

国外区块链经济研究进展*

张亮 李楚翘

摘要：区块链经济作为区块链技术发展在经济领域的延伸，尽管当前国外学者关于区块链经济的研究成果尚未形成一个完整、独立的理论体系，但已经有越来越多的研究者在关于区块链的研究中提及并表达出对区块链的经济学阐释及区块链经济相关问题的深刻思考。系统研究并分析这些最新成果，有助于更清楚地把握区块链在世界范围内的发展演变、重点研究方向及研究方法的变化更新；有助于更深刻地洞察区块链的经济学理论基础，以及区块链经济运行的基本原理和内在规律，并科学、有效应用于经济社会的发展进程中，推动社会各产业创新变革；有助于更科学地预测和定位国外区块链经济研究的前沿与未来发展趋势，促进区块链经济研究体系的日益丰富与完善。

关键词：区块链经济 去中心化 信任 共识机制

随着互联网信息社会的快速发展，大数据、物联网、人工智能等一系列新技术日新月异，个人价值的诉求也日益凸显，人们对经济市场对称信息的需求更加迫切。在此背景下，作为透明引擎的区块链技术应运而生并日益走进公众视野和政策层面，也成为国外学者们关注和研究的热点。理论指导实践，这些研究成果也为各国政府进行探索创新，将区块链引入产业推进和促进经济社会发展的实践提供了重要依据。

区块链不仅是一项分布式数据库技术，也是一种互联网协议，其发展将推动互联网实现由信息互联向价值互联和秩序互联的转变，从而也带动区块链经济的发展。从经济学角度来看，区块链系统的去中心化特征必然使其与传统中心化的经济系统存在很大差别，但也应遵循基础的经济规律，其自身也有着经济学的合理性解释。因此，近年来也开始有国外学者将研究目光由区块链技术投向区块链经济问题，虽然相关研究成果还相对较少，且多数观点是从探讨区块链技术的研究中表达出来，尚未形成一个系统独立的研究体系。但可以看出，对区块链的经济学阐释和其经济理论基础的深入分析与探讨，将在越来越多的研究中不断丰富和发展，以顺应区块链与经济社会发展有机结合的必然趋势，为探索区块链经济治理模式提供重要理论依据。鉴于此，本文拟从两个方面挖掘和呈现出国外区块链经济研究的现状及取得的重要成果，一方面，通过近五年国外区块链研究文献的总体统计与分析，逐步细化并寻找其中与区块链经济理论相关的研究成果；另一方面，基于已有研究成果的主要观点，对区块链进行经济学阐释，并由此对区块链经济做出初步界定，同时，系统梳理区块链对经济社会发展的影响，以期形成一个相对完整的区块链经济研究思路。

一、近五年国外区块链研究总体情况

为了更直观地呈现国外区块链问题相关研究进展和总体情况，更清晰地反映出区块链经

*基金项目：北京市习近平新时代中国特色社会主义思想研究中心重点项目“坚持在发展中保障和改善民生研究”（批准号：18KDAL032）。

张亮，北京师范大学政府管理学院博士后，邮政编码：100875，电子邮箱：zhangliang@bnu.edu.cn；李楚翘，北京师范大学政府管理学院，邮政编码：100875；电子邮箱：lcq1214@163.com。

济相关研究在区块链问题的整体研究中取得的最新进展,笔者首先对近五年国外区块链研究文献进行广泛检索与统计分析。

SSCI (Social Science Citation Index), 即社会科学引文索引, 由美国科学信息研究所创建, 其收录了世界上不同国家和地区的社会科学期刊与论文, 进行一定的统计分析, 并划分为不同的因子区间, 是当今社会科学领域重要的期刊检索与论文参考渠道。笔者利用 Web of science 数据库 (核心集合) SSCI 引文索引, 检索关键词 “Blockchain” 或 “Block Chain”, 时间跨度设定为 “最近 5 年”, 共获得 982 篇文献, 除去与区块链明显不相关文献 145 篇, 共计 837 篇, 按年度统计分布情况如图 1 所示。可见, 国外区块链相关研究在近五年内呈快速发展趋势, 特别是 2016 年以来取得大量研究成果, 这些研究涉及近 100 个关注重点和具体领域, 按不同学科统计分布情况如图 2 所示。

