理 X 的各信任值向量化，最终得到对代理 X 的信任值或信誉。实例表明，算法能用直观、简洁的语义定量地描述信任值，反映了实体之间信任的模糊性，解决了关于模糊性实体之间的信任建模问题，适用于电子商务、电子政务等领域。

关键词：信誉；关键属性；模糊变换；信誉评估

中图分类号：TP393 文献标志码：A 文章编号：1001-3695(2007)06-0022-03

Research on Reputation Reporting Strategy Algorithm
Based on Fuzzy Logic

XU Lan-fang, YU Yuan-lan

(Dept. of Information Security, College of Computer Science & Technology, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: Because trust itself had objective and fuzzy, and could not descript and validate it exactly, this paper proposed a reputation evaluation algorithm based on fuzzy logic. Algorithm defined some basic concepts such as trust degree, trust relation, key attributes and fuzzy transformation and four elements such as key attributes set U , agents set X , evaluation set V and evaluation matrix R . According to fuzzy transformation in fuzzy map logic, it could get the trust vector of the given agent through the fuzzy transformation between trust degree of agent X and the evaluation of key attributes of the given agent. If necessary it could vectorize the trust levels, then could get trust value of the given agent X . From the example, algorithm not only reflect the fuzzy of trust but also a visual and simple quantification description mechanism. It can apply in e-commerce, e-government and so on.

Key words: reputation; key attribute; fuzzy transformation; reputation evaluation

0 引言

因特网的迅猛发展,使网上交易表现出了巨大的潜力。但是网上交易过程缺乏对交易者背景信息的了解,以及对交易者可靠性的判断,极大地阻碍了网上交易的发展。交易双方信任或信誉的评估成了当前网络安全研究的焦点。

通过建立在线信誉评估机制帮助交易者评估彼此信任度,是解决上述问题的可靠方法。在线信誉评估机制中的一个关键问题就是如何计算信任度。在线信誉评估机制根据交易者过去交易行为的反馈值帮助交易的一方决定谁可信,从而阻止不确定或不诚实的交易者。目前的信誉评估机制通过将交易者的信任值相加或取平均值得到信誉值。这使得在线交易中一些微妙、重要的细节,如反馈值的真实性和反馈值对最终信任值的作用等难以表达。因此在线交易中,将反馈值有效地结合交易者之间的信任值,形成有效的信誉评估结论可以加强交

易者之间的信任,减少由信任引起的风险。

Lik Mui 等人^[1]根据周期提出一个基于贝叶斯的信任计算模型。模型描述和强调了信任、信誉与互反性之间的关系,其信任传播机制适用于简单的并行网络。A. J sang^[2]主要收集反馈信息计算代理的信誉而形成 Beta 信誉系统。Beta 能灵活地利用主观逻辑运算中的概率密度函数和标准逻辑,但不能担保用户正确地分配信任值。Zacharia 提出 eBay 在线信誉模型的演化版,将推荐者的信誉值直接作为他们可信度的衡量,以代理不同等级的个人评估预测各自的可靠性。Marsh^[3]将信任计算模型引入分布式人工智能。模型中的信任值严格限制在 -1 ~1,不能处理信任值为 0 和对消极信任以及信任的传播等特殊情况。Alfarez Abdul-Rahman 等人^[4]根据现实社会信任特性,为在虚拟社区支持信任提出了基于推荐的信任模型。模型引入语义等级,允许代理逐渐协调对其他代理主观推荐的理解,但不能区分欺骗的代理。文献[5]引入模糊集合中的隶属

收稿日期：2006-02-21；修返日期：2006-05-29 基金项目：国家自然科学基金资助项目(60203017)

作者简介：徐兰芳(1953-),女,湖北武汉人,副教授,主要研究方向为密码学、网络和数据库安全、电子商务与电子政务(lfxu@hust.edu.cn);余院兰(1982-),女,江西黎川人,硕士,主要研究方向为电子商务与电子政务、数据库安全。

度描述信任的模糊性,并定义信任向量作为信任的度量机制,提出运用概念树描述和定义信任模型。本文尝试从模糊数学的角度研究信誉报告策略,建立一个基于模糊数学理论的信誉评估算法。

