

## 基于灰色系统理论的信誉报告机制<sup>\*</sup>

徐兰芳<sup>1+</sup>, 胡怀飞<sup>1</sup>, 桑子夏<sup>1</sup>, 徐凤鸣<sup>2</sup>, 邹德清<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(华中科技大学 计算机学院,湖北 武汉 430074)

<sup>2</sup>(武汉工业学院 工商学院,湖北 武汉 430070)

### A Prestige Reporting Mechanism Based on Gray System Theory

XU Lan-Fang<sup>1+</sup>, HU Huai-Fei<sup>1</sup>, SANG Zi-Xia<sup>1</sup>, XU Feng-Ming<sup>2</sup>, ZOU De-Qing<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(Institute of Computer Science, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

<sup>2</sup>(Institute of Business and Technology, Wuhan Industry University, Wuhan 430070, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-27-87891583, E-mail: lfxu@hust.edu.cn, <http://www.hust.edu.cn>

**Xu LF, Hu HF, Sang ZX, Xu FM, Zou DQ. A prestige reporting mechanism based on gray system theory. *Journal of Software*, 2007,18(7):1730–1737. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/18/1730.htm>**

**Abstract:** Trust is an important causation between seller and customer in the successful network business, and the prestige of merchant is a vital factor that customers take into account when they select bargainer. In the traditional trust evaluation methods, various hypotheses are put forward for the evaluated entities, and the inercious recommendation of malicious customers can not be avoided, so the objectivity and creditability of the evaluation result is affected. To the above questions, a mechanism scheme based on the gray system theory is put forward in this paper. It is proved that in the  $t$  time, the existence of the entity' gray relation degree is sufficient and necessary. In this scheme, original data is firstly collected through using taste concourse method, the evaluated entities are regarded as clustering entities, and the grade point value of their key attributes given by customers are regarded as the basis of valuation. Using a gray relation analytical method, the evaluated vectors of the entities can be gotten. Through inducing and adjusting according to the arranged gray level, gray level of the clustering entity is judged, and trust degree of the entity can be obtained. The actual mark of the entity' key attributes given by customers are regarded as the basis of valuation in this scheme. Gray number close to fact is adopted as the expressive mode so that the various hypotheses are avoided. Original data is collected through using taste concourse method and it can effectively avoid malicious recommendation. In the example, it is explained that entity's trust is quantified and trust among entities can be compared. The scheme has some advantages, such as credible evaluation, strong maneuverability, and suiting for the automatic processing of software, etc .It is a practical and valuable new method to evaluate entity's trust degree in network circumstance.

**Key words:** trust degree; gray level whitening function; gray clustering evaluation arithmetic; gray relation analysis; prestige reporting

**摘 要:** 信任是决定实体双方在互联网上成功交易的一个重要原因,而商家的信誉又是客户选择交易对象的关键

\* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60503040 (国家自然科学基金)

Received 2006-01-02; Accepted 2006-10-10

因素,传统的信任评估方法对评估对象提出种种假设,不能分辨恶意客户的虚假推荐,因而影响了评估结果的客观性和可信性.针对上述问题,提出了以灰色系统理论为基础、以灰色聚类评估算法为主要内容的信誉报告机制方案,同时证明了实体的灰关联度在  $t$  时刻存在的充分必要性.方案首先采用味集群方式采集原始数据,以被评估的实体为聚类实体、以客户对实体关键属性的评分为评估依据,运用灰关联分析得到实体的评估向量,按事先约定的灰类归纳整理,判断聚类实体的灰类,得到相应实体的信任度.方案的评估依据是客户对实体关键属性的实际评分,并且允许用贴近实际的灰数表达形式,避免了种种假设数据;味集群方法采集原始数据,能够有效地避免恶意推荐.实例说明,实体的信任可以被量化,实体间的信任可以具有可比性.方案具有评价可靠、可操作性强、适合软件自动处理等特点,是网络环境中具有实用价值的一种对实体信任度评估的新方法.

关键词: 信任度;灰类白化函数;灰色聚类评估算法;灰关联分析;信誉报告

中图法分类号: TP393 文献标识码: A

随着互联网的发展,网络安全日益成为一个引人注目的课题.目前,各种安全技术,如密码算法和协议,或更高层次的安全模型,都离不开信任.对于网络安全,信任是前提与基础,因此,信任评估成为网络安全研究的焦点.

