

区块链、企业数字化与供应链金融创新*

□ 龚 强 班铭媛 张一林

摘要:数字供应链金融是区块链技术与传统供应链金融相结合的金融创新产物。本文构建了位于供应链网络中的企业向银行抵押融资的理论框架,系统分析了数字供应链金融的经济运行原理以及与传统供应链金融相比的优劣。研究发现,当供应链上的上链企业达到一定数量,且上链信息的质量达到一定水平时,区块链的共识机制所揭示的企业相关信息将逼近于真实信息,从而起到防范企业信息操纵、恶意欺诈等道德风险的作用,使得银行能够在有效控制风险的情况下为供应链上的企业提供可及性足够高、成本足够低的融资服务。反之,当上链企业数量较少或者上链信息的质量无法得到保证时,银行更适合通过传统的线下尽职调查等方式来防控风险。本文从理论上揭示了,未来随着区块链技术在供应链中的普及以及由此带来的企业数字化水平的提升,基于区块链技术的数字供应链金融将成为一种更加高效、普惠的金融支持手段。

关键词: 区块链 供应链金融 道德风险 金融科技

DOI:10.19744/j.cnki.11-1235/f.2021.0017

一、引言

习近平总书记在主持中共中央政治局第十八次集体学习会议时强调,区块链技术的集成应用在新的技术革新和产业变革中起着重要作用。作为金融科技的代表性技术之一,区块链赋能金融创新的重要性正在日益凸显,尤其在供应链金融领域的应用发展最为迅猛^①。供应链金融作为链接产业和金融的枢纽,是做好“六稳”工作、落实“六保”任务决策部署的主战场之一。基于区块链技术的数字供应链金融创新,对提升供应链上中小企业的金融支持效率、提高产业链供应链的竞争力和安全性、支持构建“双循环”新发展格局具有积极意义。本文系统考察了基于区块链技术的数字供应链金融的经济运行原理,及其与传统供应链金融相比的优劣,阐释我国数字供应链金融实践背后的理论机制,同时为数字供应链金融未来发展趋势提供前瞻性理论探索。

中小企业在国民经济发展中发挥着至关重要的作用,然而其发展却长期受到融资难、融资贵问题的制约^②。中小企业由于缺乏透明的财务信息等硬信息,在信息不对称的信贷市场中更容易受到融资约束的影响(Stiglitz and Weiss, 1981; 王霄、张捷, 2003; 林毅夫、孙希芳, 2005; 刘畅等, 2020)。同时银行(尤其是国有大型商业银行)搜集中小企业的软信息的成本较高、激励不足,在为中小企业提供融资服务方面存在天然劣势(林毅夫、李永军, 2001; 张一林等, 2019)。为缓解中小企业的融资约束,不少学者提出了包括发展中小银行、拓展关系型贷款业务、鼓励银行竞争等政策建议(李志赟, 2002; 李广子等, 2016; 刘畅等, 2017; 张晓玫、潘玲, 2013; 尹志超等, 2015; 边文龙等, 2017),但过去以来,尽管我国在银行业改革以及金融

*本文得到国家社会科学基金重大项目(18ZDA091)、国家自然科学基金(72073146、71773143、71703131)、广东省自然科学基金(2019A1515012157)、中央高校基本科研业务费专项资金(2722019PY002、31510000137、202012110)的资助。张一林为本文通讯作者。文责自负。

支持中小企业相关政策方面做出诸多努力,可是融资难、融资贵的问题仍然困扰着中小企业,制约了经济发展(吕劲松,2015)。尤其在新冠疫情全球蔓延背景下,中小企业普遍面临严峻的现金流压力,破解中小企业融资约束的急迫性和必要性进一步凸显^③。

从金融领域的实践来看,金融科技为纾解中小企业融资难题提供了新的思路,其核心在于将信息技术、大数据等融入金融机构的决策流程,以此提升金融机构的信息甄别、风险控制等能力。其中一种较为成熟的模式是以网商银行、微众银行为代表的大科技信贷(Cornelli et al., 2020)。这种信贷模式的蓬勃发展,与过去10余年发生的企业数字化转型,尤其是“互联网+”转型,具有紧密联系。以网商银行面向淘宝商户提供的“网商贷”业务为例,商户的销售活动从线下转移至线上后留下了海量数字痕迹(如销量、买家评价等),这为银行开展线上贷款提供了重要的数据支撑。相较于传统征信系统中的信息,这些数字信息的体量更大、客观性和时效性更强,能更加全面、及时地反映商户资质及其变化。在企业数字化转型以及由云计算等技术带来的算力大规模增加的基础上,银行得以充分应用大数据、人工智能等金融科技手段,在更强的风控能力下、以更快的放款速度、提供更加多元化的贷款服务(Fuster et al., 2019; Frost et al., 2019; Gambacorta et al., 2019)。不过,互联网信贷主要针对小微企业或个体工商户,银行的授信逻辑更倾向于个人贷款业务,重点关注企业经营者的个人风险,而非企业层面的风险。对于规模稍大的中小型企业而言,企业组织结构远比小微企业复杂,企业的主体风险和经营者的个人风险不尽相同。更为重要的是,这类企业的生产经营活动通常不止于互联网销售,还包含线下生产、仓储、运输等诸多环节,这些环节的信息并不一定会被互联网电商平台所记录和反映,而是更多依赖于企业所处的线下的供应链网络,上述大科技信贷的思路和模式并不一定适合这类企业。

另一种在实践中得到广泛应用的金融科技信贷模式是数字供应链金融,这是区块链技术和供应链金融相结合的一种金融创新,目前已有蚂蚁双链通、腾讯微企链等项目落地并为中小企业提供融资服务。供应链金融主要依托核心企业与其上下游企业在交易过程中所产生的物流、资金流、信息流等反映企业生产经营的数据,为核心企业及其上下游企业提供金融产品和服务(胡跃飞、黄少卿, 2009; 宋华、陈思洁, 2016)。然而,从过去的实践来看,供应链金融在实际应用中存在一定的问题和瓶颈,其中最典型的便是银行难以识别特定信息的真实性。以货物抵押融资为例,在很多情况下银行对参与供应链交易的企业的背景了解相对有限,难以合理估计企业用于抵押的货物的真实价值。同时,银行要想解决贸易真实性的问题,需要大范围地监测整条供应链上各个环节的物流、资金流和信息流,监测成本很高,容易出现监管盲区,一些关乎风险的重要信息难以在第一时间获知,这为企业操纵抵押品、恶意骗贷留下可乘之机,导致“虚假抵押”、“一货多押”等乱象频生(如上海钢贸企业假仓单质押骗贷案)。

与传统供应链金融相比,数字供应链金融的重要特征在于“企业数据上链”,即供应链上的企业将交易信息在区块链上进行登记和确认,这是一种不同于互联网化的企业数字化方式(Goldfarb and Tucker, 2019)。相较于基于大数据和人工智能的大科技信贷模式,数字供应链金融对数据体量的要求要小很多。相比于企业信息“上网”,企业数据“上链”的侧重点并不是通过海量数字足迹和大数据风控技术来挖掘企业的信用和风险信息,而是依靠区块链的共识机制、智能合约等技术手段,确保上链信息的不可篡改性和可追溯性,以高质量的“小数据”完成信息甄别、风险防范、事中事后监督等任务,而确保贷款企业相关信息的真实可靠性,正是传统供应链金融面临的难点和迫切需要解决的问题^④。

在货物抵押融资中,金融机构依托基于区块链(联盟链)技术的金融监管仓,可以有效解决货物监管不力的问题。通过机构准入评估,供应链上的企业(包括货主企业)、运营方、监管方、金融机构等参与方将各自的业务系统统一接入同一区块链技术平台。企业将订单、运单、存货等数据加密后写入区块,信息一旦上链后不可篡改,实现商流、物流及资金流的全程可追溯。区块链通过实时记录基于物联网技术的出库系统所抓取的货物日常盘点和处置信息,确保联盟链体系内各参与方能够全程了解货物的真实状态并就相关信息达成共识,防范货物的虚假抵押问题。同时,在联盟体系内还可以组建反多头借贷的抵押登记平台,通过

