

考虑实时评论和差评回复的农产品直播 供应链销售模式选择^{*}

李常洪 王箫

(山西大学 经济与管理学院, 山西 太原 030031)

摘 要 基于自播与网红直播两种方式, 考虑实时评论和差评回复, 构建农产品直播供应链模型, 分析佣金率等参数对供应链决策的影响。研究发现: 提供“差评回复”服务能提升各方利益; 市场需求小、网红佣金率(直播服务对实时评论的影响或差评回复对消费者差评感知的影响)低时, 最优销售模式为提供“差评回复”服务+网红直播。市场需求小、网红佣金率高或市场需求大时, 最优模式为提供“差评回复”服务+自播。

关键词 农产品直播供应链, 实时评论, 差评敏感度, 差评回复

中图分类号 F274; F724.6; F252

1 引言

随着信息技术的快速发展和消费方式的升级, “直播模式”的网络购物已经成为当下主流的在线商业模式之一^[1-3]。根据《中国网络视听发展研究报告(2025)》, 截至2024年12月, 我国网络视听用户规模达10.91亿人, 网络直播用户规模为8.33亿人^[4]。目前直播带货模式主要分为品牌自播带货与网红直播带货两种^[5, 6]。据统计, 2023年Q1“Teenie Weenie”品牌的抖音成交总额中直播销售额占比84%, 其中品牌自播占比达97.02%。2024年1月, 入驻抖音平台不到1个月时间的“与辉同行”直播间的销售量超过1500万件, 总销售额超过8.8亿元。不同直播主体在带货效果及盈利中表现出的差异日渐明显^[7, 8]。品牌自播粉丝少但专业度高、成本低, 能满足消费者常态化购物需求^[9, 10]。费威和王阔^[11]研究发现, 品牌商选择自播模式有利于其长期发展, 并且商家自播时提供的食品质量水平较高。黄敏学等^[7]发现, 企业主播推荐介绍实用品会触发消费者的内化机制, 并提高其购买意愿和产品销量。网红直播覆盖范围广、粉丝多、带货能力强, 但佣金高、竞品多、讲解少^[5]。例如, 赵保国和王耘丰^[12]将电商主播特征概括为互动性、真实性、专业性和知名度, 并验证了主播特征对消费者购买意愿的促进作用。熊浩等^[13]则进一步构建了基于主播特征的需求函数, 并结合基本酬劳和佣金率构建了利润函数, 探讨了直播带货供应链的定价与协调问题。网红直播带货已经成为品牌短期迅速扩大销售和清理库存的重要手段, 但邹玉凤等^[14]认为网红直播的消费者回购率、回购金额较低, 而坑位费和佣金高昂, 促使不少品牌转向自建直播间。两种直播方式各有优劣, 对供应商而言, 如何恰当地选择并引入适合自身的直播模式是一个难题。

^{*} 基金项目: 国家社会科学基金一般项目(25BGL303)。

通信作者: 王箫, 山西大学经济与管理学院, 硕士研究生, E-mail: wx139507@163.com。

此外,消费者在做出购买决策时,除了关注产品的功能价值,还会通过实时评论内容来了解产品信息。韩雨彤等^[15]的研究表明实时评论内容属于一类特殊评论,是消费者之间关于产品信息的实时互动。喻昕和许正良^[16]则进一步指出,实时评论具有互动性、娱乐性、可视性和有用性的特点,可以提高用户观看视频时的控制感和集中感。Fang 等^[2]的研究揭示了消费者在观看带有实时评论的视频时,更容易感受到其他消费者的存在,并且可以通过发送评论与其他消费者相互联系,缩短了消费者之间的心理距离,提高了观看体验的社会临场感。实时评论作为直播领域的新兴现象虽受到广泛关注,但现有研究多为实证,尚缺乏从博弈论角度探讨其对农产品直播供应链影响的深入分析。

此外,随着消费者差评感知程度的提高,差评会直接影响其他潜在消费者对产品的态度,还会对品牌形象和长期利益造成损害。随着法规的完善和消费者意识的提高,回复负面评论作为一种积极的处理方式逐渐受到管理者的青睐。越来越多的商家开始安排专业人员制定专业的回复方案,回复人员的专业程度与评价内容和产品的销量之间呈正相关关系^[17],回复的频率和速度会提升消费者的参与度,从而带来更多的评价数量、更高的评分^[18],具有针对性的管理反馈能让消费者感知到良好的沟通质量并提高信任^[19]。将差评回复作为一种营销手段,通过及时、诚恳的回复,如表达歉意、解释原因、提出解决方案等,可以降低差评的影响,转变消费者的态度,提升品牌形象。尽管实践中差评回复的重要性日益凸显,但学术界在构建差评回复的理论框架方面仍显薄弱,缺乏系统的理论模型来解释差评回复如何影响消费者行为、供应商利润。

目前诸多学者对直播模式、实时评论和差评回复等进行了诸多论述与验证,取得了较多的研究成果,但仍存在以下问题:第一,在农产品直播供应链的定价研究方面,现有文献往往仅关注单一的直播主体,忽略了不同直播主体因特点和影响力差异而使带货效果不同。第二,关于实时评论、“差评回复”服务在农产品直播供应链中的作用,现有文献多为实证研究,通过收集和分析实际数据来探讨其影响。鲜有文献从博弈论的角度进行研究,深入探究这些服务如何影响直播主体之间的策略选择和互动行为。第三,现有文献在探讨实时评论和“差评回复”服务时,往往将它们视为独立的因素进行单独分析。然而,在农产品直播供应链中,这两者之间存在着紧密的互动关系,共同影响着直播主体的定价策略和消费者购买行为。

基于上述研究背景,本文拟讨论以下问题:①网红的佣金率、直播服务对实时评论的影响以及差评回复对消费者差评感知的影响如何影响企业决策?②是否应该提供“差评回复”服务?③对于农产品供应商来说,哪种带货方式能为其带来最大的经济效益?

2 问题描述与模型假设

2.1 问题描述

本文构建了一个由农产品供应商、直播平台 and 主播(供应商或网红)构成的供应链模型。在该模型中,我们考虑了四种直播带货方式:不提供“差评回复”服务的农产品供应商自播(NM 模型)、不提供“差评回复”服务的聘请网红直播(NW 模型)、提供“差评回复”服务的农产品供应商自播(YM 模型)和提供“差评回复”服务的聘请网红直播(YW 模型)。通过求解得出各个参与主体的最优解,并且通过分析和对比,研究网红的佣金率、直播服务对实时评论的影响以及差评回复对消费者差评感知的影响程度这三个参数对供应链成员利润的影响。本文有望为农产品供应商在直播带货策略的选择上提供切实可行的参考,并帮助其优化直播带货策略,提升经济效益和 brand 影响力。图 1、图 2 分别显示了四种模型结构及供应链决策顺序。