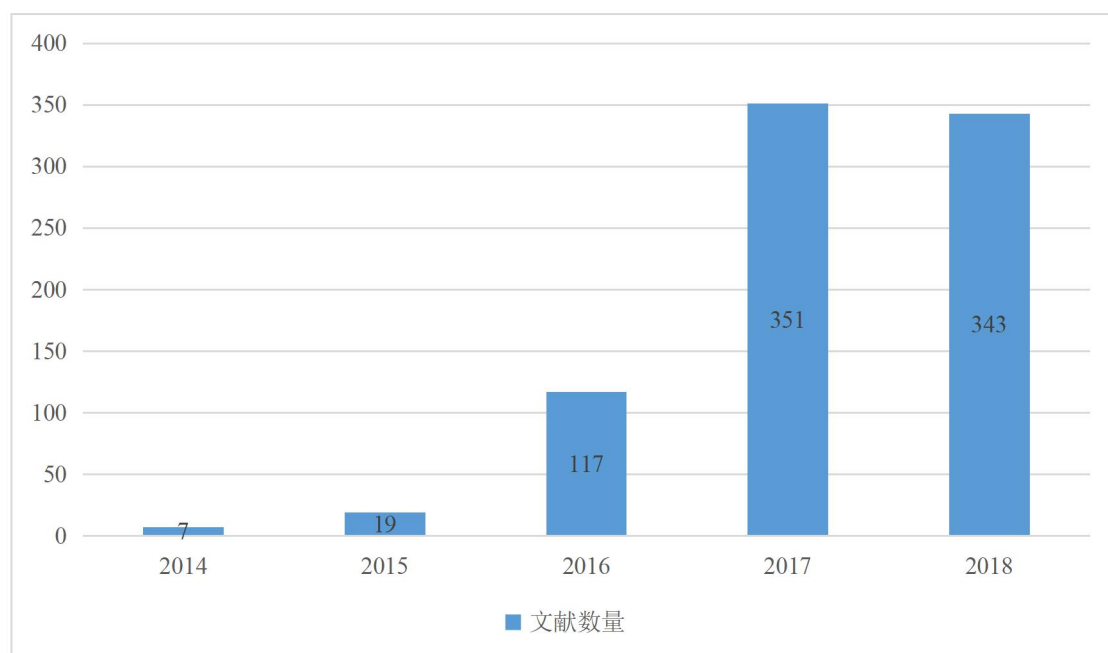


图 1 近五年国外区块链研究总体情况

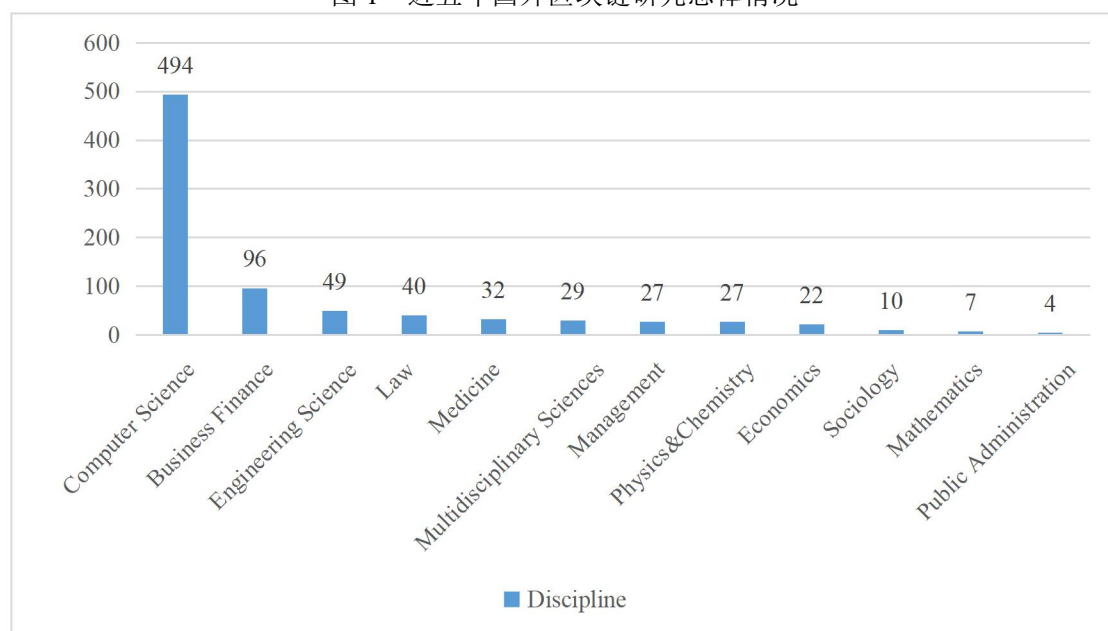


图 2 近五年国外区块链研究重点分布情况

可以看出，区块链发展和应用与各个学科都息息相关，当前国外区块链研究的重点主要集中在结合计算机科学与技术对区块链技术本身进行分析和探讨，而对区块链在商业、金融、经济管理等领域发展和应用的研究也是一个主要方面。为了更清晰了解区块链经济相关问题的研究进展，将学科类别为“Economics”和“Management”的49篇文献按年份进行统计，如图3所示。

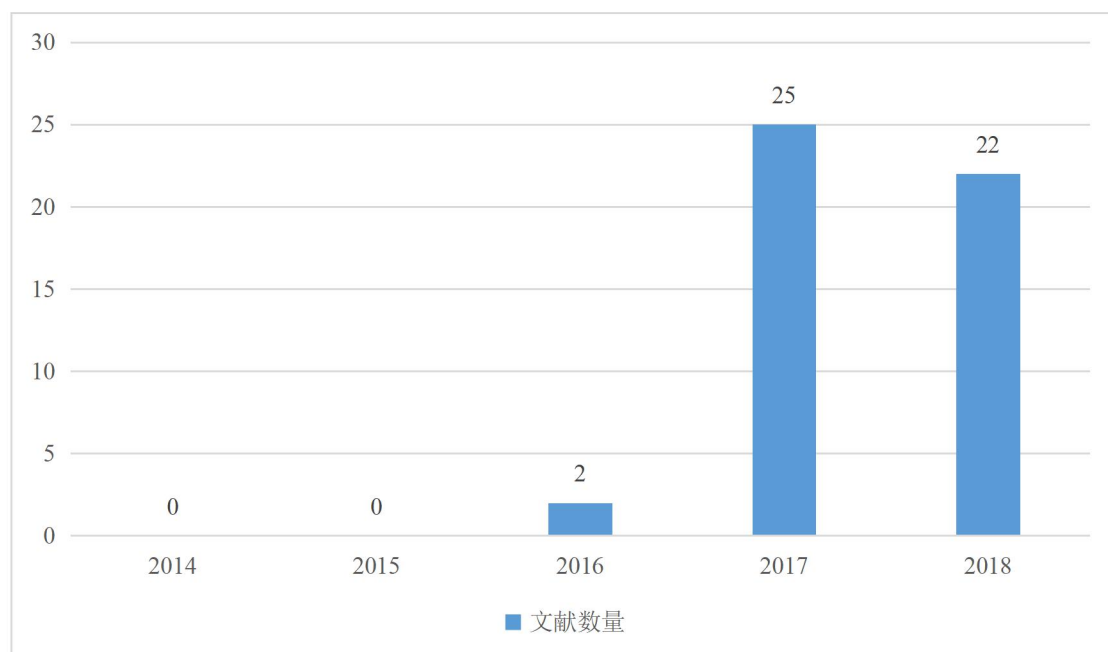


图3 近五年国外区块链经济相关研究情况

总体而言，与经济和管理领域的相关区块链问题研究也从2016年开始发展起来，并在近两年取得了一定研究成果。但其中绝大多数研究侧重于对区块链在经济社会发展中的应用与影响的分析，而对区块链经济及其理论基础等进行明确界定的研究成果则少之又少，比较具有代表性的主要为Bheemaiah（2017）主编的《区块链：重新思考宏观经济政策与经济理论》一书，以及Davidson et al（2016）发表的《区块链经济学》一文和Gans（2018）发表的《区块链经济的简单问题》一文。在此基础上，笔者将提取这些代表性成果的主要观点以及其他成果文献中涉及区块链经济相关问题的具体论述，对区块链的经济学脉络与解释进行系统梳理，并由此引申至区块链经济，尝试对区块链经济进行初步界定，同时，也就区块链对经济社会发展及治理模式创新与变革的影响进行归纳与阐述。

二、区块链及其经济学阐释

（一）区块链及其特征

1. 区块链的产生及其本质。区块链（Blockchain）可以被定义为一个供用户间共享的数据库，并使其用户在不存在中央数据库或中介的情况下，以公开或匿名的方式进行有价值的资产交易（Glaser, 2017; Risius&Spohrer, 2017）。区块链起源于比特币，最早出现在2008年中本聪（Satoshi Nakamoto）发表的《比特币：一种点对点的电子现金系统》一文中，而第一个主流的区块链系统也正是加密货币比特币（Nakamoto, 2008）。比特币作为独立于政府、中央银行和其他传统货币体系的支付手段，是一种电子化的点对点现金系统。自2008

年比特币诞生以来,区块链已经从一个加密货币的验证机制走向了更广泛的经济和商业应用领域。由于它具有去中心化的潜力,其破坏性影响并不局限于某一特定行业(Wörner et al, 2016),而是能够创建几乎针对任何方面的分布式、防篡改和透明的记录(Böhme et al, 2015)。

从其本质看,区块链是一种数字化的、去中心化的、分布式的大型网络账本,任何人任何时间都可以采用相同的技术标准加入自己的信息,延伸区块链,持续满足各种需求带来的数据录入需要。从技术角度看,区块链由分布式数据库、分散化的共识机制和加密算法组成。一方面,交易数据存储于加密数据块的潜在无限序列中,这些数据块通过分散的时间戳算法进行排序(Gipp et al, 2015),允许用户对数据库更新的有效性进行投票,并最终在任何给定的时间点上对交易事务的正确性和共享的系统状态达成一致。因此,区块链技术可以使相互冲突的用户参与加密安全的交易,并通过共识协议协商解决交易问题,而无需第三方仲裁或集中式平台管理(Xu et al, 2016),且整个系统运行开放透明。另一方面,在公开或匿名的情况下,追加新数据需要花费一定的计算成本,以防止恶意或损坏的节点导致错误信息的传播,而区块链的共享网络由所有节点共同维护,由于节点是任何人都可以参与的,每个节点在参与记录的同时也验证其他节点记录结果的正确性,维护效率大为提高,成本也大大降低。

