

# 供应链信任传递机制 及其均衡研究

鄢章华, 滕春贤, 刘 蕾

哈尔滨理工大学 管理学院, 哈尔滨 150080

**摘要:**良好的信任关系有助于减少企业间的谈判和摩擦次数,提升供应链成员企业间的合作效率,降低多项成本费用,从而增强供应链的灵活性,并实现供应链竞争力的提升。基于此方面的考虑,以供应链信任关系为研究对象,探讨供应链信任关系在供应链网络中传递并逐渐达到均衡的过程。沿用信任度的概念对供应链成员企业间的信任关系进行定量刻画,通过对取值的拓展,使刻画更贴近现实;基于社会网络理论分析并设计不同信任氛围下信任的传递机制和叠加机制,利用网络均衡理论和极限的思想建立信任均衡模型,对供应链信任均衡进行求解,并对解的稳定性进行分析。研究结果表明,供应链信任的均衡结果与信任氛围和初始的信任状态密切相关,信任氛围对供应链信任仅起保健因素的作用,供应链信任均衡的稳定性主要受关键关系的影响。最后用算例说明和验证结论。

**关键词:**供应链信任;信任度;信任传递;信任均衡;稳定性

**中图分类号:**F274

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-0334(2010)06-0064-08

## 1 引言

随着商业模式逐渐由企业与企业间的竞争转变为供应链与供应链竞争,供应链管理的观念也越来越受到广泛的关注。在供应链管理的模式下,要求供应链成员企业间建立长期稳定的合作伙伴关系,通过信息共享、活动和资源的整合,减少不必要的浪费,降低供应链整体的运营成本并提升服务能力。不可否认,信息共享、活动和资源的整合对提高供应链整体的绩效具有明显的正相关关系,这种正相关关系在很多跨国公司得到验证。如P&G和HP等通过信息共享,削弱了牛鞭效应,极大降低了库存成本;Wal-Mart、Dell等利用信息共享,实现VMI,提升了供应链系统的效率等。

信息共享对提升供应链能力有明显的正向影响作用,但中国很多企业还是迟迟不愿意进行信息共享,究其原因,我们必须明确这样一个现实,要实现信息共享,必须以企业间的相互信任为前提。在市场机制不是很健全的大背景下,中国企业间没有信任甚至不信任的信任危机成为企业信息共享的主要

障碍。许淑君等通过对中国供应链企业间合作关系的调查发现,由于不完全信息、法律制度不完善等造成的信任危机严重阻碍中国供应链企业间合作关系的良性发展<sup>[1]</sup>。为此,改善中国供应链成员企业间的信任危机迫在眉睫。

信任不仅是信息共享的基础,良好的信任关系还能实现交易成本、监督成本和控制成本的节约,减少企业间的谈判和摩擦次数,从而提高供应链的响应速度<sup>[2]</sup>。因此,研究供应链信任,对于加强企业间的合作、增强供应链的竞争能力具有重要的理论和现实意义。

## 2 相关研究评述

### 2.1 信任模型

信任的概念源于心理学,从不同的角度,对信任的理解也有所不同。Pettit认为信任可以分为两种,一种是源于可信度的基本信任,这也是主要的信任方式;另一种则是基于信任响应的信任,这种信任是无法在完全陌生的个体间建立起来的<sup>[3]</sup>。Paul根据

收稿日期:2010-03-09 修返日期:2010-08-25

基金项目:国家自然科学基金(70871031);黑龙江省海外学人项目(1152HQ09)

作者简介:鄢章华(1983-),男,四川蓬溪人,哈尔滨理工大学管理学院博士研究生,研究方向:供应链管理优化等。

E-mail:yanzhanghua@163.com

现实情况,指出 Pettit 的观点具有一定的缺陷,认为陌生的实体间并非无法建立信任关系。一方面,社会关系、声誉、基于第三方的信任、加入某类组织等都能说明个体具有可信度,完全陌生的个体可以据此建立信任;另一方面,基于信任响应的信任也是由于一方先信任另一方而建立起来的,完全陌生的个体间完全可能由于一方对另一方先采取信任策略而最终建立信任关系<sup>[4]</sup>。

Abdul-Rahman 等提出一个定性的信任模型,将信任分为非常值得信任、值得信任、不值得信任和非常不值得信任 4 个层次,该模型与传统的信任模型相比有很大的改进,更能描述客观的信任状态,但还处于定性分析的层面,未能与实际情况紧密结合<sup>[5]</sup>。

Kim 等将基于环境的信任与声誉结合起来,并利用第三方推荐的信任来更新实体间的信任值,能综合考虑多重信任评价准则,结合不同评价准则的权重,反映不同实体的信任偏好情况,具有较强的理论意义和现实意义<sup>[6]</sup>;Lee 等从多准则的角度出发,综合考虑第三方信任和声誉信息的影响,建立一个模糊信任模型<sup>[7]</sup>。Tian 等针对对等网络,主张通过局部的信任信息和其他结点的推荐信息进行信任值的计算<sup>[8]</sup>。

总的来说,目前信任关系和信任模型的相关研究主要集中在企业间信任关系的建立过程和信任度的计算等微观层面,对于信任关系在社会网络中的传递以及信任关系的均衡等中观和宏观层面的研究还鲜见报道,但微观层面的研究也为信任传递和信任均衡的研究提供了一定的方法借鉴和理论参考。