各个参与方的交叉验证,保证货物抵押品所有权的唯一,避免一家企业将一笔货物在不同银行重复抵押,套取银行资金。

数字供应链金融取得的实践经验引发了学术界的密切关注和广泛探讨。Omran等(2017)基于反向保理和动态贴现这两项具体的供应链金融业务论述了区块链技术如何增强供应链金融的透明度、自动化和信任水平,从而改善传统供应链金融工具的低效率问题。Chod等(2020)论证了区块链技术能够增强供应链上存货、物流、资金流等信息核验的真实性和透明性,向投资者传递有关公司运营能力的信号,进而帮助优质企业以较低的信号成本获得融资优惠。梁洪和张晓玫(2020)基于信号博弈模型发现,区块链技术与银行业的融合后,增大了中小企业篡改或伪造信息的成本,借贷市场将从传统的混同均衡转向分离均衡,使得不同风险类型的中小企业均能获得融资。郭菊娥和陈辰(2020)认为区块链技术能够支撑供应链金融多元主体间的有效协调、透视信息传递轨迹、完善金融监管体系和风控能力。尽管区块链技术缓解供应链金融中信息不对称的作用已得到学术界普遍认可,但其中的微观机制以及区块链如何从根本上改变供应链金融的运行原理等问题有待深入研究。特别地,给定区块链的技术特性,构架于区块链之上的数字供应链金融与依靠银行线下尽职调查的传统供应链金融之间有何优劣之分,还有待深入的探讨。

本文立足于我国数字供应链金融的实践经验,旨在系统考察区块链赋能供应链金融创新的理论机制。区块链技术与供应链金融结合后,供应链金融的信息结构特征、参与主体的激励会发生怎样的改变?数字供应链金融和传统供应链各自的优势、适合的情形、发挥作用的前提条件是什么?中长期来看,随着供应链上的企业上链的普及以及由企业上链所推动的企业数字化水平的提升,企业融资将呈现哪些趋势?本文将对上述问题进行理论探索。

本文构建了位于供应链网络中的企业向银行抵押融资的理论模型,运用贝叶斯博弈方法,系统分析了数字供应链金融的经济运行原理以及与传统供应链金融相比的优劣。我们考虑供应链上一家代表性企业有资金需求,向银行申请货物抵押贷款,即企业以自己的货物作为抵押品向银行申请贷款。企业与银行之间的信息不对称存在于抵押环节,企业可采取策略性抵押行为:“真实抵押”或“欺诈抵押”(如一货多押)。同时,企业可采取“掩饰举措”,以避免欺诈行为被银行发现。考虑信息的不完备性(Grossman and Hart, 1986),将信息按照不同特性划分为对第三方可核验的信息(如企业物流、资金流等信息)和对第三方难以核验的信息(如企业家管理能力、人品),这与中小企业融资文献中的硬信息和软信息有相似之处(Stein, 2002)。在传统供应链金融模式下,银行主要通过线下尽职调查的方式来核验抵押品真实性,而在数字供应链金融模式下,银行则依据区块链技术平台上记录的企业相关信息(如物流、资金流等)来进行授信评估。

本文研究表明,数字供应链金融和传统供应链金融各有一定优势,究竟应当使用何种融资方式,取决于供应链上的上链企业数量和上链信息质量。当供应链上的上链企业的数量足够多,且上链信息质量较高时,区块链通过共识机制所揭示的企业相关信息才能更逼近于真实信息,此时数字供应链金融优于传统供应链金融。反之,当上链企业数量较少或者上链信息的质量无法得到保证时,银行更合适通过传统的线下尽职调查方式来防范风险。其原因在于,区块链的共识机制对不同特性的信息的处理能力不一样。对于可核验信息,贷款企业的关联企业(包括上下游企业、物流企业、仓储企业等)通过交叉验证,可以确保信息上链后的可信性。如果上链的可核验信息足够多且质量足够好,则银行可借助上链的可核验信息甄别企业的风险。反之,如果可利用的可核验信息较少或者信息质量较差,则银行只能依靠那些难以核验的信息,但这类信息通常无法量化,对这些信息的分析和处理具有较强的主观性,且通常只能依赖银行线下跟企业的接触来获取,即使将其写入区块链,关联企业也很难就信息真实性达成一致共识^⑤,对银行而言,这些信息无助于更好地判断企业货物抵押的真实性,此时银行更适合采取传统的人工尽职调查手段来防范风险。

另一个有趣发现是,随着上链信息数量和质量的提升,区块链能够显著削弱企业从事策略性信息操纵的主观动机。尽管区块链能够确保数据上链后是不可篡改和可追溯的,但无法确保源头信息的真实准确性(徐忠、邹传伟, 2018),企业在信息上链前仍有可能通过策略性信息操纵手段来掩饰欺诈行为。然而分析表明,相

比于传统供应链金融,在数字供应链金融下,即使企业有欺诈意愿,欺诈后所采取的掩饰举措的力度也会大大减少。我们发现,提升上链信息质量会产生一正一负两方面的效应。一是负面的“防御效应”,银行依托区块链技术可以更加精确地了解贷款企业的经营信息,有更大概率核验抵押品的真实性,出于防御性目的,企业欺诈抵押后有更强的掩饰动机。二是正面的“协同效应”,上链信息质量的提升,也意味着供应链上的企业彼此之间信息共享更加充分,信息核验的协同性更强。此时,贷款企业如有欺诈行为,即使单方面加以掩饰,也极有可能因为与关联企业所提供的信息不一致,而被银行发现欺诈行为。当上链信息的数量和质量足够高时,协同效应的正面作用超过防御效应的负面作用,企业掩饰欺诈行为的意愿会越来越低。这一发现与 Cong 和 He(2019)具有内在逻辑一致性,即当区块链的参与者足够多时,会大大降低参与者谎报、篡改或操纵信息的动机,区块链所形成的共识信息将趋近于现实世界的真实信息。

本文有三方面的学术贡献与创新:

第一,为我国数字供应链金融实践提供理论基础。自区块链上升为国家战略并纳入“新基建”,我国区块链技术和应用取得了阶段性成果。尤其在供应链金融领域,催生了数字供应链金融这一全新模式,相关产业实践已走到了学术研究的前面,亟需科学理论揭示区块链技术驱动数字经济与金融创新的内在逻辑。然而,现有文献对区块链的探讨主要集中于加密货币(Easley et al., 2019; Biais et al., 2019; Cong et al., 2020; Makarov and Schoar, 2020; Howell et al., 2020),对数字供应链金融的研究有待深入。本文系统考察我国数字供应链金融实践背后的理论机制,既是对现有实践的规律性总结,也是对未来发展趋势的前瞻性研判。

第二,首创性地从信息特性与共识机制的视角考察了区块链对供应链金融信息结构的影响。研究指出,从信息特性角度来看,一些信息适合上链,而另一些信息不适合上链(即使上链也难以达成共识),数字供应链金融和传统供应链金融在采集、处理不同特性的信息方面各有优势,真正决定两类融资方式异同的关键在于上链信息的数量和质量。

第三,为区块链国家战略实施推进提供政策建议。基于理论分析,本文揭示出区块链率先在供应链金融领域取得成功应用的原因:供应链金融天然具有网络属性,一条供应链通常涵盖众多企业,能够参与数据上链的企业基数大,且各个企业之间具有交易关联性,有助于信息的交叉验证,以此解决传统供应链金融在信息验证方面不易执行的问题。我们建议区块链技术在与产业融合发展时应重点关注两个重要方向。一是支持更多企业上链,将企业上链作为企业数字化转型的一种重要推动力,构建以区块链为核心技术、以供应链为依托场景的可信生态。二是通过发展完善物联网等技术提升上链信息质量,加强区块链数据治理,为区块链技术应用高质量发展打下高质量的数据基础。

本文余下内容安排为:第二部分构建了供应链上代表性企业抵押融资的理论框架;第三、四部分求解分析了数字供应链金融和传统供应链金融下的博弈;第五部分从不同角度对两种供应链金融模式进行对比分析;第六部分总结全文并给出相关政策建议。

二、理论框架

我们考察由若干上下游企业组成的代表性供应链(如图1),以及银行为供应链上的企业提供贷款。通常供应链上核心企业获得融资相对容易,我们考虑一家非核心企业的代表性企业出现融资需求,向银行申请货物抵押贷款。此时存在两种供应链金融模式。第一种是数字供应链金融,指供应链上下游企业将交易信息在区块链技术平台上登记,银行根据平台上的信息进行数字化授信评估。第二种是传统供应链金融。银行对贷款申请企业的评估依赖于线下的尽职调查^⑥。市场贴现因子为 $\delta_0 < 1$ 。考虑贷款企业有可能在下一期退出市场(亦不再有融资需求),退出概率为 λ ,企业家的主观贴现因子为 $\delta = \delta_0(1 - \lambda)$ 。第一小节阐述企业与银行的博弈时序,第二、三小节分别探讨传统供应链金融和数字供应链金融的信

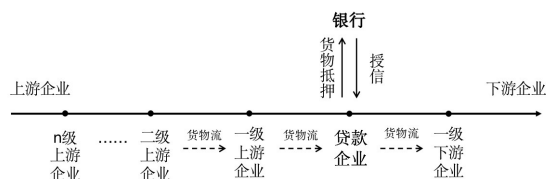


图1 代表性供应链

息结构,第四小节考察企业的策略性信息操纵行为。

(一) 博弈时序

贷款企业向银行申请货物抵押贷款,贷款金额单位化为1。银行基于贷款风险评估,要求企业提供价值为 M 的货物抵押品($M>1$),并约定本金和利息还款总额 R 。银行的资金来源于储户,银行需要为1单位存款支付本息和 r 。贷款企业与银行的博弈共分为3个阶段,如图2所示。

