

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2017.03.012

风险视角下的动态信任关系模型

李 强¹, 王袁媛², 牛文生³

(1. 西安电子科技大学 计算机学院, 西安 710071; 2. 西安培华学院 社科部, 西安 710065;

3. 中国航空计算技术研究所, 西安 710068)

摘 要:对风险问题的准确把握,是保证信任决策科学性的关键。针对目前在动态信任关系研究中对信任与风险本质关系理解不够和研究的不足,提出了风险视角下的信任关系理论模型和决策模型,详细分析并给出了信任与风险,以及信任决策与风险决策的本质关系,认为信任是风险的另一种表达形式,信任决策就是风险决策。通过对信任、风险和可信决策三者为一体的安全决策过程的分析,增强了安全决策的科学性,使得安全决策更加理性、全面和客观。

关键词:信任; 风险; 可信决策; 风险决策; 信任关系模型

中图分类号: TP309

文献标志码: A

文章编号: 1000-582X(2017)03-105-10

The model of dynamic trust relationship from the perspective of risk

LI Qiang¹, WANG Yuanyuan², NIU Wensheng³

(1. School of Computer Science and Technology, Xidian University, Xi'an 710071, P. R. China;

2. Social Science Department, Xi'an Peihua University, Xi'an, 710065, P. R. China;

3. AVIC Xi'an Aeronautics Computing Technique Research Institute, Xi'an 710068, P. R. China)

Abstract: Grasping the risk issues correctly is the key to ensure the scientificity of trust decision-making. Aiming at the insufficient understanding and research of the nature relationship between trust and risk in the present research on dynamic trust relationships, this paper proposes the theoretical model and the decision-making model of trust relationship from the perspective of risk, analyzes in detail and gives out the nature relationships between trust and risk, trust decision-making and risk decision-making. Trust is deemed to another expression of risk. Trust decision-making is risk decision-making. The scientificity of security decision-making is enhanced and the security decision-making becomes more rational, more comprehensive and more objective by the analysis of security decision-making process of trust, risk and credible decision-making.

Keywords: trust; risk; credible decision-making; risk decision-making; model of trust relationship

信任关系的研究是近 20 年才逐渐发展起来的研究课题,作为传统安全机制的有效补充和扩展,信任已成为适应动态环境下的更加灵活、有效的安全机制,使实体间请求服务和提供服务的任务更加精细化。纵观

收稿日期: 2016-09-20

基金项目: 国家重点基础研究 973 课题资助项目(2013CB328903)。

Supported by National Program of Key Basic Research Project of China(973 Program)(2013CB328903).

作者简介: 李强(1972-),男,西安电子科技大学博士生,副教授,主要从事信息安全,安全操作系统方向研究,

(Tel)15339166122;(E-mail)10342937@qq.com。

信任问题的研究,国内外众多学者提出了开放环境下的多种信任关系模型^[1-8],有效地推动了信任关系相关理论的研究和发展。

在信任关系的研究中,有关风险问题的研究一直以来是很多学者关注的重点。大多数学者都承认信任和风险的密切关系,但到目前,信任和风险在量化研究中的本质关系还没有定论^[9-14]。已有的很多信任模型并没有考虑到信任的风险特性。有一些模型^[15-21]在这方面进行了有益的尝试,但距离信任与风险本质关系的研究还相差甚远,依然存在着很多的问题:

- 1)对风险和信任之间的本质关系分析不清,对风险的分析趋于表面化。
- 2)缺乏对影响信任和风险的多个因素之间相互关系的量化表达或定性化分析。
- 3)针对某一特定机制或领域的研究,具有一定的局限性,等等。

信任始终是与风险并存的。没有绝对信任,因为风险的存在,所有的信任都是相对的。在不确定环境中,风险和信任是影响可信决策的2个关键因素^[22]。单纯的信任无法获取正确的信任决策,必须在风险的控制下才可能获得。对于相同信任程度的信任客体,由于主体所面对的风险不同,做出的决策也不尽相同。研究就是在这样一种背景下产生的,给出了风险视角下的信任关系理论模型和决策模型。

1 信任与风险

风险在诸多领域都被视为事物的本质特性,然而,到目前为止,风险一词的含义依然含混不清,不同领域的学者给出了不同的定义。研究结合信息科学中对风险问题的要求,给出以下风险定义。

定义1 风险(Risk)在一定条件下和一定时期内,决策行为在各种不确定因素的影响下,对决策目标造成的负面影响的可能性及对其不利后果的预测性把握。

众多学者^[23-27]在信任关系的研究中提出了各自对信任概念的不同看法。虽然对于信任到目前为止同风险一样还没有一个统一的定义,但可以看出一个共同点,强调实体行为的预期性。同时,只有在风险视角下来把握信任关系,才能够触及到信任关系的本质特点,才能够对信任有一个更加清晰的概念。在风险的视角下,给出信任的定义。

