

# 匹配不确定下AI虚拟展厅对零售商定价策略与利润的影响研究

高雨薇, 何 向\*

南京邮电大学数字媒体与设计艺术学院, 江苏 南京

收稿日期: 2026年2月6日; 录用日期: 2026年2月24日; 发布日期: 2026年3月12日

## 摘要

针对网络零售中普遍存在的匹配不确定问题, AI虚拟展厅应运而生。本文聚焦AI虚拟展厅对消费者渠道选择与零售商定价的影响, 通过构建双寡头竞争模型, 分别分析AI虚拟展厅投入作为外生变量与内生变量情形下的决策优化问题。研究表明, AI虚拟展厅投入显著提高了线上消费者的满意概率, 增强线上渠道的吸引力。AI投入水平与AI效率系数、基础满意率呈正相关, 与等待时间成本存在约束条件。AI技术效率存在临界值, 低于临界值时线上零售商利润更高, 超过临界值则线下零售商利润更高。AI交通成本与等待成本共同影响AI虚拟展厅投入有效性与线下渠道生存空间, AI投入强度的提升会进一步重塑渠道竞争的边界条件。通过对比外生与内生两种情形, 内生AI投入可使线上零售商更有效地平衡技术成本与收益, 增加利润, 而线下零售商的利润随AI投入波动变化。

## 关键词

匹配不确定, AI虚拟展厅, 渠道选择, 双寡头竞争

# Research on the Impact of AI Virtual Showrooms on Retailers' Pricing Strategies and Profits under Match Uncertainty

Yuwei Gao, Xiang He\*

School of Digital Media and Design Arts, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing Jiangsu

Received: February 6, 2026; accepted: February 24, 2026; published: March 12, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 高雨薇, 何向. 匹配不确定下 AI 虚拟展厅对零售商定价策略与利润的影响研究[J]. 电子商务评论, 2026, 15(3): 742-752. DOI: 10.12677/ecl.2026.153330

## Abstract

To address the widespread issue of match uncertainty in online retailing, AI virtual showrooms have emerged. This paper focuses on the impact of AI virtual showrooms on consumers' channel choices and retailers' pricing strategies. By developing a duopoly competition model, it analyzes decision-making optimization problems under two scenarios: AI virtual showroom investment as an exogenous variable and as an endogenous variable. The findings indicate that AI virtual showroom investment significantly increases online consumer satisfaction probability and enhances online channel appeal. The level of AI investment is positively correlated with AI efficiency coefficient and base satisfaction rate, while being constrained by waiting time costs. Here exists a critical value for AI technological efficiency: below it, online retailers earn higher profits; above it, offline retailers gain higher profits. AI-related transportation cost and waiting cost jointly influence the effectiveness of AI virtual showroom investment and the viability of the offline channel; a higher intensity of AI investment further reshapes the boundary conditions of channel competition. By comparing the exogenous and endogenous scenarios, endogenous AI investment allows online retailers to more effectively balance technological costs and benefits, thereby increasing profits, whereas offline retailers' profits fluctuate in response to changes in AI investment.

## Keywords

Match Uncertainty, AI Virtual Showroom, Channel Choice, Duopoly Competition

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着电子商务与互联网技术的飞速发展,越来越多的消费者选择线上渠道购买商品。据统计,我国网络零售交易规模已连续多年保持高速增长,截至2025年,线上零售交易额超过15.97万亿元[1]。线上购物在带来便利的同时,也暴露出两个显著短板:一是消费者需承担商品配送的等待成本;二是对于服装、家居、美妆等高度依赖感官体验的商品,消费者无法在购买前实地接触与试用,导致其对商品与自身偏好或需求的匹配程度存在显著不确定性,容易导致购买后不满意和退货。这种“匹配不确定性”问题不仅严重影响了消费者的线上购物体验与消费决策,还可能导致较高的退货率,损害零售商利润,构成网络零售发展的核心痛点。

为降低匹配不确定带来的负面影响,传统电商平台多采用在线评论、七天无理由退货以及赠送运费险等售后策略。这些策略主要侧重售后阶段的损失补偿或风险降低。近年来,VR、AR以及AI等技术的成熟,为售前阶段主动化解匹配不确定性提供了新路径。AI虚拟展厅应运而生,它通过高沉浸、可交互的数字化空间,动态模拟线下购物体验,向消费者全方位展示商品细节,帮助消费者准确地感知商品属性,提升其找到合适商品的概率。例如,Gucci [2]、ASOS [3]、天猫[4]等企业已陆续推出虚拟试穿、3D沉浸式虚拟购物城等应用,有效提升了转化率并降低了退货率,增强消费者在线购买的信心,显著增强了线上渠道的体验竞争力。

在此情况下,消费者使用AI虚拟展厅后将倾向于只通过线上渠道购买,从而减少在线下直接购买和在线下实体店体验后再转至线上购买的“展厅行为”。这种行为的变迁强化了线上渠道的吸引力,可能

对线下渠道客流形成分流, 迫使零售商重新审视定价策略与渠道管理。线上零售商需在提升技术投入以优化体验和定价之间寻求平衡, 例如, Wayfair 靠 3D 虚拟展厅降低退货率后, 取消低价引流款, 以“体验保障价”降低技术成本, 既不削弱价格竞争力又能回收投入。线下零售商则需应对需求结构变化带来的竞争压力, 并重新评估其定价与渠道策略, 例如, 丝芙兰专柜联动线上虚拟试妆记录, 由美容顾问提供线下实物指导, 推出“线下消费赠专属小样”权益, 通过服务差异化留住客户。基于此, 本文通过构建双寡头竞争模型, 研究 AI 虚拟展厅对消费者渠道选择和零售商定价策略的影响。此外, 本文还将 AI 投入作为内生决策变量, 研究其对零售商的定价与利润影响。本文针对匹配不确定环境下 AI 虚拟展厅的投入与定价决策问题, 研究零售商最优定价与渠道竞争策略, 可为相关商家在数字化转型中的定价策略提供理论依据与指导。

