

文章编号:1005-9679(2018)03-0052-06

合作博弈下食品供需网可追溯系统收益研究

刘乃萌 何 静

(上海海洋大学 经济管理学院,上海 201306)

摘要: 以食品供需网可追溯系统为研究对象,首先对供应商群体和销售商群体在合作博弈与非合作博弈模式下分别进行分析,得出合作博弈模式可使食品供需网总体利润最大化,达到食品供需网及各节点企业双赢或多赢的目的,随后从合作博弈的视角,运用委托—代理理论研究激励机制下收益分配系数对供应商群体和销售商群体收益的影响。研究表明,销售商群体的收益分成系数控制得越小越有利于食品供需网整体收益的提升,越能够增强企业参与构建可追溯系统的积极性,降低食品安全风险。

关键词: 食品供需网可追溯系统;合作博弈;激励机制;收益分配

中图分类号: F 203;F 426.82

文献标志码: A

Study on Traceability System of Food Supply and Demand Network under Cooperative Game

LIU Naimeng HE Jing

(Shanghai Ocean University, College of Economics and Management, Shanghai 201306, China)

Abstract: The paper mainly studies the traceability system of food supply and demand network. Firstly, it discusses the circumstances under cooperative game mode and non-cooperative game mode, and get the conclusion that the cooperative game mode can maximize the overall profit of the food supply and demand network, and achieve both the food supply and demand network and node business win-win cooperation. Sequentially, it studies the effect of income distribution coefficient on the profit of supplier groups and retailer groups by using principal-agent theory from the perspective of cooperative game. The results indicate that the smaller the coefficient of the revenue share of the seller is, the more beneficial to promote profit, the more can enhance the passion to participate in the construction of traceability system, thereby diminishing the risk of food safety.

Key words: traceability system of food supply and demand network; cooperative game mode; incentive mechanism; income distribution

0 引言

食品安全问题一直受到人们的瞩目,毒生姜、毒

胶囊等事件警醒着大家;食品安全不容忽视。近几年来,我国食品安全事件数量减少,说明我国食品安全机制正逐步完善并取得了一定成效。如何进一步

收稿日期:2017-10-29

基金项目:教育部人文社会科学规划项目“食品供需网理念加速推进我国食品安全可追溯体系实施的机理研究”(13YJA630028)。

作者简介:刘乃萌(1993—),女,山东济宁人,上海海洋大学经济管理学院硕士研究生,研究方向为食品供需网、食品食品可追溯系统,E-mail:sdzclnm@126.com;何静(通信作者)(1972—),女,山东济宁人,博士,硕士研究生导师,上海海洋大学经济管理学院副教授,研究方向为供应链、食品供需网、食品可追溯系统,E-mail:jhe@shou.edu.cn。

保障食品安全,减少此类事件的发生,并且帮助食品企业安心顺利地运营在大众视野,食品可追溯系统的建设和实施显得尤为重要。我国在 2004 年就已经开始由政府主导尝试建立食品可追溯系统;2013 年十八届三中全会上指出要“建立食品原产地可追溯制度和质量标识制度”;2015 年将“国家将建立食品安全全程追溯制度”写入《食品安全法》;2016 年食品药品监管总局起草了《关于进一步完善食品药品追溯体系的意见》。直至今日,我国食品安全追溯制度在建设和实施进程中仍存在一些问題,例如信息不完整、建设可追溯系统成本大、政府投入力度不大、企业缺乏参与动机等问題。笔者在本文中将在食品供需网中实施可追溯系统,利用食品供需网的优势,解决可追溯系统实施中收益分配的问题,以解决食品企业参与可追溯系统建设未获得收益提高的瓶颈问题,从而促进食品可追溯体系的建设和实施。

1 食品供需网的特征

食品供需网是以全球资源获取、全球生产加工、全球销售和保障食品安全、健康、营养为目标,相关组织、机构之间由于多种“供需流”的交互作用而形成的一种多功能开放式的供需动态网络模式^[1-2]。在食品供需网中,处在供需网各个节点上的除了单个企业还有企业联盟^[3],每个节点乃至每个企业之间都存在供需关系。食品供需网中的供应商群体和销售商群体接收着穿梭在供需网中的供需流,其中包含物流、人才流、技术流、资金流、信息流、管理流等^[4-5],为可追溯系统的构建提供支持,并有效避免了传统供应链企业重复构建可追溯系统带来的高投入、高成本问题,增加了企业参与构建可追溯系统的积极性^[6-7]。