第一阶段,贷款企业把货物抵押给银行,同时银行进行贷前尽职调查。贷款企业根据收益最大化原则,选择策略性行为:“真实抵押”(即提供真实、足额的抵押品 M)或“欺诈抵押”(如虚报、瞒报抵押品价值,或一货多押,货物真实价值仅为 m ,且 $m<1$)。如果贷款企业选择后者,进一步考虑是否实施“掩饰措施”。贷款企业可以付出掩饰成本 c ,以降低银行在贷前尽职调查环节中发现抵押品存在欺诈的概率(下文将对掩饰成本做进一步描述)。

第二阶段,银行依据贷前尽职调查结果,决定批准贷款或拒绝贷款申请。

第三阶段,贷款企业销售货物,偿还贷款本息。如果贷款企业选择真实抵押,在完成货物销售并获得回款后,将按期履约还款。真实抵押的企业将抵押贷款资金用于生产经营的资金周转并产生收益 $\tilde{\pi}$, $\tilde{\pi}$ 对企业而言是私有信息(企业知道自己的具体收益水平),而对银行而言是不完美信息,银行只知晓 $\tilde{\pi}$ 的概率分布(密度函数为 $f(\tilde{\pi})$)。企业收益的一部分用于支付贷款本息和 R 给银行,剩余收益 $\tilde{\pi}-R$ 归企业所有^⑦。如果贷款企业以骗取贷款为目的,将选择欺诈抵押,获得资金后不会投入生产经营,亦没有还款意愿,因此在还款日无法赎回抵押品,抵押品由银行自行处置,贷款形成坏账。在这种情况下,银行将该企业列入黑名单,从此不再为该企业提供任何贷款。

(二) 传统供应链金融的信息特性

贷款企业与银行之间的信息不对称存在于企业抵押环节。传统供应链金融下,银行为规避企业家道德风险,展开贷前尽职调查。假设贷款企业提供真实足额的抵押品,将被银行查实,即真实抵押不存在被银行误判的可能性。

然而,如果贷款企业选择欺诈抵押,银行只能观察到抵押品价值的不完美信息。银行通过调查贷款企业,有概率 z 发现抵押品存在欺诈($z<1$)。同时,银行对贷款企业的上游企业进行调查,以核验贷款企业提供的货物信息的真实性^⑧。考虑银行对一级上游企业进行调查,有概率 ρz 发现贷款企业的欺诈抵押行为。其中, ρ 衡量上游企业和贷款企业间信息传递的精确性($\rho<1$), ρ 越小意味着企业间信息传递中的信息损耗和失真问题越严重,上游企业提供给银行的信息越模糊。同理,银行对贷款企业的二级上游企业进行调查,有概率 $\rho^2 z$ 发现贷款企业的欺诈抵押行为;以此类推,对贷款企业的 n 级上游企业进行调查,有概率 $\rho^n z$ 发现贷款企业的欺诈抵押行为^⑨。这种设定意味着,上游企业与贷款企业相隔的交易环节越多,上游企业对贷款企业的了解程度越低,因而向银行提供的与贷款企业相关的信息的精确性越差^⑩。

考虑信息不完备性(Grossman and Hart, 1986; Hart and Moore, 1988),将银行尽职调查所获知的信息分为两类。一类是可核验信息(verifiable information),指供应链上第三方企业能够核验的信息,具有相对客观、可量化、可传递的特点(例如,企业财务信息中涉及第三方企业的相关信息,包括交易量、交易额、交易时间、交易地点等)。另一类是难以核验信息(non-verifiable information),指对第三方企业而言难以核验的信息,这类信息通常需要线下接触才可获得,而且信息不易量化且难以传递(例如,企业家的管理能力、个人品质、声誉等)。银行在尽职调查过程中,既能够获取一定的可核验信息,也能够获取一定的难以核验信息,两类信息都是银行核验抵押品真实与否的依据。假设两类信息是互斥的,抵押品欺诈被银行发现的可能性 z 可以分解为两部分:来自于可核验信

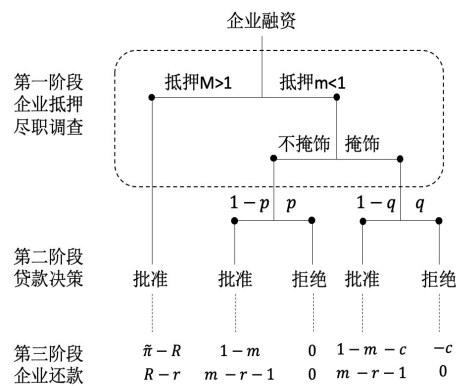


图2 博弈时序

息的部分为 x ,以及来自于难以核验信息的部分为 ε , $z=x+\varepsilon$ 。

在传统供应链金融下,银行对贷款企业及其 n 级上游企业开展尽职调查,如果贷款企业选择欺诈抵押,欺诈行为被银行发现的概率为 p_0 ,满足:

$$p_0 = 1 - (1-z)(1-\rho z)(1-\rho^2 z) \cdots (1-\rho^n z) = 1 - \prod_{i=0}^n (1-\rho^i(x+\varepsilon))$$

(三)数字供应链金融的信息特性

区块链技术改变了供应链的信息流形态。在传统供应链上,信息是伴随货物流逐级传递的,有直接交易的企业彼此了解程度高,但是没有直接交易的企业彼此了解则相对有限。而在数字供应链金融模式下,供应链上的企业在区块链技术平台上进行信息登记和存储,信息在隐私保护的前提下授权共享,银行借助区块链技术平台即可完成对整条供应链的数据搜集、核验、授信评估工作。为此,在数字供应链金融下,供应链上企业间的信息协同性强,基本不存在信息传递损耗或失真的问题,假设 $\rho=1$ 。

可核验信息不等于可信信息,可核验信息只有在区块链技术平台上经过关联企业的交叉验证后,才得以确保信息的可信性,这反映了区块链的共识机制。然而,对于难以核验信息,即使将其写入区块链,由于关联企业无法核验信息真伪,也很难达成一致共识^⑩。因此,考虑在数字供应链金融模式下,难以核验信息无法记录在区块链技术平台上(此时 $\varepsilon=0$),因而银行只能从区块链技术平台上获取可核验信息。我们用 x 衡量上链信息的质量,表示银行依据上链的可核验信息,有多大概率能够准确判断贷款企业抵押品的真实信息。自然,上链信息质量越高,银行对企业欺诈风险的识别能力越强。

在数字供应链金融模式下,如果贷款企业选择欺诈抵押,银行依据贷款企业及其 n 级上游企业在区块链技术平台上记录的信息,发现贷款企业欺诈抵押的概率为 p_{bc} ,满足:

$$p_{bc} = 1 - (1-x)^{n+1}$$

(四)企业的策略性信息操纵行为

企业如果选择欺诈抵押,将进一步考虑是否采取策略性信息操纵措施,以掩饰欺诈行为、规避银行的尽职调查。如果企业采取掩饰措施,银行通过调查贷款企业,发现抵押品存在欺诈的概率为 $(1-s)x+\varepsilon$ 。其中, s 衡量掩饰措施的力度($0 \leq s < 1$)^⑪。贷款企业采取掩饰措施的力度 s 越大,银行识别企业欺诈行为的可能性越小。

在传统供应链金融下,由于贷款企业单方面有掩饰意愿(关联企业则没有),贷款企业的掩饰措施并不影响银行从关联企业处尽职调查所获取的信息^⑫。贷款企业采取掩饰措施后,银行发现抵押品存在欺诈的可能性为 $q_0(s)$,满足:

$$q_0(s) = 1 - [1 - ((1-s)x + \varepsilon)] \prod_{i=1}^n (1 - \rho^i(x + \varepsilon))$$

而在数字供应链金融下,尽管企业信息(可核验信息)记录在区块链上,但区块链技术本身并不能完全防范企业的欺诈以及掩饰欺诈的道德风险。因为区块链技术只能保证信息在写入区块链后是不可篡改和可追溯的,而无法确保信息在源头的真实准确性(徐忠、邹传伟,2018),企业仍有可能在信息上链前采取策略性信息操纵措施。在此情形下,若贷款企业选择欺诈抵押并采取力度为 s 的掩饰措施,则银行发现抵押品存在欺诈的可能性为 $q_{bc}(s)$,满足:

$$q_{bc}(s) = 1 - (1 - (1-s)x)(1-x)^n$$

我们假设企业采取的掩饰举措的力度 s 越大,所要付出的掩饰成本 $c(s)$ 越高,且边际成本递增,即 $c'(s) > 0$, $c''(s) > 0$ 。当企业不采取掩饰举措时,企业无需付出掩饰成本, $c(0)=0$;同时考虑到企业难以做到完美掩饰,我们假设贷款企业做到完美掩饰需要付出无穷大的成本, $\lim_{s \rightarrow 1} c(s) = +\infty$ 。为简化后文分析,我们考虑一种比较简洁的成本形式, $c(s) = \tau[1/(1-s)-1]$,其中 $0 < \tau < 1$ 为成本系数。