越来越多的人喜欢从网上购物,但网上购物存在着比现实购物更大的风险.网上欺诈行为正愈演愈烈.据估算,2000年全球利用网上支付方式进行欺诈所涉及的金額高达16亿美元<sup>[1]</sup>.在网上交易过程中,交易双方由于某种原因可能进行欺骗.例如,如果客户先付款,商家有可能不提供规定的服务.反之,客户也有可能不守诚信,因此,对参与交易实体的信任极其重要.

在传统的信任评估中,Resnick 和 Varian 提出了等级、反馈和推荐系统,其基本思想是:在线社团成员对其他社团成员评级或提供反馈.反馈系统统计用户过去行为被评定的等级,将反馈值提供给其他用户作为未来行动的预测,并以此建立信任.MIT 的 Dellarocas 对在线交易的可靠信任管理系统定义了可信性和信任的数学框架,基于这种框架,定义了信誉,并指出信誉报告系统是一种很重要的信任产生方式<sup>[2]</sup>.

当前的信誉报告机制,采用推荐库和协同过滤<sup>[3]</sup>等技术.信誉报告机制从大量社团成员中获得推荐信息,以此为基础形成推荐信息数据库,再提供给所有社团成员.客户是否信任实体,由客户根据推荐库里的信息自行判断和下结论,可见这个判断过程是以主观性为主的过程.采用协同过滤技术,处理包含在推荐库中的原始评级,以帮助客户只注意一些对客户自身有用的评估子集,在这方面有分类和集群方法、回归方法.大多数协同过滤系统在计算实体的累计评级时,假设每个用户的评级权重相等,这在现实生活中只是一种理想的环境,不能确切地衡量实体的信任水平.

文献[4]提出了 TBAD 模型(trustworthiness-based authorization delegation model),该模型将信任分为直接信任和间接信任,探讨信任传递的计算,是一种基于信任度的授权委托模型.该模型在计算信任委托中虽然采用了迭代方法,但当面对复杂的信任类型时,并不能很好地解决恶意委托问题.文献[5]考察了主观信任的模糊性,在模糊数学理论的基础上,给出了信任类型的定义机制和信任的评估机制,定义了主体信任的形式化表示,并提出了信任关系的推导规则,构造了一个主观信任管理模型.但该模型认为信任是具有树状层次结构的概念树,设定两个概念树之间的差异不超过根结点所定义的域值,设定信任的子因素的权重分配.对于复杂的信任类型,需要构造多级概念树,通过从叶到根的反复迭代来获取信任向量,并对评价对象提出了种种假设,或者认为评价已经符合树状层次结构的特点.如此假设,影响了信任评价结果的客观性和可信性.

对于信任而言,最简单的情况就是两种:信任与不信任,但事实并非如此.例如,网上交易的双方,即客户与商家之间有可能不是百分之百的信任或不信任,交易能否成功,取决与双方在多大程度上信任对方,因此信任是不确定的.要实现对各种不确定性信息的抽象描述,如果沿用经典数学的方法,则用确定信息难以确切表达,因此采用可表达不确定性信息的描述形式.控制论学者艾什比<sup>[6]</sup>用黑箱(black box)形容内部信息缺乏的实体和系统,用“黑”表示信息缺乏,“白”表示信息完全,信息不充分、不完全称为“灰”.信息不完全的系统称为灰色系统或简称为灰系统(gray system),因素明确、关系清楚、结构已知、作用原理明了的系统是白色系统.由于信任受各种因素的影响,交易双方在网络环境中对彼此的信息了解得不够充分,因此网上交易双方的信任即构成一个灰色

系统.

信誉报告系统是一种很有前途的信任产生方式.本文主要根据灰色系统理论,设计一个信誉报告机制方案,并且证明实体的灰数信任度在  $t$  时刻存在的充分必要性.方案主要包括灰关联分析和灰色聚类评估算法等部分.方案用味集群的方法采集原始数据,以被评估的实体为聚类实体、以客户对实体关键属性的评分为评估依据,运用灰关联分析得到实体的评估向量,按事先约定的灰类归纳整理,判断聚类实体的灰类,得到相应实体的信任度.方案的实现将使实体的信任被量化,实体间的信任具有可比性.味集群的方法采集原始数据,能够有效地避免恶意推荐,避免传统的分析法中将每个用户的评级权视为相等的做法.方案具有评价可靠、可操作性强、适合软件自动处理等特点,是网络环境中具有实用价值的一种对实体信任度进行评估的新方法.

