

考虑供应商侵入的预测信息分享决策及协调机制研究

曾双立

(湖南大学工商管理学院 湖南省长沙市 邮编 410200)

摘要: 从供应商侵入的两个结果研究了如何利用零售商的信息分享的效益来促使供应商与其签订信息分享契约, 继而达到供应链协调的效果。首先研究了传统渠道供应商是否侵入的问题, 将零售商信息分享程度利用市场调研的样本数来刻画, 结论为供应商侵入与零售商信息分享并无直接关联, 而与市场关联度有关, 市场关联度越强, 供应商才会签订信息分享契约, 选择不侵入。进而研究供应商侵入后的问题, 探讨存在直销渠道和零售渠道的双渠道供应链中的信息分享契约的协调作用, 发现市场关联性越强, 零售渠道占比越大, 信息分享契约的协调作用越大。文章对于供应商侵入问题的解决具有重要意义。

关键词: 信息分享 供应商侵入 供应链协调 信息分享契约

中图分类号: O939

文献标识码: A

0 引言

近年来, 供应商与零售商关于零售市场上顾客的忠诚度的竞争被称为“侵入”, 侵入存在不同的形式, 包括属于供应商的直销店、目录销售等^[1]。随着线上销售的迅速发展, 供应商侵入又增加了一种新的形式, 即网上直销渠道。越来越多的供应商在原有传统零售渠道的基础上开设了网上直销渠道。在我国市场, 各大企业比如美的内部就将传统渠道和直销渠道的业绩分开计算^[2], 这些事实表明供应商侵入问题是普遍存在的。电子商务和物流行业的迅速发展为供应商侵入提供了客观条件, 而供应商为了追求自己的收益最大化也开始倾向于建立自己的直销渠道来减少由于零售产生的成本。

供应商侵入以及供应商侵入造成的双渠道问题一直是学术研究的热点, 针对供应链客观条件的日益满足和供应商追求利益最大化的倾向, 文献中研究供应商侵入的问题主要在以下两个方面: 供应商是否应该开设直销渠道以及供应商侵入有何影响; 当供应商入侵后, 是否可以设计零售商与供应商之间的契约来实现供应链利润的最大化, 在一定程度上消除边际化问题。

零售商和供应商间的信息分享的现实意义在哪里。我们发现在供应链传统模式中, 供应商只存在零售渠道, 供应商与零售商一般会签订批发价格契约, 而由于供应商零售商之间无信息分享, 导致可能存在当季节无法销售完的商品, 这些商品产生的成本会由零售商承担。为了解决无法销售完的商品的成本问题, 现实生活中供应商与零售商形成了一种新的模式, 供应商零售商签订寄售契约, 零售商未卖完放在奥特莱斯折扣店(折扣店属于供应商)来卖, 未卖完商品的成本由供应商承担, 这种模式广泛存在于奥特莱斯折扣店。其中, 因为供应商可以从零售商获取少量市场信息, 来调整下一季商品生产量, 所以奥特莱斯折扣店数量与日俱增。这真实的反映了现实生活中供应商和零售商追求市场信息的客观性, 因为通过对市场信息的了解能在一定程度上解决他们因库存成本和缺货成本此消彼长的矛盾。如果供应商零售商之间进行信息分享, 这在理论上是双赢局面。而在存在寄售契约的新模式里供应商所获得的市场信息虽然是少量的, 但能有效的减少供应商和零售商的成本, 所以零售商和供应商之间有进行信息分享的必要性, 供应链成员间信息共享问题值得我们进一步探究。

1 文献综述

1.1 供应商侵入问题

在供应商侵入领域的文献中,学者们致力于研究供应商是否应该在已有零售渠道的基础上增加直销渠道。学者们普遍的研究结果表明供应商侵入会减轻双重边际效应并且使供应商和零售商都从中获益。Li (2015)研究了顾客对直销渠道的接受度低于对零售渠道的接受度。研究表明直销渠道的引入会减轻双重边际效应,提高供应链整体利润^[3]。Yan(2015)的研究表明当供应商的直销渠道和零售渠道的价格相同,并且零售渠道更加便利时,供应商侵入对于供应商和零售商是双赢局面^[4]。Huang (2018)通过零售商信息分享的角度探究了供应商侵入问题,得出零售商进行低程度的信息分享能阻止供应商侵入来减少下游渠道竞争^[5]。这些研究充说明供应商侵入的有利一面,同时信息分享对于供应商侵入有阻碍作用。

1.2. 零售商和供应商信息分享研究现状

一是关于供应链成员间信息分享动机,由于社会发展和经济环境的持续变化,供应链成员所在的消费市场存在很大的网络外部性,而网络外部性促使供应链成员内信息分享来抵御网络外部性带来的影响。石纯来(2019)研究了网络外部性对双渠道供应链信息分享的影响。研究发现:当网络外部性较大时,零售商与制造商分享其市场需求信息。此外,零售商与制造商共享其市场需求信息有助于增加制造商和供应链利润^[6]。网络外部性对于信息分享的助力,这给供应链成员间倾向于信息分享增添了理论依据。

二是零售商对于市场信息的掌握度。对于零售商而言,新信息技术的发展极大地改进了零售商获取产品市场需求、消费者采购行为信息的途径和效率,使得零售商比制造商掌握了更多的市场需求信息。同时,由于竞争和社会经济环境的持续变化,产品需求也不断演化,密切跟踪和预测需求的变化对零售商而言显得日益重要。零售商获取市场信息的重要性也日益成为学术关注的焦点,大量文献研究了信息分享对供应链影响。李书娟(2010)发现一定条件内信息分享能提高供应链绩效^[7]。聂佳佳(2012)分析了零售商信息分享对制造商开通电子直销渠道的影响并设计了零售商信息共享激励机制^[8]。王聪等(2017)供应链成员预测精度的提高总是能提高自身利润,且零售商信息共享时,零售商预测精度的提高可以增加双方利润^[9]。以上供应链信息分享文献说明了信息分享对供应链绩效的重要影响,而零售商的信息分享在其中尤为重要。

三是信息分析的使用途径。上述文献强调了信息分享的重要性,关于如何量化信息共享和怎样利用信息共享为供应链管理做出贡献,相较之而言更具实际意义。Huang等(2016)在确定两级供应链信息共享最优度的研究中发现确定并达到最佳的信息共享程度不仅可以提高竞争力供应链的优势,同时也提高了供应商的利润,使供应链成员受到更多的激励去收集然后分享信息,为自己和整个供应链获取更多利润^[10]。Huang等(2018)从零售信息分享对供应商是否侵入进行了影响研究^[6],而现实生活中情况是供应商是否侵入,零售商的信息分享均有体现,如传统渠道中寄售契约和双渠道中广泛的信息分享研究,张盼(2019)探讨了需求预测信息精度对供应链成员利润及信息分享价值的影响,并研究了供应链均衡的信息分享策略。研究发现,需求预测精度的提高在大多数情形下会使供应链成员都受益^[11]。