定义2 信任(Trust)在特定的上下文环境中,信任主体(Trustor)认为自己有能力去包容信任客体(Trustee)的行为可能带来的风险,愿意接受并相信 Trustee 的行为能够达到自己的预期目标。

信任和风险的伴随性表现在,当你选择信任时,就表明你已经做好了承担信任行为所带来的风险,同样,当你进行信任决策时,你必须要考虑风险因素,必须在风险的控制下进行决策。这是信任与风险之间的外在行为关系,那么信任与风险之间的本质关系到底是什么呢?到目前为止还没有定论,形成共识的大概有以下几种说法:

- 1)从信任产生的条件出发,认为只有在对风险有了认识之后,才能够谈及信任。没有风险也就没有信任了。风险和信任是同一问题先后出现的2个方面^[28]。
- 2)信任是一种风险承担行为,信任与风险之间具有因果关系,但谁为因谁为果尚不明确^[29]。
- 3)信任与风险之间是一种互反关系。风险为信任提供机会,而信任反过来造就了风险承担行为^[30]。

以上看法都有其正确性和科学性,但综合起来看,信任和风险的关系依旧是混乱的,没有个定论。研究认为:

①信任是风险的另一种表达形式,反之亦然。信任和风险是对同一事物从不同角度的表达。信任是从肯定事物的角度出发,去获取事物的可信程度,风险是从否定事物的角度出发,去考虑事物有可能带来的损失程度,两者都是个体对结果的可能性判断,从本质上看属于同一类概念。从这个意义上讲,两者的结合对同一事物的信任状态会给出比较客观而全面的评价。

②信任决策就是风险决策,反之亦然。信任主体 Trustor 在决定是否与潜在的合作者 Trustee 进行某一次交互时,必然要考虑多方面的因素进行决策,其中对 Trustee 的信任程度以及对本次交互的风险估计就是其中最重要的2个因素。通常,信任决策必然是在考虑风险基础上的决策;同样,风险决策也必然

是在信任基础上的决策,只不过两者的判断角度不同。同一个体对同一事物的判断,无论是从信任的角度进行决策,还是从风险的角度进行决策,合理的情况下,应该会得到相同的结果,只有这样,决策结果才是有价值的。

2 风险视角下的动态信任关系模型

2.1 风险视角下的动态信任关系理论模型

信任是风险的另一种表达形式,信任决策本身就是一种风险决策。两者都是人类的一种主观行为,都落脚于主观可能性的评价上,只是心理导向不同,信任指向期望的结果,风险则指向期望结果以外的负性结果。既然信任同风险一样都是人类的主观行为,那么必然同样会受到人类心理和思维偏好的影响,对比 3 类不同的风险偏好,对信任也给出三类偏好态度:信任喜好、信任厌恶和信任中性。笔者将信任偏好和风险偏好统称为个体偏好。图 1 给出了信任偏好和风险偏好的对应关系。

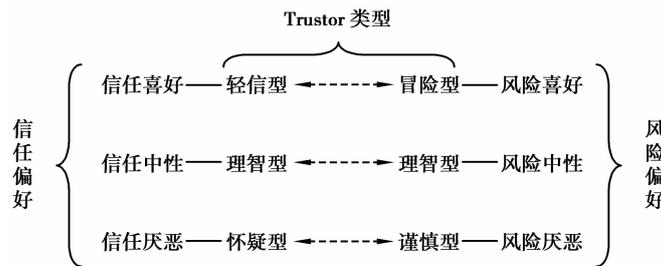


图 1 信任主体类型及信任偏好和风险偏好的对应关系

Fig.1 Types of Trustor and the corresponding relationship between trust preference and risk preference

图 1 表明,对于信任偏好为喜好的轻信型决策者(信任主体 Trustor,下同)来说,它更愿意去相信对方,对风险的预测不足,因此,与风险偏好为喜好的冒险型决策者相对应;同样,信任偏好为厌恶的怀疑型决策者总是怀疑对方,做事瞻前顾后,与风险偏好为厌恶的谨慎型决策者相对应。理智型的决策者无论对信任偏好还是风险偏好,都比较理智,属于中性型的决策者,降低主观性影响。

无论从认知角度还是行为角度考察信任,信任都和风险相伴而生。风险是信任的另一种表达形式,只有在感受到风险的条件,才有所谓信任,没有风险就谈不上信任。要想对信任状态有个全面的把握,必须要从风险的角度看待信任,建立风险视角下的信任关系理论模型,如图 2 所示。

