

基于数量损耗的生鲜电商供应链协调研究

肖展鹏, 杨玉中, 乔张斌

(河南理工大学 能源科学与工程学院, 河南 焦作 454003)

摘要:针对单一生鲜供应商和单一生鲜电商组成的二级供应链,通过 Stackberg 博弈模型和供应链契约理论分析 3 种模式下的供应链最优收益、生鲜农产品采购数量、生鲜电商单位农产品销售价格、生鲜电商自营物流服务水平。结果表明:生鲜损耗率在一定区间时,协调后的供应链利润总大于协调前;契约参数满足一定条件时,“收益共享+成本共担”的混合契约可以协调生鲜电商供应链,实现双方的帕累托改进。

关键词:生鲜电商;数量损耗;供应链协调

中图分类号:F274 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2021)08-0123-07

随着人们对于高品质生鲜农产品的需求不断增长,生鲜电商行业迅速发展。有关数据表明:2013—2018 年,生鲜电商的市场规模迅速增长,每年保持 40%~50% 的增长率,截至 2018 年,中国生鲜电商市场交易规模接近 2 000 亿元^[1]。但中国的冷链基础设施尚不完善、冷链物流体系尚不成熟,且生鲜农产品在运输途中更容易产生新鲜度和数量的损耗,导致生鲜农产品损耗率居高不下,2017 年底,中国电子商务研究中心发布的数据显示,业内生鲜损耗率平均在 25%~30%。因此,产地直销的生鲜电商供应链模式应运而生,它通过减少产地到消费者的流通时间,以达到降低损耗、提升服务质量的目的。

目前,国内外学者对生鲜电商供应链协调模型的研究多集中于保鲜努力、物流服务努力、契约协调 3 个方面。保鲜努力,即为了保证生鲜农产品的新鲜度而付出的成本。张旭等^[2]考虑了生鲜零售商通过保鲜努力减少生鲜农产品新鲜度受损和数量损耗,并采用纳什博弈论构建决策模型以协调生鲜电商供应链;史保阳等^[3]考虑了农户和超市组成的生鲜供应链,引入新鲜度函数构建消费者效用函数,并通过契约协调供应链;Zheng 等^[4]考虑了保鲜成本分担和保鲜收益共享,得出生鲜电商供应链各

成员最优销售价格;马雪丽等^[5]将季节性农产品的数量和质量作为保鲜努力的内生变量,建立动态博弈模型。物流服务努力,即为了提高配送速度、提升服务质量所付出的成本。He 等^[6]研究了电商双渠道供应链,并引入物流服务商的服务努力水平构建模型,提出物流水平与零售价格成正比;Tu 等^[7]考虑了由分销商和第三方物流服务商组成的电商供应链,分析供应链的协调机制;Cai 等^[8]考虑了 TPL(第三方物流)参与的生鲜电商供应链,分析供应链各成员的最优决策,提出第三方物流供应商在供应链中的存在对其绩效有重大影响;徐广姝等^[9]研究了生鲜宅配模式下,物流服务商的服务态度及配送速度对市场的影响;冯颖等^[10]分析了确定性需求下,物流服务数量及服务成本对于生鲜电商供应链的影响。契约协调,即利用契约理论协调供应链整体或各个成员的利润,提升供应链各成员之间的合作意愿,稳定合作关系。李健等^[11]基于贝叶斯需求和 B2C 和 C2B 两阶段产品销售的供应链模式设计供应商和零售商契约,并通过数值模拟验证了契约协调机制可以实现帕累托改进;章艳华^[12]通过数理模型对比分析生鲜农产品粗加工和深加工两种方式对供应链利润的影响,将契约理论引入企业决策模型以提升供应链成员的收益;浦徐进等^[13]

收稿日期:2021-03-23

基金项目:国家自然科学基金(51674102);河南省重点科技攻关计划(182102310002);河南省高校基本科研业务费专项资金资助(NSFRF180104)。

作者简介:肖展鹏(1996—),男,河南驻马店人,河南理工大学能源科学与工程学院,硕士研究生,研究方向为物流与供应链管理;通信作者杨玉中(1972—),男,河北藁城人,河南理工大学能源科学与工程学院,教授,博士研究生导师,研究方向为物流与供应链管理;乔张斌(1994—),男,河南三门峡人,河南理工大学能源科学与工程学院,硕士研究生,研究方向为物流与供应链管理。

