

doi:10.19920/j.cnki.jmsc.2021.01.003

网贷平台最优借贷利率与项目筛选策略^①

曹一秋¹, 王大中², 曾燕^{1*}, 张小涛³

(1. 中山大学岭南(大学)学院, 广州 510275; 2. 南京大学经济学院, 南京 210093;
3. 天津大学管理与经济学部, 天津 300072)

摘要: 本文分析了网贷平台的最优借贷利率与项目筛选策略。首先, 提炼了网贷平台的主要特征。然后, 构建并求解了网贷利率与项目筛选模型。最后, 通过数值算例考察了平台费率等因素对网贷平台最优策略和期望利润的影响。结果表明: 1) 网贷平台的最优借贷利率与借款管理费率呈负相关, 且两者之和不高于外部借贷利率。2) 在一定范围内提高利息管理费率不仅能激励网贷平台加强项目筛选, 还可以提升网贷平台的期望利润。3) 对于大额标, 网贷平台的期望利润较高, 但前提是其应加大项目筛选强度, 否则将产生较大的信贷集中风险。该结论对金融信息中介的息费定价与项目筛选等问题的研究具有理论与现实价值。

关键词: 网贷平台; 信息中介; 借贷利率; 项目筛选; 最优策略

中图分类号: F830.9; C934 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2021)01-0033-17

0 引言

近年来, 网络借贷凭借数字技术革新了传统银行借贷的商业模式^[1, 2], 成为了金融科技行业的一个重要金融业态。随着2013年我国互联网金融的兴起, 我国网贷平台的数量 and 市场规模均不断攀升。2014年~2015年累计新增网贷平台4428家^[3]。截至2018年5月, 网贷行业待还余额达10691.72亿元。网贷行业野蛮生长的同时也暴露出不可忽视的风险。2018年7月以来网贷行业爆发了一系列风险事件。2019年3月23日, 红岭创投宣布清盘。红岭创投作为头部平台已上线运营10年, 累计出借4519亿元。究其背后清盘原因在于红岭创投筛选项目不严格。根据红岭创投股东大会数据, 截至2016年底, 该公司对公

项目逾期贷款余额较上年增长了12.19%。红岭创投事件暴露出网贷平台存在项目筛选不严的问题, 该问题滋生了网贷行业特有的借款人恶意逃废债现象。尽管在行业风险出清阶段网贷平台将逐步退出或转型^②, 但平台经济中类似的金融信息中介项目筛选不严的问题依然严峻, 值得学界和业界广泛关注。另一方面, 网贷行业普遍面临盈利难的运营现状。作为金融信息中介, 网贷平台线上线下多重审核的运营成本较高, 盈利空间极其有限。这也是大部分网贷平台异化出其它运营模式的重要原因^[3]。

鉴于此, 如何规范和指导信息中介定位下网贷平台的利率定价与项目筛选行为, 实现激励网贷平台加强项目筛选和提升网贷平台盈利能力的

① 收稿日期: 2019-09-12; 修订日期: 2020-06-16.

基金项目: 国家社科基金资助重大项目(18ZDA092); 国家自然科学基金资助创新研究群体项目(71721001); 国家自然科学基金资助项目(71771220; 72003207); 广东省高等学校珠江学者岗位计划资助项目(2018); 广东省科技计划项目(2019B101001003); 广东省软科学研究计划项目(2018A070712017); 广东省自然科学基金(博士启动项目)(2017a030310068); 教育部人文社科青年基金项目(19YJC790129); 中山大学高校基本科研业务费优秀研究生创新发展项目(19wkyjs25).

通讯作者: 曾燕(1984—), 男, 江西吉安人, 博士, 教授. Email: zengy36@mail.sysu.edu.cn

② 资料来源: 2018年12月19日由互联网金融风险专项整治工作领导小组办公室、P2P网贷风险专项整治工作领导小组办公室联合发布的《关于做好网贷机构分类处置和风险防范工作的意见》。

双重目标是保障网贷行业可持续性发展的首要议题。该议题不仅对加快网贷行业风险出清和维护金融稳定具有重要的现实意义,也对推动平台经济中金融信息中介相关问题的研究具有一定的理论参考价值。

本文研究网贷平台如何通过借贷利率与项目筛选促成借贷双方交易,丰富了网贷市场信息不对称的相关研究。关于如何缓解网贷市场信息不对称的研究主要包括两方面的文献:一方面文献广泛关注通过借款人的特征识别违约风险。例如借款人的教育背景^[4]、社交关系^[5-7]、借款描述^[8,9]、长相^[10]等。另一方面文献主要讨论出借人的群体意见与羊群行为对融资结果的影响。Mollick 和 Nanda^[11]、廖理等^[12]分别使用了 Kickstarter 和人人贷的数据,验证了群体是有智慧的,并且群体智慧能够预测专家意见。同时 Zhang 和 Liu^[13]论证了出借人之间存在理性的羊群效应。

现有文献主要从借贷双方的行为特征研究如何缓解借贷双方的信息不对称,较少考虑网贷平台在其中的角色。然而网贷平台能够发挥信息中介的作用,提升资金的匹配效率,同时有效防范借款人的违约风险^[14]。因此,本文从网贷平台作为信息中介的角度出发,研究其如何通过借贷利率与项目筛选缓解借贷双方的信息不对称。

本文考察了信息中介定位下网贷平台的最优借贷利率与项目筛选策略,丰富了金融中介的相关研究。已有研究主要关注银行的利率定价与项目筛选问题^[15-17]。由于银行属于典型的信用中介,两者的利率形成过程与筛选动机有所不同。Prosper 运营初期采用拍卖机制确定借贷利率。相应地,已有研究主要关注拍卖机制下网贷利率的定价策略^[18,19]。近年来以 Prosper 为代表的网贷平台逐渐转向平台自主定价机制。Vallée 和 Zeng^[1]和 Wei 和 Lin^[20]研究了平台自主定价机制下网贷平台的最优借贷利率与项目筛选策略,但他们忽略了网贷平台放松项目筛选以扩大成交金额的动机。为了解决该问题,本文首次从平台费率的视角考察激励网贷平台加强项目筛选的因

素^[21],为金融信息中介的相关决策提供启示。

基于以上分析,本文在已有研究基础上综合考虑网贷平台的最优借贷利率与项目筛选策略。具体地,构建了网贷利率与项目筛选模型,综合考察了平台费率对网贷平台项目筛选策略和期望利润的影响,提出了激励网贷平台加强项目筛选的措施。本文主要结论包括:1) 网贷平台的最优借贷利率随着借款管理费率的增大而减小,且两者之和不高于外部借贷利率。2) 利息管理费率应保持在适中的范围,在该范围内提高利息管理费率不仅能激励网贷平台提高项目筛选强度,还可以改善网贷平台的盈利状况。3) 对于大额标,网贷平台的期望利润较高,但前提是其应加大项目筛选强度,否则将产生较大的信贷集中风险。

相对已有研究本文的创新主要在于:1) 从理论上解释了现实中网贷行业的诸多经济现象,为平台运营实践中的利率定价与项目筛选决策提供理论依据。2) 刻画了网贷平台的收费规则,尤其是基于借款人还款表现的利息管理费率,揭示了网贷平台项目筛选不严的动机,并提出了激励网贷平台加强项目筛选的措施。3) 同时考察了网贷平台项目筛选策略的多个重要影响因素,为监管机构有效实行业准入、借款金额限制等监管手段提供理论依据与参考。

1 网贷平台的主要特征

下文提炼出网贷平台的主要特征,为后文模型假设与描述作铺垫。表 1 总结了国内四家头部网贷平台的出借规模与收费规则。

从表 1 可知,网贷平台的出借人规模较大,然而平均每笔出借金额较小。网贷平台的收费规则包括来自资产端的借款管理费和来自资金端的出借管理费、利息管理费^③。其中借款管理费和出借管理费在借款项目启动时收取^④,而利息管理费则在借款项目到期且借款人履约还款时收取。

③ 资料来源:2015 年 10 月江苏省互联网金融协会发布的《P2P 平台企业收费规定指导意见(征求意见稿)》。

④ 借款管理费直接从借款人获得的本金中扣除,出借管理费则向出借人另行额外收取。

表 1 网贷平台的出借规模与收费规则

Table 1 Lending size and fee rules of online lending platforms

网贷平台		人人贷	微贷网	拍拍贷	PPmoney 网贷
出借人数/(人)		220 366	182 148	150 851	146 118
笔均出借金额/ (万元/笔)		0.06	0.4	0.02	0.07
收费 规则	资产端(占 借款金额 比例)	服务费(3.11%~18.5%)	/	交易费 (平均 7.07%)	审批费($\leq 1.5\%$ /笔) 账户管理费 ($\leq 1\%$ /月)
	资金端	授权出借费 (出借金额的 0%) 服务费(每笔利息的 10%/超出目标值部分)	利息管理费 (利息的 6%)	/	授权出借服务费/ 散标服务费 (出借金额的 0%)

注：表中的出借人数、笔均出借金额来自零壹财经 2019 年 5 月单月网贷数据，收费规则来自各平台官网。

图 1 展示了平台自主定价机制下网贷平台的项目筛选与利率形成过程。首先，网贷平台收集借款申请人的信息；然后，基于多维度信息评估借款申请人的信用风险，将借款人分为不同的风险等级，风险等级体现了网贷平台对借款人逾期率的预测；最后，根据风险等级与风险政策为借款人匹配相应的利率。例如，Lending Club 将借款人分为 A-G 共 7 个等级，平均利率从 7% (A 等级) 至 26% (F、G 等级) 不等^⑤。借款人可以选择接受或拒绝平台提供的借贷利率。

