

一种基于灰色系统理论的主观信任评估方法

吉 琨,王海艳,王汝传

(南京邮电大学 计算机学院,江苏 南京 210003)

摘 要:针对开放网络环境下的电子交易存在的安全性、可信度低和信任评估难的问题,在文中将灰色系统理论应用于主观信任的度量与评估,提出了一种新型主观信任评估方法,即针对一个给定实体,根据不同用户对这一实体多个关键属性的评价,经过灰色关联度分析以及灰色聚类分析综合出对于此实体的总评价。仿真实验结果表明,在评价可信度未知的情况下,该方法可以较好地保留样本的完整性,提高了信任值的准确性,能够有效地遏制虚假评价对最终评价的影响,弥补了传统方法在客观性和可信性方面的不足。

关键词:主观信任;灰色系统;评估

中图分类号:N941.5

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)04-0109-04

A Novel Subjective Trust Evaluation Method Based on Grey System Theory

JI Kun, WANG Hai-yan, WANG Ru-chuan

(College of Computer Science, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: In open network, an important challenge is how to cope with security problems, low trust and evaluation problems in e-commerce. A novel subjective trust evaluation method is proposed in this paper with the employment of grey system theory. According to various evaluated trust values upon different properties for a given entity, a comprehensive trust value can be computed based on our method by grey correlation analysis and grey clustering analysis. Simulation results demonstrate that this evaluation method can not only keep the integrity of samples but also improves the accuracy of trust value for the entity, meanwhile, it effectively prevented the impact of baleful estimate as far as possible, and improved lack of objectivity and trust in traditional method.

Key words: subjective trust; grey system; evaluation

0 引 言

随着互联网的发展,网上交易也随之迅猛发展,但网上交易过程中无法获知交易双方的可信度,有可能存在多种多样的欺骗行为。电子商务中存在不确定性、匿名性等不可靠的因素,直接对交易中的信任产生了或多或少的影

响。用户的虚假推荐,从而影响了评估结果的客观性和可信性。近年来信任评估已成为国内外研究的重要课题。

1 相关工作

目前比较著名的信任评价模型有 Beth 模型^[1]和 Josang 模型^[2]。Beth 模型是通过实体能够成功完成任务的概率由交互过程中累计的肯定经验与否定经验的统计数据根据精确的概率模型得出的,虽然给出了由经验推荐引出的信任度推导及计算方法,但该模型对直接信任定义过于严格,且计算方法中采用了简单的算术平均,而实际应用中

对信任的判断具有很大的随意性和主观性,忽略了信任的模糊性和不确定性,使计算结果的准确性受到恶意推荐的很大影响,难以客观地对信任作出评价。

收稿日期:2009-07-24;修回日期:2009-10-12

基金项目:国家自然科学基金(60973139,60773041);江苏省自然科学基金(BK2008451);国家高科技 863 计划项目(2007AA01Z404,2007AA01Z478);现代通信国家重点实验室计划项目基金(9140C1105040805);国家和江苏省博士后基金(0801019C,20090451240,20090451241);江苏高校科技创新计划项目(CX08B-085Z,CX08B-086Z);江苏省六大高峰人才项目(2008118)

作者简介:吉 琨(1985-),男,硕士研究生,研究方向为计算机网络与信息安全;王海艳,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为计算机网络与信息安全、可信计算技术等;王汝传,教授,博士生导师,研究方向为计算机软件、计算机网络、信息安全、移动代理和无线传感器网络应用等。

描述和度量信任关系。其中, b, d, u 分别表示对陈述的信任程度、不信任程度和不确定程度。模型虽考虑了不确定性的因素, 较 Beth 模型有所进步, 但归根到底还是依据精确模型加以解决, 换言之, 就是把信任的主观性等同于随机性。另外, 虽然 Josang 等人给出了一些指导原则, 但该过程的处理仍较为复杂和困难。

灰色系统理论是我国著名学者邓聚龙教授于 1982 年创立的, 与研究“随机不确定性”的概率统计和研究“认知不确定性”的模糊数学不同, 灰色系统理论的研究对象是“部分信息已知, 部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定性系统, 通过对部分已知信息的分析实现对整个系统行为和规律的正确把握和描述。