本文关注 AI 虚拟展厅下零售商的定价策略与 AI 投入问题。因此, 主要从虚拟展厅、定价策略以及消费者渠道选择三个方面对相关文献进行综述。在虚拟展厅的基本功能与战略价值方面, 早期研究主要论证了其在降低产品不确定性方面的基本功能。Gao 和 Su [5]指出, 虚拟展厅能为消费者提供不完美的产品估值信号, 但也可能导致顾客从门店迁移至线上, 增加线上退货风险。随着技术发展, 研究重点转向虚拟展厅具体的价值创造机制方面。Cao 等[6]发现, 虚拟展厅能通过消费者的自我优化体验同时产生“需求增长”与“价格提升”的双重效应。马勇[7]进一步在双寡头竞争框架下证明建立虚拟展厅可以激励线上零售商提高定价并增加自身收益, 但会损害实体零售商利益。近年来, AI 技术的融合成为虚拟展厅研究的新前沿。Yang 和 Ji [8]明确比较了 AI 虚拟现实网厅与线下展厅, 发现当 AI 降低匹配不确定性的水平超过阈值时收益贡献更优。同时, 他们将虚拟试穿体验作为虚拟展厅的关键实践, 发现其效果取决于交叉销售收益, 当交叉销售收益较低时, 提供该体验能显著降低线上退货率并提升核心产品销量[9]。与已有研究不同, 本文不仅关注虚拟展厅的战略选择, 还将 AI 技术投入作为内生决策变量, 研究零售商如何权衡 AI 虚拟展厅的投入与收益, 并将其与定价策略联动优化, 从而在动态环境中实现利润最大化。

在定价策略方面, 现有研究普遍揭示其效应具有渠道异质性。Sun 等[10]发现, 在消费者存在反展厅行为时, 虚拟展厅服务在线上购物成本高时能提升双渠道利润, 在成本低时则可能降低利润。为缓解展厅现象引发的渠道冲突, 学者们从定价机制与合约设计等角度提出了协调方案。王倩等[11]和 Chen 等[12]的研究均指出, 在一定条件下统一定价策略能有效减轻渠道间价格竞争, 并对零售商有利。Li 等[13]指出, 线下展示水平会影响线上与线下定价结构, 且在不同信息环境下制造商和零售商的定价策略会发生系统性变化。高莹等[14]发现, 参考质量效应对全渠道定价策略具有调节作用, 在参考质量效应较小时, 线上线下降价策略更优, 而效应较大时则同价策略更有利, 并强调消费者体验感受对定价策略的影响。一个更深层次的研究分支开始关注技术投入本身的内生性。Yang 和 Ji [8]的研究暗示了 AI 效率参数的关键作用, 本文的模型构建正是为了显性刻画并求解这种内生关系, 即零售商如何最优地决定 AI 投入水平, 进而影响其定价能力。本文借鉴 Yang 和 Ji [8]对 AI 效率参数的观点, 进一步将 AI 投入水平本身构建为零售商的内生决策变量, 并系统分析其对定价策略与利润的直接影响, 从而弥补了现有文献多将技术效率视为外生参数的研究缺口, 为理解 AI 投资如何实质性重塑零售定价能力提供了新的分析视角。

在消费者渠道选择方面, 经典研究基于感知价值理论。丁宁[15]、郭燕等[16]指出消费者通过权衡产品效用、价格及各类成本做出选择。针对数字时代的特有行为, “展厅行为”与“反展厅行为”成为核心研究范式。Qiu 等[17]研究了“虚拟展厅行为”(VSB)对双渠道供应链决策的影响并指出 VSB 显著取决于产品适配性和虚拟展厅信息化程度。Zhong 等[18]将消费者的信息收集与购买决策内生化的, 发现展厅销售未必总是损害实体店利润, 有时甚至能增加其利润。Sun 等[19]的研究进一步探究了影响这些行为的关键情境变量, 指出网络展厅行为的存在高度依赖于浏览展厅的手续成本和实体店的差旅成本。Meißner 等[20]的实证研究表明, 高沉浸式 VR 环境中的消费者表现出更强的多样性追求和更低的价格敏感度。这暗

示了高质量 AI 虚拟展厅可能直接增强线上渠道吸引力, 促使消费者体验后直接在线上购买, 而不是引发跨渠道的展厅行为。与 Qiu 等[17]仅关注产品适配性和信息化程度不同, 本文假设消费者渠道选择同时受 AI 虚拟展厅体验精准度、时间敏感度与交通成本的共同影响, 通过划分不同消费者类型并构建效用函数, 更细致地揭示 AI 技术对消费者渠道选择的作用机制。

综上所述, 已有研究对虚拟展厅的功能机制、定价策略的渠道异质性以及消费者渠道选择的影响因素进行了广泛而深入的探讨, 但尚未系统关注 AI 投入作为零售商内生决策变量时, 其如何动态影响消费者满意概率、渠道选择行为及双渠道定价之间的联动机制。本文将 AI 技术投入、消费者渠道选择与零售商定价决策纳入同一研究框架, 构建了相应的博弈决策模型, 在分析 AI 效率参数、线上等待成本与基础满意概率等因素影响的基础上, 进一步揭示零售商在 AI 虚拟展厅环境下的最优投入水平与定价策略。