## 1 基本概念

### 1.1 聚类实体集、客户集

在网上交易中,客户和商家构成买卖双方.定义由被评价的商家实体  $d_i$  组成的集合为聚类实体集,记作  $D=\{d_i|i=1,2,\dots,m\}$ .客户  $b_j$  组成的集合称为客户集,记作  $B=\{b_j|j=1,2,\dots,n\}$ .

### 1.2 关键属性集

实体  $d_i \in D(1 \leq i \leq m)$  相对于客户  $b_j \in B(1 \leq j \leq n)$  的关键属性是依赖实体  $d_i$  的行为并影响客户  $b_j$  的活动基础的属性<sup>[2]</sup>.实体  $d_i$  的关键属性组成的集合称为关键属性集  $A$ ,记作  $A=\{a_h|h=1,2,\dots,e\}$ .如果一个关键属性不是客观可测量的,则称为主观可测量关键属性.

例如,客户认为商家的产品的关键属性集为{产品价格,产品质量},其中,产品价格可以用一个确定的数,如 280 元表示,因此是客观可测量的.对于产品质量,用确定的数难以确切地表示,习惯用产品质量好、比较好或不好等来表达,所以它是主观可测量的.

### 1.3 灰类集

客户对商家的信任取决于许多因素,用“十分信任”、“比较信任”、“一般信任”、“不信任”等信息,可以确切地描述这些状态.因此,我们引入灰元、灰数、灰量与灰类的概念.灰元是指信息不完全的元素,灰数是指信息不完全的数,灰变量是指信息不完全的变量,灰变量的一个特定值是一个灰类.例如,用户对产品质量的评估就是一个灰元;产品质量评估值,如 0.40 分左右就是一个灰数;所有灰类组成的集合称为灰类集,记作  $G=\{g_k|k=1,2,\dots,r\}$ ,其中  $g_k$  为第  $k$  灰类.

例如,设产品质量为灰变量,可以是“好”、“一般”、“差”等.令灰类集  $G=\{g_1,g_2,g_3\}$ ,分别依次表示第一、第二、第三灰类,依次表示产品质量好、一般、差.

### 1.4 味集群、核心集

设聚类实体  $d_i(d_i \in D, 1 \leq i \leq m)$  的关键属性集为  $A=\{a_h|h=1,2,\dots,e\}$ ,客户集  $B=C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_u \cup \dots \cup C_v \cup \dots \cup C_q$ ,其中  $C_u, C_v \subseteq B$ ,且若  $C_u, C_v \subseteq B$ ,则  $C_u \cap C_v = \emptyset, 1 \leq u, v \leq q$ .设  $C_u=\{b_{u0}, b_{u1}, b_{u2}, \dots, b_{up}, \dots, b_{us}\}$ ,若  $b_{up} \in C_u$ ,且  $1 \leq p \leq s, b_{up}$  对  $d_i$  的  $A$  中的所有关键属性的评分与  $b_{u0}$  对  $d_i$  的  $A$  中的所有关键属性的评分的偏离在可允许的范围内,称  $C_u$  为味集群,  $b_{u0}$  为味集群  $C_u$  的核心.每一个味集群有且仅有一个核心,称由味集群  $C_1, C_2, \dots, C_q$  的核心组成的集合  $B_0$  为核心集,  $B_0=\{b_{u0}|u=1,2,\dots,q\}$ .

味集群方法处理原始数据的基本思想是:将普通客户  $b_j$  对关键属性的评分与核心集中所有核心对关键属性的评分相比,如果偏离超出了一定范围,则可认为该评分无效,同时将客户  $b_j$  相应的数据库信息做上标记,当  $b_j$  所进行的无效评分超过限制的次数时,可认为该客户  $b_j$  为恶意客户.如果客户  $b_j$  所给出的评分有效,则接受该评分,如果客户  $b_j$  的评分与  $b_{u0}$  的评分最接近,则将客户  $b_j$  并入  $b_{u0}$  所在的味集群中,最后将有效的评分以味集群为单位进行统计,即可得到某味集群对实体  $d_i$  的关键属性的评分.