## 2.2 供应链信任

一般来说,供应链中的信任可以看做是企业的无形资产,信任度越高,所具有的资产价值越大,相关企业与该企业的合作力度和广度也将越大<sup>[9]</sup>。

对于供应链信任的基本概念,徐学军等在总结前人研究的基础上,将供应链企业间的信任分为能力、可靠和友善 3 个维度;能力维度包括获得成效的能力、计算获利的能力、能胜任某一角色的能力等,可靠维度包括忠诚、可依赖、正直、言行的一致即履行承诺等方面,友善包括关切(关注)、公正、公开等方面<sup>[10]</sup>。李辉等通过对现有供应链伙伴关系的总结,进一步认为供应链伙伴关系不仅包括信任状态,还包括信任危机和处于信任与不信任的中间状态,并将其统称为非信任状态<sup>[11]</sup>。

在研究供应链信任的作用方面,Ireland 等明确指出信任对于供应链战略合作伙伴关系的形成有着重要的推动作用<sup>[12]</sup>;叶飞等构建信任、关系承诺、信息共享与运营绩效间的关系模型,并用 141 家制造业企业进行实证研究,认为信任对关系承诺、信息共享和运营绩效均有显著的正向影响<sup>[13]</sup>。

在研究影响信任关系的因素方面,温承革等定性分析团队学习与供应链能力的关系,认为通过团队学习可以培育企业间的信任关系,从而提高供应链的能力<sup>[14]</sup>;殷若等在前人研究的基础上,分析企

业声誉、预期合作收益、资源投入程度和转移成本对企业间信任关系的影响情况,并通过不同行业 45 个企业的数据进行探索性因子分析和验证性因子分析,结果表明企业声誉、预期合作收益、资源投入程度和转移成本对于供应链协作信任至关重要<sup>[15]</sup>。

在研究供应链信任计算和量化方面,孙洁等针对企业间信任诊断过程中各专家对指标权重理解不一致的问题,提出多专家协商确定的方法,设计方法的实施过程,并利用实例说明方法的有效性<sup>[16]</sup>。相对于抽象的信任行为,信任程度更易于量化,也经常用于描述企业间的信任关系<sup>[17]</sup>,但不同学者对信任度的内涵的理解也略有不同。戴一鸣将供应链成员企业选择合作策略的概率解释为供应链成员企业间的信任度,其取值范围为 $[0,1]$ ,利用信任度刻画企业间的信任关系,并研究信任度对企业决策的影响<sup>[18]</sup>;Wang 等在阐述供应链信任概念的基础上,分析影响供应链信任的因素,并用综合模糊评价法计算供应链的信任度,最后根据供应链的信任度提出供应链的预警机制<sup>[19]</sup>。

此外,李壮阔从企业有限理性的角度出发,利用进化博弈的思想分析企业间信任的变化情况及其影响因素,指出信任收益是企业信任策略决策的依据<sup>[20]</sup>。

综上所述,一方面,信任模型作为研究信任关系的主要手段已广泛应用于通信网络领域,但在供应链网络中的应用研究却寥寥无几;另一方面,信任问题作为供应链管理的难点和重点,虽然引起了广大学者的关注,但目前的研究大多集中于定性分析影响信任的因素和信任对提高供应链绩效的作用等方面,对供应链信任度的定量阐述较少,少量的信任度方面的研究也仅停留在研究信任度的计算及信任度对企业决策的影响等微观层面,未考虑信任作为一种社会关系具有传递性等特点。本研究从现实情况出发,对信任度的取值进行拓展,并在此基础上研究供应链信任的传递过程及信任均衡的演化情况,以期为中国供应链信任的建立、发展和维持提供决策参考。

## 3 基于信任度的信任关系

### 3.1 信任度的概念

信任度即实体间的信任程度<sup>[21]</sup>,以往的研究大都将其取值限定在 $[0,1]$ ,用信任度为 0 简单地描述没有信任的情况,而没有对不信任进行详细地讨论。为了明确刻画中国供应链存在的信任危机,本研究将信任度的取值范围从 $[0,1]$ 扩展到 $[-1,1]$ ,当信任度取值为 $[0,1]$ 时,对信任关系的描述与以往的研究类似,通过信任度的具体数值和实际情况的需要可以将关系划分为一般信任、基本信任、非常信任、完全信任等;当信任度取值在 $[-1,0]$ 时,出现信任危机,相应地也可以将企业间的关系划分为一般不信任、非常不信任、完全不信任等。通过对取值的拓展,使信任度的概念更加符合实际情况,能更客观准

确地描述企业间的关系。

### 3.2 信任度对信任关系的描述

根据前文对信任度的取值的限定,可以将企业间的信任关系分为3类。第一类是信任,对应于信任度取值为 $(0,1]$ 时;第二类是不信任,对应于信任度取值为 $[-1,0)$ 时;第三类是既没有信任也没有不信任,对应于信任度取值为0时的情况。其中,第三类与企业间可能存在信任与不信任的中间状态这一观点不谋而合<sup>[1,11]</sup>。在此基础上,考虑到信任危机发生时陌生企业间一般会采取相对保守的信任策略,而在诚实守信的环境下,陌生企业间也倾向于相互信任这一现实,本研究引入信任氛围的概念,用以刻画企业间客观存在的信任倾向,分为信任氛围良好和信任氛围较差两种情况。在实际应用中,信任氛围的确定可以通过对相关企业的调查问卷实现。通过信任氛围的引入,可以进一步将信任度为0细分为 $0^+$ 和 $0^-$ 两种情况。总的来说,本研究所定义信任度的直观说明如图1所示。