在已有的关于基于灰色系统理论的相关信任方面的文献主要是针对不同实体的信任度进行讨论的^[3,4], 文献[4]中是对于不同实体用灰色系关联度以及灰类分析, 从而判断哪一个实体的可信度较高, 文献[3]中是利用灰关联分析出实体评价中的哪一个关键属性对总评价的影响最大。

笔者提出的基于灰色系统理论的主观信任评估方法, 创新之处在于信任评估的对象只针对一个实体, 根据不同用户对这一实体多个关键属性的评价, 经过灰色关联度分析以及灰色聚类分析综合出对于此实体的总评价。在评价可信度未知的情况下, 既不会全部采信所有评价信息, 也不会舍弃任何评价信息, 最大可能性地保留了样本的完整性, 对已有的少量信息进行分析, 获得最贴近真实评价的估计值, 随着样本数量的增加可以有效地遏制恶意评价对真实评价的影响, 进一步提高了信任值的准确性和可信度。

2 基于灰色系统理论的主观信任评估方法

灰色关联聚类。

文中划分聚类的方法选择的是灰色关联聚类^[5,6], 以下简单介绍灰色关联聚类相关概念。

命题 1 设行为序列 $X_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n))$, 记折线 $(x_i(1) - x_i(1), x_i(2) - x_i(1), \dots, x_i(n) - x_i(1))$ 为 $X_i - x_i(1)$, 令

$$s_i = \int_1^n (X_i - x_i(1) d_t) \quad (1)$$

$X_i - x_i(1)$ 称为 X_i 的始点零化像, 记为 $X_i^0 = (x_i^0(1), x_i^0(2), \dots, x_i^0(n))$

命题 2 设序列 X_0 和 X_i 长度相同, s_0, s_i 如命题 1 所示, 则称

$$\epsilon_{0i} = \frac{1 + |s_0| + |s_i|}{1 + |s_0| + |s_i| + |s_i - s_0|} \quad (2)$$

为 X_0 和 X_i 的灰色绝对关联度。

$|s_0|, |s_i|, |s_i - s_0|$ 计算方法如下所示:

$$|s_0| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} x_0^0(k) + \frac{1}{2} x_0^0(n) \right| \quad (3)$$

$$|s_i| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} x_i^0(k) + \frac{1}{2} x_i^0(n) \right| \quad (4)$$

$$|s_i - s_0| =$$

$$\left| \sum_{k=2}^{n-1} (x_i^0(k) - x_0^0(k)) + \frac{1}{2} (x_i^0(n) - x_0^0(n)) \right| \quad (5)$$

命题 3 设有 n 个观测对象, 每个对象观测 m 个特征数据, 得到行为序列:

$$X_1 = (x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(n))$$

$$X_2 = (x_2(1), x_2(2), \dots, x_2(n))$$

...

$$X_m = (x_m(1), x_m(2), \dots, x_m(n))$$

对所有的 $i \leq j, i, j = 1, 2, \dots, m$, 计算出 X_i 和 X_j 的绝对关联度 ϵ_{ij} , 得上三角矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} \epsilon_{11} & \epsilon_{12} & \cdots & \epsilon_{1m} \\ & \epsilon_{22} & \cdots & \epsilon_{2m} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & \epsilon_{mm} \end{bmatrix}$$

其中 $\epsilon_{ii} = 1; i = 1, 2, \dots, m$, 矩阵 A 称为特征变量关联矩阵, 取定临界值 $r \in [0, 1]$, 一般要求 $r > 0.5$, 当 $\epsilon_{ii} \geq r (i \neq j)$ 时, 则视 X_i 和 X_j 为同类特征。 r 值越接近 1 则分类越细, 每一个分组中的变量相对地越少。特征变量在临界值 r 下的分类称为特征变量的 r 灰色关联聚类。

3 基于灰色系统理论的主观信任评估方法

文中的主观信任评估方法正是基于上述灰色聚类思想。主观信任是由多个不同关键属性决定的^[7,8], 而多个关键属性则可以形成一个序列类似命题 1 中提及的行为序列, 多个不同对象对这些关键属性的评价形成了一组关键属性信任评价序列。

