

DOI: 10.19699/j.cnki.issn2096-0298.2025.18.001

本文索引: 王心鑫,戚湧.2025国际消费大会探索新场景,引领新方向[J].中国商论,2025(18):001-004.

数字创新背景下开源贡献对经济增长影响的实证研究 ——基于36个国家面板数据

王心鑫¹ 戚湧^{1,2}

(1.南京理工大学知识产权学院; 2.南京理工大学经济与管理学院 江苏南京 210094)

摘要: 在数字经济时代背景下,开源贡献在经济增长模型中占据关键地位。本文以新经济增长模型为理论基础,结合开源社区客观数据,探究开源贡献对经济增长的影响。研究发现,单个国家或经济体在受益于全球其他国家及地区的开源贡献时,会因知识外溢对本国经济增长产生负面效应。在此基础上,本文从内化知识外溢、知识领域差异双角度提出实践建议,进一步区分知识溢出效应和外部吸收效应,为推动开源创新与开源数字创新发展及数字化转型提供理论参考与实践启发。

关键词: 数字创新; 开源软件; 开源贡献; 经济增长; 数字经济

中图分类号: F061.2; TP311.5

文献标识码: A

文章编号: 2096-0298(2025)09(b)-001-04

党的二十大报告明确提到“加快建设网络强国、数字中国”,党中央印发的《数字中国建设整体布局规划》中也明确指出,建设数字中国是数字时代推进中国式现代化的重要引擎,是构筑国家竞争新优势的有力支撑。数字创新作为推动信息技术产业变革的核心力量,以其高速迭代和经济倍增效应,正深刻重塑全球信息技术产业格局。数字创新的开源模式依托开源社区形成,开源社区凭借开放协作、资源共享、群智涌现的协同优势,逐步成为全球信息技术产业的重要创新来源,并在云计算、大数据、人工智能等领域引领创新发展。在数字经济时代,开源贡献在经济增长模型中占据关键地位,研究其对经济增长的影响具有重大理论与实践价值。

在经济增长模型的现有研究中,学界已证实无形资产投资是经济增长和生产力进步的重要因素。其中,研发投入(R&D)^[1]、专利^[2]、科学出版物^[3]或技术标准^[4]对经济增长的影响均得到不同程度的实证验证。但由于开源贡献的数据不易统计和整理,多数对于开源数字创新的研究仅停留于法学理论^[5]、行为学激励^[6]和开源社区治理等方面^[7],对于开源贡献对经济增长的实证研究相对较少。因此,区别于现有研究,本文以从开源社区中获取的客观数据为研究对象,结合理论分析和研究假设开展实证研究,旨在弥补现有关于开源数字创新文献中因缺乏客观数据而形成的实证研究空白。

1 理论分析与研究假说

在经济增长模型中,旧增长理论将技术进步视为外生变量,而新增长理论将经济增长解释为内生变量研发投资的结果^[1]。这些新经济增长模型的共同点在于:通过研发投资形成创新成果,再利用专利的形式保护创新成果获取研发回报。多项研究表明,专利对经济增长具有积极影响^[2]。然而,也有研究指出,过强或过长的专利保护可能会影响经济增长。因此,学术界开始关注具有公共物品属性的无形资产对经济增长的影响,其中包括科学出版物或技术标准对于经济增长的影响。在此背景下,现有研究已经实证表明,对无形资产的投资是经济增长和生产力进步的重要原因,而软件无疑是无形资产中的重要分支。开源软件自身特有的强开放性、高知识性、高协作性、高共享性等特点,同样具有公共物品属性。开源软件的公共属性使其知识可被任何人以“搭便车”的方式免费获取,而参与贡献的个人和企业在名誉声望、兴趣爱好、职位承诺等因素的驱动下付出时间和精力,但并未明确从中获得经济收益。将这种现象延伸到国家层面:参与开源软件创造的国家因软件开发产生资金投入和人力投入,但并未实际从软件创新成果中生成有竞争力的产品或服务获得经济收益;与此同时,其他国家可无偿获利,这对于开源软件贡献国的经济而言,无疑是一种此消彼长的负面影响。因此,本文提出假设:

H1: 母国参与开源贡献对贡献国经济增长产生负面

基金项目: 国家社会科学基金项目“数字创新的知识产权治理现代化研究”(22VRC064)。

作者简介: 王心鑫(1999-),男,汉族,四川宜宾人,硕士研究生,研究方向:知识产权、开源社区治理;

戚湧(1970-),男,汉族,江苏泰州人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:战略性新兴产业、知识产权和创新管理。

影响。

开源软件有其独特的社区特点,开源主体通过有偿或无偿的方式贡献开源代码以解决共同问题,社区中存储着大量的知识、信息和技术,以互联网为载体,开展多主体、跨区域的新型开放创新活动,具有高度的开放性及数字创新的发展特点^[8]。开源软件对于经济增长的促进可从节约成本和促进科技进步两方面进行展开:首先,由于其开放性和共享性,企业可以零成本地使用开源软件,并将其转化为可盈利的私人商品或服务。热门的开源代码在多个项目或产品中反复使用,可以一定程度上避免重复开发的成本。其次,在创新速度方面,初创企业可以从开源社区免费获取软件源代码,并能够在短时间内提升技术水平至行业平均水平,同时在现有技术的基础上再次创新,为软件行业的技术进步贡献一份力量。此外,开源有助于推动数字技术生态系统的标准化建设,可显著提高不同企业和不同系统之间的互操作性,降低消费者的转换成本、增加社会福利^[9]。

基于此,从经济增长模型的角度,除资本、劳动和对技术进步的投资以外,对开源软件的投入也可视为经济增长的影响因素。一方面,开源软件的发展与技术创新密不可分,技术创新又是推动经济发展的重要因素;另一方面,开源软件作为具有公共产品属性的无形资产或许会产生与行业标准相似的经济效益^[7]。基于此,本文提出假设:

H2:全球参与开源贡献对于贡献国经济增长产生正向净收益。

2 研究设计与数据说明

2.1 数据来源与处理

GitHub是当前全球最大的开源创新社区,大多数学者是以GitHub为例研究开源社区,具有代表性和典型性。由于本文探讨的是开源贡献对宏观经济的影响,因此采用GitHub在国家层面上的贡献者数量来衡量开源贡献。根据GitHub官方统计年报《GitHub Octoverse》的数据,2025年,GitHub上贡献的代码数量超过50亿,由于其庞大的数据量,基于GitHub进行数据分析异常困难。现有研究中GitHub相关开源软件数据是由代尔夫特理工大学在GHTorrent项目的框架下收集,但由于该项目在2017年终止,其数据集不复存在,因此很难通过同样的手段收集数据进行实证研究。本文的GitHub用户数据是基于OSSInsight收集的(<https://ossinsight.io/>),OSSInsight是一个整合Apache ECharts、GH Archive、GHTorrent和TiDB构建而来的强大数据监视工具,其以毫秒为单位收集和处理GitHub上的数据。截至2024年4月,该数据集已收录73亿条GitHub相关活动事件,可为后续开源社区的相关研究提供有力支持。开源贡献被看作一种

用户创新,采用协作开发模式进行合作创新。开源社区的贡献者数量在一定程度上反映了开源贡献的强度。从另一角度来看,以贡献者数量衡量开源贡献的强度,也可以被视为经济增长模型中衡量劳动投入的一种更直接的方式,能够更好地解释开源贡献对经济增长的影响。

本文所用模型中的绝大部分经济数据都是经合组织(OECD)和世界银行(WB)等国际组织进行过处理和清洗后的国家级数据。遗憾的是,OSSInsight项目的数据在2015年以前是不完整的,而资本存量数据目前仅更新到2019年。因此,本文用于分析数据的时间跨度为2015—2019年。