1.5 灰关联因子集、灰关联度、评分值、灰关联分析

设聚类实体集  $D=\{d_i|i=1,2,\dots,m\}$ ,关键属性集  $A=\{a_h|h=1,2,\dots,e\}$ ,由味集群组成的客户集  $B=\bigcup_{u=1}^q C_u$ ,对实体  $d_i(d_i \in D, 1 \leq i \leq m)$ 的每一个关键属性  $a_h$  分别评分,形成一个两重循环序列,用类程序设计语言记为

for  $i=1$  to  $m$  do

for  $h=1$  to  $e$  do

if  $a_h$  是主观可测量关键属性 then

$\delta_{ih}=\{\delta_{ih}(1),\delta_{ih}(2),\dots,\delta_{ih}(u),\dots,\delta_{ih}(q)\}$  //所有味集群对实体  $d_i$  的  $a_h$  评分.

元素  $\delta_{ih}(u)$ 表示第  $u$  个味集群  $C_u$  对实体  $d_i$  的  $a_h$  评分,若定义  $\delta_{0h}=\{\delta_{0h}(1),\delta_{0h}(2),\dots,\delta_{0h}(u),\dots,\delta_{0h}(q)\}$  为最优参考序列,则称  $\gamma_{a_h}^i$  为  $\delta_{ih}$  相对于  $\delta_{0h}$  的灰关联度,有  $\gamma_{a_h}^i = \gamma(\delta_{0h}, \delta_{ih}) = \frac{1}{q} \sum_{u=1}^q \gamma(\delta_{0h}(u), \delta_{ih}(u))$ , 并且

$$\gamma(\delta_{0h}, \delta_{ih}) = \frac{\min_u |\delta_{0h}(u) - \delta_{ih}(u)| + \xi \max_u \max_i |\delta_{0h}(u) - \delta_{ih}(u)|}{|\delta_{0h}(u) - \delta_{ih}(u)| + \xi \max_u \max_i |\delta_{0h}(u) - \delta_{ih}(u)|},$$

其中,  $\xi \in (0, 1)$  为分辨系数,一般  $\xi$  取 0.5.  $\delta_{0h}, \delta_{ih} \in Z$ , 称  $\delta_{0h}, \delta_{ih}$  等为灰关联因子,  $Z$  为灰关联因子集,  $1 \leq i \leq m, 1 \leq u \leq q$ , 又称灰关联度  $\gamma_{a_h}^i$  为客户集  $B$  对实体  $d_i$  的关键属性  $a_h$  的评分值,将上述评分值的分析和计算过程称为灰关联分析. 可以证明灰关联度  $\gamma_{a_h}^i$  是稳定的.

定理. 设  $t \in [t_0, t_n]$ , 若灰关联度  $\gamma_{a_h}^i$  在  $t$  点成立, 当且仅当  $t_n - t_0 \neq 0$  时, 评分值有确定解  $T_i(a_h)$ , 且

$$T_i = \frac{1}{t_n - t_0} \int_{t_0}^{t_n} \gamma_{a_h}^i(t) dt.$$

证明:充分性:

将闭区间  $[t_0, t_n]$  平均地分为  $n$  等份, 在  $t_0, t_1, \dots, t_n$  时刻计算  $\gamma_{a_h}^i(t)$ , 连接点  $(t_0, \gamma_{a_h}^i(t_0)), (t_1, \gamma_{a_h}^i(t_1)), \dots, (t_k, \gamma_{a_h}^i(t_k)), \dots, (t_{n-1}, \gamma_{a_h}^i(t_{n-1})), (t_n, \gamma_{a_h}^i(t_n))$ , 如图 1 所示, 得到一条折线, 令  $n$  取得足够大, 使得计算结果尽可能精确地反映实体在该时间段内的评分值  $\gamma_{a_h}^i$ .

$t_n - t_0 \neq 0$ , 且  $\gamma_{a_h}^i(t)$  在闭区间  $[t_0, t_n]$  内连续、有界, 由定积分可积定理的证明可知, 若被积函数在闭区间内连续, 或在闭区间上有界, 且只有有限个间断点, 则定积分在该闭区间可积.

在闭区间  $[t_0, t_n]$  内, 评分值  $T_i = \frac{1}{t_n - t_0} \int_{t_0}^{t_n} \gamma_{a_h}^i(t) dt$ .

必要性证明:

在  $t \in [t_0, t_n]$  内, 评分值有确定值  $T_i(a_h)$ ,  $T_i = \frac{1}{t_n - t_0} \int_{t_0}^{t_n} \gamma_{a_h}^i(t) dt$ , 分母  $t_n - t_0$  为 0 没有实际意义.

$t_n - t_0 \neq 0$ .