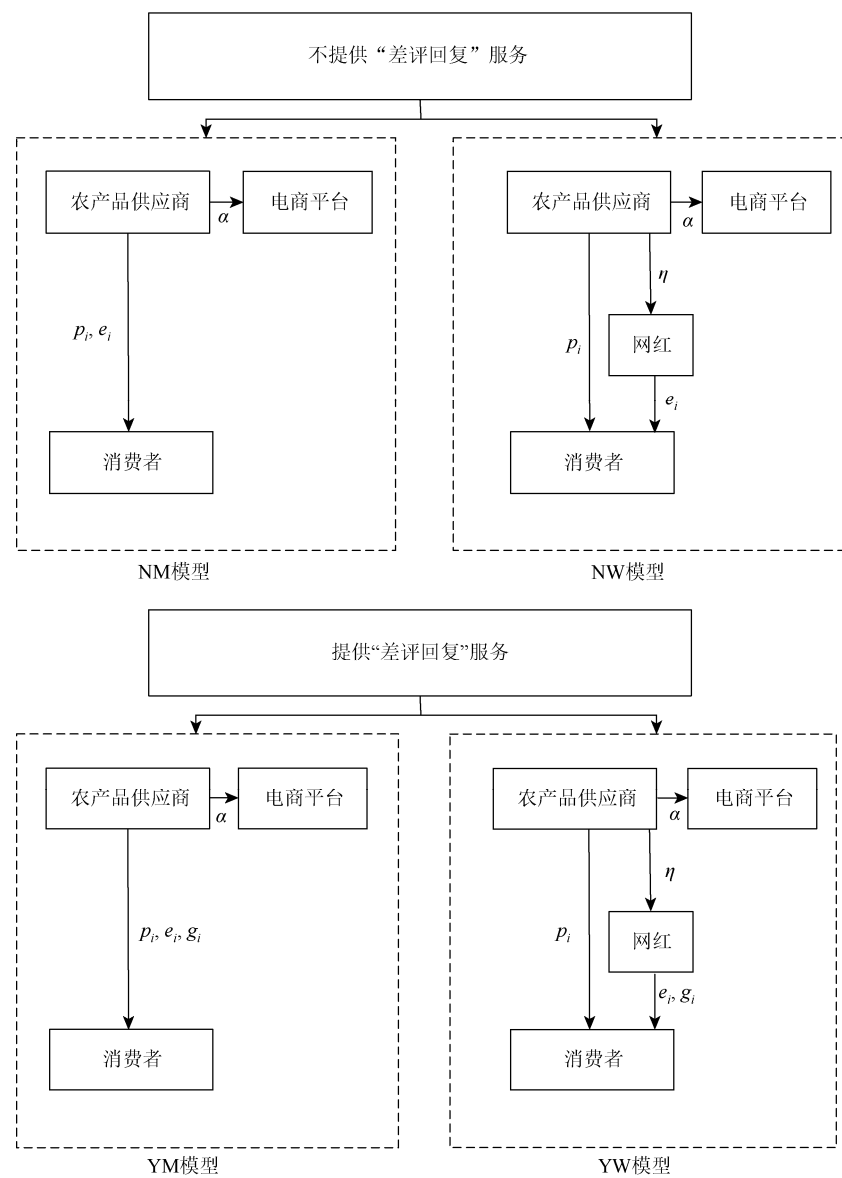


图1 四种模型结构

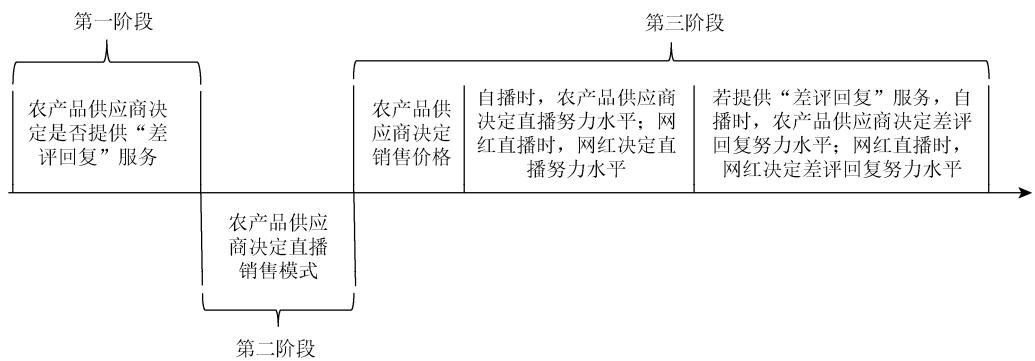


图2 供应链决策顺序

2.2 符号说明

为了方便问题描述，文中所有参数的定义如表 1 所示。

表 1 数学符号及含义

参数	含义
p_i	不同模式下的销售价格（ $i=1,2,3,4$ ，分别代表 NM 模型、NW 模型、YM 模型、YW 模型）
a	潜在市场需求
b	消费者对价格的敏感系数
f	初始负面评论占比
y	直播服务对实时评论的影响
s	消费者对实时评论的敏感系数
F	负面评论占比
g_i	差评回复努力（ $i=3,4$ ，分别代表 YM 模型、YW 模型）
k	差评回复成本系数
r	差评回复对消费者差评感知的影响程度
β	消费者对直播的敏感系数
e_i	直播努力水平（ $i=1,2,3,4$ ，分别代表 NM 模型、NW 模型、YM 模型、YW 模型）
σ	直播成本系数
μ	市场需求对流量的敏感系数
j	网红的流量效应
φ	供应商根据主播的流量效应确定的基本酬劳系数
η	网红的佣金率
α	平台的佣金率
D_i	市场需求（ $i=1,2,3,4$ ，分别代表 NM 模型、NW 模型、YM 模型、YW 模型）
Π_{mi}	不同模式下农产品供应商的利润（ $i=1,2,3,4$ ，分别代表 NM 模型、NW 模型、YM 模型、YW 模型）
Π_{wi}	不同模式下网红的利润（ $i=2,4$ ，分别代表 NW 模型、YW 模型）

2.3 模型假设

假设 1：农产品的生产成本为 c ，为了简化后文模型求解，假设 $c=0$ ^[20]。

假设 2：直播带货努力成本假设。消费者可以通过观看直播提升购物体验，这与主播的直播努力水平 e 和消费者对直播的敏感系数 β 密切相关。主播的努力成本与其直播带货的能力成反比，即在同等的直播努力水平下，主播的带货能力越强，其努力成本越低。因此，令主播直播带货努力成本为 $\frac{\sigma e^2}{2}$ ^[21]，其中， σ 为直播成本系数。

假设 3: 主播收费假设。当农产品供应商选择网红直播带货时, 由于网红的能力有限, 每天只能销售一定数量的产品。所以供应商必须向网红支付一定的费用, 即“坑位费”, 网红才会在直播间列出和介绍产品。参照熊浩等^[13]的研究, “坑位费”取决于主播人气, 是基本酬劳系数 φ 与流量效应 j 的乘积。此外还需支付 η 比例的佣金。因而, 假设网红直播后按商定的佣金率获取佣金, 即网红直播佣金=销售额 $\times$ 网红直播佣金率, 一般不超过 35%, 本文假设网红的佣金率为 $0 < \eta < 0.5$ ^[22, 23]。

假设 4: 直播平台收费假设。农产品供应商引入直播带货后, 需要给予平台佣金。本文假设平台佣金率为 α , 取值范围为 $0 < \alpha < 0.5$ ^[24]。

假设 5: 实时评论假设。消费者在做出购买决策时, 除了关注产品的功能价值, 还会通过实时评论内容来了解产品信息。在直播间内, 所有消费者都可以在直播界面下方的对话框内发送评论内容, 商家也可以对评论内容进行回复。直播营销努力的投入会影响消费者的购物体验, 从而在公屏上发表正面或负面评论。在本文中, 假设直播努力会对实时评论产生积极影响, 从而降低负面评论占比, 因此在线评论可以表示为 $F = f - ey$ ^[25]。当 $f > ey$, 即直播努力不足以降低产品的负面评论时, $F > 0$; 反之 $F < 0$, 表示正面评论。

假设 6: “差评回复”服务假设。在本文中“差评”是指消费者在观看直播时在弹幕上发表负面评论, 差评可能来自已购买产品的消费者 (因为产品质量、服务体验、物流速度等原因产生不满), 也可能来自未购买产品的观众 (因为直播内容、主播表现、弹幕氛围等原因发表差评)。在提供“差评回复”的情况下, 差评回复努力需要付出的成本记为 kg^2 。差评回复会使消费者对差评的负面感知下降一定程度 $\frac{gr}{F}$ 。此时消费者对负面评论的敏感性为: $s - \frac{gr}{F}$ ^[26]。

假设 7: 与以往的研究一致, 假定供需平衡, 不存在缺货的情况。此外, 假定博弈各方在市场信息方面不存在不对称情况, 各参与方都是理性和风险中性的决策者, 他们在制定决策时会综合考虑利润、成本 and 市场需求等多种因素, 以达到对己方最有利的结果。

3 模型构建与求解

分别构建 NM、NW、YM、YW 四种模型, 通过求解得出不同模型下供应链成员的最优解。

3.1 NM 模型

考虑直播过程中的实时评论 (即弹幕) 对消费者购买意愿的影响。农产品供应商自己进行直播, 市场需求为: $D_1 = a + \beta e_1 - b p_1 - s F$ 。农产品供应商首先决定销售价格, 然后决定直播努力水平。在此过程中农产品供应商不仅要承担直播成本, 还要向平台支付一定的分成。此时, 农产品供应商的利润为

$$\Pi_{m1} = p_1(1 - \alpha)D_1 - \frac{e_1^2 \sigma}{2} \quad (1)$$

利用逆向归纳法求得定理 1。

定理 1: 当 $(-1 + \alpha)(sy + \beta)^2 + 2b\sigma > 0$ 时, 存在最优解。最优解分别为

$$p_1^* = \frac{\sigma(a - fs)}{2b\sigma - s^2y^2 + \alpha\beta^2 - \beta^2 + \alpha s^2y^2 - 2\beta sy + 2\alpha\beta sy} \quad (2)$$

$$e_1^* = -\frac{(\beta + sy)(\alpha - 1)(a - fs)}{2b\sigma - s^2y^2 + \alpha\beta^2 - \beta^2 + \alpha s^2y^2 - 2\beta sy + 2\alpha\beta sy} \quad (3)$$

$$D_1^* = \frac{b(a-fs)\sigma}{(-1+\alpha)(sy+\beta)^2+2b\sigma} \quad (4)$$

$$\Pi_{m1}^* = -\frac{\sigma(\alpha-1)(a-fs)^2}{2(2b\sigma-s^2y^2+\alpha\beta^2-\beta^2+\alpha s^2y^2-2\beta sy+2\alpha\beta sy)} \quad (5)$$