## 2. 问题描述及相关假设

考虑由一个线下实体零售商( $m$ )和一个线上零售商( $e$ )构成的双寡头垄断竞争市场, 分别以  $p_m$  和  $p_e$  的价格销售同一品牌、同质量的产品。由于线上与线下的运营成本不同, 一般而言, 产品在线上的销售价格普遍低于线下渠道[21][22], 据此假设  $p_m > p_e$ 。此外, 为便于分析并聚焦于 AI 虚拟展厅投入与渠道竞争, 本文假设产品生产成本及各种固定成本均为零。消费者在网上购物时由于不能直接接触与体验产品, 常面临“匹配不确定问题”, 即难以确保所购买的产品符合消费者预期。借鉴文献[13][21][22]的研究, 假设消费者通过 AI 虚拟展厅从线上购买产品时, 购买到满意产品的概率为  $a$  ( $0 \leq a \leq 1$ ), 获得的效用为  $v$  ( $0 \leq v \leq 1$ )。则消费者从线上平台购买产品获得的最大保留价值为  $av$ 。消费者到线下实体店或购买产品需要花费一定的交通成本, 假设为  $t$  ( $t > 0$ ); 线上购买商品需经历运输和配送过程, 假设等待时间成本为  $\ell$  ( $\ell > 0$ )。假设消费者对购买产品的时间敏感度为  $x$ , 服从区间[0,1]上的均匀分布。本文将消费者分为三类: 直接从线上购买的消费者( $E$ ); 选择线下实体店购买的消费者( $M$ ); 先到线下体验产品再线上购买的展厅行为消费者( $S$ )。借鉴 Chen 等[12], Hao 和 Kumar [23]的研究, 假设消费者各类购买行为中“最终完成购买”的概率为  $\frac{1}{2}$ 。三类消费者的效用分别为:  $U_M = \frac{1}{2}(v - p_m) - t$ ,  $U_E = \frac{1}{2}(av - p_e) - \ell x$ ,  $U_S = \frac{1}{2}(v - p_e - \ell x) - t$ 。

三类消费者对时间敏感度不同: 线下消费者对时间最敏感, 展厅行为消费者对时间最不敏感, 线上消费者敏感度介于两者之间。为便于分析, 消费者只会选择一种方式进行购买。重视时间成本但对交通成本不敏感的消费者选择线下购买, 注重商品适配性但对时间成本不敏感的消费者选择通过 AI 虚拟展厅了解商品信息后购买, 对线上等待成本敏感度适中, 追求便捷性的消费者选择直接线上购买。本文考虑双寡头垄断竞争市场, 为保证市场全覆盖且各情形下的均衡结果非负, 假设  $0 < \ell \leq 5t$ 。

AI 虚拟展厅的投入强度和效率都会对购买到满意产品的概率  $a$  有影响。假设  $\alpha$  为 AI 的效率系数, 且  $\alpha > 0$ , 反映了 AI 对满意概率的提升能力;  $k$  为 AI 投入的强度,  $k \geq 0$ , AI 投入成本满足边际成本递增规律, 因此 AI 虚拟展厅的投入成本设为  $\frac{k^2}{2}$ 。未投入 AI 虚拟展厅时消费者线上购买到满意产品的基础概率为  $a_0$  ( $0 < a_0 < 1$ ), AI 虚拟展厅投入后, 投入的强度和效率共同提升满意概率, 即  $a = a_0 + \alpha k$ , 可得  $0 \leq k \leq \frac{1-a_0}{\alpha}$ 。本研究将 AI 虚拟展厅投入分为外生情形与内生情形进行分析。外生情形指零售商采购市场上标准化、模板化的低级 AI 虚拟展厅服务情形, 这类服务功能固定、不能根据零售商的的实际经营需求定制, 投入水平由外部技术商决定, 零售商只能被动接受。内生情形指零售结合自身经营策略、产品特征与消费者需求自主组建技术团队研发 AI 虚拟展厅的情形, 零售商可根据市场竞争、消费者偏好等变

化主动调整 AI 投入强度, 实现技术投入与经营策略的优化。如此, 既考虑到 AI 虚拟展厅作为外生变量的现实商业场景, 又包含 AI 虚拟展厅作为内生决策变量的实践情形, 更贴合零售商的实际运营决策。

基于上述假设, 构建 AI 虚拟展厅作为外生和内生情形下的双寡头竞争模型, 研究 AI 虚拟展厅投入对全渠道定价、消费者选择和自身利润的影响, 并比较不同情形下的均衡价格、渠道需求与利润分布。

### 3. 模型构建与求解

#### 3.1. AI 虚拟展厅投入为外生变量

首先分析 AI 虚拟展厅投入作为外生变量时的情形。分别令  $U_S = U_E$ ,  $U_E = U_M$ , 可以得到三类消费者的无差异效用的临界点  $x_1 = \frac{2t-v(1-a)}{\ell}$ ,  $x_2 = \frac{p_m - p_e + 2t - v(1-a)}{2\ell}$ , 如图 1 所示。

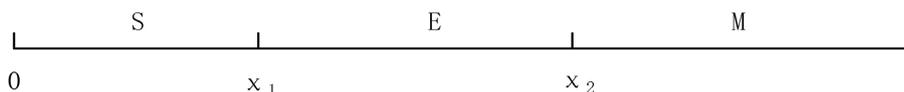


Figure 1. Schematic diagram of indifference points for consumer channel choice

图 1. 消费者渠道选择的无差异点示意图

据此可得到三类消费者需求分别为:  $d_S = \frac{2t-v(1-a)}{\ell}$ ,  $d_E = \frac{p_m - p_e - 2t + v(1-a)}{2\ell}$   
 $d_M = \frac{2\ell - 2t - p_m - p_e + v(1-a)}{2\ell}$ 。线上和线下渠道的需求分别为  $d_e = d_E + d_S$  和  $d_m = d_M$ 。假设零售商其余成本均为零, 只考虑 AI 投入成本, 则双方的利润函数分别为  $\pi_e = d_e p_e - \frac{k^2}{2}$ ,  $\pi_m = p_m d_m$ 。线下零售商和线上零售商分别以各自利润最大化为目标同时决策最优价格, 求解可得  $p_m = \frac{4\ell - 2t + v(1-a)}{3}$ ,  $p_e = \frac{2\ell + 2t - v(1-a)}{3}$ 。将其分别代入线下零售商和线上零售商的需求和利润函数, 可得到外生情况下的均衡结果。