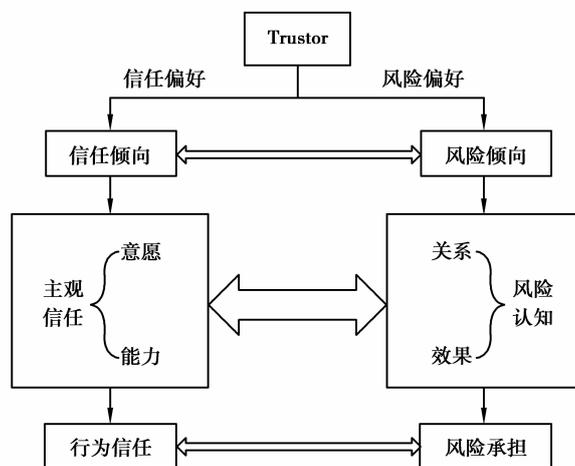


图 2 风险视角下的信任关系理论模型

Fig.2 Theoretical model of trust relationship from the perspective of risk

在图 2 所示的理论模型中,将主观信任与风险认知相结合,从风险的视角看待信任关系。Trustor 的信任偏好确定了其信任倾向,风险偏好确定了其风险倾向。如上所述,信任倾向和风险倾向在偏好的影响下,是相互对应的。主观信任(subjective trust)是 Trustor 对其主观上认为 Trustee 的行为会达到自己期望目标的可能性进行预测评估。风险认知(perceived risk)主要是对负性结果出现的可能性进行主观估计。

Trustor 对 Trustee 进行主观信任评价时,有 2 方面的问题:一是 Trustor 有良好的意愿,相信 Trustee 的行为能够达到自己预期的目标;二是 Trustor 相信 Trustee 有能力通过努力,达到自己的预期目标。从这 2 方面的信任来看,Trustor 选择信任 Trustee,对 Trustee 寄予了良好的期望,本身就包含了太大的不确定性,即风险。Trustor 对 Trustee 的交互请求进行风险评估时,其风险认知也同样有 2 个问题:一是 Trustor 认为 Trustee 不能对 2 者的关系做出承诺,Trustee 的行为很可能不会达到自己期望的目标;二是 Trustee 愿意付出努力,但由于环境和能力等各种因素限制,致使 Trustee 没法达到 Trustor 期望的目标。这 2 组概念的来源不同,前者源于个体内在的有意识的目的,后者源于环境和能力等外在因素。主观信任中的意愿涉及双方进一步的关系发展,对应于风险识别的关系风险;主观信任中的能力涉及个体在努力之后,能否达到最终的期望效果,对应于风险识别中的效果风险。行为信任是 Trustor 主观信任的外在行为表现,Trustor 选择信任 Trustee,其行为信任势必会引起风险承担,因此,行为信任和风险承担之间也具有对应关系。

风险视角下的信任关系理论模型同样蕴涵着信任关系动态变化的本质特性。Trustor 进行可信决策时,无论从信任的角度出发,还是从风险的角度出发,都存在着较大的不确定性。不确定性主要体现在 Trustor 和 Trustee 两者的主观性上,其主观性催生了面对不同的环境和条件约束,可信决策的结果,即信任关系不会是一成不变的。从信任的角度看,在 Trustor 信任偏好的影响下,其主观愿望(“意愿”和“能力”)会随着时间、环境,以及事务重要程度等因素的不同而不同;从风险的角度看,在 Trustor 风险偏好的影响下,其风险认知(“关系”和“效果”)不仅取决于其自身,同时更受到 Trustee 主观性的影响,随时间、环境,以及事务重要程度等因素的变化而变化。因此,Trustor 的可信决策结果始终处于动态变化之中,随着时间的迁移,环境的改变,以及事物的发展而变化。

综上所述,从风险视角理解信任将有助于更好地把握和分析信任关系。

2.2 风险视角下的动态信任关系决策模型及实例分析

将风险考虑在内的信任关系决策模型由 3 部分组成:信任评价系统、风险评价系统和决策系统,如图 3 所示。

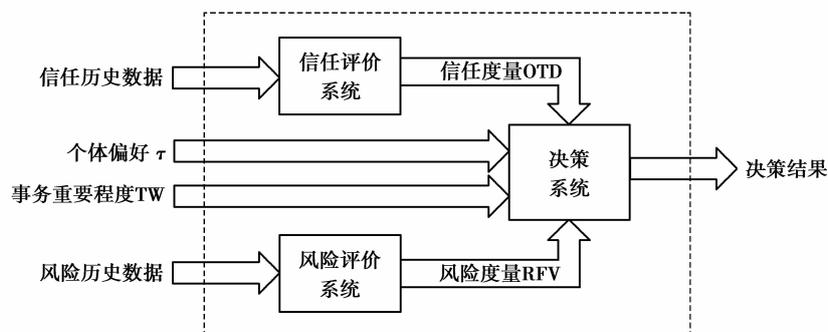


图 3 风险视角下的信任关系决策模型

Fig.3 The decision-making model of trust relationship from the perspective of risk