2 食品供需网可追溯系统的构建

在食品供需网中构建可追溯系统不同于在传统食品供应链中实施可追溯系统。

在传统食品供应链中,可追溯系统专注于在食品企业内部纵向实施和在供应链上下游部分环节间实施。这种模式存在很多问題,例如食品企业上下游之间缺乏参与可追溯系统的意愿,因参与建设可追溯系统的投资较高,需额外增加可追溯标签、信息录入平台、信息查询、相关人员培训等费用,且各地的可追溯标准不统一,为迎合多种标准,食品企业投入的成本会进一步加大。与此同时,食品企业信息上传至可追溯平台后,企业自身的商业秘密存在被泄露的风险。更重要的问題是,企业如此投入参与实施可追溯系统并不能有效提升食品企业的收益。

因此,在传统食品供应链中,食品企业参与实施可追溯系统的意愿不强烈。

在食品供需网中,贯穿于食品供需网中的信息丰富,除了物流、资金流、信息流外,还有技术流、管理流、知识流,各企业参与其中可以获得统一的可追溯标准与更先进的可追溯技术,减少可追溯系统的重复建立。在食品供需网中,各节点代表的不只是单独的食品企业,也可以是食品企业联盟,即食品供需网中的节点包括食品原材料供应企业或企业联盟、食品加工企业或企业联盟、食品销售企业或企业联盟、物流企业或企业联盟、金融机构、政府组织、消费者群体。在这个庞大的网络中,任何信息都可以横向、纵向传递,各企业及企业联盟方便获取信息并建立合作关系。因此,具有网络结构的食品供需网不会像传统供应链一般,因一方面的供需关系损坏而影响整个系统的运营,供需流的流动作为维系食品供需网系统重要的介质,具有动态稳定性和多功能开放性。在收益方面,食品供需网中各企业以实现供需网整体利益最大化为决策标准。食品供需网中可追溯系统结构如图 1 所示。

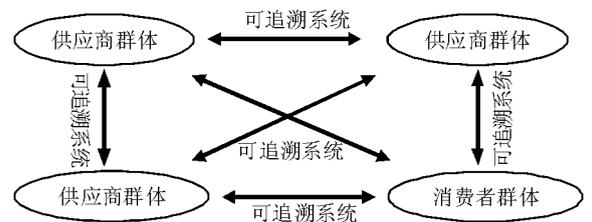


图 1 食品供需网中可追溯系统的结构

食品可追溯系统涉及食品供需网中各个节点企业、节点企业联盟及供需流,随着供需网的运转,可追溯系统随之运行,时刻监测食品供需网中的信息。食品可追溯系统的成功实施可带来的收益主要包括提高产品品牌知名度、提升企业声誉、降低食品安全事件的风险成本、促进出口贸易等。除此之外,以食品供需网为平台构建的可追溯系统还可通过成员企业的合作创新活动(如合作开发全产业链追溯信息平台、合作创建创新标识和标准、组织协调创新等)来为成员企业带来更多收益,这些创新活动成为可追溯系统构建和持续实施的重要激励因素^[8]。

在本文中,笔者将对食品供需网可追溯体系中的收益分配问題进行研究。为了简化研究,我们仅以食品产业链相邻两环节的所有企业作为考察对象,分别称其为供应商群体和销售商群体,进而再推广到整个供需网系统之中。

下文仅就供应商群体和销售商群体在构建食品供需网可追溯系统中的决策行为及激励机制对收益

绩效的影响进行探讨。

3 合作博弈和非合作博弈下的供应商群体、销售商群体决策方法

品牌信誉对于每个企业而言都是至关重要的,对食品企业的重要性尤为突出,尤其在食品安全事件多发的当今,良好的品牌信誉是企业顺利运行的保障。实施食品可追溯系统给成员企业带来的更多是如品牌声誉等的长远收益。信息系统建设、信息收集、技术支持、追溯设施设备等成本问题依然是影响企业积极性的客观问题,通过食品供需网的平台,利用供需网的网络性、多功能性、充分合作性、开放性来开展合作创新活动是非常必要的。