1.3 供应链契约协调研究现状

在传统渠道的契约方面的研究中,主要是对单个契约进行研究,而Chen(2019)在防

止信息泄露的视角下将一个零售商和一个供应商之间的契约分为保护上游, 保护下游, 无保护和双保护四类契约, 并设计指标比较他们的防止信息泄露的效率, 得出回购契约防止信息泄露的效率最高, 将所有契约进行了比较研究^[14]。以零售商信息分享的视角来协调传统渠道, 目前有 Huang 等 (2016) 在确定传统两级供应链信息共享最优度的研究中发现确定并达到最佳的信息共享程度不仅可以提高竞争力供应链的优势, 同时也提高了供应商的利润, 使供应链成员受到更多的激励去收集然后分享信息, 为自己和整个供应链获取更多利润^[10] 聂佳佳 (2012) 设计了一个信息分享补偿机制使得零售商能自愿分享其私有信息。在信息分享补偿机制下, 制造商为获取零售商预测信息付出了成本, 使得供应链整体收益提高^[8]

在双渠道供应链问题上的研究中, 主要对定价问题展开相关研究。Lan 等 (2018) 分析了由制造商向需求不确定的零售商分销产品的双渠道供应链, 并优化出零售商的最优订货策略、制造商的最优定价策略及分销商的最优定价^[12] Jafari 等 (2017) 研究了由一个制造商和多个零售商组成的双渠道供应链, 并运用博弈方法来求解均衡价格^[13]。而利用零售商信息共享建立契约来协调双渠道的文章还乏陈可数, 这正是本文所探讨研究的重点。

2 市场调研下的预测信息分享决策

2.1 模型假设与符号说明

2.1.1 问题描述与假设

本章研究的供应链为一个供应商, 一个零售商, 和一个零售市场组成的供应链, 供应商有侵入零售市场建立直销渠道的倾向, 而零售商可以做市场调研得到预测信息, 同时有采取与供应商签订预测信息共享契约来阻止供应商侵入的倾向。

2.1.2 模型符号及定义

表 1 模型符号及定义

Tab. 1 Model symbols and definitions

模型符号	定义
ϕ	市场需求相关性
n	市场调研样本数/信息分享程度
n^*	最优信息分享程度

$C(n)$	市场调研成本
D_t	t 时刻市场实际需求
q_t^r	t 时刻零售市场实际需求期望值
q_{t+1}^s	$t+1$ 供应商对零售商订货量期望值
q_{t+1}^{sl}	$t+1$ 时刻市场调研后供应商对零售商订货量期望值
R_t^r	t 时刻零售商订货量
R_{t+1}^s	$t+1$ 时刻供应商预测零售商订货量需求
V_t^r	t 时刻零售市场实际需求方差
V_{t+1}^s	$t+1$ 时刻供应商对零售商订货量期望值及其方差
V_{t+1}^{sl}	$t+1$ 时刻供应商在市场调研后对零售商订货量预测的方差
S_t^{r*}	t 时刻零售商最优库存水平
S_{t+1}^{s*}	$t+1$ 时刻供应商最优库存水平
S_{t+1}^{sl*}	$t+1$ 时刻在市场调研后供应商最优库存水平
c_{sq}	供应商缺货成本
c_{sc}	供应商库存成本
π_1	供应商通过信息分享获得收益
π_2	供应商通过信息分享净收益

2.2 无市场调研预测信息不分享的供应链情形

本章首先考虑存在一个供应商，一个零售商和一个零售市场组成的供应链。其中供应商有侵入零售市场的趋势，因为建立零售渠道会使得他获益，但他需要付出建立渠道的成本。由过往经验可知，时间连续的市场需求是相关的，本期市场需求与上期的市场需求关联性最强。所以 Chen and Lee (2009) [15]将市场需求变化用一阶自回归过程刻画，定义为：

$$D_t = d + \phi D_{t-1} + \alpha_t \quad (2.1)$$

$d > 0$ ，且为回归常数， $-1 < \phi < 1$ 为市场需求间的相关系数， α_t 为随机扰动项， $\alpha_t \sim N(0, \sigma^2)$ ， α_t 远小于回归常数。因此，零售商面临着随时间变化的动态市场需求而市场需求变化受前期需求的影响。本文依旧按照上述一阶自回归过程刻画市场需求变化实际市场需求：

$$D_t = d + \phi D_{t-1} + \alpha_t, \alpha_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (2.2)$$

在本问题的研究中，假设一个周期的交货期是一个更容易理解和分析的过程，这在其他很多学者的研究中[16][17]已经得到了反复论证。

零售商在 t 期收到 R_{t-1}^r 货物，而实际市场需求 D_t 货物，下一时刻需要订货 R_t^r 货物，则 $t+1$ 期供应商需要满足该需求。假设 $x^+ = \max(0, x)$ ，则库存成本为：

$$g(S_t^i, D_{t+1}) = c_{ic}(S_t^i - D_{t+1})^+ + c_{iq}(D_{t+1} - S_t^i)^+ \quad (2.3)$$

$i = r, s$ ，代表供应商和零售商。

在 $t+1$ 期，零售商需求 $D_{t+1} = d + \phi D_t + \alpha_{t+1}$ ，服从正态分布 $N(q_t^r, V_t)$ ， q_t^r 代表零售商在 t 时刻预测的需求期望值均值， V_t 代表预测的需求方差。

如果 t 期零售商需求 D_t 已知，则

$$q_t^r = E\{D_{t+1}|D_t\} = d + \phi D_t \quad (2.4)$$

$$V_t^r = \text{Var}\{D_{t+1}|D_t\} = \sigma^2 \quad (2.5)$$

同时，在这种情况下，这个问题可以被描述为一个标准的报童问题，从而易得零售商的最优库存水平

$$S_t^{r*} = q_t^r + K_r \sqrt{V_t^r} \quad (2.6)$$

其中 $K_r = \phi^{-1}(\frac{c_{rq}}{c_{rq} + c_{rc}})$ ， ϕ^{-1} 为标准正态分布的反函数。然后，通过使用 t 期的需求 D_t 和库存水平 S_t^r ，期间 t 的订单数量可以推出为 $R_t^r = S_t^{r*} - S_{t-1}^{r*} + D_t = \phi(D_t - D_{t-1}) + D_t$ 。请注意， R_t^r 可能为负，这表示可以将剩余库存退回给供应商。订单数量可以改写为：

$$R_t = D_t + \phi(D_t - D_{t-1}) \quad (2.7)$$

另一方面，供应商并不直接面对客户的需求 D_t ，而是致力于满足零售商的订单数量 R_t^r ，并进一步确定适当的库存水平。因此，供应商必须在交货期内预测 $t+1$ 期间零售商的订单数量，如下所示：

$$R_{t+1}^s = d + \phi R_t^s + \frac{1}{1-\phi}(1-\phi^2)\alpha_{t+1} - \phi\alpha_t \quad (2.8)$$

