

doi:10.19920/j.cnki.jmsc.2024.12.005

网络外部性下的供应链广告和定价协调模型^①

梁家密¹, 易余胤^{2*}

(1. 广州医科大学卫生管理学院, 广州 511436; 2. 暨南大学管理学院, 广州 510632)

摘要: 考虑了一个产品需求受网络外部性、广告和价格共同影响的产-销两级供应链模型, 旨在研究网络外部性对供应链成员的定价与广告决策, 以及契约协调的影响。结果表明, 网络外部性提高了产品价格与广告投入, 其与广告效应形成的双重叠加效应大幅度提升了销量, 使零售商和制造商共同获益。然而, 在分散化决策中依然存在双重边际效应, 使得产品销量、广告投入与系统利润均小于集中化决策。为此, 本文尝试提出合作广告和收入共享契约来协调供应链, 发现网络外部性强度较小时仅收入共享契约存在供应链协调的可能性, 并且收入分成比例要满足一定条件。而网络外部性强度较大时两种契约均能协调供应链, 但收入共享契约的协调效率更高。

关键词: 网络外部性; 批发价契约; 合作广告契约; 收入共享契约; 供应链协调

中图分类号: F224.32 文献标识码: A 文章编号: 1007-9807(2024)12-0082-21

0 引言

伴随着通讯和信息技术的迅速发展, 现代社会步入互联网和网络经济时代。不仅网络软硬件产品(传真机、电脑、手机、软件和在线游戏等)呈现出网络外部性特征, 越来越多传统的产品(书、电视、手表)也呈现出网络外部性特征^[1]。Katz 和 Shapiro^[2]将网络外部性定义为消费者的效用随着购买相同或兼容产品(服务)的总人数增加而提高。从该定义看, 消费者的购买决策除了受商品本身价值的影响外, 还会受到由商品的用户规模和网络外部性强度所构成的网络价值的影响。比如小米手机, 消费者在小米论坛自由地分享手机使用体验和获得故障的解决方案, 强化了手机的网络外部性, 进一步提升了消费者的效用^[3]。可见, 网络外部性的存在提升了消费者对商品的支付意愿, 扩大了消费者对产品的需求。同时, 一个产品的成功售卖也离不开广告营销策略的配合。

据公开报道, OPPO 每年广告费高达 20 多亿元, 2016 年更是以 5 亿元冠名《中国新歌声》, 由此推动销量巨幅增长, 超越华为成为当年中国手机市场销售冠军。小米销售及推广费用从 2019 年的 103.78 亿元增长至 2020 年的 145.39 亿元, 其中广告部分增幅更是高达 63.2%, 使其 2020 年出货量跃居全球第三。众多研究也表明, 广告已成为刺激产品销售的流行方式^[4, 5]。显然, 在零售商实施广告策略以增加产品销量的同时, 产品的网络效应也得到了增强, 而这反过来又正反馈于产品销量, 并影响零售商的产品定价和广告投入决策。此时, 由于产品销量同时受到广告效应与网络效应所形成的“双重叠加效应”的影响, 因此零售商需要考虑:1) 是调低售价、降低边际利润以获得更强的网络外部性(销量增加), 还是提高售价、提升边际利润而弱化网络外部性? 2) 是应减少广告努力以节约成本, 还是应增加广告努力以强

① 收稿日期: 2020-10-28; 修订日期: 2022-06-09。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71571086); 广东省自然科学基金资助项目(2021A1515012002); 广东省普通高校青年创新人才类项目(2021WQNCX062)。

通讯作者: 易余胤(1976—), 男, 江西于都人, 博士, 教授, 博士生导师。Email: yiyuyin2001@sina.com

化“双重叠加效应”？哪种策略更优？与此同时，广告与网络外部性所带来的需求变化将会进一步传导到上游制造商，制造商又应如何调整其定价行为和广告策略？若制造商降低批发价，零售商的边际利润空间随之提升，将诱导其降低零售价或追加广告投入，则可能缓解双重边际效应；相反，若制造商提高批发价，将迫使零售商提高零售价或压缩广告投入，则可能加剧双重边际效应。因此，网络外部性是否会引发更严重的双重边际效应有待进一步探索。此外，无论是缓解还是加剧，双重边际效应依然存在，供应链系统仍会遭受效率损失。因此，在网络外部性环境下，如何有效地协调供应链的问题仍显得至关重要。

近些年，为解决双重边际效应和激励零售商更多地投放广告，合作广告契约被制造商广泛采用，如 IBM、Apple 与 Intel 等公司均替零售商承担一定比例的广告费用^[6, 7]。众多的研究也表明，合作广告在供应链协调管理与市场促销中起到非常重要的作用^[8-11]。但值得注意的是，合作广告并不总是能协调供应链，特别是在需求同时受价格和广告影响的情形下，合作广告契约的协调性能常常失效^[12-15]。此外，收入共享契约也通常被考虑用于协调供应链^[16-20]，以及被运用在一些行业^[21]，如苹果公司采用收入共享机制（契约）与 App Store 开发者进行收入分成。但 Cachon 和 Lariviere^[16]与 Tsao 和 Lee^[19]的研究却发现，收入共享契约在需求受广告努力或广告努力与价格共同影响的情境下一般不能实现供应链协调。鉴于此，本文也将聚焦于需求同时受价格和广告影响的供应链，分析合作广告和收入共享契约的供应链协调性能。但与前人研究不同的是，首先，本文将剖析网络外部性对合作广告契约和收入共享契约的协调性能的影响机理，探讨网络外部性的存在是否会带来一些不同于现有研究的发现；其次，对比分析批发价契约、合作广告契约与收入共享契约的优劣，探索网络外部性环境下的供应链合作机制的选择问题。这是本文尝试研究的另一问题，也是本文的主要理论贡献之一。

为解决上述问题，本文考虑了一个由单制造商和单零售商组成的二级供应链系统。在网络外部性环境下，构建了需求受价格与广告影响的供应链博弈模型。首先分析了一个集中化决策模型，

然后讨论了三个分散化决策模型：批发价契约模型、合作广告契约模型和收入共享契约模型，通过对模型的对比分析，重点探讨了网络外部性对供应链成员定价和广告决策，以及供应链成员合作机制选择的影响。与前人的研究相比，本文的主要理论贡献是：1) 将网络外部性引入到需求受价格与广告影响的供应链模型中，揭示了网络外部性对供应链成员定价和广告决策的影响机理；2) 探讨了网络外部性对合作广告和收入共享契约的影响，剖析了网络外部性改善合作广告和收入共享契约的协调性能的作用机理；3) 对比分析了批发价契约、合作广告契约和收入共享契约的优劣，并揭示了网络外部性在其中的影响作用，为供应链成员选择最优合作机制提供理论参考。

1 文献综述

本文涉及三个重要的研究主题：网络外部性下的定价策略、供应链合作广告和收入共享契约。

首先，网络外部性下的定价策略是本文关注的重要主题。但现有研究主要聚焦不同情境下单一企业的产品定价，如 Prasad 等^[22]探讨了网络外部性与边际成本的不对称性如何影响产品的定价策略。Nejad^[23]研究了具有网络外部性的新产品最优定价问题，发现适度或温和的定价策略均比低价或高价策略更加有效。Fainmesser 和 Galeotti^[24]将消费者关于网络效应的异质信息纳入垄断企业的产品定价模型中，发现歧视性定价优于统一定价。周雄伟等^[3]则构建了一个独立网络下质量差异化的产品定价模型，发现网络外部性不影响质量差异化产品的定价，但在交互网络情境下结论截然相反。易余胤和李贝贝^[25]探讨网络外部性如何影响视频平台的定价策略。李永立等^[26]认为，网络外部性有利于提升众筹发起人的收益。近年来，一些学者开始将网络外部性引入到供应链领域中，研究网络外部性对供应链定价的影响。如 Yi 和 Yang^[27]构建了垄断制造商和零售商群体组成的供应链演化博弈模型，发现网络外部性对制造商批发定价的影响取决于零售商的经营目标策略选择。Xu 等^[28]指出，在产品与服务捆绑分销渠道中，网络外部性可以有效地改善供应链绩效。上

述文献都指出了网络外部性对产品定价的重要影响,但忽略了广告投入对需求和定价的影响。与上述研究不同,本文关注需求受网络外部性、广告和价格共同影响的供应链,而非单一企业,重点探讨了网络外部性和广告效应对供应链成员定价决策的影响机理,以及网络外部性如何通过价格的传导来影响供应链的“双重边际效应”,进而影响供应链的决策效率,这拓展了定价问题的理论研究边界。

其次,本文所涉及的另一重要主题是供应链合作广告,现有研究主要分为两类:一类将价格设为外生变量,假设产品需求仅受到广告投入的影响。这类研究发现制造商是否提供合作广告主要取决于制造商与零售商的边际利润比值^[9, 29]。Jørgensen 和 Zaccour^[30]对合作广告的研究进行了综述且归纳出一般性结论,即在价格外生的情况下,合作广告一般能协调供应链,使供应链双方受益。Liang 等^[31]进一步考虑了需求同时受广告与网络外部性的影响,并发现网络外部性增加了供应链成员的利润及零售商的广告投入,但降低了制造商的广告分担比例。显然,这类研究的缺陷在于忽略了价格对需求的影响,而这可能会对研究结果造成重大影响。另一类研究与本文最为相关,即将价格作为内生决策变量,假定需求为价格与广告投入的函数。谭建和王先甲^[12]研究表明,相比于批发价契约,合作广告对制造商有利,但有损于零售商利益,即合作广告契约不能协调供应链。Seyedehfahani 等^[32]研究表明在制造商主导情形下制造商总愿意提供广告合作,但零售商不一定接受。在零售商主导与纳什均衡情形下制造商不愿分担零售商的广告投入,即合作广告完全不能协调供应链。Karray 等^[15]考虑地方广告对长期需求的正负影响,发现制造商是有条件地提供广告合作,而零售商的最佳策略是不进行广告合作。Szmerekovsky 和 Zhang^[13]、Zhao 等^[14]也分别在品牌广告与地方广告的协同作用为乘积形式函数和加和形式函数的条件下得到类似的结论。不难看出,合作广告契约通常不能协调价格和广告内生情形下的供应链,与价格外生情形下的结论截然不同。Kunter^[33]也指出,只有基于收入共享率、双方广告努力分担率的支付契约才能够协调供应链。不同于上述研究,本文将在网络外部性与广

告、价格共同影响产品需求的情境下,分析网络外部性对供应链广告和价格决策的影响,以及对合作广告契约的协调性能的影响等问题。这些均是现有研究尚未探讨的问题,也是本文的研究贡献之一。

最后,与本文相关的第三个重要主题是收入共享契约。收入共享契约和批发价契约在供应链管理中得到广泛运用,因此众多学者在不同情境下比较了这两种契约的优劣,而与本文最相近的是需求受价格或广告努力影响的研究。Cachon 和 Lariviere^[16]基于经典报童模型指出,当需求仅依赖零售商的广告努力时,仅当广告投入成本比较小时,制造者才偏好收入共享契约,否则其更偏好批发价契约,即一般情况下收入共享契约不能协调零售商的广告投入决策。Yao 等^[17]考虑了零售商间的价格竞争对需求的影响,并发现大多情况下收入共享契约比批发价契约更有效地改善了供应链系统的绩效,但收入共享契约不是供应链成员的“双赢”契约,因零售商在批发价契约中获益更多。Pan 等^[18]指出制造商是否提供收入共享契约依赖于价格敏感和产品差异化系数。但这些研究仅从制造商的角度来分析,完全不考虑零售商是否愿意接受该契约,并且没有涉及价格与广告共同影响需求的情形。Tsao 和 Lee^[19]将 Cachon 和 Lariviere^[16]的研究拓展到价格与广告共同影响需求的情境,并在需求不确定环境下讨论收入共享契约是否能协调供应链。结论表明,在零售商负责广告时,收入共享契约仅提高了制造商的利润,但降低了零售商的利润,因而不能实现供应链协调。Yao 等^[34]考虑了消费者环境关切对需求的影响,并通过算例指出制造商负责广告的条件下收入共享契约可以协调供应链。与文献[19]和文献[34]研究不同,本文是在价格、广告和网络外部性共同影响需求的情境下探讨收入共享契约是否能协调供应链,以及网络外部性会对收入共享契约的协调性能产生何种影响的问题。此外,还有一些学者将收入共享契约与其他契约进行比较。如 Bhaskaran 和 Krishnan^[35]在新产品开发不确定环境下比较了成本分担契约和收入共享契约的优劣。Zhang 等^[36]从风险厌恶的角度分析了供应商偏好收入共享契约还是回购契约的问题。虽然现有研究将收入共享契约与诸多其他契约进行了对

比分析,但尚未探讨收入共享、合作广告与批发价契约三者的优劣问题,特别是剖析网络外部性在其中的作用机理,而这是要探讨的重要研究问题,也是本文的另一重要理论贡献.

