单人署名论文的近期逆转

Abdulkareem Alsudais

沙特阿拉伯哈吉11942，萨塔姆·本·阿卜杜勒阿齐兹王子大学计算机工程与科学学院。电子邮件：A.Alsudais@psau.edu.sa

摘要

数十年来，每篇科学论文的作者人数不断增加，单作者论文的占比也相应下降；这一趋势早已在各领域得到记录。本研究显示，这种下降趋势近期在arXiv.org上出现逆转。研究结果表明，在2015年至2026年初的投稿中，单作者占比在持续下降十年后，从2024年的10.9%升至2025年的11.2%；而第一季度的占比则从2025年的10.7%升至2026年的12.9%。这是研究时段内最大的第一季度同比变化，也是第一季度序列中的首次上升。2025年，在研究时段内首次出现单人署名论文数量的同比增速超过多人署名论文数量的情况，扭转了长期以来的趋势。这一逆转值得关注，因为它广泛存在于全部八个arXiv顶级类别中；同时，它反映的是各领域内署名实践的真实变化，而非arXiv投稿学科构成的变动。对涵盖2022年至2026年的五个arXiv快照进行比较后发现，这一结果并非近期投稿中作者元数据不完整或经修订所造成的假象。作为稳健性检验，来自覆盖更广泛学科的数据库OpenAlex的文章类型记录，以及扩展至2026年9月的arXiv快照，均证实了这些研究结果。最新快照显示，这一占比仍在上升，2026年第二季度和第三季度分别达到14.1%和17.0%；相比之下，2025年同期分别为10.5%和11.1%。

关键词： 作者署名趋势；科学写作；科研合作；

正在审稿自2026年6月22日起

1. 引言

每篇论文的作者人数几十年来一直是研究主题，相关研究考察了不同领域的团队规模差异、团队规模与引文影响力之间的关系，以及团队规模随时间的变化（Bornmann & Osório, 2019; Jakab et al., 2024; Lin et al., 2025）。大量研究记录了这一长期趋势：科研逐渐转向团队式研究，而各学科的单作者论文则相应减少（Erfanmanesh & Torabi, 2026; Larivière et al., 2015; Praus, 2025）。与此同时，近年来人工智能模型及其工具日益兴起并广受欢迎，这些工具能够辅助科学研究，也促使研究者探讨人工智能对科学出版诸多方面的影响（Alsudais, 2025a, 2025b; Kousha & Thelwall, 2026; Lehr et al., 2024）。

本研究的动机在于：易于获取的生成式人工智能工具被迅速采用，可能已经重塑了学者撰写论文的方式，尤其是可能与单人署名作品占比上升相关。近期研究凸显了使用人工智能对研究人员生产力和效率的益处（Dell'Acqua et al., 2026；Kusumegi et al., 2025；Madanchian & Taherdoost, 2025；Mohammadi et al., 2026）。此外，近期一篇预印本提出了"氛围式研究"这一概念，将其定义为："一种科学探究模式，在这种模式下，人类研究者提供高层次指导、创造性直觉和批判性评估，而基于大型语言模型的智能体则根据自然语言指令，完成流程中劳动密集型的部分（文献发现、实验实施、数据分析、稿件准备）"（Feng & Liu, 2026）。如果这类工具减少了研究人员对合著者的依赖——无论是在起草、语言辅助、分析，还是其他过去由合作者共同承担的任务方面——那么单作者论文增加将是一个合理的结果。

本研究旨在分析数据中是否可以观察到这种变化，以及该变化在不同科学领域之间如何有所不同，而不试图确定任何已观察到的模式的具体原因，包括人工智能可能发挥的任何作用。由于本研究所用数据集包含八个主要类别，且这些类别的相对占比随时间发生了变化，本研究还考察任何已观察到的变化是源于各类别内部的变动，还是源于该平台投稿总体构成的变化。

最后，本研究利用该数据集的五个快照，评估任何已观察到的变化是否反而可能反映作者数量的后续修订，例如最初由单一作者发布、后来增加了其他作者的论文。

本文旨在回答以下研究问题：

- RQ1：2015年至2026年初，arXiv上单作者论文的占比如何变化？最近一段时间是否有证据表明这一趋势偏离了长期趋势？

- RQ2：总体单作者占比的观测变化在多大程度上与各领域内单作者署名的变化有关，而非与arXiv投稿在各领域间构成的变化有关？

- RQ3：arXiv八个顶级类别中，观测到的趋势及其近期偏离是否有所不同？

2. 数据集

快照编号	发布日期	论文数量
72	2022年4月10日	2,047,905
124	2023年4月16日	2,238,880
175	2024年4月14日	2,459,562
227	2025年4月13日	2,710,806
281	2026年4月12日	3,008,380

表1。本研究使用的五个快照及其上传日期和论文数量。

为探究这些研究问题，本文以 arXiv.org 作为论文的主要来源。根据其官方介绍：“arXiv 是一个经过筛选、向所有人开放的研究共享平台。作为数字开放获取的先驱，arXiv.org 目前托管着八个学科领域的三百多万篇学术文章”（arXiv，2026）。论文所属的八个类别分别为：物理学、数学（Math）、计算机科学（CS）、定量生物学（q-bio）、定量金融学（q-fin）、统计学（Stat）、电气工程与系统科学（EESS）以及经济学（Econ）。自2020年以来，整个元数据语料库均可通过数据集和竞赛托管平台 Kaggle 下载。该语料库约每周更新一次，并以 JSON文件 的形式分发。

为评估元数据随时间变化的稳定性，并验证后续章节中的分析，本文使用了 Kaggle 数据集的五个快照，分别是

版本72、版本124、版本175、版本227和版本281。每个快照均直接从 Kaggle 下载。这五个快照涵盖了约四年的时间，间隔大致相等。本文的主要分析使用版本281，即五个快照中最新的版本，其中包含截至2026年4月初的所有投稿。表1列出了五个快照的详细信息。较新的快照版本306（发布于2026年10月3日，包含3,195,172篇论文）仅用于第10节的稳健性检验。该检验将分析范围延伸至2026年9月，以验证主要结果。

使用这五个快照的主要原因，是为了考察2025年和2026年初观察到的单作者论文增加，是否可能是作者在首次发布后为论文添加合著者所造成的假象。每个快照都包含截至快照日期及更早时间在平台上发布的所有论文，并且更早的快照仍可供下载。arXiv上的论文还可以有多个版本，这使作者能够在首次发布后更新论文的信息，例如摘要、标题或正文内容。每篇论文都属于一个或多个主要类别。例如，一篇论文可能同时发布在计算机科学和数学类别下。

每篇论文至少有一个版本。在本研究中，使用第一个版本（v1）的上传日期来确定投稿年份，并在需要时确定投稿月份。这一选择与一些先前研究所采用的方法不同，后者使用最新版本的日期；本研究的选择则体现了其核心目的：分析作者决策最初作出的时刻，包括选择独立发表还是与合著者共同发表。后续修订可能会添加或删除作者，而这些修订本身正是第 8 节所述作者名单稳定性分析的研究对象。此处用于识别类别和版本的其他预处理步骤与先前研究所用方法一致；如需了解更多详情，可参阅该研究（Alsudais, 2025a）。

3. 作者数量确定

本研究的一项重要处理步骤是提取每篇论文的作者人数。数据集同时提供了解析后的作者列表（“authors_parsed”）和未解析的作者字符串（“authors”）。通过统计解析后的列表所含条目数，确定作者人数。为确认这一方法的准确率，我们随机抽取了 385 篇论文（置信度为 95%，误差范围为 ±5%），并逐篇进行人工核查。每种情况下，根据解析后的列表得出的作者人数都与论文中的作者人数一致。不过，有两种情况下，列出的“作者”之一并非个人，而是某个机构或研究小组的名称。