供应商估计的交货期内的订单数量也假设为正态分布 $N(q_t^s, V_t^s)$ ，其中 q_t^s 和 V_t^s 分别是指供应商在 t 期预测的 $t+1$ 期的订单数量的期望值和方差。当 R_t^r 已知时，供应商的期望值、方差和库存水平在 $t+1$ 期如下：

$$q_{t+1}^s = E\{R_{t+1}^s | R_t^r\} = d + \phi R_t^r \quad (2.9)$$

$$V_{t+1}^s = Var\{R_{t+1}^s | R_t^r\} = \sigma^2(1 + \phi)^2 + \phi^2 \sigma^2 \quad (2.10)$$

$$S_{t+1}^{s*} = q_{t+1}^s + K_s \sqrt{V_{t+1}^s} \quad (2.11)$$

其中 $K_s = \phi^{-1} \left(\frac{c_{sq}}{c_{sc} + c_{sq}} \right)$ 。

如果信息完全分享，供应商能够准确地知道顾客的需求 D_t ，并能够导出需求误差项 α^t ，以及零售商的订货过程。因此，可以减少需求的期望值和方差的估计误差，并将收集到完善信息后的供应商的期望值、方差和库存水平更新为

$$q_{t+1}^{sl} = d + \phi R_t^r - \phi \alpha_t \quad (2.12)$$

$$V_{t+1}^{sl} = \frac{\sigma^2}{(1-\phi)^2} (1 - \phi^2)^2 = \sigma^2(1 + \phi)^2 \quad (2.13)$$

$$S_{t+1}^{sl*} = q_{t+1}^{sl} + K_s \sqrt{V_{t+1}^{sl}} \quad (2.14)$$

此时零售商为了阻止供应商侵入，想法设法使用自己的零售信息来阻止供应商侵入，供应商了解到市场信息能减少自己的库存成本，这便是两者签订信息共享契约的动机

2.3 市场调研预测信息共享的供应链情形

此时考虑零售商使用市场调研来预测市场信息，而供应商可以使用零售商共享的信息更新其需求预测，并且随着信息的增加，估计市场需求的方差会随之减小，从而使得预测会更准确。供应商可以使用具有正态分布的自然共轭族的贝叶斯更新过程，其中供应商的 $t+1$ 期预测订单数量分布，以 t 期的订单数量为条件，分布为正态分布 $N(q_{t+1}^s, V_{t+1}^s)$ ，如果零售商共享的信息可以作为一个样本，也可以用另一个正态分布来描述，那么利用自然共轭性质用样本信息更新先验分布，就可以很容易地得到预测订货量的后验分布 R_{t+1}^r 。即，如果正态分布 $N(\mu_0, \sigma_0^2)$ 则为先验分布，样本分布也为正态分布 $N(\bar{x}, s^2/n)$ ， \bar{x} 和 S^2 为零售商进行市场调查收集数据预测的市场需求的均值和方差， n 代表市场数量，则后验分布也为正态分布，用 $R_{t+1}^r \sim N(\mu^*, \sigma^*)$ 表示，使用贝叶斯更新过程得到

$$\mu^* = \frac{s^2/n}{\sigma_0^2 + s^2/n} \mu_0 + \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + s^2/n} \bar{x} \quad (2.15)$$

$$\sigma^* = \sqrt{\frac{\sigma_0^2 \cdot s^2/n}{\sigma_0^2 + s^2/n}} \quad (2.16)$$

信息共享程度通常表示零售商愿意向供应商提供的需求信息的准确性，它取决于所收集样本的大小，即信息的准确性与样本大小 n 正相关，所以本文将样本大小 n 当作信息共享程

度的一个指标。

假设零售商通常按需求共享信息，并可以通过调整其方差来确定其准确性，即假设向供应商提供的关于需求的信息 D_t 为正态分布 $N(d + \phi D_{t-1} + \alpha_t, \sigma^2/n)$ ，其中平均值为前面提到的需求即等式 (2.1) 而 $\alpha_t \sim N(0, \sigma^2)$ ，这表明如果零售商愿意与供应商共享信息，零售商将给出本期平均需求信息，根据上期需求和与市场需求相同的方差估计。假设，如果没有信息共享，供应商仍然可以通过历史订货数据来获得方差，如果信息共享，则可以减少预测需求的方差。考虑在不共享信息的条件下得到先验分布，在不共享任何信息的情况下推导出需求的期望值和方差，然后将其与共享信息的情况结合得到后验分布。因此，先验分布的均值和方差与不存在信息共享的情况下的均值和方差相同，即

$$\mu_0 = q_{t+1}^S = d + \phi R_t^r \quad (2.17)$$

$$\sigma_0^2 = V_{t+1}^S = \sigma^2(1 + \phi)^2 + \phi^2 \sigma^2 \quad (2.18)$$

不同程度的信息共享会对供应链的利润产生不同的影响。这里，信息共享度 n 设置为 1 到 N 间，其中 N 表示零售商通过所有 N 个市场调查者获得的信息。因此，当 $n = 1$ 时，不存在信息共享，当 $n = N$ 时，所有信息共享完全。由于完全信息共享意味着与供应商共享准确估计的需求 D_t ，因此，具有完全信息共享的需求和库存水平的均值和方差可以分别通过等式 (3.12)，(3.13) 和 (3.14) 获得，因此信息共享程度达到 N 、由于共享全部信息后验分布的标准差也可以通过正态分布共轭族的贝叶斯更新得到，如下所示

$$\sigma^{SI} = \sqrt{\frac{(\sigma^2(1+\phi)^2 + \phi^2 \sigma^2) \cdot \sigma^2 / N}{(\sigma^2(1+\phi)^2 + \phi^2 \sigma^2) + \sigma^2 / N}} \quad (2.19)$$

代入 (3.12) 和 (3.19) 两个公式,得

$$N = \frac{\sigma^2 \phi^2}{(1+\phi)^2(\sigma^2(1+\phi)^2 + \phi^2 \sigma^2)} \quad (2.20)$$

当 $1 < n < N$ ，即在不完全信息的情况下，市场需求的后验分布的更新期望值和标准差，以及收集到抽样信息后的库存水平，可以利用自然共轭性质得到：

$$\mu^* = q_{t+1}^{S*} = d + \phi R_t - \phi \alpha_t \quad (2.21)$$

$$\sigma^* = \sqrt{V_{t+1}^{S*}} = \sqrt{\frac{\sigma^2 \cdot (1+2\phi+2\phi^2)}{1+n(1+2\phi+2\phi^2)}} \quad (2.22)$$

$$S_{t+1}^{SI*} = d + \phi R_t - \phi \alpha_t + K_s \sqrt{\frac{\sigma^2 \cdot (1+2\phi+2\phi^2)}{1+n(1+2\phi+2\phi^2)}} \quad (2.23)$$

μ^* 代表市场需求的更新后期望值， σ^* 代表市场需求更新后的标准差， S_{t+1}^{SI*} 代表收集到抽样信息后的库存水平。值得一提得是，信息共享对平均需求的影响较小，但对标准差的影响较大，当共享的信息更准确时，可以获得较小的标准差。