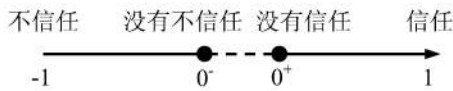


图1 信任度取值与信任关系  
Figure 1 Illustration of Trust Degree and Trust Relationship

在图1中,信任关系被划分为3个主要区域。在 $[-1,0^-]$ 内,企业间存在信任危机,总体表现为不信任,不信任的程度通过信任度的具体取值加以区分;在 $[0^+,1]$ 内,企业间虽然信任的程度可能有所不同,但总体表现为信任;对于 $[0^-,0^+]$ 这个“真空区域”,虽然信任度在数值上没有变化,但信任度取值为 $0^-$ 时,企业间倾向于不信任,容易引发信任危机,企业之间只是没有不信任,这种关系是不信任的程度降到最低的极限形式,离信任的建立还有“一段距离”。当信任度取 $0^+$ 时,企业间倾向于相互信任,较易建立良好的信任关系,是信任的程度降到最低的极限形式,但还不至于不信任。通过 $0^-$ 和 $0^+$ 的引入,能直观地描述企业间的信任倾向,也能很好地解释客观现实。在不考虑信任氛围对企业间信任倾向的影响时,可以简单地将 $0^+$ 和 $0^-$ 统一归结为0。

## 4 供应链信任的网络均衡

供应链是一个复杂的社会网络,在这个网络中,供应链成员企业间基于相互的信任而进行合作,并在合作的过程中继续发展相互间的信任关系。然而,并不是所有供应链成员企业间一开始都有直接业务联系,供应链成员企业间的信任不仅仅是通过企业间的多次直接合作由合作经验产生,更多的是来自于企业的声誉(基于第三方的信任),由信任关系的传递产生。

### 4.1 基于网络的信任传递机制设计

结合前文对信任度含义的界定,本研究用 $T_{AB}$ 表示A企业对B企业的信任度, $T_{ABC}$ 表示A企业通过第三方B企业对C企业的信任度,考虑到信任关系的非对称性, $T_{AB}$ 不一定等于 $T_{BA}$ , $T_{ABC}$ 也不一定等于 $T_{CBA}$ 。此外,引入 $t_s$ 和 $t_w$ 粗略描述企业间信任程度的不同,信任度取值为 $t_s$ 对应于二者具有较强的信任关系,信任度取值为 $-t_s$ 对应于二者具有较强的不信任关系,信任度取值为 $t_w$ 对应于二者具有较弱的信任关系,信任度取值为 $-t_w$ 对应于二者具有较弱的的不信任关系。在信任氛围良好时,企业间倾向于信任,除非有充足的证据,否则企业间不会选择不信任,无直接关系的企业间信任度取值为 $0^+$ ,表现为没有信任,但易于转化为信任;在信任氛围较差时,企业间倾向于相互防范,除非有充足的证据,否则企业间不会选择信任,无直接关系的企业间信任度取值为 $0^-$ ,表现为没有不信任,且易于转化为不信任。为此,根据实践经验的总结,从信任氛围对信任传递的影响的角度,本研究分别设计信任氛围良好和信任氛围较差时信任的传递机制如下。

(1) 信任良好时的信任传递机制为

$$T_{AB} > 0, T_{BC} > 0 \Rightarrow T_{ABC} = t_s > 0 \quad (1)$$

$$T_{AB} > 0, T_{BC} = 0^+ \Rightarrow T_{ABC} = 0^+ \quad (2)$$

$$T_{AB} > 0, T_{BC} < 0 \Rightarrow T_{ABC} = -t_w < 0 \quad (3)$$

$$T_{AB} < 0, T_{BC} > 0 \Rightarrow T_{ABC} = t_w > 0 \quad (4)$$

$$T_{AB} < 0, T_{BC} = 0^+ \Rightarrow T_{ABC} = 0^+ \quad (5)$$

$$T_{AB} < 0, T_{BC} < 0 \Rightarrow T_{ABC} = 0^+ \quad (6)$$

$$T_{AB} = 0^+, T_{BC} > 0 \Rightarrow T_{ABC} = t_w > 0 \quad (7)$$

$$T_{AB} = 0^+, T_{BC} = 0^+ \Rightarrow T_{ABC} = 0^+ \quad (8)$$

$$T_{AB} = 0^+, T_{BC} < 0 \Rightarrow T_{ABC} = 0^+ \quad (9)$$

信任传递机制的解释如下。(1)式表明,在A信任B且B信任C时,A会信任C,说明良好的信任关系具有传递性;(2)式表明在A信任B,但B与C间没有信任时,A与C间也没有信任;(3)式表明,A信任B,B不信任C时,A也会不信任C,说明不信任关系具有一定的破坏性;(4)式表明,虽然A不信任B,但由于存在企业B信任C,说明C值得信任,此时,A也会趋向于信任C;(5)式表明,A不信任B,B与C间也没有信任,则A与C间也没有信任;(6)式表明,A不信任B,B也不信任C,则A与C间没有信任;(7)式类似于(4)式,虽然A与B间没有信任,但存在B信任C,所以A也会信任C;(8)式表明,A与B间没有信任,B与C间也没有信任,则A与C间没有信任;(9)式表明,A与B间没有信任,B不信任C,则A与C间没有信任。需要说明的是,在信任氛围良好时,企业间采取积极的信任策略,遵循被人信任就值得信任的原则,即存在某一企业信任A企业,就对A企业采取信任策略,使良好信任关系的影响