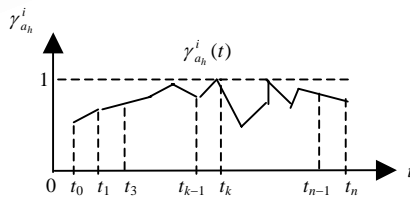


Fig.1 Function of grade value  $\gamma_{a_h}^i = \gamma_{a_h}^i(t)$

图 1 评分值  $\gamma_{a_h}^i = \gamma_{a_h}^i(t)$  函数

1.6 灰类白化函数、权重矩阵

设聚类实体集  $D=\{d_i|i=1,2,\dots,m\}$ ,关键属性集  $A=\{a_h|h=1,2,\dots,e\}$ ,灰类集  $G=\{g_k|k=1,2,\dots,r\}$ , $T_i(a_h)$ 表示实体  $d_i$  的关键属性  $a_h$  的评分值,定义单调函数  $f_{hk}$  为灰类白化函数<sup>[6]</sup>,如图 2 所示, $E(\lambda_{hk},1)$ 为转折点, $f_{hk}(T_i(a_h))=0.81$  表示评分值  $T_i(a_h)$ 属于  $g_k$  灰类的可能性为 0.81.

权重矩阵定义为  $W$ ,如图 3 所示,其中矩阵元素  $W_{jk}=\lambda_{hk}/(\lambda_{1k}+\lambda_{2k}+\dots+\lambda_{hk}+\dots+\lambda_{ek}),1\leq i\leq m,1\leq h\leq e,1\leq k\leq r$ .

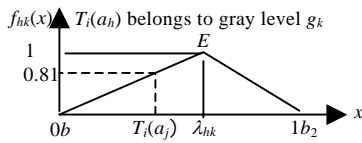


Fig.2 Gray level whiting function  
图 2 灰类白化函数

$$W = \begin{pmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1k} & \dots & W_{1r} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2k} & \dots & W_{2r} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W_{h1} & W_{h2} & \dots & W_{hk} & \dots & W_{hr} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W_{e1} & W_{e2} & \dots & W_{ek} & \dots & W_{er} \end{pmatrix}$$

Fig.3 Power heavy matrix  
图 3 权重矩阵

1.7 评估向量、白化矩阵

设实体  $d_i$  的关键属性  $a_1, a_2, \dots, a_h, \dots, a_e$  的评分值构成向量  $T_i=(T_i(a_1), T_i(a_2), \dots, T_i(a_h), \dots, T_i(a_e))$ ,称  $T_i$  为实体  $d_i$  的评估向量, $f_{hk}(x)$ 为灰类白化函数,定义白化矩阵  $F_i$  如图 4 所示.

$$F_i = \begin{pmatrix} f_{11}(T_i(a_1)) & f_{12}(T_i(a_1)) & \dots & f_{1k}(T_i(a_1)) & \dots & f_{1r}(T_i(a_1)) \\ f_{21}(T_i(a_2)) & f_{22}(T_i(a_2)) & \dots & f_{2k}(T_i(a_2)) & \dots & f_{2r}(T_i(a_2)) \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ f_{h1}(T_i(a_h)) & f_{h2}(T_i(a_h)) & \dots & f_{hk}(T_i(a_h)) & \dots & f_{hr}(T_i(a_h)) \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ f_{e1}(T_i(a_e)) & f_{e2}(T_i(a_e)) & \dots & f_{ek}(T_i(a_e)) & \dots & f_{er}(T_i(a_e)) \end{pmatrix}$$

Fig.4 Whiting matrix  
图 4 白化矩阵

1.8 聚类向量

设权重矩阵为  $W$ ,实体  $d_i$  的白化矩阵为  $F_i$ ,将  $F_i$  和  $W$  分别写成列向量矩阵: $F_i=(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k, \dots, \alpha_r)$ ,其中,  $\alpha_k=(f_{1k}(T_i(a_1)), f_{2k}(T_i(a_2)), \dots, f_{hk}(T_i(a_h)), \dots, f_{ek}(T_i(a_e)))$ ;  $W_i=(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k, \dots, \beta_r)$ ,其中  $\beta_k=(W_{1k}, W_{2k}, \dots, W_{hk}, \dots, W_{ek})$ .