我们进行了进一步分析，以评估此类情况是否普遍存在。该分析包括创建一个简单的基于规则的分类器，用于识别列出的作者是否为某个机构或研究小组，或是否代表某个机构或研究小组撰写论文；验证分类器的性能；并使用更严格的“单一作者”定义重新运行整个分析。在这一更严格的定义下，此类论文不再计为单作者论文。该分类器不区分大小写，并应用两条规则。如果作者条目中的姓名包含“合作”或“联盟”一词（例如“ATLAS Collaboration”），或者“for”或“on behalf of”后面接有“合作”“小组”“团队”或“联盟”，表明某位个人代表某个群体撰写论文（例如“Burt Holzman (for the PHOBOS Collaboration)”），则分类器会将该作者条目标记出来。为验证分类器，我们从250篇单作者论文中抽取样本，并按分类器标签进行分层，在不知道分类器判定结果的情况下对其进行人工标注。该样本特意提高了分类器标记为合作的论文所占比例，以便发现两个方向上的错误。人工标注在每个案例中都与分类器标签一致，这支持将该分类器应用于整个数据集。

事实上代表合作的单作者论文占比在每一年都很小，介于 1.3% 至 2.7% 之间；2025 年（1.5%）和 2026年1月至4月初（1.3%）的占比低于 2015年（2.7%）和 2016 年（2.2%）。由于严格定义在 2024 年剔除的单作者论文比例（1.8%）高于 2025 年（1.5%）或 2026 年 1 月至 4 月初（1.3%），因此它对这一反转的影响是略微增强，而非削弱。从 2024 年到 2026 年，单人署名论文占比的增幅

在严格定义下为 2.11 个百分点，而在原始定义下为 2.08 个百分点。鉴于这一做法对结果的影响可以忽略不计，同时为了使单人署名论文的定义简单且易于复现，本文的分析将作者名单中恰好只有一项的论文归为单人署名，无论该项指的是个人还是合作团队。附录 A 提供了分类器的更多细节，包括示例（表 A.1）、性能指标，以及重新分类对各年份的影响（表 A.2）。

4. 论文数量与类别构成

本研究根据分析层级采用两种论文计数方式。在总体分析中，无论一篇论文归属多少个类别，每篇论文都只计一次。因此，某一年份的总体单作者占比为单作者论文的数量除以至少有一位作者的不同论文数量。

在类别层面分析中，归属多个顶级类别的论文会在每个所属类别中各计一次。例如，一篇同时归属计算机科学和数学的论文，会同时计入计算机科学和数学的单作者率。类别层面的比率应采用这种处理方式，因为这篇论文确实同时属于这两个领域；若只将其归入一个类别，就会扭曲两个类别的比率。采用这种方式的一个结果是，将各类别的单作者占比相加后得到的总体单作者占比，与每篇论文只计一次得出的占比略有不同。

在解读总体单作者署名占比随时间发生的变化时，还需要考虑另一点。在研究期间，arXiv投稿的构成发生了显著变化，其中一些类别（尤其是计算机科学）的增长速度远快于其他类别。由于不同类别的典型单作者署名率各不相同，总体占比的变化可能源于两个方面：领域内部署名实践确实发生了变化，或发布到arXiv的论文在各类别之间的分布发生了变化。如果单作者率较低的类别在全部投稿中的占比上升，即使没有任何类别改变自身的单作者率，总体占比也会下降。区分这两个来源十分重要，因为由构成变化驱动的总体趋势，与由领域内部行为驱动的趋势，其含义大不相同，而前者所驱动的

趋势与后者所驱动的趋势有着截然不同的解读。

为此，分析从两个层面报告单作者占比。在总体层面，逐年追踪所有投稿中的总体单作者占比。在类别层面，则分别追踪八个顶级类别各自的类别内单作者占比。直接考察类别内占比，可以判断总体占比的变化是否伴随着各个类别内部的变化。如果分别考察的大多数类别中，单作者占比都在下降或上升，那么总体变化就不能仅归因于 arXiv投稿构成的变化，因为即使单独考察各领域、固定其构成，变化也同样存在。

为直接量化构成变化的贡献，本文计算了一个简单的反事实。对于给定的一对年份，假设八个类别的论文分布维持在较早年份的水平不变，同时各类别自身的单作者率取其在较晚年份的观测值，据此计算较晚年份本应达到的总体单作者占比。因此，反事实占比的计算方法是：以较早年份各类别的投稿占比为权重，对各类别较晚年份的单作者率加权后求和。该反事实占比与较早年份观测占比之间的差值，反映了不存在构成变化时类别内单作者率变化的影响；反事实占比与较晚年份观测占比之间的差值，则反映了构成变化带来的额外影响。两项贡献之和恰好等于观测到的变化。这一计算仅使用已报告的类别层面占比和单作者率，除构成固定情景外，不引入任何其他假设。由于需要类别层面的单作者率，反事实计算采用了上文所述的类别层级计数方法。

5. 单人署名论文的趋势（RQ1）

Year	总计	单人署名	多人署名	单人署名占比 (%)	多人署名占比 (%)	单人署名增长 (%)	多人署名增长 (%)	总计增长 (%)	单人署名占比变化 (pp)
2015	105,130	21,637	83,493	20.58	79.42	—	—	—	—
2016	113,440	21,830	91,610	19.24	80.76	+0.89	+9.72	+7.90	−1.34
2017	123,781	22,293	101,488	18.01	81.99	+2.12	+10.78	+9.12	−1.23
2018	140,377	22,811	117,566	16.25	83.75	+2.32	+15.84	+13.41	−1.76
2019	155,917	23,180	132,737	14.87	85.13	+1.62	+12.90	+11.07	−1.38
2020	178,275	24,763	153,512	13.89	86.11	+6.83	+15.65	+14.34	−0.98
2021	181,599	23,895	157,704	13.16	86.84	−3.51	+2.73	+1.86	−0.73
2022	185,987	23,566	162,421	12.67	87.33	−1.38	+2.99	+2.42	−0.49
2023	209,223	25,149	184,074	12.02	87.98	+6.72	+13.33	+12.49	−0.65
2024	243,690	26,581	217,109	10.91	89.09	+5.69	+17.95	+16.47	−1.11
2025	284,161	31,850	252,311	11.21	88.79	**+19.82**	+16.21	+16.61	**+0.30**
*2026**	*85,475*	*11,101*	*74,374*	*12.*	*7.01*	*–99*	*–*	*+18*	***.78***

表2。 2015–2026年年度单作者与多作者 arXiv 投稿。*2026年部分数据

Year	总计	单人署名	多人署名	单人署名占比 (%)	多人署名占比 (%)	单人署名增长 (%)	多人署名增长 (%)	总计增长 (%)	单人署名占比变化 (pp)
2015	24,914	5,263	19,651	21.12	78.88	—	—	—	—
2016	27,211	5,379	21,832	19.77	80.23	+2.20	+11.10	+9.22	−1.36
2017	28,975	5,338	23,637	18.42	81.58	−0.76	+8.27	+6.48	−1.34
2018	32,605	5,557	27,048	17.04	82.96	+4.10	+14.43	+12.53	−1.38
2019	35,964	5,592	30,372	15.55	84.45	+0.63	+12.29	+10.30	−1.49
2020	39,350	5,808	33,542	14.76	85.24	+3.86	+10.44	+9.41	−0.79
2021	43,799	5,882	37,917	13.43	86.57	+1.27	+13.04	+11.31	−1.33
2022	44,776	5,815	38,961	12.99	87.01	−1.14	+2.75	+2.23	−0.44
2023	46,887	5,850	41,037	12.48	87.52	+0.60	+5.33	+4.71	−0.51
2024	57,949	6,401	51,548	11.05	88.95	+9.42	+25.61	+23.59	−1.43
2025	64,850	6,956	57,894	10.73	89.27	+8.67	+12.31	+11.91	−0.32
2026	77 90	10 020	67 70	12.93	87.07	**+44 .05**	+165 4	+19.49	**+2 .20**

