E-Commerce Letters 电子商务评论, 2026, 15(11), 378-384
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ecl
https://doi.org/10.12677/ecl.2026.15111250

Hans汉斯

基于记忆模型的电商平台用户复购行为研究

董芳芳

贵州大学数学与统计学院，贵州 贵阳

收稿日期：2026年5月20日；录用日期：2026年6月1日；发布日期：2026年11月16日

摘　要

在电子商务市场步入存量竞争的时代背景下，用户的复购率成为衡量平台是否可持续发展的关键指标。现有的复购行为建模方法在理论方面普遍存在局限性，本文基于记忆随历史衰减但不会彻底消失的规律，构建了一种能够刻画消费者长程记忆效应的复购行为分析框架。在此基础上，进一步将模型拓展到用户群体差异化的场景，考虑不同活跃度用户之间复购意愿的相互影响，形成更为贴近真实平台环境的耦合系统。通过具体模型揭示了 α 对系统动力学行为的影响规律，并基于理论分析提出了差异化运营框架。

关键词

可持续发展，长程记忆效应，电商用户复购行为，消费记忆效应

Research on User Repurchase Behavior on E-Commerce Platforms Based on a Memory Model

Fangfang Dong

Department of Mathematics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: May 20, 2026; accepted: June 1, 2026; published: November 16, 2026

Abstract

In the context of the e-commerce market entering a stock competition era, user repurchase rate has become a key indicator for measuring sustainable development of platforms. Existing modeling approaches for repurchase behavior generally suffer from theoretical limitations. Based on the principle that memory decays over time but never completely vanishes, this paper constructs an analytical framework for repurchase behavior capable of capturing consumers' long-term memory effects. On this basis, we further extend the model to heterogeneous user group scenarios, accounting for

文章引用: 董芳芳. 基于记忆模型的电商平台用户复购行为研究[J]. 电子商务评论, 2026, 15(11): 378-384.
DOI: 10.12677/ecl.2026.15111250

the mutual influence of repurchase intentions among users with different activity levels, thereby forming a coupled system that more closely mirrors the real platform environment. Through specific simulations, the paper reveals the influence patterns of α on the dynamic behavior of the system and proposes a differentiated operational framework based on theoretical analysis.

Keywords

Sustainable Development, Long-Term Memory Effect, E-Commerce User Repurchase Behavior, Consumer Memory Effect

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

伴随互联网基础设施的全面完善与移动支付体系的深度渗透，中国电子商务市场已经从野蛮生长阶段步入以精细化运营为核心的存量竞争时代。中国互联网络信息中心发布的第 57 次《中国互联网络发展状况统计报告》显示，截至 2025 年 12 月，我国网络购物用户规模已达 9.37 亿人，互联网普及率提升至 80.1% [1]。这表明我国互联网普及率已逼近上限，增量用户空间日趋收窄，网络购物市场已全面步入存量转化的成熟期。与此同时，各主流电商平台的单客获取成本呈逐年攀升态势，据估算获取一位新用户的综合成本约为维护一位存量用户的 5 至 7 倍。消费心理学的大量研究揭示了一种被称为消费记忆效应的普遍现象。消费者的历史消费经历，尤其是那些具有强烈情感色彩的峰值体验与终末体验，会在相当长的时间跨度内持续作用于其后续购买决策[2]。

不难发现，现有的用户复购行为研究范式存在一个根本性的理论局限，主流建模方法在本质上均未能充分刻画上述长程记忆效应。对具体的模型分析而言，逻辑回归、决策树等经典分类方法属于静态截面模型，从根本上无法描述复购意愿随时间的动态演化轨迹[3]。马尔可夫链模型虽然引入了时间维度，但其假设下一状态仅取决于当前状态而与历史路径无关。整数阶导数的局部性使得系统在某一时刻的变化率仅由该时刻的状态决定，同样无法容纳长程历史依赖[4]。然而分数阶微积分提供了一条兼具数学严谨性与经济可解释性的建模路径。相比于上述方法，分数阶模型的独特优势体现在两个方面。第一，参数可解释性强。模型中的分数阶阶数 α 具有明确的经济含义，可直接表征用户群体的“记忆强度”，为用户分层提供了量化依据。第二，模型结构简洁。仅需 4 个参数(α, r, K, λ)即可刻画复购行为从初始积累到稳态饱和的完整动态过程，避免了复杂模型的过程在商业实践中落地困难的问题。作为经典整数阶微积分在实数域上的自然推广，分数阶微积分的核心特征在于其导数定义中天然嵌入了一个从初始时刻到当前时刻的卷积积分结构，这一结构赋予了模型记忆性和遗传性[5]。具体而言，分数阶系统在计算某一时刻的变化率时，会自动将系统的全部历史轨迹纳入加权考量，为构建更加贴近现实的用户行为动力学模型提供了理想的理论工具。