实体  $d_i$  的聚类向量定义为  $\sigma_i, \sigma_i=(\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{ik}, \dots, \sigma_{ir})=(\alpha_1 \times \beta_1, \alpha_2 \times \beta_2, \dots, \alpha_k \times \beta_k, \dots, \alpha_r \times \beta_r)$ ,其中,  $\sigma_{ik}=\alpha_k \times \beta_k=(f_{1k}(T_i(a_1)), f_{2k}(T_i(a_2)), \dots, f_{hk}(T_i(a_h)), \dots, f_{ek}(T_i(a_e))) \times (w_{1k}, w_{2k}, \dots, w_{hk}, \dots, w_{ek}), k=1, 2, \dots, r$ .

1.9 聚类灰类分析

设灰类集为  $G=\{g_k|k=1,2,\dots,r\}$ ,实体  $d_i$  的聚类向量  $\sigma_i=(\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{ik}, \dots, \sigma_{ir})$ ,若有  $\sigma_{ik}=\max(\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{ik}, \dots, \sigma_{ir})$ ,则称聚类实体  $d_i$  属于灰类  $g_k$ ,称此分析过程为聚类灰类分析.

2 信誉报告机制

2.1 信誉报告机制的总体结构

基于灰色系统理论信誉报告机制主要由聚类实体集、关键属性集、灰类集等数据和计算灰类白化函数、计算评估向量、计算权重矩阵以及评估算法等功能部分组成.工作时,依次定义聚类实体集  $D=\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ ,关键属性集  $A=\{a_1, a_2, \dots, a_e\}$ ,灰类集  $G=\{g_1, g_2, \dots, g_r\}$ 等,按照评估算法计算被评估实体的灰类级别,得到相应的信任度.

信誉报告机制的总体结构如图 5 所示.

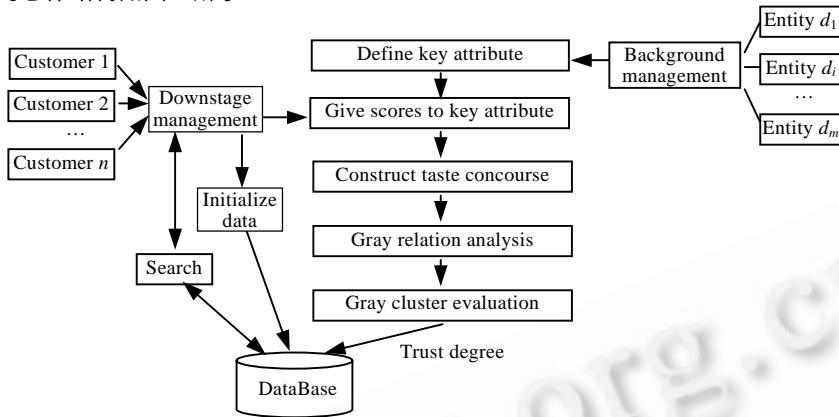


Fig.5 Total structure diagram of the prestige reporting mechanism

图 5 信誉报告机制的总体结构图

### 2.2 灰色聚类评估算法

灰色聚类评估算法的基本思想是:首先求出评估向量,根据灰类白化函数计算权重矩阵,对每个聚类实体的评估向量按照灰类白化函数,得到白化矩阵,再根据白化矩阵和权重矩阵构造聚类向量,最后判断:若在实体  $d_i$  的聚类向量中第  $k$  个向量分量最大,则实体  $d_i$  属于第  $k$  灰类,相应地得到实体  $d_i$  的信任度.

输入:对关键属性的评分;

输出:实体  $d_i$  所属的灰类  $g_k$ ,即实体的信任度;

步骤:

第 1 步:计算评估向量.在一段时间内以味集群为单位对实体  $d_i$  的关键属性  $a_h$  进行评分,对得到的灰关联因子集,运用灰关联分析,并对时间  $t$  积分,计算出实体  $d_i$  的评估向量元素  $T_i(a_h)$  以及所有实体的评估向量;

第 2 步:计算权重矩阵;

第 3 步:计算每个实体的白化矩阵;

第 4 步:计算聚类向量;

第 5 步:聚类灰类分析.

## 3 实例

设有商家  $d_1, d_2, d_3$ ,关键属性集  $A=\{\text{产品质量,售后服务,宣传效果}\}$ .根据过去一段时间内的客户反馈,对 3 个商家的信誉进行灰色聚类评估.