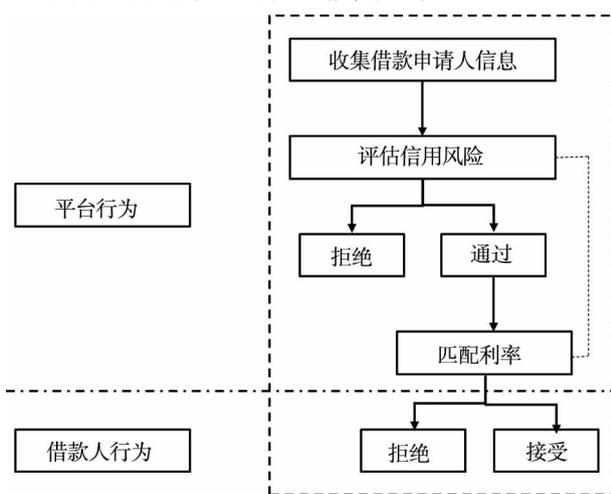


图 1 平台自主定价机制下网贷平台的项目筛选与利率形成过程

Fig. 1 Project screening and interest rate formation process of online lending platforms under posted price

2 模型构建

考虑一个由借款人、出借人和网贷平台构成的网络借贷系统^⑥。根据上述网贷平台的主要特征，本文构建无贴现的单期借贷模型，并将网络借贷的事件顺序简化如下：首先，网贷平台确定收费规则，借款人向网贷平台提交借款申请。其次，网贷平台筛选出合格借款人，并设定借贷利率。然后，如果借款人接受网贷平台的借贷利率，该借款项目发布在网贷平台上供出借人选择，否则视为借款人放弃网贷平台的借款机会。一个借款项目一般由多个出借人共同参与。如果出借人的总出借金额达到借款人的借款金额，则借款项目启动，否则借款项目融资失败。网贷平台一般不允许超额出借，而是优先满足先进入网贷平台进行出借的出借人需求。最后，如果借款项目成功启动，总出借金额等于借款人的借款金额。期初借款人获得借款，期末借款人应一次性偿还出借人本息^⑦。借款人的违约风险由出借人承担。具体事件顺序如图 2 所示。

^⑤ 资料来源：Lending Club 官网 <https://www.lendingclub.com/info/demand-and-credit-profile.action>。

^⑥ 类似 Rochet 和 Tirole^[22] 中电信的例子，网络借贷的借款人和出借人之间没有直接货币交易，而是通过网贷平台和资金存管银行完成交易，即使直接货币交易在技术上可行，但交易成本过高会阻碍这种交易。

^⑦ 由于本文主要关注网贷平台贷前决策行为，为便于研究，贷后还款采取一次性还本付息的方式。

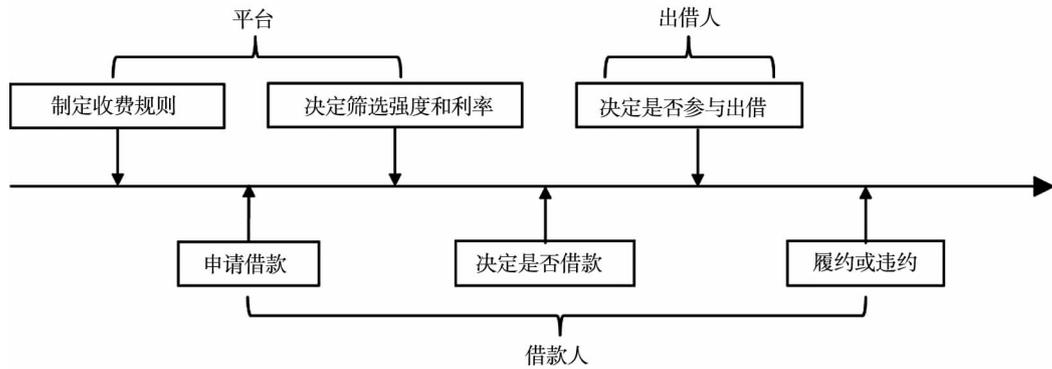


图 2 网络借贷的事件顺序

Fig. 2 Timeline of online lending

2.1 基本假设

为了更好地描述与构建网贷利率与项目筛选模型，基于上述网贷平台的主要特征，本文做以下基本假设。

借款人 假设平台上的代表性借款申请人的履约概率为常数 p_0 ($0 < p_0 < 1$)^⑧，借款金额为 Q 单位。本文称 p_0 为初始履约概率。若借款申请人获得借款资格且借款项目启动，则期初借款人获得借款，期末该借款人可能完全履约、部分履约或者完全违约。为了便于分析，类似 Wei 和 Lin^[20]，本文假设只存在完全履约和完全违约两种情况。此外，借款人通过网贷平台之外的其它借款渠道能获得的最低利率记为正的常数 ρ ^⑨。本文称之为借款人的外部借贷利率，其表示借款人单位借款金额的外部借款成本。

出借人 假设潜在出借人群体的市场容量为 1，且每个出借人至多出借 1 单位^[20]。除了通过网贷平台投资，出借人还可通过其它投资渠道进行无风险投资。考虑异质性的出借人，即不同出借人在其它投资渠道能获得的最高无风险利率是

不同的，本文称之为出借人的外部收益率 v ，其代表出借人的出借意愿与类型。假设潜在出借人按照其类型均匀分布于 $[0, \bar{v}]$ ^[24]，其中 \bar{v} 是常数，表示该群体的最高外部收益率。另外，本文考虑风险厌恶的出借人。假设出借人具有相同的幂效用函数^⑩

$$U(\pi) = \frac{\pi^{1-\varepsilon}}{1-\varepsilon} \tag{1}$$

其中 ε ($0 < \varepsilon < 1$) 表示出借人的相对风险厌恶系数， π 表示期末出借人的现金流。

网贷平台 为了简便且不失一般性，假设合格借款人是同质的^⑪。考虑一个代表性合格借款人，其代表获得借款资格的借款人群体。网贷平台的项目筛选过程确定了代表性合格借款人的风险大小。借鉴 Vallée 和 Zeng^[1]，假设经过平台筛选后，代表性合格借款人的履约概率为 p ($p_0 \leq p \leq \bar{p}$)^⑫，其中 \bar{p} ($p_0 < \bar{p} < 1$)^⑬ 是网贷平台限于自身技术水平等因素能确定的最大履约概率，代表网贷平台的筛选能力。给定 p_0 ， p 越大表明网贷平台的项目筛选标准越严格和付出的筛选

⑧ 影响借款人违约风险的因素分为借款人自身因素和借款项目因素^[23]。初始履约概率主要由借款人自身因素决定，因此可以合理地将其设定为外生变量。

⑨ 若借款人除网贷平台外无其它借款渠道，可将 ρ 视为无穷大。

⑩ 为了便于计算与分析，此处假设出借人的相对风险厌恶系数相同，未来可考虑出借人的异质性偏好。若效用函数采用常数绝对风险厌恶(CARA)形式，可类似计算，主要结论不变。

⑪ 同 Vallée 和 Zeng^[1]，为便于分析，本文只考虑一个风险等级的合格借款人，对于同一风险等级的合格借款人，平台和出借人难以进一步区分其风险差异，因此本文假设合格借款人是同质的。对于多个风险等级的情况可类似讨论。

⑫ Emekter 等^[23] 和 Iyer 等^[25] 的实证结果表明网络借贷中利率对借款人履约概率的影响不显著，因此本文不考虑利率对借款人履约概率的影响。

⑬ 若 $p_0 = \bar{p}$ ，网贷平台没有决策项目筛选强度的必要，因此为了避免不必要的讨论，本文假设 $p_0 < \bar{p}$ 。

努力越多，本文阐述为项目筛选强度越大。参照 Vallée 和 Zeng^[1]，本文用 p 代表网贷平台的项目筛选强度，假设网贷平台的项目筛选成本为

$$C(p) = \frac{1}{2}\kappa(p - p_0)^2 \quad (2)$$

其中 $\kappa (\kappa \geq 0)$ 为筛选成本系数，其为外生常数。筛选出合格借款人后，平台设定的借款人和出借人之间的借贷利率记为 r 。与 Wei 和 Lin^[20] 不同的是，本文将刻画网贷平台的收费规则，记为 (c, m, n) ^⑭，其中 c 表示借款管理费占实际借

款金额的比例， m 表示出借管理费占实际出借金额的比例， n 表示利息管理费占利息的比例。为了简化研究，将 c, m, n 设定为外生变量^⑮。记网贷平台的期望利润函数为 f ，且不考虑贴现。基于以上分析和假设，在借款项目启动的条件下， f 可以表述为

$$f = (c + m + pnr)Q - \frac{1}{2}\kappa(p - p_0)^2 \quad (3)$$

假设当 $f < 0$ 时，网贷平台不会进入网络借贷市场。为了阐述方便，归纳相关的符号说明如表 2 所示。

表 2 本文所涉及的符号及含义

Table 2 Description of the symbols used in this paper

外生参数			
Q	借款人的借款金额	ρ	借款人外部借贷利率
c	向借款人收取的借款管理费率	κ	筛选成本系数
m	向出借人收取的出借管理费率	\bar{p}	网贷平台能达到的最大项目筛选强度
n	向出借人收取的利息管理费率	v	出借人的外部收益率
ε	出借人的相对风险厌恶系数	π	期末出借人获得的现金流
p_0	初始履约概率	U_0	出借人通过其它投资渠道获得的效用
决策变量			
r	借贷利率	p	项目筛选强度