表3. 2015–2026年第一季度单人署名与多作者 arXiv 投稿。

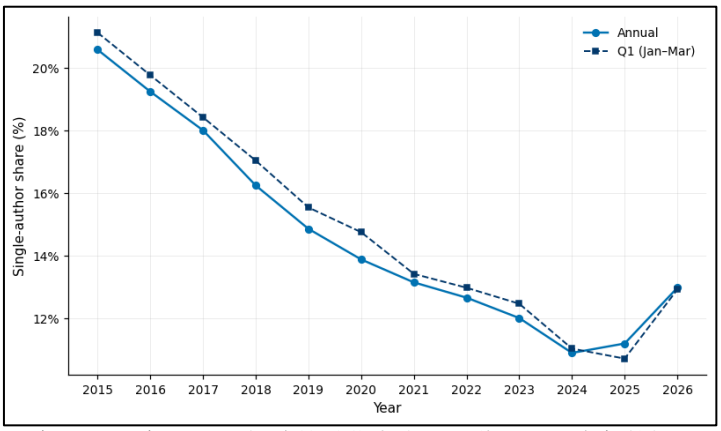


图1。 2015年至2026年 arXiv 投稿的单作者占比，分别展示全年数据以及各年第一季度（1月至3月）的数据；2026年全年数值仅反映截至2026年4月初发布的投稿。

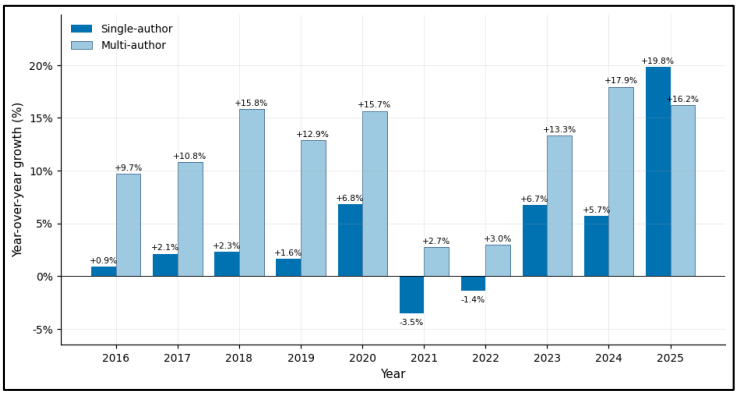


图2。 2016年至2025年单人署名和多人署名 arXiv 投稿数量的同比增长，年度数据；由于2026年为不完整年份，因此未纳入。

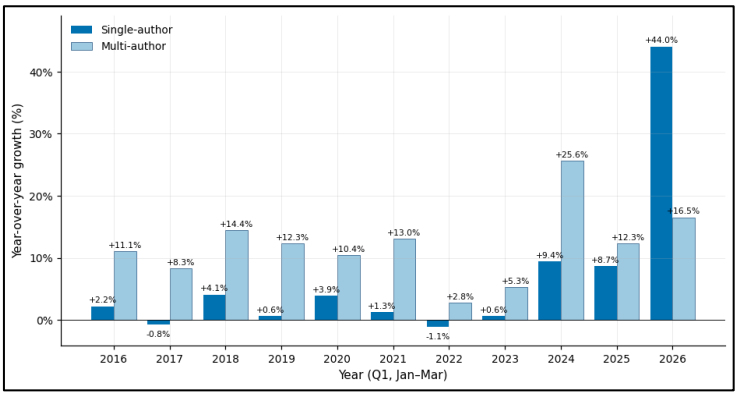


图3。 2016年至2026年单人署名和多人署名 arXiv 投稿数量的同比增长，第一季度（1月至3月）数据。

第一个研究问题（RQ1）关注2015年至2026年初arXiv上单作者论文占比的演变情况，以及最近时期是否有证据表明该趋势出现偏离。选择2015年作为起始年份，是为了提供一个为期11年的时间窗口。由于主要分析所使用的快照（版本281）于2026年4月获取，2026年的数据仅涵盖该年度大约前三个半月。为进行不受这一不完整覆盖影响的同类对比，研究还在第一季度层面开展了平行分析：计算2015年至2026年各年份1月至3月提交论文中的单作者占比。

对于每个年份，均在去重论文层面计算总体单作者占比，并以百分点差异报告同比变化。此外，还将单作者论文数量的同比增长与多作者论文数量的同比增长进行比较，因为如果作者身份趋向单作者署名，这将体现为单作者论文的增长速度更快。由于2026年的数据仅覆盖不完整年份，因此，对于完整年份，增长比较按年度层面报告；对于2026年数据已完整观测的情况，则按第一季度层面报告。

结果显示，2015年所有投稿中有20.58%为单人署名。到2024年，这一占比降至10.91%，随后在2025年升至11.21%。表2和表3分别呈现了年度和第一季度数据，均报告了投稿数量、单人署名和多人署名论文总数及其占比，以及同比变化。图1展示了单作者占比随时间的变化，包括全年和第一季度的数据。结果显示出两个明显阶段。从2015年到2024年，单作者占比逐年下降：年度层面从20.58%降至10.91%，第一季度则从21.12%降至11.05%。在此期间，单作者论文数量总体上持续增加，但多作者论文数量增长更快，因此单作者占比逐年下降。这一点反映在表2和表3的同比增长列中。

这一趋势在最近一个时期发生了逆转。在年度层面，单作者占比在2024年至2025年间上升了0.30个百分点，这是研究时间窗口内的首次增长；而2026年的部分数据表明，该占比进一步升至12.99%。在第一季度，占比从2025年的10.73%上升至2026年的12.93%，增加了2.20个百分点，是该期间按年度比较的第一季度变化中，无论升降幅度均为最大的一次，

这一变化贯穿整个期间。这表明这是一种实质性转变，而非边际波动。

单人署名论文和多作者论文的相对增长也体现了这一逆转。图2展示了两类论文在年度层面的同比增长，图3则展示了第一季度的相同数据。从2016年至2024年的每一年，多作者论文的增长速度都快于单人署名论文。2025年，这一模式首次在年度层面逆转。单人署名论文增长了19.82%，超过多作者论文16.21%的增幅。2026年的第一季度数据也显示出同样的逆转，而且更为显著：与2025年第一季度相比，单人署名论文增长了44.05%，而多作者论文增长了16.54%。在研究时段内，单人署名作品首次成为arXiv投稿中增长较快的组成部分。双比例 z 检验表明，这些变化超出了正常的逐年波动：2016年至2024年间的每一次年度降幅都具有统计学显著性（$p < 0.0001$），2025年的增幅（+0.30 个百分点；$p < 0.001$）以及2025年至2026年第一季度的增幅（+2.20 个百分点；$p < 0.001$）也同样显著。附录 B介绍了研究方法并报告了完整结果。