研究了随机性市场需求下,探讨契约理论对“农户+公司”型供应链的影响,提出不同合作模式下的契约协调机制;白世贞等^[14]比较了不同决策模式下的供应链利润,分析混合契约的施行条件,并对契约内的各参数进行数值分析。

综上所述,当前的生鲜电商供应链协调研究多关注于第三方物流参与的供应链,较少考虑自营物流生鲜电商供应链;在保鲜努力方面,多考虑保鲜努力成本,使用新鲜度函数构建消费者效用函数,较少考虑生鲜损耗成本。基于此,本文分析了产地直销下生鲜电商自营物流供应链模式,考虑生鲜供应商单位产品售价、生鲜电商自营物流服务水平同时影响市场需求的情形,并引入生鲜损耗成本,应用 Stackberg 博弈论、混合契约理论研究 3 种决策模式下供应链利润和最优决策,以期改善供应链各成员收益,并分析了契约协调下的限制条件。

1 问题描述与模型假设

1.1 问题描述

本文考虑的二级供应链由一个生鲜电商和一个生鲜供应商组成。其中,生鲜供应商负责生鲜农产品的生产、采收、初加工和必要包装。生鲜电商负责展示产地的生鲜农产品种类、地点、价格等信息,消费者通过网络了解所需信息,并进行在线支付,订单信息上传至生鲜电商,生鲜电商从生鲜原产地批量采购并通过自营物流配送至订单指定地点。在配送过程中,由于冷链物流体系的不健全,多数生鲜农产品仍通过常温运输,配送过程中产生较大损耗^[15]。因此,生鲜电商的实际采购量应大于订单需求量,且产生了额外的生鲜损耗成本。

1.2 模型假设

假设 1:生鲜电商供应链成员为理性经济人且均为风险中性,且在合作过程中,双方不存在信息不对称的问题。生鲜电商服务努力水平可以被度量,可以提高。生鲜供应商供货充足,不存在缺货损失。在市场中,生鲜供应商单位生鲜农产品销售定价为 p_1 ,其单位农产品成本为 p_2 ;生鲜电商出售给消费者的单位生鲜农产品价格为 p_2 ,其单位成本为 c_2 。

假设 2:市场消费者对于生鲜农产品的需求量为 $D = a - bp_2 + \lambda e$,即消费者的市场需求受到生鲜农产品销售价格 p_2 ,生鲜电商自营物流服务水平 e 的共同影响,消费者对于生鲜农产品的潜在需求量为 a ,生鲜农产品销售价格 p_2 对需求量 D 的弹性系数为 b ,物流服务水平 e 对订购量 D 的弹性系数为

λ ,在需求量的定义式中, a, b, λ, e 均为大于 0 的常数。

假设 3:借鉴 Ha 等^[16]对成本函数的定义,将生鲜电商服务成本与努力水平的函数定义为 $C(e) = \frac{1}{2}ke^2$,生鲜电商物流服务努力水平 e 的弹性系数为 k ,其中 $k > 0, e > 0$,且均为常数,表明生鲜电商自营物流服务努力水平的提高会导致生鲜电商的物流服务成本增加。生鲜电商服务水平包括配送速度、服务质量、在线支付体验。服务水平成本为凹函数,其边际成本递增。

假设 4:生鲜产品的平均损耗率为 w ,损耗常数 r 满足 $r = \frac{w}{1-w}$,使得生鲜电商的实际采购量 $Q = D(1+r)$,此时生鲜农产品的损耗数量为 Dr ,生鲜损耗成本 $C(r) = (c_1 + c_2)Dr$ ^[17]。其中, $1 > r > 0.05, 0.5 > w > 0.05, Q > 0, D > 0$,且均为常数。

假设 5:为保证生鲜电商企业获得收益,满足 $p_2 > p_1 + c_2$ 。

2 基本模型

2.1 集中决策模型

在集中决策下,生鲜供应商和生鲜电商共同决策,生鲜电商供应链的利润函数为

$$\pi_c = (p_2 - c_1 - c_2)D - C(r) - C(e) = (p_2 - c_1 - c_2)(a - bp_2 + \lambda e) - (c_1 + c_2)(a - bp_2 + \lambda e)r - \frac{1}{2}ke^2 \tag{1}$$

