

层次分析法在网络用户信任度评价模型中的研究^①

杨秀梅^{1,2}, 孙 咏², 王美吉², 田 月²

¹(中国科学院大学, 北京 100049)

²(中国科学院 沈阳计算技术研究所, 沈阳 110168)

摘 要: 随着计算机技术和网络的发展, 充分挖掘用户之间信任关系成为各大网络运营平台的关注热点. 本文提出利用用户信息作为评价指标构建用户信任度评价模型的方法, 并将层次分析法应用于模型构建, 以缓解多指标权重设定中人为主观因素干扰问题. 文章介绍了层次分析法工作流程并给出了用户信任度评价模型中各评价指标的权重, 层次分析法的引入使得用户信任度评价模型更为科学、简洁、有效.

关键词: 用户信任度模型; 层次分析; 一致性检验; 指标权重

Network User Trust Degree Evaluation Model by Analytic Hierarchy Process

YANG Xiu-Mei^{1,2}, SUN Yong², WANG Mei-Ji², TIAN Yue²

¹(University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

²(Shenyang Institute of Computing Technology, Shenyang 110168, China)

Abstract: With the development of computer technology and network, fully exploiting of the trust relationship between network users become hot spots among network operator platforms. A method of user trust degree evaluation model constructing with user attribute information as evolution index is proposed in the article. Also, the paper focuses on how to use the analytic hierarchy process(AHP) to determine the weight of each evaluation index to mitigation of human subjective factors. On the basis of introducing the AHP, the weight of the evaluation index in the user trust evaluation model is given. Also the application of AHP makes the model more scientific, simple and effective.

Key words: trust degree evaluation model; analytic hierarchy process; consistency check; index weight

随着网络技术的迅猛发展, 网络信任作为社会信任的重要组成部分, 成为网络发展的重要基础. 充分挖掘用户之间信任关系成为各大网络运营平台研究的重点. 然而, 由于网络社会与现实社会存在一定的差异, 很多用户之间缺少现实接触, 因此, 越来越多对用户信任度的研究将关注点放在网络用户注册信息、用户交互次数等内容上. 但是随着研究的深入, 各种模型权重指标的设定又成为一个难题. 现有多指标综合评价问题中多采用均等权重、人为主观赋予权重等方法. 但上述方法存在一定的局限性^[1], 如: 主观因素对模型干扰过强、评价指标数量的增长导致计算复杂性增加等.

因此, 为了优化网络用户信任模型中多种指标权重的设定, 缓解均等权重、人为主观赋予权重等方法

中主观因素的干扰, 本文构建了一种基于用户信息的用户信任度评价模型. 在评价指标权重设定方面引入层次分析法^[2], 计算各指标的相对权重. 文章最后给出了具体的用户信任度评价模型, 确定了各指标的权重.

1 用户信任度评价模型

1.1 相关工作

随着社会心理学对人与人之间信任产生原理及过程的相关研究的发展, 众多致力于网络用户信任研究的人员提出了基于用户上下文信息的网络用户信任度计算方法. 乔秀全^[3]等人将社交网络中用户之间的信任度分为熟悉性产生的信任度和相似性产生的信任度; Jennifer^[4]等人提出利用 FOAF 计算没有直接联系的用

^① 收稿时间:2015-07-05;收到修改稿时间:2015-08-20

户之间的信任度关系,其取值为 0 和 1(其中 1 表示信任, 0 表示不信任); Zucker^[5]将信任的产生机制划分为 3 种: 1)通过社会声誉产生的信任; 2)通过社会相似性产生的信任; 3)由法制产生的信任.

本文根据社会心理学中信任产生过程及社会关系网络的基本理论,将信任产生的方式划分为社会声誉产生的信任和社会相似性产生的信任. 本文将在 1.2 节介绍利用用户信息构建用户信任度模型的方法,并对相关定义进行说明.

1.2 用户信任度模型

鉴于信任在现实社会生活中的不可度量性^[6],为研究方便,本文对网络社会的信任度作如下定义:

定义 1. 信任度表示用户 i 与用户 j 之间的一种点对点的信任关系强弱的数值化度量. 用符号 $T(i, j)$ 表示, $T(i, j) \in [0, 1]$, $T(i, j)$ 值越大,表示用户 i 对用户 j 的信任程度越高,反之,信任程度越小.

定义 2. 信任关系 T 是非对称的,即 $T(i, j) \neq T(j, i)$.