作用被放大。

(2) 信任氛围较差时的信任传递机制为

$$T_{AB} > 0, T_{BC} > 0 \Rightarrow T_{ABC} = t_w > 0 \quad (10)$$

$$T_{AB} > 0, T_{BC} = 0^- \Rightarrow T_{ABC} = 0^- \quad (11)$$

$$T_{AB} > 0, T_{BC} < 0 \Rightarrow T_{ABC} = -t_w < 0 \quad (12)$$

$$T_{AB} < 0, T_{BC} > 0 \Rightarrow T_{ABC} = 0^- \quad (13)$$

$$T_{AB} < 0, T_{BC} = 0^- \Rightarrow T_{ABC} = 0^- \quad (14)$$

$$T_{AB} < 0, T_{BC} < 0 \Rightarrow T_{ABC} = -t_w < 0 \quad (15)$$

$$T_{AB} = 0^-, T_{BC} > 0 \Rightarrow T_{ABC} = 0^- \quad (16)$$

$$T_{AB} = 0^-, T_{BC} = 0^- \Rightarrow T_{ABC} = 0^- \quad (17)$$

$$T_{AB} = 0^-, T_{BC} < 0 \Rightarrow T_{ABC} = -t_w < 0 \quad (18)$$

信任传递机制的解释与上文类似,此处省略。需要指出的是,与信任氛围良好时相比,在信任氛围较差时,企业间信任程度低,相互间会采取相对保守的信任策略,遵循被不信任就不信任的原则,即存在某一企业对A企业不信任,就对A企业采取不信任的策略,不信任关系的影响作用被放大。

#### 4.2 信任度的叠加规则设计

由于两个企业间可能通过多个企业而产生关联,使在计算企业间基于第三方信任的信任度时需要考虑多个信任度值的叠加。在现实情况中,关系距离越近,影响越大;关系越密切,影响也越大。据此,本研究设计的信任度值的叠加规则为

$$t_w + t_s = t_s \quad (19)$$

$$t_w + (-t_s) = -t_s \quad (20)$$

$$t_w + 0 = t_w \quad (21)$$

$$t_s + 0 = t_s \quad (22)$$

(19)式和(20)式都说明,在强关系与弱关系进行叠加时,强关系占主导地位;(21)式和(22)式说明,在弱关系与无关系进行叠加时,表现为弱关系。

基于以上假设,对于任意A企业和C企业,本研究给出基于第三方的信任度计算公式,即

$$T_{AC} = \sum_{N \in G \setminus \{A, C\}} f(A, N) \cdot T_{ANC}$$

其中,  $f(A, N)$  为关于A企业与N企业间距离的增函数,  $G$  为所有企业构成的集合,  $G \setminus \{A, C\}$  为除  $\{A, C\}$  企业外其他企业构成的集合。

#### 4.3 供应链信任的网络均衡

为了从宏观上把握供应链信任的均衡状态,结合对信任氛围的分类,下面从信任氛围良好和信任氛围较差两种情况研究供应链的信任均衡。

##### 4.3.1 信任氛围良好时的信任均衡

在信任氛围良好的情景下,对于一个近似于完全有向图的供应链网络来说,假设其达到信任均衡时,信任、没有信任和不信任关系的比例分别为  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$ , 记供应链信任的均衡状态为  $E_T$ 。由信任的传递

机制可知,通过信任推导出信任的概率为  $\alpha$ , 由信任推导出信任度为0的概率为  $\beta$ , 由信任推导出不信任的概率为  $\gamma$ ; 同理能推导出其他状态的状态转移情况,最终得到信任氛围良好时的转移矩阵为

$$\begin{bmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ \alpha & \beta + \gamma & 0 \\ \alpha & \beta + \gamma & 0 \end{bmatrix}$$

由均衡的定义可知,供应链信任的均衡  $E_T$  等价于

$$\begin{cases} [\alpha & \beta & \gamma] \cdot \begin{bmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ \alpha & \beta + \gamma & 0 \\ \alpha & \beta + \gamma & 0 \end{bmatrix} = [\alpha & \beta & \gamma] \\ \alpha + \beta + \gamma = 1 \end{cases}$$

可以解得均衡解为

$$\begin{cases} \gamma = 0 \\ \alpha + \beta = 1 \end{cases}$$

从均衡解可以看出,只要信任氛围良好,经过足够多次的交互而达到均衡时,在供应链中最终就不会出现不信任的状况(不信任关系的比例为0),供应链成员间的关系最终表现为信任和没有信任(但倾向于信任),具体状态分布情况需进一步研究,但从总体上看,企业间的关系表现为信任。

##### 4.3.2 信任氛围较差时的信任均衡

在信任氛围较差时,状态转移矩阵为

$$\begin{bmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ 0 & \alpha + \beta & \gamma \\ 0 & \alpha + \beta & \gamma \end{bmatrix}$$

利用相同的方法可以解得均衡解为

$$\begin{cases} \alpha = 0 \\ \beta + \gamma = 1 \end{cases}$$

也即是说,在信任氛围较差的情景下,供应链成员间信任达到均衡时不会存在信任关系(信任关系的比例为0),即使是初始状态中的信任关系也会视具体情况逐渐转变为不信任和没有不信任(倾向于不信任),使企业间倾向于相互猜忌和防范,从而影响供应链企业间的合作关系。

#### 4.4 供应链信任均衡形成过程分析

4.3中仅简单求解了信任氛围良好和较差两种情景下的信任均衡结果,下面将对两种情景下信任达到均衡的过程分别进行分析。本研究假设初始的信任状况为  $[\alpha_0, \beta_0, \gamma_0]$ , 其下标表示迭代次数。