3.1 问题描述

在供需网节点企业中,我们选取供应商群体和销售商群体作为节点企业代表进行本次研究。供应商群体向销售商群体提供商品,销售商群体向消费者提供商品和服务,参与可追溯系统的构建需要三方投入额外的资金。本次研究假设销售商为领导者,零售商为跟随者,销售商群体和供应商群体均追求利润最大化,在双方信息充分共享的前提下构建主从博弈模型,即销售商群体制定销售价格,供应商群体随之制定商品供应数量和给销售商群体的产品进价。记销售商群体从供应商群体处批发的商品价格为 P_1 ,销售商群体对消费者的商品售价为 P_2 ,商品的边际成本为 C_1 ,库存成本为 C_2 ,供应商群体参与可追溯系统需额外投入 T_1 的成本,销售商群体参与可追溯系统额外投入 T_2 ,商品订货量为 Q ,订货量随着销售价格和市场需求的变动而变动,满足 $Q = \alpha \cdot P_2^{-\beta}$ 的关系, α 为换算常数, $\alpha > 0$, β 为价格敏感系数, $\beta > 1$ 。

供应商群体的利润为

$$\pi_1 = (P_1 - C_1 - T_1) Q \quad (1)$$

销售商群体的利润为

$$\pi_2 = (P_2 - P_1 - C_1 - T_1 - T_2) Q = \alpha \cdot (P_2 - P_1 - C_1 - T_1 - T_2) \cdot P_2^{-\beta} \quad (2)$$

供需网总利润为

$$\pi = (P_1 - C_1 - C_2 - T_1 - T_2) Q = \alpha \cdot (P_2 - C_1 - C_2 - T_1 - T_2) \cdot P_2^{-\beta} \quad (3)$$

3.2 非合作博弈模型

在非合作决策模式下,根据 Stackelberg 博弈理论,供应商群体和销售商群体均以各自利润最大化为决策目标。销售商群体制定销售价格 P_2 后,供应商群体制定批发价格 P_1 和订货量 Q ,匹配市场需求,从而实现自身利润的最大化。供应商群体制定的批发价格主要依据从销售商群体处制定的销售价

格,由 Stackelberg 逆向求解可得到供应商群体和销售商群体博弈均衡时的相应指标。

最优订购量:

$$Q^* = \alpha \cdot (C_1 + C_2 + T_1 + T_2)^{-\beta} \cdot \left(\frac{\beta}{\beta-1}\right)^{-2\beta} \quad (4)$$

最优批发价:

$$P_1^* = \frac{\beta(C_1 + T_1) + C_2 + T_2}{\beta-1} \quad (5)$$

最优市场销售价格:

$$P_2^* = \frac{\beta^2(C_1 + T_1) + C_2 + T_2}{(\beta-1)^2} \quad (6)$$

供应商群体的最大利润:

$$\pi_1^* = \frac{\alpha}{(\beta-1)(C_1 + C_2 + T_1 + T_2)^{\beta-1}} \left(\frac{\beta}{\beta-1}\right)^{-2\beta} \quad (7)$$

销售商群体的最大利润:

$$\pi_2^* = \frac{\alpha\beta}{(\beta-1)^2(C_1 + C_2 + T_1 + T_2)^{\beta-1}} \left(\frac{\beta}{\beta-1}\right)^{-2\beta} \quad (8)$$

供需网的总利润:

$$\pi^* = \pi_1^* + \pi_2^* = \frac{\alpha(2\beta-1)}{(\beta-1)^2(C_1 + C_2 + T_1 + T_2)^{\beta-1}} \left(\frac{\beta}{\beta-1}\right)^{-2\beta} \quad (9)$$

由式(7)~(9)可以看出,供应商群体和销售商群体的获利水平取决于系统中的变动成本,可降低总成本使订货量上升,商品产量也随之上升,在价格没有显著变化时可实现双方利润的最大化。