2. 长期消费记忆与复购决策的关联分析

2.1. 电商用户复购行为的记忆效应

消费者购买决策本质上是一个具有长时记忆的经济过程。用户过去的购物体验、售后评价、促销接触等历史事件会持续影响其未来的复购意愿。第 57 次《中国互联网络发展状况统计报告》显示市场正从

增量扩张向存量博弈深度转型[1]。在此背景下，消费者的每一次选择都变得尤为珍贵。研究发现，消费者购买决策本质上是一个具有长时记忆的经济过程。用户过去的购物体验、售后评价、促销接触等历史事件会持续影响其未来的复购意愿。Lotfi 等[6]在研究中指出这一现象，并提出用分数阶替代传统整数阶方法进行建模。分数阶模型的核心优势在于天然包含历史状态的加权积分，更适合描述具有累积效应的消费行为。国内学者也从不同视角为复购行为的记忆效应提供了理论与实证支持。史有春和刘春林[7]在《南开管理评论》发表的实证研究中，指出在于将购后冲突和情景期望引入重复购买模型，指出消费者在作出复购决策时，不仅受当前满意度的驱动，还会受到先前消费经历中产生的认知冲突以及未来情景预期的双重影响。在社会资本研究领域，张维迎和柯荣住[8]通过对中国各省份信任水平的跨省调查分析发现，信任作为一种社会资本，其形成依赖于历史交往经验的长期积累，且与交易被重复的可能性密切相关。这一理论框架为理解电商场景下消费者对平台的信任同样是一个具有记忆性的累积过程。王永贵和董大海[9]在系统评述客户关系管理研究时则指出，现有的研究难以有效刻画客户关系随时间的非线性演化特征，也未能找到一种能够平衡顾客价值与企业价值的动态绩效评价方法。上述研究从重复购买行为建模、社会信任形成机制、客户关系动态管理三个不同层面，印证了消费行为中历史依赖特征的普遍存在。

2.2. 长程记忆在经济管理学中的应用

分数阶模型最核心的特征在于能够刻画系统的记忆效应与遗传特性。使得历史事件对当前状态的影响以幂律形式衰减而非瞬时消失，这一特征使其在经济管理领域具有独特的应用价值。在金融市场领域，分数阶模型的引入主要是为了克服传统整数阶模型对市场长记忆性刻画不足的局限。Laskin 首次提出了分数阶 Black-Scholes 方程[10]，将 Caputo 分数阶导数引入期权定价模型，用非整数阶时间导数替代经典的一阶时间导数，使得资产价格演化能够体现历史状态的幂律加权影响。在宏观经济领域，Tarasov 与 Tarasova 系统提出了“经济记忆”概念[11]，将分数阶微积分引入宏观经济增长建模。传统宏观经济模型通常基于整数阶微分方程，隐含地假设经济主体的决策仅依赖于当期变量，忽视了过去经济状态的累积影响。

3. 模型构建

3.1. 基本假设

假设 1：将用户群体的复购意愿视为关于时间 t 的连续函数 $u(t)$，定义域为 $[0,T]$，值域为 $[0,1]$。其中 $u(t)=0$ 表示完全没有复购意愿，$u(t)=1$ 表示复购意愿达到最大强度。当研究视角从单一用户转向用户群体时，群体层面的复购率天然是一个连续变量。