**命题 1:** 在 AI 虚拟展厅投入为外生的情形下, 分析等待时间成本( $\ell$ )、AI 虚拟展厅购买到满意产品的概率( $a$ )和 AI 投入成本( $k$ )对线上及线下价格均衡结果的影响可得:

- (1)  $\partial p_e / \partial \ell > 0, \partial p_e / \partial k > 0, \partial p_e / \partial a > 0$ 。
- (2)  $\partial p_m / \partial \ell > 0, \partial p_m / \partial k < 0, \partial p_m / \partial a < 0$ 。

命题 1 表明, 线上零售商的定价与等待时间成本( $\ell$ )、AI 投入成本( $k$ )和 AI 虚拟展厅购买到满意产品的概率( $a$ )正相关, 线下零售商价格与等待时间成本( $\ell$ )正相关, 与 AI 投入成本( $k$ )和 AI 虚拟展厅购买到满意产品的概率( $a$ )负相关。这是因为等待时间的增加虽然会导致部分时间敏感型消费者流失, 但还有部分对时间不敏感、对价格相对容忍的消费者群体留存。线上零售商可通过适度提价, 在不显著流失客户的前提下弥补因需求减少带来的损失。而 AI 投入成本的提高能够有效降低商品的匹配不确定性, 提升消费者的线上体验, 进一步提升消费者买到满意产品的概率, 对线上渠道的信任与支付意愿更高, 线上渠道竞争力增强。这使得线上零售商能够实施“体验溢价”策略, 同时也将部分技术成本转嫁给消费者。因此, 线上零售商可以将等待时间成本与体验提升转化为价格优势。对于线下零售商而言, 等待时间增加让部分原本选择线上的时间敏感型消费者转而选择线下购买, 线下渠道的吸引力和竞争力增强, 线下零售商可通过提高价格增加利润。AI 投入的增加提升线上满意概率, 吸引消费者进行线上体验和选购, 直接分流线下客流, 进一步挤压线下的生存空间。线下零售商的传统优势被削弱, 不得不通过降价吸引消费者, 维持市

场份额。因此, 线下渠道虽然在“即时获得”方面有优势, 但仍需通过降价应对 AI 技术的冲击。

随着 AI 技术不断成熟与应用成本逐步降低, AI 虚拟展厅已不再是高难度的外生技术条件, 而日益成为零售商能够自主决策的营销工具。现实中, 零售商既可以选择采购外部的虚拟展厅方案, 也可以自己组建技术团队自主研发并优化。因此, 将 AI 投入作为内生变量, 使零售商根据技术效率、市场环境和消费者行为调整投入更贴合实际场景。接下来, 本文将研究当 AI 虚拟展厅投入转为内生变量时零售商的定价、利润和消费者渠道选择的变化。

### 3.2. AI 虚拟展厅投入为内生变量

本部分分析 AI 虚拟展厅投入作为内生变量时的情形将 AI 虚拟展厅投入后的满意概率  $a = a_0 + \alpha k$  代入, 得出最优线上利润函数为  $\pi_e^* = \frac{[2\ell + 2t - (1 - a_0 - \alpha k)v]^2 - 9\ell k^2}{18\ell}$ 。在线上零售商利润最大化的情况下求出最优 AI 投入水平  $k^* = \frac{\alpha v[(1 - a_0)v - 2(t + \ell)]}{\alpha^2 v^2 - 9\ell}$ 。结合上述约束条件, 满足  $0 < k^* \leq k$ , 可得  $\alpha^2 v^2 - 9\ell < 0$ ,  $(1 - a_0)v - 2(t + \ell) < 0$  将  $k^*$  代入价格和利润表达式, 得到内生 AI 投入下的最优价格和利润函数:

$$p_m^* = \frac{2\ell\alpha^2 v^2 - 3\ell[v(1 - a_0) + 4\ell - 2t]}{\alpha^2 v^2 - 9\ell} \quad (1)$$

$$p_e^* = \frac{3\ell[v(1 - a_0) - (2\ell + 2t)]}{\alpha^2 v^2 - 9\ell} \quad (2)$$

$$\pi_m = \frac{\ell[2\alpha^2 v^2 - 3v(1 - a_0) - 6(2\ell - t)]^2}{2(\alpha^2 v^2 - 9\ell)^2} \quad (3)$$

$$\pi_e = \frac{[v(1 - a_0) - (2\ell + 2t)]^2}{2(9\ell - \alpha^2 v^2)} \quad (4)$$

将线上和线下最优利润函数相减, 得到内生情况下 AI 虚拟展厅投入对线上和线下渠道利润的差异化影响, 利润差函数如下:

$$\Delta\pi = \frac{(9\ell - \alpha^2 v^2)[v(1 - a_0) - (2\ell + 2t)]^2 - \ell[2\alpha^2 v^2 - 3v(1 - a_0) - 6(2\ell - t)]^2}{2(9\ell - \alpha^2 v^2)^2} \quad (5)$$

**命题 2:** AI 投入作为内生决策变量时, 分析 AI 投入系数( $\alpha$ )、未投入 AI 虚拟展厅时消费者线上购买到满意产品的基础概率( $a_0$ )和等待成本( $\ell$ )对最优投入  $k^*$  的影响可得:

$$(1) \quad \partial k^* / \partial \alpha > 0, \partial k^* / \partial a_0 > 0$$

$$(2) \quad \text{当 } 9v(1 - a_0) - 2(9t + \alpha^2 v^2) > 0, \quad \partial k^* / \partial \ell > 0; \quad \text{当 } 9v(1 - a_0) - 2(9t + \alpha^2 v^2) < 0, \quad \partial k^* / \partial \ell < 0。$$