3.2 NW 模型

考虑直播过程中的实时评论（即弹幕）对消费者购买意愿的影响。农产品供应商委托网红主播进行直播销售，市场需求为： $D_2 = a + \beta e_2 - b p_2 + \mu j - sF$ 。农产品供应商首先决定销售价格，然后网红决定直播努力水平。在此过程中农产品供应商不仅要承担直播成本，还需要向网红支付佣金和“坑位费”、向平台支付分成。网红需要承担直播成本。此时，农产品供应商与网红的利润分别为

$$\Pi_{m2} = p_2(1-\alpha+\eta)D_2 - \varphi j \quad (6)$$

$$\Pi_{w2} = \eta p_2 D_2 + \varphi j - \frac{e_2^2 \sigma}{2} \quad (7)$$

利用逆向归纳法求得定理 2。

定理 2：当 $\frac{(-1+\alpha+\eta)(-2(sy+\beta)^2\eta+2b\sigma)}{\sigma} < 0$ 时，存在最优解。最优解分别为

$$p_2^* = -\frac{\sigma(a-fs+\mu j)}{2(\eta\beta^2+2\eta\beta sy+\eta s^2y^2-b\sigma)} \quad (8)$$

$$e_2^* = -\frac{\eta(\beta+sy)(a-fs+\mu j)}{2(\eta\beta^2+2\eta\beta sy+\eta s^2y^2-b\sigma)} \quad (9)$$

$$D_2^* = \frac{1}{2}(a-fs+j\mu) \quad (10)$$

$$\Pi_{m2}^* = \frac{((-1+\alpha+\eta)(a-fs+j\mu)^2\sigma-4j((sy+\beta)^2\eta-b\sigma)\varphi)}{(4(sy+\beta)^2\eta-4b\sigma)} \quad (11)$$

$$\Pi_{w2}^* = -\frac{\eta(a-fs+j\mu)^2\sigma(3(sy+\beta)^2\eta-2b\sigma)}{8((sy+\beta)^2\eta-b\sigma)^2} + j\varphi \quad (12)$$

3.3 YM 模型

在 NM 模型的基础上，提供“差评回复”服务，即当有消费者在弹幕上发表负面评论时，主播及时在直播间对该负面评论进行回应。该模型中，市场需求为： $D_3 = a + \beta e_3 - b p_3 - (f - e_3 y) \left(s - \frac{g_3 r}{f - e_3 y} \right)$ 。农产品供应商首先决定销售价格，然后决定直播努力水平和差评回复努力。在此过程中农产品供应商不仅要承担直播成本、差评回复成本，还要向平台支付一定的分成。此时，农产品供应商的利润为

$$\Pi_{m3} = p_3(1-\alpha)D_3 - g_3^2 k - \frac{e_3^2 \sigma}{2} \quad (13)$$

利用逆向归纳法求得定理 3。

定理 3: 当 $-(\alpha-1)(2b\sigma-s^2y^2+\alpha\beta^2-\beta^2+\alpha s^2y^2-2\beta sy+2\alpha\beta sy)>0$ 、 $(\alpha-1)[2k(\alpha-1)(sy+\beta)^2+4bk\sigma+r^2\sigma(\alpha-1)]<0$ 时, 存在最优解。最优解分别为

$$p_3^* = \frac{2k\sigma(a-fs)}{2k(\alpha-1)(sy+\beta)^2+4bk\sigma+r^2\sigma(\alpha-1)} \quad (14)$$

$$e_3^* = -\frac{2k(\beta+sy)(\alpha-1)(a-fs)}{2k(\alpha-1)(sy+\beta)^2+4bk\sigma+r^2\sigma(\alpha-1)} \quad (15)$$

$$g_3^* = -\frac{r\sigma(\alpha-1)(a-fs)}{2k(\alpha-1)(sy+\beta)^2+4bk\sigma+r^2\sigma(\alpha-1)} \quad (16)$$

$$D_3^* = \frac{2bk(a-fs)\sigma}{2k(-1+\alpha)(sy+\beta)^2+4bk\sigma+r^2(-1+\alpha)\sigma} \quad (17)$$

$$\Pi_{m3}^* = -\frac{k\sigma(\alpha-1)(a-fs)^2}{2k(\alpha-1)(sy+\beta)^2+4bk\sigma+r^2\sigma(\alpha-1)} \quad (18)$$

3.4 YW 情境

在 NW 模型的基础上, 提供“差评回复”服务, 即当有消费者在弹幕上发表负面评论时, 网红主播及时在直播间对该负面评论进行回应。该模型中, 市场需求为:

$D_4 = a + \beta e_4 - b p_4 + \mu j - (f - e_4 y) \left(s - \frac{g_4 r}{f - e_4 y} \right)$ 。农产品供应商首先决定销售价格, 然后网红决定直播努力水平和差评回复努力。在此过程中农产品供应商需要向网红支付佣金和“坑位费”、向平台支付一定的分成。网红需要承担直播成本和差评回复成本。此时, 农产品供应商与网红的利润分别为

$$\Pi_{m4} = p_4(1-\alpha+\eta)D_4 - \varphi j \quad (19)$$

$$\Pi_{w4} = \eta p_4 D_4 + \varphi j - g_4^2 k - \frac{e_4^2 \sigma}{2} \quad (20)$$

利用逆向归纳法求得定理 4。

定理 4: 当 $\frac{(-1+\alpha+\eta)(-2k\eta(sy+\beta)^2+2bk\sigma-r^2\eta\sigma)}{k\sigma} < 0$ 时, 存在最优解。最优解分别为

$$p_4^* = -\frac{k\sigma(a-fs+\mu j)}{2\eta k\beta^2+4\eta k\beta sy+\eta\sigma r^2+2\eta k s^2 y^2-2bk\sigma} \quad (21)$$

$$e_4^* = -\frac{\eta k(\beta+sy)(a-fs+\mu j)}{2\eta k\beta^2+4\eta k\beta sy+\eta\sigma r^2+2\eta k s^2 y^2-2bk\sigma} \quad (22)$$

$$g_4^* = -\frac{\eta r\sigma(a-fs+\mu j)}{4\eta k\beta^2+8\eta k\beta sy+2\eta\sigma r^2+4\eta k s^2 y^2-4bk\sigma} \quad (23)$$

$$D_4^* = \frac{1}{2}(a-fs+j\mu) \quad (24)$$

$$\Pi_{m4}^* = \frac{k\sigma(-1+\alpha+\eta)(a-fs+j\mu)^2}{4k\eta(sy+\beta)^2-4bk\sigma+2r^2\eta\sigma} - j\varphi \quad (25)$$

$$\Pi_{w4}^* = -\frac{k\eta\sigma(a-fs+j\mu)^2[6k\eta(sy+\beta)^2-4bk\sigma+3r^2\eta\sigma]}{4[2k\eta(sy+\beta)^2-2bk\sigma+r^2\eta\sigma]} + j\varphi \quad (26)$$

4 模型分析

4.1 主要参数影响分析

命题 1: 网红佣金率的影响。在 NW 模型中, $\frac{p_2^*}{\eta} > 0$, $\frac{e_2^*}{\eta} > 0$, $\frac{\Pi_{m2}^*}{\eta} < 0$, $\frac{\Pi_{w2}^*}{\eta} > 0$; 在 YW 模型中, $\frac{p_4^*}{\eta} > 0$, $\frac{e_4^*}{\eta} > 0$, $\frac{g_4^*}{\eta} > 0$, $\frac{\Pi_{m4}^*}{\eta} < 0$, $\frac{\Pi_{w4}^*}{\eta} > 0$ 。

根据命题 1 可知, 在 NW、YW 模型中, 销售价格、直播努力及网红的利润随网红佣金率的提高而变大, 农产品供应商的利润随网红佣金率的提高而变小。在 YW 模型中, 差评回复努力随网红佣金率的提高而变大。这是因为, 当网红佣金率提高时, 销售产品需要覆盖的成本也会相应增加, 为了维持或提高利润, 销售价格会随之上升。网红获得的佣金越高, 就越有动力去努力直播以吸引观众并投入更多的努力来回复和处理差评, 提高销售量及其利润。然而, 网红佣金率的提高意味着供应商利润随之减少。

命题 2: 直播服务对实时评论的影响, 在 NM 模型中, $\frac{p_1^*}{y} > 0$, $\frac{e_1^*}{y} > 0$, $\frac{\Pi_{m1}^*}{y} > 0$; 在 NW 模型中, $\frac{p_2^*}{y} > 0$, $\frac{e_2^*}{y} > 0$, $\frac{\Pi_{m2}^*}{y} > 0$; 在 YM 模型中, $\frac{p_3^*}{y} > 0$, $\frac{e_3^*}{y} > 0$, $\frac{g_3^*}{y} > 0$, $\frac{\Pi_{m3}^*}{y} > 0$; 在 YW 模型中 $\frac{p_4^*}{y} > 0$, $\frac{e_4^*}{y} > 0$, $\frac{g_4^*}{y} > 0$, $\frac{\Pi_{m4}^*}{y} > 0$ 。