2.2 参与主体的决策

网络借贷的参与主体包括借款人、出借人与网贷平台，各参与主体的决策分为以下三个阶段：(1) 网贷平台决策，即网贷平台根据借款人的外部借款成本、潜在出借人出借意愿与风险偏好等决定借贷利率与项目筛选强度；(2) 借款人参与决策，即借款人根据网贷平台提供的借贷利率决定是否借款；(3) 出借人参与决策，即出借人根据网贷平台的借贷利率与项目筛选强度决定是否出借。

借款人参与决策 参照 Wei 和 Lin^[20]，若要使借款人在网贷平台借款，则网贷平台上的借贷利率 r 与借款管理费率 c 之和不能高于借款人的外部借贷利率 ρ ，也不能高于法定利率上限，记为 \bar{r} ^⑯。即借贷利率需满足

$$r + c \leq \min\{\rho, \bar{r}\} \quad (4)$$

令 $\tau = \min\{\rho, \bar{r}\}$ 。

出借人参与决策 若出借人参与出借，期初出借人支付 $1 + m$ (出借本金加出借管理费)，期末出借人获得的现金流 π 依赖于借款人的还款表现。假设出借人根据网贷平台提供的借款人信息和披露的历史逾期率等运营信息可以准确推测出代表性合格借款人的履约概率 p 。若借款人履约，则期末出借人获得本金加扣除利息管理费后的剩余利息 $1 + (1 - n)r$ ；若借款人违约，则期末出借人获得的现金流为 0。因此 π 可表示为

$$\pi = \begin{cases} 1 + (1 - n)r, & \text{以概率 } p \\ 0, & \text{以概率 } 1 - p \end{cases} \quad (5)$$

进一步可以得到出借人参与出借的期望效用

⑭ 未来可考虑平台针对不同类型的借款人和出借人制定差异化的收费规则。

⑮ 现实中考虑到借款人和出借人对费率变动的敏感性，网贷平台不会轻易调整 c, m, n 。此外，由于本文主要关注借贷利率与项目筛选策略，为了简化研究，将 c, m, n 设定为外生给定。

⑯ 2017 年 12 月 8 日，P2P 网络借贷风险专项整治工作领导小组办公室下发的《小额贷款公司网络小额贷款业务风险专项整治实施方案》将综合实际利率计算为以利率和各种费用形式对借款人收取的所有借款成本与贷款本金的比例，并要求排查综合实际利率是否符合《最高人民法院关于审理民间借贷案件适用法律若干问题的规定》中的上限规定。

$$E[U(\pi)] = \frac{p \cdot [1 + (1 - n)r]^{1-\varepsilon}}{1 - \varepsilon} \quad (6)$$

此外,若出借人不参与出借,而是通过其它渠道进行无风险投资,对于类型 v 的潜在出借人,其期初支付的 $1 + m$ 将在期末产生 $(1 + m)(1 + v)$ 的固定现金流. 相应地,出借人获得的效用为

$$U_0 = \frac{[(1 + m)(1 + v)]^{1-\varepsilon}}{1 - \varepsilon} \quad (7)$$

出借人的参与约束要求其参与出借的期望效用不低于其通过其它投资渠道获得的效用,即

$$E[U(\pi)] \geq U_0 \quad (8)$$

式(8)可进一步化简为

$$v \leq \frac{1 + (1 - n)r}{1 + m} p^{\frac{1}{1-\varepsilon}} - 1 \quad (9)$$

令 $\beta(r, p; m, n, \varepsilon) = \frac{1 + (1 - n)r}{1 + m} p^{\frac{1}{1-\varepsilon}} - 1$. 为了符号简洁,在不引起混淆的前提下,下文将 $\beta(r, p; m, n, \varepsilon)$ 和 $\beta(r^*, p^*; m, n, \varepsilon)$ 分别简记为 β 和 β^* , 其中 r^* 和 p^* 分别是最优借贷利率和最优项目筛选强度. 进一步假设 $\beta > 0$, 即市场上总存在潜在出借人愿意出借^[20]. 另外, β 与 r 和 p 均有关,若要存在 $r \in (0, \tau - c)$ 和 $p \in [p_0, \bar{p}]$ 使 $\beta > 0$ 成立,则参数需满足

$$\frac{1 + (1 - n)(\tau - c)}{1 + m} \bar{p}^{\frac{1}{1-\varepsilon}} - 1 > 0 \quad (10)$$

由式(9)可知,类型 $v \in [0, \beta]$ 的潜在出借人愿意出借,则愿意出借的出借人比例为 β/\bar{v} . 又每个出借人至多出借 1 单位,则该群体愿意出借的总金额为 β/\bar{v} 单位. 为了使借款项目启动,总出借金额不能低于借款金额^[24],即借款项目

$$p^* = \begin{cases} a^{1-\varepsilon}, & \text{若 } p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} < a^{1-\varepsilon} \leq \min\{\bar{p}, \hat{p}_0\} \\ p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa}, & \text{若 } a^{1-\varepsilon} \leq p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \leq \bar{p} \\ \bar{p}, & \text{若 } a^{1-\varepsilon} < \bar{p} < p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \end{cases} \quad (16)$$

(iii) 网贷平台期望利润为

启动条件为

$$\frac{\beta}{\bar{v}} \geq Q \quad (11)$$

式(11)等价于

$$p \geq \left[\frac{(Q\bar{v} + 1)(m + 1)}{1 + (1 - n)r} \right]^{1-\varepsilon} \quad (12)$$

若要存在 $r \in (0, \tau - c)$ 和 $p \in [p_0, \bar{p}]$ 使式(12)成立,则参数需满足

$$\bar{p} \geq a^{1-\varepsilon} \triangleq \left[\frac{(Q\bar{v} + 1)(m + 1)}{1 + (1 - n)(\tau - c)} \right]^{1-\varepsilon} \quad (13)$$

即网贷平台的最大筛选强度 \bar{p} 需达到一定阈值,借款项目才可能启动^⑦.

网贷利率与项目筛选模型 网贷平台需要在满足式(4)和式(11)的约束下选择最优的借贷利率 r 和项目筛选强度 p 以最大化其期望利润,即

$$(P): \max_{r, p} f = (c + m + pnr)Q - \frac{1}{2}\kappa(p - p_0)^2$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} 0 < r \leq \tau - c \\ \frac{\beta}{\bar{v}} \geq Q \\ p_0 \leq p \leq \bar{p} \end{cases} \quad (14)$$

3 模型求解

本节求解优化问题(P)得到网贷平台的最优借贷利率 r^* 与最优项目筛选强度 p^* , 结果如命题 1 所示.

命题 1 (i) 网贷平台最优借贷利率为 $r^* = \tau - c$ (15)

(ii) 网贷平台最优项目筛选强度为

⑦ 无特殊说明时,后文均是在 $\bar{p} \geq a^{1-\varepsilon}$ 的情况下进行讨论.

$$f^* = \begin{cases} [c + m + a^{1-\varepsilon}n(\tau - c)]Q - \frac{\kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0)^2}{2}, & \text{若 } p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} < a^{1-\varepsilon} \leq \min\{\bar{p}, \hat{p}_0\} \\ [c + m + p_0n(\tau - c)]Q + \frac{[n(\tau - c)Q]^2}{2\kappa}, & \text{若 } a^{1-\varepsilon} \leq p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \leq \bar{p} \\ [c + m + \bar{p}n(\tau - c)]Q - \frac{\kappa(\bar{p} - p_0)^2}{2}, & \text{若 } a^{1-\varepsilon} < \bar{p} < p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \end{cases} \quad (17)$$

证明及 \hat{p}_0 的数学表达式见附录 A. 将 $p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} < a^{1-\varepsilon} \leq \min\{\bar{p}, \hat{p}_0\}$, $a^{1-\varepsilon} \leq p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \leq \bar{p}$ 和 $a^{1-\varepsilon} < \bar{p} < p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa}$ 分别记为情形 a, 情形 b 和情形 c.

式(15)表明当借款人的外部借贷利率较小时($\rho \leq \bar{r}$), 网贷平台最优借贷利率随着借款人外部借贷利率减小而减小. 为了获取充足且优质的借款人, 网贷平台的借贷利率会随着借款人的外部借款成本降低而下降. 本文发现最优借贷利率使得借款人的单位借款成本 $r^* + c$ 与其外部借款成本 ρ 相等. 该结论与 Wei 和 Lin^[20] 相同. 另一方面, 当借款人的外部借贷利率较大甚至无法从其它渠道借款时($\rho > \bar{r}$), 在风险可控的前提下, 网贷平台不仅增加了借款人的融资可得性, 还降低了其借款成本. 另外, 网贷平台最优借贷利率随着借款管理费率增大而减小. 鉴于此, 监管机构应严格规范网贷平台的息费定价行为, 防止出现“砍头息”现象.

式(16)描述了网贷平台的最优项目筛选策略受借款人初始履约概率、利息管理费率等因素影响. 网贷平台提高项目筛选强度的边际期望收益为 $n(\tau - c)Q$, 边际成本为 $\kappa(p - p_0)$ ^⑩. 由附录 A 可知, 无约束下的最优项目筛选强度为边际期望收益等于边际成本时的最优解, 可以表示为

$$p^* = p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \quad (18)$$

该最优解对应情形 b.