由命题 2 可知, AI 投入水平( $k^*$ )随着 AI 效率系数( $\alpha$ )和基础满意率( $a_0$ )的增大而增大, 而线上等待成本( $\ell$ )对最优 AI 投入水平( $k^*$ )的影响有条件限制: 当  $9v(1 - a_0) - 2(9t + \alpha^2 v^2) > 0$  时, 最优 AI 投入水平随线上等待成本的增大而增大; 当  $9v(1 - a_0) - 2(9t + \alpha^2 v^2) < 0$  时, 最优 AI 投入水平随线上等待成本的增大而减小。这是因为, AI 效率系数( $\alpha$ )越高, AI 投入对消费者线上购买满意概率的提升效果越显著, 激励线上零售商增加投入以提升竞争力。同时, 若消费者在未使用 AI 虚拟展厅时已有较高的基础满意率

( $a_0$ ), 说明线上渠道本身已具备较强的吸引力和用户信任, 此时零售商更愿意增加 AI 投入进一步放大线上优势。当满足  $9v(1-a_0)-2(9t+\alpha^2v^2)>0$  时, 线上零售商增加 AI 投入能够有效提升消费者的满意概率, 增强消费者对线上渠道的信任和支付意愿, 从而弥补消费者线上等待的时间损失, 从而维持甚至增强线上渠道的吸引力。反之, 等待成本的增加会显著降低线上渠道的吸引力, 零售商会更谨慎地控制 AI 虚拟展厅的投入。

**命题 3:** AI 投入内生化的最优决策下, 线上与线下渠道的利润差  $\Delta\pi$  受到  $Q = \alpha^2v^2$  的显著影响, 且存在临界点  $Q^*$  :

当  $Q < Q^*$  时,  $\Delta\pi > 0$ , 线上零售商利润高于线下零售商。

当  $Q > Q^*$  时,  $\Delta\pi < 0$ , 线下零售商利润高于线上零售商。

利润差函数  $\Delta\pi$  的分子部分可视为关于  $Q = \alpha^2v^2$  的二次函数  $f(Q)$ 。分析函数在定义域  $[0, 9\ell)$  内的符号变化, 需区分两种情况:

当  $v(1-a_0)+\ell-2t < 0$  时,  $f(0) > 0$ ,  $f(9\ell) < 0$ , 因此, 在  $(0, 9\ell)$  内存在唯一实根  $Q^*$ , 使得当  $Q < Q^*$  时,  $f(Q) > 0$ ; 当  $Q > Q^*$  时,  $f(Q) < 0$ 。

当  $v(1-a_0)+\ell-2t > 0$  时, 且  $f(9\ell) < 0$ 。此时  $f(Q)$  在区间内可能先增后减并出现正值, 即存在一个或两个临界点, 使得利润差符号改变; 也有可能恒为负数, 即线下利润始终高于线上。

命题 3 表明, 当 AI 投入成为线上零售商的主动选择时, 技术效率的提升对双渠道利润具有深刻影响, 且这种影响并非线性单调, 而呈现先促进线上、后提升线下的特征。这是因为, 当  $Q < Q^*$  时, AI 技术能有效提高线上渠道的吸引力。线上渠道凭借浏览商品的“便捷性”和“价格透明”的优势, 结合 AI 虚拟展厅带来  $f(0) < 0$  的体验改善, 能够吸引对价格较为敏感但对适配性要求不太高的消费者。这使得线上零售商在优化投入后能够获得一定的“体验溢价”和需求增长, 利润超过线下。然而, 当  $Q > Q^*$  时, AI 虚拟展厅能够提供高度逼真和互动的线上体验, 使得线上消费者能够获得与线下消费者几乎同等的产品信息, 线下渠道的传统优势被大幅度削弱。但是, 线上渠道为达到高技术水准, 往往需要持续投入高额成本, 并且可能加剧线上价格竞争, 减少利润。相反, 当线上线下的体验差距逐渐缩小时, 线下渠道的“即时获得”“真实接触”“面对面服务”等属性会吸引对时间极度敏感、追求商品品质与服务的消费者, 他们愿意为高品质的线下服务与商品获得支付更高昂的价格。因此, 线下零售商可通过高附加值的服务实现更高的利润水平, 使得整体利润高于线上零售商。

### 3.3. 内生与外生情形的比较分析

在自主决定 AI 投入水平和被动接受外部条件时, 零售商会如何选择? 定价策略和利润分布将发生怎样变化? 接下来, 本文将通过比较内生与外生两种情形下的均衡结果, 比较分析 AI 虚拟展厅投入对同一渠道的价格与利润的影响。

分别使用下角标  $m$  和  $e$  表示线下零售商和电子零售商, 以上角标  $o$  和  $i$  表示 AI 虚拟展厅投入作为外生与内生决策变量的情况。将内生与外生情况下的同渠道价格和利润函数相减, 分别得出价格差和利润差函数:

$$p_m^i - p_m^o = \frac{v[2\alpha^2v(t+\ell) - \alpha^2v^2(1-a_0 - \alpha k) - 9\ell\alpha k]}{3(\alpha^2v^2 - 9\ell)} \quad (6)$$