假设 2：用户群体在时刻 t 的复购意愿变化率不仅取决于当前状态 $u(t)$，还依赖于从初始时刻到当前时刻的全部历史状态轨迹，且历史信息的影响以幂律方式衰减。

假设 3：用户群体的复购意愿存在一个饱和上限 $K(0<K\le 1)$，当意愿接近上限时，增长速度自然趋缓。这反映了消费者在特定品类上需求饱和的客观规律。

假设 4：缺乏外部刺激的条件下，复购意愿会以固定速率 $\lambda>0$ 自然衰减，反映竞争对手吸引、需求偏好漂移和注意力分散等离心力的总效应。

假设 5：平台的营销活动作为外部激励函数 $S(t)\ge 0$ 以可加方式作用于复购意愿的变化率。

3.2. 分数阶复购意愿模型

$$\begin{cases} {}^{C}D_{t}^{\alpha}u(t)=r.u(t)\left(1-\dfrac{u(t)}{\mathrm{K}}\right)-\lambda u(t)+S(t) \\ u(0)=u_{0}. \end{cases} \tag{1}$$

其中，${}^{c}D_t^{\alpha}$ 表示 α 阶 Caputo 分数阶微分算子，$0<\alpha\le 1$；$u(t)\in[0,1]$ 为时刻 t 的洪湖复购意愿强调；$r>0$ 为复购意愿的内生增长率；$K\in(0,1]$ 为饱和上限；$\lambda>0$ 为自然衰减率；$S(t)\ge 0$ 为外部营销激励函数；u_0 为初始复购意愿水平。当 $\alpha=1$ 时，Caputo 导数退化为经典的一阶导数，模型还原为标准整数阶常微分方程，因此本文模型可视为经典模型在分数阶意义下的记忆增强推广。

3.3. 长时记忆效应的定义及其经济含义

当 $0<\alpha<1$，函数 $u(t)$ 的 α 阶 caputo 分数阶导数的定义为：

$$ {}^{C}D_t^{\alpha}u(t)=\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)}\int_0^t(t-s)^{-\alpha}u'(s)\mathrm{d}s. $$

其中 $\Gamma(.)$ 为 Gamma 函数，与经典一阶导数 $u'(t)$ 仅由 t 时刻的局部信息决定不同，Caputo 分数阶导数通过定义在[0, t]上的卷积积分，将从初始时刻到当前时刻的全部历史变化率信息进行了加权汇聚。核函数 $(t-s)^{-\alpha}$ 作为权重分配函数，距当前时刻越近的历史信息权重越大，距当前时刻越远的历史信息权重越小但始终为正值。阶数 α 精确地控制了权重的衰减速率。当 $\alpha\to 1$ 时，权重在当前时刻附近急剧集中，远期历史信息贡献趋于可忽略，系统行为近似于无记忆的经典情形。当 $\alpha\to 0^{+}$ 时，所有历史时刻的权重趋于相等，系统呈现完全记忆特征。当 $0<\alpha<1$ 时，系统处于部分记忆状态。将此映射到消费行为学语境中，α 可被赋予以下经济含义：α 取值在 0.8 至 1.0 之间对应弱记忆型用户，主要受近期体验和即时促销驱动；α 取值在 0.5 至 0.8 之间对应中等记忆型用户，近期和中期体验均有一定影响；α 取值在 0 至 0.5 之间对应强记忆型用户，早期购物体验深刻塑造长期行为模式。

3.4. 模型参数商业映射

对于高频消费品类的用户复购周期短，单次体验的记忆痕迹易被后续多次体验稀释。成熟用户的复购行为趋于稳定，单次体验的影响权重相对降低，以及高频用户的复购决策更多受近期体验驱动。所以预期 α 值接近 1.0，这种类型可根据模型划分为弱记忆型。低频消费品类的用户复购周期长，每次购买体验的影响持续时间更久。除此之外，新用户缺乏历史积累，早期几次购物体验对复购习惯的形成具有决定性影响。因此预期 α 值接近 0.5 以下，属于强记忆型。