本文采用面板数据,包括25个欧盟国家(除马耳他、爱尔兰)和2020年脱离欧盟的英国,以及其他在GitHub上贡献显著的国家:阿根廷、哥伦比亚、新加坡、日本、加拿大、俄罗斯、韩国、巴西、美国和中国。此外,本文还纳入了美洲和亚洲部分开源贡献卓越的发达国家或发展中国家,以增强数据实证结果的真实性与可信度。

为更直观地了解研究数据,表1给出了本文所使用数据的定义和来源。所有实证回归均采取ln-ln格式,回归系数可视为弹性系数,因此缩放不会影响实证结果。具体地,本文的样本数据涵盖36个国家5年数据。

表1 数据定义与获取来源

变量	变量解释	数据来源
GDP	按2017年不变国民价格计算的实际GDP	Penn World Table 10.01
Capital Stock	按2017年不变国民价格计算的资本存量	Penn World Table 10.01
Employment	劳动力	世界银行和经合组织
R&D	研发支出	世界银行和经合组织
R&D by ROW	世界其他国家的研发支出	世界银行和经合组织
IP	知识产权支出费用	世界银行和经合组织
Pat	专利申请数量	世界知识产权组织
Art	科研期刊文章	世界贸易组织
User	开源贡献者人数	OSSInsight
User by ROW	世界其他国家的贡献者人数	OSSInsight

2.2 实证模型方法

本文主要概述开源贡献对经济增长(GDP)影响的计量方法。基于现有研究,构建简单的宏观计量经济回归框架。基准模型依赖于一个简单的Cobb-Douglas生产函数:

$$Y_{it} = A_{it-1} K_{it}^\alpha L_{it}^\beta F(.) \quad (1)$$

其中, Y 表示第 i 国第 t 年的 GDP, K 表示第 i 国第 t 年的资本存量, L 表示第 i 国第 t 年的劳动力, 其中 α 和 β 表示其弹性系数, $F(.)$ 指一系列构成其他输入因素和控制变量的额外因素。进一步地, A_{it-1} 可解释为知识存量^[10], 在模型中知识库的演化被建模为研发和现有知识库的函数。如果进一步假设国内和国外研发支出对经济增长的影响可能会产生差异,

就可以假设以下对数函数：

$$\ln(A_{it}) = \varepsilon_1 \ln RD_{it-1} + \varepsilon_2 \ln RD_{it-1}^{ROW} + \varepsilon_3 \ln IP_{it-1} + \varepsilon_4 \ln A_{it-1} \quad (2)$$

其中, $(A_{it})'$ 表示知识存量的变化, IP表示知识产权支出, RD_{it-1} 表示研发支出, ROW表示世界其他国家或地区, 这一处理可将知识溢出效应和知识私有化进行区分。若以专利申请数量和科研期刊论文发表数近似表示一年内知识存量的变化, 可将核心模型改写为:

$$\ln Y_{it} = \gamma_1 \ln RD_{it-1} + \gamma_2 \ln RD_{it-1}^{ROW} + \gamma_3 \ln IP_{it-1} + \gamma_4 \ln Pat_{it} + \gamma_5 \ln Art_{it} + \alpha \ln K_{it} + \beta \ln L_{it} + \ln F(.) \quad (3)$$

最后, 假设在构成其他输入因素和控制变量的额外因素中也包含开源软件(OSS), 回归模型可以被改写为:

$$\ln Y_{it} = \gamma_1 \ln RD_{it-1} + \gamma_2 \ln RD_{it-1}^{ROW} + \gamma_3 \ln IP_{it-1} + \gamma_4 \ln Pat_{it} + \gamma_5 \ln Art_{it} + \alpha \ln K_{it} + \beta \ln L_{it} + \gamma_6 \ln OSS_{it} + \gamma_7 \ln OSS_{it}^{ROW} + \ln x_{it} \mu \quad (4)$$