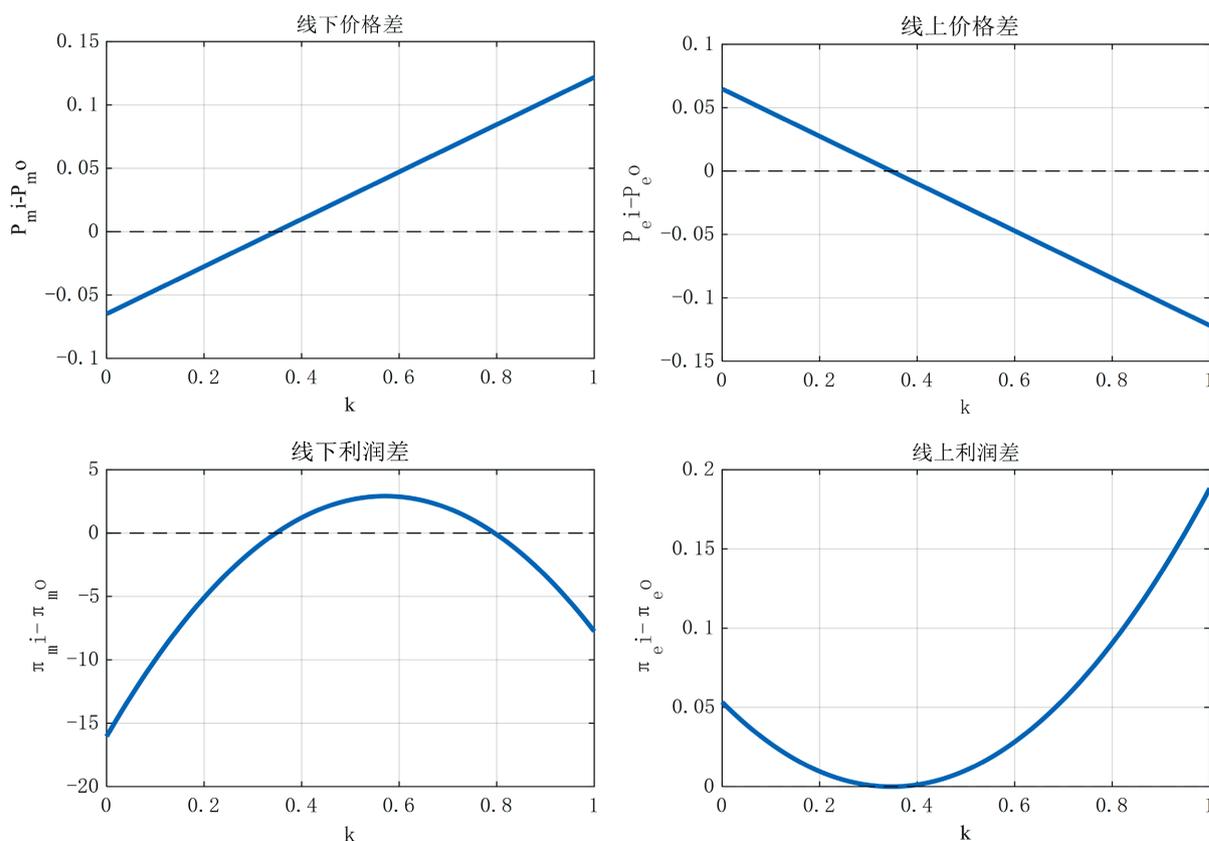
$$p_e^i - p_e^o = \frac{v[-2\alpha^2v(t+\ell) + \alpha^2v^2(1-a_0 - \alpha k) + 9\ell\alpha k]}{3(\alpha^2v^2 - 9\ell)} \quad (7)$$

为便于计算与公式展示, 令  $A = 2\alpha^2 v^2 - 3(4\ell - 2t) - 3v(1 - a_0)$ ,  $B = 4\ell + (1 - a_0 - \alpha k)$ ,  $C = v(1 - a_0) - (2\ell + 2t)$ ,  $D = 2\ell + 2t - v(1 - a_0 - \alpha k)$ 。

$$\pi_m^i - \pi_m^o = \frac{[3\ell A - B(\alpha^2 v^2 - 9\ell)][3\ell A + B(\alpha^2 v^2 - 9\ell)]}{18\ell(\alpha^2 v^2 - 9\ell)^2} \quad (8)$$

$$\pi_e^i - \pi_e^o = \frac{9\ell C^2 - (9\ell - \alpha^2 v^2)(D^2 - 9\ell k^2)}{18\ell(9\ell - \alpha^2 v^2)} \quad (9)$$

为了更直观地表示, 通过算例仿真的方法分析在内生与外生不同情形下, AI 投入对同一渠道价格和利润的影响。在满足前文各约束条件的前提下, 对各参数的赋值如下  $v = 0.8, a_0 = 0.6, \alpha = 0.7, \ell = 0.3, t = 0.6$ 。