3.3 合作博弈模型

合作博弈模型决策目标为供需网整体利润最大化,供应商群体和销售商群体共同决策批发价格、销售价格、可追溯系统投入成本从而使系统的总利润最大化。在信息充分共享的前提下,供应商群体和销售商群体之间信息共享,双方通过协调达到供需网总体利润最大化的目的,实现双赢或多赢。

供需网总利润 $\pi = \alpha \cdot (P_2 - C_1 - C_2 - T_1 - T_2) \cdot P_2^{-\beta}$ 最大化,由最大化一阶条件 $\frac{\partial \pi}{\partial P_2} = 0$,得到纳什均衡:

最优订货量:

$$Q^\diamond = \alpha \cdot (C_1 + C_2 + T_1 + T_2)^{-\beta} \cdot \left(\frac{\beta}{\beta-1}\right)^{-\beta} \quad (10)$$

最优市场销售价格:

$$P_2^\diamond = \frac{\beta(C_1 + C_2 + T_1 + T_2)}{\beta-1} \quad (11)$$

供需网总利润:

$$\pi^\diamond = \frac{\alpha}{(\beta-1)(C_1 + C_2 + T_1 + T_2)^{\beta-1}} \left(\frac{\beta}{\beta-1}\right)^{-\beta} \quad (12)$$

比较非合作博弈模型和合作博弈模型下得到的

最优订货量、最优市场销售价格、供需网总利润等指标,可以得出 $P_2^* - P_2^\diamond < 0; Q^* - Q^\diamond > 0; \pi^* - \pi^\diamond > 0$ 。可以看出,在合作博弈模式下,降低销售价格,商品的订货量增加,系统利润增加。供应商群体和销售商群体通过降低零售价格、增加销售量来增加系统利润,尽管销售价格降低,但销量的增加依旧可以实现利润的最大化。随之,供需网各节点成员企业可以实现多方共赢。

合理的收益分配才是维系供需网各节点成员之间的长期稳定合作关系的关键,合理的收益分配使得供需网成员获得的利润不低于非合作模式下获得的利润,尤其是针对食品供需网可追溯体系,需要施加激励机制,寻找合理的收益分配系数,构建合理的分配机制。

4 合作博弈下激励机制对合作双方收益绩效的影响

本节将对合作博弈中的激励机制对于实现食品供需网可追溯系统收益最大化的必要性进行研究分析,探讨在合作博弈的环境下,激励机制是怎样影响企业收益的。

可追溯系统中的激励机制主要来源于供需网充分开放、合作共赢的创新合作理念,具体到供应商群体与销售商群体,是二者合作开展创新活动的结果,也促成了二者的相互激励^[9]。激励因素主要包括外部资源的充分利用、共建信息平台对成本的分摊、追溯技术^[10]和管理方法交流互通、统一标准标识可降低的成本、跨供应链组织合作协同所带来的资金、人才等方面的支持等。

在对供应商群体与销售商群体组成的可追溯供需联盟创新激励机制进行研究时,会运用委托—代理理论^[11]。在供应商群体与销售商群体组成的委托—代理合作关系中,双方在是否愿意合作共建可追溯系统方面存在信息不对称的现象,供应商群体不清楚销售商群体的合作意愿,销售商群体也不知晓供应商群体的合作意愿,创新激励合约可以成为供需网中的节点企业间保持长期、稳定、可靠的合作关系作保障。

在委托—代理模型中,供应商群体为委托方,销售商群体为代理方,怎样让代理方的努力获得相匹配的收益,又能够不断激励代理方积极参与合作,提高收益,是委托方进行合作时需要考虑的关键问题,而激励机制便可以帮助委托方实现这个目标。