命题 2 表明无论在何种模型中, 直播服务对实时评论的影响越大, 越能够促进直播努力水平、产品价格、差评回复努力 (在提供“差评回复”服务的模型中) 的提升, 从而增加农产品供应商的利润。出现这种现象的主要原因是当直播服务对实时评论产生较大影响时, 直播过程中的负面评论占比将大幅降低, 此时观众的积极反馈能够激励主播, 促使他们更加努力地提升直播内容和展示方式。高质量的直播服务和积极的实时评论可以塑造产品的正面形象, 为供应商提供提价的空间, 推动产品的销量并带动利润的增长。在提供“差评回复”服务模型中, 直播服务对实时评论的影响越大, 观众的积极反馈越能够激励主播, 从而投入的差评回复努力越多。

命题 3: 差评回复对消费者差评感知的影响, 在 YM 模型中, $\frac{p_3^*}{r} > 0$, $\frac{e_3^*}{r} > 0$, $\frac{g_3^*}{r} > 0$, $\frac{\Pi_{m3}^*}{r} > 0$; 在 YW 模型中 $\frac{p_4^*}{r} > 0$, $\frac{e_4^*}{r} > 0$, $\frac{g_4^*}{r} > 0$, $\frac{\Pi_{m4}^*}{r} > 0$;

命题 3 表明, 在提供“差评回复”服务的模型中, 差评回复对消费者差评感知的影响越大, 越能够促进直播努力水平、产品价格、差评回复努力的提升, 从而增加农产品供应商的利润。消费者的差评敏感度随着差评回复对消费者差评感知的影响力的提升而减弱。这意味着消费者对商家信任度、产品满意度提高。这种正面反馈会激励主播更努力地展示产品以提高直播的质量和吸引力, 加大在差评回复工作上的投入以优化回复流程、提升回复质量和效率, 使供应商获得更大议价空间, 消费者也更愿意为高质量的产品“买单”, 从而提升供应商的利润。

4.2 模型对比分析

4.2.1 进行差评回复的可行性分析

命题 4: 当农产品供应商进行直播带货时, $p_1^* < p_3^*$, $e_1^* < e_3^*$, $D_1^* < D_3^*$, $\Pi_{m1}^* < \Pi_{m3}^*$; 当网红进行直播带货时, $p_2^* < p_4^*$, $e_2^* < e_4^*$, $D_2^* = D_4^*$, $\Pi_{m2}^* < \Pi_{m4}^*$ 。

命题 4 表明, 无论在何种直播模式下, 提供“差评回复”服务时产品销售价格、主播的直播努力水平和农产品供应商利润更高。其原因在于, 提供“差评回复”服务能够增强消费者对产品的信任, 这将为产品注入额外的虚拟价值, 使得消费者愿意支付更高的价格。产品销售价格的提升意味着主播有机会通过销售产品来实现更高的收益, 因此他们有更多的动力去努力直播, 从而直接增加供应商的收入。此外, 该模式下, 农产品供应商自播时, 提供“差评回复”服务的需求量更大, 而聘请网红进行直播时, 需求量不变。原因是供应商自播时, 消费者对其信任度相对较低, 提供“差评回复”服务能够增强消费者的信任感, 减少购买疑虑。而观众对网红的信任度较高, 因此即使不提供该服务, 观众也愿意基于网红的推荐进行购买。

4.2.2 直播模式选择

由命题 4 可知, 提供“差评回复”服务的策略整体优于不提供该服务的策略, 所以在本文的后续研究中, 选择仅考虑提供“差评回复”服务的直播模式。

命题 5: 当 $\eta < \eta'$ 时, $\Pi_{m3}^* < \Pi_{m4}^*$, 农产品供应商会选择网红直播带货, 否则农产品供应商会选择自己直播带货。其中,

$$\eta' = -\frac{a^2 \alpha k \sigma - \alpha f^2 k s^2 \sigma - \alpha k \mu^2 q^2 \sigma - \varepsilon_1 - 4bk\phi q \sigma + 2a\alpha f k s \sigma + 4bk^2 \sigma^2 (\alpha - 1) \varepsilon_2 - 2a\alpha k \mu q \sigma + 2\alpha f k \mu q s \sigma}{4\beta^2 k \phi q + 2\phi q r^2 \sigma + 4k\phi q s^2 y^2 - k\sigma(\alpha - 1) \varepsilon_2 (4k\beta^2 + 8k\beta s y + 2\sigma r^2 + 4k s^2 y^2) + \varepsilon_1 + 8\beta k \phi q s y}$$

命题 5 表明, 当网红佣金率超过一定阈值时, 自播模式的农产品供应商利润高于网红模式。相反, 若佣金率低于该阈值, 网红模式为农产品供应商带来的利润将超过自播模式。当网红的佣金率超过市场阈值时, 农产品供应商会向网红支付较高的费用, 即使网红能够吸引大量的流量和潜在顾客, 但由于佣金成本过高, 农产品供应商获得的净利润会相对较低。当网红的佣金率低于市场阈值时, 农产品供应商邀请网红直播带货的成本相对较低, 供应商可以利用网红带来的流量优势有效增加销量, 获得超过自己直播带货时的利润。

命题 6: 当 $\eta > \eta''$ 时, $p_3^* < p_4^*$ 。其中,

$$\eta'' = \frac{a + fs(-1 + \alpha) - a\alpha + \frac{j\mu(-2k(-1 + \alpha)(sy + \beta)^2 - 4bk\sigma - r^2(-1 + \alpha)\sigma)}{2k(sy + \beta)^2 + r^2\sigma}}{2(a - fs)}$$

命题 6 表明, 当网红的佣金率超过一定阈值时, 自播模式下的销售价格低于网红模式。网红的佣金率过高意味着农产品供应商需要投入的前期成本显著增加。为了保持合理的利润空间, 供应商在网红模式下需要提高销售价格以覆盖这部分成本。因此, 网红模式的销售价格高于自播模式。当网红的佣金率较低时, 虽然供应商仍然需要为网红支付一定的佣金, 但成本相对较低。同时, 网红通常拥有大量的粉丝和流量, 可以为供应商吸引更多的潜在顾客。为充分利用网红的流量优势, 农产品供应商会选择制定较低的销售价格, 从而提升销量、提高市场占有率、增强品牌形象。

命题 7: 当 $\eta > \eta'''$ 时, $e_3^* < e_4^*$ 、 $g_3^* < g_4^*$ 。其中,

$$\eta''' = \frac{-4bk(a-fs)(-1+\alpha)\sigma}{-2ak(-1+\alpha)(sy+\beta)^2 + 2k(-1+\alpha)(sy+\beta)^2(fs+j\mu) + a(4bk-r^2(-1+\alpha))\sigma + 4bk(-fs+j\mu)\sigma + r^2(-1+\alpha)(fs+j\mu)\sigma}$$

命题 7 表明, 当网红的佣金率高于一定阈值时, 自播模式下的直播努力、差评回复努力小于网红模式。当网红的佣金率低于一定阈值时, 则相反。网红会因其佣金较高而更有动力去销售产品, 投入更多的直播营销努力, 以吸引观众购买, 增加自己的收入。同时, 为维护自己的声誉和粉丝基础, 网红也会更加重视差评的回复, 与消费者积极沟通。相比之下, 农产品供应商在自播模式下由于没有佣金激励, 会在直播努力和差评回复努力上投入较少。当网红的佣金率较低时, 网红缺乏足够的激励, 与供应商合作的积极性会下降。而供应商为了更高的利润回报, 会投入更多的直播努力和差评回复努力以提升销量, 维护品牌形象和与消费者的关系。

5 数值分析

为保证算例的可行性, 在算例取值逻辑性方面, 参数取值符合模型参数之间逻辑关系及假设条件, 所有参数大于 0。在算例取值合理性方面, 直播营销效应和差评回复效应 $b > r$, $b > s$, 符合农产品价格对消费者农产品购买需求的影响规律。 $0 < \alpha < 0.5$, 供应商和直播平台之间的佣金率不会超过 50%, 如果超过 50%, 则不会合作^[24]。 $0 < \eta < 0.5$, 市场上主播佣金率一般为 20%~50%^[27]。为了验证论文模型的可行性及结论的有效性, 通过数值仿真实验, 探究实时评论及“差评回复”服务对农产品供应商策略选择的影响。同时讨论市场需求 $a=10$ 和 $a=30$ 两种情况下的决策水平。依据前文假设, 根据文献[24, 28], 在可行域内, 各参数设置如下, $b=0.5$, $\alpha=0.2$, $\eta=0.1$, $\sigma=0.5$, $\beta=0.3$, $\mu=0.5$, $y=0.2$, $r=0.3$, $j=5$, $\varphi=3$, $k=0.5$, $s=0.3$, $f=0.2$ 。

5.1 农产品供应商的利润随网红的佣金率 η 的变化

对比 $a=10$ 和 $a=30$ 两种情况下, 农产品供应商的利润随网红佣金率 η 的变化规律, 取定 η 值在[0, 0.5]区间变动, 具体仿真结果见图 3。