**Figure 2.** Comparison of prices and profits under endogenous and exogenous scenarios with different AI investments

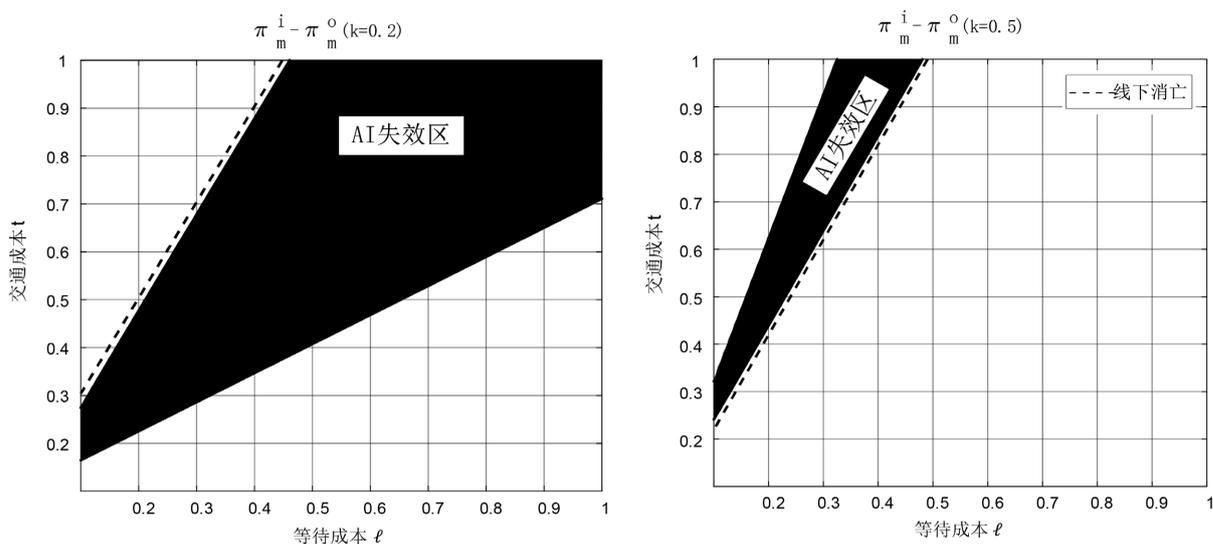
**图 2.** 不同 AI 投入水平下内生与外生情形的价格与利润对比

#### 命题 4: AI 虚拟展厅投入内生与外生情形下价格与利润差异分析

由图 2 可知, 在不同 AI 投入水平  $k$  下, 内生与外生情况对双渠道定价与利润的影响差异显著。在价格方面, 随着 AI 投入( $k$ )的提高, 内生情况下线上零售商的定价高于外生情况, 且差距逐渐扩大, 说明内生情况下的 AI 投入使线上渠道将提升的匹配确定性转化为价格优势。而内生情形下的线下定价普遍低于线上, 尤其在 AI 投入较高时, 差距进一步拉大。这表明, 当 AI 投入成为零售商自主调控的工具时, 线下渠道面临更大的分流压力, 不得不通过降价维持吸引力。

在利润方面, 内生情况下的线上利润总高于外生情况, 且随着 AI 投入的增大利润提升更明显, 说明

内生 AI 投入能使线上零售商更有效地平衡技术成本与收益, 尤其在 AI 效率系数  $\alpha$  较大时, 利润优势更为突出。并且零售商能够根据市场、消费者偏好等动态调节 AI 投入水平, 达到最优水平, 因此线上渠道的 AI 投入总是有效。而内生情况下的线下利润随着 AI 投入的增加呈现先低后高再低于外生情况的趋势。这是因为当 AI 投入较小或较大时, 线下零售商为应对渠道竞争被迫降低价格, 但需求并未立即回升, 造成线下利润在内生情况下低于外生情况。在 AI 投入增加过程中, 线上零售商通过提价弥补成本, 使得部分对价格敏感的消费者转向线下购买, 线下需求短暂回升, 内生情况下的线下利润超过外生情况。因此, AI 投入水平的不同阶段会通过改变消费者渠道选择, 进而动态重塑双渠道定价机制与利润分配。



**Figure 3.** Sensitivity analysis of transportation cost and waiting cost under different AI investment levels  
**图 3.** 不同 AI 投入水平下交通成本与等待成本的敏感性分析

为进一步探究匹配不确定环境下 AI 虚拟展厅投入对双渠道竞争的影响, 本部分对交通成本与等待成本进行敏感性分析。分别令  $k = 0.2$  与  $0.5$ , 分析在 AI 投入较低和较高时, AI 虚拟展厅投入的有效性和线下渠道生存的边界条件。由图 3 可知, 当等待成本较高, 交通成本较低时, AI 投入失效, 并且随着 AI 投入强度的增加失效情况越少。这是因为, 此时消费者更倾向于线下购买, 低强度 AI 投入对线上匹配不确定性的改善有限, 难以有效分流, 反而因技术成本损害线上利润, 削弱了竞争压力, 使线下利润在 AI 投入后更高。而随着 AI 投入强度提升, 线上匹配不确定性显著缓解, 吸引更多消费者转向线上, 得内生 AI 投入下的线下利润逐步低于外生情形, 失效情况减少。而当等待成本较低, 交通成本较高时, 线下渠道完全消亡。这是因为, 低等待成本凸显线上便捷性, 高交通成本则大幅提高线下购物门槛, 加上 AI 虚拟展厅对匹配不确定性的有效缓解, 消费者完全转向线上, 线下渠道失去客流而消亡。随着 AI 投入强度的提高, 线下消亡的临界条件趋于温和, 说明更高强度的 AI 投入进一步强化线上吸引力, 推动线下渠道的消亡。因此, AI 虚拟展厅投入的有效性和线下渠道的生存空间高度依赖于交通成本与等待成本, 而 AI 投入强度的提升会进一步改变这一边界条件。

#### 4. 结语

随着 AI 技术与虚拟显示技术的融合应用, AI 虚拟展厅正成为线上零售商应对“匹配不确定”问题和提升消费者购物体验的重要工具。本文通过构建双寡头竞争模型, 研究 AI 虚拟展厅投入作为外生变量和内生变量时, 对消费者渠道选择、零售商定价策略与利润分配问题。在此基础上, 还分析了不同情形

下的价格与利润差异, 并通过交通成本与等待成本的敏感性分析, 进一步界定了 AI 虚拟展厅投入的有效性边界与线下渠道的生存条件, 为零售商选择 AI 虚拟展厅投入方式提供借鉴。研究结论如下: 第一, AI 虚拟展厅投入能显著提升消费者线上购物的满意概率, 增强线上渠道吸引力, 使线上零售商提高定价并实现“体验溢价”。第二, AI 虚拟展厅作为内生决策变量时, 投入水平与 AI 效率系数、基础满意率正相关, 而等待时间成本对投入水平影响有条件限制。第三, AI 技术效率存在临界值, 当 AI 技术效率较低时, 线上零售商利润高于线下。随着 AI 技术效率提升并超过某一阈值时, 线下零售商凭借“及时获得”与“面对面服务”等优势可能实现更高利润。第四, 对比 AI 虚拟展厅投入的外生与内生情况, 内生 AI 投入使线上零售商更有效地平衡技术成本与收益, 在 AI 效率较高时, 利润提升更为明显。而线下渠道在 AI 投入的不同阶段呈现出“先低后高再低”的利润变化, 反映出消费者渠道选择行为的动态变化。而交通成本与等待成本共同影响 AI 投入有效性与线下渠道生存边界, 高等待成本、低交通成本下 AI 投入易失效, 而低等待成本、高交通成本下线下渠道会完全消亡。并且 AI 投入强度的提升会减少 AI 投入失效情形、让线下渠道消亡的条件更温和, 进一步重塑双渠道竞争的边界。