研究结果揭示了若干发现。首先，单作者论文的占比在2015年至2024年的十年间持续下降，这与长期以来有文献记载的向团队式研究转变相一致。其次，这一下降在最近时期出现逆转：单作者占比在2025年的年度层面以及2026年第一季度均有所上升，并且单作者论文在所研究窗口内首次成为增长更快的组成部分。第三，尽管这一逆转的幅度相对于长达十年的累积下降而言较为有限，但其方向在所研究窗口内前所未有。

6. 领域内变化与构成变化（RQ2）

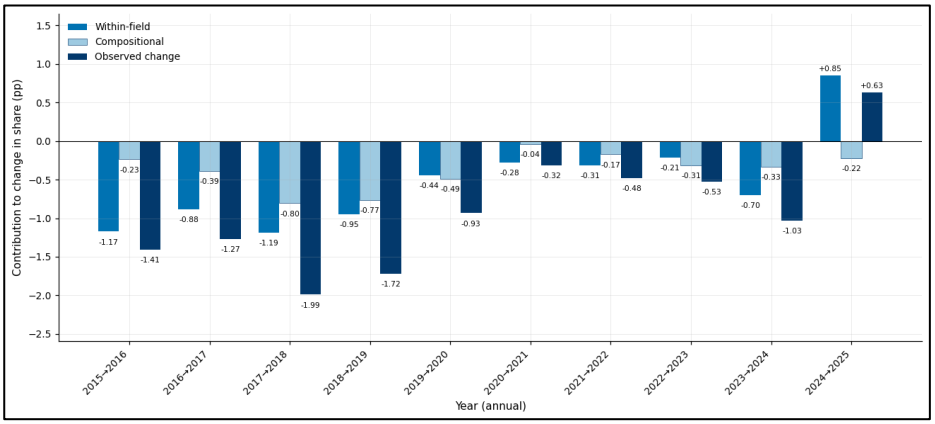


图4. 总体单作者占比变化的同比同比分解，年度数据，2015年至2025，单位为百分点。

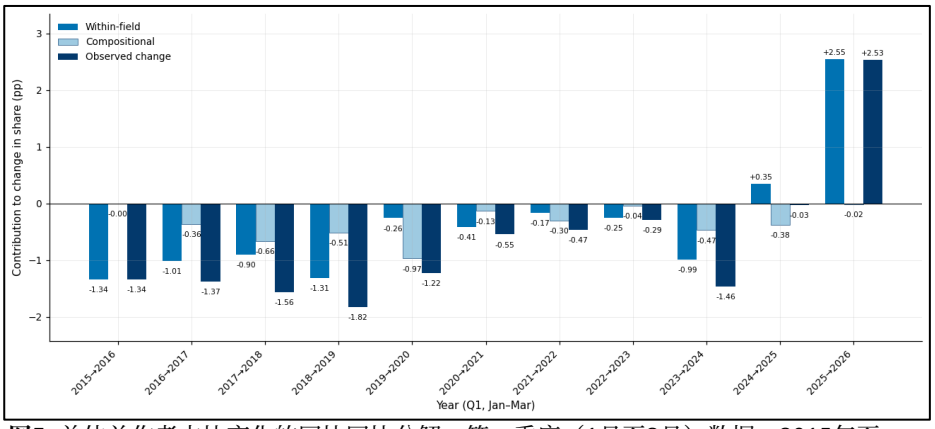


图5. 总体单作者占比变化的同比同比分解，第一季度（1月至3月）数据，2015年至2026，单位为百分点。

第二个研究问题（RQ2）关注总体单作者占比的变化在多大程度上反映的是各领域内部的变化，而非arXiv投稿在各领域之间的构成变化。类别内单作者占比与总体占比一并报告，并且第4节所述的固定构成反事实针对整个窗口以及最近的同比转变进行了计算。这使得我们能够针对每一次比较说明，所观察到的变化中有多少与类别内变化相关，有多少与构成变化相关。

在整个时间跨度内，下降主要来自领域内变化。2015年至2025年，单作者占比下降了9.04个百分点，从20.40%降至11.36%。领域内比率变化造成了其中5.57个百分点的降幅（约62%）；而构成转变，即占比转向单作者率较低的领域（尤其是计算机科学），则造成了其余3.47个百分点的降幅。第一季度分析得出的拆分结果十分接近，领域内变化约占64%。其他加权约定，例如将参考构成固定为较晚年份的构成，或对两个端点取平均，只会小幅改变具体比例，领域内变化仍是更大的贡献因素。

近期的反转更明显地源于领域内变化。从2025年第一季度到2026年第一季度，占比上升了2.53个百分点，其中领域内变化贡献了2.55个百分点，构成变化贡献了−0.02个百分点。年度层面也呈现相同模式：2024年至2025年间，领域内变化贡献了+0.85个百分点，而构成变化贡献了−0.22个百分点。

图4和图5展示了年度序列和第一季度序列的同比分解。在研究期间的每一年，构成成分均为负值，这反映出单作者率较低的领域持续增长；而领域内成分在下降期间始终为负，并在2024–2025年转为正值。在第一季度数据中，该成分于2025年转为正值，比第一季度占比本身上升早一年。因而，计算机科学的持续增长只是对近期的上升产生了轻微抑制作用，而非推动因素；这一反转不能归因于arXiv投稿学科构成的变化。

7. 类别间差异（RQ3）

类别 2016	年 2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026*			
CS	-2.45	-1.74	-1.46	-0.98	-0.48	-0.42	-0.60	-0.06	-0.66	0.88	2.04
物理学	-1.01	-0.34	-1.11	-0.55	-0.84	-0.08	-0.10	-0.27	-0.75	0.09	1.93
Math	-0.63	-1.04	-1.09	-1.23	-0.27	-1.16	-0.13	-0.61	-0.77	1.15	1.61
Stat	-2.01	-1.74	-2.03	-1.12	0.00	1.71	0.38	-0.93	0.32	2.13	3.05
EESS	1.21	1.71	-0.80	-1.58	-0.19	0.13	-0.87	0.29	-0.56	0.99	1.50
定量生物学	-1.54	-0.82	-0.52	-1.90	1.37	-1.90	-0.54	0.15	-0.89	0.59	5.75
q-fin	-0.90	-3.58	2.29	-4.53	2.85	-1.00	-0.24	2.37	-3.54	7.46	2.43
Econ	-5.11	4.49	9.59	-5.92	0.96	1.85	-0.28	1.77	-2.52	5.73	0.35

表 4. 2016 年至 2026 年各类别内单作者占比的年度同比变化（百分点）。

*2026 年为部分数据。

类别 2016	年 2017	2018	2019	2020		2021	2022	2023	2024	2025	2026	
CS	-1.95	-2.12	-1.07	-1.74	-0.49	-0.31	-0.82	0.29	-1.11	0.29	2.63
物理学	-1.47	-0.43	-0.49	-1.14	0.07	-0.87	0.15	-0.25	-0.54	-0.47	2.08
Math	-0.80	-1.18	-1.43	-0.68	-0.58	-1.13	0.59	-1.63	-1.37	1.16	2.23
Stat	-3.23	-1.60	-1.04	-2.69	-0.44	2.17	0.24	-0.91	0.39	0.80	3.93
EESS	0.00	5.88	2.50	-3.65	-0.58	0.84	-1.34	1.03	-0.80	-0.06	2.49
定量生物学	-0.48	-0.69	0.77	-1.87	0.22	-1.12	0.06	-0.43	-3.33	0.34	7.20
q-fin	6.53	-4.14	-5.02	-0.29	4.92	-2.64	-0.26	2.60	-7.16	6.13	6.35
Econ	0.00	0.00	25.66	2.05	-1.54	-4.15	1.41	0.34	-2.20	7.78	1.03