2 模型的基本假设

考虑由单个制造商和单个零售商组成的二级供应链系统,其中,制造商负责产品生产,单位生产成本为 c ,并以价格 w 批发给零售商.零售商负责产品销售,决定产品的零售价格 p 与广告努力 a .模型的基本假设如下:

假设1 消费者效用函数为 $U(r)=r+f(D^e)-p+\gamma\sqrt{a}$.其中 r 为消费者保留支付意愿,且服从 $[0,1]$ 的均匀分布, $f(D^e)$ 为消费者对产品的预期销量为 D^e 时,由于网路外部性的存在所带来的效用增量, $\gamma\sqrt{a}$ 反映了广告所增加的消费者效用,但该效用边际递减^[31, 37, 38], γ 是广告效应因子($0 \leq \gamma \leq 1$), a 为广告努力, p 是单位产品的零售价.当消费者的效用大于0时将购买产品,从而计算出对应的产品需求如下

$$D = P(U(r) \geq 0) = 1 - p + f(D^e) + \gamma\sqrt{a}$$

显然,上述需求函数所呈现的特性符合经济学基本规律:1)市场需求随零售价的增加而降低^[39, 40];2)市场需求随网络外部性的增加而增加^[27, 41, 42];3)市场需求随广告投入的增加而增加,且广告投入的边际效用递减^[11, 14, 43, 44].

借鉴 Chiu 等^[45]和 Prasad 等^[22]的处理方法,设 $f(D^e) = \lambda D^e$,即网络外部性所产生的需求随着预期市场销量的增长而线性增长,斜率为 λ , λ 称为网络外部性强度系数,反映了网络外部性强度,即单位网络规模对需求的影响程度.假设消费者的预期市场销量 D^e 对市场需求的边际影响小于实际的产品价格 p 对市场需求的边际影响,即 $\lambda \in (0,1)$.于是,市场需求函数转变为

$$D = 1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e.$$

假设2 在供应链博弈关系中,制造商是斯坦伯格(Stackelberg)博弈领导者,零售商为跟随者.制造商为进一步激励零售商提升产品销售量,

分别向零售商提供合作广告契约和收入共享契约.在合作广告契约中,制造商与零售商进行广告合作,共同分担广告支出.制造商先决定批发价格 w 和广告分担比例 $t(0 \leq t \leq 1)$,然后,零售商决定产品的零售价格 p 和广告努力 a .在收入共享契约中,制造商先决定批发价格 w 和收入分成比例 $\varphi(0 < \varphi < 1)$,然后零售商决定产品的零售价格 p 和广告努力 a .

假设3 所有企业成员均为理性的,追求利润最大化.鉴于单位生产成本 c 的存在不会改变本文的结论,故假设单位生产成本 $c = 0$,即不考虑生产成本的影响.

根据以上的假设可知,制造商的利润函数为

$$\pi_M(w, t, \varphi) = \varphi p(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e) + w(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e) - ta \quad (1)$$

零售商的利润函数为

$$\pi_R(p, a) = (1 - \varphi)p(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e) - w(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e) - (1 - t)a \quad (2)$$

显然,上述模型中,当 $\varphi = 0$ 与 $t = 0$ 时为批发价契约模型;当 $\varphi = 0$ 与 $0 < t < 1$ 时为合作广告决策模型,当 $0 < \varphi < 1$ 与 $t = 0$ 时为收入共享契约模型.同时,用 π_j^i 来表示在模型 i 中供应链成员 j 的利润. i 可以取 C, D, AD, RS ,分别表示集中化决策模型 C ,分散化决策模型 D ,合作广告模型 AD ,收入共享模型 RS ; j 可以取 M, R, SC ,分别表示制造商、零售商和供应链系统.

本文将按照以下思路展开研究,首先构建集中化决策模型 C ,其次讨论批发价契约模型 $D(\varphi = 0, t = 0)$,并且分析网络外部性对节点企业决策变量的影响,以及网络外部性强度对契约协调效率的影响.在此基础上提出合作广告决策模型 $AD(\varphi = 0, 0 < t < 1)$,讨论网络外部性对合作广告决策的影响,再引入收入共享契约模型 $RS(0 < \varphi < 1, t = 0)$,探讨如何通过收入共享契约实现供应链协调.最后,对比分析批发价契约、合作广告契约和收入共享契约的优劣.

本文所提及的供应链协调是以批发价契约为基准,只要在其他契约下制造商与零售商双方的

利润均得到改善,实现了帕累托改进,则称为供应链协调.若有一方利益受损或变差,则定义为供应链不协调.显然,供应链协调分为部分协调和完美协调.如果供应链的协调效率(即契约协调下的供应链总利润与集中化决策下的供应链总利润的比值)小于1,则称为供应链部分协调.如果供应链的协调效率等于1,则称为供应链完美协调^[17].在文中没有提及完美协调的供应链协调均指供应链部分协调.

3 集中化决策模型(C 模型)

先讨论集中化决策情形.在此情境下制造商与零售商结成联盟,形同一个企业组织,以供应链系统的利润最大化为目标,共同决定产品的零售价和广告努力.因此,供应链系统的利润函数为

$$\pi_{SC}^C(p, a) = p(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e) - a \quad (3)$$

显然, π_{SC}^C 是关于零售价 p 和广告努力 a 的凹函数.首先对式(3)分别求关于 p 和 a 的一阶条件可得

$$p^c = \frac{1}{2}(\gamma\sqrt{a^c} + \lambda D^e + 1), a^c = (p^c)^2 \gamma^2 / 4.$$

显然可见, p^c 随着 a^c 增大而增大,同时 a^c 也随着 p^c 增大而增大,两者交互影响、相互促进,但广告投入对零售价格的变化更为敏感.接着,联合这两个式子可解得 $p^c = \frac{2(\lambda D^e + 1)}{4 - \gamma^2}$, $a^c = \frac{\gamma^2(1 + \lambda D^e)^2}{(4 - \gamma^2)^2}$.

最后,将 p^c 和 a^c 代入市场需求函数 D 中,根据 Katz 和 Shapiro^[2] 关于可实现预期均衡的分析,在实现预期均衡时,产品的预期销量与均衡销量相等,即 $D^e = D^{*c}$, 可解得 $D^{*c} = \frac{2}{4 - \gamma^2 - 2\lambda}$, 将其代入最优零售价、广告努力的反应函数和利润函数,求得均衡结果见表 1.

4 分散化决策模型

4.1 批发价契约(D 模型)

此模型中, $\varphi = 0$, $t = 0$. 此时制造商与零售商均是独立的决策个体,追求自身利润最大化. 制

造商作为博弈中的领导者,率先制定批发价,而零售商则根据制造商给定的批发价,选择相应的产品定价和广告投入策略.上述博弈可采用用逆向归纳法求解.首先,对于给定的批发价 w , 对式(2)分别求关于零售价 p 和广告投入 a 的一阶条件可得, $p^D = \frac{1}{2}(1 + w + \gamma\sqrt{a^c} + \lambda D^e)$, $a^D = (p^D - w)^2 \gamma^2 / 4$. 不难发现,在分散化决策中零售价与广告投入依然是交互影响、相互促进的关系.然后,通过联合 p^D 和 a^D 表达式可解得

$$\begin{aligned} p^D &= \frac{w(2 - \gamma^2) + 2(\lambda D^e + 1)}{4 - \gamma^2}, \\ a^D &= \frac{\gamma^2(1 - w + \lambda D^e)^2}{(4 - \gamma^2)^2} \end{aligned} \quad (4)$$

从式(4)可发现,批发价 w 的增大将导致零售价提高及广告投入下降.最后,将式(4)代入市场需求函数 D 中,可得 $D = \frac{2(1 - w + \lambda D^e)}{4 - \gamma^2}$, 根据关于可实现预期均衡的分析,可得 $D^D = \frac{2(1 - w)}{4 - \gamma^2 - 2\lambda}$.

把 p^D , a^D 和 D^D 代入式(1)中,可得制造商的利润函数如下

$$\pi_M^D(w) = \frac{2w(1 - w)}{4 - \gamma^2 - 2\lambda} \quad (5)$$

$$\text{不难发现, } \frac{\partial^2 \pi_M^D(w)}{\partial w^2} = \frac{4}{-4 + \gamma^2 + 2\lambda} < 0,$$

所以 $\pi_M^D(w)$ 是关于 w 的凹函数.容易解得制造商的最优批发价 $w^{*D} = \frac{1}{2}$, 由此可分别得到零售商的均衡零售价和广告努力,以及节点企业利润和供应链系统利润,具体结果参见表 1.

对比集中化决策模型和批发价契约模型,以及分析网络外部性在均衡决策中的作用,可得如下命题 1 和命题 2.

$$\begin{aligned} \text{命题 1} \quad & \frac{\partial p^{*D}}{\partial \lambda} > 0, \quad \frac{\partial (p^{*D} - w^{*D})}{\partial \lambda} > 0, \\ & \frac{\partial a^{*D}}{\partial \lambda} > 0, \quad \frac{\partial D^{*D}}{\partial \lambda} > 0, \quad \frac{\partial \pi_M^{*D}}{\partial \lambda} > 0, \quad \frac{\partial \pi_R^{*D}}{\partial \lambda} > 0, \\ & \frac{\partial \pi_{SC}^{*D}}{\partial \lambda} > 0. \end{aligned}$$

命题 1 表明,零售价、广告努力、销售量、制造

商利润与零售商利润,以及系统利润均与网络外部性强度正相关。显然,由于产品网络外部性越强,消费者所获得的效用和支付意愿也越强,故零售商有动机提高零售价。因此,随着网络外部性强度增大,供应链的双重边际效应也更加严重。但由于零售商的单位产品利润($\frac{\partial(p^{*D}-w^{*D})}{\partial\lambda}>0$)随着网络外部性强度增大而增大,因此,在网络外部性情境下,零售商有动机加大广告投入,直到单位产品利润的边际收益等于广告努力的边际成本为止。在网络外部性与广告效应双重叠加作用下,产品销量将进一步扩大,并使得零售商、制造商和供应链系统利润均受益。

命题2 1) 当 $0 < \lambda < \frac{2-\gamma^2}{2}$ 时, $p^{*D} > p^{*C}$;

当 $\frac{2-\gamma^2}{2} \leq \lambda < 1$ 时, $p^{*D} \leq p^{*C}$;

2) $D^{*D} < D^{*C}$; $a^{*D} < a^{*C}$;

3) $\pi_{SC}^{*D} < \pi_{SC}^{*C}$ 且 $\frac{\partial \eta_D}{\partial \lambda} < 0$, 其中 $\eta_D = \frac{\pi_{SC}^{*D}}{\pi_{SC}^{*C}}$.