2. 区块链的特征。通过明确区块链的概念及本质,国外研究者概括出区块链具有去中心化、无需事先信任、开放性和自治性等特征。

(1) 去中心化。传统经济活动通常依靠中心化方案解决交易或支付问题,即通过特定中介或政府信用作背书,将所有价值转移计算放在一个中心服务器中,所有参与者均由基于对唯一中心化的人或机构的信任而进行交易。而区块链以其高度透明、有弹性和高效的分布式数据库的形式被更好地理解成为一种新型“通用技术”(Lipsey et al, 2005),这样的分布式数据库可以瓦解任何包含重要信息的集中控制系统(如政府资金、政府财产契据或身份登记就是集中式数据管理的重要例子)(Wright & De Filippi, 2015),其优势在于数据系统的去中心化使多中心、多方参与成为常态,有利于参与记录的多方存储与维护,相较于传统第三方中介或中心管制也节省大量人力和交易成本。

(2) 无需事先信任。区块链的去中心化特征也在一定程度上意味着无需事先信任。在区块链系统中,参与者可以在事先不了解对方基本信息的情况下进行交易,即不需要第三方验证(即信任),而是使用具有加密经济激励的强大共识机制来验证数据库中交易的真实性(Davidson et al, 2016)。这实际上改变了传统模式中以第三方为中心的信任模式,实现了“无信任的信任”。因此,区块链即使在存在强大或敌对的第三方试图阻止用户参与的情况下仍然具有安全性和稳定性。

(3) 开放性和自治性。区块链系统是开放的,除交易各方的私有信息被加密外,区块链的数据对所有人公开,任何人都可以通过公开的接口查询和获取区块链数据,整个系统具有信息的高度透明性(Böhme et al, 2015)。同时,区块链采用基于协商一致的规范和协议,由点对点网络中的分布式共识机制对数据信息进行验证和记录,因此,整个系统中的所有节点能够在去信任的环境自由安全的交换数据,消除了对可信的中介实体的需要,也使任何人为的干预不能发挥作用,获得了自治性。而数据信息由每个节点共同维护,也使得信息一旦被验证并添加至区块链,便具有永久性、不可篡改性和安全稳定性(Chen, 2018)。

（二）区块链的经济学脉络

1. 区块链的经济学理论基础。对区块链系统的经济学理论基础和分析框架的探讨，Davidson et al（2016）的《区块链经济学》一文最具代表性，其中分别从交易成本经济学和公共选择经济学的角度对区块链的经济学基础进行了深入分析。Davidson et al（2016）指出，区块链是一种新的制度技术，使新型合同和组织成为可能，这也表明可以将其置于新制度经济学的分析框架下。新制度经济学，也称为交易成本经济学，起源于1937年科斯的著作《企业的性质》，通过市场交易成本的观点来解释企业存在的原因。此后，2009年诺贝尔经济学奖获得者威廉姆森运用并发展了科斯的理论观点，指出人们在市场、企业或政府之间的生产和交换行为，取决于这些机构间交易成本的差异。可见，交易成本经济学的基本分析单位是交易，组织和市场是经济协调机构，即组织并完成交易，因此，经济体系中有效的组织机构组合将由寻求节约交易成本的代理商组成。在此基础上，Davidson et al（2016）强调，基于交易成本经济学的理论基础，区块链在经济社会的发展需要考虑，为什么有些交易发生在区块链中，而不是在企业或市场。当前人们对在现有企业和行业运用区块链表现出很大兴趣，但问题的重点并不是企业和市场如何接受和使用区块链，而是区块链如何在经济体系中与企业和市场竞争，成为互为替代的治理机制。

此外，Davidson et al（2016）认为基于交易成本经济学的逻辑基础，可以将区块链视为与企业、市场互为替代的治理机制。然而，当继续增加一些操作性特征包括法律法规、集体决策规则和程序、私人资金等时，便可以将区块链看作是一种用于制造“自发秩序”的治理技术，或规则主导的经济秩序。在这一层面上，区块链作为协调集体经济行动的制度选择，与企业、市场和其他经济体形成竞争，并可能或多或少地受到行为、文化、技术、环境等一系列条件的影响。因此，关注政治、政府和集体行动的公共选择经济学也为区块链提供了重要的理论基础和分析框架。其中，将区块链视为一种自发的经济秩序的观点为从公共选择经济学视角认识区块链奠定了基础；而从公共选择经济学的宪法选择层面来看，区块链也是一个宪政社区，而更重要的层面则是发现有效的宪法约束的过程（Davidson et al，2016）。

2. 通证经济为区块链提供的重要依据。通证经济是先于区块链发展而出现的一个概念，与区块链完全独立，但能够为区块链运行提供重要依据。Savelyev（2018）指出，在消费信贷安排的范围内，通证是指能够证明消费者有权从另一方得到某种权益的凭证，并从实际功能出发，将通证分为支付通证、应用程序通证和资产通证三类。可见，通证是可以代表各种权益的证明，如货币、票据、卡券、股票、债券等都可以用通证来代表，游戏币、用户积分等数字权益证明也都是通证的原型。Hine et al（2018）则进一步指出，在一个通证经济体系里，每一个参与者通过付出自己相应的贡献，获得通证奖励，并继续以通证的形式为消费的物品或服务支付费用。相比传统市场经济的资源配置方式，通证经济实际上就是通证分配方式的经济行为。因此，通证是基于固有和内在价值而存在于实体经济中，是能够应用在非区块链平台的。但由于缺乏密码学的应用，信任建设相对比较困难，也使通证的流通受到一定限制，而区块链能够为弥补通证的这些局限创造技术平台，同时，通证也能为区块链系统提供一个更高效、低成本的财富表达方式。

一方面，区块链作为一种分布式的加密共识机制，能够使在区块链上发行和流转的通证具备密码学意义上的安全性和可信性，区块链的去中心化特性，也使得人为篡改记录、阻滞

流通、影响价格、破坏信任的难度大大提升，此外，区块链通过智能合约，将赋予通证更丰富的使用价值。另一方面，正如 Savelyev（2018）的观点，通证应该成为区块链生态系统的重要组成部分。通证在区块链运行中充当价值载体，其交易流转能够连接起区块链系统中各主体间的财富流通。每一个发行通证的区块链项目，试图以其所发行的通证作为一种经济激励工具，促进区块链内主体的协作。对系统的贡献越大，获得的通证就越多，协作的程度越好，通证的价值也越高。因此，区块链可以在未来更多地尝试在其系统中设计并应用通证经济系统。