其中, x_{it} 表示一些未考虑在内的其他变量, OSS_{it} 指第*i*国在第*t*年的开源软件贡献的度量值, 本文使用该国的贡献者人数进行表征, 上标ROW同样表示世界其他国家或地区。

3 实证结果及分析

3.1 描述性统计

样本数据具体包括36个国家2015—2019年数据, 样本数据集是一个N远大于T的短面板, 经过F检验、LM检验和Hausman检验后, 确定采用双向固定效应OLS面板回归模型进行基准回归。

3.2 实证回归

在Cobb-Douglas生产函数中, 系数 α 和 β 分别表示资本和劳动在生产函数中的弹性系数, 反映出在产出分配中所占的份额。根据表2回归结果可知, 本模型的资本弹性系数为0.38~0.44, 劳动弹性系数为0.20~3.34, 生产函数中的弹性系数显著且处于合理范围内。第(1)列和第(3)列的数据中, 开源软件的贡献者对国家GDP的影响系数为-0.065和-0.066, 在显著性水平 $p < 0.01$ 下具有统计显著性, 实证结果支持H1假设, 即母国参与开源贡献对贡献国的经济增长产生负面影响。开源贡献国在付出资金成本和劳动力成本的同时, 为全球范围内的任何人提供具有公共物品属性的开源软件。由于开源软件具有强共享性和透明性, 贡献国的知识溢出效应显著。然而, 区别于发明专利和技术标准, 开发成本并未直接通过提高本国生产力或竞争力得以补偿, 导致对贡献国的经济增长产生负面影响。

那么开源贡献就是一种不好的创新行为吗? 其实不然。在表2回归结果的第(2)列和第(3)列中, 其他国家或地区的开源贡献对国家GDP的影响系数分别为0.140和0.143, 结果同样具有显著性。值得注意的是, 尽管第(3)列结果同样

反映出母国参与开源贡献对于贡献国具有知识外溢的负面影响, 但贡献国可从整个开源软件知识库中无偿获取知识, 这可被视为一种知识吸收行为。实证结果显示, 知识吸收所带来的经济正向效益远大于知识外溢所带来的经济负面影响, 从而使得开源贡献整体呈现显著正效应。具体而言, 若没有任何国家进行开源贡献, 贡献国将避免因知识外溢所导致的损失约为6.6%(-100%*-0.066), 但同时将失去知识吸收所带来的收益约为14.3%(100%*0.143)。由此可见, 实证结果进一步支持H2的成立, 即全球参与开源贡献对于贡献国经济增长产生正向净收益。

表2 开源贡献对经济增长的影响

	(1)	(2)	(3)
	Lngdp	Lngdp	Lngdp
Lnuser	-0.065*** (0.021)		-0.066*** (0.021)
		0.140** (0.062)	0.143** (0.060)
控制变量	Yes	Yes	Yes
控制时间	Yes	Yes	Yes
控制个体	Yes	Yes	Yes
N	180	180	180
adj.R ²	0.848	0.842	0.853

注: 括号内为标准差, * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$ 。

3.3 稳健性检验

本文采用以下方式进行稳健性检验:(1)组间异方差、组内自相关和截面相关;(2)替换解释变量, 将开源贡献进行滞后一期处理后再次回归。以上结果与实证研究结论一致, 说明本文研究结果稳健。

4 结论与启示

4.1 研究结论

实证回归结果显示, 以GitHub贡献者人数衡量的开源贡献对于国家经济增长具有显著影响。具体而言, 单个国家或经济体受益于世界其他国家或地区的开源软件贡献, 其本国开发者或企业参与开源贡献会对经济增长产生负面影响, 但这种负面影响在世界竞争力、数字竞争力和创新能力排名靠前的国家中受到抑制。针对单个国家或全球而言, 即使存在母国参与开源软件贡献产生知识溢出效应的情况下, 开源软件贡献也为国家或全球经济增长带来实质性的正向推动。