设第 i 个对象对第 j 个关键属性已经做出评价 P_{ij} , 具体步骤如下:

步骤 1: P_{ij} 指第 i 个对象对事物的第 j 个关键属性作出的信任评价, 将已有的信任评价样本按照对应的下标第 i 行第 j 列写入矩阵, 形成信任评价初始矩阵, 如图 1 所示:

	Property 1	Property 2	...	Property j
Object 1	P_{11}	P_{12}	\cdots	P_{1j}
Object 2	P_{21}	P_{22}	\cdots	P_{2j}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
Object i	P_{i1}	P_{i2}	\cdots	P_{ij}

图 1 信任评价初始矩阵

步骤2:以第一个对象的信任评价序列为例即序列 $P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1j}$, 根据命题1中的式(1)计算出所有对象对应的 s_i 以及序列对应的始点零化像。

步骤3:根据命题2中的式(2)计算出所有 s_i 与参照序列 s_1 之间的所有灰色绝对关联度 ϵ_{1i} , 换言之, ϵ_{1i} 代表了各信任评价序列与第一个序列之间的相似程度。

步骤4:依次以其他的每个对象为参照序列, 重复步骤2和步骤3计算出各信任评价序列之间的灰色绝对关联度 ϵ_{ij} , 计算出的所有灰色绝对关联度, 依据命题3的方法组成信任特征变量关联矩阵, 然后根据临界值 r 对所有 ϵ_{ij} 进行聚类分析, 最终将所有对象分成若干聚类。进过灰色关联度分析的序列被划分在同一聚类中, 说明这些序列的信任评价具有相似性。

步骤5:对已经形成的灰色聚类进行均值分析, 设灰色聚类 C_1 中包含有 n 个序列 X_1, X_2, \dots, X_n , 通过公式

$$AVEX = \frac{1}{m} \sqrt{\sum_{i=1, j=1}^{i=m, j=n} X_i^2(j)} \quad (6)$$

计算出每个灰色聚类的信任特征序列 AVEX, 信任特征序列代表了一个独立的灰色聚类中所有成员序列对于同一事物信任评价的共同意愿。

步骤6:分好的 K 个灰色聚类中包含不同数量的序列, 设灰色聚类 C_K 由 m_K 个序列组成 ($1 \leq m_K, K \leq i$), C_K 的信任特征序列为 $AVEX_K$, 以每个聚类拥有的序列数量占总序列数量的比例为权值, 综合特征均值序列最终得出对于该事件的信任评价, 最终信任评价 FT 满足下式

$$FT = \sum_{L=1}^K \frac{m_L}{i} AVEX_L \quad (7)$$

4 示例与仿真

设有5个用户在某一电子商务网站买了同一商品, 购物后对网站的网页质量、宣传效果、服务态度、服务质量、交易安全性、交易时长、产品质量、产品价格、售后服务, 九个关键属性进行评价, 初始矩阵如下:

	网页质量	宣传效果	服务态度	服务质量	交易安全性	交易时长	产品质量	产品价格	售后服务
用户1	6	9	7	5	6	7	9	9	9
用户2	2	5	3	8	8	7	8	9	7
用户3	8	10	9	6	4	8	8	9	8
用户4	7	9	8	5	4	7	8	9	8
用户5	8	10	7	2	2	5	8	8	5

根据命题1求出始点零化矩阵:

$$\begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & -1 & 0 & 1 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 3 & 1 & 6 & 6 & 5 & 6 & 7 & 5 \\ 0 & 2 & 1 & -2 & -4 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & -2 & -3 & 0 & 1 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & -6 & -6 & -3 & 0 & 0 & -3 \end{bmatrix}$$