1 基本定义

定义 1 信任关系

信任包含了双方的一种关系以及对该关系的期望。实际上信任包括两种相互关联的信任关系: 对客体(如标志、证书)的信任,它是基于证据的,可以精确地描述、推理和验证。实体之间的信任。它是由实体与实体之间或实体与客体之间的混合体所构成的个体或全体,对实体的特定特征或行为的特定级别的主观判断。这种主观判断是独立于主题特征和行为监控的。本文主要讨论后一种实体之间的信任。

定义 2 代理

交易过程中参与的实体,可以是人或机器。

定义 3 关键属性

代理 x 相对代理 y 的关键属性是依赖于代理 x 的行为并影响代理 y 的活动基础的因素。用 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 表示关键属性集。例如在线交易中代理的三个不同的质量因素,即最终价格、邮递时间、交易条件。由于质量因素与交易者相关,用向量表示更能有效而且正确地表达其他代理对该代理的主观评价。在交易过程中,对于给定的代理 x 和代理 y 进行交易后的反馈值 $r_{yx}=f(y, x)$ 是一个基于 u_1, u_2, \dots, u_n 的向量,即 $r_{yx}=(f_{u_1}(y, x), f_{u_2}(y, x), \dots, f_{u_n}(y, x))$ 。其中 $f_{u_i}(y, x) \in [0, 1]$ 表示 y 对 x 的关键属性 u_i 提交的反馈值。

定义 4 隶属度

设 U 是论域,称映射 $U \rightarrow [0, 1], u \mapsto \mu_A(u) \in [0, 1]$, 确定了一个 U 上的模糊子集合 $A=\{(u, \mu_A(u)) \mid \forall u \in U\}$, 简称模糊集合。 $\mu_A(u)$ 为 u 对 A 的隶属函数,也可表示为 $A(u)$; 对具体的 u $\mu_A(u)$ 为 u 对 A 的隶属程度,简称隶属度。 U 上所有模糊集组成的集合成为 U 的模糊幂集,记为 $\mathcal{F}(U)$ 。

例如一次交易后,代理 y 对代理 x 的关键属性 $U=(\text{最终价格 } u_1, \text{ 邮递时间 } u_2, \text{ 交易条件 } u_3)$ 的反馈值为 $0.2, 0.5, 0.4$, 用模糊集表示为 $A=\{(u_1, 0.2), (u_2, 0.5), (u_3, 0.4)\}$ 。

定义 5 信任度

信任度描述了信任的一方对另一方的信任程度。模型中用信任向量表示信任度。模糊子集 A 用来表示代理 y 对代理 x 的信任度。

定义 6 模糊变换

设代理 X 的关键属性集 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 和与代理 x 有交易的所有其他代理集 $Y=\{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ 。其他代理 y_i 对代理 X 各关键属性 u_j 的反馈值 r_{ij} 。

给定模糊映射为

$$T: Y \rightarrow \mathcal{F}(U), y_i \mapsto T(y_i) = r_{i1}/u_1 + r_{i2}/u_2 + \dots + r_{in}/u_n = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}) \in \mathcal{F}(U) \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

以 $(r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1n}) \quad (i=1, 2, \dots, m)$ 为行构造一个模糊矩阵,就可唯一确定模糊关系

$$R_T = \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & \dots & r_{mj} & \dots & r_{mm} \end{pmatrix}$$

其中, $R_T(y_i, u_j) = r_{ij} = f_{u_j}(y_i, x)$, 称由模糊映射 T 到模糊关系 R_T 的变换为模糊变换。

2 信誉评估算法

对实体的有关信任信息进行评估和综合可以决定实体的信任度或信任向量,评价的过程就是信任的综合评估。现实生活中,人们对一个产品的质量评价常常是好或者较好。由此决定了对生产企业的信誉评价,是相信或者比较相信等。信任本身具有模糊性,构成信任的因素也具有模糊性。对这种模糊性因素作出的综合评判,称为模糊综合评估。信任的模糊综合评估的理论基础是模糊变换。

首先定义四个要素:关键属性集 U 代理集 Y 评价集 V 和评价集矩阵 R 。其中关键属性集 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, 表示代理 x 相对于其他代理的关键属性集。代理集 $Y=\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, 表示给定的代理 x 进行过交易的其他代理集。评价集 $V=\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 表示其他代理对于代理 x 的评价等级。例如将信任的评价集分为 $v_1 \sim v_6$ 六级: v_1 = 完全可信, v_2 = 非常可信, v_3 = 可信, v_4 = 有点可信, v_5 = 不太可信, v_6 = 完全不可信。根据其他代理 y_i 对代理 x 的各关键属性的反馈值,构成评价集矩阵 $R=(r_{ij})_{n \times m} (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m)$ 。其他代理 Y 的信誉评估或权重 $A=(a_1, a_2, \dots, a_n) \in \mathcal{F}(Y)$, 且 $\sum_{i=1}^n a_i = 1$ 。其中 a_i 表示第 i 个代理的权重。