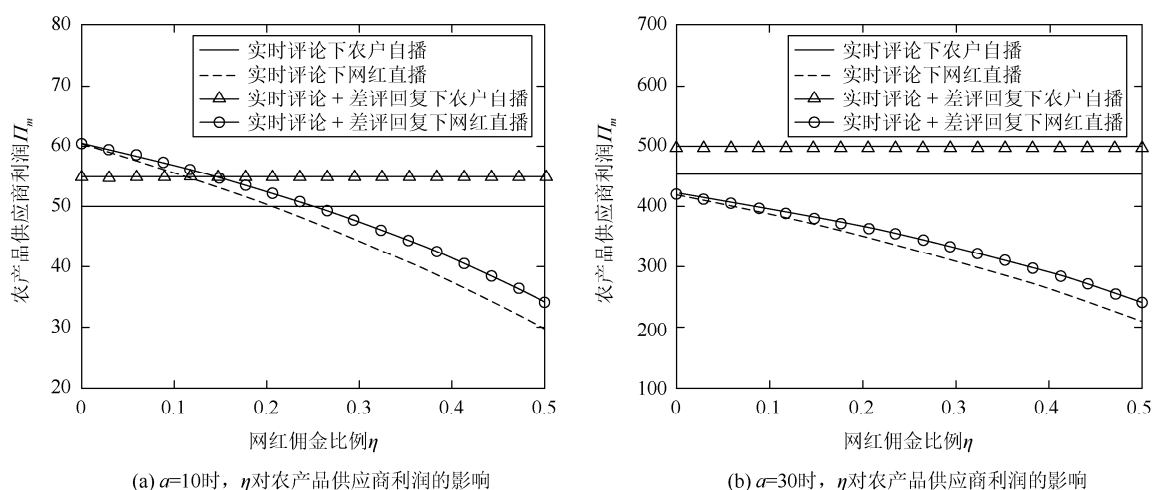


图 3 网红佣金率 η 对农产品供应商利润的影响

观察 1: 如图 3 (a) 和图 3 (b) 所示, 农产品供应商的利润随着佣金率的增大而降低, 无论采用何

种直播方式, 提供“差评回复”服务的供应商利润总是高于不提供此服务的供应商。当 $a=10$, 佣金率小时, YW 模型下的供应商利润最大, 随着佣金率的变大, YM 模型下的供应商利润最大。而 $a=30$ 时, YM 模型下的供应商利润总是优于其他模型。原因在于, 市场需求小时, 低佣金率的网红直播成本低, 且网红具有庞大的粉丝基础和高效的转化能力, 能迅速吸引观众并促进销售, 加上“差评回复”服务提升满意度, 成为优选销售模式。若网红佣金率高, 则因为自播能避免支付网红高额佣金, 且随着企业直播能力的成熟, 自播的成本效益会逐渐显现, 且“差评回复”服务能提高客户信任, 成为更优选择。市场需求大时, 无论佣金率高低, 自播可以确保供应商完全掌控销售过程, 避免佣金支出, 结合“差评回复”服务和相关营销策略, 可实现销售增长, 因此成为最优模式。因此, 市场需求小且网红佣金率低时, 供应商的最优销售模式为提供“差评回复”服务+聘请网红直播。市场需求小且网红佣金率高或市场需求大时, 供应商的最优销售模式为提供“差评回复”服务+自播。

5.2 农产品供应商的利润随直播服务对实时评论的影响 y 的变化

对比 $a=10$ 和 $a=30$ 两种情况下, 农产品供应商的利润随直播服务对实时评论的影响 y 的变化规律, 取定 y 值在 $[0, 1]$ 区间变动, 具体仿真结果见图 4。

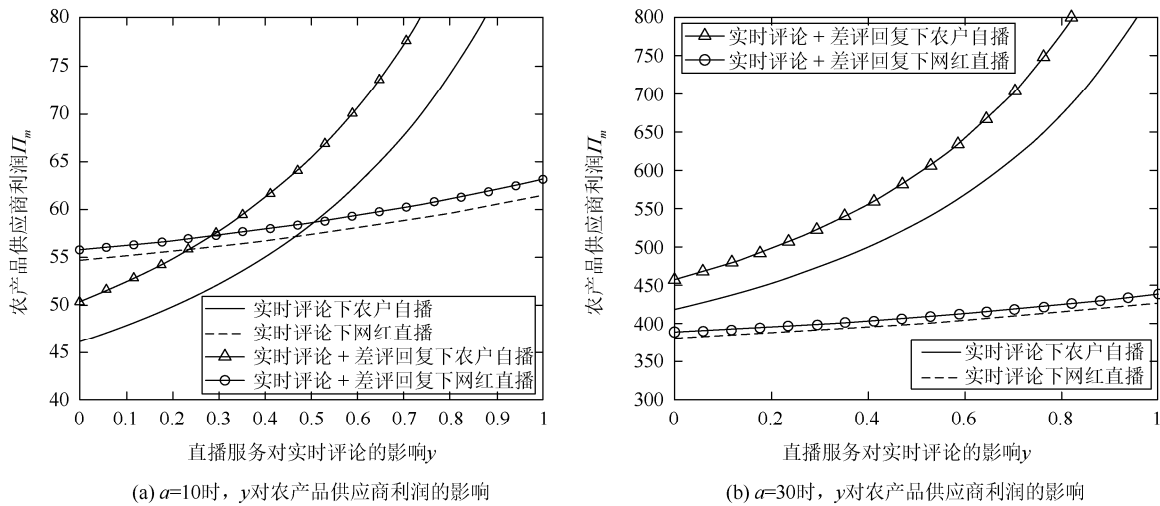


图 4 直播服务对实时评论的影响 y 对农产品供应商利润的影响

观察 2: 图 4 (a)、图 4 (b) 表明农产品供应商的利润与直播服务对实时评论的影响程度 y 呈现出正相关关系。无论采用何种直播方式, 提供“差评回复”服务的供应商总是能够获得比不提供此服务的供应商更高的利润。当 $a=10$, 直播服务对实时评论的影响小时, YW 模型下的供应商利润最大, 随着直播服务对实时评论的影响变大, YM 模型下的供应商利润最大。而 $a=30$ 时, YM 模型为供应商带来了显著的利润优势, 其利润往往高于其他模型。原因在于, 提供“差评回复”服务可以增强消费者的信任感, 尤其是在面对差评时, 主播的积极回应和解决方案能够提升消费者的满意度和忠诚度。市场需求小, 直播服务对实时评论的影响小时, 网红直播因其粉丝基础和影响力仍可以增加曝光和销售机会。直播服务对实时评论的影响大时, 这种高影响力可能无法有效转化为实际销售。自播模式直接面对消费者, 可以增强消费者的参与感和信任感。在市场需求大的情况下, 销售机会充足, 直播服务对实时评论的影响无论高低, 都不再是决定销售模式选择的主要因素。自播模式具有成本低效益高的优势, 便于灵活调整。因此, 当市场需求小, 直播服务对实时评论的影响小时, 供应商的最优销售模式为提供“差评回复”

服务+聘请网红直播。当市场需求小,直播服务对实时评论的影响高或市场需求大时,供应商的最优销售模式为提供“差评回复”服务+自播。

5.3 农产品供应商利润随差评回复对消费者差评感知的影响程度 r 的变化

对比 $a=10$ 和 $a=30$ 两种情况下,农产品供应商的利润随差评回复对消费者差评感知的影响程度 r 的变化规律,取定 r 值在 $[0, 1]$ 区间变动,具体仿真结果见图 5。