表 5。 2016 年至 2026 年第一季度（1月至3月）各类别的类别内单作者占比同比变化（百分点）。

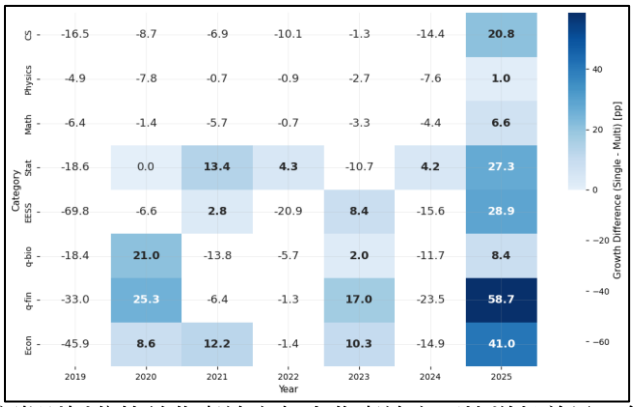


图6。 按类别划分的单作者论文与多作者论文同比增长差异，年度，2019年至2025年，以百分点表示（加粗数值表示单作者增长超过多作者增长的年份）。

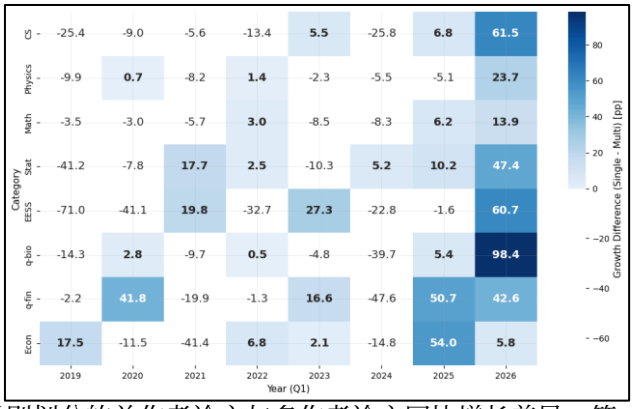


图7。 按类别划分的单作者论文与多作者论文同比增长差异，第一季度（一月至三月），2019年至2026年，以百分点表示。

第三个研究问题（RQ3）关注观测到的趋势以及近期偏离这些趋势的情况，是否在八个arXiv顶级类别之间存在差异。

我们计算了2015年至2025年间每个年份各类别的类别内单作者占比，以及2015年至2026年间每年第一季度各类别的类别内单作者占比，并按类别报告同比变化。与RQ1相一致，我们比较了各类别内单作者论文与多人署名论文的同比增长，从而可以评估近期单作者论文增长更快这一变化是否在类别层面同样可见。

表4和表5分别报告了年度层面和第一季度层面的类别内单作者占比同比变化。在整个期间投稿量均较大的类别中，无论在哪个层面，类别内占比几乎每年都从2015年至2024年下降。在年度层面，从2024年到2025年，以及在第一季度层面，从2025年第一季度到2026年第一季度，八个顶级类别中的每一个类别的类别内单作者占比均有所上升。这些增长出现在规模和基准单作者率均存在显著差异的类别中，表明这一逆转是该时期的普遍特征，而不是任何单一领域造成的偶然现象。

RQ1中的增长比较显示，2025年单人署名论文在总体层面的增长速度首次超过多人署名论文；这一趋势在每个类别中也都成立。图6和图7展示了各类别、各年份单人署名论文与多作者论文同比增长率之间的差异，其中加粗的数值标示单作者增长超过多作者增长的单元格。若干规模较小的类别在2019年之前的数据有限：当时电气工程与系统科学和经济学尚未成为arXiv上的成熟类别，而q-fin和定量生物学的投稿量较少。因此，图中展示的是2019年及之后的结果。

在年度层面，2025 年单作者增长超过多人署名增长；在第一季度层面，2026 年也呈现这一情况。年度层面上，2016 年至 2024 年间，每年出现这种情况的类别最多为四个（2023 年），且从未出现在计算机科学、物理学和数学这三个规模最大的类别中。第一季度层面上，2016 年至 2024 年间，每年出现这种情况的类别最多为五个（2022 年），2025 年则有六个。自 2016 年以来，2025 年年度数据和 2026 年第一季度数据首次显示，所有八个类别的单作者增长均同时高于多人署名增长。因此，这些结果从类别层面印证了 RQ1 中记录的总体层面相同趋势。

8. 作者名单随时间的稳定性验证

较早快照	较晚快照	年份 已用时间	单人 → 多人署名（数量）	多人署名 → solo（数量）	单人 → 多人署名 (%)	多人署名 → 单人 (%)	Solo 论文 仍为单人 (%)	多人署名 论文 仍为多人署名 (%)	单人 → 多人署名（% 每年）	多人署名 → 单人（% 每年）
v72	v124	1	256	83	0.058	0.005	99.94	99.99	0.058	0.005
v72	v175	2	375	122	0.086	0.008	99.91	99.99	0.043	0.004
v72	v227	3	448	159	0.103	0.010	99.90	99.99	0.034	0.003
v72	v281	4	511	176	0.117	0.011	99.88	99.99	0.029	0.003
v124	v175	1	305	79	0.066	0.004	99.93	99.99	0.066	0.004
v124	v227	2	437	141	0.095	0.008	99.91	99.99	0.048	0.004
v124	v281	3	524	166	0.114	0.009	99.89	99.99	0.038	0.003
v175	v227	1	286	112	0.059	0.006	99.94	99.99	0.059	0.006
v175	v281	2	427	159	0.088	0.008	99.91	99.99	0.044	0.004
v227	v281	1	349	126	0.068	0.006	99.93	99.99	0.068	0.006

表 6。 两个 arXiv 快照之间作者数量以及单人署名和多人署名状态保留情况的变化率。经过的年数四舍五入到整数。

数据集中最近发布的论文（即 2025 年和 2026年初提交的论文）相较于较早的论文，作者名单发生变化的时间更短。因此，在根据最近几年的数据得出任何结论之前，有必要确认单作者署名近期的增加并非仅仅源于经过时间的差异。令人担忧的是，一些最初以单一作者发布的论文后来可能会增加作者，从而变为多作者论文；而对于接近最近一次快照日期发布的论文，这一过程可能尚未完成。

为衡量论文发布后作者名单实际发生变化的频率，我们直接比较第 2 节所述的五个快照。对于最新快照中存在的每篇论文，我们沿着该论文出现过的每个更早快照追溯其作者数量，从而能够跟踪同一篇论文最多四年的变化。对于每一对快照，我们计算从单人署名变为多人署名的论文数量，以及从多人署名变为单人署名的论文数量，并分别以总数和经过时间每年的变化率表示。随后使用测得的变化率，评估不同论文经过时间的差异对近期研究结果的敏感程度。

第一个发现是，论文首次发布后，作者名单非常稳定。表6报告了每对快照之间的变化率：单作者论文增加一位或多位合著者的比率、多作者论文缩减为单一作者的比率，以及保留原始状态的论文比例。在所有

十对快照中，单作者论文增加合著者的比率低于每经过一年0.07个百分点，多作者论文缩减为单一作者的比率则低于每年0.01个百分点。在2022年4月快照中为单作者论文的论文里，99.88%在四年后的2026年4月快照中仍为单作者论文（435,268篇单作者论文中，只有511篇增加了作者）。多作者论文的相应比例为99.99%。因此，首次发布后作者名单的变化十分罕见，而且在整个时期内大致保持稳定，并未集中在某些特定年份。