命题2表明,在广告效应一定的情形下,当网络外部性强度较小时,批发价契约下的均衡零售价高于集中化决策下的均衡零售价,这与现有研究结论相一致。然而,本研究还发现,当网络外部性强度较大时,批发价契约下的均衡零售价小于集中化决策下的均衡零售价。这一结论是反直观的。事实上,从 $p^{*C} - p^{*D} = -\frac{1}{2} + \frac{1}{4-\gamma^2-2\lambda}$ 的表达式可以看出,前一部分 $-\frac{1}{2} = -w^{*D}$ 是批发价契约下的双重边际效应所造成的损失,而后一部分 $\frac{1}{4-\gamma^2-2\lambda} = p^{*D} - w^{*D}$ 则是批发价契约下的产品单位利润。因此,在广告效应一定的情况下,若网络外部性强度较小,则其对产品单位利润的提升作用小于双重边际效应带来的损失。只有当网络外部性强度足够高时,其对产品单位利润的提升作用才大于双重边际效应所带来的损失。这说明,足够的网络外部性可以弥补零售商在分散化定价决策上的边际损失,并获得以往专属于集中化决策的低价优势,对消费者更加有利。这一

结论意味着为寻求低价优势而进行供应链垂直整合的做法并不一定是正确的,尤其在具有较强网络外部性的供应链中。

然而,由于批发价契约下的单位利润空间依然小于集中化决策下的利润空间($p^{*D} - w^{*D} = \frac{1}{4-\gamma^2-2\lambda} < p^{*C}$),所以批发价契约下的广告努力均恒小于集中化决策下的广告努力,从而其网络外部性与广告的双重叠加作用也更弱,这必然导致其均衡销售量小于集中化情形下的均衡销售量。从这点来看,集中化供应链更有利企业抢占市场,覆盖到更多消费者,即便分散化决策下的消费者剩余可能更高。

无论网络外部性强度大小,批发价契约下的供应链利润恒小于集中化决策下的供应链利润。并且,随着网络外部性强度增大,两者之间的差距增大,批发价契约的协调效率降低。这说明,虽然网络外部性提高了批发价契约下的供应链利润,但是它对集中化决策下的供应链利润提升作用更大。换句话说,若产品的网络外部性越强,则传统的批发价契约协调效率越低。众所周知,在无网络外部性的供应链中,批发价契约被广泛运用,但是对于强网络外部性的供应链,其协调性能大打折扣。因此,管理者在运用批发价契约时应重视网络外部性的影响。

4.2 合作广告契约模型(AD模型)

从以上分析可以看到,相比于集中化决策,批发价契约会产生决策效率损失,导致了更低的系统利润,并且网络外部性拉大了两决策系统的利润差。因此,如何解决供应链决策效率损失成为本文探讨的焦点问题。Huang 和 Li^[9], Li 等^[10]和 Xie 与 Wei^[11]认为,合作广告策略能协调供应链,从而有效解决供应链的效率损失问题。但 Szmerekovsky 与 Zhang^[13]和 Zhao 等^[14]却发现,当产品价格与广告努力均为内生变量时,合作广告一般无法协调供应链。以往研究并未考虑产品的网络外部性特征,而本节将探讨网络外部性是否可以改善合作广告契约的协调性能,从而解决广告和价格内生的供应链的决策效率损失问题。为此,本节

构建了一个合作广告模型,此时 $\varphi = 0$ 和 $0 < t <$

1. 于是零售商与制造商的利润函数变为

$$\begin{aligned}\pi_R^{AD}(p, a) = & (p - w)(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e) - \\ & (1 - t)a\end{aligned}\quad (6)$$

$$\pi_M^{AD}(w, t) = w(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e) - ta \quad (7)$$

采用逆向归纳法,可得 AD 模型的均衡解,具体见表 1.

对比合作广告和集中化决策模型,可得如下命题 3.

命 题 3 1) $\frac{\partial w^{*AD}}{\partial \lambda} > 0$, $\frac{\partial p^{*AD}}{\partial \lambda} > 0$,

$$\frac{\partial(p^{*AD} - w^{*AD})}{\partial \lambda} > 0;$$

$$2) \text{ 当 } 0 < \lambda < \frac{1}{16} \left((24 - 7\gamma^2) - \sqrt{64 - 48\gamma^2 + \gamma^4} \right)$$

时, $p^{*AD} > p^{*C}$; 当 $\frac{1}{16} \left((24 - 7\gamma^2) - \sqrt{64 - 48\gamma^2 + \gamma^4} \right) \leq \lambda < 1$ 时, $p^{*AD} \leq p^{*C}$;

$$3) D^{*AD} < D^{*C}; a^{*AD} < a^{*C};$$

$$4) \pi_{SC}^{*AD} < \pi_{SC}^{*C} \text{ 且 } \frac{\partial \eta_{AD}}{\partial \lambda} < 0, \text{ 其中 } \eta_{AD} = \pi_{SC}^{*AD} / \pi_{SC}^{*C}.$$

命题 3 表明,当网络外部性强度较小时,合作广告情形下的均衡零售价大于集中化决策下均衡零售价. 然而,当网络外部性足够大时,合作广告下的均衡零售价不高于集中化决策下的均衡零售价. 这一结论与 Xie 与 Wei^[11] 的结论相反,他们认为合作广告情形下的均衡零售价恒大于集中化决策下的均衡零售价. 导致相反结论的根本原因在于网络外部性的存在. 随着网络外部性强度增大,双重边际效应加剧 ($\frac{\partial w^{*AD}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial p^{*AD}}{\partial \lambda} > 0$), 但网络外部性对单位利润的提升作用也越发明显 ($\frac{\partial(p^{*AD} - w^{*AD})}{\partial \lambda} > 0$), 当网络外部性足够大时甚至超过了双重边际效应引起的决策效率损失. 然而,不同于批发价契约的是,合作广告契约增加了制造商的成本负担,无形中推高了产品批发价,因此其要获得低价优势,就需要更强的网络外部性 ($\frac{2-\gamma^2}{2} < \frac{1}{16} \left((24 - 7\gamma^2) - \sqrt{64 - 48\gamma^2 + \gamma^4} \right)$).

与批发价契约类似,合作广告契约下的广告投入和销量均小于集中化决策,供应链系统利润也恒小于集中化决策下的供应链系统利润,即合作广告契约不能实现供应链完美协调,并且其协调效率 η 与网络外部性强度负相关.

4.3 收入共享契约模型(*RS* 模型)

由前文分析可知,合作广告无法实现供应链的完美协调,下面将考察收入共享契约能否在网络外部性环境下实现供应链的完美协调. 事实上,在互联网和电子信息产业中,制造商对零售商采用收入共享契约的例子屡见不鲜,如现代商业实践中越来越多的硬件与软件相融合,但由于软件不同于硬件,其使用需要提供日常运营服务(数据存储、更新与迭代等),因而广泛应用于硬件产品的批发价契约难以满足这一特性,但广泛应用于行业软件(SaaS、ERP)销售的收入共享契约恰好满足这一特性,因而促使制造商有动机对零售商同时采用批发价格契约和收入共享契约. 例如,全球畅销的 Switch 是主机(硬件)与内容(软件)相结合的典型代表,其母公司任天堂与腾讯公司建立深度合作关系,由腾讯全面负责 Switch 的销售推广与运营,这正是批发价与收入共享契约相结合的形式.

假设制造商向零售商提供一个收入共享契约,此时 $0 < \varphi < 1$ 和 $t = 0$. 于是零售商与制造商的利润函数变为

$$\begin{aligned}\pi_R^{RS}(p, a) = & (1 - \varphi)p(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e) - \\ & w(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e) - a\end{aligned}\quad (8)$$

$$\begin{aligned}\pi_M^{RS}(w, \varphi) = & \varphi p(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e) + \\ & w(1 - p + \gamma\sqrt{a} + \lambda D^e)\end{aligned}\quad (9)$$

根据逆向归纳法求解,显然可知 $\frac{\partial^2 \pi_M^{RS}}{\partial w^2} < 0$,

即 π_M^{RS} 是关于 w 的凹函数,故存在最优批发价 $w^{*RS} = \frac{(1-\varphi)(\gamma^2(-1+\varphi)-2(-2+\lambda+2\varphi))}{2\gamma^2(-1+\varphi)-4(-2+\lambda+\varphi)}$. 可依次求得 *RS* 模型的其余均衡解,具体见表 1. 显然可见 $\frac{\partial w^{*RS}}{\partial \varphi} < 0$, 即制造商设定的收入分成比例 φ 越高,批发价越低. 但考虑到当制造商补贴零售商

时(即批发价为负), 零售商存在免费出售产品的动机, 此时零售商依然可以盈利, 而制造商必然亏损, 即收入共享契约不仅没有起到激励零售商的作用, 反而诱发零售商损害制造商的利益, 违背了

商业逻辑. 因此, 类似 Kong 等^[46] 和 Zhang 等^[20]的研究, 本文假定批发价是非负的, 即 $w \geq 0$, 所以收入分成比例 φ 要满足 $0 < \varphi \leq \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}$.

表1 集中化决策与分散化决策(三种契约)下的均衡结果

Table 1 Equilibrium decisions under the centralized and decentralized (three contract types) systems

| 决策与利润 | C 模型 | D 模型 | AD 模型 | RS 模型 |
|--------------|--|--|---|--|
| p^* | $\frac{2}{4 - \gamma^2 - 2\lambda}$ | $\frac{1}{2} + \frac{1}{4 - \gamma^2 - 2\lambda}$ | $\frac{(24 - 3\gamma^2 - 8\lambda)}{32 - 9\gamma^2 - 16\lambda}$ | $\frac{(2(3 - \lambda - 2\varphi) - \gamma^2(1 - \varphi))}{4(2 - \lambda - \varphi) - 2\gamma^2(1 - \varphi)}$ |
| a^* | $\frac{\gamma^2}{(4 - \gamma^2 - 2\lambda)^2}$ | $\frac{\gamma^2}{4(4 - \gamma^2 - 2\lambda)^2}$ | $\frac{36\gamma^2}{(32 - 9\gamma^2 - 16\lambda)^2}$ | $\frac{\gamma^2(1 - \varphi)^2}{4(2(2 - \lambda - \varphi) - \gamma^2(1 - \varphi))^2}$ |
| w^* | - | $\frac{1}{2}$ | $\frac{(8 - 3\gamma^2 - 4\lambda)}{32 - 9\gamma^2 - 16\lambda}$ | $\frac{(1 - \varphi)}{2} - \frac{(1 - \varphi)\varphi}{2(2 - \lambda - \varphi) - \gamma^2(1 - \varphi)}$ |
| t^* | 1 | 0 | 1/3 | 0 |
| D^* | $\frac{2}{4 - \gamma^2 - 2\lambda}$ | $\frac{1}{4 - \gamma^2 - 2\lambda}$ | $\frac{8}{32 - 9\gamma^2 - 16\lambda}$ | $\frac{1}{2(2 - \lambda - \varphi) - \gamma^2(1 - \varphi)}$ |
| π_R^* | - | $\frac{(4 - \gamma^2)}{4(4 - \gamma^2 - 2\lambda)^2}$ | $\frac{8(8 - 3\gamma^2)}{(32 - 9\gamma^2 - 16\lambda)^2}$ | $\frac{(1 - \varphi)(4 - \gamma^2(1 - \varphi))}{4(2(2 - \lambda - \varphi) - \gamma^2(1 - \varphi))^2}$ |
| π_M^* | - | $\frac{1}{2(4 - \gamma^2 - 2\lambda)}$ | $\frac{4}{32 - 9\gamma^2 - 16\lambda}$ | $\frac{1}{4(2 - \lambda - \varphi) - 2\gamma^2(1 - \varphi)}$ |
| π_{SC}^* | $\frac{4 - \gamma^2}{(4 - \gamma^2 - 2\lambda)^2}$ | $\frac{12 - 3\gamma^2 - 4\lambda}{4(4 - \gamma^2 - 2\lambda)^2}$ | $\frac{4(48 - 15\gamma^2 - 16\lambda)}{(32 - 9\gamma^2 - 16\lambda)^2}$ | $\frac{(4(3 - \lambda - 2\varphi) - \gamma^2(3 - 4\varphi + \varphi^2))}{4(2(2 - \lambda - \varphi) - \gamma^2(1 - \varphi))^2}$ |

命题4 1) 当 $0 < \lambda < \frac{1}{2}(2 - \gamma^2)$ 时, 若 $\varphi \in \left(0, \frac{8 - 6\gamma^2 + \gamma^4 - 12\lambda + 4\gamma^2\lambda + 4\lambda^2}{8 - 4\gamma^2 + \gamma^4 - 8\lambda + 2\gamma^2\lambda}\right)$, $p^{*RS} > p^{*C}$; 若 $\varphi \in \left(\frac{8 - 6\gamma^2 + \gamma^4 - 12\lambda + 4\gamma^2\lambda + 4\lambda^2}{8 - 4\gamma^2 + \gamma^4 - 8\lambda + 2\gamma^2\lambda}, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}\right]$, $p^{*RS} < p^{*C}$;

当 $\frac{1}{2}(2 - \gamma^2) < \lambda < 1$ 时, $\forall \varphi \in (0, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}]$, $p^{*RS} < p^{*C}$;

$$2) \frac{\partial w^{*RS}}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial p^{*RS}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial(p^{*RS} - w^{*RS})}{\partial \lambda} > 0.$$