将式(1)对 p_2 求偏导,可得 $\frac{\partial \pi_c}{\partial p_2} = a - 2bp_2 + \lambda e + b(c_1 + c_2)(1+r)$, $\frac{\partial^2 \pi_c}{\partial p_2^2} = -2b < 0$,因此 π_c 为 p_2 的凸函数;此时,令 $\frac{\partial \pi_c}{\partial p_2} = 0$,可得集中决策下最优销售价格:

$$p_2^* = \frac{a + \lambda e + b(c_1 + c_2)(1+r)}{2b} \tag{2}$$

将式(1)对 e 求偏导,可得 $\frac{\partial \pi_c}{\partial e} = \lambda(p_2 - c_1 - c_2) - \lambda r(c_1 + c_2) - ke$, $\frac{\partial^2 \pi_c}{\partial e^2} = -k < 0$,故 π_c 为 e 的凸函数;令 $\frac{\partial \pi_c}{\partial e} = 0$,可得集中决策下最优服务努力水平:

$$e^* = \frac{\lambda[p_2 - (c_1 + c_2)(1+r)]}{k} \tag{3}$$

此时,最优消费者订购量为

$$D = a - bp_2^* + \lambda e^* \quad (4)$$

最优生鲜电商采购量为

$$Q = (a - bp_2^* + \lambda e^*)(1+r) \quad (5)$$

将 p_2^* 、 e^* 代入式(1)可得生鲜电商供应链在集中决策下的最大利润为

$$\pi_c^* = \pi_c^*(p_2^*, e^*) \quad (6)$$

2.2 分散决策模型

在分散式决策中,生鲜供应商和生鲜电商各自追逐利润最大化,双方博弈过程如下:首先,生鲜电商根据市场需求、运营和配送成本、自身期望的利润等,向生鲜供应商报出单位生鲜产品的批发价格 p_1 ,自营物流服务努力水平 e ;其次,生鲜供应商根据单位产品成本及行业现状等,判断批发价格 p_1 是否合理,以及生鲜电商自营物流的服务努力水平 e 能否达到期望值;若生鲜供应商接受该定价,则双方达成协议,否则,生鲜电商重新调整单位生鲜产品的批发价格 p_1 ,自营物流的服务努力水平 e ,直至生鲜供应商接受定价或双方终止协议。

生鲜供应商和生鲜电商的利润函数如下:

$$\pi_s = (p_1 - c_1)Q = (p_1 - c_1)(a - bp_2 + \lambda e)(1+r) \quad (7)$$

$$\pi_1 = p_2 D - (p_1 + c_2)Q - C(r) = [p_2 - (p_1 + c_2)(1+r)](a - bp_2 + \lambda e) - \frac{1}{2}ke^2 \quad (8)$$

将式(8)对 p_2 求偏导,可得 $\frac{\partial \pi_1}{\partial p_2} = a - 2bp_2 + \lambda e + b(p_1 + c_2)(1+r)$, $\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_2^2} = -2b < 0$, 因此 π_1 为 p_2 的凸函数;令 $\frac{\partial \pi_1}{\partial p_2} = 0$, 可得分散决策下最优销售价格:

$$p_2^* = \frac{a + \lambda e + b(p_1 + c_2)(1+r)}{2b} \quad (9)$$

将式(8)对 e 求偏导,可得 $\frac{\partial \pi_1}{\partial e} = \lambda[p_2 - (p_1 + c_2)(1+r)] - ke$, $\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial e^2} = -k < 0$, 故 π_1 为 e 的凸函数;令 $\frac{\partial \pi_1}{\partial e} = 0$, 可得分散决策下自营物流最优服务努力水平:

$$e^* = \frac{\lambda[p_2 - (p_1 + c_2)(1+r)]}{k} \quad (10)$$

此时,最优消费者订购量为

$$D^* = a - bp_2^* + \lambda e^* \quad (11)$$

最优生鲜电商采购量为

$$Q^* = (a - bp_2^* + \lambda e^*)(1+r) \quad (12)$$

将 p_2^* 、 e^* 代入式(7)和式(8)可得生鲜电商和生鲜供应商分散决策下最大利润:

$$\pi_s^* = \pi_s^*(p_2^*, e^*);$$

$$\pi_1^* = \pi_1^*(p_2^*, e^*).$$

生鲜电商供应链最大利润为

$$\pi_c^* = \pi_s^*(p_2^*, e^*) + \pi_1^*(p_2^*, e^*) \quad (13)$$

命题 1: p_2 不变时,若 $e' < e^*$, 则 $\pi_s(p_2, e') < \pi_s(p_2, e^*)$ 。 e 不变时,若 $p_2' < p_2^*$, 则 $\pi_s(p_2', e) > \pi_s(p_2^*, e)$ 。

证明: $\frac{\partial \pi_s}{\partial e} = \lambda(p_1 - c_1)(1+r) > 0$, 故 π_s 随着 e 的增大而增大; $\frac{\partial \pi_s}{\partial p_2} = -b(p_1 - c_1)(1+r) < 0$, 故 π_s 随着 p_2 的增大而减小。

命题 1 表明,随着服务努力水平的提高,生鲜供应商的利润将增加,而生鲜电商出售价格的增大则会导致生鲜供应商利益受损。

2.3 集中决策模式和分散决策模式对比

命题 2:

1) $e^* > e^{**}$ 。

2) $D^* > D^{**}$, $Q^* > Q^{**}$ 。

3) 当 $2bk - \lambda^2 > 0$ 时, $\pi_c^* > \pi_s^*(p_2^{**}, e^{**}) + \pi_1^*(p_2^{**}, e^{**})$ 。

证明:

$$1) e^* - e^{**} = \frac{\lambda(p_1 - c_1)(1+r)}{k} > 0。$$

2) $\because p_2^{**} - p_2^* = \frac{b(p_1 - c_1)(1+r)}{2b} > 0$, $e^* - e^{**} > 0$, b 和 λ 均为大于 0 的常数, $\therefore D^* - D^{**} > 0$, 即 $D^* > D^{**}$, 又 $\because Q = D(1+r)$, $1 > r > 0$, $\therefore D^*(1+r) > D^{**}(1+r)$, 即 $Q^* > Q^{**}$ 。

$$3) \because \frac{\partial^2 \pi_c}{\partial p_2^2} = -2b, \frac{\partial^2 \pi_c}{\partial e^2} = -k, \frac{\partial^2 \pi_c}{\partial p_2 \partial e} = \lambda;$$

$\therefore \pi_c$ 对 p_2, e 的二阶海塞矩阵为 $H = \begin{bmatrix} -2b & \lambda \\ \lambda & -k \end{bmatrix}$;

$\because$ 一阶主子式 $-2b < 0$, 二阶主子式 $2bk - \lambda^2 > 0$;

$\therefore$ 海塞矩阵负定, π_c^* 在 (p_2^*, e^*) 处取得最大值, 故 $\pi_c^* > \pi_c^{**}$, 即 $\pi_c^* > \pi_s^*(p_2^{**}, e^{**}) + \pi_1^*(p_2^{**}, e^{**})$ 。

命题 2 表明,集中决策下的消费者订购量、自营物流服务努力水平、生鲜实际采购量及供应链最优

利润均大于分散决策下的消费者订购量、自营物流服务努力水平、生鲜实际采购量及供应链最优利润。同时,这也说明了生鲜电商供应链并未达到协调状态,因此需要制定契约帮助生鲜电商平台达到更高的服务努力水平和消费者订购量。

3 协调契约模型

由命题 1 和命题 2 可知,随着生鲜电商服务水平的提高,生鲜供应商的利润会增加,然而,生鲜电商的服务成本将会增加,导致其利润减少,在没有生鲜供应商激励的情况下,生鲜电商没有增加服务水平的意愿,因此引入成本共担契约,由生鲜供应商承担部分服务成本。同时,为了使生鲜供应商可以达到集中决策下的利润,引入收益共享契约,使生鲜供应商能分享一定比例的生鲜电商收益,以此保证契约协调下的供应链利润可以达到集中决策的利润水平。