2.4 预测信息分享的收益性

2.4.1 签订信息分享契约

在如何量化信息分享的谈论中，我们将信息分享契约定义为 $(C(n), n)$ ， n 代表市场调研样本数， $C(n)$ 代表零售商在样本数下进行市场调研所需成本，即供应商给与零售商的信息分享补偿，即由供应商完全承担市场调研成本。

2.4.2 信息分享最优度

首先我们论证一下样本数 n 如何能体现信息分享程度。市场需求为 $q_r \sim N(q_0, \sigma_0^2)$ ，在调查样本统计分析后，市场需求 $q_r^I \sim N(\bar{q}, s^2/n)$ ， n 越大方差越小，表示信息精确度也越高，信息分享程度也越高，所以样本数 n 代表信息分享程度。

然后探讨信息分享最优度的存在性，假设信息成本随着信息共享程度呈指数增长，即

$$C(n) = C_I(e^{\beta n} - 1) \quad (2.24)$$

β 是一个正常数来表示成本将随着信息分享程度的增加而成倍的增加。假设

$$L(x) = \int_x^{\infty} (z - x)d\Phi(z) \quad (2.25)$$

$\Phi(z)$ 为标准正态分布的密度函数，根据(Yu, Yan, and Cheng 2002)的研究成果[18]，期望库存成本为：

$$E\{S_{t+1}^{SI*}\} = \sqrt{V_{t+1}^{S*}}[(c_{sq} + c_{sc})L(K_S) + c_{sc}K_S] \quad (2.26)$$

$K_S = \phi^{-1}\left(\frac{c_{sq}}{c_{sc} + c_{sq}}\right)$ 。由于从零售商处获取共享信息所获得的预期收益等于预期库存成本的降低，故为：

$$\pi_1 = (\sqrt{V_{t+1}^S} - \sqrt{V_{t+1}^{S*}})[(c_{sq} + c_{sc})L(K_S) + c_{sc}K_S] \quad (2.27)$$

所以，考虑到收集信息的成本，供应商获得信息后的预期净收益为：

$$\pi_2 = (\sqrt{V_{t+1}^S} - \sqrt{V_{t+1}^{S*}})[(c_{sq} + c_{sc})L(K_S) + c_{sc}K_S] - C(n) \quad (2.28)$$

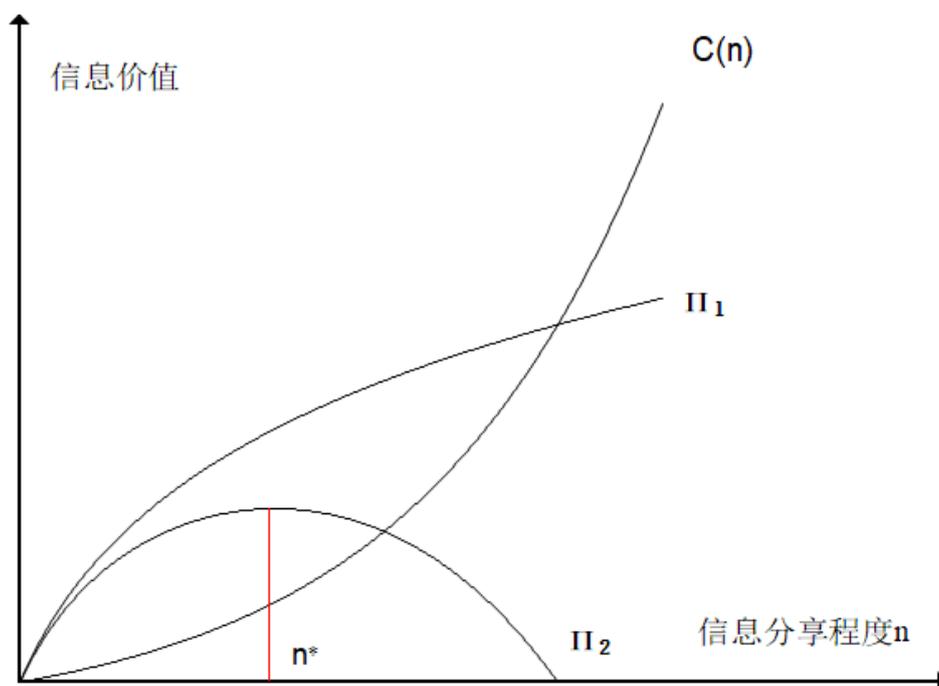


图 1 信息共享最优程度

Fig. 1 Optimal degree of information sharing

但在此种假设情况下，信息共享的成本呈指数级增长，而且还会存在一个信息共享最优度 n^* ，图 1 显示了 $C(n)$, π_1 , π_2 之间的关系， $C(n)$ 呈指数增长， π_1 增长速度较慢， π_2 在 n^* 处有最大值。

2.4.3 预测信息分享收益性的证明

命题 1: 存在最优信息分享度，使得供应商净收益大于 0。

证明：

为了求得最优信息分享度，求出信息收集后的期望净收益对 n 的一阶导数

$$\frac{\partial}{\partial n} (\pi_2) = 0 \quad (2.30)$$

但此时，不能用方程求出最优解 n^* ，因为信息共享前的成本为

$\sqrt{V_{t+1}^s} [(c_{sq} + c_{sc})L(K_s), (V_{t+1}^s = \sigma^2(1 + \phi)^2 + \phi^2\sigma^2)]$ ，与信息分享的程度 n 无关，式

(3.28) 中的期望净收益为信息共享前的成本与信息共享后的成本之差。而总成本，它是利用共享信息后由成本相加得到的，可以等价用来证明信息共享的最优程度 n^* 确实存在，只需后半部分 $E = \sqrt{V_{t+1}^s} [(c_{sq} + c_{sc})L(K_s) + c_{sc}K_s] + C(n)$ 二阶求导大于 0 即可证明最优度确实存在。

$$\frac{\partial^2}{\partial n^2} (E) = \frac{\partial^2}{\partial n^2} \{ \sqrt{V_{t+1}^s} [(c_{sq} + c_{sc})L(K_s) + c_{sc}K_s] + C(n) \} \quad (2.31)$$

经过计算

$$\frac{\partial^2}{\partial n^2} (E) = C_1 e^{\beta n} \beta^2 + \frac{3C(1+2\phi+2\phi^2)^2 \sqrt{\frac{\sigma^2(1+2\phi+2\phi^2)}{1+n(1+2\phi+2\phi^2)}}}{4(1+n(1+2\phi+2\phi^2))^2} \quad (2.32)$$

其中 $C = (c_{sq} + c_{sc})L(K_s) + c_{sc}K_s$ ，所有参数均为正值，式 (3.31) 大于 0，所以信息分享最优度确实存在，而且供应商通过签订信息分享契约的收益在信息分享最优度下可以达到最大值，且大于 0，所以签订信息分享契约是有利于供应商的，在这个角度上供应商会选择签订信息分享契约，不侵入零售市场。