考虑另外两种极端情形: (1) 情形 a 下, 式(18)中 $p^* < a^{1-\varepsilon}$, 等价于 $\beta^*/\bar{v} < Q$. 即借款项

目启动条件不满足. 因此, 网贷平台应提高项目筛选强度, 从而提高愿意出借的出借人比例和总出借金额 β^*/\bar{v} . 相比于情形 b, 给定其它参数, 情形 a 下借款人的初始履约概率 p_0 更低, 若项目筛选强度 p 提高, 则会导致边际成本增大, 而边际期望收益不变, 从而边际期望收益小于边际成本. 因此在期望利润为正的前提下, 网贷平台仅将项目筛选强度提高至借款项目恰好启动的水平, 即 $p^* = a^{1-\varepsilon}$. (2) 情形 c 下, 式(18)中 $p^* > \bar{p}$. 受最大筛选强度限制, 网贷平台的项目筛选强度将会降低. 同理, 由于此时的边际期望收益大于边际成本, 网贷平台的最优项目筛选强度为 $p^* = \bar{p}$.

式(17)给出了最优策略下网贷平台的期望利润. 注意到, 网贷平台的期望利润随借款人初始履约概率增大而增大. 图 4 通过数值模拟直观展示了该结果. 由此看来, 网贷平台的盈利状况与潜在借款人的风险息息相关. 我国网贷平台借款人的高风险特征是造成网贷平台盈利难的重要原因之一.

4 敏感性分析

本节对上述结论进行了敏感性分析, 并通过数值算例直观展示和验证了理论分析的结果.

4.1 利息管理费率对网贷平台最优项目筛选策略和期望利润的影响

由命题 1 可知, 利息管理费率不仅会影响网贷平台的最优项目筛选策略, 还会影响网贷平台的期望利润. 本节通过敏感性分析考察其对两者

⑩ 无特殊说明的情况下, 后文的边际期望收益和边际成本均分别是提高 1 单位(量纲为%)项目筛选强度引起的期望收益和项目筛选成本的变化.

的影响. 具体结论归纳为如下命题.

命题 2 网贷平台的最优项目筛选强度和期望利润随利息管理费率增大而增大, 即

$$(i) \frac{\partial p^*}{\partial n} \begin{cases} > 0, & \text{当 } n \in [\underline{n}, n_1] \text{ 时} \\ = 0, & \text{当 } n \in (n_1, n_{\bar{p}}] \text{ 时} \end{cases}$$

$$(ii) \frac{\partial f^*}{\partial n} > 0, \text{ 当 } n \in [\underline{n}, n_{\bar{p}}] \text{ 时}$$

证明及 $\underline{n}, n_1, n_{\bar{p}}$ 的数学表达式见附录 B.

总体而言, 利息管理费率对网贷平台付出筛选努力起到一定的激励作用. 给定其它参数, 图 3 和图 4 分别数值模拟了 p^* 、 f^* 与 n 的关系. 当 n 较低 ($0 < n < 0.098$) 时, 参数满足情形 a. 由命题 1 可知, 此时借款项目恰好启动. 由于 n 增大会降低出借人参与出借的积极性, 为使借款项

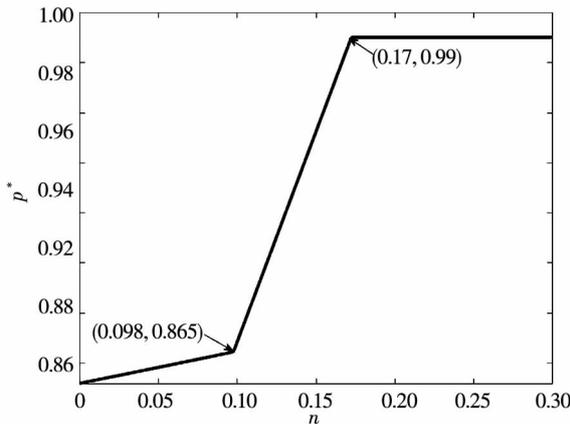


图 3 利息管理费率 n 对最优项目筛选强度 p^* 的影响
Fig. 3 The effect of interest management rate n on optimal screening intensity p^*

注: 参数取值为 $c = 0.03, m = 0, \bar{p} = 0.99, Q = 0.1$ (百万元), $\rho = 0.35, \bar{r} = 0.36, \bar{v} = 0.15, \varepsilon = 0.75, \kappa = 0.03, p_0 = 0.7$.

综合以上分析可知, 若网贷平台的利息管理费率较低, 网贷平台筛选项目的积极性和谨慎性也将随之下降, 出借人在借贷过程中更可能因为网贷平台筛选项目的积极性不足而面临借款人的违约风险. 因此网贷平台应引入合理的利息管理费率 ($n \in [\underline{n}, n_{\bar{p}}]$). 这既有助于激励网贷平台提高项目筛选强度, 降低违约风险, 又能改善网贷平台盈利模式单一的现状.

4.2 其它参数对网贷平台最优项目筛选策略和期望利润的影响

除了利息管理费率外, 网贷平台最优项目筛选策略的影响因素还包括借款金额、筛选成本系

目启动, 网贷平台需要提高 p^* . 当 n 较高 ($0.098 < n < 0.17$) 时, 参数满足情形 b. 该情形下若 n 增大, 网贷平台提高项目筛选强度的边际期望收益大于边际成本. 该结果也是比较直观的, 若借款人履约时网贷平台能获得更高的期望利润, 网贷平台将有动力提高 p^* 以确保借款人以更大概率履约.

此外, 根据附录 B, 当利息管理费率过高 ($n > n_{\bar{p}}$) 时, 借款项目无法启动. 这是因为过高的利息管理费率会极大地降低出借人参与出借的期望效用, 从而愿意出借的出借人比例较低, 最终总出借金额不足以使借款项目启动. 另外当利息管理费率过低 ($n < \underline{n}$) 时, 网贷平台无法盈利, 从而它们不会进入网贷市场, 故对该情形不予讨论.

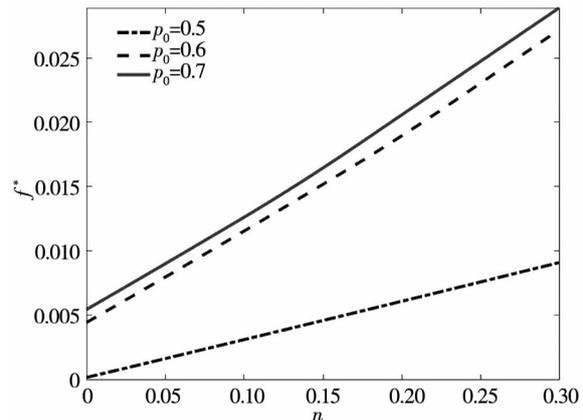


图 4 利息管理费率 n 对期望利润 f^* 的影响
Fig. 4 The effect of interest management rate n on expected profit f^*

数等, 分析这些因素对网贷平台最优项目筛选强度和期望利润的影响不仅可以解释现实中网贷行业的诸多经济现象, 更重要的是能为网贷平台监管提供政策依据. 本小节将分析这些因素对网贷平台最优项目筛选强度和期望利润的影响. 具体结论归纳为如下命题.

命题 3 网贷平台的最优项目筛选强度和期望利润随借款金额的增大而增大, 即

$$(i) \frac{\partial p^*}{\partial Q} \begin{cases} > 0, & \text{当 } Q \in [Q, Q_1] \text{ 时} \\ = 0, & \text{当 } Q \in (Q_1, Q_{\bar{p}}] \text{ 时} \end{cases}$$

$$(ii) \frac{\partial f^*}{\partial Q} > 0, \text{ 当 } Q \in [Q, Q_{\bar{p}}] \text{ 时}$$

证明及 Q, Q_1, Q_p 的数学表达式见附录 C.

命题 3 反映出借款金额对网贷平台最优项目筛选强度和期望利润的影响. 图 5 和图 6 给出了数值模拟的结果. 分为以下两种情形进行分析: (1) 当 Q 较低 ($0.01 < Q < 0.32$) 时, 参数满足情形 a. 借款金额越大, 借款项目启动所需的出借人数越多. 因此网贷平台将通过提高项目筛选强度来吸引更多的出借人参与出

借. (2) 当 Q 较高 ($0.32 < Q < 0.45$) 时, 参数满足情形 b. 若 Q 增大, 网贷平台提高项目筛选强度的边际期望收益大于边际成本, 因此网贷平台会提高 p^* . 换言之, 借款金额越大, 借款人违约时网贷平台将损失更多的利息管理费收入. 为了防范大额标借款人的违约风险, 网贷平台有动力去提高项目筛选强度, 进而实现更高的期望利润.