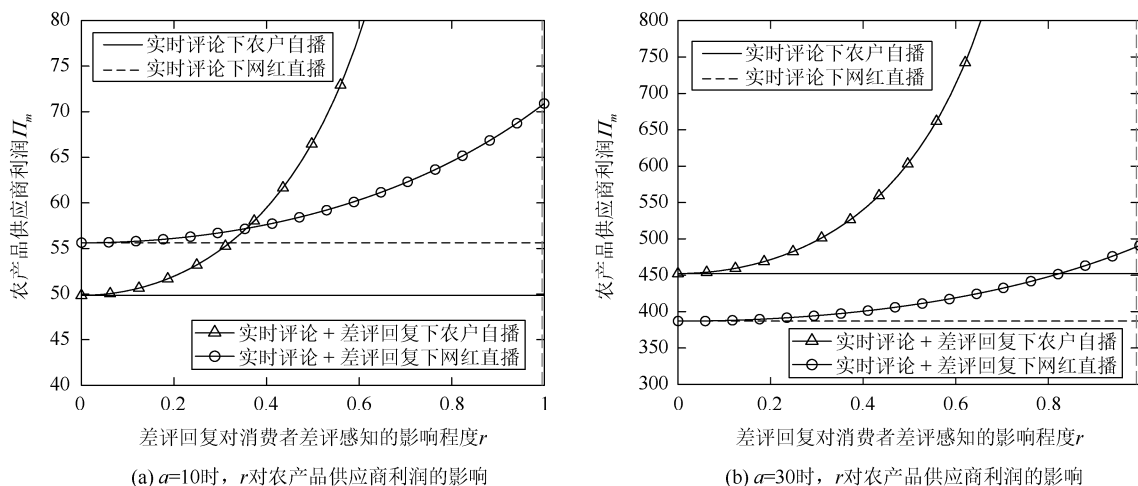


图 5 差评回复对消费者差评感知的影响程度 r 对农产品供应商利润的影响

观察 3: 由图 5 (a)、图 5 (b) 可知,随着差评回复对消费者差评感知影响程度的增大,农产品供应商的利润呈现出增长趋势。这一趋势表明,差评回复降低消费者差评敏感度的效果越好,供应商的利润提升越为显著。无论采用何种直播方式,提供“差评回复”服务的情境下供应商的利润总是高于不提供的情境。当 $a=10$,差评回复对消费者差评感知的影响程度小时,YW 模型下的供应商利润最大。随着差评回复对消费者差评感知的影响程度变大,YM 模型下的供应商利润最大。而 $a=30$ 时,YM 模型下的供应商利润总是最优。原因在于,市场需求有限,差评回复的效果有限时,网红直播可以通过其流量和粉丝基础来增加曝光和销售机会以弥补这一不足,从而实现销售增长。在差评回复影响显著的情况下,供应商需要更加注重与消费者的沟通和互动。自播模式可以确保供应商直接面对消费者,通过及时回应差评来修复消费者信任,实现销售增长。在市场需求大的情况下,供应商有足够的销售机会,选择自播模式可以确保供应商直接面对消费者,降低成本并提高销售效率。同时,通过有效的差评回复服务,供应商可以进一步提升客户满意度和信任度,从而巩固市场地位并实现持续增长。因此,当市场需求小,差评回复对消费者差评感知影响程度小时,供应商的最优销售模式为提供“差评回复”服务+聘请网红直播。

6 结论

本文在考虑实时评论的条件下,构建了四种销售模式,即 NM、NW、YM、YW 模式,基于斯塔克尔伯格 (Stackelberg) 博弈模型,研究网红的佣金率、直播服务对实时评论的影响以及差评回复对消费者差评感知的影响程度这三个参数对农产品供应商的定价决策与销售模式选择的影响。主要结论如下:

①NW 模式与 YW 模式中,网红佣金率上升导致销售价格、直播努力水平、差评回复努力增加,农产品供应商的利润下降;无论何种模式,销售价格、直播努力水平、差评回复努力和农产品供应商的利润随着直播服务对实时评论的影响、差评回复对消费者差评感知的影响的提高而提高。②无论农产品供应商选择自播还是聘请网红直播,都应提供“差评回复”服务,以减少差评的负面影响,增强消费者的信任与购买意愿。③市场需求小、网红佣金率(直播服务对实时评论的影响或差评回复对消费者差评感知的影响)低时,最优销售模式为提供“差评回复”服务+聘请网红直播。市场需求小、网红的佣金率(直播服务对实时评论的影响或差评回复对消费者差评感知的影响)高或市场需求大时,最优销售模式为提供“差评回复”服务+自播。

在理论方面,本文通过 Stackelberg 博弈从微观角度丰富了农产品直播供应链的研究,结合实时评论和“差评回复”服务这一新兴因素,对比了不同直播主体对供应链决策与销售模式选择的影响,弥补了相关研究的不足。在实践方面,可得到以下管理启示:农产品供应商选择何种直播带货方式需要综合分析多个因素并深入市场调研了解农产品销售现状。同时,应评估网红带货能力和粉丝质量,设定合理佣金率以控制成本。此外,创新直播内容、增强互动性,并建立有效的差评回复机制,对提升消费者信任度和购买意愿至关重要。供应商还需紧跟市场动态,灵活调整销售策略和销售模式,以适应市场需求和佣金率等因素的变化。

本文研究尚存在以下不足:①本文研究考虑实时评论这一参数时,仅考虑了直播营销服务对其的影响。然而现实中,实时评论受多种因素共同影响,如产品的质量、价格、口碑等。②当前研究中尽管探讨了网红的佣金率、直播营销服务对实时评论的影响等参数对直播渠道的影响,但忽略了这些参数可能对线上电子零售渠道及线下渠道产生的直接或间接影响。未来可考虑产品质量、价格、口碑等因素与直播营销服务努力共同对实时评论的影响。同时,将线上电子零售渠道、线下渠道和直播渠道纳入统一框架进行分析,探讨它们之间的相互作用和协同效应。

参 考 文 献

- [1] 裴学亮, 邓辉梅. 基于淘宝直播的电子商务平台直播电商价值共创行为过程研究[J]. 管理学报, 2020, 17 (11): 1632-1641, 1696.
- [2] Fang J M, Chen L, Wen C, et al. Co-viewing experience in video websites: the effect of social presence on E-loyalty[J]. International Journal of Electronic Commerce, 2018, 22 (3): 446-476.
- [3] 段永瑞, 周浩. 考虑信息互动和内容影响的直播决策与销售模式选择[J]. 系统管理学报, 2023, 32 (5): 865-879.
- [4] 《中国网络视听发展研究报告 (2025)》[EB/OL]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202503/content_7015798.htm [2026-04-09].
- [5] 胡恺祎. 网红直播与品牌直播对消费者行为影响的差异性研究[J]. 商业经济研究, 2022 (13): 43-49.
- [6] 姜丽群, 王渊. 电商直播消费者临场感对购买行为的影响研究: 基于消费者粘性中介作用与直播模式调节作用的分析[J]. 价格理论与实践, 2022, (3): 139-142.
- [7] 黄敏学, 叶钰芊, 王薇. 不同类型产品下直播主播类型对消费者购买意愿和行为的影响[J]. 南开管理评论, 2023, 26 (2): 188-198.
- [8] 唐润, 刘文敏, 彭洋洋, 等. 考虑质量风险和捆绑效应的直播带货收入分成[J]. 系统工程, 2024, 42 (5): 84-95.
- [9] 汪乐, 宋杨, 范体军. 制造商直播引入的策略研究[J]. 中国管理科学, 2024, 32 (2): 276-284.
- [10] 张鑫, 张杰. 直播背景下电商供应链混合渠道定价与选择策略[J]. 系统管理学报, 2025, 34 (1): 27-39.
- [11] 费威, 王阔. 直播电商背景下品牌商、平台与主播的食品安全动态策略[J]. 软科学, 2024, 38 (7): 117-126.
- [12] 赵保国, 王耘丰. 电商主播特征对消费者购买意愿的影响[J]. 商业研究, 2021, (1): 1-6.

- [13] 熊浩, 陈锦怡, 鄢慧丽, 等. 考虑主播特征的直播带货双渠道供应链定价与协调[J]. 管理工程学报, 2023, 37 (4): 188-195.
- [14] 邹玉凤, 卢向华, 李凤瑶. 网红直播电商能带来忠诚消费者吗? : 来自某化妆品品牌消费者购买的证据[J]. 外国经济与管理, 2023, 45 (5): 134-152.
- [15] 韩雨彤, 周季蕾, 任菲. 动态视角下实时评论内容对直播电商商品销量的影响[J]. 管理科学, 2022, 35 (1): 17-28.
- [16] 喻昕, 许正良. 网络直播平台中弹幕用户信息参与行为研究: 基于沉浸理论的视角[J]. 情报科学, 2017, 35 (10): 147-151.
- [17] 李爱国, 邓召惠, 毛冰洁. 在线负面评论对体验型产品销量的影响: 基于商家回复视角[J]. 商业研究, 2016, (7): 138-144.
- [18] Li C Y, Cui G, Peng L. The signaling effect of management response in engaging customers: a study of the hotel industry[J]. *Tourism Management*, 2017, 62: 42-53.
- [19] Wei W, Miao L, Huang Z W. Customer engagement behaviors and hotel responses[J]. *International Journal of Hospitality Management*, 2013, 33: 316-330.
- [20] 孙自来, 王旭坪, 詹红鑫, 等. 不同权力结构下制造商双渠道供应链的博弈分析[J]. 中国管理科学, 2020, 28 (9): 154-163.
- [21] Wang X, Tao Z Y, Liang L, et al. An analysis of salary mechanisms in the sharing economy: the interaction between streamers and unions[J]. *International Journal of Production Economics*, 2019, 214: 106-124.
- [22] Geng X J, Tan Y R, Wei L. How add-on pricing interacts with distribution contracts[J]. *Production and Operations Management*, 2018, 27 (4): 605-623.
- [23] Wang C X, Leng M M, Liang L P. Choosing an online retail channel for a manufacturer: direct sales or consignment? [J]. *International Journal of Production Economics*, 2018, 195: 338-358.
- [24] 张芳, 刘贺鸣, 武杰. 考虑直播带货的生鲜农产品供应链销售模式比较[J]. 计算机工程与应用, 2023, 59(23): 293-304.
- [25] 许菱, 万艳红, 张克, 等. 基于在线评论的服装供应链的生产努力投入策略[J]. 现代纺织技术, 2024, 32 (6): 97-107.
- [26] 周玉, 王道平, 董汉玺. 考虑差评敏感度与差评回复的竞争型产品两阶段定价策略研究[J]. 管理学报, 2022, 19 (8): 1240-1250.
- [27] 张志坚, 陈振武, 万谧宇, 等. 考虑主播类型的直播渠道定价与渠道选择策略研究[J]. 管理评论, 2024, 36 (4): 142-153.
- [28] 王文隆, 任越, 张涑贤. 直播带货对农产品供应链商域流量投入和渠道选择的影响[J]. 管理学报, 2023, 20 (8): 1216-1224.