2.5 算例分析

上一节我们讨论了最优信息分享度的存在性，供应商会根据签订信息分享契约的收益来判断是否侵入零售市场，但最关键的一点市场关联性我们没有讨论，本节会结合一个算例验证上节的结论，并讨论市场关联性对供应商做侵入决策的影响。

参数设置如下：

表 2 参数设置 1
Tab.2 Parameter setting 1

参数	数值
c_{sc}	69
c_{sq}	150
ϕ	0.7
σ^2	3
D_0	61
β	4.5
C_1	1.5

带入公式计算如下：

表 3：供应商通过信息分享净收益
Tab.3 Suppliers net income through information sharing

n	π_2
1	0.833
10	11.134
20	20.001
30	28.332
40	35.132
50*	37.521
60	33.967
70	19.331
80	10.672

使用表 3 中的参数， $K_s = \phi^{-1}(\frac{c_{sq}}{c_{sc}+c_{sq}})$ 和 $L(x) = \int_x^{\infty} (z-x)d\Phi(z)$ 为 0.48 和 0.68，

没有信息共享的情况下，即 $n = 1$ 的情况下，供应商的净收益为 0.833。虽然信息共享对预期需求的影响往往很小，但它确实可以降低预测需求的方差，从而降低库存水平和预期成本。然而，收集信息是有成本的，在成本是呈指数增长的情况下，供应商期望通过信息共享获得的净收可以通过使用信息共享获得的收益减去收集信息的成本得到。表 3.3 显示了信息共享程度对供应商净收益的影响。

命题 2 市场关联性 ϕ 越大，供应商签订信息分享所获收益越大。

证明：

由式 (2.28)，将其对市场关联性 ϕ 一阶求导，证明其递增，即

$$\frac{\partial}{\partial \phi}(\pi_2) > 0 \quad (2.33)$$

但是这样并没有考虑变量 n 信息分享程度的影响，我们假设供应商在签订信息分享契约是以最优的信息分享程度来签订契约的，便于直观的展现，我们改变市场关联性的取值，呈现出供应商净收益的变化趋势如图 2 所示

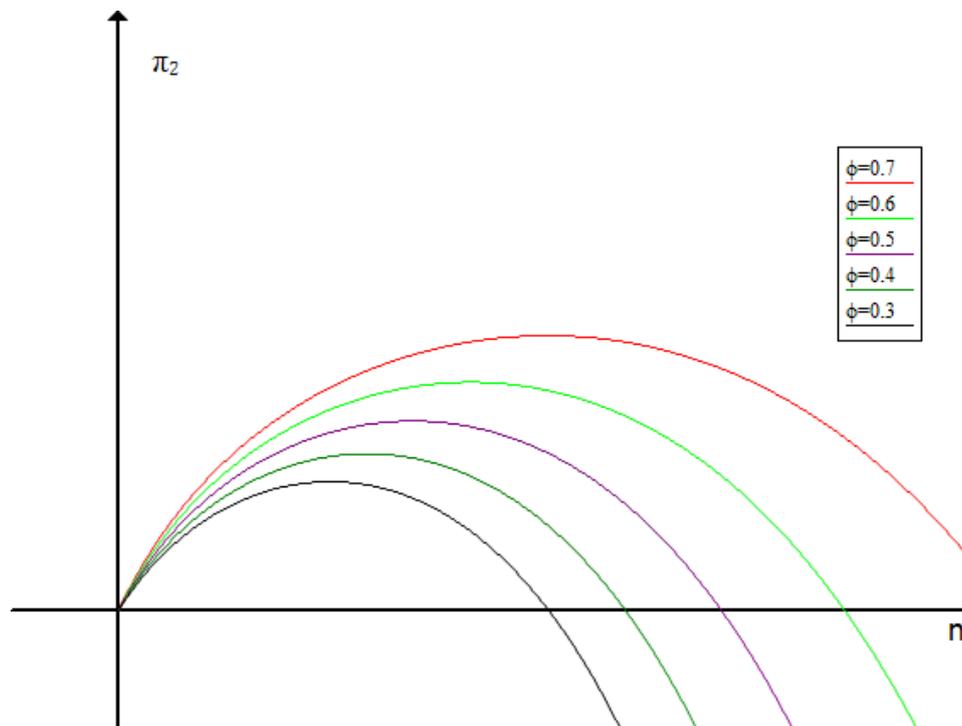


图 2 供应商净收益和信息分享程度的关系

Fig. 2 The relationship between the net income of supplier and the degree of information sharing

由图 2 可知随着市场关联性 ϕ 增大，信息分享最优度 n^* 也随之提高，供应商的最大净收益也随之提高，说明市场关联性越大，供应商越乐意签订信息分享契约来获得更大的收益，而市场关联性不强，签订契约付出代价所获收益越小，转而花费成本建立直销渠道来侵入零售的积极性就会增加，因为建立直销渠道的成本只有在侵入的第一个周期数目巨大，而在今后只需少量维护成本便可以获得直销渠道的收益，这说明了零售商主动披露信息与否并不会实质改变供应商开通直销渠道的概率，供应商选择开通直销渠道侵入零售市场只与市场关联性的有关，市场关联性大，供应商倾向于选择签订契约达成供应商和零售商双赢局面，市场关联性小，供应商倾向于选择侵入，为今后发展投资。

3 预测信息分享决策与协调机制

3.1 供应商侵入前预测信息分享决策

本节研究的供应链为供应商侵入前，存在一个供应商，一个零售商，和一个零售市场组成的供应链。

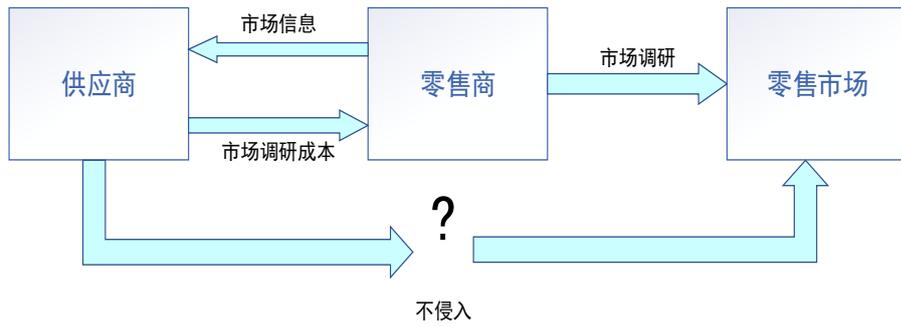


图 3 供应商侵入前示意图

Fig. 3 Schematic diagram of supplier before encroaching

紧接上章研究思路，在上一章的参数中添加如下：

表 4 模型符号及定义 2

Tab. 4 Model symbols and definitions 2

p_1	零售渠道销售价格
p_2	直销渠道销售价格
ω	批发价格
D_r	零售渠道市场需求
D_s	直销渠道市场需求
π_{ri}	零售商收益
π_{si}	供应商收益
$\pi_{\pi i}$	供应链整体收益
b	零售渠道需求占市场需求比例
m	零售渠道和直销渠道的价格竞争系数