3. 区块链运行的核心经济规则。区块链实现了在去中心化系统中传输可信信息并进行价值转移的问题，那么，去中心化的区块链系统是如何确保节点之间的彼此信任并达成交易？在此，共识机制的作用不容忽视，并成为区块链系统运行的核心经济规则和竞争约束。如前所述，就区块链的定义及其本质而言，区块链是一种数字化的、去中心化的、分布式的大型加密网络账本，因此，区块链系统交易信息、数据的录入和更新，意味着其他节点对请求变更节点的信任，并同步该节点生成的区块链，同时让其获得通证奖励。这便是共识机制的重要作用，为整个系统建立共同遵守的信任和激励机制，相当于经济中的成本投入和收入分配（Greiner & Wang, 2015）。从经济学视角看，共识机制解决了在无需事先信任的系统中，激励节点参与点对点系统并确保交易中节点间的信任问题。

关于共识机制中的信任建立问题，国外研究者不乏试图探索一种信任建立机制，通过允许其他用户量化他们对特定用户的信任程度来解决信任问题。Litos & Zindros（2017）建议使用区块链建立一个分散的信誉网络，在这个网络中直接信任和间接信任均通过货币承诺来表达。为了说明这种方法的功能和有效性，他们应用博弈论证明分散的信誉系统是有抵抗力的，并且信任关系对直接信任的再分配的影响是强有力的。Chan et al（2017）提出了一个类似的想法，并建议使用智能合约来记录历史交易行为，因此，与 Litos & Zindros（2017）相比，这种方法建立在用户倾向于与可信用用户之间进行交易的隐含假设之上。Alexopoulos et al（2017）则使用基于区块链的信任网络的概念来确保用户身份验证的安全和声誉不受到攻击。通过图论模型的研究，他们验证了区块链的分散化、不可变性及信息披露特征有助于帮助抵御各种攻击，包括双重注册、陈腐信息或拒绝服务等。总体而言，这些研究也充分表明，区块链的去信任化属性是建立在其具有整合协同作用的技术之上，如共识协议及智能合同自动化服务的能力等。

三、区块链经济的初步界定

（一）从区块链到区块链经济

区块链作为比特币的底层技术之一显然是信息和通信技术的一场变革，但这种变革性的新技术也是关于数字信息的公共数据库的新技术，实际上可以被更好地理解协调人的机制或社会技术，是在机构、组织和治理中的一场革命。正因如此，国外学者也将区块链视为一项新制度经济学和公共选择经济学的研究工作，而不简单因其支持比特币技术而单纯作为货币经济学（Böhme et al, 2015; White, 2015），或信息、创新和技术变革经济学的工作（Swan, 2015; Pilkington, 2016）。正如 Davidson et al（2016）指出，“区块链作为一种新技术，是

密码学的产物，是数字货币设计中解决问题的一种方案。这似乎将其置于信息和新技术经济学或货币经济学的范围之内，但是它迅速逃脱了这个框而成为了分散化的技术，这就使其成为经济学研究的中心对象即组织和市场的新竞争对手。” Bheemaiah (2015) 也指出，区块链经济应将区块链与经济学相结合，从而可以通过分布式的经济网络上流动的交易数据了解经济主体如何在市场范围内进行交易，以及他们之间的相互作用对经济生态系统产生的影响。由此，开始有国外研究者在探究区块链的经济学脉络和解释的基础上，尝试进一步界定区块链经济的具体内涵。

(二) 区块链经济的初步界定

关于“区块链经济”的提法国外比较多，只是不同的学者从不同的角度来定义它。纵观国外学者已取得的现有成果，主要表现在将微观经济理论在区块链分析和研究中的逐步运用。区块链技术是运行在加密经济学基础之上的。Zamfir (2015) 提出了其称之为“加密经济学”的新学科，以经济学的视角分析密码学，并定义为“研究分散的数字经济中商品和服务生产、分配和消费的管理协议的一门正式学科。加密经济学是一门专注于这些协议的设计和表征的实用科学” (Zamfir, 2015)。Buterin (2015) 提出“经济上的密码”一词来指代所有使用经济激励来确保运行，而不会出现倒退或发生任何其他故障的分布式加密协议。”此外，Babbitt & Dietz (2015) 则提出了“加密经济”的定义，即一种不受地理、政治和法律制度约束的经济制度，其中区块链，而不是受信任的第三方约束所有在分布式公共数据库记录的交易行为。这些概念界定使加密经济学成为微观经济学机制设计的一个分支，并与新制度经济学和公共选择经济学相结合为区块链经济提供重要基础。

由于区块链是一种去中心化的、开放式的数据库平台，区块链经济也应专注于分散系统的经济学研究。关于开放式分散系统的基本观点可以追溯到亚当·斯密和苏格兰启蒙运动中，其本质上是关于动态效率的进化论。Davidson et al (2016) 从经济学及复杂系统进化的角度，在“Economics of blockchain”一文中明确将“区块链经济”译为“Blockchain economy”，并对区块链的经济意义及其优势进行了论述，指出复杂系统进化的基本发展模式是从集中到分权。系统从集中开始，因为这是创造、建立和执行规则，即创建知识结构的最有效的形式。集权可以最大限度地减少重复并建立清晰的层次结构，可以裁决争议，但这些特征也意味着集权成本的累积和权力带来的剥削，在经济体系中表现为通货膨胀、腐败和寻租。集权化的成本不断攀升而分散化的成本却相对平稳，最终，随着技术进步（例如密码学和计算机技术在区块链中的运用），适应性和差别性的选择促使系统向分散化发展。集权能够带来秩序，但却十分脆弱，而分散化可以使系统更强大、灵活、安全和高效 (Davidson et al, 2016)。

总体而言，笔者认为区块链经济研究关注的重点应在于将区块链的去中心化特征，回归到经济学轨道，运用经济学分析的理论思路分析和解释区块链市场运行的经济规律，以促进区块链与经济社会的发展和有效治理有机结合。

四、区块链对经济社会发展的影响

对区块链及区块链经济进行深入研究的最终目的，在于充分把握区块链经济基本原理和内在规律基础上，将其运用于经济社会的发展，成为促进经济增长的有力引擎，并带动社会

各产业创新与变革。因此，区块链对经济社会发展的影响始终是国外研究者们关注的一个重点，其研究涉及国家、社会、城市、组织和个人各个层面，包括区块链技术要素对货币、经济交易、民主政治、城市建设、金融和商业等领域的影响，以及区块链技术为初创企业创新发展、个人与组织在数字平台的协调和资源共享提供的机遇等。在此，笔者从以下几个研究更为广泛的方面进行梳理和阐述，即区块链与互联网时代的重要发展产物共享经济的联系与影响，区块链为经济、政治领域和智能城市建设等方面提供的新思路，以及区块链在发达国家与发展中国家的不同发展情况，特别是对解决发展中国家发展难题具有的重要作用。

（一）区块链对共享经济发展要素的影响

共享经济是互联网时代的重要产物，是一种依托大数据技术、云计算平台等新兴互联网技术，将原本因技术或商业模式限制而导致社会资源要素无法充分参与到经济生产当中的部分社会资源，重新加入到社会经济运行中的经济发展新模式。近年来，全世界越来越多的科技创新企业开始开发和利用共享经济的这种高资源利用的潜力进行商业活动。这些商业交易至少涉及三个方面：首先，提供商提供私人的，通常用于销售、租赁或共同使用的正在使用或未使用的资源；其次，消费者寻求使用、出租或体验所提供的产品和服务；第三，在线平台充当双面市场，匹配供求关系，便于搜索、交流和开始交易，以及支付和其他流程（Fraiberger & Sundararajan, 2015）。这一过程实现了私人之间的短期对等共享，而这种相互作用发生的基本先决条件就是信任（Hawlitschek et al, 2016）。根据 Mazzella et al（2016）的观点，信任是“社会的重要组成部分”，因此，也对共享经济和服务环境中的互动和相互关系具有重要影响。