相关研究表明,网络社会是基于真实的人际关系构建的社会关系网络,相较于社会声誉较低的用户,人们更倾向于信任社会声誉较高的人^[7,8],拥有较高社会声誉的用户通常具有较多的好友、较高的好评率以及会员等级. 故本文将好友数量、会员等级、好评率作为用户社会声誉的评价指标. 此外,对于社会声誉相同的用户,人们更加倾向于信任与自己年龄、性别、爱好等相似的用户^[3]. 因此,将性别、年龄、爱好、地址等信息作为相似性评价指标.

基于以上讨论,构建用户信任模型:

$$T(i, j) = \alpha * TR(i) + (1 - \alpha) * TS(i, j) \quad (1)$$

其中, $TR(i)$ 表示用户 i 由其自身社会声誉产生的可被信任的程度, $TS(i, j)$ 表示用户 i 和用户 j 通过社会相似性产生的信任度.

本文对 $TR(i)$ 计算过程中,为保证数据比例尺度的一致性,对会员等级、好评率、好友数量三个属性进行归一化处理,如公式(2)所示.

$$y = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

其中 x 为实际值, x_{\min} 表示样本的最小值, x_{\max} 表示样本的最大值, y 为归一化之后的输出值,且 $y \in [0, 1]$.

$$TR(i) = \alpha * friend_i + \beta * level_i + \gamma * praise_i \quad (3)$$

其中: $\alpha + \beta + \gamma = 1$, $friend_i$ 、 $level_i$ 、 $praise_i$ 分别表示用户 i 的好友数量、会员等级、好评率归一化之后的值.

本文对 $TS(i, j)$ 计算过程中,将对用户年龄和用户地理位置进行区间划分,并进行相似度匹配. 本文采用的相似度匹配原则如下所示.

- 1) 若两用户性别相同,则相似性 S_g 为 1, 否则为 0;
- 2) 若两用户处于同一年龄区间内,则相似性 S_a 为 1, 否则为 0;
- 3) 若两用户爱好相同,则 S_f 为 1, 否则为 0;
- 4) 若两用户家庭所在地属于同街道,则相似性 S_h 为 1, 同县市 $S_h = 0.8$, 同省为 $S_h = 0.6$, 同一国家 $S_h = 0.2$, 其余情况均为 $S_h = 0$.

$$TS(i, j) = \alpha * S_g(i, j) + \beta * S_a(i, j) + \gamma * S_f * \delta * S_h(i, j) \quad (4)$$

其中: $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$, S_g 、 S_a 、 S_f 、 S_h 分别表示两用户之间的性别、年龄、爱好、住址的相似度.

2 层次分析法

由于现有用户信任度评价方法中缺乏系统的评价指标权重确定方法,为解决权重设定对模型精确度的影响,本文引入层次分析法(AHP)作为模型评价指标权重确定方法. AHP^[9,10,11]是一种将与决策相关的元素进行分解,分解为目标层、准则层、方案层等层次结构并在此基础上运用定量法和定性法进行分析决策的方法. 由于该方法的简便、灵活的特点,多用于多准则决策问题. AHP 方法基本步骤如图 1 所示.

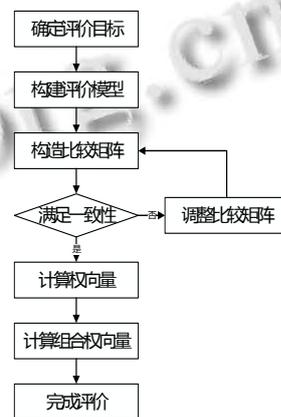


图 1 AHP 方法流程图

1) 构造层次分析模型

通过划分相互联系的有序层次使目标系统条理化、层次化,建立递阶层次结构. 层次分析模型通常包括: 目标层、准则层、方案层.