(1) 在信任氛围良好的情景下,初始状态转移矩

阵为  $\begin{bmatrix} \alpha_0 & \beta_0 & \gamma_0 \\ \alpha_0 & \beta_0 + \gamma_0 & 0 \\ \alpha_0 & \beta_0 + \gamma_0 & 0 \end{bmatrix}$ , 经过  $n$  轮的交互, 结合  $\alpha_0 + \beta_0 + \gamma_0 = 1$ , 供应链成员间的信任状况将变为  $[\alpha_n, \beta_n + \gamma_n - \alpha_0^n \gamma_0, \alpha_0^n \gamma_0]$ 。可见,在迭代过程中,信任的比例保持不变,不信任的比例按一定的程度逐渐缩小,减少的部分转换为没有信任(倾向于信任)。当迭代次

数  $n$  无穷大、信任情况达到均衡时,信任的比例与初始相同,为  $\alpha_0$ ,没有信任的比例为初始没有信任的比例  $\beta_0$  与不信任的比例  $\gamma_0$  之和,不信任的比例最终变为 0。由此,本研究可以得出如下结论。

结论 1 良好的信任氛围可以逐步改善企业之间的不信任关系,改善的速率与初始状态时信任所占的比例正相关,初始状态信任的比例越大,改善的速率越大。

(2) 在信任氛围较差的情景下,初始状态转移矩

$$\text{阵为} \begin{bmatrix} \alpha_0 & \beta_0 & \gamma_0 \\ 0 & \beta_0 + \alpha_0 & \gamma_0 \\ 0 & \beta_0 + \alpha_0 & \gamma_0 \end{bmatrix}, \text{由类似的推导过程可知,经}$$

过  $n$  轮的交互,供应链成员间的信任状况将变为  $[\alpha_0^{2^n}, \beta_0 + \alpha_0 - \alpha_0^{2^n}, \gamma_0]$ 。不难发现,在每一次的迭代过程中,不信任的比例保持不变,信任的比例按一定的程度逐渐缩小,减少的部分转换为没有不信任(倾向于不信任)。当迭代次数  $n$  无穷大、信任情况达到均衡时,信任的比例变为 0,没有不信任的比例为初始没有不信任的比例  $\beta_0$  与信任的比例  $\alpha_0$  之和,不信任的比例保持不变,仍为  $\gamma_0$ 。由此,本研究可以得出如下结论。

结论 2 较差的信任氛围将逐渐恶化企业之间的信任关系,恶化的速率与初始状态时信任的比例负相关,初始信任比例越小,恶化的速率越大。

### 5 供应链信任均衡稳定性分析及均衡改进

#### 5.1 供应链信任均衡的稳定性分析

为了分析供应链信任均衡的稳定性,本研究引入关键关系和非关键关系等基本概念,其定义如下。

定义 1 对于关系  $T_{AC}$ ,若存在  $T_{ANC} \neq 0, N \in G \setminus \{A, C\}$ ,使  $T_{AC} = \sum_{N \in G \setminus \{A, C\}} f(A, N) \cdot T_{ANC}$ ,则称  $T_{AC}$  为非关键关系;反之,称  $T_{AC}$  为关键关系。

由关键关系所构成的集合称为关键关系集,记为  $T_{key}$ ;由非关键关系所构成的集合称为非关键关系集,记为  $\overline{T_{key}}$ 。根据以上定义,给出关键关系集  $T_{key}$  和非关键关系集  $\overline{T_{key}}$  与供应链信任均衡  $E_T$  间的关系。

命题 1 关键关系集  $T_{key}$  发生改变,供应链信任均衡  $E_T$  也将发生改变。

证明:用反证法。假设  $T_{key}$  发生改变,  $E_T$  不发生改变。记  $T_{key}$  中发生改变的关系为  $T_{AC}$ ,由于  $T_{AC}$  不能由第三方信任计算得出,因此  $T_{AC}$  必然存在于最后的信任均衡中,而  $T_{AC}$  发生改变,从而信任均衡  $E_T$  发生改变,与假设矛盾,命题 1 得证。

命题 2 非关键关系集  $\overline{T_{key}}$  发生改变,供应链信任均衡  $E_T$  不会改变。

证明:对于  $\overline{T_{key}}$  中的任意关系  $T_{AC}$ ,存在  $T_{AC} = \sum_{N \in G \setminus \{A, C\}} f(A, N) \cdot T_{ANC}$ ,在供应链信任的演化过程中,无论  $T_{AC}$  的取值变化与否,都会被由关键关系计算得出的值所覆盖。因此,  $\overline{T_{key}}$  的变化将不会影响  $E_T$ 。

综合命题 1 和命题 2 的内容,可以得出如下结

论。

结论 3 供应链信任均衡的稳定性取决于供应链中的关键关系集的稳定性,而与供应链中非关键关系无关。

因此,要保障供应链信任的均衡,可以从两个方面入手,一是减小关键关系集中关系的数量,通过减少关键关系集中关系的数量,可以降低关键关系集发生变化的概率,从而确保关键关系集的稳定性,最终实现供应链信任均衡的稳定;二是防止非关键关系集中关系的数量的减少(要增加非关键关系的数量),非关键关系的减少会使非关键关系逐渐向关键关系转化,从而增加关键关系的数量,而降低供应链信任均衡的稳定性。

#### 5.2 供应链信任均衡改进

由结论 1 和结论 2 可知,供应链的信任均衡在宏观上与供应链的信任氛围密切相关,良好的信任氛围可以改善不信任关系,从而改进供应链的信任均衡。因此,一方面,相关政府部门要为供应链成员企业创造良好的信任氛围,为供应链成员企业建立信任提供基础平台;另一方面,由于供应链关键关系集对供应链信任均衡有直接的影响,在微观层面上,企业也要提高自身的可信度,通过改善关键关系来实现供应链信任均衡的改进。具体方式可以参照以下的改进流程。