综合评估结果 B 是 V 上的一个模糊集, $B=(b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_m) \in \mathcal{F}(V)$ 。其中 $b_j(j=1, 2, \dots, m)$ 反映了第 j 个因素 U_j 在综合评判中所占的地位。

算法的基本思想是:根据代理的经验以及其他代理的推荐获取给定的代理的信誉值。首先计算推荐代理的信誉值,根据其信誉值可以计算出各代理的权重。再根据其他代理对给定代理的关键属性进行反馈,从而得到模糊关系矩阵 R 。根据模糊集合理论,通过对各代理的信任程度(权重)以及模糊关系矩阵 R 进行模糊变换得到信任向量。根据实际需要对该代理的各信任级别进行向量化,最终得到对即将进行交易的代理的信誉值。

输入: 其他代理集 Y 中各代理的信任度或权重 $A=a_i, i=1, 2, \dots, n$ 。根据历史交易记录得到其他代理 y_i 对给定代理 x 的各关键属性 u_j 的反馈值 $y_i(u_j) \quad (i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m)$ 。

输出: 给定代理 x 的信任度(或信誉值) B 。

步骤:

- (1) 定义关键属性集 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 。
- (2) 定义代理集 $Y=\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ 。
- (3) 定义评价集 $V=\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 。

(4) 计算评价集矩阵 R_T 。

根据代理集 Y 对关键属性集 U 反馈值 r_{ij} 得到代理 y 到关键属性 u 的映射 $T: Y \rightarrow (U), y_i \mapsto T(y_i) = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ (V)。根据模糊变换得到模糊关系矩阵 $R_T = (U \times Y)$, 即 $R_T(y_i, u_j) = f_{u_j}(y_i, x) = r_{ij} (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m)$ 。其中, 行表示某个代理 y_i 对代理 x 的所有关键属性的反馈值; 列表示交易后所有代理 y 对代理 x 中的某个关键属性的反馈值; r_{ij} 表示交易后第 i 个代理 y_i 对代理 x 的第 j 个关键属性 u_j 的反馈值。

(5) 综合评判。

根据文献[6]中代理的信誉算法得到各代理的权重 A 。在进行综合评判时, 选择主因素突出型算法。该算法通常用在所统计的模糊矩阵中的数据相差很悬殊的情形。取 $\max\text{-min}$ 合成运算, 即用模糊运算 $M(\cdot, \cdot)$ 可得 $b_j = \bigwedge_{i=1}^n (a_i \wedge r_{ij})$, 得到综合评判估计 $B = A \bullet R$, 即代理 x 的信任度 B 。最后根据实际需要继续对评价级 V 进行向量化, 根据 $B \bullet V$ 得到一个量化的信誉值。

3 实例应用

对一个公司声誉的评估:

(1) 关键属性集定义为 $U = \{ \text{管理质量 } u_1, \text{ 员工才能 } u_2, \text{ 长期投资价值 } u_3, \text{ 财务健全 } u_4, \text{ 善用公司资产 } u_5, \text{ 产品/服务质量 } u_6 \}$ 。