因此，国外学者也从“信任”这一基本要素入手展开丰富的基础研究与探讨，以期为正确认识区块链系统及共享经济中的信任问题及其关系，进一步促进区块链发展与共享经济的有益融合，实现在共享经济领域的广泛应用奠定扎实的理论基础。De Filippi（2017）认为区块链有利于“在不需要第三方的情况下，促进价值交换”，区块链技术的去信任化特征也使区块链被认为是当今主要以平台为导向的共享经济的替代方案（Beck et al, 2016）。国际商业机器公司（IBM）的一份讨论文件也指出，区块链有可能通过分散信任来开启“共享经济 2.0”时代（Lundy, 2016）。同时，在一定的经济和技术背景下，对价值的取向有助于促进经济社会的积极发展，由共享经济发展而建立新的价值体系也尤为重要。Pazaitis et al（2017）基于经济思想史中价值观念的演变，从价值观作为一种协调机制的视角出发，将价值体系与资本主义和工业经济的建立相联系，并进一步探讨其与信息经济和共享经济的相关性，由此阐释区块链在支持社会共享的新价值体系方面的巨大潜力。通过对建立在区块链基础上的反馈模型的分析，Pazaitis et al（2017）指出，区块链的协作流程可以为分散的价值创造、公平分配及分布式治理提供经济模型，并有利于创建面向公众的共享经济生态系统。此外，也不乏研究者对区块链与共享经济相契合，从而将共享经济由社会生活领域向影响国家经济的重要领域拓展，带来金融、货币市场、能源、医疗等各领域创新发展进行研究与探讨。

（二）区块链对政治领域的影响

区块链作为一种加密共识机制，其一个重要应用和影响的领域就是政治，即加密民主，促进安全的低成本防篡改的投票在区块链进行。Davidson et al（2016）提出，通过降低成本并提高对投票机构和结果的信任度，加密民主可以更加有效利用民主的边界（例如更频繁的

全民投票或锦标赛式投票）和有效的规模（例如全球化）。Hendrickson et al（2016）就寻租问题及区块链的运用进行分析并指出，权力集中化需要信任，而这种信任由政治关系形成时就有可能被利用并创造利益，从而导致了寻租。因此，当这种信任可以通过加密化的形式形成而非政治创造时，就变得更为真实有效。他指出，区块链的政治经济关系就是一种私人秩序竞争联邦制，即自由进入一个或多个区块链相当于“用脚投票”，其效率优势来源于寻租的取消，而寻租本身是由中央集权控制超越了并排斥宪法规则而产生的。但是，由于政客和官僚本身也有租金来维护垄断在治理之上的权力，因此来自加密治理的竞争威胁也可能会与风险租金比例相抵触（Hendrickson et al, 2016）。

此外，Davidson et al（2016）基于公共选择经济学的分析框架强调，民主问题不能由更优质的人（即更加高尚的政治家、更明智的选民）来解决，而只能凭借更好的制度。宪法约束是一条途径，但另一个是多中心治理，通过这种治理，民主的领域范围与最有效的信息和激励环境相匹配。Stringham（2015）认为，基于区块链可以通过去中心化自治组织实现智能合同的自动化执行，但合同执行问题依然存在，特别是当这些自愿合同没有得到中央政府的合法化认同时，甚至可能会脱离法律的范围而进行。但这种无政府状态可能正是提高效率的来源，因为交易各方更倾向于试图避免政府在税收、法规或其他约束方面的掠夺，这类似于无政府状态或地下经济条件下出现的自发私人秩序。同时，Mildenberger（2015）则指出，尽管交易各方可能在合同执行中发生冲突，但由于未来行动的价值，他们仍然有共同的利益来维护区块链系统整体以及他们在该系统中的声誉。此外，区块链治理变革带来的诱导性竞争，可能对因存在累积的监管限制和负担而带来周期性崩溃的国家带来一定的“结构净化效应”（Mildenberger, 2015）。

（三）区块链对智能城市建设的影响

随着物联网的兴起和发展，“智能城市”的概念已经发展成为可持续发展的新形式。智能城市通过部署低成本的传感器和各种类型的智能对象收集公共基础设施的数据，提高城市运营效率，与公众共享政府服务、环境资源等信息，降低生活成本，提高生活质量（Gazis, 2017）。然而，当今世界出现最大规模的城市化浪潮，大量人口正因经济增长和社会转型而向城市迁移，据联合国预测，到2050年，86%的发达国家和64%的发展中国家将实现城市化（Merry, 2018）。高德纳公司也在预测报告中指出，未来智能城市中30%的医疗设施将使用机器人和智能机器，而10%的智能城市将在2020年使用路灯作为智能城市网络的骨干（Panetta, 2018）。这意味着从终端用户设备到智能交通、医疗、工业、建筑和环境，将有数十亿的设备 and 系统在未来集成。因此，确保智能城市高效、安全和可扩展的分布式体系结构运行，以解决当今智能城市发展过程中的局限至关重要。

Sharma & Park（2018）将区块链的优势与软件定义网络相结合，试图为智慧城市发展构建一种新型的混合网络架构。他们指出，区块链的优势在于区块链技术能够为业务流程提供新的自动化方法，而不需要高成本和复杂的集中式信息技术基础设施，有助于在设备和用户之间建立信任，降低伪造的成本和风险，同时，消除中间商，缩短了交易结算时间；另一方面，软件定义网络作为一种新兴的网络架构，将网络控制从传统的硬件设备中分离出来，基于软件定义网络的解决方案可以用于满足诸如可扩展性和物联网网络体系结构中无缝、高效的经济部署需求（Bera et al, 2017）。在此基础上，Sharma & Park（2018）从核心网络与

边缘网络两个层面，提出了新兴的软件定义网络和区块链相结合的智能城市网络混合架构，融合集中式和分布式网络架构的优势，以解决智能城市可持续发展面临的挑战，并就新架构模型的有效性进行了评估与检验。另外，Dagher et al（2018）则以智能城市建设中的医疗行业为关注对象，以医疗行业电子健康档案的安全性问题为切入点展开研究，提出了一个基于区块链的治理框架，利用智能合约加强访问控制和数据分类，采用加密技术提高安全性，使病人、医疗机构和第三方对病历的访问更加安全、高效和可操作，并加强对病人隐私信息的保护，为解决智能城市发展中医疗保健行业长期存在的隐私和安全性问题提供了新的思路和方法。