2) 构造两两比较矩阵

为确定模型中指标的权重值,构造比较判断矩阵

A. 首先, 确定两个因素 A_i 和 A_j 哪一个更为重要, 确定重要程度如何. 参考该领域专家的意见, 为两两比较的指标赋予代表程度的数值, 采用表 1 的 9 个级别比例尺度^[12].

表 1 重要度定义表

标度	含义
1	两个因素相比, 具有同样的重要性
3	两个因素相比, 一个因素比另一个因素略微重要
5	两个因素相比, 一个因素比另一个因素明显重要
7	两个因素相比, 一个因素比另一个因素强烈重要
9	两个因素相比, 一个因素比另一个因素极端重要
2,4 6,8	上述两相邻判断的中值

此外, 比较矩阵满足下列规则:

- ① $a_{i,j} > 0$
- ② $a_{i,i} = 1$
- ③ $a_{i,j} = 1/a_{j,i}$

3) 计算权向量及一致性检验

对于判断矩阵, 计算满足 $AW = \lambda_{\max}W$ 的最大特征根 λ_{\max} 及其对应的特征向量 W . W 对应于 A 的归一化特征向量, 即为排序权向量的一个估计. 为避免出现“A 比 B 重要, B 比 C 重要, 但是 C 却比 A 重要”的错误逻辑, 需要进行一致性检验来评估矩阵的可靠性.

一致性指标 CI (Consistency Index)反映当前的比较矩阵达到一致性的差距^[10]. CI 值越大, 表明比较矩阵偏离完全一致性的程度越大, 相反, CI 值越小, 表明比较矩阵偏离完全一致性的程度越小. 此外, 随着判断矩阵阶数的增加, CI 值会随着比较矩阵阶数 n 的变化而变化, n 越大, 人为造成的偏离完全一致性指标 CI 值便越大. CI 的计算方法如公式(5)所示.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

其中 n 为比较矩阵的阶数.

本文使用龚木森、许树柏于 1986 年得出的在重复计算 1000 次的 1-15 阶判断矩阵平均随机一致性指标, 如表 2 所示.

表 2 一致性指标 RI

阶数	1	2	3	4	5
RI	0	0	0.52	0.89	1.12
阶数	6	7	8	9	10
RI	1.26	1.36	1.46	1.49	1.52
阶数	11	12	13	14	15
RI	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

继而计算一致性比例 CR (Consistency Ratio):

$$CR = \frac{CI}{RI} \begin{cases} = 0, & \text{具有完全一致性} \\ < 0.1, & \text{可以接受的一致性} \\ \geq 0.1, & \text{不满足一致性要求} \end{cases} \quad (6)$$

由表 2 知, 在比较矩阵阶数小于等于 2 阶的时候, 判断矩阵具有完全一致性. 当 $CR \geq 0.1$ 时, 需要对比较矩阵进行调整, 使其重新满足 $CR < 0.1$ 这一条件.

4) 层次总排序及一致性检验

自上而下计算各层因素对整体目标相对重要性的排序权重并做一致性检验.

3 用户信任模型的AHP设计

1) 构造层次分析模型

依据 1.2 节对网络用户信任度评价模型的讨论及前文设定的评价指标, 本文提出如图 2 所示的层次分析图, 用于后续的评价分析.

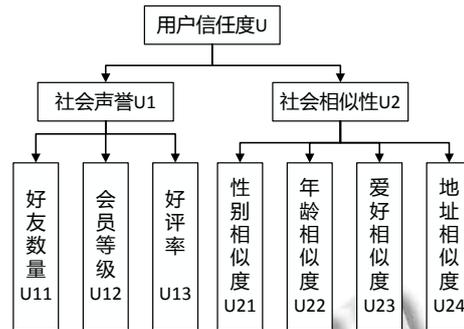


图 2 网络用户信任度层次分析模型

图 2 中第一层为目标层, 对应用户信任度评价模型中用户信任度 T , 第二层、第三层为准则层, 其中 $U11$ 、 $U12$ 、 $U13$ 对应社会声誉产生的评价指标的权重值, $U21$ 、 $U22$ 、 $U23$ 、 $U24$ 对应社会相似性产生信任的评价指标的权重值.

2) 构建成对比较矩阵

基于图 2 中网络用户信任度层次分析模型, 通过领域专家给各变量打分、填表, 得到创建好的成对比较矩阵见表 3-表 5.