命题4指出, 当网络外部性强度较小且收入分成比例较小时, 在双重边际效应的推动下, 收入共享契约下的零售价依然高于集中化决策下的零售价, 但随着收入分成比例提高或网络外部性强度增大, 零售商为降低制造商对自身收入的侵蚀或利用价格与网络效应对需求产生的共振作用,

将制定低于集中化决策下的零售价. 从 $\frac{\partial w^{*RS}}{\partial \lambda} < 0$, $\frac{\partial p^{*RS}}{\partial \lambda} > 0$ 也可看出, 网络外部性的增强一方面降低了批发价并提高了零售价, 从而极大提升了产品的单位利润, 另一方面又提高了产品销量. 因此, 当网络外部性足够强时, 它带来的利益可以弥补甚至超过双重边际化造成的决策效率损失.

$$\text{引理1} \quad 1) \frac{\partial \pi_M^{*RS}}{\partial \varphi} > 0;$$

$$2) \text{当 } 0 < \lambda \leq \frac{6 - \gamma^2 - \sqrt{36 - 28\gamma^2 + 5\gamma^4}}{2\gamma^2}$$

时, 若 $\varphi \in \left(0, \frac{-2\lambda + \gamma^2\lambda}{-2 + \gamma^2\lambda}\right)$, $\frac{\partial \pi_R^{*RS}}{\partial \varphi} > 0$; 若 $\varphi \in \left(\frac{-2\lambda + \gamma^2\lambda}{-2 + \gamma^2\lambda}, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}\right]$, $\frac{\partial \pi_R^{*RS}}{\partial \varphi} < 0$;

$\frac{6 - \gamma^2 - \sqrt{36 - 28\gamma^2 + 5\gamma^4}}{2\gamma^2} < \lambda < 1$ 时, 若 $\varphi \in \left(0, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}\right]$, $\frac{\partial \pi_R^{*RS}}{\partial \varphi} > 0$.

引理 1 指出,对于任意的网络外部性强度,制造商的利润均随着收入分成比例 φ 增大而增大,这一结论与不存在网络外部性情境下的结论一致^[16]. 当网络外部性相对较小时,零售商的利润随收入分成比例 φ 的增大先增大后减少;当网络外部性较大时,零售商的利润随收入分成比例 φ 增大而增大. 也即,制造商的利润是收入分成比例 φ 的单调递增函数,并不受网络外部性强度影响,而零售商的利润与收入分成比例 φ 的相关关系依赖于网络外部性强度和分成比例 φ 的大小. 这就意味着,当网络外部性强度较小时,制造商和零售商的利益可能存在冲突,因为制造商在 $\varphi = \frac{-4+\gamma^2+2\lambda}{-4+\gamma^2}$ 处取得最高利润,而零售商却在 $\varphi = \frac{-2\lambda+\gamma^2\lambda}{-2+\gamma^2\lambda}$ 处取得最高利润. 当网络外部性相对较大时,制造商和零售商的利益诉求是一致的,它们都在 $\varphi = \frac{-4+\gamma^2+2\lambda}{-4+\gamma^2}$ 处取得最高利润. 因此,足够强的网络外部性有助于缓解双方在分成比例谈判上的冲突,并快速地达成一致方案.

引理 2 1) 当 $0 < \lambda < \frac{2\sqrt{2} - \sqrt{8 - 4\gamma^4 + \gamma^6}}{\sqrt{2}\gamma^2}$ 时,若 $\varphi \in \left(0, \frac{8 - 6\gamma^2 + \gamma^4}{8 - 4\gamma^2 + \gamma^4 - 2\gamma^2\lambda}\right)$, 则 $\frac{\partial \eta_{RS}}{\partial \varphi} > 0$; 若 $\left(\frac{8 - 6\gamma^2 + \gamma^4}{8 - 4\gamma^2 + \gamma^4 - 2\gamma^2\lambda}, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}\right]$, 则 $\frac{\partial \eta_{RS}}{\partial \varphi} < 0$;

2) 当 $\frac{2\sqrt{2} - \sqrt{8 - 4\gamma^4 + \gamma^6}}{\sqrt{2}\gamma^2} < \lambda < 1$ 时, $\varphi \in \left(0, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}\right]$, $\frac{\partial \eta_{RS}}{\partial \varphi} > 0$, 其中 $\eta_{RS} = \pi_{SC}^{*RS} / \pi_{SC}^{*C}$.

引理 2 表明,当网络外部性强度较小时,协调效率是关于 φ 的凹函数,随 φ 增大先提高后降低;在网络外部性强度较大时,协调效率是关于 φ 的单调递增函数,随 φ 增大而增大. 这其中原因在于,在网络外部性强度较小时,零售商的利润是关于 φ 的凹函数,而制造商利润是关于 φ 的单调递

增函数;在网络外部性强度较大时,两者利润均是 φ 的单调递增函数. 从根本上来讲,是网络效应带来的巨大利益改变了制造商与零售商在收入共享契约上的利益分歧.

命题 5 1) 当 $0 < \lambda < \frac{4 - \gamma^2 - \sqrt{2(8 - 6\gamma^2 + \gamma^4)}}{\gamma^2}$

时,协调区间 $\varphi \in \left(0, \frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)}\right]$, 协调效率 η_{RS} 在 $\varphi = \frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)}$ 取得最优值;

2) 当 $\frac{4 - \gamma^2 - \sqrt{2(8 - 6\gamma^2 + \gamma^4)}}{\gamma^2} < \lambda < 1$

时,区间 $\varphi \in \left(0, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}\right]$, 协调效率 η_{RS} 在 $\varphi = \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}$ 取得最优值;

3) $\pi_{SC}^{*RS} < \pi_{SC}^{*C}$.

对命题 5 的解释如下:

1) 根据引理 2 可知,当 $0 < \lambda < \frac{4 - \gamma^2 - \sqrt{2(8 - 6\gamma^2 + \gamma^4)}}{\gamma^2}$ 时,协调效率 η_{RS} 在 $\varphi =$

$\frac{8 - 6\gamma^2 + \gamma^4}{8 - 4\gamma^2 + \gamma^4 - 2\gamma^2\lambda}$ 或 $\frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}$ 处取得最大

值,但是零售商接受收入共享契约的区间为 $(0,$

$\frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)}]$, 且 $\frac{(-2 + \gamma^2)\lambda}{-2 + \gamma^2\lambda} <$

$\frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)} < \frac{8 - 6\gamma^2 + \gamma^4}{8 - 4\gamma^2 + \gamma^4 - 2\gamma^2\lambda} <$

$\frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}$, 从而协调效率 η_{RS} 只能在 $\varphi = \frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)}$ 取得次优值. 从供

链系统的角度来看,为实现系统相对最优,制造商和零售商都做出一定的利益让步. 零售商作为供

应链中的跟随者,放弃最优分成比例 $\varphi = \frac{-2\lambda + \gamma^2\lambda}{-2 + \gamma^2\lambda}$, 接受次优分成比例来获得利润改善. 制造商为激励零售商接受收入共享契约,只能降低收入分成比例,放弃自身部分利润,由此造成协调效率损失.

2)由引理1可知,当 $\frac{4-\gamma^2-\sqrt{2(8-6\gamma^2+\gamma^4)}}{\gamma^2} < \lambda < \frac{6-\gamma^2-\sqrt{36-28\gamma^2+5\gamma^4}}{2\gamma^2}$ 时,协调效率在制造商获得最大利润时最高,但此时零售商赚取不到最优利润,即制造商利益与系统利益总保持一致,而零售商与两者存在利益冲突.由于此时仅有零售商做出利益牺牲,为避免冲突加剧,制造商应从整个供应链利益角度说服零售商,以实现自身利益最大化的目的.当 $\frac{6-\gamma^2-\sqrt{36-28\gamma^2+5\gamma^4}}{2\gamma^2} < \lambda < 1$ 时,制造商、零售商与供应链系统利益总保持一致,三者同时获得最优结果.

3)无论网络外部性如何,收入共享契约下的供应链利润均小于集中化决策下的供应链利润,即收入共享契约也无法实现供应链的完美协调.

4.4 三种分散化决策情形的对比分析

根据前文分析可知,合作广告契约和收入共享契约均无法实现供应链的完美协调.接下来将探讨合作广告契约和收入共享契约能否实现供应链部分协调的问题.然后,再通过对分散化决策下的三种情形(批发价契约、合作广告契约和收入共享契约),试图回答何种契约更优这一问题.

通过对比合作广告契约与批发价契约的均衡结果,可得如下命题6.

命题6 1) $w^{*AD} > w^{*D}$, $p^{*AD} > p^{*D}$, $D^{*AD} > D^{*D}$, $a^{*AD} > a^{*D}$;

2) $\pi_M^{*AD} > \pi_M^{*D}$;

3)当 $0 < \lambda < \frac{1}{16}(24-6\gamma^2-\sqrt{64-40\gamma^2+6\gamma^4})$ 时, $\pi_R^{*AD} < \pi_R^{*D}$;当 $\frac{1}{16}(24-6\gamma^2-\sqrt{64-40\gamma^2+6\gamma^4}) \leq \lambda < 1$ 时, $\pi_R^{*AD} \geq \pi_R^{*D}$;

4)当 $0 < \lambda < \frac{1}{32}(32-7\gamma^2-\sqrt{1024-640\gamma^2+97\gamma^4})$ 时, $\pi_{SC}^{*AD} < \pi_{SC}^{*D}$;当 $\frac{1}{32}(32-7\gamma^2-\sqrt{1024-640\gamma^2+97\gamma^4}) \leq \lambda < 1$ 时, $\pi_{SC}^{*AD} \geq \pi_{SC}^{*D}$.

命题6表明,合作广告情形下的均衡批发价、零售价、销售量和广告努力均高于批发价契约下

的均衡批发价、零售价、销售量和广告努力.显然,合作广告契约加大了双重边际效应.这与Xie与Wei^[11]的结论是一致的.同时,合作广告契约也起到有效激励零售商加大广告投入的作用,进而提升了产品的销量.

相比于批发价契约情形,制造商在合作广告下的收益总是更优,且与网络外部性无关.而零售商在合作广告下的收益是否优于批发价契约下的收益依赖于网络外部性强度大小.当网络外部性强度较小时,合作广告下零售商的均衡利润小于批发价契约下的均衡利润,这是因为广告投入增加所带来的市场需求不足以弥补零售价的提高所带来的市场需求减少,而此时较小的网络外部性对市场需求的提升作用又不明显,因此,合作广告契约不满足零售商的参与约束条件.换句话说,制造商试图解决批发价契约中零售商广告投放动力不足的问题,总愿意分担零售商的广告成本,但是其分担的广告成本最终却以更高的批发价转移到零售商身上,进一步加剧双重边际效应($w^{*AD} > w^{*D}$, $p^{*AD} > p^{*D}$),为此零售商通常不愿意与制造商进行广告合作,因此广告合作契约的使用受到一定的限制.然而,当网络外部性强度足够大时,网络外部性对市场需求的提升作用明显,此时两者大小关系将会反转,合作广告下零售商的均衡利润将大于批发价契约下的均衡利润,此时合作广告契约可以满足零售商的参与约束条件.这说明,相比于批发价契约,虽然合作广告契约加剧了双重边际效应,但是可以有效地激励零售商增加广告投入,并且通过叠加足够强的网络外部性,使得零售商的广告效果得到充分提升,达到“事半功倍”效果,从而抵消了双重边际效应带来的负面影响,在供应链协调中起到重要作用.