由于这些比率非常低，它们可能给近期研究结果带来的偏差微不足道。即使按照任意一组快照中测得的最高共同作者添加率，将2026年第一季度的单作者占比下调一个额外年度经过时间内预期的流失量，2025年第一季度至2026年第一季度的增幅仍将为2.19个百分点，而观测值为2.20个百分点。因此，近期单作者署名的上升无法用最近发布的论文留给作者名单变化的时间有限来解释。

9. 使用 OpenAlex 验证研究结果

Year	总计	单人署名 占比 (%)	单人署名 增长 (%)	多人署名 增长 (%)	总计 Q1	单人署名 占比 第一季度（%）	单人署名 增长 第一季度（%）	多人署名 增长 第一季度 (%)
2015	7,299,686	39.27	-	-	3,640,349	47.14	-	-
2016	7,369,968	35.08	-9.81	7.93	3,647,791	39.84	-15.30	14.03
2017	6,984,103	33.69	-8.99	-3.20	3,204,317	38.79	-14.47	-10.63
2018	6,894,456	32.58	-4.54	0.37	2,919,200	38.81	-8.86	-8.92
2019	7,171,218	31.79	1.50	5.23	2,930,882	37.48	-3.06	2.59
2020	7,301,671	29.98	-4.00	4.53	2,908,002	36.21	-4.14	1.24
2021	6,728,597	25.48	-21.67	-1.93	2,509,131	30.65	-26.96	-6.20
2022	6,138,569	22.52	-19.36	-5.15	2,034,275	24.85	-34.25	-12.15
2023	6,415,299	22.44	4.14	4.62	2,125,030	25.99	9.24	2.88
2024	6,765,443	20.90	-1.80	7.56	2,135,933	24.84	-3.92	2.07
2025	7,979,834	22.95	29.52	14.89	2,381,705	26.72	19.94	8.72
2026*	3,880,584	30.28	-	-	2,548,720	30.55	22.34	1.42

表7。 2015–2026年 OpenAlex 中文章类型的单人署名和多人署名年度及第一季度投稿。*2026年数据不完整

对这些研究结果的一个担忧是，它们完全依赖 arXiv 的数据，而 arXiv 涵盖的是一组特定类别，无法代表全部科学研究。为评估这些研究结果是否也能在不同数据源中观察到，研究使用了 OpenAlex

数据库重复进行了核心分析。研究使用官方 OpenAlex API，检索了所有发表于2015年到2026年5月（检索日期）期间、类型为“文章”的记录；这些记录不包括预印本，且主要涵盖同行评审出版物。随后，研究基于这些数据进行了相同的单人署名和增长分析。表7报告了结果。

研究结果与 arXiv 得出的结果一致：在所研究的时间范围内，2025 年是年度层面上单人署名文章的增长首次超过多作者文章的一年。2025 年与 2026 年的第一季度比较也呈现出类似模式：单人署名文章增长了 22.34%，多作者文章增长了 1.42%；不过，在此前三个年份（2018、2023 和 2025 年），单人署名文章第一季度的增长率也更高。单人署名文章的占比本身从 2025 年第一季度的 26.72% 上升至 2026 年第一季度的 30.55%。鉴于 OpenAlex 和 arXiv 的覆盖范围、元数据各不相同，且 OpenAlex 存在已知的质量局限，两者的数据不应被期待完全一致；不过，两项分析在定性层面上的一致性降低了这样一种可能性：本文所记录的逆转是 arXiv 平台或其元数据实践所特有的。

需要指出的是，尽管 OpenAlex 的覆盖范围广得多，但其数据的质量和一致性一直受到质疑（Alonso-Álvarez 与 Van Eck，2025；Forchino 与 Torres-Salinas，2026）。OpenAlex 也可能存在索引延迟、近期出版物覆盖不全，以及因来源重叠而产生重复记录等问题。这些担忧在本文中特别值得关注：本研究聚焦于单作者署名近期可能出现的变化，而最新记录是分析的核心，同时也最可能包含尚未发现和纠正的错误。因此，OpenAlex 仅用于对基于 arXiv 的主要研究结果进行稳健性检验，而非作为主要数据源。未来研究可待 OpenAlex 最新记录中的错误有时间得到发现和纠正后，再重新考察该数据库。进一步的工作可以进行同类对比：将 OpenAlex 的范围限定为本文所研究的 arXiv类别涵盖的领域，并检验两个来源是否呈现相同的模式。

10. 使用2026年10月发布版验证研究结果

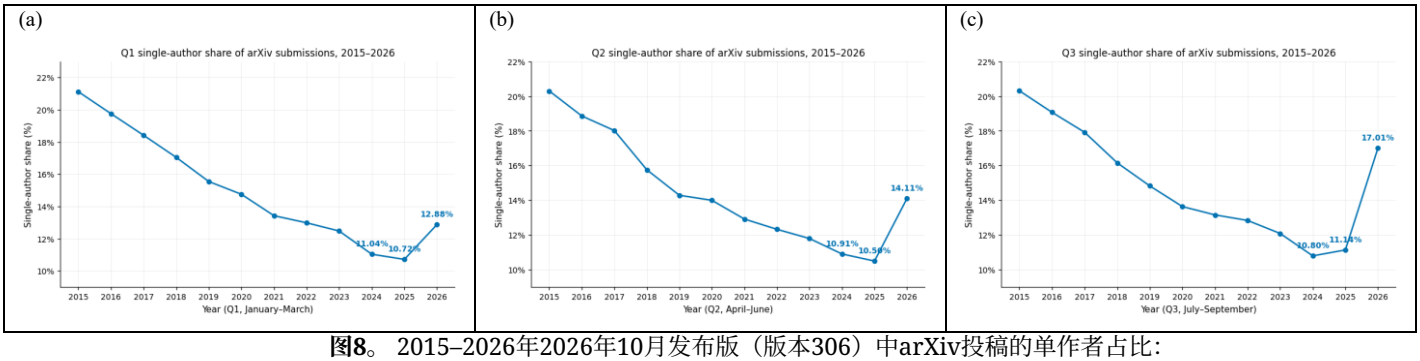


图8。 2015–2026年2026年10月发布版（版本306）中arXiv投稿的单作者占比: (a) 第一季度（1月至3月），(b) 第二季度（4月至6月），(c) 第三季度（7月至9月）。

初步分析以2026年4月发布的版本281为终点。为验证这些结果，研究者使用2026年10月发布的版本306重复了分析。此举有两个目的：确认先前研究结果的稳健性，并评估在现已具备2026年九个月数据的情况下，观察到的模式如何演变。复现工作分为两部分。首先，使用版本306的数据重现此前的全部分析。这一步旨在处理作者名单随时间变化等潜在问题，例如，最初为单人署名的论文后来增加了其他作者。其次，由于2026年10月发布版涵盖2026年前三个季度，因此将第二季度和第三季度作为额外的分析单元，先量化第二季度、再量化第三季度的单作者论文占比变化。

完整重复此前的分析后，确认了原有的研究结果。纳入额外月份后，2026年的单作者论文占比实际上从此前报告的12.99%（一月至4月初）上升至14.83%（一月至9月）。对于第一季度数据，占比仅略微下降，从12.93%降至12.88%。这些结果进一步印证了此前的研究结果，并表明观察到的趋势具有持续性。