- (1) 识别出供应链关系中的某一关键关系;
- (2) 采取适当的措施对该关键关系进行改善;
- (3) 计算改善后的供应链信任均衡;
- (4) 重复步骤 1 ~ 步骤 3,直到没有关键关系可以进一步改善为止。

总的来说,宏观措施和微观措施各有侧重。宏观措施能实现企业间从不信任向没有不信任的改善,对供应链中的信任关系具有一定的影响作用,但从没有信任到信任这个过程则需要企业通过自身的努力,提高自身的可信度,借助于微观层面的措施来实现。因此,在改进信任均衡时,需要政府相关部门与供应链企业的共同努力,兼顾宏观和微观层面的措施,从而确保信任关系能健康发展,最终实现良性的信任均衡,为促进企业间的合作打下基础。

### 6 算例

为简单说明并验证本研究的结论,考虑如图 2 所示的供应链网络结构。

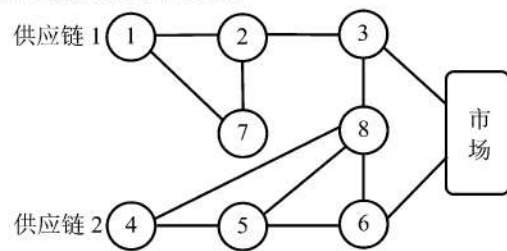


图 2 供应链网络结构图

Figure 2 Network Structure of Supply Chains

图2中,供应链1为跨地域销售的供应链,供应链2为地区性供应链,两条供应链生产同质产品。1和4为供应商,2和5为制造商,3和6为销售商,7和8为第三方物流企业。7为区域外的1和2提供运输服务,而8为区域内的3、4、5、6提供物流运输服务。在有直接业务往来的企业间,相互间的信任度取值可以通过设计评价指标体系从多面进行打分来获得(假定评分结果为(-100,100)),并将其划分为 $-t_s, -t_w, 0, t_w, t_s$  5个区间,在此假定2和3之间、5和6之间由于某些原因使得相互间的信任度为负值。在没有直接业务往来的企业间,信任度值初始化为0。由于初始信任度的获取不是本研究的重点,这里仅直接给出各企业间初始的信任关系矩阵,即

$$\begin{matrix}
 - & t_s & 0 & 0 & 0 & 0 & t_s & 0 \\
 t_s & - & -t_w & 0 & 0 & 0 & t_s & 0 \\
 0 & -t_w & - & 0 & 0 & 0 & 0 & t_s \\
 0 & 0 & 0 & - & t_s & 0 & 0 & t_s \\
 0 & 0 & 0 & t_s & - & -t_w & 0 & t_s \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -t_w & - & 0 & t_s \\
 t_w & t_w & 0 & 0 & 0 & 0 & - & 0 \\
 0 & 0 & t_w & t_w & t_w & t_w & 0 & -
 \end{matrix}$$

由该信任矩阵可知,1与2、1与7、2与1、2与7、3与8、4与5、4与8、5与4、5与8、6与8之间具有较强的信任关系,7与1、7与2、8与3、8与4、8与5、8与6之间为较弱的信任关系,2与3、3与2、5与6、6与5之间为较弱的不信任关系,其他企业间没有信任也没有不信任,信任度取值为0。

在不考虑信任氛围时,没有信任和没有不信任可以合并为没有关系。此时,初始的信任(包括强信任和弱信任)、没有关系(包括没有信任和没有不信任)和不信任的分布情况为 $(\frac{4}{14}, \frac{9}{14}, \frac{1}{14})$ 。

(1)当信任氛围良好时,按本研究给出的信任传递机制和叠加机制,可以计算出均衡状态时的信任关系矩阵为

$$\begin{matrix}
 - & t_s & t_w & t_w & t_w & t_w & t_s & t_w \\
 t_s & - & t_w & t_w & t_w & t_w & t_s & t_w \\
 t_w & t_w & - & t_w & t_w & t_w & t_s & t_s \\
 t_w & t_w & t_w & - & t_s & t_w & t_w & t_s \\
 t_w & t_w & t_w & t_s & - & t_w & t_w & t_s \\
 t_w & t_w & t_w & t_w & t_w & - & t_w & t_s \\
 t_w & t_w & t_w & t_w & t_w & t_w & - & t_w \\
 t_w & t_w & t_w & t_w & t_w & t_w & t_w & -
 \end{matrix}$$

由此可见,达到均衡时,信任、没有不信任和信任3种关系的分布情况为(1,0,0),不信任的关系都被改善为信任度较低信任关系。

(2)当信任氛围较差时,可以计算出均衡状态时的信任关系矩阵为

$$\begin{matrix}
 - & t_s & -t_w & 0 & -t_w & -t_w & t_s & 0 \\
 t_s & - & -t_w & 0 & -t_w & -t_w & t_s & 0 \\
 0 & -t_w & - & t_w & t_w & -t_w & 0 & t_s \\
 0 & -t_w & t_w & - & t_s & -t_w & 0 & t_s \\
 0 & -t_w & t_w & t_s & - & -t_w & 0 & t_s \\
 0 & -t_w & t_w & t_w & -t_w & - & 0 & t_s \\
 t_w & t_w & -t_w & 0 & -t_w & -t_w & - & 0 \\
 0 & -t_w & t_w & t_w & t_w & t_w & 0 & -
 \end{matrix}$$

在这种情况下,均衡时3种关系的分布为 $(\frac{11}{28}, \frac{2}{7}, \frac{9}{28})$ 。算例结果与文中推导的结果有一定的出入。