在收益共享-成本共担契约下,假设 $\mu_1 \in (0,1)$ 为收益共享比例系数, $\mu_2 \in (0,1)$ 为成本共担比例系数。此时,生鲜供应商在承担 μ_2 比例的生鲜电商服务成本的同时,也接受了 μ_1 比例的生鲜电商收益,则生鲜供应商和生鲜电商的利润函数分别为

$$\pi_s = (1 - \mu_1)p_2D + p_1Q - c_1Q - (1 - \mu_2)\frac{1}{2}ke^2 = [(1 - \mu_1)p_2 + (p_1 - c_1)(1 + r)](a - bp_2 + \lambda e) - \frac{(1 - \mu_2)ke^2}{2} \quad (14)$$

$$\pi_1 = \mu_1 p_2 D - c_2 Q - p_1 Q - \mu_2 \frac{1}{2}ke^2 = [\mu_1 p_2 - (c_2 + p_1)(1 + r)](a - bp_2 + \lambda e) - \frac{\mu_2 ke^2}{2} \quad (15)$$

$$1 - \frac{(p_1 - c_1)(1 + r)[b(p_2^* - p_2^{**}) + \lambda(e^{**} - e^*)]}{p_2^*(a - bp_2^* + \lambda e^*) - \frac{1}{2}ke^{*2}} > \mu_1,$$

$$\frac{[p_2^{**} - (p_1 + c_2)(1 + r)](a - bp_2^{**} + \lambda e^{**}) - \frac{1}{2}ke^{*2} + (p_1 + c_2)(1 + r)(a - bp_2^* + \lambda e^*)}{p_2^*(a - bp_2^* + \lambda e^*) - \frac{1}{2}ke^{*2}} < \mu_1,$$

且满足式(18)、式(19),则生鲜电商和生鲜供应商的利润可以得到改进,供应链利润最大, $\pi_c^{***} = \pi_c^*$ 。

证明:由式(7)、式(8)、式(14)、式(15),令 $\pi_s^{**} > \pi_s^*$, $\pi_1^{**} > \pi_1^*$,即可得出参数 μ_1 的取值范围;由命题 3 可知, μ_1 、 μ_2 满足式(18)、式(19)时,供应链利润最大。命题 4 得证。

4 应用分析

为验证上述模型及命题的有效性,参考徒君等^[18]的参数设计,结合本文模型,假设生鲜电商供

将式(15)对 p_2 求偏导,可得 $\frac{\partial \pi_1}{\partial p_2} = \mu_1(a + \lambda e) - 2b\mu_1 p_2 + b(c_2 + p_1)(1 + r)$, $\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_2^2} = -2b\mu_1 < 0$,因此 π_1 为 p_2 的凸函数,令 $\frac{\partial \pi_1}{\partial p_2} = 0$,可得契约协调下最优销售价格:

$$p_2^{***} = \frac{\mu_1(a + \lambda e) + b(c_2 + p_1)(1 + r)}{2b\mu_1} \quad (16)$$

将式(15)对 e 求偏导,可得 $\frac{\partial \pi_1}{\partial e} = \lambda[\mu_1 p_2 - (c_2 + p_1)(1 + r)] - \mu_2 ke$, $\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial e^2} = -2k\mu_2 < 0$,故 π_1 为 e 的凸函数,令 $\frac{\partial \pi_1}{\partial e} = 0$,可得契约协调下最优服务努力水平:

$$e^{***} = \frac{\lambda[\mu_1 p_2 - (c_2 + p_1)(1 + r)]}{\mu_2 k} \quad (17)$$

契约协调下,生鲜供应商最大利润为 $\pi_s^{**} = \pi_s^{**}(p_2^{***}, e^{***})$,生鲜电商最大利润为 $\pi_1^{**} = \pi_1^{**}(p_2^{***}, e^{***})$,生鲜电商供应链最大利润为 $\pi_c^{***} = \pi_s^{**}(p_2^{***}, e^{***}) + \pi_1^{**}(p_2^{***}, e^{***}) = \pi_c^{***}(p_2^{***}, e^{***})$ 。