4.1 模型的建立

在供应商群体与销售商群体组成的可追溯供需联盟中,成本主要包括标识成本、采集成本、录入成

本、查询成本、员工培训成本。

令供应商群体为 A,销售商群体为 B,假设各个供应商群体与销售商群体的偏好相同,B 投入的可追溯系统信息系统构建采集成本为 C_B ,标识成本为 L_B ,录入成本为 T_B ,查询成本为 H_B ,员工培训成本为 ζ_B ,公式表示如下:

$$\pi = C_B + L_B + T_B + H_B + \zeta_B$$

标识成本 L_B 为食品在供需网可追溯系统运作中重要的环节。标识成本主要发生在食品包装环节,主要为引入编码成本、标签费用、人工加贴成本(或加贴标签的机器购买成本)。

采集成本 C_B 发生在食品的生产、加工与销售等环节,内容为记录信息和收集信息,主要包括劳动成本和消耗的材料成本。

录入成本 T_B 即对食品相关信息进行整理、分析、录入电脑,包括对信息集中进行整理、录入和编辑过程中发生的人工成本和录入过程使用的软硬件开发成本。

查询成本 H_B 存在于销售终端,包括查询平台的维护成本、软件研发及维护成本、信息查询系统的运营及维护成本等。

员工培训成本 ζ_B 包括对员工的培训费用,以确保员工及时掌握相关的知识及技能。

食品供需网可追溯系统的收益包括显性收益和隐性收益,显性收益包括溢价收益、财政补贴、税收收益,隐性收益包括供需网效率提升的收益、实现产品差异化带来的收益、企业知名度提升带来的收益、国际市场销售额增加值。

$$W = \Delta R + \Delta P = \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5$$

ΔR 为显性收益总和, ΔR_1 、 ΔR_2 、 ΔR_3 分别表示溢价收益、财政补贴、税收优惠, ΔP 为隐形收益总和, ΔP_1 、 ΔP_2 、 ΔP_3 、 ΔP_4 、 ΔP_5 分别表示供需网效率提升的收益、实现产品差异化带来的收益、企业知名度提升带来的收益、国际市场销售额增加带来的收益。

销售商群体总努力成本为 e_B ,则对应的信息系统构建努力成本为 $C_N(e_B)$, $C_B'(e_B) > 0$, $C_B''(e_B) > 0$,标签标识努力成本为 $L_B(e_B)$, $L_B'(e_B) > 0$, $L_B''(e_B) > 0$,相关人员费用投入水平为 $\zeta_B(e_B)$, $\zeta_B'(e_B) > 0$, $\zeta_B''(e_B) > 0$ 。销售努力程度越高,销售的及时性便越强,为消费者群体提供个性化、及时化服务的能力越强,在可追溯系统构建中的信息系统构建、标签标识、相关人员费用投入等方面成本也越高且增速加快。用 e_B 表示销售商群体总努力成本, $C_B(e_B)$ 表示销售商群体信息系统构建努力总成本, $L_B(e_B)$

表示销售商群体标签标识总成本, $\zeta_B(e_B)$ 表示销售商群体构建可追溯系统的相关人员投入总费用, $C_B(e_B) = \sum_{i=1}^n C_B(e_{B_i})$, $L_B(e_B) = \sum_{i=1}^n L_B(e_{B_i})$, $\zeta_B(e_B) = \sum_{i=1}^n \zeta_B(e_{B_i})$ 。供应商群体 A 可追溯系统信息系统构建成本为 P_A , 标签标识成本为 T_A , 构建可追溯系统相关人员费用投入为 ζ_A , e_A , 对应信息系统构建努力成本为 $P_A(e_A)$, $P_A'(e_A) > 0$, $P_A''(e_A) > 0$, 标签标识努力成本为 $T_A(e_A)$, $T_A'(e_A) > 0$, $T_A''(e_A) > 0$, 相关人员费用投入为 $\zeta_A(e_A)$, $\zeta_A'(e_A) > 0$, $\zeta_A''(e_A) > 0$ 。生产努力程度越高, 在可追溯系统构建中的信息系统构建、标签标识、相关人员费用投入等方面的成本也越高且增速加快。