基于上述模型设定,本文将通过分析供应链上的贷款企业与银行博弈的贝叶斯纳什均衡,探讨数字供应链金融和传统供应链金融在不同条件下的各自优势,以及在上链企业的数量逐渐增加的情况下,供应链上的企业融资将呈现何种趋势特征。

三、传统供应链金融模式的分析

在传统供应链金融模式下,银行对贷款企业及其 n 级上游企业展开尽职调查。如果贷款企业选择欺诈抵押,企业的目标为(1)式,即选择一个最优的掩饰程度 s_0 ,最大化欺诈抵押的期望收益。求解(1)式,得到引理1。

$$\max_{0 \leq s_0 < 1} (1-m-c)(1-q_0(s_0)) + (0-c(s_0)) \times q_0(s_0) \quad (1)$$

引理1:在传统供应链金融模式下,如果贷款企业选择欺诈抵押,最优掩饰力度 $s_0^*(x)$ 为:

$$s_0^*(x) = \begin{cases} 1 - \sqrt{\frac{\tau}{x(1-m) \prod_{i=1}^n (1-\rho^i(x+\varepsilon))}}, & x \in \Omega_0 \\ 0, & x \notin \Omega_0 \end{cases}$$

其中, $\Omega_0 = \{x | x \prod_{i=1}^n (1-\rho^i(x+\varepsilon)) \leq \tau / (1-m)\}$ 。贷款企业如果选择欺诈抵押,可获得的最大期望收益为 $\pi_0(x) \equiv \pi(s_0^*(x))$ 。

引理1揭示了企业在何种情况下会采取何种程度的掩饰措施。贷款企业与银行若达成互信均衡(即企业真实抵押且银行批准贷款),需要满足两个条件。一是企业的长期激励相容约束(见(2)式),即企业在每一期选择真实抵押所获得的收益,高于企业本期欺诈抵押并从此不再获得任何贷款的收益^⑧。二是银行的参与约束,即银行的贷款收益需高于资金成本(见(3)式)。

$$(\tilde{\pi} - R) / (1 - \delta) > \pi_0(x) \quad (2)$$

$$R \geq r \quad (3)$$

求解(2)和(3)式,得到定理1。

定理1:在传统供应链金融模式下,当贷款企业净收益 $\tilde{\pi} - R$ 满足 $(1 - \delta_0(1 - \lambda)) \pi_0(x) \leq \tilde{\pi} - R \leq \tilde{\pi} - r$ 时,贷款企业与银行达成互信均衡,企业策略为真实抵押,银行策略为批准贷款。

定理1描述了传统供应链金融模式下贷款企业与银行达成互信均衡所需满足的条件。银行基于安全性的经营原则,需要防范企业欺诈的道德风险,为此贷款利率不宜设置过高,否则企业在过高的贷款成本压力下,极有可能通过欺诈方式来谋求私利。同时,银行基于盈利性原则,对贷款利率有底线要求,否则将无法覆盖资金成本。如果银行为防范企业道德风险需要付出的成本过高,以致超出自身承担范围,银行会选择放弃对企业的贷款支持。

基于定理1,在传统供应链金融下,企业获得贷款概率如(4)式所示, I 为示性函数。

$$Prob_0 = \int I_{(1-\delta_0(1-\lambda))\pi_0(x) \leq \tilde{\pi} - R \leq \tilde{\pi} - r} f(\tilde{\pi}) d\tilde{\pi} \quad (4)$$

四、数字供应链金融模式的分析

在数字供应链金融模式下,银行通过区块链技术平台对贷款企业及其 n 级上游企业的信息进行采集和评估。如果贷款企业选择欺诈抵押,企业的目标为(5)式,选择一个最优的掩饰程度 s_{bc} ,最大化欺诈抵押的期望收益。求解(5)式,得到引理2。

$$\max_{0 \leq s_{bc} < 1} (1-m-c)(1-q_{bc}(s_{bc})) + (0-c(s_{bc})) \times q_{bc}(s_{bc}) \quad (5)$$

引理2:在数字供应链金融模式下,如果贷款企业选择欺诈抵押,最优掩饰力度 $s_{bc}^*(x)$ 为,

$$s_{bc}^*(x) = \begin{cases} 1 - \sqrt{\frac{\tau}{x(1-m)(1-x)^n}}, & x \in \Omega_{bc} \\ 0, & x \notin \Omega_{bc} \end{cases}$$

其中, $\Omega_{bc} = \{x | x(1-x)^n \leq \tau / (1-m)\}$ 。贷款企业如果选择欺诈抵押,可获得的最大期望收益为 $\pi_{bc}(x) \equiv \pi(s_{bc}^*(x))$ 。

基于引理2,进一步求解在数字供应链金融下,贷款企业与银行达成互信均衡所需满足的约束条件。贷款企业的长期激励相容约束为(6)式,求解(3)和(6)式,得到定理2。

$$(\tilde{\pi} - R) / (1 - \delta) > \pi_{bc}(x) \quad (6)$$

定理2:在数字供应链金融模式下,当贷款企业净收益 $\tilde{\pi}-R$ 满足 $(1-\delta_0(1-\lambda))\pi_{bc}(x)\leq\tilde{\pi}-R\leq\tilde{\pi}-r$ 时,贷款企业与银行达成互信均衡。

基于定理2,在数字供应链金融下,企业获得贷款概率如(7)式所示。

$$Prob_{bc} = \int I_{(1-\delta_0(1-\lambda))\pi_{bc}(x) < \tilde{\pi}-r} f(\tilde{\pi}) d\tilde{\pi} \quad (7)$$

五、两种供应链金融模式的比较

我们采用数值模拟的方法考察供应链上的上链企业数量不同的情形,从3个角度对比考察数字供应链金融模式与传统供应链金融模式的差异^⑤。首先,比较分析贷款企业选择欺诈并掩饰欺诈的主观意愿程度。再者,探讨企业与银行在何种情况下能够达成互信均衡。最后,对比分析企业获得融资的可能性。研究发现,当供应链上的上链企业数量较少,且上链信息质量较低时,在传统供应链金融下,贷款企业进行策略性信息操纵的程度更低、与银行更容易达成互信均衡、融资可得性更高。然而,伴随着供应链上的上链企业数量增多,即使上链信息质量相对不高,数字供应链金融在上述3个方面的表现仍然优于传统供应链金融;当上链信息质量得到进一步提升时,数字供应链金融模式更加突出其优势。

(一)贷款企业的策略性信息操纵动机

首先考虑一种简单而特殊的情形,供应链上只有贷款企业及其一级上游企业上链。由引理1和引理2,可以得到命题1。

命题1:当供应链上只有两家企业(贷款企业及其一级上游企业)上链时,如果 $x \geq \rho\varepsilon/(1-\rho)$,则数字供应链金融模式下,贷款企业的策略性信息操纵动机更低;如果 $0 < x < \rho\varepsilon/(1-\rho)$,则传统供应链金融模式下,贷款企业的策略性信息操纵动机更低。

命题1表明,当上链信息质量较高时,相比于传统供应链金融模式,数字供应链金融模式下企业从事策略性信息操纵的动机更低。区块链技术对供应链金融的信息结构具有两方面的影响。一方面,记录在区块链上的可核验信息是无损耗传递的,相比于传统尽职调查手段,银行从区块链技术平台上可以获取更加精确的关联企业所提供的信息,银行发现欺诈抵押的概率边际增加了 $(1-\rho)x$;另一方面,由于区块链无法记载和传递难以核验信息,相较于传统供应链金融模式,在数字供应链金融模式下,银行发现欺诈抵押的概率同时也降低了 $\rho\varepsilon$ 。当区块链技术为银行防范企业抵押风险所带来的正面效应 $(1-\rho)x$ 大于负面效应 $\rho\varepsilon$ 时,区块链技术有助于银行识别并防范企业的抵押风险,即在数字供应链金融模式下,企业掩饰欺诈行为的动机更低。

命题1的主要发现可以由图3概括。当上链信息质量非常低($x \rightarrow 0$)时,在数字供应链金融模式下,贷款企业与银行间的信息不对称的程度仍然较高,贷款企业如果有欺诈抵押行为,即使不采取任何掩饰性举措也能大概率成功逃避银行监管,此时企业没有掩饰欺诈的动机。而当上链信息质量有些微提升但整体水平仍然较低(图3交点左侧)时,在数字供应链金融模式下,由于银行无法获知难以核验信息,贷款企业更有动机操纵银行仅能掌握的少量可核验信息,此时银行更适合通过传统的线下调查方式(以获取难以核验信息)来防范贷款企业的抵押风险。而当上链信息质量较高(图3交点右侧)时,在数字供应链金融模式下,关联企业能够为银行提供更加精确的信息,即使贷款企业付出高昂的掩饰成本,也难以对银行核验抵押品的真实性产生决定性影响,在实施掩饰措施的成本和收益权衡之下,企业掩饰举措的力度相较于传统供应链金融模式反而更低。