究其原因,在理论推导过程中,假设供应链网络是一个完全有向图,而算例中采取的是一个较为实际的例子,并非任意企业间都有直接业务联系,导致实际结果与理想的结果间出现偏差。但所传递的信息是一致的,即较差的信任氛围将恶化信任关系,如1与3、1与5、1与6之间的信任关系都从信任度为0变为了负值。

通过对比信任氛围良好和信任氛围较差两种情况下信任的均衡结果可以发现,信任氛围对信任均衡具有重要的影响,在信任氛围良好时不信任的比例会逐渐降低,而在信任氛围较差时不信任的比例会明显升高。

按照本研究对关键关系的定义,在信任氛围良好的情况下,可知2与3、3与8之间的关系为关键关系。以3与8之间的关系为例,当3对8的信任度和8对3的信任度都变为 $-t_w$ 时,初始信任矩阵变为下面的矩阵,即

$$\begin{matrix}
 - & t_s & 0 & 0 & 0 & 0 & t_s & 0 \\
 t_s & - & -t_w & 0 & 0 & 0 & t_s & 0 \\
 0 & -t_w & - & 0 & 0 & 0 & 0 & -t_w \\
 0 & 0 & 0 & - & t_s & 0 & 0 & t_s \\
 0 & 0 & 0 & t_s & - & -t_w & 0 & t_s \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -t_w & - & 0 & t_s \\
 t_w & t_w & 0 & 0 & 0 & 0 & - & 0 \\
 0 & 0 & -t_w & t_w & t_w & t_w & 0 & -
 \end{matrix}$$

信任均衡将变为

$$\begin{matrix}
 - & t_s & -t_w & t_w & t_w & t_w & t_s & t_w \\
 t_s & - & -t_w & t_w & t_w & t_w & t_s & t_w \\
 t_w & t_w & - & t_w & t_w & t_w & t_w & t_w \\
 t_w & t_w & -t_w & - & t_s & t_w & t_w & t_s \\
 t_w & t_w & -t_w & t_s & - & t_w & t_w & t_s \\
 t_w & t_w & -t_w & t_w & t_w & - & t_w & t_s \\
 t_w & t_w & -t_w & t_w & t_w & t_w & - & t_w \\
 t_w & t_w & -t_w & t_w & t_w & t_w & t_w & -
 \end{matrix}$$

可见,不信任的关系比先前明显增多,这说明关键关系发生改变,信任均衡将会发生明显的变化,这

也进一步验证了关键信任关系与信任均衡的关系。

## 7 结论

本研究在分析供应链信任的影响因素的基础上,针对不同的信任氛围设计供应链信任的传递机制,应用所设计的传递机制进行供应链信任均衡的求解,通过对供应链信任均衡的形成过程以及均衡稳定性的分析,得出以下结论。

信任氛围在供应链信任关系中主要起着保健因素的作用,即良好的信任氛围会改善不信任,而较差的信任氛围会恶化信任;信任均衡的收敛速度与初始状态信任所占的比例有密切关系,信任所占的比例越大,不信任关系的改善速率越大,信任关系的恶化速率越小;供应链信任均衡的稳定性取决于供应链中的关键关系集,对均衡的改进除从宏观的信任氛围上进行,还可以通过改善微观层面的关键关系来实现。

总之,要保障供应链信任的发展并最终实现供应链能力的提升,需要政府相关部门和供应链成员企业的共同参与。首先,政府相关部门要为供应链企业建立良好的信任氛围,一方面为供应链成员间建立信任提供基础平台,另一方面防止信任关系的恶化;其次,供应链成员企业必须清醒认识到,信任关系的进一步发展主要依赖于企业自身,各企业要努力增强自身的综合实力,提高可信度。