价格敏感系数

 η

3.1.1 供应商侵入前无预测信息分享

此时只存在零售渠道，零售商不预测信息，由上章知市场需求：

$$D_{t+1} = d + \phi D_t + \alpha_t \quad (3.1)$$

在零售市场，需求函数重新设为

$$D(p) = D_{t+1} - \eta p = d + \phi D_t + \alpha_t - \eta p \quad (3.2)$$

本文考虑的需求函数与市场价格呈线性关系。此时供应链首先由制造商确定批发价格，然后由零售商决策零售价格。

零售商期望利润决策模型：

$$\max_p E(\pi_{r1}) = E(D(p)(p - \omega)) \quad (3.3)$$

求得此时最优零售价格为：

$$p = \frac{(\eta\omega + d + \phi D_t)}{2\eta} \quad (3.4)$$

供应商期望利润决策模型：

$$\max_{\omega} E(\pi_{s1}) = E(\omega D(p)) \quad (3.5)$$

求得最优批发价格：

$$\omega = \frac{d + \phi D_t}{2\eta} \quad (3.6)$$

供应链期望总收益：

$$\pi_{\pi 1} = \max_p E(\pi_{r1}) + \max_p E(\pi_{s1}) = D(p)p \quad (3.7)$$

3.1.2 供应商侵入前预测信息分享

此时只存在零售渠道，零售商做市场调研预测信息，同时零售商与供应商签订完全信息分享契约 $(C(n), n)$ ，供应商给零售商市场调研提供经费 $C(n)$ ，零售商调研样本数需满足 n 。经过预测市场总需求依旧为上章所讨论的

$$D_{t+1} = \mu^* = d + \phi R_{t+1} - \phi \alpha_{t+1} \quad (3.8)$$

由(2.7)知

$$D_{t+1} = d + \phi(\phi(D_{t+1} - D_t) + D_{t+1}) - \phi \alpha_{t+1} \quad (3.9)$$

同市场需求函数为

$$D(p) = D_{t+1} - \eta p = d + \phi(\phi(D_{t+1} - D_t) + D_{t+1}) - \phi \alpha_{t+1} - \eta p \quad (4.10)$$

零售商期望利润决策模型：

$$\max_p E(\pi_{r2}) = E(D(p)(p - \omega)) \quad (3.11)$$

此时最优零售价格为:

$$p = \frac{(\eta\omega + d + \phi(d + \phi D_t) + \phi)}{2\eta} \quad (3.12)$$

供应商期望收益:

$$\max_{\omega} E(\pi_{S2}) = E\{\omega D(p) - C(n) + (\sqrt{V_{t+1}^s} - \sqrt{V_{t+1}^{s*}})[(c_{sq} + c_{sc})L(K_s) + c_{sc}K_s]\} \quad (3.13)$$

得到最优批发价格:

$$\omega = \frac{d + \phi(d + \phi D_t) + \phi}{2\eta} \quad (3.14)$$

供应商通过零售商市场调研后所获得的净收益依旧为上章所讨论的式 (2.28)

$$\pi_2 = (\sqrt{V_{t+1}^s} - \sqrt{V_{t+1}^{s*}})[(c_{sq} + c_{sc})L(K_s) + c_{sc}K_s] - C(n)$$

则代入(2.12)和(2.14),供应链总期望收益:

$$\begin{aligned} \pi_{\pi 2} &= \max_p E(\pi_{r2}) + \max_{\omega} E(\pi_{S2}) \\ &= D(p)p - C(n) + (\sqrt{V_{t+1}^s} - \sqrt{V_{t+1}^{s*}})[(c_{sq} + c_{sc})L(K_s) + c_{sc}K_s] \end{aligned} \quad (3.15)$$

3.2 供应商侵入后预测信息分享决策

3.2.1 问题描述与假设

本节研究的供应链为供应商侵入后,存在一个供应商,一个零售商,和一个零售市场组成的供应链,供应商拥有直销渠道和零售渠道。

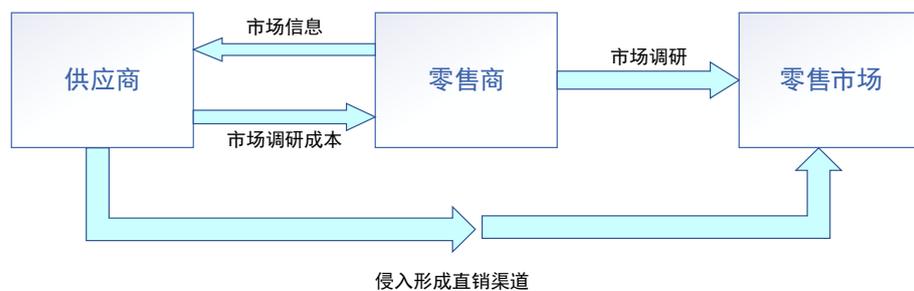


图4 供应商侵入后示意图

Fig. 4 Schematic diagram of supplier after encroaching

3.2.2 供应商侵入后无预测信息分享

此时只存在零售渠道和直销渠道,零售商不做市场调研来预测信息。由上章知此时 $t + 1$ 期市场需求:

$$D_{t+1} = d + \phi D_t + \alpha_t \quad (3.16)$$

假设零售渠道需求

$$D_r = bD_{t+1} - \eta p_1 + m(p_2 - p_1) \quad (3.17)$$

直销渠道需求

$$D_S = (1 - b)D_{t+1} - \eta p_1 + m(p_2 - p_1) \quad (3.18)$$

零售商期望利润决策模型:

$$\max_{p_1} E(\pi_{r3}) = E(D_r(p_1 - \omega)) \quad (3.19)$$

此时最优零售价格为:

$$p_1 = \frac{(\eta\omega + mp_2 + b[d + \phi D_{t+1}])}{2(\eta + m)} \quad (3.20)$$

供应商期望利润决策模型:

$$\max_{\omega, p_2} E(\pi_{S3}) = E(\omega D_r + D_S(p_2 - \omega)) \quad (3.21)$$

解得最优批发价格:

$$\omega = \frac{(d + \phi D_t)(\eta b(2\eta + 3m) + \eta m + m^2)}{2\eta(\eta^2 + 3\eta m + 2m^2)} \quad (3.22)$$

最优直销价格:

$$p_2 = \frac{(d + \phi D_t)(\eta b + m)}{2\eta(\eta + 2m)} \quad (3.23)$$

代入式(3.20)(3.22)(3.23)供应链总期望收益:

$$\pi_{\pi 3} = \max_{p_1} E(\pi_{r3}) + \max_{\omega, p_2} E(\pi_{S3}) = D_S(p_2 - \omega) + D_r p_1 \quad (3.24)$$

3.2.3 供应商侵入后预测信息共享

此时只存在零售渠道和直销渠道,零售商做市场调研预测信息,同时零售商与供应商签订完全信息分享契约 $(C(n), n)$, 供应商给零售商市场调研提供经费 $C(n)$, 零售商调研样本数需满足 n 。