（四）区块链对抑制发展中国家贫困链的影响

当前，世界上 200 多个国家和地区的生产力发展水平仍存在很大差异，由于国际秩序、历史条件、经济基础、发展方式等各方面因素影响，使得大多数发展中国家与发达国家存在严重的贫富差距，并在经济全球化过程中受到损害。发展中国家走出贫困，发展经济是维护世界和平、稳定与共同发展的应有之义。Acemoglu（2005）从体制环境方面进行挖掘，指出贫穷的发展中国家大多缺乏确保财产权严格执行的良好制度，以及有效处理腐败行为的能力，从而为全体社会成员提供平等发展机会。因此，导致贫困的原因包括，其一，产权缺乏和执法不力。发展中国家中很大一部分穷人是没有产权的，同样，缺乏产权也是影响企业家创新创业和经济发展的最重要障碍之一（Kshetri，2016）。其二，漠视和不尊重法治。在一些发展中国家的经济体制中，腐败的政治家、政府官员和其他强大利益集团不尊重法律，无视法治。这些个人或团体有时会剥夺穷人的收入和投资，或造成不平等的竞争环境。其三，弱势群体发展机会少。经济和社会弱势群体获得金融、信贷、保险、教育和其他方面的机会较少，因此，这些群体进行投资和参与生产性经济活动也受到极大的限制。其四，执法及交易成本方面的障碍。许多发展中国家经济体因缺乏有效的执法机制而在执行商业合同、社会和经济权利、法律和法规等方面面临极大挑战，而可用技术是影响计量和执行成本以及交易成本的重要因素（Hanstad，2013）。

区块链依托具有分散式共识机制的加密安全分布式数据库，可以完整、不可篡改地记录价值转移的全过程，而不需要传统的中央机构或第三方介入，同时，因其不可篡改的属性，更改或删除分散数据块中的记录是不可能或极其困难的（Nash，2016）。因此，区块链可以通过许多直接或间接途径影响发展中国家的经济、社会和政治结果，在一定程度上减少或消除欺诈、腐败等失信和违规行为，并降低交易成本。首先，区块链可以在技术设置中提高透明度，减少腐败和欺诈，例如，Higgins（2016）设计在捐赠活动中，通过捐赠者权利设置及自动执行的智能合同，确保款项到达预期的收件人，其中没有组织或个人参与资金的重新分配，因而能够提高效率并降低交易成本；其次，运用区块链的智能技术对财产登记提供大部分或全过程的公证服务，同时，将产权登记转换为区块链执行的数字数据库，可以有效减少财产登记的摩擦和成本，并有利于建立一个可靠和透明的产权保护制度（Shin，2016）；此外，区块链能够帮助建立从头至尾追踪和管理交易的机制，以提高国际企业对企业贸易的效率，并增加贸易和供应链融资的渠道，在支付体系方面，通过促进跨境支付降低国际支付的成本并提高效率；最后，在风险管理方面，区块链可以为风险管理提供一种有效的方式来保护个人和公司免受不确定的损失，并且，在分散式保险模式中，区块链可以基于个人或企

业的社会和经济资本以及在线行为的声誉来设计有效的风险管理流程，并且应用智能合同对保险工具进行管理，提高其透明度（Lorenz，2016）。总而言之，区块链能够以其特有的技术方式对发展中国家的经济社会带来积极影响，针对贫困发生的原因进行技术和政策上的调节与控制，打破发展中国家贫困链，促进经济发展与社会稳定。

五、关于区块链发展和应用存在的争议

随着区块链对全球社会生产生活的影 响逐渐扩大，联合国、国际货币基金组织及其他国际标准组织日益加强对区块链技术的研究和探讨，推动区块链技术的全球共识和规范化发展。全球主要国家纷纷加快布局区块链技术发展，学术界也在探索区块链技术创新和应用等方面取得很大突破。但区块链作为仍处于初级阶段的新技术与规则，其发展也要经历在与社会认知和传统规则的碰撞中逐步走向成熟的过程。特别是近几来，在区块链发展展现出巨大潜力和广阔前景的同时，产业界、学术界等关于这一技术发展的争议也开始不断涌现，这些不一致的声音对区块链技术和应用在未来克服发展挑战和瓶颈都具有重要作用，更需得到客观认识和有效回应。

（一）对区块链技术优势的认同与肯定

继 2016 年区块链被达沃斯世界经济论坛列入“第四次工业革命”的技术范围，并将其命名为“世界经济论坛技术先锋”后，2019 年 1 月该论坛宣布成立全球区块链委员会，区块链技术的良好前景得到极大认可。根据全球区块链商业委员会的调查报告显示，多达 40% 的机构投资者认为区块链可能是自互联网以来最重要的创新，该组织的首席执行官桑德拉·罗也指出，“区块链对大多数行业和日常生活的关键领域可能产生影响”，“未来能够胜出的组织将会是那些拥有明确而全面的区块链战略的组织”（Sandra，2019）。“数字经济之父”Don Tapscott 在其 2016 年关于“区块链将如何改变未来金融”的演讲中曾提到互联网发展的缺陷，“互联网时代——信息的广泛互联，带给我们财富，但是没有共享繁荣。社会变得日趋不平等”（Tapscott，2016）。Berners-Lee（2018）也指出，“互联网精神应该是去中心化的，但目前一些公司已经把互联网服务变成了垄断联盟，区块链技术或许能够帮助解决这些问题”。区块链以其去中心化、共识机制、不可篡改性等特征能够让互联网应用回归到去中心化的体系中，并使参与者遵循共识机制的规则，基于信用形成信任体系，从而构建出共赢的经济生态系统。

（二）对区块链发展和应用存在的争议和担忧

尽管区块链发展充满潜力和想象空间，但也不乏有经济学家提出猛烈抨击及对其发展中存在问题的担忧。第一，区块链以其具有的去中心化、不可篡改性、安全稳定性、建立信任共识等特点作为优势，进行广泛宣传，但作为快速发展的新技术，区块链在系统稳定性、应用安全性等方面尚未成熟，因此，其用途和效果在现阶段被夸大，存在泡沫化的倾向。纽约大学的经济学家鲁比尼曾介绍自己是“加密数字货币和区块链领域头号公共批评者”，他将区块链视为“有史以来泡沫最多的技术之一”，并对区块链去中心化的效率问题、区块链代表新的通用协议的主张，以及区块链对消除金融服务中间商的影响等观点提出强烈质疑和批评（Roubini，2018）。第二，对加密数字货币等虚拟代币合法性的质疑和抨击，也在一定程

度上使区块链遭到怀疑。如 Steenis（2019）认为“加密数字货币不是一个伟大的交换单位。它们没有价值，而且速度慢”。Schulman（2019）则在应用用途的有限性和波动性上批评了加密数字货币，指出“加密数字货币的波动使得它实际上不适合成为零售商可以接受的真实货币”，但同时也强调了区块链作为底层技术对数字资产的重要性，“加密数字货币更像是实施区块链的奖励机制，而不是真正的货币”（Schulman，2019）。第三，对区块链的夸大炒作和其特性的错误应用导致行业乱象不断出现，金融行业为获取用户和项目盲目地去中间化，将很重要的风控环节和必要的审核流程人为去掉，使监管失范，平台“爆雷”；部分投资人不关心区块链项目方身份的真伪、项目的虚实及项目前景，只关注能否通过区块链概念炒作创造升值空间，使市场出现严重的投机氛围。层出不穷的新问题、新现象，揭示了区块链发展背后的技术风险和监管缺失，也充分显示出，如何促进区块链的商业应用与监管机制的有效结合，将区块链应用纳入有效监管将是未来需要重点考虑和研究的问题。