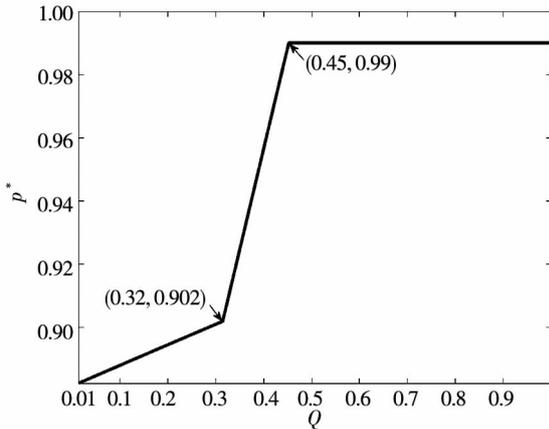


图 5 借款金额 Q 对最优项目筛选强度 p^* 的影响

Fig. 5 The effect of loan amount Q on optimal screening intensity p^*

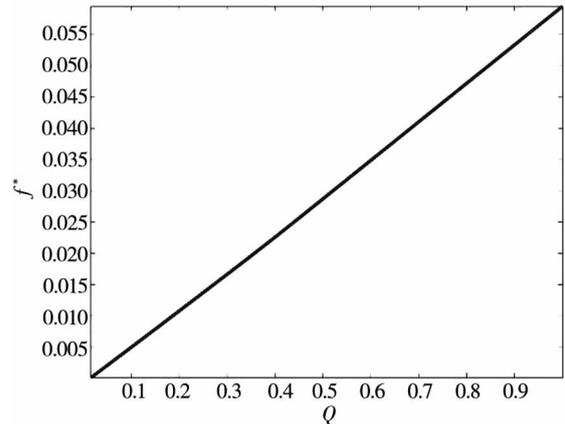


图 6 借款金额 Q 对期望利润 f^* 的影响

Fig. 6 The effect of loan amount Q on expected profit f^*

注: 参数取值为 $c = 0.03, m = 0, n = 0.1, \bar{p} = 0.99, \rho = 0.35, \bar{r} = 0.36, \bar{v} = 0.15, \varepsilon = 0.75, \kappa = 0.03, p_0 = 0.7$.

该结论表明, 对于大额标, 网贷平台的期望利润较高, 但前提是网贷平台应加大项目筛选强度, 否则将产生较大的信贷集中风险. 此外, 借款金额越大, 借款项目越难启动. 但若借款金额过低, 网贷平台难以盈利. 目前我国监管政策对网络借贷金额规定了统一的上限^⑨, 未考虑网贷平台的盈利能力和区分不同网贷平台的筛选能力. 监管机构应根据网贷平台的筛选能力建立严格的行业准入门槛, 并实行差异化的借款金额限制. 另外, 网贷平台也应根据自身的筛选能力为借款人设定合理的借款额度.

命题 4 网贷平台的最优项目筛选强度和期望利润随筛选成本系数的增大而减小, 即

$$(i) \frac{\partial p^*}{\partial \kappa} \begin{cases} = 0, & \text{当 } \kappa \in [0, \kappa_0) \cup (\kappa_1, \bar{\kappa}] \text{ 时} \\ < 0, & \text{当 } \kappa \in [\kappa_0, \kappa_1] \text{ 时} \end{cases}$$

$$(ii) \frac{\partial f^*}{\partial \kappa} < 0, \text{ 当 } \kappa \in [0, \bar{\kappa}] \text{ 时}$$

证明及 $\kappa_0, \kappa_1, \bar{\kappa}$ 的数学表达式见附录 D.

命题 4 表明网贷平台最优项目筛选强度和期望利润均与筛选成本系数呈负相关关系. 其根本原因在于, 随着筛选成本系数增大, 网贷平台的边际成本增加. 易知, 网贷平台筛选项目能产生额外的期望利润, 但这部分额外利润随着筛选成本系数增大而减小, 因此总期望利润 f^* 也不断减小. 当 $\kappa > \bar{\kappa}$ 时, $f^* < 0$, 故对该情形不予讨论. 图 7 和图 8 分别数值模拟了 p^*, f^* 与 κ 的关系, 可以发现 p^* 关于 κ 呈现出“瀑布”式递减的分段特征.

该结论与现实中网贷平台在不同发展时期的项目筛选强度选择相一致. 网贷平台发展早期,

^⑨ 根据中国原银监会、工业和信息化部、公安部、国家互联网信息办公室制定的《网络借贷信息中介机构业务活动管理暂行办法》,“同一自然人在同一网络借贷信息中介机构平台的借款余额上限不超过人民币 20 万元;同一法人或其他组织在同一网络借贷信息中介机构平台的借款余额上限不超过人民币 100 万元”.

其线上还未建立完善的风控模型, 借款申请主要依靠线下人工审核和筛选, 运营成本较高. 为了控制运营成本, 网贷平台维持着较低的项目筛选强度. 数字技术发展使网贷平台筛选项目的边际成本不断降低, 网贷平台逐渐投入更大的项目筛

选强度^[1]. 当项目筛选的边际成本几乎降为 0 时, 网贷平台则愿意投入其最大筛选强度. 该结论为平台构建出与其生命周期各阶段特征相匹配的筛选策略, 补充了平台生态圈生命周期理论^[26].

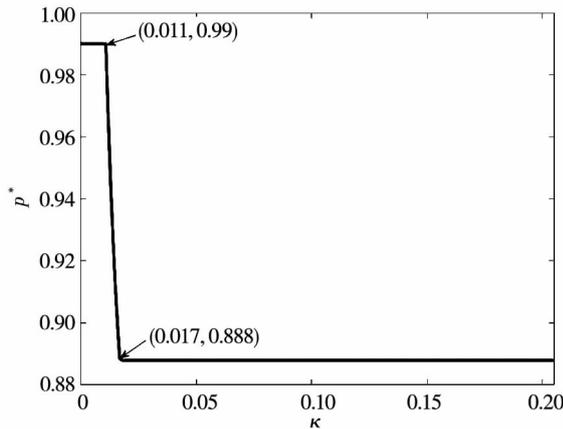


图7 筛选成本系数 κ 对最优项目筛选强度 p^* 的影响
Fig. 7 The effect of screening cost coefficient κ on optimal screening intensity p^*

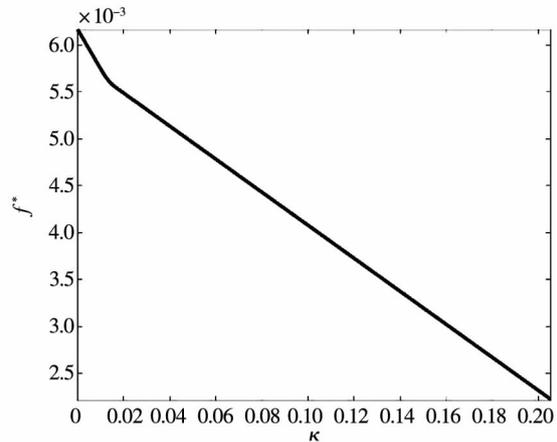


图8 筛选成本系数 κ 对期望利润 f^* 的影响
Fig. 8 The effect of screening cost coefficient κ on expected profit f^*

注: 参数取值为 $c = 0.03, m = 0, n = 0.1, \bar{p} = 0.99, Q = 0.1$ (百万元), $\rho = 0.35, \bar{r} = 0.36, \bar{v} = 0.15, \varepsilon = 0.75, p_0 = 0.7$.

5 结束语

随着数字技术发展, 平台经济中以网贷平台为代表的金融信息中介承担着自主定价和项目筛选的重要职能. 然而, 2018年7月以来网贷行业爆发了一系列风险事件, 其中部分事件暴露出网贷平台存在项目筛选不严的问题. 另一方面, 网贷行业普遍面临盈利难的运营现状. 鉴于此, 如何规范和指导网贷平台的息费定价与项目筛选行为是促进平台经济健康发展的重要议题. 针对该议题, 目前仍缺乏理论研究指导网贷平台的利率定价行为. 同时, 现有关于网贷平台项目筛选策略及其筛选激励措施的研究较少. 尤其在理论研究方面, 还未形成系统的研究框架. 鉴于此, 本文在已有研究基础上, 综合考虑了网贷平台的最优借贷利率与项目筛选策略, 构建了相应的理论模型, 提出了激励网贷平台加强项目筛选的措施. 本文主要结论为政府与平台的协同监管^[27]提供了有益启示, 具体包括:

1) 网贷平台借款人的高风险特征是造成网

贷平台盈利难的重要原因之一. 目前我国已出台相关政策将网贷平台接入征信系统. 网贷平台参考统一的社会征信标准筛选合格借款人将有助于贷前防范欺诈风险, 降低网贷平台的风控成本. 本文结论为该政策提供了理论依据.

2) 利息管理费率对网贷平台加强筛选有一定的激励作用. 监管机构应引导网贷平台设定合理的利息管理费率. 这不仅可以激励网贷平台提高项目筛选强度, 降低违约风险, 还能改善网贷平台盈利模式单一的现状.

3) 网贷平台的最优借贷利率随着借款管理费率增大而减小. 鉴于此, 监管机构应严格规范与监管网贷平台的息费定价行为, 防止出现“砍头息”现象.

4) 目前我国对网络借贷金额规定了统一的上限, 但未考虑网贷平台的盈利能力和区分不同网贷平台的筛选能力. 根据本文结论, 监管机构应根据网贷平台的筛选能力建立严格的行业准入门槛, 并实行差异化的借款金额限制, 防范信贷集中风险.

需要指出的是, 本文的模型还可以从以下三

个方面进行拓展. 首先, 除了利率定价, 对于平台的费用定价研究也值得深入探讨. 然后, 本文考虑的是完全信息下的网络借贷系统, 可以考虑引入信息不对称的情形. 最后, 根据监管要求,

本文在信息中介定位下对网贷平台进行建模. 未来如果允许网贷平台在达到一定资质要求下开展部分信用中介业务, 则这种复合中介平台模式及其风险控制问题也值得进一步关注^[28, 29].