这一发现与Szmerekovsky和Zhang^[13]、Zhao等^[14]的研究结论不一致,他们认为当产品价格与广告努力均为内生变量时,合作广告无法协调供应链.显然,这一发现不仅很好地补充和完善了现有供应链协调的相关理论研究,而且拓展了合作广告契约的应用场景,尤其在当前万物互联时代背景下,更多传统产品和设备的网络外部性从无

到有，并且呈现出极强的网络外部性，如电视、手表、跑步机和汽车等。因此，产品制造商要充分认识到智能时代带来的产品网络效应特征的变化，策略性地选择合作广告契约，为零售商提供更广泛、全面的广告支持，进而提升自身以及整个供应链的利润，例如 2019 年华为与国美打造智慧家庭体验厅，2020 年上汽大众与苏宁控股签订全数据、全媒介层面合作。

在网络外部性强度较小时，合作广告下的供应链系统利润小于批发价契约下的供应链系统利润。此时，合作广告契约不能协调需求受价格和广告影响的供应链系统。在网络外部性强度足够大时，合作广告下的供应链系统利润优于批发价契约下的供应链系统利润，此时合作广告契约能够实现供应链协调。

通过对比收入共享契约与批发价契约的均衡结果，可得如下命题 7。

- 命题 7** 1) 对 $\forall \varphi \in \left(0, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}\right]$,
 $w^{*RS} < w^{*D}, p^{*RS} < p^{*D}, a^{*RS} < a^{*D}, D^{*RS} > D^{*D}$;
 2) $\pi_M^{*RS} > \pi_M^{*D}$;
 3) 当 $0 < \lambda < \frac{4 - \gamma^2 - \sqrt{2(8 - 6\gamma^2 + \gamma^4)}}{\gamma^2}$ 时，
 若 $\varphi \in \left(0, \frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)}\right]$, $\pi_R^{*RS} \geq \pi_R^{*D}$ ；若 $\varphi \in \left(\frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)}, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}\right]$, $\pi_R^{*RS} < \pi_R^{*D}$ ；
 4) 当 $\frac{4 - \gamma^2 - \sqrt{2(8 - 6\gamma^2 + \gamma^4)}}{\gamma^2} < \lambda < 1$ 时，
 $\varphi \in \left(0, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}\right]$, $\pi_R^{*RS} > \pi_R^{*D}$.

命题 7 指出，收入共享契约下的批发价、零售价和广告努力总是小于批发价契约，但需求量更大。这是因为在产品需求对价格更加敏感（相较于广告）的前提下，收入共享契约有效地缓解了“双重边际”效应 ($w^{*RS} < w^{*D}, p^{*RS} < p^{*D}$)，使得制造商愿意通过降低批发价来引导零售商降低零售价，充分地发挥降价对销量的刺激作用，进而

实现更大的销量的同时也节约了广告成本投入。

对制造商而言，收入共享契约下利润总是大于批发价契约下利润，即制造商总能从收入共享契约中获取更大利益。对零售商而言，当网络外部性足够大时，收入共享契约能让零售商获取更大收益，从而实现供应链的协调。然而，当网络外部性较小时，供应链能否协调的关键因素在于收入分成比例 φ 的设定。当收入分成比例较低时，收入共享契约情形下的零售商利润高于批发价契约情形，此时收入共享契约能协调供应链；而当收入分成比例较高时，结果则恰恰相反。因此，若制造商一味追求更高的分成比例使自身利润最优，则零售商必然不愿意接受收入共享契约。此时制造商须将收入分成比例 φ 降至 $\frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)}$ ，向零售商让渡一定的利益，方能促使零售商接受收入共享契约，从而实现供应链协调。

总而言之，虽然收入共享契约不仅没起到激励零售商加大广告投放作用，反而在一定程度打击了零售商投放广告的积极性，导致“双重叠加效应”有所减弱，但是其可以有效缓解“双重边际效应”，以低价优势去充分发挥网络效应作用。在消费者对价格比广告更加敏感的条件下，反而更能刺激产品销量大幅度增加。因此，收入共享契约在任意的网络外部性强度情况下都具有协调供应链的可能，不同于合作广告契约存在一个不可协调区间。

此外，注意临界值 $\frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)}$ 与 λ 正相关，若 $\lambda \rightarrow 0$ ，则 $\frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)} \rightarrow 0$ ，即网络外部性强度越小，协调区间 $\left(0, \frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)}\right]$ 越窄，甚至逼近 0。因此，当不存在网络外部性时，收入共享契约将不能协调产品价格和广告内生情况下的供应链。这正好印证了 Cachon 和 Lariviere^[16] 与 Tsao 和 Lee^[19] 的研究结论，他们发现收入共享契约在需求受广告努力和价格共同影响的情境下一般不能实现供应链协调。事实上，这反过来也表明了本文的研究

贡献所在, 即研究发现网络外部性的存在大大提高了收入共享契约的协调效率, 并使得需求受广告和价格共同影响的供应链得以协调.

最后, 当网络外部性 $\lambda > \frac{4-\gamma^2-\sqrt{2(8-6\gamma^2+\gamma^4)}}{\gamma^2}$

时, 对于任意的收入分成比例 $\varphi \in \left(0, \frac{-4+\gamma^2+2\lambda}{-4+\gamma^2}\right]$,

虽然收入共享契约都可以使得制造商和零售商受益, 但根据引理 1, 当 $\frac{4-\gamma^2-\sqrt{2(8-6\gamma^2+\gamma^4)}}{\gamma^2} < \lambda < \frac{6-\gamma^2-\sqrt{36-28\gamma^2+5\gamma^4}}{2\gamma^2}$

时, 制造商与零售商之间仍存在利益冲突, 对收入分成比例 φ 的选择难以形成统一的意见. 只有当 $\frac{6-\gamma^2-\sqrt{36-28\gamma^2+5\gamma^4}}{2\gamma^2} < \lambda < 1$ 时, 双方才将一致地选择 $\varphi = \frac{-4+\gamma^2+2\lambda}{-4+\gamma^2}$.

因此, 当网络外部性适中时, 制造商应特别注意解决和零售商之间的利益冲突, 甚至可以考虑适当让渡部分利益, 尽快就收入分成比例达成一致意见, 这样才能让收入共享契约充分发挥作用, 使双方获益.

对比合作广告契约、收入共享契约、批发价契约的均衡利润和协调效率, 可得如下命题 8 和命题 9.

命题 8 1) 当 $0 < \lambda < \frac{2\gamma^2}{32-32\gamma^2+9\gamma^4}$ 时,

若合理协调区间 $\varphi \in \left[\frac{(-2+\gamma^2)\lambda}{-2+\gamma^2\lambda}, \frac{\gamma^2}{16-8\gamma^2}\right)$, 则

$\pi_M^{*AD} > \pi_M^{*RS} > \pi_M^{*D}; \pi_R^{*RS} > \pi_R^{*D} > \pi_R^{*AD}$; 若合理协

调区间 $\varphi \in \left(\frac{\gamma^2}{16-8\gamma^2}, \frac{(-2+\gamma^2)\lambda(-4+\gamma^2+2\lambda)}{4+\gamma^4\lambda+\gamma^2(-1-4\lambda+\lambda^2)}\right)$,

则 $\pi_M^{*RS} > \pi_M^{*AD} > \pi_M^{*D}, \pi_R^{*RS} > \pi_R^{*D} > \pi_R^{*AD}$;

2) 当 $\frac{2\gamma^2}{32-32\gamma^2+9\gamma^4} < \lambda < \frac{4-\gamma^2-\sqrt{2(8-6\gamma^2+\gamma^4)}}{\gamma^2}$

时, 合理协调区间 $\varphi \in \left[\frac{(-2+\gamma^2)\lambda}{-2+\gamma^2\lambda}, \frac{(-2+\gamma^2)\lambda(-4+\gamma^2+2\lambda)}{4+\gamma^4\lambda+\gamma^2(-1-4\lambda+\lambda^2)}\right), \pi_M^{*RS} > \pi_M^{*AD} >$

$\pi_M^{*D}, \pi_R^{*RS} > \pi_R^{*D} > \pi_R^{*AD}$;

3) 当 $\frac{4-\gamma^2-\sqrt{2(8-6\gamma^2+\gamma^4)}}{\gamma^2} < \lambda \leq$

$\frac{6-\gamma^2-\sqrt{36-28\gamma^2+5\gamma^4}}{2\gamma^2}$ 时, 合理协调区间 $\varphi \in$

$\left[\frac{(-2+\gamma^2)\lambda}{-2+\gamma^2\lambda}, \frac{-4+\gamma^2+2\lambda}{-4+\gamma^2}\right], \pi_M^{*RS} > \pi_M^{*AD} > \pi_M^{*D}, \pi_R^{*RS} > \pi_R^{*D} > \pi_R^{*AD}$;

4) 当 $\frac{6-1\gamma^2-\sqrt{36-28\gamma^2+5\gamma^4}}{2\gamma^2} < \lambda <$

$\frac{24-6\gamma^2-\sqrt{64-40\gamma^2+6\gamma^4}}{16}$ 时, $\varphi = \frac{-4+\gamma^2+2\lambda}{-4+\gamma^2}$,

$\pi_M^{*RS} > \pi_M^{*AD} > \pi_M^{*D}, \pi_R^{*RS} > \pi_R^{*D} > \pi_R^{*AD}$;

5) 当 $\frac{24-6\gamma^2-\sqrt{64-40\gamma^2+6\gamma^4}}{16} < \lambda <$

1 时, $\varphi = \frac{-4+\gamma^2+2\lambda}{-4+\gamma^2}, \pi_M^{*RS} > \pi_M^{*AD} > \pi_M^{*D}, \pi_R^{*RS} > \pi_R^{*AD} > \pi_R^{*D}$.

命题 8 表明, 对于任意的网络外部性强度, 收入共享契约情形下零售商的利润均大于合作广告情形下零售商的利润, 而制造商的利润除在网络外部性强度较小且分成比例也较小时收入共享契约情形小于合作广告情形之外, 其余情况均为收入共享契约情形更高. 也就是说, 只要网络外部性强度和分成比例不至于过小, 则制造商与零售商均更偏好收入共享契约. 事实上, 即使在网络外部性强度和分成比例较小的情形下, 也只有收入共享契约同时改善了制造商和零售商的收益, 使得供应链协调成为可能. 虽然此时相比于合作广告契约, 制造商的利润在收入共享契约下更低(但仍高于批发价契约), 但零售商的利润更高, 且高于批发价契约情形, 这保证了零售商的参与约束. 相反, 虽然合作广告契约提高了制造商的利润, 但却降低了零售商的利润(低于批发价契约), 以致零售商不愿意接受合作广告契约, 此时制造商只能获得批发价契约下的利润. 因此, 在此情形下, 制造商应主动放弃一部分利益, 通过选择收入共享契约来使得供应链双方共赢.

此外, 当网络外部性居中还不够强时(命题 8 中的 2)~命题 8 中的 4)), 仅有收入共享契约能改善供应链双方的利益; 而当网络外部性足够强时, 收入共享契约和合作广告契约均可改善制造商和零售商的利润, 从而实现供应链的协调, 但此时收入共享契约更优. 以上结论提示管理者要从动态发展

和实施成本的角度来考虑契约选择问题。在产品新推出阶段,网络外部性强度通常比较小,制造商采用收入共享契约更加符合双方利益,从而提高合作的可能性。在产品快速成长与成熟阶段,网络外部性强度逐渐增强,此时只需适当调整收入分成比例就能满足双方利益诉求,收入共享契约合作方式得以延续,无需重新商讨新的合作方式,这无形中降低了契约的执行成本,更加有利于契约在现实中实施。尤其是数字产品销售收入的检测与审计不存在任何障碍,使得收入共享契约更具有实施优势。此外,随着物联网时代的到来,“硬件产品+软件服务”非常流行,如 Switch、小米机顶盒和穿戴设备等,管理者应注意到这个变化趋势,广泛采用收入共享契约,与合作伙伴共建双赢的供应链。

命题9 1) 当 $0 < \lambda < \frac{32 - 7\gamma^2 - \sqrt{1024 - 640\gamma^2 + 97\gamma^4}}{32}$

时, $\varphi \in \left(0, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}\right]$, $\eta_{RS} > \eta_D > \eta_{AD}$;

2) 当 $\frac{32 - 7\gamma^2 - \sqrt{1024 - 640\gamma^2 + 97\gamma^4}}{32} <$

$\lambda < \frac{6 - \gamma^2 - \sqrt{36 - 28\gamma^2 + 5\gamma^4}}{2\gamma^2}$ 时, 合理协调区间 $\varphi \in$

$\left[\frac{-2\lambda + \gamma^2\lambda}{-2 + \gamma^2\lambda}, \min \left\{ \frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)}, \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2} \right\} \right], \eta_{RS} > \eta_{AD} > \eta_D$;

3) 当 $\frac{6 - \gamma^2 - \sqrt{36 - 28\gamma^2 + 5\gamma^4}}{2\gamma^2} < \lambda < 1$ 时,

$\varphi = \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}, \eta_{RS} > \eta_{AD} > \eta_D$.