然而,当供应链上的上链企业数量逐渐增多时,命题1的结论将发生改变。分别考察供应链上有5个企业、10个企业、15个企业和20个企业(包括贷款企业及其多级上游

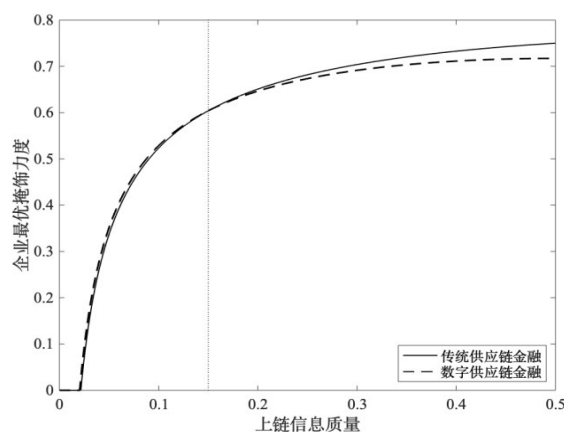


图3 企业最优掩饰力度的比较(两个企业上链的情形)

企业)上链的情形(如图4所示)。

图4展示了两点重要结论。第一,当上链企业数量逐渐增多时,即使上链信息质量不高,数字供应链金融模式在防范贷款企业信息操纵方面的表现也优于传统供应链金融模式,这表明,上链企业数量与上链信息质量之间存在相互替代的关系。在传统供应链金融模式下,伴随供应链上的企业数量增加,信息链条的不断延长,意味着信息在企业间传递过程中所面临的信息精度损耗问题更为严重。而数字供应链金融模式却恰恰很适合大规模的供应链网络:供应链上的企业越多,代表着能够参与信息上链的企业基数越大,参与交叉验证的关联企业数量越多,区块链的共识机制揭示的信息越趋近于真实信息,贷款企业的欺诈行为越容易被发现,因此企业选择欺诈的主观意愿也越低。当上链企业足够多时,即使不依赖于那些无法上链的难以核验信息,只依靠记录在区块链上的可核验信息,数字供应链金融模式同样能有效防范贷款企业信息操纵的道德风险。

第二,在数字供应链金融模式下,随着上链信息质量的提升,贷款企业欺诈后的最优掩饰力度呈现倒U形(先增后减)的变化趋势。上链信息质量提升具有两方面效应。一是“防御效应”,银行借助区块链技术平台可以观察到更加精确的贷款企业的相关信息,有更大概率核验抵押品的真实性,出于防御性目的,企业一旦决定欺诈抵押后,有更强的掩饰动机以规避银行的尽职调查。二是“协同效应”,上链信息质量的提升,也意味着供应链企业彼此间信息共享更加充分,信息核验的协同性更强。此时,贷款企业即使单方面掩饰自身数据信息,也极有可能因与其他上游企业所提供的信息不一致,而被银行发现抵押品造假的嫌疑。当上链信息质量相对较低时,“防御效应”占主导;而当上链信息质量相对较高时,“协同效应”占主导,因此贷款企业的最优掩饰力度呈现先增后减的变化趋势。当上链企业足够多时,“协同效应”更加突出,贷款企业的掩饰欺诈的意愿会越来越低,甚至不再有任何掩饰意愿。

进一步,我们检验了极限情形,即供应链上的上链企业数量趋于无穷多时,比较两种供应链金融模式下企业的策略性信息操纵动机差异。可以证明, $\lim_{n \rightarrow \infty} s_0^*(x) \geq \lim_{n \rightarrow \infty} s_{bc}^*(x) = 0^{(9)}$ 。这意味着,在数字供应链金融模式下,当上链企业数量趋近于无穷多时,贷款企业将不再有任何策略性信息操纵的动机。然而,在传统供应链金融模式下,即使银行能够对更多乃至全部关联企业进行尽职调查,并掌握有关贷款企业抵押品的更加充分的信息,但仍然无法完全消除贷款企业策略性信息操纵的道德风险。这一发现揭示了,建立基于区块链技术的数字供应链金融生态,有助于激励并培育企业家的诚信精神、从而建设市场可信体系。命题2归纳了上述发现。

命题2:伴随供应链上的上链企业数量的增加,相比于传统供应链金融模式,在数字供应链金融模式下,贷款企业进行策略性信息操纵的意愿更低;当上链企业数量足够多时,贷款企业将不再采取任何策略性信息操纵行动。

(二)贷款企业与银行实现互信均衡的条件

基于第一小节的分析思路,我们首先考虑供应链上只有贷款企业及其一级上游企业上链的情形,结合定理1和定理2,有命题3成立。

命题3:当供应链上只有两家企业(贷款企业及其一级上游企业)上链时,存在临界值 \hat{x} 满足:当 $x \geq \hat{x}$ 时,在数字供应链金融模式下,贷款企业与银行更容易达成互信均衡;当 $0 < x < \hat{x}$ 时,在传统供应链金融模式下,贷款企业与银行更容易达成互信均衡⁽¹⁰⁾。

图5展示了命题3的经济含义。当上链信息质量较低(图5交点左侧)时,在数字供应链金融模式下,银行从区块链技术平台上获取的可核验信息对甄别抵押品真实性的作用有限,且无法获取难以核

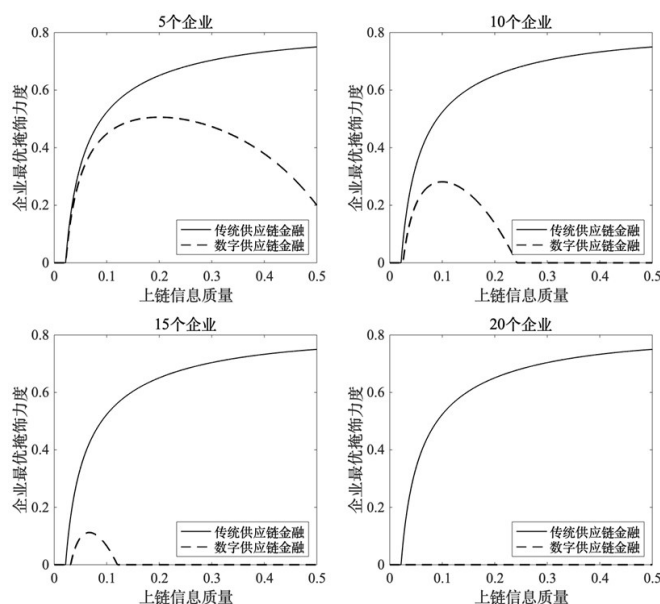


图4 企业最优掩饰力度的比较

验信息,同时由命题1可知,贷款企业一旦欺诈后采取的掩饰举措的力度更大,这些因素导致银行面临着比传统供应链金融模式更为严重的信息不对称。此时贷款企业更倾向于选择期望收益更高的欺诈抵押,而非真实抵押,因此企业与银行难以达成互信均衡。反之,当上链信息质量较高(图5交点右侧)时,在数字供应链金融模式下,银行能够获取更高质量的可核验信息来提升风险识别和防范能力,贷款企业欺诈抵押的期望收益较低,从而更有可能选择真实抵押,与银行建立长期合作关系。

进一步,我们考察了供应链上的上链企业数量逐渐增加的情形(图6)。与图5相比,图6曲线交点有明显的左移,且随着上链企业的数量越多,交点左移越明显,表明上链企业数量的增加能够在一定程度上放松数字供应链金融对上链信息质量的要求。同时,随着上链企业数量的增加,位于曲线交点右侧的虚线和实线之间的区域面积在不断扩大,意味着相比于传统供应链金融,数字供应链金融能更有效地支持贷款企业与银行达成互信均衡。这一发现的启示意义在于,鼓励更多供应链上的企业参与信息上链,从而构建供应链信息的可信生态是区块链技术未来应用的重要方向。区块链技术固然有非常多的优良特性,但只有更多的企业参与使用区块链技术,区块链的价值才能够充分显现出来。当上链企业节点数量越多,上链信息量越大,才能更加充分地进行信息核验,从而更有效地破除传统供应链金融中的信息不对称。命题4归纳了以上发现。