根据 $|s_i| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} x_i^0(k) + \frac{1}{2} x_i^0(n) \right|$ 计算出每个用户对应的值, 以用户1和用户2为例:

$$|s_1| = \left| \sum_{k=2}^8 x_1^0(k) + \frac{1}{2} x_1^0(9) \right| = 11.5$$

$$|s_2| = \left| \sum_{k=2}^8 x_2^0(k) + \frac{1}{2} x_2^0(9) \right| = 36.5$$

$$|s_2 - s_1| =$$

$$\left| \sum_{k=2}^8 (x_2^0(k) - x_1^0(k)) + \frac{1}{2} (x_2^0(9) - x_1^0(9)) \right| = 25$$

$$\epsilon_{12} = \frac{1 + |s_1| + |s_2|}{1 + |s_1| + |s_2| + |s_2 - s_1|} \approx 0.66$$

以用户1为参照序列, 用户2与之灰色绝对关联度为 0.6622, 依次计算出其他用户与用户1之间的灰色绝对关联度, 然后以其他用户为参照序列分别计算相应的灰色绝对关联度, 最后得出命题3中的特征变量关联矩阵, 如下所示:

	用户1	用户2	用户3	用户4	用户5
用户1	1.00	0.66	0.52	0.58	0.51
用户2		1	0.51	0.53	0.50
用户3			1	0.56	0.58
用户4				1	0.51
用户5					1

矩阵中的数值代表了各用户信任评价之间的灰色绝对关联度, 简单的说就是信任评价之间的相似程度, 取 $r = 0.57$, 挑出关联度大于 0.57 的 ϵ_{ij} , 有 $\epsilon_{12} = 0.66, \epsilon_{14} = 0.58, \epsilon_{35} = 0.58$, 由关联度说明用户1与用户2、用户4的关联程度较大, 分在一个聚类中, 用户3和用户5关联程度大, 分在另一个聚类中, 因此可以将5个用户分为两个聚类: (1, 2, 4), (3, 5)。

对已分好的灰色关联聚类根据式(6)求特征序列, 也就是各聚类的信任特征序列。

$$AVEX_1 = [3.14 \ 4.56 \ 3.68 \ 3.56 \ 3.59 \ 4.04 \ 4.82 \ 5.20 \ 4.64]$$

$$AVEX_2 = [5.66 \ 7.07 \ 5.70 \ 3.16 \ 2.24 \ 4.72 \ 5.66 \ 6.02 \ 4.72]$$

最后根据式(7)求出最终信任评价 FT:

$$FT = \frac{3}{5} \times AVEX_1 + \frac{2}{5} \times AVEX_2 = [4.148 \ 5.564 \ 4.488 \ 3.4 \ 3.05 \ 4.312 \ 5.156 \ 5.527 \ 4.672]$$

根据上面的示例作出仿真实验, 如下所示:

在图2中 X 轴代表了9个不同属性, Y 轴代表了

属性的评分,5条折线分别代表了5个不同用户对于电子商务网站9个关键属性的评分,显然从图中无法分辨出用户的评价趋势。传统的做法是将用户的评价均值化得出用户的共同评价如图3中最上方传统(traditional)折线所示,这样计算出来的评价往往与实际的评价有很大的偏差,因为这些评价中可能有恶意评价,同等的看待每个用户的评价使得最终的评价值过高或者过低。利用我们提出的基于灰色系统理论的主观信任评估方法可以最大可能地限制恶意评价带来的影响,如图3中所示,细虚折线聚类1(clustering1)和实折线聚类2(clustering2)分别代表了2个用户群体对网站的评价,点虚折线(new)则综合了两个用户群体的评价。从图中可以看出,所提出主观信任评估方

法得出的折线(new)显然低于传统方法的折线(traditional),当有新样本加入时折线(new)将逐渐向真实评价趋近,说明我们的主观信任评估方法更为保守和客观,提高了信任评价的可信度。

5 结束语

基于灰色系统理论的主观信任评估方法利用灰色聚类思想对用户评价进行分类,极大地遏制了恶意评价对最终信任评价的影响,改进了传统信任评估在防范恶意评价方面的不足,提高了信任评价的可信度,具有样本量少、可靠性高、可操作性强的优点。但该方法只对已有样本进行了评估,如何对新获取的信息与已有样本特征值进行灰关联分析,判断出新的样本属于