命题9表明,对于任意的网络外部性强度,收入共享契约的协调效率总是最优的。在网络外部性强度较小时,合作广告契约的协调效率低于批发价契约的协调效率。但网络外部性的增强将大幅度地提升合作广告契约的协调效率,并使之高于批发价契约情形下的协调效率。因此,在需求受网络外部性、价格和广告共同影响的供应链系统中,建议制造商尽可能采用收入共享契约,因为这不仅符合供应链节点企业的利益,而且符合整个供应链系统的效益。

综上,将命题6~命题9结论归纳如下:

表2 不同网络外部性强度下三种分散化决策模型结果比较

Table 2 Comparison of three decentralized systems for different network externalities strengths

| 均衡 | $0 < \lambda < \lambda_1$ | $\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$ | $\lambda_2 < \lambda < \lambda_3$ | $\lambda_3 < \lambda < 1$ |
|-----------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| w^* | | $AD > D > RS$ | | |
| p^* | | $AD > D > RS$ | | |
| a^* | | $AD > D > RS$ | | |
| D^* | | $RS > AD > D$ | | |
| π_R^* | | $RS > D > AD$ | | $RS > AD > D$ |
| π_M^* | φ 较小: $AD > RS > D$ | $RS > AD > D$ | $RS > AD > D$ | |
| | φ 较大: $RS > AD > D$ | | | |
| | $0 < \lambda < \bar{\lambda}_1$ | | $\bar{\lambda}_1 < \lambda < 1$ | |
| η^* | $RS > D > AD$ | | $RS > AD > D$ | |

注: 其中 $\lambda_1 = \frac{2\gamma^2}{32 - 32\gamma^2 + 9\gamma^4}$, $\bar{\lambda}_1 = \frac{32 - 7\gamma^2 - \sqrt{1024 - 640\gamma^2 + 97\gamma^4}}{32}$, $\lambda_2 = \frac{6 - \gamma^2 - \sqrt{36 - 28\gamma^2 + 5\gamma^4}}{2\gamma^2}$,

$$\lambda_3 = \frac{24 - 6\gamma^2 - \sqrt{64 - 40\gamma^2 + 6\gamma^4}}{16}.$$

5 算例分析

为进一步验证和直观地理解上述结论,本节对各参数赋值,并求出相应的均衡值,然后通过图

形来进行更为直观的分析和比较。不失一般性,不妨设 $\gamma = 0.8$, 根据 φ 的约束条件 $0 < \varphi \leq \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}$, 其中 $\frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2}$ 的最小值为

0.404, 为此设 $\varphi = 0.2$, λ 在 $(0, 1)$ 之间依次取值, 可得下面的图 1~图 8.

5.1 网络外部性对均衡决策变量的影响

首先, 分析网络外部性对均衡批发价、零售价、广告投入和销量的影响, 如图 1~图 4 所示.

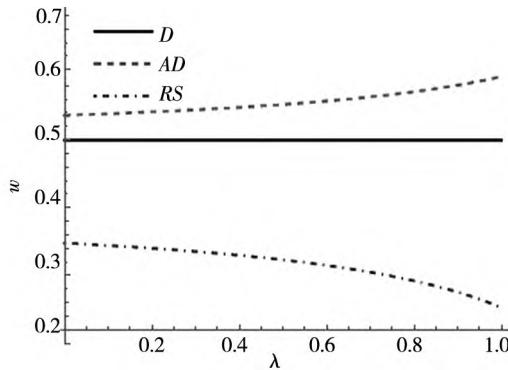


图 1 不同网络外部性强度下的批发价

Fig. 1 Wholesale price for different network externalities strengths

从图 1 可知, 合作广告下的批发价恒大于批发价契约下的批发价, 收入共享契约下的批发价最低. 同时, 广告合作下的批发价随着网络外部性强度增大而增大, 这是由于网络外部性的增强增加了制造商的广告分担成本, 为分担这部分成本, 制造商有意愿提高批发价. 而收入共享机制下的批发价随网络外部性增大而减少, 原因在于制造商通过降低批发价缓解双重边际效应, 激励零售商降低零售价格, 达到价格与网络效应的共振作用, 进而提升产品的销量. 在批发价契约情形下, 批发价不受网络外部性强度影响.

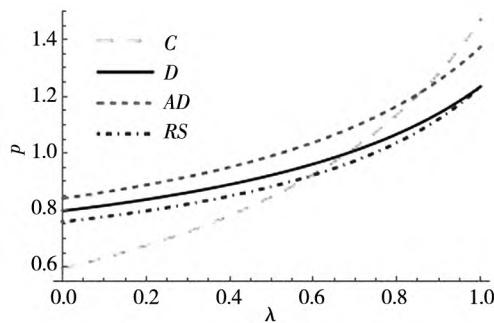


图 2 不同网络外部性强度下的零售价

Fig. 2 Retail price for different network externalities strengths

根据图 2 可知, 零售价均随着网络外部性强度增大而增大. 在分散化决策下, 相比于批发价契约, 合作广告下的零售价更高, 而收入共享机制下的零售价最低. 当网络外部性强度较小时, 集中化

决策下零售价低于分散化决策下的零售价, 但随着网络外部性强度增大, 集中化决策下零售价将逐渐高于分散化决策下的零售价. 这说明, 强网络外部性足以弥补零售商在分散化定价决策方面的边际损失.

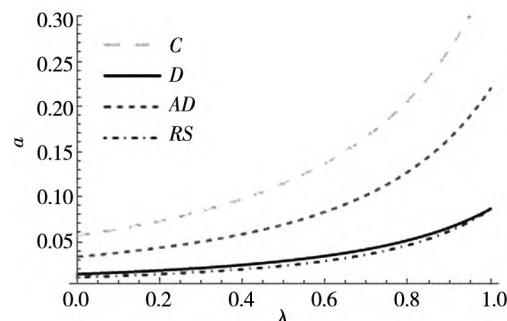


图 3 不同网络外部性强度下的广告投入

Fig. 3 Advertising investment for different network externalities strengths

图 3 表明, 随着网络外部性强度的增大, 零售商将增加广告的投放, 以获得市场需求的双重叠加影响效应. 其中, 集中化决策受网络外部性影响最大, 其广告投入增加最多, 而在分散化决策下, 广告投入最多的是合作广告决策, 收入共享契约下的广告投入最少. 因此, 可以看到, 在收入共享契约下, 零售商并不主要借助广告投放, 而是通过网络外部性和降低零售价的方式来提高市场需求.

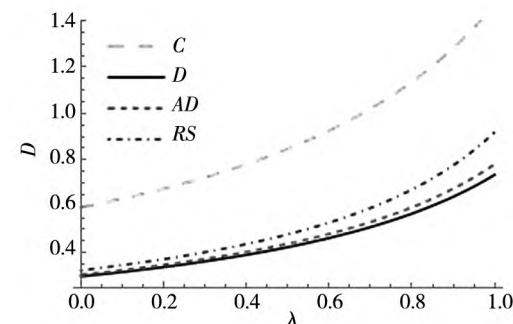


图 4 不同网络外部性强度下的销量

Fig. 4 Sales for different network externalities strengths

从图 4 可以看到, 集中化决策下的销量最高, 而在分散化决策中, 收入共享契约下的销量最高, 其次才是合作广告契约. 因此, 收入共享契约的“网络外部性 + 降价”的促销方式对市场需求的影响大于合作广告契约的“网络外部性 + 广告”的促销方式.

5.2 网络外部性和分成比例对供应链成员企业利润大小的影响

其次,对比分析不同契约下制造商和零售

商的利润大小关系,并探讨网络外部性和分成比例对制造商和零售商利润大小的影响,如图 5 所示。

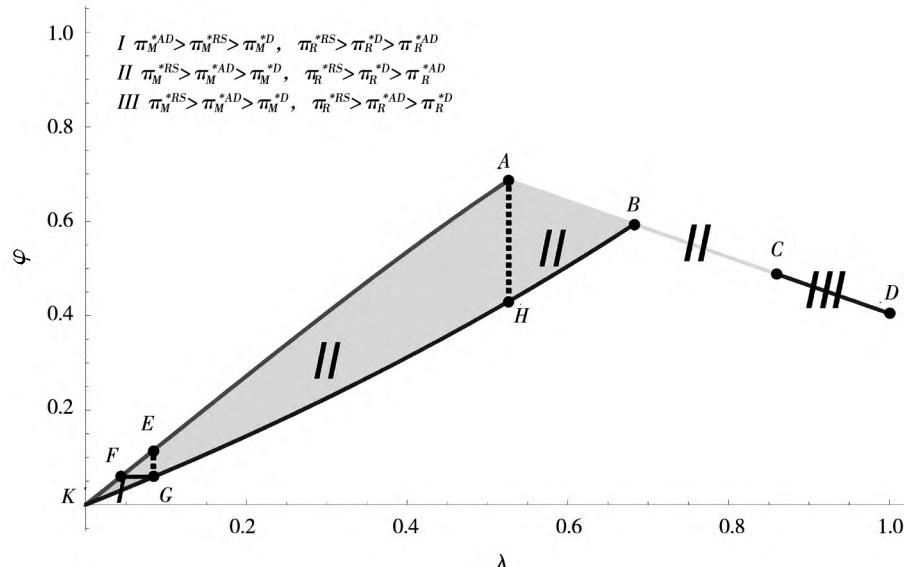


图 5 不同网络外部性强度和分成比例下的制造商与零售商利润

Fig. 5 Manufacturer and retailer profit for different network externalities strengths and the revenue shares

根据批发价契约、合作广告契约和收入共享契约下制造商利润与零售商利润的大小关系,可得出如图 5 所示的区域 I(FGK)、区域 II(AFGB 与 BC)和区域 III(CD). 在区域 I 中, $\pi_M^{*AD} > \pi_M^{*RS} > \pi_M^{*D}$, $\pi_R^{*RS} > \pi_R^{*D} > \pi_R^{*AD}$; 在区域 II 中, $\pi_M^{*RS} > \pi_M^{*AD} > \pi_M^{*D}$, $\pi_R^{*RS} > \pi_R^{*D} > \pi_R^{*AD}$; 在区域 III 中, $\pi_M^{*RS} > \pi_M^{*AD} > \pi_M^{*D}$, $\pi_R^{*RS} > \pi_R^{*AD} > \pi_R^{*D}$. 同时,根据引理 1 和命题 10 的约束条件可知,图 5 中 $\varphi = \frac{-4 + \gamma^2 + 2\lambda}{-4 + \gamma^2} = 1 - 0.595\lambda$ 的图形为直线 AD , AD

下方区域代表约束条件 $\varphi \leq 1 - 0.595\lambda$. $\varphi = \frac{(-2 + \gamma^2)\lambda}{-2 + \gamma^2\lambda} = \frac{1.36\lambda}{2 - 0.64\lambda}$ 和 $\varphi = \frac{(-2 + \gamma^2)\lambda(-4 + \gamma^2 + 2\lambda)}{4 + \gamma^4\lambda + \gamma^2(-1 - 4\lambda + \lambda^2)} = \frac{4.25(1.68 - \lambda)\lambda}{5.25 - 3.36\lambda + \lambda^2}$ 的图形分别为曲线 KB 和 KA . 直线 AD ($\varphi = 1 - 0.595\lambda$) 和曲线 KA ($\varphi = \frac{4.25(1.68 - \lambda)\lambda}{5.25 - 3.36\lambda + \lambda^2}$) 的相交点 A 所对应的网络外部性强度为 $\lambda = \frac{4 - \gamma^2 - \sqrt{2(8 - 6\gamma^2 + \gamma^4)}}{\gamma^2} = 0.526$, 与曲线 KB ($\varphi = \frac{1.36\lambda}{2 - 0.64\lambda}$) 的交点 B 所对应的网络外部性

强度为 $\lambda = \frac{6 - \gamma^2 - \sqrt{36 - 28\gamma^2 + 5\gamma^4}}{2\gamma^2} = 0.682$. 此

外,临界线 FG ($\varphi = \frac{\gamma^2}{16 - 8\gamma^2} = 0.058$) 分别和曲

线 KA ($\varphi = \frac{4.25(1.68 - \lambda)\lambda}{5.25 - 3.36\lambda + \lambda^2}$) 与曲线 KB ($\varphi = \frac{1.36\lambda}{2 - 0.64\lambda}$) 相交于点 F 和点 G , 点 G 对应的网络外

部性强度为 $\lambda = \frac{2\gamma^2}{32 - 32\gamma^2 + 9\gamma^4} = 0.084$. 点

C ($\frac{1}{16}(24 - 6\gamma^2) - \sqrt{64 - 40\gamma^2 + 6\gamma^4} = 0.86$) 为合作广告契约协调区间的分界点.