命题 3:若参数 μ_1 、 μ_2 满足

$$\mu_1 = \mu_2 \quad (18)$$

$$p_1 = \mu_1(c_1 + c_2) - c_2 \quad (19)$$

则 $\pi_c^{***}(p_2^{***}, e^{***}) = \pi_c^*(p_2^*, e^*)$,且 $\pi_s^{**} > \pi_s^*$, $\pi_1^{**} > \pi_1^*$ 。

证明:由式(2)、式(3)、式(16)、式(17),有 $p_2^* = p_2^{***}$, $e^* = e^{***}$,联立等式,即可得证。

命题 4:若参数 μ_1 满足

$$1 - \frac{(p_1 - c_1)(1 + r)[b(p_2^* - p_2^{**}) + \lambda(e^{**} - e^*)]}{p_2^*(a - bp_2^* + \lambda e^*) - \frac{1}{2}ke^{*2}} > \mu_1,$$

$$\frac{[p_2^{**} - (p_1 + c_2)(1 + r)](a - bp_2^{**} + \lambda e^{**}) - \frac{1}{2}ke^{*2} + (p_1 + c_2)(1 + r)(a - bp_2^* + \lambda e^*)}{p_2^*(a - bp_2^* + \lambda e^*) - \frac{1}{2}ke^{*2}} < \mu_1,$$

应链各系统参数见表 1。

表 1 参数值

参数	a	b	c_1	c_2	k	λ	p_1	r
赋值	150	10	3	2	20	12	6	0.25

此时 $2bk - \lambda^2 = 256 > 0$,由表 1 可得集中决策、分散决策、契约协调 3 种决策模式下的参数变化结果,见表 2。

表 2 3 种模型下的参数变化结果

模型	μ_1	μ_2	p_2	e	p_1	Q	π_c	π_s	π_1
集中决策	—	—	13.085	4.101		85.45	299.07		
分散决策	—	—	13.769	2.636		54.93	260.92	137.319 0	123.596 0
契约协调	0.488 4	0.488 4	13.085	4.101	0.440 5	85.45	299.07	153.095 1	145.974 9
	0.510 3	0.510 3	13.085	4.101	0.551 7	85.45	299.07	146.443 7	152.626 3
	0.517 1	0.517 1	13.085	4.101	0.585 4	85.45	299.07	144.328 0	154.742 0
	0.530 4	0.530 4	13.085	4.101	0.651 8	85.45	299.07	140.456 3	158.613 7
	0.539 8	0.539 8	13.085	4.101	0.699 0	85.45	299.07	137.633 1	161.436 9
	0.540 9	0.540 9	13.085	4.101	0.704 3	85.45	299.07	137.319 0	161.751 0

由表 2 可知,集中决策下的最大利润为 299.07,而分散决策下的供应链利润为 260.915,损失了 38.155 利润;集中决策下的自营物流服务努力水平,生鲜农产品实际采购数量均大于分散决策,且此时 $2bk - \lambda^2 = 256 > 0$ 。验证命题 2。

由表 2 可以看出,在契约协调下, $\mu_1 = \mu_2$,且 $p_1 = \mu_1(c_1 + c_2) - c_2$, $p_2^* = p_2^{***} = 13.085$, $e^* = e^{***} = 4.101$,且当 $\mu_1 = \mu_2 \in (0.488\ 4, 0.540\ 9)$ 时,生鲜供应商和生鲜电商的利润均大于分散决策下的利润,实现了帕累托改进,验证了命题 3、命题 4。但在契约协调下,生鲜供应商的单位生鲜农产品销售价格 p_1 低于其成本值 c_1 ,此时的生鲜电商的服务水平成本由生鲜供应商部分承担,且批发价格成本降低,意味着生鲜电商获得了较大的利润,因此给予生鲜供应商较高的收益共享激励,最终使得双方的利润均大于分散决策的利润,且双方的利润总和等于集中决策下的供应链利润。因此,在契约协调下,当生鲜供应商具有较为明显的风险偏好时,则无法接受该契约,当双方建立了持久良好的合作关系时,则该契约可以实施。

由表 3、表 4 可以看出,当 e 不变时, π_s 随着 p_2 的增大而减小,当 p_2 不变时, π_s 随着 e 的增大而增大。验证了命题 1。

表 3 e 不变时, p_2 对 π_s 的影响

p_2	e	π_s
5.5	3.5	513.75
6.5	3.5	476.25
7.5	3.5	438.75
8.5	3.5	401.25
9.5	3.5	363.75
10.5	3.5	326.25