经过预测市场总需求依旧为上章所讨论的 $D_{t+1} = \mu^* = d + \phi R_t - \phi \alpha_t$,
 $D_{t+1} = d + \phi(\phi(D_{t+1} - D_t) + D_{t+1}) - \phi \alpha_t = D_r + D_S$ 。

供应商通过零售商市场调研后所获得的净收益依旧为上章所讨论的式 (2.28)

$$\pi_2 = (\sqrt{V_{t+1}^s} - \sqrt{V_{t+1}^{s*}})[(c_{sq} + c_{sc})L(K_S) + c_{sc}K_S] - C(n)$$

零售商期望利润决策模型:

$$\max_{p_1} E(\pi_{r4}) = E(D_r(p_1 - \omega)) \quad (3.25)$$

此时最优零售价格为:

$$p_1 = \frac{(\eta\omega + mp_2 + b)[d + \phi(d + \phi D_t) + \phi]}{2(\eta + m)} \quad (3.26)$$

供应商期望利润决策模型:

$$\max_{\omega, p_2} E(\pi_{S4}) = E(\omega D_r + D_S(p_2 - \omega)) + \pi_2 \quad (3.27)$$

解得最优批发价格:

$$\omega = \frac{(d + \phi(d + \phi D_t) + \phi)(\eta b(2\eta + 3m) + \eta m + m^2)}{2\eta(\eta^2 + 3\eta m + 2m^2)} \quad (3.28)$$

最优直销价格:

$$p_2 = \frac{(d+\phi(d+\phi D_t)+\phi)(\eta b+m)}{2\eta(\eta+2m)} \quad (4.29)$$

供应链总期望收益:

$$\begin{aligned} \pi_{\pi 4} &= \max_{p_1} E(\pi_{r4}) + \max_{\omega, p_2} E(\pi_{s4}) \\ &= D_s(p_2 - \omega) + D_r p_1 + \left(\sqrt{V_{t+1}^s} - \sqrt{V_{t+1}^{s*}} \right) [(c_{sq} + c_{sc})L(K_s) + c_{sc}K_s] - C(n) \end{aligned} \quad (3.30)$$

3.3 预测信息分享契约的协调性

假如零售商与供应商签订完全信息分享契约 $(C(n), n)$, 供应商给零售商市场调研提供经费 $C(n)$, 零售商调研样本数需满足 n 。

探究预测信息分享契约下, 供应链整体收益变化, 供应链整体的收益矩阵如图 4.3 所示

		供应商	
		NE	E
零售商	NI	$\pi_{\pi 1}$	$\pi_{\pi 3}$
	IS	$\pi_{\pi 2}$	$\pi_{\pi 4}$

图 5 供应链整体收益矩阵

Fig. 5 Overall income matrix of supply chain

NE 表示供应商不侵入, E 表示供应商侵入; NI 表示零售商不预测信息, IS 表示零售商预测信息分享。

1. 供应商不侵入时, 零售商与供应商签订完全信息分享契约 $(C(n), n)$, 为了使得供应链整体获益, 预测信息分享契约中样本数 n 应满足的条件为

$$E(\pi_{\pi 2}) > E(\pi_{\pi 1}) \quad (3.31)$$

求解过程如下: 代入式(3.7)和(3.15)

$$\begin{aligned} &(d + \phi(d + \phi D_t) + \phi) \frac{(\eta\omega + d + \phi(d + \phi D_t) + \phi)}{2\eta} - (d + \phi D_t) \frac{(\eta\omega + d + \phi D_t)}{2\eta} + \\ &\left(\sqrt{\sigma^2(1 + \phi)^2 + \phi^2\sigma^2} - \sqrt{\frac{\sigma^2 \cdot (1 + 2\phi + 2\phi^2)}{1 + n(1 + 2\phi + 2\phi^2)}} \right) [(c_{sq} + c_{sc})L(K_s) + c_{sc}K_s] - \\ &C_I(e^{\beta n} - 1) > 0 \end{aligned}$$

$$A + \left(B - \sqrt{\frac{\sigma^2 \cdot (1 + 2\phi + 2\phi^2)}{1 + n(1 + 2\phi + 2\phi^2)}} \right) C - C_I(e^{\beta n} - 1) > 0 \quad (3.32)$$

$$\text{其中 } A = (d + \phi(d + \phi D_t) + \phi) \frac{(\eta\omega + d + \phi(d + \phi D_t) + \phi)}{2\eta} - (d + \phi D_t) \frac{(\eta\omega + d + \phi D_t)}{2\eta},$$

$$B = \sqrt{\sigma^2(1 + \phi)^2 + \phi^2\sigma^2}, C = (c_{sq} + c_{sc})L(K_s) + c_{sc}K_s.$$

此时是一个幂函数加一个指数函数的形式,无法解得 $n \in N_3$,我们只需证明存在 $n \in N_3$ 使得供应商与零售商签订信息分享契约后,供应链整体收益均增加,即此时供应商和零售商选择的策略为 $\{NE, IS\}$ 。

2. 供应商侵入时,零售商与供应商签订完全信息分享契约 $(C(n), n)$,为了使得供应链整体获益,预测信息分享契约中样本数 n 应满足的条件为

$$E(\pi_{\pi 4}) > E(\pi_{\pi 3}) \quad (3.33)$$

求解过程:

$$D + \left(\sqrt{\sigma^2(1 + \phi)^2 + \phi^2\sigma^2} - \sqrt{\frac{\sigma^2 \cdot (1 + 2\phi + 2\phi^2)}{1 + n(1 + 2\phi + 2\phi^2)}} \right) [(c_{sq} + c_{sc})L(K_s) + c_{sc}K_s] - C_I(e^{\beta n} - 1) > 0$$

$$D + \left(B - \sqrt{\frac{\sigma^2 \cdot (1 + 2\phi + 2\phi^2)}{1 + n(1 + 2\phi + 2\phi^2)}} \right) C - C_I(e^{\beta n} - 1) > 0$$

D 同上 1 同样为简化式子。

此时同样是一个幂函数加一个指数函数的形式,无法解得 $n \in N_4$,我们只需要证明存在 $n \in N_4$ 使得供应商与零售商签订信息分享契约收益均增加,即此时供应商和零售商选择的策略为 $\{E, IS\}$ 。

3.4 算例分析

上一节我们讨论了存在样本数,供应链整体因预测信息分享契约而获得收益,本节会结合一个算例验证上节的结论。参数设置如下:

表 5: 参数设置 2

Tab. 5 Parameter setting 2

参数	数值
c_{sc}	69
c_{sq}	150
ϕ	0.7
η	0.8
m	0.25
b	0.7
σ^2	3
D_0	61

β	4.5
C_I	1.5

假设供应商不侵入时, 设

$$f_1(n) = A + \left(B - \sqrt{\frac{\sigma^2 \cdot (1 + 2\phi + 2\phi^2)}{1 + n(1 + 2\phi + 2\phi^2)}} \right) C - C_I(e^{\beta n} - 1)$$

要满足供应链整体获益, 即 $f_1(n) > 0$, 将数据代入公式得, $K_S = \phi^{-1}\left(\frac{c_{sq}}{c_{sc} + c_{sq}}\right)$ 和