从中可看出,当 $0 < \lambda < 0.526$ 时,收入共享契约的协调区间为 $\left[\frac{1.36\lambda}{2 - 0.64\lambda}, \frac{4.25(1.68 - \lambda)\lambda}{5.25 - 3.36\lambda + \lambda^2} \right]$, 即区域 AKH ; 当 $0.526 < \lambda < 0.682$ 时,收入共享契约的协调区间为 $\left[\frac{1.36\lambda}{2 - 0.64\lambda}, 1 - 0.595\lambda \right]$, 即区域 AHB ; 当 $0.682 < \lambda < 1$ 时,收入共享契约下制造商和零售商均在直线 ($\varphi = 1 - 0.595\lambda$) BD 上取得最优值. 由此,收入共享契约的合理协调区间范围为区域 AKB 和 BD .

在区域 I、区域 II 和区域 III 中, 收入共享契约下制造商和零售商的利润均大于批发价契约下制造商和零售商的利润. 也即, 对于任意的网络外部性强度, 只要收入分成比例 φ 在合理区间范围内, 收入共享契约就总能协调供应链.

然而, 在网络外部性不足够强 $\lambda < 0.86$ (区域 I (FGK)、区域 II ($AFGB$ 与 BC) 对应的网络外部性强度) 时, 合作广告契约下零售商的利润总低于批发价契约下零售商的利润; 仅当网络外部性强度 $\lambda > 0.86$ (区域 III (CD) 对应的网络外部性强度) 时, 合作广告契约下零售商的利润才高于批发价契约下零售商的利润, 即合作广告契约仅在网络外部性强度足够大时才能协调供应链.

显然, 在区域 III (CD) 中, 收入共享契约和合作广告契约均能协调供应链, 但收入共享契约下制造商与零售商的利润均更优. 因此, 从协调性能和协调范围的角度, 收入共享契约总优于合作广告契约. 然而, 对制造商而言, 当网络外部性强度很低时, 收入共享契约下的利润是否高于合作广告契约下的利润主要依赖于收入分成比例. 从图 5 中可看出, 当 $0 < \lambda < 0.084$ 时, 合理协调区域包含区域 I (FGK) 和区域 II 部分 (EFG). 在区域 I (FGK), 即 $\frac{1.36\lambda}{2 - 0.64\lambda} \leq \varphi < 0.058$, 相比于合作广告契约情形, 收入共享契约下制造商的利润更低. 而在区域 II 部分 (EFG), 即 $0.058 \leq \varphi < \frac{4.25(1.68 - \lambda)\lambda}{5.25 - 3.36\lambda + \lambda^2}$, 收入共享契约下制造商的利润更高. 当网络外部性强度进一步增大时 ($\lambda > 0.084$), 由于合理协调区域总在直线 FG 上方 (下限 $\varphi = \frac{1.36\lambda}{2 - 0.64\lambda}$ 均大于 $\varphi = 0.058$), 故收入共享契约下制造商的利润总是更优.

对零售商而言, 无论网络外部性强度大小, 只要收入分成比例 φ 在合理区间范围内, 收入共享契约下的利润最高. 命题 8 得以验证.

5.3 网络外部性对供应链系统利润和协调效率的影响

最后, 探讨网络外部性对供应链系统利润和不同契约的协调效率的影响, 如图 6 ~ 图 8.

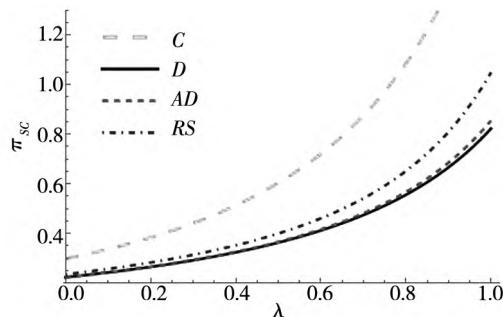


图 6 不同网络外部性强度下的的供应链系统利润

Fig. 6 Supply chain system profit for different network externalities strengths

根据图 6 可知, 供应链系统利润均随着网络外部性增大而增大, 并且, 集中化决策下的系统利润最优. 在分散化决策中, 相比于批发价契约, 收入共享契约下的系统利润更优, 然而合作广告下的系统利润是否优于批发价契约下的系统利润取决于网络外部性强度. 在网络外部性强度非常小时, 批发价契约下的系统利润优于合作广告机制下的系统利润, 随着网络外部性强度增大, 合作广告下的系统利润逐渐大于批发价契约下的系统利润. 同时发现, 随着网络外部性强度增大, 三种分散化决策情形下的供应链系统利润与集中化决策下的系统利润差距变大.

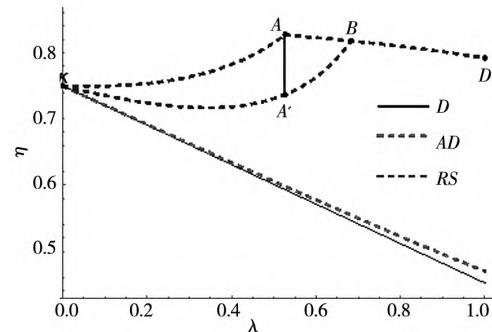


图 7 不同网络外部性强度下的协调效率

Fig. 7 Coordination efficiency for different network externalities strengths

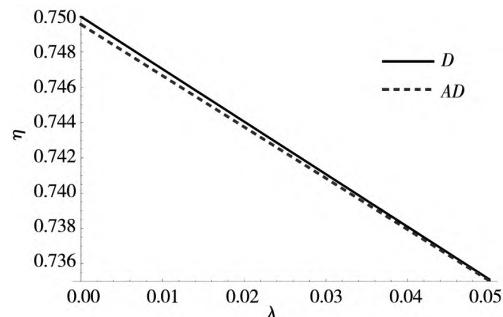


图 8 网络外部性强度较小时的协调效率对比

Fig. 8 Comparison of coordination efficiency with weak network externalities strength

如图 7 所示,收入共享契约下的协调效率波动范围为区域 AKB 和线段 BD . 其中, $\varphi = 1 - 0.595\lambda$ 的图形为直线 AD , $\varphi = \frac{4.25(1.68 - \lambda)\lambda}{5.25 - 3.36\lambda + \lambda^2}$ 和 $\varphi = \frac{1.36\lambda}{2 - 0.64\lambda}$ 的图形分别为曲线 KA 和 KB . 在区域 AKB ($0 < \lambda < 0.682$) 中, 收入共享契约的协调效率可能随着网络外部性强度增大而增大,也可能随着网络外部性强度增大而减小,完全取决于收入分成比例 φ 的大小,这种关系在区域 $AA'B$ 中表现最为明显. 这是由于制造商与零售商存在利益分歧,尤其处于线段 AB ($0.526 < \lambda < 0.682$) 时,双方利益冲突最为激烈. 这也意味着双方要做出适当的利益让步,方可提升契约的协调性能. 在线段 BD ($0.682 < \lambda < 1$) 中, 收入共享契约的协调效率就如同批发价契约和合作广告契约一样,随着网络外部性强度增大而下降. 根本原因在于,虽然较高的网络外部性有效地降低了“双重边际”的影响,但零售价的降低在不同程度上压缩了制造商与零售商的利润空间,加之分散决策中渠道双方固有的利益冲突依然存在,从而造成广告投入严重不足,导致“网络外部性 + 广告”的双重叠加效应不够显著. 然而,集中化决策下的“网络外部性 + 广告”双重叠加效应却随着网络外部性强度增大而更加显著,由此造成分散化决策与集中化决策的系统利润差异加大,即三种契约的协调效率逐步降低.

此外,无论网络外部性强度大或小,收入共享契约下的协调效率总是最高. 根据图 1 ~ 图 4 可知,收入共享契约降低“双重边际”的影响最为显著,它通过充分发挥价格作用来提升产品的销量,进而提高渠道双方的利益,提升契约的协调效率. 然而,根据图 7 ~ 图 8 可知,合作广告契约的协调效率是否高于批发价契约取决于网络外部性强度. 在网络外部性较小时,批发价契约的协调效率高于合作广告契约的协调效率. 其根本原因在于较小的网络外部性使得“网络外部性 + 广告”的双重叠加效应所带来的需求增量无法抵消双重边际效应所造成的需求减少量. 但随网络外部性强度的增加,广告投入也逐步提升,使得双重叠加效应更加显著,当其超过双重边际所带来的负面作

用时,合作广告契约的协调效率就将高于批发价契约. 命题 9 得以验证.

6 结束语

本文在需求受网络外部性、价格和广告共同影响的环境下,研究了一个由单一制造商与单一零售商构成的供应链系统. 首先构建了一个集中化决策模型,然后讨论了三个分散化决策模型:批发价契约模型,合作广告契约模型和收入共享契约模型,通过模型的对比分析,主要探讨了网络外部性对供应链渠道成员的定价和广告决策,以及契约选择的影响,得到了一系列有趣的新结论:

1) 零售价、广告努力、销售量、制造商利润与零售商利润,以及系统利润均与网络外部性强度正相关. 因此,在网络外部性环境下,零售商应根据网络外部性强度调整产品定价和广告投入. 随着网络外部性增强,零售商应相应地增加广告投入以获得双重叠加效应,而不应减少广告投入以节约成本,这样将进一步扩大产品销量,并使得零售商、制造商和供应链系统利润受益.

2) 与 Huang 和 Li^[9], Li 等^[10] 和 Xie 与 Wei^[11] 研究一样,本文同样发现,合作广告策略可以增加广告努力,扩大市场销量,但集中化决策下的广告努力和市场销量最高. 除此之外,上述文献还认为批发价契约和合作广告契约下的均衡零售价恒大于集中化决策下的均衡零售价. 然而,本文却发现网络外部性强度的变化将改变这一结论. 当网络外部性强度较小时,双重边际效应占主导,使得分散化决策(批发价契约、合作广告契约和收入共享契约)下的均衡零售价高于集中化决策下均衡零售价. 当网络外部性足够大时,双重叠加效应占主导,使得分散化决策(批发价契约、合作广告契约和收入共享契约)下的均衡零售价低于集中化决策下的均衡零售价. 这说明,足够强的网络外部性所带来的需求的增量可以弥补零售商在分散化定价决策方面的边际损失.

3) 相比于批发价契约情形,制造商在合作广告下的收益总是更优,与网络外部性无关. 而零售商在合作广告下的收益却不一定总是更优,其依赖于网络外部性强度大小. 研究发现,当网络外部

性强度较小时,合作广告契约下零售商的均衡利润小于批发价契约下的均衡利润,且合作广告下的供应链系统总利润也小于批发价契约下的供应链系统总利润。此时,合作广告契约不能协调供应链。这一结论与 Szmerekovsky 和 Zhang^[13]、Zhao 等^[14]研究结论类似,他们指出,在价格与广告投入均为内生变量时,合作广告无法实现供应链协调。然而,本文发现,当网络外部性强度足够大时,合作广告下零售商的均衡利润将大于批发价契约下的均衡利润,此时合作广告契约能够实现供应链协调。这说明,足够强的网络外部性可以抵消双重边际效应带来的负面影响,从而在供应链协调中起到重要作用,这一发现极大地补充和完善了现有供应链协调的相关理论研究。

然而,即使网络外部性强度非常大,合作广告下的供应链系统利润也恒小于集中化决策下的供应链系统利润。因此,合作广告契约不能实现供应链完美协调,并且协调效率与网络外部性强度负相关。

4) 与 Cachon 和 Lariviere^[16]与 Tsao 和 Lee^[19]的研究结论不同,本文发现,在网络外部性环境下,收入共享契约能否协调供应链不仅依赖于网络外部性强度,而且取决于收入分成比例。尤其,当网络外部性强度较小时,供应链能否协调的关键因素在于收入分成比例 φ 的设定。若制造商索取的收入分成比例较大,则零售商的参与约束将无法满足。因此,只有当收入分成比例小于某个临界值,处于一个相对合理区间范围内时,收入共享契约协调供应链才成为可能。因此,若制造商一味追求自身利润最优,则零售商必然不愿意接受收入共享契约。此时制造商须将收入分成比例适当降低,向零售商让渡一定的利益,方能促使零售商接受收入共享契约,从而实现供应链协调。此外,当网络外部性较大时,收入共享契约能让制造商和零售商共同获益,从而实现供应链的协调。

参 考 文 献:

- [1] Du C, Cooper W L, Wang Z. Optimal pricing for a multinomial logit choice model with network effects[J]. Operations Research, 2016, 64(2): 441–455.