参考文献:

- [1] Vallée B, Zeng Y. Marketplace lending: A new banking paradigm? [J]. *Review of Financial Studies*, 2019, 32(5): 1939 – 1982.
- [2] Tang H. Peer-to-Peer lenders versus banks: Substitutes or complements? [J]. *Review of Financial Studies*, 2019, 32(5): 1900 – 1938.
- [3] 曾 燕, 黄晓迪, 杨 波, 等. 中国数字普惠金融热点问题评述[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2019: 81 – 111.
Zeng Yan, Huang Xiaodi, Yang Bo, et al. Review on Hot Issues of Digital Inclusive Finance in China[M]. Beijing: China Social Sciences Press, 2019: 81 – 111. (in Chinese)
- [4] 廖 理, 吉 霖, 张伟强. 借贷市场能准确识别学历的价值吗? ——来自 P2P 平台的经验证据[J]. *金融研究*, 2015, (3): 146 – 159.
Liao Li, Ji Lin, Zhang Weiqiang. Education and credit: Evidence from P2P lending platform[J]. *Journal of Financial Research*, 2015, (3): 146 – 159. (in Chinese)
- [5] Lin M, Prabhala N R, Viswanathan S. Judging borrowers by the company they keep: Friendship networks and information asymmetry in online Peer-to-Peer lending[J]. *Management Science*, 2013, 59(1): 17 – 35.
- [6] Freedman S, Jin G Z. The information value of online social networks: Lessons from peer-to-peer lending[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2017, 51: 185 – 222.
- [7] 杨 立, 赵翠翠, 陈晓红. 基于社交网络的 P2P 借贷信用风险缓释机制研究[J]. *中国管理科学*, 2018, 26(1): 47 – 56.
Yang Li, Zhao Cuicui, Chen Xiaohong. Research on credit risk mitigation mechanisms of peer-to-peer lending based on social network[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2018, 26(1): 47 – 56. (in Chinese)
- [8] 彭红枫, 赵海燕, 周 洋. 借款陈述会影响借款成本和借款成功率吗? ——基于网络借贷陈述的文本分析[J]. *金融研究*, 2016, (4): 158 – 173.
Peng Hongfeng, Zhao Haiyan, Zhou Yang. Could the loan description affect the loan cost and the loan success rate? Textual analysis based on the loan description[J]. *Journal of Financial Research*, 2016, (4): 158 – 173. (in Chinese)
- [9] 李 焰, 高弋君, 李珍妮, 等. 借款人描述性信息对投资人决策的影响——基于 P2P 网络借贷平台的分析[J]. *经济研究*, 2014, 49(A01): 143 – 155.
Li Yan, Gao Yijun, Li Zhenni, et al. The influence of borrower's description on investors' decision: Analyze based on P2P online lending[J]. *Economic Research Journal*, 2014, 49(A01): 143 – 155. (in Chinese)
- [10] Duarte J, Siegel S, Young L. Trust and credit: The role of appearance in Peer-to-Peer lending[J]. *Review of Financial Studies*, 2012, 25(8): 2455 – 2484.
- [11] Mollick E, Nanda R. Wisdom or madness? Comparing crowds with expert evaluation in funding the arts[J]. *Management Science*, 2015, 62(6): 1533 – 1553.
- [12] 廖 理, 向 佳, 王正位. P2P 借贷投资者的群体智慧[J]. *中国管理科学*, 2018, 26(10): 30 – 40.
Liao Li, Xiang Jia, Wang Zhengwei. Wisdom of crowds from P2P lending investors[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2018, 26(10): 30 – 40. (in Chinese)
- [13] Zhang J, Liu P. Rational herding in microloan markets[J]. *Management Science*, 2012, 58(5): 892 – 912.
- [14] 胡金焱, 宋唯实. P2P 借贷中投资者的理性意识与权衡行为——基于“人人贷”数据的实证分析[J]. *金融研究*,

- 2017, (7): 86 – 104.
- Hu Jinyan, Song Weishi. The rational sense and balanced behavior of P2P investors: Empirical analysis based on transaction data from Renrendai. com. [J]. *Journal of Financial Research*, 2017, (7): 86 – 104. (in Chinese)
- [15] Cao M, Shi S. Screening, bidding, and the loan market tightness[J]. *Review of Finance*, 2001, 5(1–2): 21 – 61.
- [16] Ruckes M. Bank competition and credit standards[J]. *Review of Financial Studies*, 2004, 17(4): 1073 – 1102.
- [17] Neave E H. Why does bank screening matter? Private information and publicly traded securities[J]. *International Journal of Managerial Finance*, 2016, 12(5): 478 – 497.
- [18] Chen N, Ghosh A, Lambert N S. Auctions for social lending: A theoretical analysis[J]. *Games and Economic Behavior*, 2014, 86: 367 – 391.
- [19] 周正龙, 马本江, 胡凤英. 中国 P2P 网络借贷平台的动态逆向拍卖机制[J]. *系统工程理论与实践*, 2017, 37(2): 409 – 417.
- Zhou Zhenglong, Ma Benjiang, Hu Fengying. Dynamic reverse auction mechanism on online P2P lending of China[J]. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2017, 37(2): 409 – 417. (in Chinese)
- [20] Wei Z, Lin M. Market mechanisms in online Peer-to-Peer lending[J]. *Management Science*, 2017, 63(12): 4236 – 4257.
- [21] 邱甲贤, 聂富强, 童 牧, 等. 第三方电子交易平台的双边市场特征——基于在线个人借贷市场的实证分析[J]. *管理科学学报*, 2016, 19(1): 47 – 59.
- Qiu Jiaxian, Nie Fuqiang, Tong Mu, et al. Two-sided characteristics of the third-party electronic market: Evidence from online Peer-to-Peer lending marketplace[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2016, 19(1): 47 – 59. (in Chinese)
- [22] Rochet J C, Tirole J. Two-sided markets: A progress report[J]. *The RAND Journal of Economics*, 2006, 37(3): 645 – 667.
- [23] Emekter R, Tu Y, Jirasakuldech B, et al. Evaluating credit risk and loan performance in online Peer-to-Peer (P2P) lending[J]. *Applied Economics*, 2015, 47(1): 54 – 70.
- [24] Belleflamme P, Lambert T, Schwienbacher A. Crowdfunding: Tapping the right crowd[J]. *Journal of Business Venturing*, 2014, 29(5): 585 – 609.
- [25] Iyer R, Khwaja A I, Luttmer E F P, et al. Screening peers softly: Inferring the quality of small borrowers[J]. *Management Science*, 2015, 62(6): 1554 – 1577.
- [26] 李 雷, 赵先德, 简兆权. 网络环境下平台企业的运营策略研究[J]. *管理科学学报*, 2016, 19(3): 15 – 33.
- Li Lei, Zhao Xiande, Jian Zhaoquan. Operation strategy of platform enterprises in network environments[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2016, 19(3): 15 – 33. (in Chinese)
- [27] 王 勇, 刘 航, 冯 骅. 平台市场的公共监管、私人监管与协同监管: 一个对比研究[J]. *经济研究*, 2020, 55(3): 148 – 162.
- Wang Yong, Liu Hang, Feng Hua. Public regulation, private regulation and coordinated regulation in platform markets: A comparative study[J]. *Economic Research Journal*, 2020, 55(3): 148 – 162. (in Chinese)
- [28] 冯 博, 叶绮文, 陈冬宇. P2P 网络借贷研究进展及中国问题研究展望[J]. *管理科学学报*, 2017, 20(4): 113 – 126.
- Feng Bo, Ye Qiwen, Chen Dongyu. Review on P2P online lending and new research opportunities for China's case[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2017, 20(4): 113 – 126. (in Chinese)
- [29] 张 凯. 第三方卖家视角下复合型电商平台商业模式研究[J]. *管理科学学报*, 2019, 22(4): 110 – 126.
- Zhang Kai. Business models of hybrid E-commerce platforms: The number of third-party[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2019, 22(4): 110 – 126. (in Chinese)

The optimal interest rate and project screening strategy of online lending platform

CAO Yi-qiu¹, WANG Da-zhong², ZENG Yan^{1*}, ZHANG Xiao-tao³

1. Lingnan (University) College, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. School of Economics, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

3. College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China

Abstract: This paper studies the optimal interest rate and screening strategy of online lending platform. The main characteristics of online lending platform are first extracted. Then, a model of online lending interest rate and project screening is proposed and solved. At last, the effects of some factors, such as fee rate, on optimal strategy and expected profit of online lending platform are explored through a numerical analysis. Results indicate the following. Firstly, there is negative correlation between optimal lending interest rate and loan management rate, and their sum is not higher than the borrower's outside interest rate. Secondly, increasing interest management rate within certain range can not only incentivize online lending platform to intensify project screening, but also raise the platform's expected profit. Thirdly, online lending platform can obtain high expected profits from loans with large amounts if it strictly screens the loan applicants; otherwise it will suffer the risk of credit concentration. These conclusions have theoretical and practical implications for the study of interest rates and fee pricing and project screening for financial information intermediaries.

Key words: online lending platform; information intermediary; interest rate; project screening; optimal strategy

附录 A

命题 1 的证明

采用两步法对问题(P)进行求解: 第一步, 由反证法求解出最优借贷利率 r^* ; 第二步, 将 r^* 代入优化问题(P), 然后采用分类讨论法求解出最优项目筛选强度 p^* .