命题4:伴随供应链上的上链企业数量的增加,相比于传统供应链金融模式,数字供应链金融模式下贷款企业与银行更容易达成互信均衡。

(三)企业融资的可得性

考虑供应链上只有贷款企业及其一级上游企业上链的情形,结合(4)和(7)式,有命题5成立。

命题5:当供应链上只有两家企业(贷款企业及其一级上游企业)上链时,存在临界值 \hat{x} 满足:当 $x \geq \hat{x}$ 时,在数字供应链金融模式下,企业获得融资的概率更高;当 $0 < x < \hat{x}$ 时,在传统供应链金融模式下,企业获得融资的概率更高。

我们用图7概括了命题5的经济含义。企业能否获得融资,关键在于企业与银行能否达成互信均衡。当上链信息质量较低(图7交点左侧)时,相对传统供应链金融模式,在数字供应链金融模式下,由于贷款企业与银行间的信息不对称程度更高,企业选择欺诈抵押更有利可图,只有当企业真实抵押获取的净收益足够高时,企业与银行才有可能

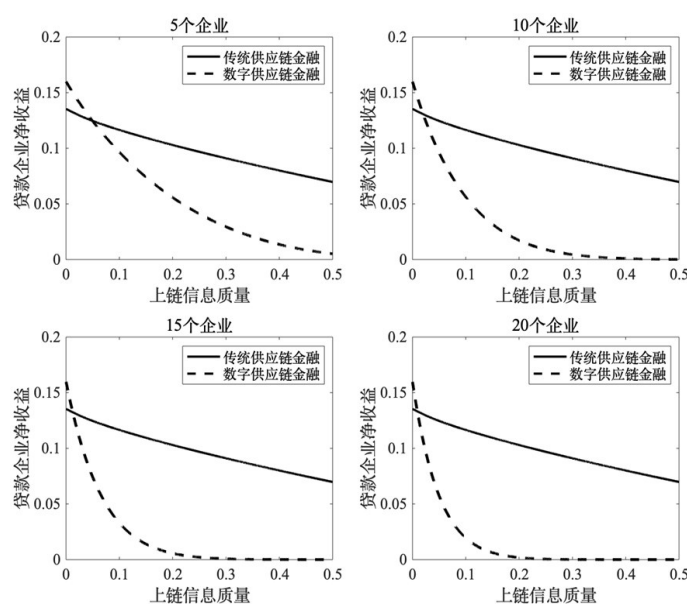


图6 贷款企业与银行实现互信均衡的条件比较

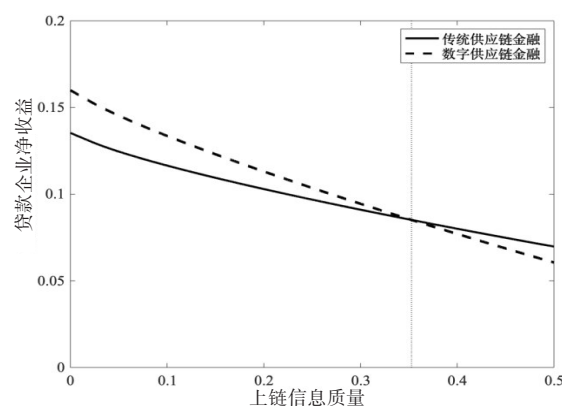


图5 贷款企业与银行实现互信均衡的条件比较
(两个企业上链的情形)

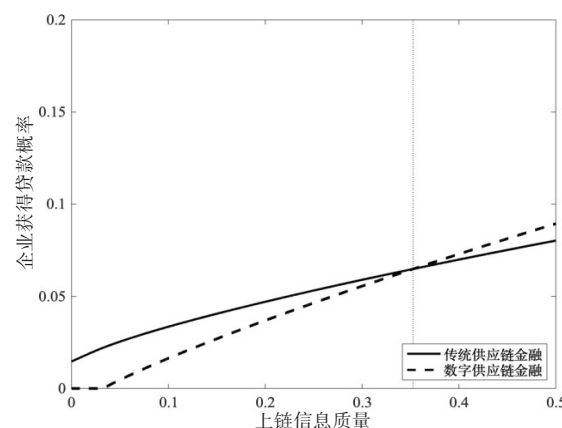


图7 企业获得贷款概率的比较(两个企业上链的情形)

达到互信均衡,否则银行将放弃对企业的贷款支持,因而企业获得融资的概率相对较低。反之,当上链信息质量较高(图7交点右侧)时,在数字供应链金融模式下,银行能够掌握更加充分的信息以甄别企业抵押品质量,同时企业预期到银行具备更强的风险防范和识别能力,更有可能选择真实抵押,企业与银行更容易建立互信均衡,企业获得融资的可能性更高。

进一步,我们考察供应链上的上链企业数量较多的情形(如图8所示)。与图7相比,图8的曲线交点有明显的左移,且随着上链企业数量越多,交点左移越明显,表示当上链企业数量足够多时,即使上链信息质量较低,数字供应链金融模式在提升企业融资可得性方面的表现仍然优于传统供应链金融模式。从理论上可以预测,当企业信息上链在供应链中得到充分普及时,数字供应链金融模式将成为更加高效、普惠的金融支持手段,为缓解供应链上的中小企业的融资约束提供了新的可行思路。命题6概括了这一发现。

命题6:伴随供应链上的上链企业数量的增加,相比于传统供应链金融模式,数字供应链金融模式显著提升了企业融资的可得性。

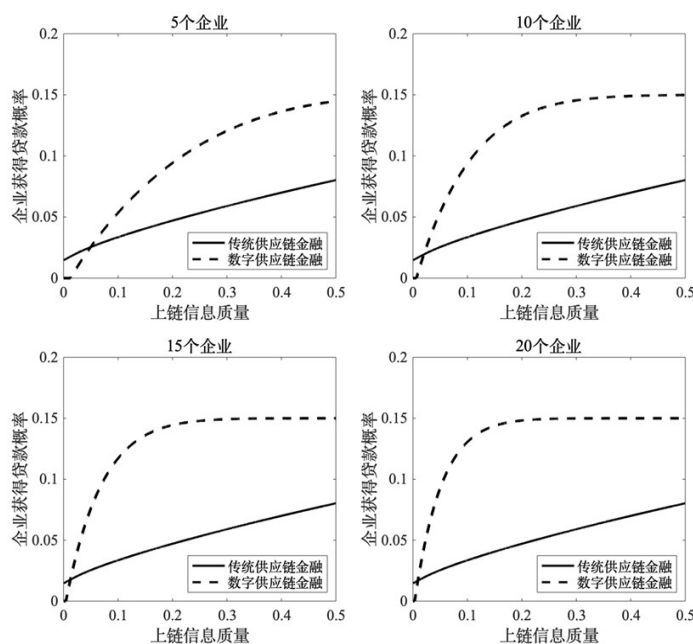


图8 企业获得贷款概率的比较

六、总结与政策建议

本文基于我国数字供应链金融的实践经验,系统考察了区块链技术赋能供应链金融创新的内在机制。理论结果表明,在不同的上链企业数量和上链信息质量下,数字供应链金融和传统供应链金融有着各自不同的优势。当上链企业数量较少或者上链信息的质量无法得到保证时,银行更适合选择传统供应链金融模式,通过线下尽职调查等方式来防范企业的道德风险(如一货多押)。而伴随供应链上的上链企业数量逐渐增多,且上链信息质量得到有效保证时,银行更适合利用区块链技术并基于供应链上关联企业的信息交叉验证来防范融资企业风险,为企业提供可及性足够高、成本足够低的融资服务。

本文审视了数字供应链金融模式取得成功的原因。供应链天然具有网络属性,涵盖众多企业,且高度依赖企业间合作。市场主体众多和错综复杂的交易关系,使得传统供应链金融面临较为严重的信息不对称,然而这恰恰是数字供应链金融发展的潜在机遇。一方面,供应链上的可上链企业的基数非常大,且供应链末端的中小企业与银行存在高度信息不对称,对信息上链具有更为强烈的现实需求。另一方面,供应链上交易具有鲜明的多主体特征,仓储、物流、上下游企业、甚至包括参与资金划拨和结算的银行共同参与信息交叉核验。这两方面因素共同确保区块链技术与供应链金融结合后,无论是上链信息数量还是质量都相对可观,依据本文理论发现,这正是区块链技术有效克服企业融资中信息不对称的重要前提。此外,除深化信息协同之外,区块链相较于中心化信息系统,还能够强化隐私保护和授权共享,这对于打破供应链企业间数据孤岛、促进供应链上的信用传递具有积极价值^⑧。

本文对未来数字供应链金融的发展有两方面的政策启示。

第一,降低供应链上企业的上链成本,鼓励更多企业上链,以此构建以更高效率进行信息交叉验证和保证信息可核验性的数字供应链网络。本文理论结果预测,只有当上链企业的数量足够多时,区块链技术缓解信息不对称的优势才能够充分释放出来。尽管当前区块链技术的开发成本对中小企业而言仍然较高,但中小企