最终分析将早期研究对第一季度的关注范围扩展至第二季度和第三季度。如图8所示，结果表明，已识别出的趋势在这两个季度进一步增强。2026年第二季度单作者论文的占比上升至14.11%，高于2025年第二季度的10.50%，并超过2026年第一季度的12.88%。第三季度的增幅更为明显：17.01%的论文为单作者论文，而这一比例在2025年第三季度为

11.14%。总之，这些研究结果印证了早期结论：与2025年同季度相比，差距从第二季度的3.61个百分点扩大至第三季度的5.87个百分点。

不过，值得注意的是，2026年10月1日，arXiv更新了其投稿速率限制政策（Boboris，2026）。现在，每位投稿者每个日历月最多只能提交两篇新投稿。因此，未来的分析可能会发现，单人署名投稿有所减少，这一变化可归因于该政策。由于投稿只计入提交者本人的配额，而不计入其他合作者的配额，这项政策也可能鼓励合作：团队可以由多位投稿者分摊论文，而单一作者则无法做到这一点。

11. 结论

本文分析了2015年至2026年初发布于arXiv的论文数据集，以确定单作者论文占比随时间的变化，重点考察长期以来单作者署名占比持续下降的趋势是否延续，或在最近一段时期发生了转变。结果显示，单作者占比从2015年至2024年稳步下降，随后在2025年和2026年初出现逆转：单作者占比在年度和第一季度层面均有所上升；在所研究的时间范围内，单作者论文数量首次比多作者论文数量增长得更快。进一步分析表明，最近的逆转出现在全部八个arXiv顶级类别中，反映的是各领域内部的真实变化，而非arXiv投稿在不同领域间构成的变化，也不是近期发布的论文中作者元数据不完整或不断变化所造成的假象。

本研究的动机源于人工智能工具的迅速普及，以及这样一种假设：这些工具使更多研究人员能够独立开展工作。然而，一个重要的局限是，本分析记录了单作者署名近期出现的逆转，却没有检验这是否由人工智能所致。未来研究可以直接检验这种联系：调查问卷可以询问研究人员，人工智能工具是否会影响他们独自工作的决定；全文分析则可以比较单人署名论文和多作者论文中人工智能使用情况的估计值。另一种研究方向是长期追踪个别研究人员，观察采用人工智能工具的人是否更有可能独自发表论文。归根结底，本研究

为科学出版领域有关作者身份和团队规模演变的持续研究贡献了新的成果，并确立了一种值得进一步探究的经验模式。

稿件准备过程中生成式人工智能和人工智能辅助技术的声明。

在本研究工作的准备过程中，作者使用了Anthropic的Opus 4.7和Opus 5.5，以辅助写作、总体准备以及本研究的代码编写。作者还使用了Google的Gemini 3.1 Pro来提出可视化建议并辅助编程。在使用这些工具/服务之后，作者根据需要对内容进行了审阅和编辑，并对已发表文章的内容承担全部责任。

参考文献

Alonso-Álvarez, P.，和 Van Eck, N. J.（2025）。OpenAlex 中非洲研究出版物的覆盖范围、元数据完整性与准确率：一项比较分析。*Quantitative Science Studies*，*6*，1336–1357。https://doi.org/10.1162/QSS.a.396 Alsudais, A.（2025a）。ChatGPT 发布后科学可读性的变化探究。*Journal of Informetrics*，*19*（3），101679。https://doi.org/10.1016/j.joi.2025.101679 Alsudais, A.（2025b）。使用公开数据训练视觉人工智能模型：隐私与可用性方面的担忧。*Communications of the Association for Information Systems*，*56*（1），1。https://doi.org/10.17705/1CAIS.05609 arXiv。（2026）。关于 *arXiv*。https://info.arxiv.org/about/index.html Boboris, K.（2026年10月1日）。公平的内容审核、公平获取与人工智能：*arXiv* 的更新后的速率限制政策。arXiv。https://blog.arxiv.org/2026/10/01/updated- rate-limit-policy Bornmann, L.，和 Osório, A.（2019）。多作者出版物的价值与贡献。*Journal of Informetrics*，*13*（2），540–554。https://doi.org/10.1016/j.joi.2019.03.001 Dell'Acqua, F.、Ayoubi, C.、Lifshitz, H.、Sadun, R.、Mollick, E.、Mollick, L.、Han, Y.、Goldman, J.、Nair, H.、Taub, S.，和 Lakhani, K.（2026）。控制论队友：生成式人工智能重塑团队合作与专业知识的现场实验。*Organization Science*。Erfanmanesh, M.，和 Torabi, M.（2026）。跨学科的独著：长期趋势与引文影响力。*The Serials Librarian*，*87*（1–2），59–69。https://doi.org/10.1080/0361526X.2025.2603284 Feng, Y.，和 Liu, Y.（2026）。对氛围式研究的前瞻性观察（版本1）。arXiv。https://doi.org/10.48550/ARXIV.2604.00945

Forchino, M. V.，和 Torres-Salinas, D.（2026）。OpenAlex 数据库评述：评估其应用、能力与局限性。*Journal of Informetrics*，*20*（2），101800。https://doi.org/10.1016/j.joi.2026.101800 Jakab, M.、Kittl, E.，和 Kiesslich, T.（2024）。作者数量多少才算（太）多？对生物医学出版物作者身份的回顾性描述分析。*Scientometrics*，*129*（3），1299–1328。https://doi.org/10.1007/s11192-024- 04928-1 Kousha, K.，和 Thelwall, M.（2026）。ChatGPT 之后，大语言模型在多大程度上改变了学术论文的语言？一项多数据库与全文分析研究。*Scientometrics*。https://doi.org/10.1007/s11192-026-05601-5 Kusumegi, K.、Yang, X.、Ginsparg, P.、De Vaan, M.、Stuart, T.，和 Yin, Y.（2025）。大语言模型时代的科学产出。*Science*，*390*（6779），1240–1243。https://doi.org/10.1126/science.adw3000 Larivière, V.、Gingras, Y.、Sugimoto, C. R.，和 Tsou, A.（2015）。团队规模很重要：自1900年以来的合作与科学影响力。*Journal of the Association for Information Science and Technology*，*66*（7），1323–1332。https://doi.org/10.1002/asi.23266 Lehr, S. A.、Caliskan, A.、Liyanage, S.，和 Banaji, M. R.（2024）。作为研究科学家的 ChatGPT：探究 GPT 作为研究图书馆员、研究伦理学家、数据生成器和数据预测器的能力。*Proceedings of the National Academy of Sciences*，*121*（35），e2404328121。https://doi.org/10.1073/pnas.2404328121 Lin, Y.、Li, L.，和 Wu, L.（2025）。团队规模及其对颠覆指数的负面影响。*Journal of Informetrics*，*19*（3），101678。https://doi.org/10.1016/j.joi.2025.101678 Madanchian, M.，和 Taherdoost, H.（2025）。人工智能对研究效率的影响。*Results in Engineering*，*26*，104743。https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104743 Mohammadi, E.、Thelwall, M.、Cai, Y.、Collier, T.、Tahamtan, I.，和 Eftekhar, A.（2026）。生成式人工智能是否正在全球范围内重塑学术实践？关于采用、益处与担忧的调查。*Information Processing & Management*，*63*（1），104350。https://doi.org/10.1016/j.ipm.2025.104350 Praus, P.（2025）。关于科学领域单作者论文主题的短论。*Scientometrics*，*130*（5），3071–3088。https://doi.org/10.1007/s11192-025-05315-0