$\lambda_A(e_A)$ 为 A 在创新活动中创造的总收益的贡献, $\lambda_B(e_B)$ 为 B 在创新活动中创造的总收益的贡献, 努力程度越高, 这一方在创新合作中为创新收益付出的贡献就越大, 但增速减慢, 即 $\lambda_A'(e_A) > 0$, $\lambda_A''(e_A) < 0$, $\lambda_B'(e_B) > 0$, $\lambda_B''(e_B) < 0$ 。总收益 $R = \lambda_A(e_A) + \lambda_B(e_B) + \eta$, $\eta \sim N(0, \sigma^2)$; e_A, e_B 为双方做出的努力不具有可证实性。因此, 将总收益 R 设为订立合作契约的依据。销售商群体全部收益为 ω , ω_1 为销售商群体的标签标识成本的固定收益, ω_2 为销售商群体的信息系统构建努力成本的固定收益, β 为销售商群体收益分成系数, 销售商群体收益提成计划为 $\omega = \omega_1 + \omega_2 + \beta \cdot R$, 供应商群体利润为 $\pi = R - P_A(e_A) - T_A(e_A) - \zeta_A(e_A) - \omega$, 对应的效用函数为 $\mu_A(\pi)$, 销售商群体所得利润为 $\varphi = \omega - C_B(e_B) - L_B(e_B) - \zeta_B(e_B) - C_B$, 对应的效用函数为 $\mu_B(\varphi)$, 由于 η 的作用, R, π, ω, φ 均服从正态分布。

按照委托-代理理论, 供应商群体 A 的自身效用最大化为目标函数, 销售商群体 B 的自身期望效用为约束条件, 包括个人理性约束 (IR) 与激励相容约束 (IC)^[12]。个人理性约束即销售商群体参与供需联盟的收益大于或等于不参与供需联盟的保留收益 φ_0 , 保留效用为 $\mu_B(\varphi_0)$, 激励相容约束为销售商群体收益分配最大化。因此, 收益分配的模型为

$$\max_{e_A, e_B} \{E[R - P_A(e_A) - T_A(e_A) - \zeta_A(e_A) - \omega]\} \quad (13)$$

$$\text{s. t } E[\mu_B(\omega - C_B(e_B) - L_B(e_B) - C_B - \zeta_B(e_B))] \geq \mu_B(\varphi_0) \quad (14)$$

$$\max_{e_B} \{E[\mu_B(\omega - C_B(e_B) - L_B(e_B) - C_B - \zeta_B(e_B))]\} \quad (15)$$

假设在供需联盟的运作中, 供应商群体为风险中性, 销售商群体为风险回避, 风险回避系数为 r , 风险成本 $C_F(\omega) = \frac{1}{2} r \cdot \text{Var}(S) = \frac{1}{2} r\beta^2\sigma^2$ 。

上述模型 (13)~(14) 等价于

$$\max_{e_A, \omega_1 + \omega_2, e_B} \{(1 - \beta)[\lambda_A(e_A) + \lambda_B(e_B) - (P_A(e_A) + T_A(e_A) + \zeta_A(e_A)) - (\omega_1 + \omega_2)]\} \quad (16)$$

$$\text{s. t } \omega_1 + \omega_2 + \beta[\lambda_A(e_A) + \lambda_B(e_B)] - \frac{1}{2} r\beta^2\sigma^2 - C_B(e_B) - L_B(e_B) - C_B - \zeta_B(e_B) \geq \varphi_0 \quad (17)$$

$$e_B \in \arg \max_{e_B} \{\omega_1 + \omega_2 + \beta\lambda_A(e_A) + \beta\lambda_B(e_B) - \frac{1}{2} r\beta^2\sigma^2 - C_B(e_B) - L_B(e_B) - C_B - \zeta_B(e_B)\} \quad (18)$$

4.2 模型分析

(1) 在只获得固定报酬的情况下, 当 $\beta = 0$ 时, $e_B \in \arg \max_{e_B} \{\omega_1 + \omega_2 - C_B(e_B) - L_B(e_B) - C_B - \zeta_B(e_B)\}$, $\omega_1 + \omega_2$ 固定。因此, 付出最小成本的情况下才能达到销售商群体效用最大。

又因 $L_B(e_B), C_B, \zeta_B(e_B)$ 为可证实成本, $C_B(e_B)$ 为不可证实成本, 销售商群体会选择 $\min_{e_B} \{C_B(e_B)\} = 0$, 则 e_B 最小为 0。