（三）在客观认识区块链基础上促进其合理合规发展

正如美国学者、区块链科学研究所创始人梅兰妮·斯万（Melanie Swan）在《区块链——新经济的蓝图》一书中指出，“区块链发展的三个阶段或领域包括：区块链 1.0，即数字货币领域的创新，如货币转移、兑付和数字支付系统等；区块链 2.0，更多的是指合约方面的创新，如股票、债券、期货、贷款、智能资产和智能合约等更广泛的非货币应用；而区块链 3.0 则更多地对应人类组织形态的变革，包括在政府、健康、科学、文化等方面的应用”（Swan，2015）。作为一个迭代性的创新技术、一种全新的底层协议构建平台，区块链的未来发展将进一步推进信息互联向价值互联的升级转变，并以共识共治共享的新模式推动创新驱动的经济发展，为经济社会发展和人们的生产生活注入新的秩序规则和发展动力。然而，在区块链发展中过度炒作和盲目夸大其功能的现象不仅会造成一定的社会资源浪费，也不利于促进行业更优的发展。因此，为正确引导区块链技术的健康发展，首先要各国政府面向社会加强知识普及宣传及相关政策引导，帮助人们正确、客观地认识区块链。同时，由于目前区块链发展迅速，但其应用的开发和部署缺乏标准化引导，缺少安全性、可靠性和可操作性的评估方法，各应用行业间也缺乏核心理念和基本技术的共识，使得区块链在行业的应用碎片化严重，从而影响区块链技术和服务质量的提升。鉴于此，对区块链的标准化需求在未来将更加迫切，需要通过开展标准化工作来帮助各国家、各行业间达成共识，为共有的问题提供解决方案，也为区块链大规模应用奠定基础。

六、区块链经济研究的未来趋势

就区块链经济研究而言，当前，国外学者整体上关于区块链经济的研究仍在构想与测试阶段，未形成系统化、深入化的研究体系。随着区块链技术及区块链经济在世界范围内的进一步发展与应用，必将为研究者带来更多新的课题和挑战，从而在已有研究基础上不断探讨和回应新问题，日益完善区块链经济研究思路与方法，丰富区块链经济研究体系，为其在经济社会发展中的实践进展提供完备的理论基础。

（一）形成系统的区块链经济研究体系

系统完整的区块链经济研究体系应以区块链经济的产生与发展为逻辑起点，深入挖掘支

撑区块链经济的理论基础，在此基础上，抽象概括出其基本概念及特征，密切关注与回应区块链经济在发展运行过程中遇到的瓶颈与挑战，并通过理论与实证分析的研究提出解决区块链经济发展问题的政策或技术建议，推动其在经济社会的健康有序运行。由于当前国外研究者大多将关注重点放在区块链技术本身，及其在商业、金融等领域的探索和应用，因此，未来从宏观和微观层面对区块链经济展开研究仍存在很大空间和前景，通过理论与实践应用相结合的研究，逐步形成系统的区块链经济研究体系，为指导区块链技术及区块链经济发展提供坚实的理论依据，成为经济社会的强大发展引擎。第一，基于全面调查与分析抽象出的区块链经济研究体系，来源于理论与实际应用的充分考察与分析概括，在指导区块链经济发展的过程中具有科学性和可行性；第二，区块链经济作为作为区块链技术发展在经济领域的延伸，在研究过程中更侧重于区块链经济的本质、发展，及其对微观经济主体和宏观经济运行带来的影响进行探讨，避免将重点过度集中于对比特币环境的研究；第三，充分分析、预测与回应区块链经济发展的社会问题，例如能源消耗问题、监管问题等，也应是未来研究者们关注的重点和研究体系的重要内容，只有在区块链经济发展过程中及时发现问题并予以正确引导和解决，才能有效避免其偏离实体经济发展需要而为经济社会稳定运行带来隐患。

（二）公共管理区块链发展的深入探讨

在区块链经济体系中，商用区块链发展最为迅速。然而，区块链经济强调的去中心化、自我管理、集体维护等特征，既为人们目前的生产生活方式带来了冲击，更淡化了国家监管的概念，在监管无法覆盖的情况下，市场的逐利特性就有极大可能导致区块链经济运行走向非法领域。在公共管理领域，大规模商用区块链的快速发展推动区块链经济的发展，必然需要相应配套的公共管理基础设施，因此，将倒逼公共管理机构改革，对商用区块链发展进行监管和引导，这也是政府的经济管理职能在区块链经济时代的优化与升级，是确保区块链经济规范发展的必要前提（刘永新，2017）。因此，未来在区块链经济的研究中仍需深入探讨市场与政府的关系，分析公共管理区块链及政府监管的必要性及可行路径。一方面，从商用区块链的局限入手，由于商用区块链是基于市场规律发展起来的，将区块链大规模生产化应用到经济生活各个场景中，但因为市场机制本身存在的局限以及区块链自身尚有待解决的一些问题，使得区块链经济运行难免遇到一些问题与挑战，如分布式数据库使应用场域过于宽泛、匿名性带来的数字身份与真实身份无法有效对应、数字资产的真实性的验证等，都有可能使区块链经济无法按照预定轨道运行，从而影响经济和社会秩序。因此，政府作为公共服务的提供者和各方利益关系的协调者，还应在区块链经济发展中发挥重要的引领和调节作用，针对存在的问题探讨有效的公共治理模式。另一方面，从社会协同角度来看，区块链经济的去中心化，也意味着在分布式网络中直接建立一种协同互利关系，而区块链经济运行的机理也是通过互组织的作用形成网络共识和协同互利关系。这种由信息通信网络构成的协同互利关系，将有可能在区块链经济中成为继市场“看不见的手”和政府“看得见的手”之后，出现的“社会协同之手”。因此，实现这种协同互利的模式，仍需要研究者在规则建立、机制完善等方面进行一系列辩证研究与思考。

（三）进一步完善区块链经济研究方法

区块链经济的研究方法是发现和揭示区块链经济存在和运行内在规律所凭借的工具和手段。由于区块链经济尚处于研究和初期阶段，国外研究者在区块链的整体研究中对于

区块链经济相关理论和应用的研究也在起步阶段，研究方法相对单一，多以定性研究的方法对其理论基础和发展演进进行剖析和梳理，而定量研究则相对集中于探索和检验区块链技术本身，及共识算法、网络结构、智能合约、激励机制等微观层面核心技术要素的发展与应用。因此，在未来的研究中有必要进一步丰富和完善区块链经济的基础性理论和微观技术研究，更广泛和综合地运用定性与定量研究方法，深入挖掘区块链经济发展的内在规律性，并对宏观层面区块链经济生态及其对经济社会发展的影响进行更全面地实验、分析和评估，可在此基础上创建承载区块链经济相关研究成果的重要期刊，从而，为确定、梳理和总结正确地政策路径和必要监管提供科学依据。同时，区块链研究作为一种跨学科行为，涉及自然科学和人文社会科学包括计算机科学与应用、数学与专业应用、信息系统、经济学、管理学、工程机械等众多领域知识，在很大程度上促进了学科之间的交流，以及自然科学与社会科学的交叉融合。因此，在研究方法上也将随着研究进展的日益成熟而带来各学科研究方法有机结合与相机抉择使用的新风向。