4.2 实践建议

4.2.1 从内化知识外溢的角度考虑

国内开发者或国内企业参与开源软件贡献会导致知识溢出效应产生经济负面影响, 因此需要从抑制经济等负面

影响的出发点切入。

一是从跨国合作角度,将开源贡献融入技术创新框架,发挥开源软件高价值性,防止知识外溢在合作国家范围内,借助紧密合作提升本国技术水平和国际竞争力。

二是加强软件行业知识产权制度建设,提高知识产权保护意识,基于可专利商品与开源软件的强互补性,对软硬件和服务分类实施保护。专有软件申请软件类专利和著作权;硬件优先采用专利保护,核心技术可考虑专利和商业秘密双重保护;技术服务类项目可借鉴Linux系统的专利共享池或开放联盟等机制规避风险,把开源软件打造成高附加值商品内化知识外溢。

4.2.2 从技术领域差异的角度考虑

开源软件在数字经济时代至关重要,各国应依据技术领域差异制定规划。竞争力和技术优势强的国家知识外溢少。在技术薄弱领域,可适度“搭便车”以减少开源投入,避免直接竞争,鼓励初创IT公司进入,借助开源社区高开放性、高价值性提升行业整体技术水平;在技术领先或瓶颈领域,引导开源社区创新方向,以激励机制吸引全球开发者参与,借技术优势抢占市场。结合美国制裁华为的案例启示,应打造本土开源社区,联合产学研商,发挥跨地域协作优势,推动开源软件高质高效创新。

参考文献

- [1] 苏志庆,陈银娥.知识贸易、技术进步与经济增长[J].经济研究,2014,49(8):133-145+157.
- [2] 温军,张森.专利、技术创新与经济增长:一个综述[J].华东经济管理,2019,33(8):152-160.
- [3] Arora, A., Belenzon, S., & Sheer, L. Knowledge spillovers and corporate investment in scientific research[J]. American Economic Review,2021,111(3):871-898.
- [4] 王丽君.标准化、技术创新与宏观经济增长:基于VAR的实证分析[J].科技管理研究,2020,40(11):104-112.
- [5] 祝建军.开源软件的著作权保护问题研究[J].知识产权,2023(3):30-44.
- [6] 周涛,王超.开源软件社区用户知识贡献行为研究[J].科研管理,2020,41(2):202-209.
- [7] 焦豪,杨季枫.数字技术开源社区的治理机制:基于悖论视角的双案例研究[J].管理世界,2022,38(11):207-232.
- [8] Jansen, S. A focus area maturity model for software ecosystem governance[J]. Information and Software Technology,2020,118:106219.
- [9] 陶爱萍,王涛.逆向技术标准锁定的形成机理、负面效应与突破机制:基于开源创新突破锁定视角[J].软科学,2021,35(7):10-15.
- [10] Bottazzi, L., & Peri, G. The international dynamics of R&D and innovation in the long run and in the short run[J]. The Economic Journal,2007,117(518):486-511.

An Empirical Study on the Impact of Open Source Contributions on Economic Growth under Digital Innovation

—— Based on Panel Data of 36 Countries

Wang Xinxin¹, Qi Yong^{1,2}

(1. School of Intellectual Property, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210094; 2. School of Economics & Management, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210094)

Abstract: In the context of the digital economy era, open-source contributions play a crucial role in economic growth models. Based on the new economic growth model and combined with objective data from open-source communities, this paper examines the impact of open-source contributions on economic growth. The study finds that while a single country or economy benefits from the open-source contributions of other countries and regions worldwide, knowledge spillovers may generate negative effects on its own economic growth. On this basis, this paper proposes practical recommendations from the perspectives of internalizing knowledge spillovers and addressing differences across knowledge domains. Furthermore, it distinguishes between the effects of knowledge spillovers and external absorption, thereby providing theoretical insights and practical implications for advancing open-source innovation, open-source digital innovation, and digital transformation.

Keywords: digital innovation; open source software; open source contribution; economic growth; digital economy