业通过使用第三方区块链BaaS(Blockchain as a Service)平台完成信息上链的成本正在逐渐降低。

第二,完善区块链数据治理。本文理论分析表明,高质量的上链信息是数字供应链金融有效落地并服务实体经济的基础,严格把控源头信息的质量对提升上链信息的经济价值具有重要作用。因此,应建立完善区块链数据治理体系,在数据上链环节综合运用物联网、大数据、人工智能等信息技术,避免“为了上链而上链”,保证区块链应用的质量和效能。

(作者单位:龚强,中南财经政法大学文澜学院、北京大学数字金融研究中心;班铭媛,中南财经政法大学文澜学院;张一林,中山大学管理学院、中山大学国家治理研究院新结构经济学研究中心)

注释

①以区块链技术为代表的金融科技正加速变革供应链金融业态。在中国人民银行等八部门联合印发的《关于规范发展供应链金融支持供应链产业链稳定循环和优化升级的意见》(银发〔2020〕226号)中,首次将“运用金融科技手段”纳入供应链金融的内涵界定,首次将“科技平台”同金融机构、核心企业、仓储及物流企业一并纳入供应链金融的市场主体,并多次提到科技手段在供应链金融发展中的重要作用。根据中国互联网金融协会《中国区块链金融应用与发展研究报告(2020)》的调研结果,在区块链技术应用金融领域的各项项目中,供应链金融领域的项目数量位列第一(约占总项目数的1/3)。以国家外汇管理局建设的“跨境金融区块链服务平台”为例,目前已为两千余家跨境贸易企业(中小企业占比约75%)提供超过159亿美元的融资服务。

②据世界银行估计,我国中小微企业融资需求4.4万亿美元,而融资供给只有2.5万亿美元,融资缺口达1.9万亿美元。数据来源:“MSME Finance Gap: Assessment of the Shortfalls and Opportunities in Financing Micro, Small and Medium Enterprises in Emerging Markets”, World Bank, 2018。

③据抽样数据估计,受新冠肺炎疫情的影响,2020年第一季度中小企业营业收入不到去年同期的50%。数据来源:《疫情下的中小微经济恢复状况——基于百万量级中小微企业经营数据的分析》,清华大学金融科技研究院,2020年4月。

④区块链技术之所以能够确保信息的不可篡改性,与共识机制具有密切联系。从技术设计角度,区块链上的每个区块由交易数据、时间戳、随机数、前一个区块的哈希值等要素构成。哈希值是由数据通过哈希函数转化生成的十六进制代码,且代码无法逆向修改初始数据。如果篡改了某一区块数据,该区块的哈希值将发生更改。由于该区块的哈希值被包含在下一个区块中,下一个区块的哈希值也将发生变化,以此类推,后面的每一个区块的哈希值都将发生改变。有关区块链工作原理的更多技术细节,参见Nakamoto(2008)。

⑤例如,企业家个人声誉是影响银行授信的重要因素(尤其在中小企业的关系型贷款中),然而声誉是一种典型的难以核验信息,不同关联企业对贷款企业的企业家个人声誉有不同的主观评判,很难达成一致共识。

⑥本文模型对供应链金融的实务操作进行了合理而不失一般性的凝练和简化。实践中供应链金融通常采取“M+1+N”模式(“M”代表多家上游企业,“1”代表供应链核心企业,“N”代表多家下游企业),银行与核心企业合作,为上下游企业发放贷款(如应收帐款融资、存货质押融资等),模型中所刻画的抵押品实际上可以一般化为应收帐款、存货等资产。实践中,核心企业通常为上下游企业提供担保,如果贷款企业无法履约还款,核心企业就要替贷款企业还款,也即核心企业实际上承担了贷款企业的违约风险,从风险承担角度,银行与核心企业实际上是利益共同体,因此我们在模型中将银行和核心企业视为同一个参与者。实践中应收账款融资多次出现的爆雷问题,与模型中的企业欺诈抵押行为也有类似之处。

⑦在现实情况下,真实抵押的企业也可能因为其他因素而导致无法正常履约还款,即 $\tilde{\pi} < R$,此时抵押品 M 将归属于银行。可以证明,当考虑这种情况时,后文分析的主要结论不会发生本质性变化。

⑧在实际操作中,银行的尽职调查对象可能不仅包含上游企业,还包含下游企业、仓储企业、物流企业等。为简化表述,这里只考虑银行对上游企业调查,对其他关联企业调查具有相似逻辑,文中不再赘述。

⑨如果进一步考虑银行的尽职调查无法覆盖供应链上全部上游企业的情形(例如上游企业分布在不同国家和地区),可以将模型假设放松为,信息在每一级企业间传递的精确性 $\rho_i(i=1,2,\dots,n)$ 是不同的,存在某些 i 满足 $\rho_i=0$,放松假设后不会影响文章的主要结论。

⑩影响 ρ 大小的因素可能包括:供应链合作历史(合作时间越长, ρ 越大)、企业间交易频率(频率越高, ρ 越大)、以及企业间物理距离(距离越近, ρ 越大)等。

⑪我们假设区块链无法记录难以核验信息,与共识机制的特点是相一致的。从技术角度,区块链内与Token状态或交易无关的信息是作为附加信息写入区块链的,这类信息不会通过共识算法检验,进而无法检验其真实准确性(徐忠、邹传伟,2018)。这类信息与我们所描述的难以核验信息是一致的。

⑫为使模型不增加不必要的复杂度,我们考虑企业仅对可核验信息进行策略性信息操纵。因为难以核验信息通常是在长期过程中形成的,且银行对其判断存在较强主观性(例如,银行通常认为企业家人品在一定时间内变化不大),企业在短期内很难单方面改变银行对难以核验信息的判断。

⑬为简化分析,我们忽略企业间的合谋掩饰行为。

⑭在企业的长期激励相容约束(2)式中, $\tilde{\pi}$ 对企业而言不存在不确定性,因此无需计算 $\tilde{\pi}$ 的期望值。

⑮使用MATLAB完成数值模拟。参数设定为: $\delta_0=0.9, \lambda=0.2, \rho=0.6, \varepsilon=0.1, \tau=0.01, r=0.05, m=0.5, \tilde{\pi} \sim U[0, 0.2]$ 。此外,本文还针对部分参数进行了敏感性分析,不同的参数设定不会改变曲线的主要趋势,而只会影响具体数值,篇幅有限,正文中不再汇报相关结果,如有需要,可向作者索取。

⑯在数字供应链金融下,对于任意 $x \in (0, 1)$,满足 $\lim_{n \rightarrow \infty} x(1-x)^n = 0, x \notin \Omega_{bc}, \lim_{n \rightarrow \infty} s_{bc}^*(x) = 0$ 恒成立。在传统供应链金融下,对于任意 $x \in (0, 1), \lim_{n \rightarrow \infty} s_0^*(x) \geq 0$,并且存在某些 $x \in (0, 1)$,满足 $x \in \Omega_0, \lim_{n \rightarrow \infty} s_0^*(x) > 0$ 。证明过程由于篇幅较长,不再详细展示在正文中,感兴趣的读者可向作者索取。

⑩ $\hat{x} \in [x_l(1-\delta_0(1-\lambda))(\pi_0(x)-\pi_{bc}(x))=0]$, 其中 $\pi_0(x)$ 和 $\pi_{bc}(x)$ 的表达式, 参见引理 1 和引理 2。由于 \hat{x} 的显示解较为复杂, 我们使用数值模拟方法计算 \hat{x} 的数值近似解。

⑪ 隐私保护是区块链相较于中心化征信系统的重要区别, 曾有多家大数据征信平台被曝光存在隐私泄露问题, 严重危害了社会征信机构的声誉及发展。例如, 国内首批获得央行颁发牌照的第三方支付企业拉卡拉旗下的考拉征信, 涉嫌非法提供身份证返照查询 9800 多万次, 非法获利 3800 万元; 知名信用卡管理平台 51 信用卡涉嫌利用爬虫技术, 违规获取欠款人的个人通讯录、地址定位等敏感信息。在隐私保护方面, 区块链技术采用一系列密码学算法 (如数字签名和验签、零知识证明、环签名等) 保证信息安全性问题, 尤其对于供应链企业的交易信息、信用信息等敏感性商业信息能够起到较好的防截获、防窃取功能。