表 4 p_2 不变时, e 对 π_s 的影响

p_2	e	π_s
10	2.25	288.75
10	2.5	300
10	2.75	311.25
10	3	322.5
10	3.25	333.75
10	3.5	345

下面讨论部分参数对供应链决策的影响:

由图 1 可以看出,生鲜电商服务努力水平 e 随着其弹性系数 k 的增大而减小,由于服务努力水平系数的增加,意味着生鲜电商投入更多的资金或技术手段以提高服务水平,但也导致了生鲜电商的服务成本增加,因此生鲜电商倾向于减少服务水平的实施以弥补利润的损失。同时,契约的存在使得服务成本得以分摊,生鲜电商的服务努力得以实施,因此协调后的服务水平总大于协调前。

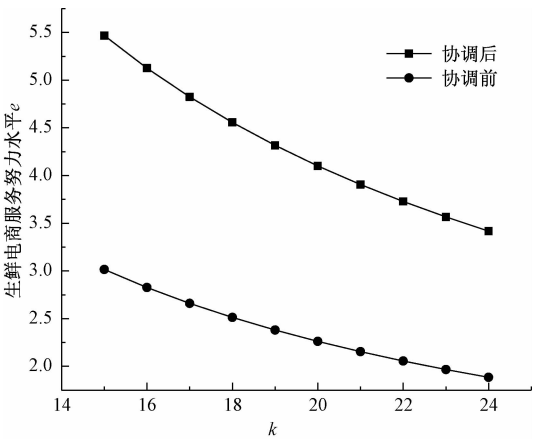


图 1 k 对生鲜电商服务努力水平 e 的影响

由图 2 可知,协调前后生鲜电商供应链的利润都会随着损耗常数 r 的增大而减小,由损耗常数的定义可知,损耗常数 r 随着生鲜损耗率的增大而增

大。因为,在本文的假设中,生鲜电商供应链的成本由单位成本、服务成本、生鲜损耗成本 3 部分构成,生鲜损耗率的增加会导致生鲜损耗成本线性递增,进而导致供应链利润减少。但在集中决策下,供应链承担了较高的服务成本,因此在 $r \approx 0.5385$, 即 $w \approx 0.35$ 时,双方的利润接近,而 r 进一步增大时,协调前的供应链利润大于协调后。我国的生鲜损耗率一般为 $25\% \sim 30\%$, 低于 35% , 因此在实际情况下协调后的供应链的利润总大于协调前。

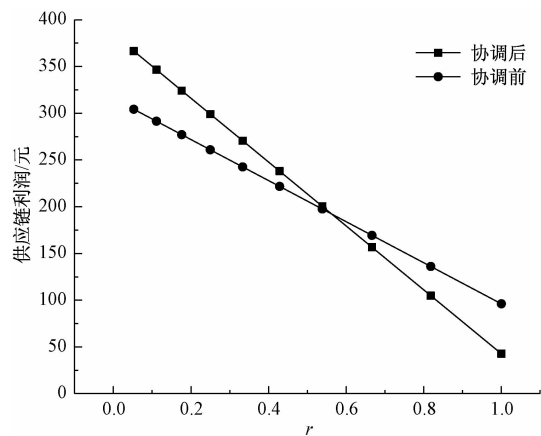


图 2 损耗系数对供应链利润的影响

5 结论

针对由单一生鲜供应商和单一生鲜电商组成的二级供应链,考虑了损耗成本和服务努力水平成本,利用 Stackberg 博弈论和“收益共享—成本共担”契约理论,研究了生鲜电商供应链的协调问题,并通过应用分析验证了所构建模型的可行性。

通过构建模型对比了集中决策、分散决策、契约协调 3 种决策模式下的供应链利润、消费者订购量、生鲜电商订购量。通过设计契约可知,当系统参数 μ_1 、 μ_2 满足一定的条件时,可以有效地协调生鲜电商供应链,并实现帕累托改进。

本文在已有成果的基础上,考虑中国目前的冷链物流水平,引入损耗常数描述生鲜损耗成本,并在生鲜电商的订购量中加入损耗数量,较为符合中国的生鲜电商供应链现状,且引入服务努力参数描述生鲜电商的物流服务水平,有一定的实际参考价值。

参考文献

[1] 中国生鲜电商行业消费洞察报告 2018 年[C]//艾瑞咨询系

列研究报告.上海:上海艾瑞市场咨询有限公司,2018(1): 482—526.