参考文献：

- 刘永新，2017：《区块链经济发展中的市场失灵和政府调节——以贵阳市区块链应用实践为例》，《上海立信会计金融学院学报》第3期。
- Acemoglu, D.(2005), “Political Economy of Development and Underdevelopment”, Available online:: <http://economics.mit.edu/files/1064>.
- Babbitt, D.&J. Dietz(2015), “Cryptoeconomic design: A proposed agent-based modeling effort”, Available online: <http://www3.nd.edu/~swarm06/SwarmFest2014/Babbitt.pdf>.
- Beck, R. et al(2016), “Blockchain-The Gateway to trust-free cryptographic Transactions”, ECIS 2016 Proceedings.
- Bera, S. et al(2017), “Software-defined networking for internet of things: A survey”, *IEEE Internet Things* 4(6):1994-2008.
- Bheemaiah, K.(2017), *The Blockchain Alternative: Rethinking Macroeconomic Policy and Economic Theory*, Apress.
- Böhme, R. et al(2015), “Bitcoin: economics, technology, governance”, *Journal of Economic Perspectives* 29(2): 213-238.
- Buterin, V.(2015), “Visions part I: The value of blockchain technology”, Available online: <https://blog.ethereum.org/2015/04/13/visions-part-1-the-value-of-blockchain-technology/>.
- Chan, S. et al(2017), “A Statistical Analysis of Cryptocurrencies”, *Journal of Risk and Financial Management*, 10(2):12-35.
- Chen,Y.(2018), “Blockchain tokens and the potential democratization of entrepreneurship and innovation”, *Business Horizons*, 61(4):567-575.
- Davidson, S. et al(2016), *Economics of Blockchain*, Social Science Research Network.
- Dagher, G.G.(2018), “Ancile: Privacy-preserving framework for access control and interoperability of electronic health records using blockchain technology”, *Sustainable Cities and Society* 39(1):283-197.
- De Filippi, P.(2017), “What blockchain means for the sharing economy”, *Harvard Business Review* 4(15):1-3.
- Fraiberger, S.P.&A.Sundararajan(2015), “Peer-to-peer rental markets in the sharing economy”, Stern School of Business, New York University Working paper, No.4.

- Gans, G.S.(2017), "Some simple economics of the blockchain", National Bureau of Economic Research Working Paper, No.22952.
- Gazis, V.(2017), "A survey of standards for machine-to-machine and the internet of things", *IEEE Commun* 19(1):482-511.
- Gipp, B. et al(2015), *Decentralized Trusted Timestamping using the Crypto Currency Bitcoin*, iConference 2015.
- Glaser, F.(2017), *Pervasive Decentralisation of Digital Infrastructures: A Framework for Blockchain enabled System and Use Case Analysis*, HICSS 2017 Proceedings.
- Greiner, M.&H. Wang(2015), *Trust-free Systems - A New Research and Design Direction to Handle Trust Issues in P2P Systems : The Case of Bitcoin*, AMCIS 2015 Proceedings.
- Hanstad, T.(2013), "The Case for Land Reform in India", Available online: <https://www.foreignaffairs.com/articles/india/2013-02-19/untitled?cid=soc-twitter-in-snapshots-untitled-022013>.
- Hawlitshchek, F. et al(2016), "Trust in the Sharing Economy", *Journal of Business Research*, 70(1):26–44.
- Hendrickson, J.R. et al(2016), "The political economy of bitcoin", *Economic Inquiry* 54(2):925-939.
- Higgins, S.(2016), "How Bitcoin Brought Electricity to a South African School", Available online: <http://www.coindesk.com/south-african-primary-school-blockchain/>.
- Hine, J.F. et al(2018), Token Economies: Using Basic Experimental Research to Guide Practical Applications, *Journal of Contemporary Psychotherapy* 48(1):145-154.
- Kshetri, N.(2016), "Fostering Startup Ecosystems in India", *Asian Research Policy* 7(1):94-103.
- Lipsey, R. et al(2005), *Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long Term Economic Growth*, Oxford University Press.
- Litos, O.S.T.&D.Zindros(2017), "Trust Is Risk: A Decentralized Financial Trust Platform", in: Kiayias, A.(ed), *Financial Cryptography and Data Security*, Springer International Publishing.
- Lorenz, J.(2016), "Blockchain in Insurance- Opportunity or Threat?", Available online: <http://www.mckinsey.com/industries/financial-services/ourinsights/blockchain-in-insurance-opportunity-or-threat>.
- Lundy, L.(2016), *Blockchain and the sharing economy 2.0*, IBM DeveloperWorks.
- Mazzella, F. et al(2016). "How digital trust powers the sharing economy: the digitization of trust", *IESE Insight* 30(3):24–31.
- Merry, H.(2018), "Population increase and the smart city", Available online: <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/increased-population-smart-city/>.
- Mildenberger, C.D.(2015), "Virtual world order: the economics and organizations of virtual pirates", *Public Choice* 164(1): 401-421.
- Nakamoto, S.(2008), "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", Available online: SatoshiInstitute.org.
- Nash, K. S.(2016), "IBM Pushes Blockchain into the Supply Chain", Available online: <http://www.wsj.com/articles/ibmpushes-blockchain-into-the-supply-chain-1468528824>.
- Panetta, K.(2018), "Smart cities look to the future", Available online: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/smart-cities-look-to-the-future/>.
- Pazaitis, A.(2016), "Blockchain and value systems in the sharing economy: The illustrative case of Backfeed", *Technological Forecasting & Social Change* 125(7):105-115.

- Pilkington, M.(2016), “Blockchain Technology: Principles and Applications”, in: Olleros, F.X.&M. Zhegu.(eds), *Research Handbook on Digital Transformations*, Edward Elgar.
- Risius, M.&Spohrer, K.(2017), “A blockchain research framework”, *Business & Information Systems Engineering* 59(6):358-409.
- Savelyev, A.(2018), “Some risks of tokenization and blockchainization of private law”, *Computer Law & Security Review* 34(1):863–869.
- Sharma, P.K.&J.H. Park(2018), “Blockchain based hybrid network architecture for the smart city”, *Future Generation Computer Systems* 5(2):1-6.
- Shin, L.(2016), “Republic of Georgia to Pilot Land Titling on Blockchain with Economist Hernando De Soto, BitFury”, Available online:
<http://www.forbes.com/sites/laurashin/2016/04/21/republic-of-georgia-to-pilot-landtitling-on-blockchain-with-economist-hernando-de-soto-bitfury/#45d381296550>.
- Stringham, E.(2015), *Private Governance*, Oxford University Press.
- Swan, M.(2015), *Blockchain: Blueprint for a New Economy*, O’Reilly Media.
- White, L.(2015), “The market for cryptocurrencies”, *Cato Journal* 35(2): 383-402.
- Wörner, D. et al(2016), *The Bitcoin Ecosystem: disruption beyond financial Services?*, ECIS 2016 Proceedings.
- Wright, A.& De Filippi, P.(2015), “Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia”, Available online: SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2580664>.
- Xu, X. et al(2016), *The blockchain as a software connector*, WICSA 2016 Proceedings.