参考文献

- (1) 边文龙、沈艳、沈明高:《银行业竞争度、政策激励与中小企业贷款——来自 14 省 90 县金融机构的证据》,《金融研究》,2017 年第 1 期。
- (2) 郭菊娥、陈辰:《区块链技术驱动供应链金融发展创新研究》,《西安交通大学学报(社会科学版)》,2020 年第 3 期。
- (3) 胡跃飞、黄少卿:《供应链金融:背景、创新与概念界定》,《金融研究》,2009 年第 8 期。
- (4) 李广子、熊德华、刘力:《中小银行发展如何影响中小企业融资?——兼析产生影响的多重中介效应》,《金融研究》,2016 年第 12 期。
- (5) 李志赞:《银行结构与中小企业融资》,《经济研究》,2002 年第 6 期。
- (6) 梁洪、张晓玫:《区块链与银行的融合能否破解中小企业融资困境?》,《当代经济管理》,2020 年第 5 期。
- (7) 林毅夫、李永军:《中小金融机构发展与中小企业融资》,《经济研究》,2001 年第 1 期。
- (8) 林毅夫、孙希芳:《信息、非正规金融与中小企业融资》,《经济研究》,2005 年第 7 期。
- (9) 刘畅、曹光宇、马光荣:《地方政府融资平台挤出了中小企业贷款吗?》,《经济研究》,2020 年第 3 期。
- (10) 刘畅、刘冲、马光荣:《中小金融机构与中小企业贷款》,《经济研究》,2017 年第 8 期。
- (11) 吕劲松:《关于中小企业融资难、融资贵问题的思考》,《金融研究》,2015 年第 11 期。
- (12) 宋华、陈思洁:《供应链金融的演进与互联网供应链金融:一个理论框架》,《中国人民大学学报》,2016 年第 5 期。
- (13) 王霄、张捷:《银行信贷配给与中小企业贷款——一个内生性抵押品和企业规模的理论模型》,《经济研究》,2003 年第 7 期。
- (14) 徐忠、邹传伟:《区块链能做什么、不能做什么?》,《金融研究》,2018 年第 11 期。
- (15) 尹志超、钱龙、吴雨:《银企关系、银行业竞争与中小企业借贷成本》,《金融研究》,2015 年第 1 期。
- (16) 张晓玫、潘玲:《我国银行业市场结构与中小企业关系型贷款》,《金融研究》,2013 年第 6 期。
- (17) 张一林、林毅夫、龚强:《企业规模、银行规模与最优银行业结构——基于新结构经济学的视角》,《管理世界》,2019 年第 3 期。
- (18) Biais, B., Bisière, C., Bouvard, M. and Casamatta, C., 2019, "The Blockchain Folk Theorem", *Review of Financial Studies*, Vol.32, pp.1662~1715.
- (19) Chod, J., Trichakis, N., Tsoukalas, G., Aspegren, H. and Weber, M., 2020, "On the Financing Benefits of Supply Chain Transparency and Blockchain Adoption", *Management Science*, Vol.66, pp.4359~4919.
- (20) Cong, L. W. and He, Z., 2019, "Blockchain Disruption and Smart Contracts", *Review of Financial Studies*, Vol.32, pp.1754~1797.
- (21) Cong, L. W., Li, Y. and Wang, N., 2020, "Tokenomics: Dynamic Adoption and Valuation", *Review of Financial Studies*, forthcoming.
- (22) Cornelli, G., Frost, J., Gambacorta, L., Rau, R., Wardrop, R. and Ziegler, T., 2020, "Fintech and Big Tech Credit: A New Database", BIS Working Papers, N0.887.
- (23) Easley, D., O'Hara, M. and Basu, S., 2019, "From Mining to Markets: The Evolution of Bitcoin Transaction Fees", *Journal of Financial Economics*, Vol.134, pp.91~109.
- (24) Frost, J., Gambacorta, L., Huang, Y., Shin, H. S. and Zbinden, P., 2019, "BigTech and the Changing Structure of Financial Intermediation", *Economic Policy*, Vol.34, pp.761~799.
- (25) Fuster, A., Plosser, M., Schnabl, P. and Vickery, J., 2019, "The Role of Technology in Mortgage Lending", *Review of Financial Studies*, Vol.32, pp.1854~1899.
- (26) Gambacorta, L., Huang, Y., Qiu, H. and Wang, J., 2019, "How do Machine Learning and Non-traditional Data Affect Credit Scoring? New Evidence from a Chinese Fintech Firm", BIS Working Papers, N0.834.
- (27) Goldfarb, A. and Tucker, C., 2019, "Digital Economics", *Journal of Economic Literature*, Vol.57, pp.3~43.
- (28) Grossman, S. J. and Hart, O. D., 1986, "The Costs and Benefits of Ownership: A Theory of Vertical and Lateral Integration", *Journal of Political Economy*, Vol.94, pp.691~719.
- (29) Hart, O. and Moore, J., 1988, "Incomplete Contracts and Renegotiation", *Econometrica*, Vol.56, pp.755~785.
- (30) Howell, S. T., Niessner, M. and Yermack, D., 2020, "Initial Coin Offerings: Financing Growth with Cryptocurrency Token Sales", *Review of Financial Studies*, Vol.33, pp.3925~3974.
- (31) Makarov, I. and Schoar, A., 2020, "Trading and Arbitrage in Cryptocurrency Markets", *Journal of Financial Economics*, Vol.135, pp.293~319.
- (32) Nakamoto, S., 2008, "Bitcoin: A Peer-to-peer Electronic Cash System", Unpublished Manuscript.
- (33) Omran, Y., Henke, M., Heines, R. and Hofmann, E., 2017, "Blockchain-driven Supply Chain Finance: Towards a Conceptual Framework from a Buyer Perspective", 26th annual conference of the International Purchasing and Supply Education and Research Association.
- (34) Stein, J. C., 2002, "Information Production and Capital Allocation: Decentralized Versus Hierarchical Firms", *Journal of Finance*, Vol.57, pp.1891~1921.
- (35) Stiglitz, J. E. and Weiss, A., 1981, "Credit Rationing in Markets with Imperfect Information", *American Economic Review*, Vol.71, pp.393~410.

Blockchain, Enterprise Digitalization and Supply Chain Finance Innovation

Gong Qiang^{a, b}, Ban Mingyuan^a and Zhang Yilin^{c, d}

(a. Wenlan School of Business, Zhongnan University of Economics and Law; b. Institute of Digital Finance, Peking University; c. Business School, Sun Yat-sen University; d. Institute of New Structural Economics in Institute of State Governance, Sun Yat-sen University)

Summary: Blockchain, a disruptive form of financial technology (fintech), is playing an increasingly important role in accelerating financial innovation, especially in the area of supply chain finance. Supply chain finance is significant to the financing of small and medium-sized enterprises, employment stabilization and economic growth. However, problems have been identified in traditional supply chain finance applications. For example, inventory trading dynamics through supply chains involve many participants and nodes, posing a substantial challenge to banks' efforts to monitor and determine the true state and value of inventory. Due to information asymmetry between banks and firms, firms in supply chains often engage in opportunistic behaviors, such as inventory manipulation and fraud.

In recent years, the development of fintech has helped to overcome the above problems by forming a mode of digital supply chain finance in practice. In digital supply chain finance, information on transactions in supply chains is recorded on the blockchain and made traceable and tamper-proof by a consensus protocol. Using the information recorded on blockchain, banks can more effectively and timely identify credit risks, which is an alternative to traditional offline due diligence.

Although academics have widely agreed on the importance of blockchain technology in mitigating information asymmetry in supply chain finance, the micro mechanism of how it drives supply chain finance innovation remains unclear and requires further study. In particular, given the technical characteristics of blockchain, the comparative advantages of digital supply chain finance and traditional supply chain finance, and the long-term impact of blockchain technology on supply chain finance need to be further explored. This paper develops a game model of inventory financing and sheds light on the economic rationale for digital supply chain finance and its advantages and disadvantages compared with traditional supply chain finance. A prominent feature of our model is that we incorporate the idea of incomplete contract. Specifically, we distinguish verifiable information from non-verifiable information—technically, only the former can be recorded on the blockchain and generate a consensus among record-keepers. This setup reflects the salient difference in information structure between digital supply chain finance and traditional supply chain finance.

A noteworthy finding is that if the number of enterprises in supply chains adopting blockchain technology is large enough and the quality of information recorded on the blockchain is relatively high, the consensus generated by the blockchain will approach information in the real world. Accordingly, blockchain plays an active role in diminishing firms' incentives to engage in inventory manipulation and fraud, enabling banks to effectively control risks and provide financial services for enterprises in supply chains with lower agency costs. In contrast, if the number of enterprises in supply chains adopting blockchain technology is quite small or the quality of information recorded on the blockchain is poor, banks are better able to control risks via offline due diligence.

On one hand, more enterprises are encouraged to adopt blockchain technology as a driving force for digitalization. Only when more and more enterprises participate in blockchain networks, the advantage of blockchain in data cross-validation and tamper-proofness could be fully realized, thus mitigating information asymmetry in supply chain finance. On the other hand, data governance should be strengthened to improve the quality of data recorded on the blockchain. Possible directions include integrating other digital information technologies, such as the Internet of Things and artificial intelligence, to ensure the authenticity of data sources.

Key Words: Blockchain; Supply Chain Finance; Moral Hazard; Fintech

JEL Classification: D82, D86, G21, L86, C70