## 参考文献:

- [1] 许淑君,马士华.我国供应链企业间的信任危机分析[J].计算机集成制造系统,2002,8(1):51-53.  
Xu S J, Ma S H. A Study on Trust Crisis between Inter-Firm in Supply Chain in China[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2002, 8(1): 51-53. (in Chinese)
- [2] 张建丰.供应链企业间的信任作用[J].河北理工大学学报(社会科学版),2009,1(1):51-53.  
Zhang J F. On the Trust Mechanism between Enterprises in Supply Chain[J]. Journal of Hebei Polytechnic University (Social Science Edition), 2009, 1(1): 51-53. (in Chinese)
- [3] Pettit P. Trust, Reliance and the Internet[J]. Analyse & Kritik, 2004, 26(1): 108-121.
- [4] Paul B de Laat. Trusting Virtual Trust[J]. Ethics and Information Technology, 2005, 7(3): 167-180.
- [5] Abdul-Rahman A, Hailes S. Supporting Trust in Virtual Communities[C] // Proceedings of 33rd Hawaii International Conference on System Sciences. Maui, 2000: 1-9.
- [6] Kim H J, Lee K M. A Quantitative Trust Model Based on Multiple Evaluation Criteria[C] // KES 2005, LNAI 3681, 2005: 1036-1043.
- [7] Lee K M, Hwang K S, Lee J H, Kim H J. A Fuzzy Trust Model Using Multiple Evaluation Criteria[C] // FSKD 2006, LNAI 4223, 2006: 961-969.
- [8] Tian C Q, Zou S H, Wang W D. Trust Model Based on Reputation for Peer-to-peer Networks[J]. Journal on Communication, 2008, 29(4): 63-70.
- [9] 许淑君,马士华.供应链企业间的信任机制研究[J].工业工程与管理,2000(6):5-8.  
Xu S J, Ma S H. On the Trust Mechanism between Enterprises in Supply Chain[J]. Industrial Engineering and Management, 2000(6): 5-8. (in Chinese)
- [10] 徐学军,谢卓君.供应链伙伴信任合作模型的构建[J].工业工程,2007,10(2):18-21.  
Xu X J, Xie Z J. Construction of Model Illustrating Trust and Cooperation in Supply Chain Partnership[J]. Industrial Engineering Journal, 2007, 10(2): 18-21. (in Chinese)
- [11] 李辉,李向阳,孙洁.供应链伙伴关系管理问题研究现状评述及分析[J].管理工程学报,2008,22(2):148-151.  
Li H, Li X Y, Sun J. Review and Analysis on Supply Chain Partnerships Management Problems[J]. Journal of Industrial Engineering/Engineering Management, 2008, 22(2): 148-151. (in Chinese)
- [12] Ireland R D, Web J W. A Multi-theoretic Perspective on Trust and Power in Strategic Supply Chains[J]. Journal of Operations Management, 2007, 25(2): 482-497.
- [13] 叶飞,徐学军.供应链伙伴关系间信任与关系承诺对信息共享与运营绩效的影响[J].系统工程理论与实践,2009,29(8):36-49.  
Ye F, Xu X J. Impact of Trust and Relationship Commitment among Supply Chain Partners on Information Sharing and Operational Performance[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2009, 29(8): 36-49. (in Chinese)
- [14] 温承革,于凤霞.供应链企业信任关系的培育途径[J].中国软科学,2003(10):84-86.  
Wen C G, Yu F X. The Way to Develop Trust Relationships among the Firms on Supply-Chain[J]. Chinese Soft Science, 2003(10): 84-86. (in Chinese)
- [15] 殷茗,赵嵩正.供应链协作信任影响因素的实证研究[J].工业工程与管理,2006(3):80-85.  
Yin M, Zhao S Z. Empirical Study on Collaboration Trust Influential Factors of Supply Chain[J]. Industrial Engineering and Management, 2006(3): 80-85. (in Chinese)
- [16] 孙洁,李辉.供应链企业信任诊断中指标权重的多专家协商确定方法[J].管理工程学报,2009,23(4):59-63.  
Sun J, Li H. Multi-Expert Negotiation Method for Feature Weighting in Trust Diagnosis of Supply Chain

- Inter Firms [ J ]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2009, 23 ( 4 ): 59-63. ( in Chinese )
- [ 17 ] Johnston D, McCutcheon D, Stuart F. Effects of Supplier Trust on Performance of Cooperative Supplier Relationships [ J ]. *Journal of Operations Management*, 2004, 22 ( 1 ): 23-38.
- [ 18 ] 戴一鸣. 供应链合作的信任驱动 [ J ]. *兰州大学学报 ( 社会科学版 )*, 2009, 37 ( 4 ): 94-97.  
Ji Y M. The Trust-drive in Supply Chain Cooperation [ J ]. *Journal of Lanzhou University ( Social Sciences )*, 2009, 37 ( 4 ): 94-97. ( in Chinese )
- [ 19 ] Wang L, Zhang Z Y. Study on the Trust Degree of Supply Chain [ C ] // 2008 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. Dalian, 2008: 1-4.
- [ 20 ] 李壮阔. 供应链节点企业间信任行为的进化博弈 [ J ]. *工业工程*, 2008, 11 ( 2 ): 37-40.  
Li Z K. Trusting Behavior of Enterprises in the Supply Chain Evolutionary Game Theory [ J ]. *Industrial Engineering Journal*, 2008, 11 ( 2 ): 37-40. ( in Chinese )
- [ 21 ] 马礼, 郑纬民. 信息网格环境下的综合信任度评价模型 [ J ]. *清华大学学报 ( 自然科学版 )*, 2009, 49 ( 4 ): 599-603.  
Ma L, Zheng W M. Synthesize Trust Degree Evaluating Model for an Information Grid Environment [ J ]. *Journal of Tsinghua University ( Science & Technology )*, 2009, 49 ( 4 ): 599-603. ( in Chinese )

## Transfer Mechanism of Supply Chain Trust and Its Equilibrium

YAN Zhang-hua, TENG Chun-xian, LIU Lei

Management College, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China

**Abstract:** Favorable trust relationship helps reduce the frequency of negotiation and conflicts, enhance cooperation efficiency and minimize many kinds of cost, thus reinforces the flexibility and competence of supply chains. Based on this conception, we take supply chain trust as our main research object and investigate the processes of trust transfer and trust equilibrium. Firstly, we took advantage of trust degree to quantitatively describe trust relationship between supply chain members. By means of reasonable extension in value, the description can better reflect reality. Afterwards, trust transfer and superposition mechanisms under different trust atmospheres were analyzed and designed based on social network theory. Finally, trust equilibrium model was constructed using network equilibrium theory and limit thought. The model was solved and the stability of the solution was analyzed. Following conclusions were derived: trust equilibrium is closely related to trust atmosphere and initial trust distribution; trust atmosphere acts as a hygiene factor in trust equilibrium; the stability of trust equilibrium mainly depends on key relations. Numerical example was used to illustrate and testify the conclusion.

**Keywords:** supply chain trust; trust degree; trust transfer; trust equilibrium; stability

**Received Date:** March 9<sup>th</sup>, 2010      **Accepted Date:** August 25<sup>th</sup>, 2010

**Funded Project:** Supported by the National Natural Science Foundation of China (70871031) and Foreign Scholar Project of Heilongjiang Province (1152HQ09)

**Biography:** YAN Zhang-hua, a Sichuan Pengxi native (1983 - ), is a Ph. D. candidate in the Management College at Harbin University of Science and Technology. His research interests include supply chain management, supply chain optimization, etc. E-mail: yanzhanghua@163.com      □