表 3 一级指标层判断矩阵

U	U1	U2
U1	1	3
U2	1/3	1
注: $CR=0$		

表 4 判断矩阵 U1-2 级指标

U1	U11	U12	U13
U11	1	1/3	1/5
U12	3	1	1/4
U13	5	4	1

注: CR=0.0747

表 5 判断矩阵 U2-2 级指标

U2	U21	U22	U23	U24
U21	1	2	1	3
U22	1/2	1	1/3	2
U23	1	3	1	3
U24	1/3	1/2	1/3	1

注: CR=0.0151

3) 计算权向量及一致性检验

利用第 2 节步骤 3 中相关方法对数据进行一致性检验(均通过一致性检验), 并得到各判断矩阵对应最大特征值 λ_{max} 的特征向量 W , 归一化后, 即为各子因素相对其父节点的重要性权重, 如表 6 所示。

表 6 各层元素相对于目标层的综合权重

目标层	准则层	准则子层	准则子层对目标层的综合权重
U	U1 0.75	U11 0.1008	0.0756
		U12 0.2318	0.1739
		U13 0.6674	0.5005
	U2 0.25	U21 0.3422	0.0855
		U22 0.1694	0.0424
		U23 0.3807	0.0952
		U24 0.1077	0.0269

4) 模型确定

由表 6 所知, 用户信任度评价模型为:

$$T(i, j) = 0.75 * TR(i) + 0.25 * TS(i, j)$$

$$TR(i) = 0.1008 * level_i + 0.2318 * friend_i + 0.6674 * praise_i$$

$$TS(i, j) = 0.3422 * S_s(i, j) + 0.1694 * S_a(i, j) + 0.3807 * S_h(i, j) + 0.1077 * S_f(i, j)$$

4 模拟实验及分析

为验证本文提出模型的有效性, 进行模拟实验. 实验中安排 198 名网络用户对与自己有直接联系的用户进行信任度打分, 并将打分降序排序, 保留用户与其所有直接联系的用户中打分最高的数据作为用户评分数据. 此外, 分别利用均衡权重模型、本文提出的模型计算用户信任度评分并与用户评分数据进行比较. 实验结果表明, 本文提出模型的准确度明显高于均衡权重计算模型. 部分实验结果如表 7 所示。

表 7 部分实验结果

用户 ID	用户评分	本文模型	均衡权重法
1	0.84	0.82235	0.79324
21	0.71	0.73691	0.65321
41	0.89	0.88132	0.90564
61	0.66	0.66302	0.67530
81	0.91	0.90681	0.88624
101	0.87	0.86359	0.84110
121	0.51	0.61215	0.66352
141	0.79	0.79008	0.73542
161	0.88	0.86158	0.83492
181	0.69	0.70215	0.68003

5 结语

本文提出了利用用户信息构建用户信任度评价模型的方法, 并引入层次分析法计算模型各评价指标相对权重, 进而确定用户信任度模型权重. 与传统的人为指标权重设定和均衡权重法相比, 本文提出的方法能有效缓解主观因素对权重的影响. 此外, 引入层次分析法的用户信任度模型的评价方法科学、简洁、可操作性强, 也为其余针对模型权重的研究提供了一定的参考价值。

参考文献

- 1 杨艳屏. 基于层次化分析的全网业务健康度评价. 计算机系统应用, 2013, 22(5): 9-13.
- 2 屈正庚. 层次分析法在大学生选购手机中的研究. 计算机系统应用, 2015, 24(3): 166-170.
- 3 乔秀全, 杨春, 李晓峰等. 社交网络服务中一种基于用户上下文的信任度计算方法. 计算机学报, 2011, 34(12): 2403-2413.
- 4 Jennifer G, James H. Ingerring binary trust relationships in Web-based social networks. ACM Trans. on Internet Technology, 2006, 6(4): 497-529.
- 5 Zucker LG. Production of trust: Institutional sources of economic structure. Research in Organizational Behavior, 1986: 1840-1920.
- 6 蔡浩, 贾宇波, 黄成伟. 结合用户信任模型的协同过滤推荐方法研究. 计算机工程与应用, 2010, 46(35): 148-151.
- 7 王亮, 郭亚军. 电子商务系统的信任建模与评估. 计算机工程, 2009, 35(10): 129-131.
- 8 王超, 仲红, 石润华, 陆小玲. C2C 电子商务中基于声誉的信任评估模型. 计算机工程与应用, 2014, 50(17): 120-124.
- 9 张廷权. 基于用户体验的移动互联网产品运营评估体系探讨. 电信科学, 2011, (8): 21-24.
- 10 谢海涛, 仲梁维. 基于层次分析法的装配序列评价技术. 计算机系统应用, 2012, 21(2): 72-76.
- 11 邓雪, 李佳铭, 曾浩健等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究. 数学的实践与认识, 2012, 42(7): 93-100.
- 12 王峰, 刘锦高, 陈亚华. 基于 AHP 的电信客户价值评价模型研究. 计算机系统应用, 2009, 18(1): 26-28.