### 3.1 数据初始化

定义聚类实体集  $D=\{d_1, d_2, d_3\}$ ,定义关键属性集  $A=\{a_1, a_2, a_3\}$ ,  $a_1, a_2, a_3$  分别依次表示产品质量、售后服务、宣传效果等.定义灰类集  $G=\{g_1, g_2, g_3\}$ ,  $g_1, g_2, g_3$  分别依次表示信任度高、一般、低.

### 3.2 灰类白化函数计算

用  $f_{11}(x), f_{21}(x), f_{31}(x)$  依次表示  $g_1$  灰类的产品质量、售后服务和宣传效果.定义灰类白化函数如图 6 所示,由灰类白化函数的定义可得:

$$\begin{aligned}
 &x \in [0, 0.80], f_{11}(x) = 1.25x; x \in [0.80, 1], f_{11}(x) = 1; \lambda_{11} = 0.80. \\
 &x \in [0, 0.90], f_{21}(x) = 1.11x; x \in [0.90, 1], f_{21}(x) = 1; \lambda_{21} = 0.90. \\
 &x \in [0, 0.80], f_{31}(x) = 1.25x; x \in [0.80, 1], f_{31}(x) = 1; \lambda_{31} = 0.80.
 \end{aligned}$$

分别依次用  $f_{12}(x), f_{22}(x), f_{32}(x)$  表示  $g_2$  灰类和用  $f_{13}(x), f_{23}(x), f_{33}(x)$  表示  $g_3$  灰类的产品质量、售后服务、宣传效果等. 同理可得,  $\lambda_{12}=0.40, \lambda_{22}=0.50, \lambda_{32}=0.60, \lambda_{13}=0.05, \lambda_{23}=0.10, \lambda_{33}=0.20$ .

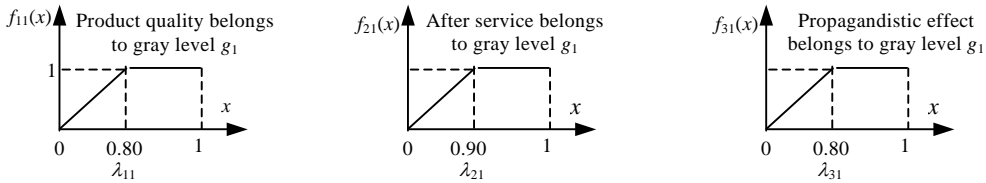


Fig.6 Calculate gray level whitening function  
图 6 计算灰类白化函数

### 3.3 灰色聚类评估

第 1 步: 计算评估向量.

设有味集群  $C_1, C_2, C_3, C_4$ , 对商家  $d_1, d_2, d_3$  的产品质量  $a_1$  分别进行评分, 规定评分取 0~100, 如 0~19 为极差, 20~39 为差, 40~59 为一般, 60~79 为好, 80~100 为优秀等. 得到评分序列, 整理出灰关联因子集为  $\delta_{11}=\{85, 72, 68, 75\}, \delta_{21}=\{86, 79, 65, 90\}, \delta_{31}=\{75, 85, 76, 85\}$ , 指定最优序列:  $\delta_{01}=\{80, 82, 70, 83\}$ , 运用灰关联分析得到  $\gamma_{a_1}^1=0.676, \gamma_{a_1}^2=0.699, \gamma_{a_1}^3=0.803$ . 假设在一年时间内, 以 7 天为时间单位进行多次这样的计算, 对于商家  $d_1$ , 有  $T_1(a_1) = \frac{1}{52} \int_1^{53} \gamma_{a_1}^1(t) dt, t=1, \gamma_{a_1}^1=0.607, t=2, \gamma_{a_1}^1=0.532, \dots, t=53, \gamma_{a_1}^1=0.562$ , 按照定理得到  $T_1(a_1)=0.630$ , 同理得到评估向量  $T_1=(0.630, 0.121, 0.060), T_2=(0.431, 0.321, 0.310), T_3=(0.851, 0.812, 0.423)$ .

第 2 步: 计算权重矩阵.