第一步 反证法. 假设 $r^* < \tau - c$, 任取 $r \in (r^*, \tau - c]$, 显然 r 仍满足 $r \leq \tau - c$. 由于 $\beta(r, p; m, n, \varepsilon) = \frac{1 + (1-n)r}{1+m} p^{\frac{1}{1-\varepsilon}} - 1$ 关于 r 单调递增, 故对任一给定的 p ($p_0 \leq p \leq \bar{p}$), $\frac{\beta(r, p; m, n, \varepsilon)}{\bar{v}} > \frac{\beta(r^*, p; m, n, \varepsilon)}{\bar{v}} \geq Q$. 因此 r 也是问题(P)的可行解, 且 p 的决策不受影响. 又目标函数 $f = (c + m + pnr)Q - \frac{1}{2}\kappa(p - p_0)^2$ 关于 r 是严格单调递增的, 因此 r 比 r^* 更优, 与 r^* 是最优解矛盾. 综上可得 $r^* = \tau - c$.

第二步 将 $r^* = \tau - c$ 代入问题(P), 求解最优项目筛选强度 p^* . 式(11)等价于 $p \geq a^{1-\varepsilon}$ (A1)

其中 $a = \frac{(Q\bar{v} + 1)(m + 1)}{1 + (1-n)(\tau - c)}$. 由此可以将网贷平台的优化问题(P)化简为

$$(P') \max_p f = [c + m + pn(\tau - c)]Q - \frac{1}{2}\kappa(p - p_0)^2$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} p_0 \leq p \leq \bar{p} \\ p \geq a^{1-\varepsilon} \end{cases} \quad (\text{A2})$$

若 $a^{1-\varepsilon} > \bar{p}$, 式(A2)中的约束集为空集. 为了避免不必要的讨论, 本文假设 $a^{1-\varepsilon} \leq \bar{p}$.

问题(P')的目标函数 f 是关于 p 的一元二次函数, 无约束下 f 的最大值点为

$$\hat{p} = p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \quad (\text{A3})$$

显然, $\hat{p} \geq p_0$. 本文不考虑 f 恒小于等于 0 的情况, 则 f 至少存在一个正零点 \hat{p}_0 满足

$$\hat{p}_0 > p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \tag{A4}$$

$$\text{其中 } \hat{p}_0 = p_0 + \frac{n(\tau - c)Q + \sqrt{2\kappa[(c + m)Q + p_0n(\tau - c)Q] + (n(\tau - c)Q)^2}}{\kappa} \tag{A5}$$

当 $p > \hat{p}_0$ 时, $f < 0$. 因此当 $a^{1-\varepsilon} > \hat{p}_0$ 时, $f < 0$ 恒成立. 为了避免不必要的讨论, 本文假设 $a^{1-\varepsilon} \leq \hat{p}_0$.

又问题(P')的约束条件为

$$\begin{cases} p_0 \leq p \leq \bar{p} \\ p \geq a^{1-\varepsilon} \end{cases} \tag{A6}$$

下面分情况讨论 f 在满足上述约束条件下的最大值点.

1) 若参数满足 $p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} < a^{1-\varepsilon} \leq \min\{\bar{p}, \hat{p}_0\}$, 问题(P')的最优解为

$$p^* = a^{1-\varepsilon} \tag{A7}$$

此时网贷平台期望利润为

$$f^* = [c + m + a^{1-\varepsilon}n(\tau - c)]Q - \frac{\kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0)^2}{2} > 0 \tag{A8}$$

2) 若参数满足 $a^{1-\varepsilon} \leq p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \leq \bar{p}$, 问题(P')的最优解为

$$p^* = \hat{p} = p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \tag{A9}$$

此时网贷平台期望利润为

$$f^* = [c + m + p_0n(\tau - c)]Q + \frac{[n(\tau - c)Q]^2}{2\kappa} > 0 \tag{A10}$$

3) 若参数满足 $a^{1-\varepsilon} < \bar{p} < p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa}$, 问题(P')的最优解为

$$p^* = \bar{p} \tag{A11}$$

此时网贷平台期望利润为

$$f^* = [c + m + \bar{p}n(\tau - c)]Q - \frac{\kappa(\bar{p} - p_0)^2}{2} > 0 \tag{A12}$$

其它情形下问题(P')均无解.

综合以上分析, 问题(P)中网贷平台的最优策略以及期望利润可归纳为文中的命题 1.

证毕.

附录 B

命题 2 的证明

为了证明命题 2 和命题 3, 首先给出如下引理 1.

引理 1 $a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa}$ 关于 n 和 Q 均单调递减.

证明 首先证明 $a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa}$ 关于 n 单调递减. 情形 a 下 ($p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} < a^{1-\varepsilon} \leq \min\{\bar{p}, \hat{p}_0\}$), $p^* = a^{1-\varepsilon}$, 此时边际期望收益为 $n(\tau - c)Q$, 边际成本为 $\kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0)$. 根据命题 1 的分析可得

$$n(\tau - c)Q < \kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0) \tag{A13}$$

显然, $\frac{\partial(n(\tau - c)Q)}{\partial n} > 0$, $\frac{\partial(\kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0))}{\partial n} = \kappa \frac{\partial(a^{1-\varepsilon})}{\partial n} > 0$. 因此随着 n 的增大, 边际期望收益和边际成本均增

大直至两者相等(此时参数满足情形 b, 即 $a^{1-\varepsilon} \leq p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \leq \bar{p}$). 注意到, $p_0 + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa}$ 关于 n 单调递增, 且 $a^{1-\varepsilon} \leq \bar{p}$, 因此随着 n 的增大, 参数满足的条件由情形 a 变为情形 b. 由此可得

$$\frac{\partial(n(\tau - c)Q)}{\partial n} > \frac{\partial(\kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0))}{\partial n} = \kappa \frac{\partial(a^{1-\varepsilon})}{\partial n} \tag{A14}$$

即可得证.

$a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$ 关于 Q 单调递减的关系同理可证, 此处省略. 证毕.

下面证明命题 2. 证明过程先忽略条件: $a^{1-\varepsilon} \leq \min\{\bar{p}, \hat{p}_0\}$, 根据 p_0 对附录 A 中的三种情形进行如下划分:

若参数满足 $p_0 + \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} < a^{1-\varepsilon}$, 即 $0 < p_0 < a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$; 若参数满足 $a^{1-\varepsilon} \leq p_0 + \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} \leq \bar{p}$, 即 $a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} \leq p_0 \leq \bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$; 若参数满足 $a^{1-\varepsilon} < \bar{p} < p_0 + \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$, 即 $\bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} < p_0 < \bar{p}$. 根据 p^* 表达式 (16), 对 p^* 关于 n 求偏导可得

$$\frac{\partial p^*}{\partial n} \begin{cases} > 0, & \text{若 } 0 < p_0 \leq \bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} \\ = 0, & \text{若 } \bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} < p_0 < \bar{p} \end{cases} \quad (\text{A15})$$

给定其它参数, $\bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$ 关于 n 单调递减, 所以该结论等价于

$$\frac{\partial p^*}{\partial n} \begin{cases} > 0, & \text{当 } n \in [0, n_1] \text{ 时} \\ = 0, & \text{当 } n \in (n_1, 1) \text{ 时} \end{cases} \quad (\text{A16})$$

其中 $n_1 = \frac{\kappa(\bar{p} - p_0)}{Q(\tau - c)}$.

式 (A16) 给出的是 $n \in [0, 1]$ 范围内的敏感性分析结果, 下面在 $f^* > 0$ (等价于 $a^{1-\varepsilon} \leq \hat{p}_0$) 和 $a^{1-\varepsilon} \leq \bar{p}$ 的条件下限定 n 的有效范围. 首先根据命题 1 分为如下情况讨论 f^* 与 n 的关系.

1) 当 $0 \leq n < n_0$ 时, 参数满足 $0 < p_0 < a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$, 此时

$$\frac{\partial f^*}{\partial n} = a^{1-\varepsilon}(\tau - c) \left\{ Q - \frac{(1 - \varepsilon)[\kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0) - n(\tau - c)Q]}{1 + (1 - n)(\tau - c)} \right\} \quad (\text{A17})$$

其中 n_0 满足 $p_0 = a^{1-\varepsilon} - \frac{n_0(\tau-c)Q}{\kappa}$. 显然, 当 $p_0 < \bar{p}_0$ 时, $\frac{\partial f^*}{\partial n} < 0$; 当 $p_0 > \bar{p}_0$ 时, $\frac{\partial f^*}{\partial n} > 0$. 其中

$$\bar{p}_0 = a^{1-\varepsilon} - \left\{ \frac{[1 + (1 - n)(\tau - c)]Q}{(1 - \varepsilon)\kappa} + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \right\} < a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \quad (\text{A18})$$

根据引理 1, $a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$ 关于 n 单调递减, 即

$$\frac{\partial(a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa})}{\partial n} = a^{1-\varepsilon} \frac{(1 - \varepsilon)(\tau - c)}{1 + (1 - n)(\tau - c)} - \frac{(\tau - c)Q}{\kappa} < 0 \quad (\text{A19})$$

由式 (A19) 可得

$$a^{1-\varepsilon} < \frac{Q}{(1 - \varepsilon)\kappa} \quad (\text{A20})$$

根据式 (A20) 可得

$$\bar{p}_0 = a^{1-\varepsilon} - \left\{ \frac{[1 + (1 - n)(\tau - c)]Q}{(1 - \varepsilon)\kappa} + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \right\} < 0 \quad (\text{A21})$$