结论 1: 在供应商群体与销售商群体构建的可追溯系统中, 销售商群体在只得到固定报酬的情况下, 不会做出销售努力。因此, 需要调整收益分配系数, 使得销售商群体的收益提高。

(2) 当收益分成系数 β 增大时, 激励相容约束 (IC):

$$e_B \in \arg \max_{e_B} \{\omega_1 + \omega_2 + \beta\lambda_A(e_A) + \beta\lambda_B(e_B) - \frac{1}{2} r\beta^2\sigma^2 - C_B(e_B) - L_B(e_B) - C_B - \zeta_B(e_B)\}, \text{对 } e_B \text{ 求极值, 销售商群体满足}$$

$$\beta\lambda_B'(e_B) = C_B'(e_B) + L_B'(e_B) + \zeta_B'(e_B) \quad (19)$$

$$\lambda_B'(e_B) + \beta\lambda_B'' \frac{\partial e_B}{\partial \beta} = C_B'' \frac{\partial e_B}{\partial \beta} + L_B'' \frac{\partial e_B}{\partial \beta} + \zeta_B'' \frac{\partial e_B}{\partial \beta}$$

$$\frac{\partial e_B}{\partial \beta} = \frac{\lambda_B'(e_B)}{C_B''(e_B) + L_B''(e_B) + \zeta_B''(e_B) - \beta\lambda_B''(e_B)}$$

因 $\beta > 0$, $\lambda_B'(e_B), C_B'(e_B) < 0, L_B'(e_B), \lambda_B''(e_B), \zeta_B''(e_B) < 0$,

所以, $\frac{\partial e_B}{\partial \beta} > 0$, 销售商群体收益分成系数 β 越大, 销售商群体的努力程度越高。

结论 2: 在供应商群体与销售商群体构建的可追溯系统中, 销售商群体的收益分成系数变大, 销售商群体在创新激励合约中便更加努力。

(3) 对于供应商群体来说,

$$\text{Var}(\pi) = \text{Var}(R - P_A(e_A) - T_A(e_A) - \zeta_A(e_A) - \omega) = \text{Var}(R - P_A(e_A) - T_A(e_A) - \zeta_A(e_A) - \beta R) = (1 - \beta)\sigma^2 \quad (20)$$

β 越大, $\text{Var}(\pi)$ 越小, 供应商群体承担的风险越小。

对于销售商群体来说,

$$\text{Var}(\varphi) = \text{Var}[\omega - C_B(e_A) - L_B(e_A) - C_B - \zeta_B(e_A)] = \text{Var}[\omega_1 + \omega_2 + \beta \cdot R - C_B(e_B) - L_B(e_B) -$$

$$C_B - \zeta_B(e_B) - \beta R] = \sigma^2 \quad (21)$$

β 越大, $Var(\varphi)$ 越大, 销售商群体承担的风险越大。

结论 3: 在供应商群体与销售商群体构建的可追溯系统中, 销售商群体的收益分成系数越大, 销售商群体承担的风险越大, 供应商群体承担的风险越小。

(4) 由 $e_B \in \arg \max_{e_B} \{\omega_1 + \omega_2 + \beta \lambda_A(e_A) + \beta \lambda_B(e_B) - \frac{1}{2} r \beta^2 \sigma^2 - C_B(e_B) - L_B(e_B) - C_B - \zeta_B(e_B)\}$ 得销售商群体最优的创新性努力满足条件: $\beta \lambda_B'(e_B) = C_B'(e_B) + L_B'(e_B) + \zeta_B'(e_B)$, 将个人理性约束 (IR) 代入目标函数, 得

$$\max_{e_A, e_B} \{\lambda_A(e_A) + \lambda_B(e_B)\} - (P_A(e_B) + T_A(e_B) + \zeta_A(e_B) - \frac{1}{2} r \beta^2 \sigma^2 - C_B(e_B) - L_B(e_B) - C_B - \zeta_B(e_B)) \quad (22)$$