为了说明图3模型的运行原理,以实体*i*(Trustor)和实体*j*(Trustee)之间的一次交互为例来说明该模型的运行过程。有大量的文献对Trustor对Trustee的总体信任评价和风险评价进行了研究,提出了不同的信任评价和风险评价模型,重点放到决策系统运行机制的讨论上。

实体*i*(Trustor)通过决策系统,根据实体*j*(Trustee)的总体信任度、总体风险度量值、个人偏好和事务重要程度按照一定的安全策略进行决策。安全策略影响着信任和风险的关系,影响着Trustor能够接受的信任程度和能够承担的风险程度,同时,还受着自身偏好和事务重要性的影响。在这里,先给出可信决策的定义。

定义3 可信决策(trust decision, TD)在信任关系的评价中,Trustor根据一定的安全策略,在对Trustee的信任度和风险度量值等因素进行综合评价的基础上,决定是否或怎样响应Trustee的请求的判断过程。

可信决策强调在决策过程中,至少要兼顾信任和风险2方面的评价,按照安全策略的定义,来决定最终的行动。

从图1可以看到,信任偏好与风险偏好是一一对应的,所以,将信任偏好和风险偏好合二为一,即个人偏好。这样,可信决策是个四元组,即

$$TD = (OTD, RFV, \tau, TW), \quad (1)$$

式中:OTD是总体信任度,RFV是总体风险度量值, τ 是个人偏好,TW是事务的重要程度。

可信决策TD分为2个阶段完成:

一是,根据信任等级和风险等级划分标准,确定风险视角下的信任关系状态,确定可接受的信任关系状态集合。Trustor根据对Trustee的总体信任度OTD和风险度量值RFV确定当前所处的信任关系状态。

二是,根据Trustor的偏好 τ 和事务的重要程度TW,依据确定好的安全策略,判断是否可以接受Trustee的请求。

第一个阶段首先要分别定义信任等级和风险等级划分标准。将信任程度划分成7个离散状态,分别对应着不同的信任度区间;同样,将风险程度也划分成7个离散状态,分别对应着不同的风险度量值区间,见表1所示。综合信任等级划分标准和风险等级划分标准,可以得到风险视角下的信任关系状态,见表2所示。

表1 信任等级和风险等级划分标准

Table 1 The classification standard of trust grade and risk grade

信任等级	信任度区间范围	风险等级	风险度量值区间范围
完全不信任	[0.00,0.10]	极高风险	[0.90,1.00]
很不信任	(0.10,0.30]	高风险	[0.70,0.90)
不太信任	(0.30,0.50)	较高风险	(0.50,0.70)
一般信任	0.50	一般风险	0.50
比较信任	(0.50,0.70]	较低风险	[0.30,0.50)
非常信任	(0.70,0.90]	低风险	[0.10,0.30)
完全信任	(0.90,1.00]	极低风险	[0.00,0.10)

表 2 风险视角下的信任关系状态

Table 2 Status of trust relationship form the perspcetive of risk

	极高风险	高风险	较高风险	一般风险	较低风险	低风险	极低风险
完全不信任	TS ₁₉	TS ₁₂	TS ₃₅	TS ₂₈	TS ₂₁	TS ₁₄	TS ₇
很不信任	TS ₁₈	TS ₁₁	TS ₃₄	TS ₂₇	TS ₂₀	TS ₁₃	TS ₆
不太信任	TS ₁₇	TS ₁₀	TS ₃₃	TS ₂₆	TS ₁₉	TS ₁₂	TS ₅
一般信任	TS ₁₆	TS ₉	TS ₃₂	TS ₂₅	TS ₁₈	TS ₁₁	TS ₄
比较信任	TS ₁₅	TS ₈	TS ₃₁	TS ₂₄	TS ₁₇	TS ₁₀	TS ₃
非常信任	TS ₁₄	TS ₇	TS ₃₀	TS ₂₃	TS ₁₆	TS ₉	TS ₂
完全信任	TS ₁₃	TS ₆	TS ₂₉	TS ₂₂	TS ₁₅	TS ₈	TS ₁