附录：

A. 团队/单人作者分类器

arXiv编号	作者	人工标注	分类器
hep-th/0508179	Jorgen Rasmussen	Solo	Solo
2310.10057	Toshihiro Nakanishi	Solo	Solo
nucl-ex/0406027	Burt Holzman（代表 PHOBOS Collaboration）	Team	Team
1304.6386	ATLAS 合作	Team	Team
2009.12628	CMS 合作组	Team	Team
2404.07708	Valery I. Kovalchuk	Solo	Solo
2311.08231	HIKE 合作组	Team	Team
cond-mat/0 607020	Joachim Ankerhold	Solo	Solo
quant-ph/0 612217	Alexander Jurisch	Solo	Solo
1311.2332	Benjamin Antieau	Solo	Solo

表 A.1。 验证样本示例：人工标注和分类器标签

Year	论文	单人署名-论文（原始）	单人署名-署名（原始）占比（%）	单人署名-署名（严格）	单人署名-署名（严格）占比（%）	重新分类	重新分类占比（占单人署名-撰写）
2015	105,130	21,637	20.58	21,054	20.03	583	2.69
2016	113,440	21,830	19.24	21,346	18.82	484	2.22
2017	123,781	22,293	18.01	21,688	17.52	605	2.71
2018	140,377	22,811	16.25	22,265	15.86	546	2.39
2019	155,917	23,180	14.87	22,658	14.53	522	2.25
2020	178,275	24,763	13.89	24,408	13.69	355	1.43
2021	181,599	23,895	13.16	23,484	12.93	411	1.72
2022	185,987	23,566	12.67	23,117	12.43	449	1.91
2023	209,223	25,149	12.02	24,681	11.80	468	1.86
2024	243,690	26,581	10.91	26,108	10.71	473	1.78
2025	284,161	31,850	11.21	31,368	11.04	482	1.51
2026*	85,475	11,101	12.99	10,958	12.82	143	1.29

表 A.2。根据原始定义和严格定义统计的单作者 arXiv 论文，2015–2026年。*2026年的部分数据

本附录补充说明第 3 节中的分类器。该分类器应用于所有解析后的作者列表包含单个条目的论文；如果满足以下两条规则中的任意一条，则将论文标记为团队论文：(1) 作者条目包含“合作”或“联盟”一词；或 (2) 条目包含“for”或

“on behalf of,”随后在下文出现“合作”、“组”、“团队”或“联盟”。这些规则在 Python 中通过以下两个正则表达式实现，且二者均忽略大小写：

```
import re COLLAB_NAME_RE = re.compile(r'\b(合作|联盟)\b', re.IGNORECASE) REPR_RE =
re.compile(r'(for the|on behalf of|for)\b.*\b(合作|group|team|联盟)\b', re.IGNORECASE)
```

关于分类器的性能，由于验证样本中过度
包含了被分类器标记为合作的论文，其中有 100 篇团队论文
和 150 篇确实为单人署名的论文。这种划分并未反映它们在完整数据集中的占比。
将团队论文视为正类时，分类器得出了 100 个真正例
、150 个真负例，且没有假正例或假负例，因此精确率，
召回率和准确率均为 100%（准确率的 95%置信区间：98.5–100%）。
在 250 个样本中完全一致，并不能排除整个数据集中存在罕见错误，但
鉴于重新分类的影响较小（表 A.2），此类错误不太可能影响
研究结果。

表 A.1 展示了验证样本中的十篇论文及其人工标注和分类器标签。表 A.2 报告了根据原始定义和严格定义统计的单作者论文年度数量及占比。本表旨在展示重新分类的影响。按照这两种定义，占比均在 2024 年降至最低点，随后回升：按照严格定义，2025 年为 10.71%，2026 年已有月份为 12.82%，而原始定义下相应比例分别为 10.91%、11.21% 和 12.99%。

B. 年份间变化的统计检验 ges

比较	变化（百分点）	合并标准误 (pp)	z	p	95%置信区间（百分点）	显著 (α = 0.05 / Bonferroni校正)
2015 → 2016	−1.34	0.17	−7.83	< 0.0001	−1.67至−1.00	是 / 是
2016 → 2017	−1.23	0.16	−7.71	< 0.0001	−1.55 至 −0.92	是 / 是
2017 → 2018	−1.76	0.15	−12.00	< 0.0001	−2.05 至 −1.47	是 / 是
2018 → 2019	−1.38	0.13	−10.38	< 0.0001	−1.64 至 −1.12	是 / 是
2019 → 2020	−0.98	0.12	−8.03	< 0.0001	−1.22 至 −0.74	是 / 是
2020 → 2021	−0.73	0.11	−642	< 0.0001	−0.96 至 −0.51	是 / 是
2021 → 2022	−0.49	0.11	−441	< 0.0001	−0.70 至 −0.27	是 / 是
2022 → 2023	−0.65	0.10	−621	< 0.0001	−0.86 至 −0.44	是 / 是
2023 → 2024	−1.11	0.09	−11.73	< 0.0001	−1.30 至 −0.93	是 / 是
2024 → 2025	+0.30	0.09	+347	0.0005	0.13 至 0.47	是 / 是

表 B.1. 2015–2025 年年度单人署名占比同比变化的双比例 z 检验。

比较	变化（百分点）	合并标准误 (pp)	z	p	95%置信区间（百分点）	显著 (α = 0.05 / Bonferroni校正)
2015 → 2016	−1.36	0.35	−384	0.0001	−2.05 至 −0.66	是 / 是
2016 → 2017	−1.34	0.33	−406	< 0.0001	−2.00 至 −0.69	是 / 是
2017 → 2018	−1.38	0.31	−448	< 0.0001	−1.98 至 −0.77	是 / 是
2018 → 2019	−1.49	0.28	−5.30	< 0.0001	−2.05 至 −0.94	是 / 是
2019 → 2020	−0.79	0.26	−302	0.0026	−1.30 至 −0.28	是 / 是
2020 → 2021	−1.33	0.24	−5.51	< 0.0001	−1.80至−0.86	是 / 是
2021 → 2022	−0.44	0.23	−1.95	0.052	−0.89 至 0.00	否 / 否
2022 → 2023	−0.51	0.22	−2.32	0.021	−0.94 至 −0.08	是 / 否
2023 → 2024	−1.43	0.20	−7.17	< 0.0001	−1.82 至 −1.04	是 / 是
2024 → 2025	−0.32	0.18	−1.80	0.072	−0.67 至 0.03	否 / 否
2025 → 2026	+2.20	0.17	+12.78	< 0.0001	1.87 至 2.54	是 / 是

表 B.2. 2015–2026年第一季度（一月至三月）单作者占比同比变化的双比例 z 检验。

本附录补充了第5节中的结果。我们使用表2（年度）和表3（第一季度）中的数量，通过双比例 z 检验，将每年的单作者占比与前一年进行比较。该检验采用合并标准误，根据两年的数据估计一个共同占比。这是恰当的，因为该检验评估的是占比没有变化这一零假设；在该假设下，两年

这些年份的底层占比相同。95%置信区间采用未合并标准误，因为它们估计的是变化幅度，不假设变化为零。显著性检验还采用经邦费罗尼校正的阈值：十项年度比较的阈值为 0.005，十一项第一季度比较的阈值为 0.0045。

在年度层面（表 B.1），每一项变化都具有统计学显著性，包括 2025 年的增长。由于 2026 年部分年度数据无法与 2025 全年数据比较，因此不对其进行检验。在第一季度层面（表 B.2），2026 年的增长高度显著，而 2022 年和 2025 年较小幅度的下降并不显著；2023 年的下降经校正后也不显著。因此，第一季度占比在 2024 年至 2025 年间基本持平，随后于 2026 年大幅上升。