由上式联立得

$$\beta = \left[\frac{r \sigma^2}{\lambda_B'(e_B) \cdot e_B'(\beta) + 1} \right]^{-1}$$

r 越大, σ^2 越大, β 越小, 风险越大, 销售商群体风险回避度越高, 销售努力性越低, 创新努力越少。

$\lambda_B'(e_B)$ 越小, $e_B'(\beta)$ 越小, β 越小, 增加收益分成比例对销售商群体的创新激励越小, 销售商群体对创新性总收益的努力越少, β 越小越合理。

结论 4: 在供应商群体与销售商群体构建的可追溯系统中, 当销售商群体的风险规避越大、风险越大时, 销售商群体对收益分成的反应越小, 销售商群体的努力程度对总收益的贡献越少, 所以在合作中将销售商群体的收益分成

$$\beta = \left[\frac{r \sigma^2}{\lambda_B'(e_B) \cdot e_B'(\beta) + 1} \right]^{-1} \text{ 控制得越小越合理。}$$

5 结论

在供应商群体与销售商群体构建的可追溯系统中, 供应商群体和销售商群体在合作博弈的模式下, 通过降低销售价格、增大商品销售量, 使得供需网利润增加。然而, 收益分配问题才是维系供需网各节点成员之间长期稳定合作关系的关键, 合理的收益分配使得供需网成员获得的利润不低于非合作模式下获得的利润, 尤其是针对食品供需网可追溯体系, 需要施加激励机制, 寻找合理收益分配系数, 构建合理的分配机制。在激励机制下, 需要调整收益分配系数, 销售商群体的收益分成系数变大, 销售商所获收益高于固定收益, 销售商群体在创新激励合约中

便更加努力, 销售商群体的收益分成系数越大, 销售商群体承担的风险越大, 供应商群体承担的风险越小。当销售商群体的风险规避越大, 风险越大时, 销售商群体对收益分成的反应越小, 销售商群体的努力程度对总收益的贡献越少。所以, 在合作中将销售商群体的收益分成 $\beta = \left[\frac{r \sigma^2}{\lambda_B'(e_B) \cdot e_B'(\beta) + 1} \right]^{-1}$ 控制得越小越合理。因此, 合理且公平的收益分配系数 $\beta = \left[\frac{r \sigma^2}{\lambda_B'(e_B) \cdot e_B'(\beta) + 1} \right]^{-1}$ 是确保供应商群体和销售商群体持续实施可追溯系统的关键。

参考文献:

- [1] 何静, 徐福缘. SDN 及其内部合作伙伴关系的博弈分析[J]. 系统工程, 2003, 21(2):60-63.
- [2] 刘彩虹, 徐福缘. 供应链企业转向供需网企业的演进边界及建模研究[J]. 科技进步与对策, 2010, 21(9):81-84.
- [3] 王心娟, 蔡振法, 郭健. 胶东半岛制造业集群发展研究华东经济管理[J]. 华东经济管理, 2014, 28(1):26-29.
- [4] 刘彩虹, 徐福缘. 供需网子网内部智能风险预测模型研究[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(10):1927-1933.
- [5] 徐琪, 徐福缘. 企业供需网及其协同管理[J]. 科学与科学技术管理, 2004, 25(2):141-144.
- [6] 唐赛. 食品供应链中建立可追溯体系的博弈分析[D]. 济南: 山东师范大学, 2014.
- [7] DAI H, TSENG M M, ZIPKIN P H. Design of traceability systems for product recall[J]. International Journal of Production Research, 2015, 53(2):511-531.
- [8] 何静, 马青. 食品供需网可追溯系统构建的博弈分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(14):114-118.
- [9] RHall. Rearranging Risks and Rewards in A Supply Chain[J]. Journal of General Managements, 1999, 24(3):22-32.
- [10] KUMAR S, HEUSTIS D, GRAHAM J M. The future of traceability within the US food industry supply chain: a business case[J]. International Journal of Productivity and Performance Management, 2015, 64(1):129-146.
- [11] 鲁凯. 供应商群体对不同风险偏好的销售商群体激励机制研究[J]. 物流技术, 2007, 26(11):110-113.
- [12] 胡莲. 抽样检查下的供应链产品质量激励模型[J]. 物流技术, 2013, 32(23):366-368.