从表 2 中可以看到,信任关系状态从最差的左上角“完全不信任-极高风险”的 TS₁₉ 状态向右、向下、向右下角演变过程中逐渐达到相对优化状态,最优化状态是右下角的“完全信任-极低风险”的 TS₁ 状态。假定,可接受的信任关系状态集合为 $TS_{accept} = \{TS_i | i = 1 \sim 4, 8 \sim 11, 15 \sim 18, 22 \sim 25\}$ (表 2 中深灰色区域),相应地,通过信任评价系统和风险评价系统确认的 $OTD=0.70, RFV=0.30$,对照等级划分标准,实体 i 与实体 j 本次交互的信任关系状态为“比较信任-低风险”,即 TS₁₀,满足 $TS_{10} \in TS_{accept}$,是可以接受的。

可信决策的第二个阶段引入了 Trustor 的个体偏好 τ 和事务的重要程度 TW,是为了在可信决策中加入 Trustor 的理性判断。比如,实体 i 与实体 j 的一次交互评价中信任关系状态为“不太信任-极低风险”,即 TS₅ 状态,不满足 $TS_5 \in TS_{accept}$,那么安全策略是否拒绝本次交互? 这时 Trustor 的理性判断开始起作用,决策者的个人偏好以及事务的重要程度等指标都是决策过程中需要考虑的重要因素,如果将这些因素一一量化并参与到计算过程中来研究固然可以避免主观偏差的影响,但一来这些因素很难被量化;二来这些因素就算是可以被量化,量化结果是否就能够与实际匹配;三来这些因素对决策的影响是不是量化就一定比定性分析更好,等等。决策是一个主观意识和客观条件共同作用的结果,单纯的定量或者单纯的定性分析都有其局限性,只有把定量和定性分析结合起来,将可以量化的指标尽可能量化,将不好量化的指标进行定性分析,才会使决策更加理智和正确。

首先对 Trustor 的偏好 τ 和事务重要程度 TW 进行定性分级,在安全策略的制定中,通过改变可接受的信任关系状态集合 TS_{accept} 来反应出对决策结果的影响。比如

$$\tau = \{\text{信任喜好,信任中性,信任厌恶}\}, \tag{2}$$

当然,也可以用风险偏好来定义,只要在整个安全策略中保持定义的唯一性即可,不影响后续判断。

$$TW = \{\text{极其重要,非常重要,比较重要,一般重要,不太重要,很不重要,完全不重要}\}, \tag{3}$$

在确定好分级标准后,Trustor 根据自身的偏好 τ 和即将处理的事务的重要程度 TW 在基本的可接受的信任关系状态集合 $TS_{accept} = \{TS_i | i = 1 \sim 4, 8 \sim 11, 15 \sim 18, 22 \sim 25\}$ 的前提下对 TS_{accept} 进行修订。例如,Trustor 属于信任喜好型(当然,它同时也是风险喜好型),即将处理的事务属于比较重要,安全策略对 TS_{accept} 可以重新扩展定义为 $TS_{accept} = \{TS_i | i = 1 \sim 5, 8 \sim 12, 15 \sim 19, 22 \sim 26, 29 \sim 33\}$,对应于表 2 中所有灰色区域部分。这样,上面所提到的实体 i 与实体 j 的一次交互评价中信任关系状态为“不太信任-极低风险”,即 TS₅ 状态的情况下,实体 i 与实体 j 的交互也会被接受。

在信任管理中,同一事务可以由不同 Trustee 完成,或者有不同 Trustee 向 Trustor 提出交互请求,这时

就需要 Trustor 对多个 Trustee 的信任状态进行优先排序。安全策略需要指定信任关系的优先顺序,不同信任状态下的信任关系的优先性可以由可信决策四元组确定,问题的关键就成了同一信任状态下的信任关系的比较。

为了对同一信任关系状态下的信任关系优先顺序进行比较,引入信任-风险平衡因子的概念。在介绍信任-风险平衡因子的概念之前,先说明 2 个关系:1)高信任必然蕴含着低风险,低信任蕴含着高风险。虽然 2 者之间不一定有明确的数量关系,但 2 者之间定性的相反关系是存在的。2)规定风险度量值越高,风险越大。因此,风险度量值与信任度同样具有相反关系。明确了这 2 个关系后,给出信任-风险平衡因子的定义。

定义 4 信任-风险平衡因子(trust-risk balancing factor)设在同一信任关系状态中,信任度区间为 $[T_L, T_U]$,风险度量值区间为 $[R_L, R_U]$,信任-风险平衡因子 ρ 为

$$\rho = W_T \times \frac{T - T_L}{T_U - T_L} + W_R \times \left(1 - \frac{R - R_L}{R_U - R_L}\right), \quad (4)$$