(2) 定义与该公司有交易的其他代理集 $Y = \{ y_1, y_2, y_3, y_4 \}$ 。

(3) 定义对该公司的评价集 $V = \{ \text{非常好, 好, 较好, 一般, 较差, 差} \}$ 。

(4) 定义交易后 y_1 对该公司各因素的反馈值为

$u_1 \mapsto (0.92, 0.83, 0.88, 0.90, 0.83, 0.90)$

类似地对其他因素进行单因素评估, 得到一个从 Y 到 U 的模糊映射 $f: Y \rightarrow (U)$, 即

$u_1 \mapsto (0.92, 0.83, 0.88, 0.90, 0.83, 0.90)$

$u_2 \mapsto (0.88, 0.86, 0.85, 0.96, 0.92, 0.90)$

$u_3 \mapsto (0.89, 0.86, 0.86, 0.94, 0.86, 0.88)$

$u_4 \mapsto (0.35, 0.34, 0.32, 0.40, 0.48, 0.40)$

由定义 6 可诱导出模糊关系 $R_f = R$, 即得评估集矩阵

$$R = \begin{pmatrix} 0.92 & 0.83 & 0.88 & 0.90 & 0.83 & 0.90 \\ 0.88 & 0.86 & 0.85 & 0.96 & 0.92 & 0.90 \\ 0.89 & 0.86 & 0.86 & 0.94 & 0.86 & 0.88 \\ 0.35 & 0.34 & 0.32 & 0.40 & 0.48 & 0.40 \end{pmatrix}$$

(5) 综合评估。根据文献[6]中的算法对各代理进行信任评估, 取权重 A 为 $A = (0.85, 0.95, 0.75, 0.85)$ 。用主因素突出型运算 $M(\cdot, \cdot)$, 求得顾客对该公司声誉的综合评判为 $B = A \bullet R = (0.88, 0.86, 0.85, 0.95, 0.92, 0.90)$ 。将 B 归一化为 $B = (0.164, 0.160, 0.159, 0.177, 0.172, 0.168)$ 。将评判集 $V = \{ \text{非常好, 好, 较好, 一般, 较差, 差} \}$ 数量化表示为 $V = (1, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5)^T$, 则该公司的总体信誉值为

$$(0.164, 0.160, 0.159, 0.177, 0.172, 0.168) \bullet (1, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5)^T = 0.746$$

假设某代理希望与该公司交易。如果该信誉值大于其交易的门限值则可以进行交易; 否则不能交易。

4 结束语

实体之间的信任具有主观性和模糊性, 无法精确地描述和验证。因此, 需要寻求一种既能反映实体之间信任的模糊性, 又具有直观、简洁语义的定量描述机制。本文提出了基于模糊集合理论的信誉评估算法。如何设置信誉评估模型中的参数, 以反映不同实体进行信誉评估时所具有的个性特点是进一步的研究内容。

参考文献:

[1] UI L, MOHTASHEMI M, HALBERSTADT A. A computational model of trust and reputation: proc. of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences[C]. [S. l.] : [s. n.], 2002.

[2] J SANG A, HIRD S, FACCER E. Simulating the effect of reputation systems on e-markets: proc. of the 1st International Conference on Trust Management[C]. Crete: [s. n.], 2003.

[3] MARSH S. Formalising trust as a computational concept[D]. [S. l.] : University of Stirling, 1994.

[4] ABDUL-RAHMAN A, HAILES S. Supporting trust in virtual communities: proc. of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences[C]. [S. l.] : [s. n.], 2000.

[5] 唐文, 陈钟. 基于模糊集合理论的主观信任管理模型研究[J]. 软件学报, 2003, 14(8): 1401-1408.

[6] BAMASAK O, ZHANG Ning. A distributed reputation management scheme for mobile agent-based e-commerce application: proc. of the 2005 IEEE International Conference on E-Technology, E-Commerce and E-Service[C]. [S. l.] : [s. n.], 2005: 270-275.

[7] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2000.

(上接第 21 页)

[10] MITH D J, FORREST S, PERELSON A S. Workshop notes, workshop 4: immunity based systems: proc. of Int'l. Conf. on Multiagent Systems[C]. Kyoto: [s. n.], 1996.

[11] HART E, ROSS P. Exploiting the analogy between immunology and sparse distributed memories: a system for clustering non-stationary data: proc. of the 1st International Conference on Artificial Immune Systems[C]. [S. l.] : [s. n.], 2002: 49-58.

[12] HART E, ROSS P. Improving SOSDM: inspirations from the danger theory: proc. of International Conference on Artificial Immune Sys-

tems(ICARIS 2003) [C]. [S. l.] : Springer, 2003: 194-203.

[13] IQBAL A, MAAROF M A. Towards danger theory based artificial APC model: novel metaphor for danger susceptible data codons[M]. Italy: Springer-Verlag, 2004.

[14] IQBAL A, MAAROF M A. Danger theory and intelligent data processing[J]. International Journal of Information Technology, 2004, 1(1).

[15] IQBAL A, MAAROF M A. Polymorphism and danger susceptibility of system call DASTONs: ICARIS[C]. [S. l.] : [s. n.], 2005: 366-374.