[2] 张旭,张庆. 保鲜控制损耗下考虑公平关切的生鲜品供应链协调[J]. 系统科学学报,2017,25(3):112—116.

[3] 史保阳,史保莉. 考虑努力水平与损耗的农超对接生鲜产品供应链协调[J]. 工业工程与管理,2019,24(5):43—48,55.

[4] ZHENG Q, LEROMONACHOU P, FAN T, et al. Supply chain contracting coordination for fresh products with fresh-keeping effort[J]. Industrial Management & Data Systems, 2017,117(3):538—559.

[5] 马雪丽,王淑云,金辉,等. 考虑保鲜努力与数量/质量弹性的农产品三级供应链协调优化[J]. 中国管理科学,2018, 26(2):175—185.

[6] HE L H, LIAO X, ZHANG Z G, et al. Analysis of online dual-channel supply chain based on service level of logistics and national advertising[J]. Quality Technology and Quantitative Management, 2016,13(4):473—490.

[7] JUN T U, HUANG M, ZHAO S. Logistics service contract design and coordinate for online-retailer supply chain[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2018,24(6): 1579—1588.

[8] CAI X Q, CHEN J, XIAO Y B, et al. Fresh-product supply chain management with logistics outsourcing[J]. International Journal of Management Science, 2013,41:752—765.

[9] 徐广姝,宋子龙. 生鲜电商与物流服务商的契约协调——基于生鲜宅配模式的分析[J]. 商业研究,2017(2):151—159.

[10] 冯颖,余云龙,张炎治,等. TPL 服务商参与决策的生鲜农产品三级供应链协调机制[J]. 管理工程学报,2015, 29(4):213—221.

[11] 李健,史浩. 需求预测更新条件下两阶段电子商务供应链契约协调[J]. 运筹与管理,2016,25(2):24—35.

[12] 章艳华. 基于供应链契约的生鲜农产品深加工企业决策探析[J]. 财会月刊,2017(18):63—67.

[13] 浦徐进,岳振兴. 考虑农户信任的“公司+农户”型农产品供应链契约选择[J]. 软科学,2019,33(7):40—46.

[14] 白世贞,谢爽. 基于混合契约的生鲜电商供应链协调策略[J]. 控制与决策,2018,33(11):2104—2112.

[15] 胡建森. 我国生鲜农产品冷链物流发展存在的问题与对策[J]. 改革与战略,2017,33(5):82—84,93.

[16] HA A Y, TONG S, ZHANG H. Sharing demand information in competing supply chains with production diseconomies[J]. Mathematics of Operations Research, 2011, 57(3):566—581.

[17] YU Y L, XIAO T J. Pricing and cold-chain service level decisions in a fresh agri-products supply chain with logistics outsourcing[J]. Computers & Industrial Engineering, 2017,111:56—66.

[18] 徒君,黄敏,赵世杰. 电商供应链物流服务契约设计与协调[J]. 计算机集成制造系统,2018,24(6):1579—1588.

Research on Supply Chain Coordination of Fresh E-commerce Considering Quantity Loss

XIAO Zhan-peng, YANG Yu-zhong, QIAO Zhang-bin

(School of Energy Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454003, China)

Abstract: Aiming at the two-level supply chain composed of a single fresh supplier and a single fresh electricity supplier, this paper analyzes the optimal supply chain revenue, fresh agricultural product purchase quantity, fresh agricultural product sales price of fresh electricity supplier and fresh electricity supplier's self-service logistics service level under the three modes by means of Stackberg game model and supply chain contract theory. The results show that when the fresh loss rate is in a certain range, the profit of the supply chain after coordination is always greater than that before coordination. When the contract parameters meet certain conditions, the hybrid contract of "revenue sharing + cost sharing" can coordinate the fresh e-commerce supply chain and realize the Pareto improvement of both sides.

Key words: fresh e-commerce; quantity loss; supply chain coordination