其中: W_T 为信任关系权重, W_R 为风险关系权重,并有 $W_T, W_R \in [0, 1], W_T + W_R = 1; T$ 为当前信任度, R 为当前风险度量值,并有 $T_L \leq T \leq T_U, R_L \leq R \leq R_U$ 。

W_T 和 W_R 代表着 Trustor 对信任关系和风险关系倾向程度。如果 Trustor 属于轻信型(冒险型),那么 $W_T > W_R$;如果 Trustor 属于怀疑型(谨慎型),那么 $W_T < W_R$;如果 Trustor 属于理智型,那么 $W_T = W_R$ 。 W_T 和 W_R 的取值由安全策略确定。

在同一信任关系状态下,通过比较信任-风险平衡因子就可以确定不同信任关系的优先顺序。假如, $W_T = W_R = 0.5$,代入式(4)得

$$\rho = 0.5 \times \left[\frac{T - T_L}{T_U - T_L} + \left(1 - \frac{R - R_L}{R_U - R_L}\right) \right], \quad (5)$$

当前 Trustor 对 Trustee1 的信任关系评价为 $OTD = 0.52, RFV = 0.47$,属于“比较信任-较低风险”,即 TS_{17} 状态;对 Trustee2 的信任关系评价为 $OTD = 0.69, RFV = 0.32$,同样属于“比较信任-较低风险”,即 TS_{17} 状态。对照表 1 可知,“比较信任”等级对应的信任度区间为 $(0.50, 0.70]$,“较低风险”等级对应的风险度量值区间为 $(0.30, 0.50)$ 。根据式(5),分别计算 ρ 值,相对应有 $\rho_1 = 0.125, \rho_2 = 0.925$ 。说明 Trustor 对 Trustee2 的信任关系优于 Trustor 对 Trustee1 的信任关系,记作:Trustor-Trustee2 > Trustor-Trustee1。

下面对该例进一步进行分析。在同一个信任关系状态(“比较信任-较低风险”信任状态)中,信任度和风险度量值取值不同,信任关系和风险关系就有相对高低之分。比如 $OTD = 0.52$ 相对于 $OTD = 0.69$ 属于低信任, $RFV = 0.47$ 相对于 $RFV = 0.32$ 属于高风险,按照这个划分,Trustor 对 Trustee1 的信任关系评价就是“低信任-高风险”,而 Trustor 对 Trustee2 的信任关系评价就是“高信任-低风险”,从定性分析角度看,当然“高信任-低风险”的信任关系要优于“低信任-高风险”的信任关系。进一步,如果 Trustor 对 Trustee3 的信任关系评价为 $OTD = 0.52, RFV = 0.32$,属于“低信任-低风险”;Trustor 对 Trustee4 的信任关系评价为 $OTD = 0.69, RFV = 0.47$,属于“高信任-高风险”。分别计算 ρ 值,相对应有 $\rho_3 = 0.5, \rho_4 = 0.85$ 。说明 Trustor-Trustee2 优于 Trustor-Trustee4 优于 Trustor-Trustee3 优于 Trustor-Trustee1,

即“高信任-低风险”优于“高信任-高风险”优于“低信任-低风险”优于“低信任-高风险”。可见,通过计算信任-风险平衡因子比较出来的结果,与实际期望是相符的。

以上结果是假定 Trustor 对信任和风险没有倾向(即, $W_T = W_R = 0.5$)的基础上计算出来的。对不同的权重系数 W_T 和 W_R ,会有不同的计算结果,见表 3 所示。当 Trustor 偏好信任较大优于风险时,即 $(W_T = 0.8) > (W_R = 0.2)$ 时,可以看到,计算出来的“高信任-高风险”状态下对应的 ρ 值为 0.79,而“低信任-低风险”状态下对应的 ρ 值为 0.26,Trustor 明显偏好进行较高信任的决策,而对风险保留了一定的容忍态度。同理,当 Trustor 偏好风险较大优于信任时(参见表 3 最后一列),Trustor 会对决策表现出谨慎态

度,以避免由于盲目交互有可能造成的损失。因此,可以看出,针对不同的权重系数 W_T 和 W_R ,优先关系的不同只体现在“高信任-高风险”和“低信任-低风险”的优先顺序上,而“高信任-低风险”的信任关系与“低信任-高风险”的信任关系的优先顺序不可能改变。在实际使用中,针对“高信任-高风险”和“低信任-低风险”的决策,要根据 Trustor 的个人偏好 τ 和事务的重要程度 TW ,由安全策略来灵活指定 W_T 和 W_R 值来决定。