因此,与合作广告契约相比,收入共享契约在任意的网络外部性强度情况下都具有协调供应链的可能,这不同于合作广告契约总存在一个不可协调区间。

5) 相比于批发价契约和合作广告契约,收入共享契约的协调效率总是最优的,且只要网络外部性强度和分成比例不至于过小,则制造商与零售商均偏好收入共享契约。事实上,即使在上述情形下,也只有收入共享契约同时改善了制造商和零售商的收益,使得供应链协调成为可能。但此时制造商与零售商之间存在利益分歧,需双方协商解决。当网络外部性强度较大时,制造商与零售商将不再出现利益分歧,他们均可在收入分成比例临界值处获得最优利润,并实现供应链协调。因此,在收入共享契约实际运用中务必重视网络外部性强度与收入分成比例之间的关系,这一关系将决定着供应链双方能否合作以及合作效果。

总之,在需求受网络外部性、价格和广告共同影响的供应链系统中,建议制造商尽可能采用收入共享契约(哪怕要主动放弃一部分利益),因为这不仅符合供应链节点企业的利益,而且符合整个供应链系统的效益。只有当网络外部性足够强时,合作广告契约才是一个合理选择。

本文尚有一些有趣的方向值得进一步研究。1) 事实上,制造商通常不了解零售商的广告支出,如果零售商的广告投入成本是私有信息,那么,合作广告是否依然可以协调供应链? 零售商是否会为骗取制造商分担更多的广告费用而谎报更高的广告投入? 网络外部性在其中将起到何种作用;2) 本文假定制造商是斯坦伯格博弈的领导者,但是实践中大型零售商(如沃尔玛、亚马逊)也常常作为渠道的领导者。因此,一个有趣的方向是当零售商作为渠道领导者且收入共享契约由零售商来提供时,收入共享契约是否依然能够协调供应链,而此时网络外部性又将对收入共享契约产生何种影响。

- [2] Katz M L, Shapiro C. Network externalities, competition, and compatibility[J]. *The American Economic Review*, 1985, 75(3): 424–440.
- [3] 周雄伟, 蔡丹, 李世刚, 等. 基于网络外部性和质量差异化的产品定价策略[J]. *管理科学学报*, 2019, 22(8): 1–16.
Zhou Xiongwei, Cai Dan, Li Shigang, et al. Monopoly pricing strategy of quality-differentiated products with network externality[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2019, 22(8): 1–16. (in Chinese)
- [4] Bagwell K. The economic analysis of advertising[J]. *Handbook of Industrial Organization*, 2007, (3): 1701–1844.
- [5] Liu B, Cai G, Tsay A A. Advertising in asymmetric competing supply chains[J]. *Production and Operations Management*, 2014, 23(11): 1845–1858.
- [6] Pei Z, Toombs L, Yan R. How does the added new online channel impact the supporting advertising expenditure? [J]. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2014, 21(3): 229–238.
- [7] Yang J, Xie J, Deng X, et al. Cooperative advertising in a distribution channel with fairness concerns[J]. *European Journal of Operational Research*, 2013, 227(2): 401–407.
- [8] He X, Prasad A, Sethi S P. Cooperative advertising and pricing in a dynamic stochastic supply chain: Feedback Stackelberg strategies[J]. *Production and Operations Management*, 2009, 18(1): 78–94.
- [9] Huang Z, Li S X. Co-op advertising models in manufacturer-retailer supply chains: A game theory approach[J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 135(3): 527–544.
- [10] Li S X, Huang Z, Zhu J, et al. Cooperative advertising, game theory and manufacturer-retailer supply chains[J]. *Omega*, 2002, 30(5): 347–357.
- [11] Xie J, Wei J C. Coordinating advertising and pricing in a manufacturer-retailer channel[J]. *European Journal of Operational Research*, 2009, 197(2): 785–791.
- [12] 谭建, 王先甲. 供应链中价格与广告均衡决策研究[J]. *系统管理学报*, 2014, 23(4): 595–601.
Tan Jian, Wang Xianjia. On equilibrium of pricing and advertising decision in supply chain[J]. *Journal of Systems & Management*, 2014, 23(4): 595–601. (in Chinese)
- [13] Szmerekowsky J G, Zhang J. Pricing and two-tier advertising with one manufacturer and one retailer[J]. *European Journal of Operational Research*, 2009, 192(3): 904–917.
- [14] Zhao L, Zhang J, Xie J. Impact of demand price elasticity on advantages of cooperative advertising in a two-tier supply chain[J]. *International Journal of Production Research*, 2016, 54(9): 2541–2551.
- [15] Karray S, Martín-Herrán G, Sigué S P. Managing advertising investments in marketing channels[J]. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2022, (65): 102852.
- [16] Cachon G P, Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations[J]. *Management Science*, 2005, 51(1): 30–44.
- [17] Yao Z, Leung S C, Lai K K. Manufacturer's revenue-sharing contract and retail competition[J]. *European Journal of Operational Research*, 2008, 186(2): 637–651.
- [18] Pan K, Lai K K, Leung S C, et al. Revenue-sharing versus wholesale price mechanisms under different channel power structures[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 203(2): 532–538.
- [19] Tsao Y, Lee P. Employing revenue sharing strategies when confronted with uncertain and promotion-sensitive demand[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2020, (139): 106200.
- [20] Zhang J, Liu G, Zhang Q, et al. Coordinating a supply chain for deteriorating items with a revenue sharing and cooperative investment contract[J]. *Omega*, 2015, (56): 37–49.
- [21] Wang J, Shin H. The impact of contracts and competition on upstream innovation in a supply chain[J]. *Production and Operations Management*, 2015, 24(1): 134–146.
- [22] Prasad A, Venkatesh R, Mahajan V. Optimal bundling of technological products with network externality[J]. *Management Science*, 2010, 56(12): 2224–2236.

- [23] Nejad M G. Optimal pricing for the growth of innovations with direct network externalities: An agent-based approach[J]. *Journal of Product & Brand Management*, 2013, 22(2): 180–190.
- [24] Fainmesser I P, Galeotti A. Pricing network effects[J]. *The Review of Economic Studies*, 2016, 83(1): 165–198.
- [25] 易余胤, 李贝贝. 考虑交叉网络外部性的视频平台商业模式研究[J]. *管理科学学报*, 2020, 23(11): 1–22.
Yi Yuyin, Li Beibei. Video platform business model with positive and negative cross-network externalities[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2020, 23(11): 1–22. (in Chinese)
- [26] 李永立, 刘超, 樊宁远, 等. 众筹平台上网络外部性的价值度量模型[J]. *管理科学学报*, 2020, 23(6): 44–58.
Li Yongli, Liu Chao, Fan Ningyuan, et al. Value measurement model of network externality in a crowdfunding platform [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2020, 23(6): 44–58. (in Chinese)
- [27] Yi Y, Yang H. Wholesale pricing and evolutionary stable strategies of retailers under network externality[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 259(1): 37–47.
- [28] Xu B, Yao Z, Wu S. Pricing strategies for a bundled channel with services network effects[J]. *International Journal of Production Research*, 2021, 59(10): 3152–3168.
- [29] 陈东彦, 于浍, 侯玲. 考虑延时效应的供应链动态合作广告策略研究[J]. *管理科学学报*, 2017, 20(9): 25–35.
Chen Dongyan, Yu Hui, Hou Ling. Dynamic cooperative advertising strategies in a supply chain with lagged effect[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2017, 20(9): 25–35. (in Chinese)
- [30] Jørgensen S, Zaccour G. A survey of game-theoretic models of cooperative advertising[J]. *European Journal of Operational Research*, 2014, 237(1): 1–14.
- [31] Liang D, Xie J, Zhu W, et al. Cooperative advertising in social networks with positive externalities[J]. *Naval Research Logistics (NRL)*, 2021, (12): 1–13.
- [32] Seyedesfahani M M, Biazaran M, Gharakhani M. A game theoretic approach to coordinate pricing and vertical co-op advertising in manufacturer-retailer supply chains[J]. *European Journal of Operational Research*, 2011, 211(2): 263–273.
- [33] Kunter M. Coordination via cost and revenue sharing in manufacturer-retailer channels[J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 216(2): 477–486.
- [34] Yao F, Parilina E, Zaccour G, et al. Accounting for consumers' environmental concern in supply chain contracts[J]. *European Journal of Operational Research*, 2022, 301(3): 987–1006.
- [35] Bhaskaran S R, Krishnan V. Effort, revenue, and cost sharing mechanisms for collaborative new product development[J]. *Management Science*, 2009, 55(7): 1152–1169.
- [36] Zhang Y, Donohue K, Cui T H. Contract preferences and performance for the loss-averse supplier: Buyback vs. revenue sharing[J]. *Management Science*, 2016, 62(6): 1734–1754.
- [37] Farshbaf-Geranmayeh A, Zaccour G. Pricing and advertising in a supply chain in the presence of strategic consumers[J]. *Omega*, 2021, (101): 102239.
- [38] Bagwell K. The economic analysis of advertising[J]. *Handbook of Industrial Organization*, 2007, (3): 1701–1844.
- [39] Jiang B, Tian L, Xu Y, et al. To share or not to share: Demand forecast sharing in a distribution channel[J]. *Marketing Science*, 2016, 35(5): 800–809.
- [40] Zhang T, Zhu X, Zhou C, et al. Pricing and advertising the relief goods under various information sharing scenarios[J]. *International Transactions in Operational Research*, 2017, 24(4): 867–889.
- [41] Hoernig S. Strategic delegation under price competition and network effects[J]. *Economics Letters*, 2012, 117(2): 487–489.
- [42] Chirco A, Scrimatore M. Choosing price or quantity?: The role of delegation and network externalities[J]. *Economics Letters*, 2013, 121(3): 482–486.
- [43] Desiraju R, Moorthy S. Managing a distribution channel under asymmetric information with performance requirements[J]. *Management Science*, 1997, 43(12): 1628–1644.

- [44] Karray S. Periodicity of pricing and marketing efforts in a distribution channel [J]. European Journal of Operational Research, 2013, 228(3) : 635 – 647.
- [45] Chiu C H, Choi T M, Dai X, et al. Optimal advertising budget allocation in luxury fashion markets with social influences: A mean-variance analysis [J]. Production and Operations Management, 2018, 27(8) : 1611 – 1629.
- [46] Kong G, Rajagopalan S, Zhang H. Revenue sharing and information leakage in a supply chain [J]. Management Science, 2013, 59(3) : 556 – 572.

Coordinating supply chain advertising and pricing under network externalities

LIANG Jia-mi¹, YI Yu-yin^{2*}

1. School of Health Management, Guangzhou Medical University, Guangzhou 511436, China;
2. School of Management, Jinan University, Guangzhou 510632, China

Abstract: This paper considers a two-echelon supply chain in which demand is jointly influenced by network externalities, advertising, and price. The purpose is to investigate the impacts of network externalities on the pricing and advertising decisions of supply chain members, as well as on contract selection. The results show that network externalities increase product prices and advertising investments, which creates a double superposition advertising effect that significantly increases sales and benefits both the retailer and the manufacturer. However, double marginalization still exists in the decentralized system, meaning that product sales, advertising investment and system profit are all better under the centralized system. The advertising cooperative contract and revenue-sharing contract are examined to coordinate the supply chain. It is found that only the revenue-sharing contract can successfully coordinate the supply chain when the strength of network externalities is weak, under some conditions. When network externalities are strong, both contracts can coordinate the supply chain, but the revenue-sharing contract is more efficient.

Key words: network externalities; wholesale price contracts; cooperative advertising contracts; revenue-sharing contracts; supply chain coordination