因此 $p_0 > \bar{p}_0$ 恒成立, 由上可知, 当 $0 < p_0 < a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$, 有

$$\frac{\partial f^*}{\partial n} > 0 \quad (\text{A22})$$

2) 当 $n_0 \leq n \leq n_1$ 时, 参数满足 $a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} \leq p_0 \leq \bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$, 此时

$$\frac{\partial f^*}{\partial n} = \left[p_0 + \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} \right] (\tau - c) Q > 0 \quad (\text{A23})$$

3) 当 $n_1 < n < 1$ 时, 参数满足 $\bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} < p_0 < \bar{p}$, 此时

$$\frac{\partial f^*}{\partial n} = \bar{p}(\tau - c)Q > 0 \quad (\text{A24})$$

综上可得, 当 $0 \leq n < 1$ 时,

$$\frac{\partial f^*}{\partial n} > 0 \quad (\text{A25})$$

即 f^* 关于 n 单调递增, 且当 $n \geq n_0$ 时, $f^* > 0$, 则存在唯一的 $\hat{n} (\hat{n} < n_0)$ 满足

$$f^* = [c + m + a^{1-\varepsilon} \hat{n}(\tau - c)]Q - \frac{\kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0)^2}{2} = 0 \quad (\text{A26})$$

此外根据附录 A, 参数需满足 $\bar{p} \geq a^{1-\varepsilon}$, 即 $n \leq n_{\bar{p}}$, 其中 $n_{\bar{p}} = 1 - \frac{(Q\bar{v} + 1)(m + 1)\bar{p}^{\frac{1}{\varepsilon-1}} - 1}{\tau - c}$. 由此可得 n 的有效

范围为 $n \in [n_{\bar{p}}, n_{\bar{p}}]$, 其中 $n_{\bar{p}} = \max\{0, \hat{n}\}$.

综合以上分析, 利息管理费率对网贷平台最优项目筛选强度和期望利润的影响可归纳为文中的命题 2. 证毕.

附录 C

命题 3 的证明

根据 p^* 表达式(16), 对 p^* 关于 Q 求偏导可得

$$\frac{\partial p^*}{\partial Q} \begin{cases} > 0, & \text{若 } 0 < p_0 \leq \bar{p} - \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \\ = 0, & \text{若 } \bar{p} - \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} < p_0 < \bar{p} \end{cases} \quad (\text{A27})$$

又因为给定其它参数, $\bar{p} - \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa}$ 关于 Q 单调递减, 所以该结论等价于

$$\frac{\partial p^*}{\partial Q} \begin{cases} > 0, & \text{当 } Q \in (0, Q_1] \text{ 时} \\ = 0, & \text{当 } Q \in (Q_1, +\infty) \text{ 时} \end{cases} \quad (\text{A28})$$

其中 $Q_1 = \frac{\kappa(\bar{p} - p_0)}{n(\tau - c)}$.

式(A28)给出的是 $Q \in (0, +\infty)$ 范围内的敏感性分析结果, 下面在 $f^* > 0$ (等价于 $a^{1-\varepsilon} \leq \hat{p}_0$) 和 $a^{1-\varepsilon} \leq \bar{p}$ 的条件下限定 Q 的有效范围. 首先根据命题 1 分为如下情况讨论 f^* 与 Q 的关系.

1) 当 $0 < Q < Q_0$ 时, 参数满足 $0 < p_0 < a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa}$, 此时

$$\frac{\partial f^*}{\partial Q} = a^{1-\varepsilon} \left\{ n(\tau - c) + \frac{(1 - \varepsilon)\bar{v}[n(\tau - c)Q - \kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0)]}{Q\bar{v} + 1} \right\} \quad (\text{A29})$$

其中 Q_0 满足 $p_0 = a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau - c)Q_0}{\kappa}$. 显然, 当 $p_0 < \bar{p}_0$ 时, $\frac{\partial f^*}{\partial Q} < 0$; 当 $p_0 > \bar{p}_0$ 时, $\frac{\partial f^*}{\partial Q} > 0$. 其中

$$\bar{p}_0 = a^{1-\varepsilon} - \left[\frac{n(\tau - c)(Q\bar{v} + 1)}{\kappa\bar{v}(1 - \varepsilon)} + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \right] \quad (\text{A30})$$

根据引理 1, $a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa}$ 关于 Q 单调递减, 即

$$\frac{\partial(a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa})}{\partial Q} = a^{1-\varepsilon} \frac{(1 - \varepsilon)\bar{v}}{Q\bar{v} + 1} - \frac{n(\tau - c)}{\kappa} < 0 \quad (\text{A31})$$

由式(A31)可得

$$a^{1-\varepsilon} < \frac{n(\tau - c)(Q\bar{v} + 1)}{\kappa\bar{v}(1 - \varepsilon)} \quad (\text{A32})$$

根据式(A32)可得

$$\bar{p}_0 = a^{1-\varepsilon} - \left[\frac{n(\tau - c)(Q\bar{v} + 1)}{\kappa\bar{v}(1 - \varepsilon)} + \frac{n(\tau - c)Q}{\kappa} \right] < 0 \quad (\text{A33})$$

因此 $p_0 > \bar{p}_0$ 恒成立, 由上可知, 当 $0 < Q < Q_0$, 有

$$\frac{\partial f^*}{\partial Q} > 0 \quad (\text{A34})$$

2) 当 $Q_0 \leq Q \leq Q_1$ 时, 参数满足 $a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} \leq p_0 \leq \bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$, 此时

$$\frac{\partial f^*}{\partial Q} = [c + m + p_0 n(\tau - c)] + \frac{n^2(\tau - c)^2 Q}{\kappa} > 0 \quad (\text{A35})$$

3) 当 $Q > Q_1$ 时, 参数满足 $\bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} < p_0 < \bar{p}$, 此时

$$\frac{\partial f^*}{\partial Q} = c + m + \bar{p}n(\tau - c) > 0 \quad (\text{A36})$$

综上可得, 当 $Q > 0$ 时,

$$\frac{\partial f^*}{\partial Q} > 0 \quad (\text{A37})$$

即 f^* 关于 Q 单调递增, 且当 $Q = 0$ 时, $f^* = -\frac{\kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0)^2}{2} < 0$; 当 $Q \geq Q_0$ 时, $f^* > 0$,

则存在唯一的 $\underline{Q} (0 < \underline{Q} < Q_0)$ 满足

$$f^* = [c + m + a^{1-\varepsilon}n(\tau - c)]\underline{Q} - \frac{\kappa(a^{1-\varepsilon} - p_0)^2}{2} = 0 \quad (\text{A38})$$

此外根据附录 A, 参数需满足 $\bar{p} \geq a^{1-\varepsilon}$, 即 $Q \leq Q_{\bar{p}}$, 其中 $Q_{\bar{p}} = \frac{[1 + (1-n)(\tau-c)]\bar{p}^{\frac{1}{1-\varepsilon}} - (m+1)}{(m+1)\bar{v}}$. 由此可得 Q 的有效范围为 $Q \in [\underline{Q}, Q_{\bar{p}}]$.

综合以上分析, 借款金额对网贷平台最优项目筛选强度和期望利润的影响可归纳为文中的命题 3.

证毕.

附录 D

命题 4 的证明

根据 p^* 表达式(16), 对 p^* 关于 κ 求偏导可得

$$\frac{\partial p^*}{\partial \kappa} \begin{cases} = 0, & \text{若 } 0 < p_0 < a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} \text{ 或 } \bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} < p_0 < \bar{p} \\ < 0, & \text{若 } a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} \leq p_0 \leq \bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa} \end{cases} \quad (\text{A39})$$

又因为给定其它参数, $a^{1-\varepsilon} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$ 和 $\bar{p} - \frac{n(\tau-c)Q}{\kappa}$ 均关于 κ 单调递增, 所以该结论等价于

$$\frac{\partial p^*}{\partial \kappa} \begin{cases} = 0, & \text{当 } \kappa \in [0, \kappa_0] \cup (\kappa_1, +\infty] \text{ 时} \\ < 0, & \text{当 } \kappa \in [\kappa_0, \kappa_1] \text{ 时} \end{cases} \quad (\text{A40})$$

其中 $\kappa_0 = \frac{n(\tau-c)Q}{\bar{p} - p_0}$, $\kappa_1 = \frac{n(\tau-c)Q}{a^{1-\varepsilon} - p_0}$.

式(A40)给出的是 $\kappa \in [0, +\infty)$ 范围内的敏感性分析结果, 下面在 $f^* > 0$ (等价于 $a^{1-\varepsilon} \leq \hat{p}_0$) 的条件下限定 κ 的有效范围.

显然, f^* 关于 κ 单调递减, 且当 $\kappa = 0$ 时, $f^* = [c + m + a^{1-\varepsilon}n(\tau - c)]\underline{Q} > 0$, 当 $\kappa \rightarrow +\infty$ 时, $f^* \rightarrow -\infty$, 则存在唯一的 $\bar{\kappa} (\bar{\kappa} > 0)$ 满足

$$f^* = (c + m + \bar{p}n(\tau - c))\underline{Q} - \frac{\bar{\kappa}(\bar{p} - p_0)^2}{2} = 0 \quad (\text{A41})$$

由此可得 κ 的有效范围为 $\kappa \in [0, \bar{\kappa}]$.

综合以上分析, 筛选成本系数对网贷平台最优项目筛选强度和期望利润的影响可归纳为文中的命题 4.

证毕.