$w_{11}=\lambda_{11}/(\lambda_{11}+\lambda_{21}+\lambda_{31})=0.80/(0.80+0.90+0.80)=0.32$ , 同理可得到整个权重矩阵  $W$ .

$$W = \begin{pmatrix} 0.32 & 4/15 & 1/7 \\ 0.36 & 1/3 & 2/7 \\ 0.32 & 2/5 & 4/7 \end{pmatrix}$$

第 3 步: 分别计算商家  $d_1, d_2, d_3$  的白化矩阵  $F_1, F_2, F_3$ .

$$F_1 = \begin{pmatrix} 0.788 & 0.425 & 0 \\ 0.133 & 0.24 & 0.8 \\ 0.075 & 0.100 & 1 \end{pmatrix}, F_2 = \begin{pmatrix} 0.538 & 0.925 & 0 \\ 0.355 & 0.64 & 0 \\ 0.388 & 0.518 & 0.45 \end{pmatrix}, F_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0.901 & 0.22 & 0 \\ 0.529 & 0.706 & 0 \end{pmatrix}$$

第 4 步: 计算聚类向量.

$\sigma_{11}=(0.788, 0.133, 0.075) \times (0.32, 0.36, 0.32)=0.324$ , 同理可得:  $\sigma_{12}=0.233, \sigma_{13}=0.800$ . 因此,

$$\sigma_1=(0.324, 0.233, 0.800), \sigma_2=(0.424, 0.667, 0.257), \sigma_3=(0.813, 0.355, 0)$$

第 5 步: 聚类灰类分析.

$$\sigma_{13}=\max(0.324, 0.233, 0.800)=0.800, \sigma_{22}=\max(0.424, 0.667, 0.257)=0.667, \sigma_{31}=(0.813, 0.355, 0)=0.813$$

结果说明, 商家  $d_1$  属于  $g_3$  灰类, 信任度低; 商家  $d_2$  属于  $g_2$  灰类, 信任度一般; 商家  $d_3$  属于  $g_1$  灰类, 信任度最高.

## 4 结束语

信誉报告机制以味集群为单位采集原始数据, 能够有效地避免传统分析方法中存在恶意客户的虚假推荐. 用灰关联分析处理数据对评估向量进行灰色聚类评估, 克服了传统分析中每个用户的评级权视为相等的做法, 能够得到实体一段时间内的信任度, 使数据更为客观, 具有评估可靠、可操作性强、适合软件自动处理等优点. 但是, 在味集群中确定普通客户的评分和核心客户的评分的最佳偏离范围, 以及计算实体的各项关键属性对该实体信任度的影响, 为实体的信任度提供改进方案, 需要将各项关键属性分别进行灰色统计等, 这都是进一步的研究内容.

**References:**

- [1] <http://www.yesky.com/20010309/163709.shtml>
- [2] Xie DQ, Leng J. PKI Principle and Technology. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. 135–141 (in Chinese).
- [3] Kinater M, Rothermel K. Architecture and algorithms for a distributed reputation system. In: Proc. of the 1st Int'l Conf. on Trust Management. Crete, 2003. <http://springer.lib.tsinghua.edu.cn/content/1e11b5pcvww3qvuf/?p=76b9da66bc4c4bd68958b4bafbc1db28&pi=1>
- [4] Liao JG, Hong F, Zhu GM, Yang QW. Trust worthiness-based authorization delegation model. Chinese Journal of Computers, 2006, 29(8):1266–1270 (in Chinese with English abstract).
- [5] Tang W, Chen Z. Research of subjective trust management model based on the fuzzy set theory. Journal of Software, 2003,14(8): 1401–1408 (in Chinese with English abstract). <http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1401.htm>
- [6] Deng JL. Grey System Theory Tutorial. Wuhan: Huazhong University Press, 1990. 128–134 (in Chinese).

**附中文参考文献:**

- [2] 谢冬青,冷健.PKI原理与技术.北京:清华大学出版社,2004.135–141.
- [4] 廖俊国,洪帆,朱更明,杨秋伟.基于信任度的授权委托模型.计算机学报,2006,29(8):1266–1270.
- [5] 唐文,陈钟.基于模糊集合理论的主观信任管理模型研究.软件学报,2003,14(8):1401–1408. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1401.htm>
- [6] 邓聚龙.灰色系统理论教程.武汉:华中理工大学出版社,1990.128–134.



徐兰芳(1953 - ),女,湖北武汉人,副教授,主要研究领域为信息安全与保密,安全策略与安全模型,网络安全.



徐凤鸣(1957 - ),女,高级讲师,主要研究领域为基于工程力学的计算机信息安全模型.



胡怀飞(1975 - ),男,硕士,主要研究领域为电子商务与电子政务,网络攻击与防御.



周德清(1976 - ),男,博士,副教授,主要研究领域为网络安全.



桑子夏(1984 - ),男,双学士,主要研究领域为网络安全.