3.5. 模型各项的含义

Logistic 内生增长项 $r.u(t)\left(1-\frac{u(t)}{\mathrm{K}}\right)$。该项刻画复购意愿的内生正反馈机制。当 $u(t)$ 较小时，习惯养成速率近似以指数方式增长，体现了使用－熟悉－偏好强化的正循环加速效应。当 $u(t)$ 趋近 K 时，增长速率趋零，反映需求饱和。参数 r 可理解为平台粘性系数，取决于产品丰富度、用户体验设计质量和个性化推荐精准度等因素。

自然衰减项 $-\lambda u(t)$。该项刻画复购意愿在缺乏干预条件下的自然消解。参数 λ 的大小与商品品类特性相关：高频消费品类的 λ 相对较小，低频消费品类的 λ 相对较大。

外部激励项 $S(t)$。该项描述平台营销干预的直接提振效果。在理论分析中保持 $S(t)$ 的一般性，可根据不同营销模式取脉冲型、周期型或持续型等具体形式。

4. 模型分析

4.1. 系统解的存在唯一性

定理 1 设外部激励函数 $S(t)$ 在区间 $[0,T]$ 上连续，则系统(1)在 $[0,T]$ 上存在唯一的连续解。

注：该定理保证了在给定初始条件和营销策略下，用户复购意愿的演化轨迹是确定的、唯一的，为基于模型的预测和决策提供了理论可靠性。

4.2. 解的非负性与有界性

定理 2 若初始值 $u_0 \geq 0$ 且 $S(t) \geq$ 对所有的 $t \in [0,T]$ 成立，则模型(1)的解 $u(t) \geq 0$ 对所有 $t \in [0,T]$ 成立。进一步，若 $S(t)$ 在 $[0,T]$ 上有界，则解 $u(t)$ 同样有界。

注：该定理保证了模型输出的经济合理性，复购意愿不会出现负值，也不会无限膨胀，符合需求饱和的经济直觉。

4.3. 平衡点的渐近稳定性分析

考虑常数营销投入情形 $S(t) = S_0 \geq 0$，平衡点 u^* 满足方程右端零点：

$$ru^*\left(1-\frac{u^*}{K}\right)-\lambda u^*+S_0=0. \tag{2}$$

整理为：

$$\frac{r}{K}\left(u^*\right)^2-(r-\lambda)u^*-S_0=0. \tag{3}$$

方程(3)两根之积为 $-\frac{S_0K}{r}<0$，我们取正根得到

$$u^*=\frac{K}{2r}\left[(r-\lambda)+\sqrt{(r-\lambda)^2+\frac{4rS_0}{K}}\right].$$

定理 3 正平衡点 u^* 是模型(1) ($S(t) = S_0$ 时)的局部渐进稳定平衡点。

注：该定理表明，在恒定营销投入下，无论初始复购意愿处于何种水平，系统最终都将收敛至唯一稳态 u^*。该稳态由平台粘性、竞争流失率、营销力度 S_0 和需求饱和度 K 共同决定。值得强调的是，虽然稳态水平不依赖于 α，但收敛的速度和路径深刻地受 α 调控，这正是分数阶模型区别于整数阶模型的关键动力学特征。

5. 模型验证

为直观展示 α 的调控作用，本节通过数值模拟进行比较分析。设定基准参数 $r = 0.5$，$K = 0.8$，$\lambda = 0.1$ $S_0 = 0.05$ $u_0 = 0.1$，分别取 $\alpha = 0.3,\ 0.5\ \ 0.7\ \ 0.9\ \ 1.0$ 进行数值求解。所得结果分析如图 1 所示。

发现一(稳态的 α 无关性)所有五条轨迹最终都收敛至同一平衡点 u^*，α 的取值不影响长期稳态水平。记忆效应的强弱不改变市场最终的均衡状态，但深刻影响达到均衡的过程。无论用户群体的记忆效应强弱，市场最终会达到相同的均衡复购水平，稳态由平台粘性(r)、流失率(λ)、营销投入(S_0)和需求饱和度(K)共同决定。