附录

1. NM 模型的求解过程

在 NM 模型中, 使用逆向归纳法求解模型最优解, 根据式 (1), 将农产品供应商的利润函数对 p_1 、 e_1 分别求一阶导, 可得

$$\begin{aligned}\frac{\partial \Pi_{m1}}{\partial p_1} &= b p_1 (\alpha - 1) - (\alpha - 1)(a + \beta e_1 - b p_1 - s(f - e_1 y)) \\ \frac{\partial \Pi_{m1}}{\partial e_1} &= -e_1 \sigma - p_1 (\beta + s y)(\alpha - 1)\end{aligned}$$

利用海塞矩阵可以验证多变量偏导数的凹凸性。式 (1) 的海塞矩阵为

$$H_1 = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \Pi_{m1}}{\partial p_1^2} & \frac{\partial^2 \Pi_{m1}}{\partial p_1 \partial e_1} \\ \frac{\partial^2 \Pi_{m1}}{\partial e_1 \partial p_1} & \frac{\partial^2 \Pi_{m1}}{\partial e_1^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2b(\alpha - 1) & -(\beta + s y)(\alpha - 1) \\ -(\beta + s y)(\alpha - 1) & -\sigma \end{pmatrix}$$

条件 1: $H'_1 = (-1 + \alpha)(s y + \beta)^2 + 2b\sigma > 0$

由已知条件可得, $2b(\alpha - 1) < 0$ 。当条件 1 成立时, 根据海塞矩阵负定的判断定理可知, 此时存在最优解。令 $\frac{\partial \Pi_{m1}}{\partial p_1} = 0$ 、 $\frac{\partial \Pi_{m1}}{\partial e_1} = 0$, 可得决策变量的最优解 p_1^* 、 e_1^* 分别为

$$\begin{aligned}p_1^* &= \frac{\sigma(a - f s)}{2b\sigma - s^2 y^2 + \alpha \beta^2 - \beta^2 + \alpha s^2 y^2 - 2\beta s y + 2\alpha \beta s y} \\ e_1^* &= -\frac{(\beta + s y)(\alpha - 1)(a - f s)}{2b\sigma - s^2 y^2 + \alpha \beta^2 - \beta^2 + \alpha s^2 y^2 - 2\beta s y + 2\alpha \beta s y}\end{aligned}$$

将上述最优值代入需求函数与农产品供应商的利润函数中可得最优需求 D_1^* 以及农产品供应商的最优利润 Π_{m1}^* 为

$$\begin{aligned}D_1^* &= \frac{b(a - f s)\sigma}{(-1 + \alpha)(s y + \beta)^2 + 2b\sigma} \\ \Pi_{m1}^* &= -\frac{\sigma(\alpha - 1)(a - f s)^2}{2(2b\sigma - s^2 y^2 + \alpha \beta^2 - \beta^2 + \alpha s^2 y^2 - 2\beta s y + 2\alpha \beta s y)}\end{aligned}$$

2. NW 模型的求解过程

在 NW 模型中, 使用逆向归纳法求解模型最优解, 根据式 (7), 将网红的利润函数对 e_2 求一阶导, 可得: $\frac{\partial \Pi_{w2}}{\partial e_2} = \eta p_2 (\beta + s y) - e_2 \sigma$ 。

因为 $\frac{\partial^2 \Pi_{w2}}{\partial e_2^2} = -\sigma < 0$, 满足海塞矩阵凹函数要求。令 $\frac{\partial \Pi_{w2}}{\partial e_2} = 0$, 可得: $e_2 = \frac{\eta p_2 (\beta + s y)}{\sigma}$ 。将 $e_2 = \frac{\eta p_2 (\beta + s y)}{\sigma}$ 代入式 (6) 并对 p_2 求一阶导可得

$$\frac{\partial \Pi_{m2}}{\partial p_2} = -\frac{(\alpha + \eta - 1)(2\eta p_2 \beta^2 + 4\eta p_2 \beta s y + 2\eta p_2 s^2 y^2 - f \sigma s + a \sigma - 2b p_2 \sigma + \mu j \sigma)}{\sigma}$$

当 $\frac{\partial^2 \Pi_{m2}}{\partial p_2^2} = \frac{(-1+\alpha+\eta)(-2(sy+\beta)^2\eta+2b\sigma)}{\sigma} < 0$ 成立时, 根据海塞矩阵负定的判断定理可知, 此时

存在最优解。令 $\frac{\partial \Pi_{m2}}{\partial p_2} = 0$, 可得最优解为: $p_2^* = -\frac{\sigma(a-fs+\mu j)}{2(\eta\beta^2+2\eta\beta sy+\eta s^2 y^2-b\sigma)}$ 。

将 p_2^* 代入 $e_2 = \frac{\eta p_2(\beta+sy)}{\sigma}$ 可得 e_2 的最优解为: $e_2^* = -\frac{\eta(\beta+sy)(a-fs+\mu j)}{2(\eta\beta^2+2\eta\beta sy+\eta s^2 y^2-b\sigma)}$ 。

将最优解 p_2^* 、 e_2^* 代入需求函数、农产品供应商的利润函数及网红的利润函数中可得最优需求、农产品供应商与网红的最大利润分别为

$$D_2^* = \frac{1}{2}(a-fs+j\mu)$$

$$\Pi_{m2}^* = \frac{((-1+\alpha+\eta)(a-fs+j\mu)^2\sigma-4j((sy+\beta)^2\eta-b\sigma)\varphi)}{(4(sy+\beta)^2\eta-4b\sigma)}$$

$$\Pi_{w2}^* = -\frac{\eta(a-fs+j\mu)^2\sigma(3(sy+\beta)^2\eta-2b\sigma)}{8((sy+\beta)^2\eta-b\sigma)^2} + j\varphi$$

3. YM 模型的求解过程

在 YM 模型中, 使用逆向归纳法求解模型最优解, 根据式 (13), 将农产品供应商的利润函数对 p_3 、 e_3 、 g_3 分别求一阶导, 可得: $\frac{\partial \Pi_{m3}}{\partial p_3} = -(\alpha-1)(a+\beta e_3-2bp_3-fs+g_3r+e_3sy)$ 、 $\frac{\partial \Pi_{m3}}{\partial e_3} = \beta p_3 - e_3\sigma - \alpha\beta p_3 + p_3sy - \alpha p_3sy$ 、 $\frac{\partial \Pi_{m3}}{\partial g_3} = -2g_3k - p_3r(\alpha-1)$ 。

利用海塞矩阵可以验证多变量偏导数的凹凸性。式 (13) 的海塞矩阵为

$$H_3 = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \Pi_{m3}}{\partial p_3^2} & \frac{\partial^2 \Pi_{m3}}{\partial p_3 \partial e_3} & \frac{\partial^2 \Pi_{m3}}{\partial p_3 \partial g_3} \\ \frac{\partial^2 \Pi_{m3}}{\partial e_3 \partial p_3} & \frac{\partial^2 \Pi_{m3}}{\partial e_3^2} & \frac{\partial^2 \Pi_{m3}}{\partial e_3 \partial g_3} \\ \frac{\partial^2 \Pi_{m3}}{\partial g_3 \partial p_3} & \frac{\partial^2 \Pi_{m3}}{\partial g_3 \partial e_3} & \frac{\partial^2 \Pi_{m3}}{\partial g_3^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2b(\alpha-1) & -(\beta+sy)(\alpha-1) & -(\beta+sy)(\alpha-1) \\ -(\beta+sy)(\alpha-1) & -\sigma & 0 \\ -r(\alpha-1) & 0 & -2k \end{pmatrix}$$

H_3 的三阶主子式 $(\alpha-1)[2k(\alpha-1)(sy+\beta)^2+4bk\sigma+r^2\sigma(\alpha-1)] < 0$ 。二阶主子式 $-(\alpha-1)(2b\sigma-s^2y^2+\alpha\beta^2-\beta^2+\alpha s^2y^2-2\beta sy+2\alpha\beta sy) > 0$ 。已知 $2b(\alpha-1) < 0$ 。当上述条件成立时, 根据海塞矩阵负定的判断定理可知, 存在 p_3 、 e_3 、 g_3 的最优解。令 $\frac{\partial \Pi_{m3}}{\partial p_3} = 0$ 、 $\frac{\partial \Pi_{m3}}{\partial e_3} = 0$ 、 $\frac{\partial \Pi_{m3}}{\partial g_3} = 0$, 可得