本研究为零售商在 AI 虚拟展厅下的运营策略提供理论依据。线上零售商可根据 AI 技术效率、消费者时间敏感度、交通成本等因素合理规划 AI 投入与定价策略, 平衡技术成本与收益。线下零售商可通过定制化服务、体验优化等方式吸引对时间敏感、追求品质的高质量消费者, 减少客户流失与价格竞争的损失。本文的研究仍存在一定局限, 如未考虑复杂的消费者异质性、生产成本、退货成本等。因此, 在以后的研究中, 可以进一步将 AI 效率内生, 研究其与退货策略、库存管理等策略的交互影响。

## 基金项目

教育部人文社会科学研究青年基金项目(24YJC630068); 江苏省社会科学基金青年项目(25GLC004)。

## 参考文献

- [1] 国家统计局. 2025 年 12 月份社会消费品零售总额增长 5.2% [EB/OL]. [https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202601/t20260119\\_1962323.html](https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202601/t20260119_1962323.html), 2026-01-19.
- [2] WWD (2020) Gucci Reveals Snapchat AR Shoe Try-Ons. <https://wwd.com/business-news/technology/feature/gucci-reveals-snapchat-ar-shoe-try-ons-1203661812/>
- [3] American Military University (AMU) (2024) The Virtual Fitting Room: Revolutionizing Apparel Shopping. <https://www.amu.apus.edu/area-of-study/business-administration-and-management/resources/the-virtual-fitting-room/>
- [4] 东方网. 天猫开启首个虚拟现实双 11: 淘宝 Vision Pro 版双 11 会场上线[EB/OL]. <https://caijing.chinadaily.com.cn/a/202410/23/WS6718989fa310b59111d9f723.html>
- [5] Gao, F. and Su, X. (2017) Online and Offline Information for Omnichannel Retailing. *Manufacturing & Service Operations Management*, **19**, 84-98. <https://doi.org/10.1287/msom.2016.0593>
- [6] Cao, Y., Ding, R., Yu, Y. and Yin, Z. (2025) Consumer Self-Optimization in a Virtual Showroom Experience and Its Implications on Online Product Return Strategies. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **194**, Article ID: 103951. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103951>
- [7] 马勇. 匹配不确定下考虑展厅现象的电子零售商渠道竞争策略[J]. *中国管理科学*, 2024, 32(4): 153-163.
- [8] Yang, G., Ji, G. and Tan, K.H. (2020) Impact of Artificial Intelligence Adoption on Online Returns Policies. *Annals of Operations Research*, **308**, 703-726. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03602-y>
- [9] Yang, G. and Ji, G. (2022) The Impact of Cross-Selling on Managing Consumer Returns in Omnichannel Operations. *Omega*, **111**, Article ID: 102665. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102665>
- [10] Sun, Y., Wang, Z., Yan, S. and Han, X. (2022) Digital Showroom Strategies for Dual-Channel Supply Chains in the Presence of Consumer Webrooming Behavior. *Annals of Operations Research*, **329**, 1109-1148. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04475-5>
- [11] 王倩, 朱媛媛, 钟永光. 展厅现象下的双渠道供应链定价策略[J]. *中国管理科学*, 2021, 29(8): 174-182.
- [12] Chen, Y., Dai, Y., Zhang, Z. and Zhang, K. (2024) Managing Multirooming: Why Uniform Price Can Be Optimal for a

- 
- Monopoly Retailer and Can Be Uniformly Lower. *Management Science*, **70**, 3102-3122. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.4849>
- [13] Li, Y., Li, B., Zheng, W. and Chen, X. (2021) Reveal or Hide? Impact of Demonstration on Pricing Decisions Considering Showrooming Behavior. *Omega*, **102**, Article ID: 102329. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102329>
- [14] 高莹, 胡祥培, 方艳, 张漪. 参考质量效应下的体验类商品全渠道定价策略研究[J]. 管理工程学报, 2023, 37(1): 147-157.
- [15] 丁宁, 王晶. 基于感知价值的消费者线上线下购买渠道选择研究[J]. 管理学报, 2019, 16(10): 1542-1551.
- [16] 郭燕, 吴价宝, 王崇, 卢珂. 多渠道零售环境下消费者渠道选择意愿形成机理研究——产品类别特征的调节作用[J]. 中国管理科学, 2018, 26(9): 158-169.
- [17] Qiu, R., Li, C. and Sun, M. (2024) Impacts of Consumer Virtual Showrooming Behavior on Manufacturer and Retailer Strategic Decisions in a Dual-Channel Supply Chain. *European Journal of Operational Research*, **313**, 325-342. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.08.025>
- [18] Zhong, Y., Shen, W. and Ceryan, O. (2023) Information Provision under Showrooming and Webrooming. *Omega*, **114**, Article ID: 102724. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102724>
- [19] Sun, Y., Wang, Z. and Han, X. (2020) Supply Chain Channel Strategies for Online Retailers: Whether to Introduce Web Showrooms? *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **144**, Article ID: 102122. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102122>
- [20] Meißner, M., Pfeiffer, J., Peukert, C., Dietrich, H. and Pfeiffer, T. (2020) How Virtual Reality Affects Consumer Choice. *Journal of Business Research*, **117**, 219-231. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.06.004>
- [21] Jing, B. (2018) Showrooming and Webrooming: Information Externalities between Online and Offline Sellers. *Marketing Science*, **37**, 469-483. <https://doi.org/10.1287/mksc.2018.1084>
- [22] Mehra, A., Kumar, S. and Raju, J.S. (2018) Competitive Strategies for Brick-and-Mortar Stores to Counter “Showrooming”. *Management Science*, **64**, 3076-3090. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2764>
- [23] Hao, L. and Kumar, S. (2024) Benefit of Consumer Showrooming for a Physical Retailer: A Distribution Channel Perspective. *Management Science*, **70**, 5208-5225. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.01990>