发现二(过渡时间的 α 单调性) α 越小，系统从初始状态过渡到稳态所需的时间越长。当 α 从 1.0 减小到 0.3 时，达到稳态 95%的过渡时间增加了约 37 倍。对于强记忆型用户群体，平台应保持耐心，持续投入品牌建设，市场培育和习惯养成需要更长的时间跨度。

发现三(过冲现象的 α 抑制效应) $\alpha = 1$时，某些参数组合可能导致过冲现象。而当 $\alpha < 1$时，过冲被显著抑制，轨迹更加平滑单调。记忆效应对用户行为具有惯性稳定作用，需要持续的优质体验积累才能形成稳定的复购习惯。

发现四(冲击响应的 α 持久性) 在施加营销脉冲后，α 越小，脉冲效应衰减越慢，半衰期可达 $\alpha=1$ 情形的 4 倍。对于强记忆型用户，一次成功的促销活动能够产生更为持久的正面效果。但反过来，一次失败体验也将造成更长时间的负面影响。对于强记忆型用户群体，平台应注重零失误运营，避免负面事件。同时可适当提高促销频次而非单次强度，利用记忆累积效应。

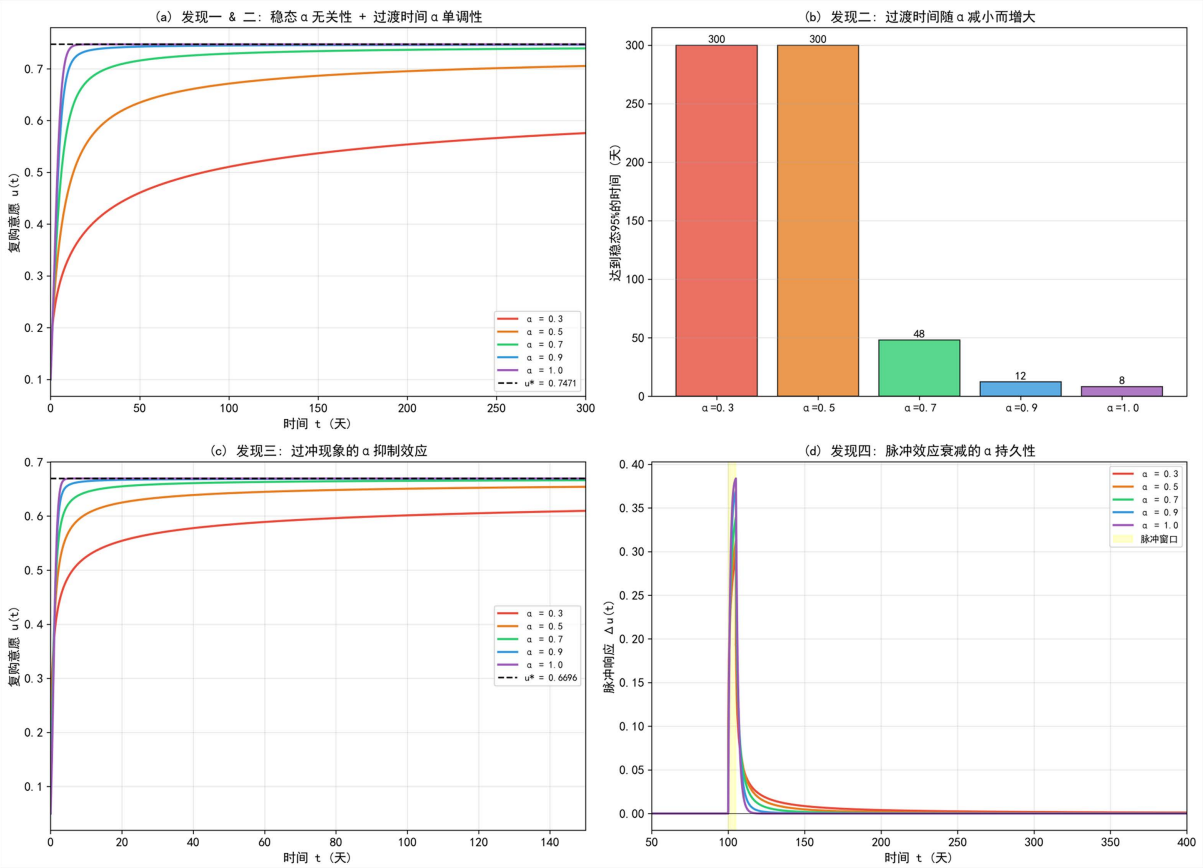


Figure 1. Influence of the fractional order α on system behavior
图 1. 阶数对系统行为的影响

6. 结论

当前智能手机进行社交通讯、导航、网络购物等，越来越多的人参与其中，享受移动互联网带来的便利[12]。本文构建了一类能够刻画消费者长程记忆效应的复购意愿演化模型。通过分析我们可知该模型在经济意义上具有合理性。无论初始条件如何，用户的复购意愿都会在合理范围内平稳演化并最终趋于稳定的均衡状态，保证了预测结果的可靠性与可解释性。研究发现记忆强度是决定用户行为动态变化的核心因素，记忆强度越大的用户群体，行为惯性越强，从初次购买到形成稳定复购习惯所需的培育期更长，对短期促销刺激的过度反应更弱，但一次成功的营销活动或一次糟糕的服务体验所带来的影响也更为持久。基于记忆强弱的用户分层分析进一步揭示了明确的差异化运营方向，对于强记忆型用户，平台应重点投资于首次购买体验的保障和产品品质建设，通过长期积累正面记忆来建立稳固的复购习惯。对于弱记忆型用户，则应以高频次触达和即时性激励为主，快速促成转化。值得警惕的是，传统模型往往系统性地低估强记忆型用户的长期价值，平台应据此重新审视自身的用户价值评估体系，避免因短期指标而忽视对高价值用户的长期培育。

参考文献

[1] 中国互联网络信息中心. 第 57 次《中国互联网络发展状况统计报告》[EB/OL]. https://www.cnnic.cn/n4/2026/0304/c88-11549.html, 2026-02-05.

[2] Kahneman, D., Fredrickson, B.L., Schreiber, C.A. and Redelmeier, D.A. (1993) When More Pain Is Preferred to Less: Adding a Better End. *Psychological Science*, **4**, 401-405. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1993.tb00589.x