决策变量的最优解 p_3^* 、 e_3^* 、 g_3^* 分别为

$$p_3^* = \frac{2k\sigma(a-fs)}{2k(\alpha-1)(sy+\beta)^2+4bk\sigma+r^2\sigma(\alpha-1)}$$

$$e_3^* = -\frac{2k(\beta+sy)(\alpha-1)(a-fs)}{2k(\alpha-1)(sy+\beta)^2+4bk\sigma+r^2\sigma(\alpha-1)}$$

$$g_3^* = -\frac{r\sigma(\alpha-1)(a-fs)}{2k(\alpha-1)(sy+\beta)^2+4bk\sigma+r^2\sigma(\alpha-1)}$$

将最优解 p_3^* 、 e_3^* 、 g_3^* 代入需求函数、农产品供应商的利润函数中可得最优需求、农产品供应商的利润分别为

$$D_3^* = \frac{2bk(a-fs)\sigma}{2k(-1+\alpha)(sy+\beta)^2 + 4bk\sigma + r^2(-1+\alpha)\sigma}$$

$$\Pi_{m3}^* = -\frac{k\sigma(\alpha-1)(a-fs)^2}{2k(\alpha-1)(sy+\beta)^2 + 4bk\sigma + r^2\sigma(\alpha-1)}$$

4. YW 模型的求解过程

利用逆向归纳法先对式 (20) 中的 e_4 、 g_4 求一阶导, 可得: $\frac{\partial \Pi_{w4}}{\partial e_4} = \eta p_4(\beta + sy) - e_4\sigma$ 、 $\frac{\partial \Pi_{w4}}{\partial g_4} = \eta p_4 r - 2g_4 k$ 。

利用海塞矩阵可以验证多变量偏导数的凹凸性。式 (20) 的海塞矩阵为

$$H_1 = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \Pi_{w4}}{\partial e_4^2} & \frac{\partial^2 \Pi_{w4}}{\partial e_4 \partial g_4} \\ \frac{\partial^2 \Pi_{w4}}{\partial g_4 \partial e_4} & \frac{\partial^2 \Pi_{w4}}{\partial g_4^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sigma & 0 \\ 0 & -2k \end{pmatrix}$$

二阶主子式 $2k\sigma > 0$ 。满足海塞矩阵负定的判断定理, 此时存在最优解。令 $\frac{\partial \Pi_{w4}}{\partial e_4} = 0$ 、 $\frac{\partial \Pi_{w4}}{\partial g_4} = 0$, 可得: $e_4 = \frac{\eta p_4(\beta + sy)}{\sigma}$ 、 $g_4 = \frac{\eta p_4 r}{2k}$ 。

将 $e_4 = \frac{\eta p_4(\beta + sy)}{\sigma}$ 、 $g_4 = \frac{\eta p_4 r}{2k}$ 代入式 (20) 并对 p_4 求一阶导可得

$$\frac{\partial \Pi_{m4}}{\partial p_4} = -\frac{(\alpha + \eta - 1)(2kp_4(sy + \beta)^2 - p_4 r^2 \eta \sigma - k\sigma(a - 2bp_4 - fs + \mu j))}{k\sigma}$$

当 $\frac{\partial^2 \Pi_{m4}}{\partial p_4^2} = \frac{(-1 + \alpha + \eta)(-2k\eta(sy + \beta)^2 + 2bk\sigma - r^2\eta\sigma)}{k\sigma} < 0$ 成立时, 根据海塞矩阵负定的判定定理可知, 此时存在 p_4 的最优解。令 $\frac{\partial \Pi_{m4}}{\partial p_4} = 0$, 可得最优解为

$$p_4^* = -\frac{k\sigma(a - fs + \mu j)}{2\eta k\beta^2 + 4\eta k\beta sy + \eta\sigma r^2 + 2\eta k s^2 y^2 - 2bk\sigma}$$

将上式代入 $e_4 = \frac{\eta p_4(\beta + sy)}{\sigma}$ 、 $g_4 = \frac{\eta p_4 r}{2k}$, 可得 e_4 、 g_4 的最优解为

$$e_4^* = -\frac{\eta k(\beta + sy)(a - fs + \mu j)}{2\eta k\beta^2 + 4\eta k\beta sy + \eta\sigma r^2 + 2\eta k s^2 y^2 - 2bk\sigma}$$

$$g_4^* = -\frac{\eta r\sigma(a - fs + \mu j)}{4\eta k\beta^2 + 8\eta k\beta sy + 2\eta\sigma r^2 + 4\eta k s^2 y^2 - 4bk\sigma}$$

将 p_4^* 、 e_4^* 、 g_4^* 代入需求函数、农产品供应商的利润函数及网红的利润函数中可得最优需求、农产品供应商与网红的最大利润分别为

$$D_4^* = \frac{1}{2}(a - fs + j\mu)$$

$$\Pi_{m4}^* = \frac{k\sigma(-1+\alpha+\eta)(a-fs+j\mu)^2}{4k\eta(sy+\beta)^2-4bk\sigma+2r^2\eta\sigma} - j\varphi$$

$$\Pi_{w4}^* = -\frac{k\eta\sigma(a-fs+j\mu)^2[6k\eta(sy+\beta)^2-4bk\sigma+3r^2\eta\sigma]}{4[2k\eta(sy+\beta)^2-2bk\sigma+r^2\eta\sigma]^2} + j\varphi$$

5. 命题 1 的求解过程

以 NW 模型为例, 将产品价格对网红的佣金率求导可得: $\frac{p_4^*}{\eta} = \frac{(sy+\beta)^2(a-fs+j\mu)\sigma}{2((sy+\beta)^2\eta-b\sigma)^2}$, 由于

$a-fs+j\mu > 0$, 所以 $\frac{p_4^*}{\eta} > 0$, 同理可证 $\frac{e_2^*}{\eta}$ 、 $\frac{g_2^*}{\eta}$ 、 $\frac{\Pi_{m2}^*}{\eta}$ 等其他内容。

同理也可证命题 2、命题 3。

6. 命题 4 的求解过程

以 $p_1^* < p_3^*$ 为例, 将 NM 模型下的农产品供应商利润与 YW 模型下的农产品供应商利润相减, 得到

$$p_1^* - p_3^* = \frac{r^2(a-fs)(-1+\alpha)\sigma^2}{2k(-1+\alpha)^2(sy+\beta)^4 + (8bk+r^2(-1+\alpha))(-1+\alpha)(sy+\beta)^2\sigma + 2b(4bk+r^2(-1+\alpha))\sigma^2}$$

根据已知条件可知, $p_1^* - p_3^* < 0$, 同理可证命题 4 的其他内容。

7. 命题 5 的求解过程

将 YM 模型下的农产品供应商利润与 YW 模型下的农产品供应商利润相减, 令其等于零, 即 $\Pi_{m3}^* - \Pi_{m4}^* = 0$, 得到 η' , 当 $\eta > \eta'$ 时, $\Pi_{m3}^* > \Pi_{m4}^*$, 当 $\eta < \eta'$ 时, $\Pi_{m3}^* < \Pi_{m4}^*$ 。其中,

$$\varepsilon_1 = 2afks\sigma - 2ak\mu q\sigma + 2fk\mu qs\sigma - a^2k\sigma - f^2ks^2\sigma - k\mu^2q^2\sigma$$

$$\varepsilon_2 = \frac{(a-fs)^2}{\alpha r^2\sigma - r^2\sigma - 2\beta^2k - 2ks^2y^2 + 4bk\sigma + 2\alpha\beta^2k - 4\beta ksy + 2\alpha ks^2y^2 + 4\alpha\beta ksy}$$

同理可证命题 6、命题 7。

Selection of Agricultural Product Livestreaming Supply Chain Sales Model Considering Real-time Comments and Negative Feedback Responses

LI Changhong, WANG Xiao

(School of Economics and Management, Shanxi University, Taiyuan 030031, China)

Abstract Based on the two methods of self-broadcast and online celebrity livestreaming, considering the real-time comments and negative review responses, the supply chain model of agricultural product livestreaming was constructed, and the impact of parameters such as commission rate on supply chain decision-making was analyzed. The results show that supplying “negative review reply” service can improve the interests of all parties; when the market demand is small and the online celebrity commission rate (the impact of livestreaming services on real-time reviews or the impact of negative review replies on consumers’ perception of bad reviews) is low, the optimal sales model is to provide “negative review reply” service + online celebrity livestreaming. When the market demand is small, the online celebrity commission

rate is high, or the market demand is large, the optimal model is to provide “negative review reply” service + self-broadcasting.

Key words Agricultural product livestreaming supply chain, Real-time reviews, Sensitivity to negative reviews, Negative review reply

作者简介

李常洪（1973—），男，山西大学经济与管理学院教授、博士生导师，研究方向为供应链管理、组织生态管理。E-mail: lch7320@sxu.edu.cn。

王箫（2000—），女，山西大学经济与管理学院硕士研究生，研究方向为供应链管理。E-mail: wx139507@163.com。