哪一聚类,以及新样本加入已存在的聚类该如何更新聚类的信任特征序列都是下一步要研究的重点。

参考文献:

- [1] Beth T, Borcherding M, Klein B. Valuation of trust in open networks[C]// In: Gollmann D, ed. Proceedings of the European Symposium on Research in Security (ESORICS). Brighton: Springer-Verlag, 1994: 3-18.
- [2] Jøsang A. A logic for uncertain probabilities [J]. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge - Based Systems, 2001, 9(3): 279-311.
- [3] 徐兰芳, 张大圣, 徐凤鸣. 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.
- [4] 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.
- [5] 刘思峰, 党耀国, 方志耕. 灰色系统理论及其应用[M]. 第3版. 北京: 科学出版社, 2004: 12-33.
- [6] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990: 128-213.
- [7] Shen Qiying, Wang Wenping. The Evolution of Company Network Based on the Reputation's Grey Dynamics[C]// Southeast Univ., Nanjing, IEEE, Grey Systems and Intelligent Services, 2007. GSIS 2007. IEEE International Conference. [s. l.]: [s. n.], 2007: 1101-1106.
- [8] 徐兰芳, 胡怀飞, 王爱民, 等. 基于灰色理论的主观信任计算方法[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(11): 92-95.

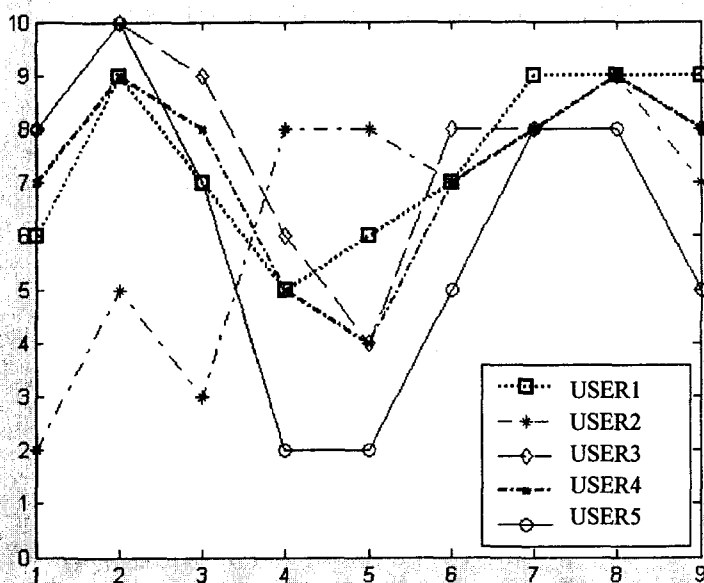


图2 用户评价曲线图

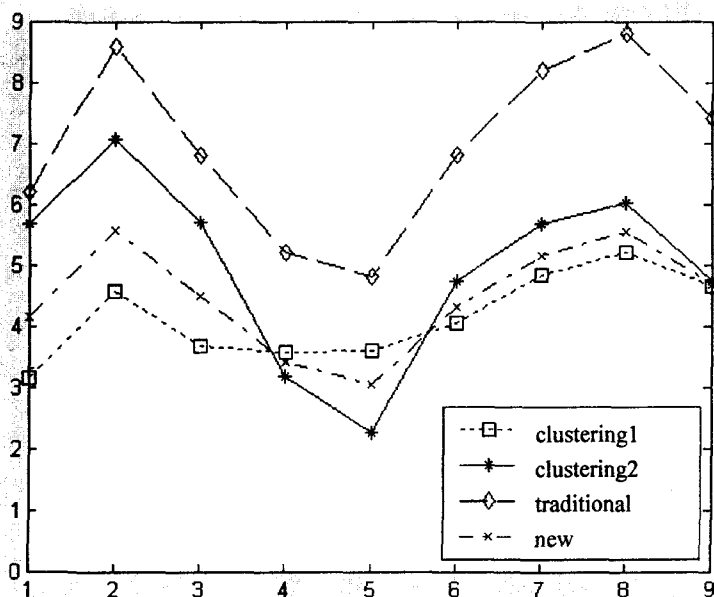


图3 综合评价图