$L(x) = \int_x^\infty (z - x)d\Phi(z)$ 为 0.48 和 0.68, $A = 10.031$ 。

表 6: 供应商不侵入时供应链净收益

Tab. 5 Net income of supply chain when supplier does not encroach

n	$f_1(n)$
0	0
10	22.165
20	31.032
30	39.363
40	46.163
50*	48.552
60	44.998
70	30.362
80	21.703
90	12.345
100	4.436
104	1.671
105	-0.147

$f_1(n)$ 在 $n = 104$ 和 $n = 105$ 为连续单调函数, 所以必有一零点在 104 和 105 之间, 所以此时样本数范围在 $[0, 104]$ 的预测信息分享契约, 均能使供应链整体获益, 在供应商侵入时同例可验证, 不再赘述。

4. 结论

本文讨论了供应商侵入问题对于零售商做市场调研预测信息分享的影响, 证明了预测信息分享对供应商的收益性, 最后给出协调机制采用预测信息分享契约来协调供应商与零售商之间的矛盾。结论如下:

1. 零售商做市场调研的样本有其最优数量, 其预测的信息进行分享, 在一定的样本数范围内能够使得供应商收益增加。

2. 给出供应商侵入前后的协调机制, 采用预测信息分享契约, 供应商分摊全部的市场调

研成本，而零售商负责市场调研预测信息，预测信息完全分享。

3. 给出预测信息分享契约协调供应链的适用范围，存在两种不同范围的 n 使得供应商是否侵入和零售商预测信息分享形成的两种结果分别收益。

管理启示：

1. 零售商进行预测信息分享对于供应商和零售商均有其收益性，为使其效果达到最大化，市场调研成本由供应商分摊，而市场调研活动由零售商开展，需要签订预测信息分享契约来保证信息分享得完全性。

2. 供应商侵入会考虑其从零售商预测信息分享中获得的收益，其有利可图，且签订契约能保证零售商预测信息分享完全，供应商便不会建立直销渠道。

3. 无论供应商是否侵入，供应链成员可根据实际情况，采用适当的预测信息分享契约来达到收益的提高。

参考文献

- [1] Arya A, Mittendorf B, Sappington D. The bright side of supplier encroachment. [J]. *Marketing Science*, 2007, 26(5):651 - 659.
- [2] 宇博智业. 2020-2025 年中国电商物流行业专项调研及投资前景调查研究分析报告[R]. 中国报告大厅, 2020.
- [3] Li Y J, Lin Z X, Xu L, et al. Do the electronic books reinforce the dynamics of book supply chain market - A theoretical analysis [J] *European Journal of Operational Research*, 2015, 245(2) : 591-601.
- [4] Yan W, Xiong Y, Xiong Z, et al. Bricks vs. clicks: Which is better for marketing remanufactured products?[J]. *European Journal of Operational Research*, 2015, 242 (2):434-444.
- [5] Huang S, Guan X, Chen Y J. Retailer Information Sharing with Supplier Encroachment[J]. *Production & Operations Management*, 2018, 27(6):1133-1147.
- [6] 石纯来, 聂佳佳. 网络外部性对双渠道供应链信息共享的影响[J]. *中国管理科学*, 2019, 27(08):142-150.
- [7] 李书娟, 张子刚. 双渠道供应链预测信息共享的绩效研究[J]. *工业工程与管理*, 2010, 15(5):40-43.
- [8] 聂佳佳. 预测信息共享对制造商开通直销渠道的影响[J]. *管理工程学报*, 2012, 26(2):106-112.
- [9] 王聪, 杨德礼, 程兴群. 考虑零售商风险偏好的双渠道供应链信息共享研究[J]. *工业工程与管理*, 2017, 22(2):83-88.
- [10] Huang Y S, Li M C, and Ho J W. 2016. "Determination of the optimal degree of information sharing in a two-echelon supply chain." *International Journal of Production Research*, 54(5), 1518 - 1534.
- [11] 张盼. 政府奖惩下闭环供应链中需求预测信息共享研究[J]. *中国管理科学*, 2019, 27(02):107-118.
- [12] Lan Y, Li Y, Papier F. Competition and coordination in a three -tier supply chain with differentiated channels [J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 269(3) : 870-882.
- [13] Jafari H, Hejazi S R, Rasti B M. Pricing decisions in dual-channel supply chain with one manufacturer and multiple retailers: a game-theoretic approach[J]. *RAIRO -Operations Research*, 2017, 51(4).
- [14] Chen Y W, Özalp Özer. Supply Chain Contracts That Prevent Information Leakage[J]. *Management Science*, 2019, 56(4):733-789.
- [15] Chen L, Lee H L. "Information Sharing and Order Variability Control under a Generalized Demand Model." *Management Science*, 2009, 55 (5): 781 - 797.
- [16] Sarkar B, Mandal B and Sarkar S. "Quality Improvement and Backorder Price Discount under Controllable Lead Time in an Inventory Model." *Journal of Manufacturing Systems*, 2015, 35: 26 - 36.
- [17] Mahmoodi A, Haji A, and Haji R. "One for One Period Policy for Perishable Inventory." *Computers & Industrial Engineering*, 2015, 79: 10 - 17.
- [18] Yu Z, Yan H, and Cheng T. "Modelling the Benefits of Information Sharing-based Partnerships in a Two-level Supply Chain." *Journal of the Operational Research Society*, 2002, 53 (4): 436 - 446.

Research on decision-making and coordination mechanism of predictive information sharing considering supplier encroachment

ZENG Shuangli¹, YANG Kuan²

(Business School of Hunan University , Changsha 410200, China)

Abstract: This article is based on the problem of supplier encroachment in the supply chain. From the two results of supplier encroachment, it is studied how to use the benefit of the retailer's forecasted information sharing to prompt the supplier to sign a forecasted information sharing contract with it, and then achieve the effect of supply chain coordination. First, we assume that the retailer's market research requires a cost, and the cost is entirely borne by the supplier. At this time, the degree of information sharing of the retailer is used by the number of samples of the market research. The conclusion is that within a certain number of samples, the supplier and the retailer will sign a forecast information sharing contract will benefit them. Furthermore, the coordination role of forecasting information sharing before supplier encroachment is discussed. It is concluded that within a certain sample range, the supplier does not encroach, and the signing of the forecast information sharing contract between the two parties can make the supply chain as a win-win situation. After discussing the encroachment of suppliers, the coordination role of the forecast information sharing contract in the dual-channel supply chain with direct sales channels and retail channels shows that within a certain sample range, the supplier encroaching, and the signing of the forecast information sharing contract by both parties can also enable the overall benefit of the supply chain, and at the same time. The article is of great significance for how to use the forecast information to solve the problem. At the same time, it proposes a forecast information sharing contract to coordinate the supply chain, and uses calculation examples to verify the accuracy of its conclusions.

Keywords: information sharing; supplier encroachment; supply chain coordination; Forecast information sharing contract