[3] Buckinx, W. and Van den Poel, D. (2005) Customer Base Analysis: Partial Defection of Behaviourally Loyal Clients in a Non-Contractual FMCG Retail Setting. *European Journal of Operational Research*, **164**, 252-268. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.12.010

[4] Cannarella, J. and Spechler, J.A. (2014) Epidemiological Modeling of Online Social Network Dynamics. arXiv:1401.4208.

[5] Podlubny, I. (1999) Fractional Differential Equations: An Introduction to Fractional Derivatives, Fractional Differential Equations, to Methods of Their Solution and Some of Their Applications. Academic Press.

[6] Lotfi, A., Jiang, Z. and Jain, D.C. (2020) Modeling Product Diffusion and Repeat Purchases: A Fractional Calculus-Based Approach. CEIBS Working Paper.

[7] 史有春, 刘春林. 顾客重复购买行为的实证研究[J]. 南开管理评论, 2005, 8(1): 35-41.

[8] 张维迎, 柯荣住. 信任及其解释: 来自中国的跨省调查分析[J]. 经济研究, 2002, 37(10): 59-70.

[9] 王永贵, 董大海. 客户关系管理的研究现状、不足和未来展望[J]. 中国流通经济, 2004, 18(6): 52-56.

[10] Laskin, N. (2000) Fractional Market Dynamics. *Physica A*: *Statistical Mechanics and Its Applications*, **287**, 482-492. https://doi.org/10.1016/s0378-4371(00)00387-3

[11] Tarasov, V. (2019) On History of Mathematical Economics: Application of Fractional Calculus. *Mathematics*, **7**, Article 509. https://doi.org/10.3390/math7060509

[12] 刘立鑫. 农村老年群体互联网使用差异及其影响因素探究——基于 CGSS2021 数据的实证分析[J]. 老龄化研究, 2023, 10(4): 1343-1350. https://doi.org/10.12677/AR.2023.104177