表3 不同 W_T 和 W_R 值对应的信任-风险平衡因子 ρ

Table 3 Trust-Risk Balancing Factor ρ corresponding to different W_T and W_R

相对的信任状态	OTD (T)	RFV (R)	$W_T=W_R=0.5$ ρ	$W_T=0.8, W_R=0.2$ ρ	$W_T=0.2, W_R=0.8$ ρ
高信任-低风险	0.69	0.32	0.925	0.94	0.91
高信任-高风险	0.69	0.47	0.85	0.79	0.31
低信任-低风险	0.52	0.32	0.50	0.26	0.74
低信任-高信任	0.52	0.47	0.125	0.11	0.14

3 模型分析

对风险与信任关系的本质内涵理解不透彻造成了现有很多考虑了风险因素的信任模型存在着很多不足。通过模拟实验提出的风险视角下的信任关系模型,将风险与信任放到同等地位上加以考虑,增强了信任决策的科学性。

在模拟实验中,采用了 NetLogo^[31]平台实现实体间的直接交互行为。NetLogo 是一个用来对自然和社会现象进行仿真的可编程建模环境,它是由 Uri Wilensky 开发的。为了验证模型的有效性和稳定性,实验进行了简化,仅仅设置了 2 个实体(Agent)。一个 Agent 作为信任主体(Trustor);另一个 Agent 作为信任客体(Trustee)。Trustee(请求服务)向 Trustor(提供服务)发出交互请求(创建有向 Links),Trustor 进行可信决策。在实验过程中,通过 random-float 伪随机数发生器^[31]产生 OTD 和 RFV,设定 random-seed 为 1,并四舍五入保留 2 位小数。每次实验前, W_T 和 W_R 值提前指定(如表 3 所示),分别体现出 Trustor 对信任和风险的喜好情况。根据 TSaccept 不同区间定义和 ρ 值大小,Trustor 进行可信决策,如果本次交互能够接受,则 Trustor 与 Trustee 间有向 Links 均能够成功建立,否则,Trustor 与 Trustee 间有向 Links 不会成功。实验中,对比单纯依靠信任值的可信决策和引入风险因素后的可信决策,可以明显看出,引入风险因素后,决策结果更加理性可靠。

与现有信任关系模型相比^[15-21],风险视角下的信任关系模型具有以下特点:

1)模型采用了信任、风险和可信决策一体化的结构,体现出了可信决策过程中主客观因素的影响,相比于单纯依赖信任或者风险的决策更加合理、有效。

2)模型将风险引入信任关系的评价中,形成了从风险的视角看待的信任关系状态,使信任关系的形成更加全面客观。

3)模型具有很好的动态适应能力,适用于开放网络环境中进行安全决策的动态性要求。模型对个人偏好和事务的重要程度的适应,更进一步说明了模型在不同环境下的动态适应能力。

4)模型实现了信任、风险和可信决策的量化关系,同时改变了已有大部分模型单纯认为风险仅仅是信任的一个决策属性的看法,将风险与信任等同起来,将定量和定性分析结合起来,使决策过程更加有效,更加符

合信任、风险和决策的本质特点。

4 结 语

信任机制为解决信息安全问题提供了一个全新的思路,弥补了传统安全机制无法适应动态环境对安全要求的局限性。然而,信任与风险如影随形,要想准确把握信任关系的本质,必须要在风险视角下来理解信任关系。通过对信任和风险本质的深入研究,明确提出了信任与风险,以及信任决策和风险决策的关系,将风险与信任等同起来,给出了风险视角下的信任关系理论模型和决策模型,通过信任、风险和可信决策三者为一体的安全决策过程的分析,增强了安全决策的科学性,使得安全决策更加理性、全面和客观。

参考文献:

- [1] Almenarez F, Marin A, Diaz D, Sanchez J, Developing a model for trust management in pervasive devices[C]// In Proc. of the 3rd IEEE Int'l Workshop on Pervasive Computing and Communication Security. Washington: IEEE Computer Society Press,2006: 267-272.
- [2] Rose J, Schlichter B R. Decoupling, re-engaging: Managing trust relationships in implementation projects[J]. Information Systems Journal,2013,23(1):5-33.
- [3] Jameel H, Hung L X, Kalim U. et al. A trust model for ubiquitous systems based on vectors of trust values[C]// In Proc. of the 7th IEEE Int'l Symp. on Multimedia. Washington: IEEE Computer Society Press,2005:674-679.
- [4] Theodorakopoulos G, Baras J S. On trust models and trust evaluation metrics for ad-hoc networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications,2006,24(2):318-328.
- [5] Sun Y, Yu W, Han Z, Liu K J R. Information theoretic framework of trust modeling and evaluation for an-hoc networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2006,24(2):305-319.
- [6] Sun Y, Yu W, Han Z, Liu K J R. Trust modeling and evaluation in ad-hoc networks[C]// In Proc. of the Global Telecommunications Conf., Globecom 2005. Washington: IEEE Computer Society Press,2005:1-10.
- [7] He R, Niu J W, Zhang G W. CBTM: A trust model with uncertainty quantification and reasoning for pervasive computing[J]. Springer-Verlag,2005:541-552.
- [8] Zhang S B, Xu C X. Study on trust evaluation approach based on cloud model[J]. Chinese Journal of Computers,2013,36(2):422-431 (in Chinese with English abstract).
- [9] Duma C, Shahmehri N. Dynamic trust metrics for peer-to-peer system[C]// In Proc. of the 16th Int'l Workshop on Database and Expert Systems Applications. Washington: IEEE Computer Society Press,2005:776-781.
- [10] Shao K, Luo F, Mei N X, Liu Z T. Normal distribution based dynamical recommendation trust model[J]. Journal of Software,2012,23(12):3130-3148.
- [11] Song S S, Hwang K, Macwan M. Fuzzy trust integration for security enforcement in grid computing[C]// In Proc. of the Int'l Symp. on Network and Parallel Computing (NPC 2004). Berlin: Springer-Verlag,2005:9-21.
- [12] Zhao Q Y, Zuo W L, Tian Z S, Wang Y. A method for assessment of trust relationship strength based on the improved d-s evidence theory[J]. Chinese Journal of Computers,2014,37(4):873-883.
- [13] Yu F J, Zhang H G, Yan F. A fuzzy relation trust model in P2P system[C]// In Proc. of the 2006 International Conference on Computational Intelligence and Security. Washington: IEEE Press,2006:1497-1502.
- [14] Li X Y, Gui X L. Research on dynamic trust model for large scale distributed environment[J]. Journal of Software,2007,18(6):1510-1521.
- [15] Guo L, Ma J, Chen Z M. Trust strength aware social recommendation method[J]. Journal of computer Research and Development,2013,50(9):1805-1813.
- [16] Daniel B, Svein J. Knapskog belief - based risk analysis[C]// In Proc. 2nd Australasian Information Security

- Workshop. Dunedin; ACSW Frontiers 2004,2004;63-68.
- [17] Daniel C, Ken M. Combining trust and risk to reduce the cost of attacks[C] // In Proc. Trust Management, 3rd International Conference. Paris; iTrust2005,2005;372-383.
- [18] Povey, D. Developing electronic trust policies using a risk management model[J]. Lecture Notes in Computer Science, Springer,1999;1-16.
- [19] Nathan D, Jean B, Dvaid I, et al. Risk models for trust-based access control (TBAC)[J]. Lecture Notes in Computer Science, Springer,2005;364-371.
- [20] Piotr C. Computing recommendations to trust[C] // In Proc. Trust Management, 2nd International Conference, Oxford: iTurst2004,2004;340-346.
- [21] Cahill V, Shand B, Gray E, et al. Using trust for secure collaboration in uncertain environments[J]. IEEE Pervasive Computing,2003(2);52-61.
- [22] Presti S L. Analysing the relationship between risk and trust[C] // In Proc. Trust Management, 2 nd International Conference. Oxford: iTrust2004,2004;135-145.
- [23] The right type of trust for distributed systems[C] // In Proc. of the 1996 workshop on New security paradigms. California: Lake Arrowhead,1996;131.
- [24] Almenarez F, Marin A, Campo C, et al. PTM: A pervasive trust management model for dynamic open environments[C] // In Proc. of the 1st Workshop on Pervasive Security, Privacy and Trust. Boston: IEEE Computer Society, 2004;1-8.
- [25] Grandison T, Sloman M. A survey of trust in internet applications[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials,2000, 3;2-16.
- [26] Blaze M, Feigenbaum J, Lacy J. Decentralized trust management[J]. IEEE Symposium on Security & Privacy,1996,30: 164-173.
- [27] Grandison T W. Trust management for internet applications[D]. UK: Imperial College,2003.
- [28] James S. Coleman, foundations of social theory[M]. Boston: Belknap Press of Harvard University Press,1998;133.
- [29] Mayer R C, Davis J H, et al. An integrative model of organizational trust[J]. Academy of Management Review,1995,20: 709-734.
- [30] Rousseau D M, Sitkin S B, Burt R, et al. Not so different after all: Across discipline view of trust[J]. Academy of Management Review,1998,20(3);393-404.
- [31] Wilensky U. NetLogo[CP]. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

(编辑 侯 湘)