科学的多重公众：
利用替代计量学识别不同科学领域常见的传播渠道

丹尼尔·托尔 res-Salinas[1], Domingo Docampo[2], Wenceslao Arroyo-Machado[1], 和 Nicolas Robinson-Garci a[1]

[1] 信息与传播科学系，格拉纳达大学[2] 大西洋信息与通信技术研究中心，维戈大学

摘要

替代计量学通过社交媒体互动推动了对科学开展新的定量研究。然而，目前还没有能够回应非学术渠道多样性的科学传播模型。通过分析在主要渠道（Twitter、新闻、脸书、维基百科、博客、政策文件和同行评审）中替代计量学提及量最高的3653位作者及其出版物（2016-2020年），研究确定了各学科的受众分布在哪里。结果揭示了这些新传播模型的共性与特性，以及不同领域之间的差异。这些发现有助于制定科学传播政策和策略。

关键词

替代计量学；社交媒体；科学传播；传播政策

1 引言

一方面，社交媒体的兴起，另一方面，开放科学的发展，都增加了科学传播过程的复杂性。平台数量成倍增加，传播过程的方向性也有所扩展，过程两端出现了多个利益相关者，而且传播并不总是由科学传播者参与（Bray 等人，2012）。如今，科学文献在 Twitter、脸书、维基百科或博客等平台上得到广泛讨论和分享（Arroyo-Machado 等人，2022；Alperin 等人，2019；Enkhbayar 等人，2020；Robinson-Garcia 等，2017；Shema 等人，2012），也见于传统新闻媒体和网络大众媒体（Moorhead 等人，2021）。此外，开放科学政策也推动科学家提高研究过程的透明度，并积极与社会互动（Grand 等人，2012；Zastrow，2020）。原则上，透明与开放固然值得提倡，但这也为公开讨论尚未得到证实的科学发现打开了大门。例如，在新冠肺炎疫情期间，大量预印本得以公开发表（Fraser 等人，2021；T. Nane 等人，2021），引发了基于存疑数据的在线公众讨论（Torres-Salinas 等人，2020）。

科学文献的大规模、多渠道传播带来了诸多挑战：如何缓解与错误信息或对科学的不信任相关的问题，以及如何将科学知识传递给社会，从而有可能促成知情决策，尤其是在卫生政策（van Schalkwyk 等，2020）或风险管理（Nane 等，2021）等领域。对此，科学文献通常关注决策过程、受众识别、报道与传播策略，或确定合适的传播渠道等主题（Fischhoff，2013年；Logan，2001）。本文聚焦于最后一个方面。

我们的目标是识别个人分享、讨论和参与科学文献的传播渠道。更具体地说，我们旨在考察不同科学领域之间的差异，以了解领域特有的动态如何影响科学出版物的分享渠道。为此，我们提出运用科学计量学技术，识别科学文献在学术界之外的提及，这也被称为“替代计量学”（Priem，2014）。我们考察了超过 200,000 名研究人员，并识别出他们的科学产出。随后，我们选出其作品获得替代计量学提及数量最多的研究人员，并分析其科学产出通过各种传统和在线渠道（即 Twitter、博客、脸书、政策文件、新闻媒体）分享的情况。我们依据个人的科学产出将其划分到不同领域。然后，我们根据各领域具体使用的传播渠道，刻画其独特之处。

本文的贡献有两方面。首先，本文整合了两类文献：1）关于替代计量学及其在科学定量研究中的潜在用途的实证研究；2）关于科学传播模式的理论研究。其次，通过识别不同科学领域中传播渠道的重要性，

本文提供了实证证据，说明应探索哪些传播渠道，以便更好地了解公众如何讨论和获取科学信息，进而为决策者在机构层面设计传播活动和策略提供参考。

本文组织如下：首先，我们回顾相关文献，重点关注社交媒体中产生的科学与社会互动和传播渠道的多样性，以及不同科学领域的具体特征。其次，我们介绍数据以及所开展的统计分析。第三，我们呈现分析结果，展示在不同科学领域中发现的独特性。最后，我们通过讨论研究发现并强调其对科学传播的实用价值作出结论。

2 文献综述

2.1 科学与社会互动和社交媒体

尽管历史上科学传播一直被视为单向过程（Riise，2008），但我们知道，科学与社会通过多种机制相互作用，影响并塑造彼此的发展（Ramos-Vielba 等，2022年）。这些机制是非线性的，在不同类型的知识、利益相关者或平台之间也并不相同。科学并不凌驾于社会之上，反之亦然（Camic 等，2011）。科学传播在不同参与者之间展开，专家或专业人士不再是必需的参与者（Logan，2001）。社交媒体通过为用户提供公开发布和传递信息的平台，最大限度地发挥了这种非线性传播模式的作用（Costas 等，2021）。各种类型的参与者都有可能参与这场对话（Davies 和 Hara，2017；Kavanaugh 等，2012；Robinson-Garcia 等，2018）。

关于科学消费的研究表明，开放科学促进了研究成果在决策、职业发展、教育目的乃至休闲活动中的应用（Hicks 等，2022）。记者仍是传播研究成果的关键参与者，并为更广泛的公众担任科学的转译者和沟通桥梁（Brechman 等，2009；van Schalkwyk 和 Dudek，2022）。有证据表明，向更广泛公众介绍新研究成果的新闻媒体文章，例如，能够对专业实践产生重大影响（Hicks 等，2019）。Isett 和 Hicks（2020）通过一系列案例进一步探讨了媒体的这一作用，并修正了新闻媒体如何通过筛选和使用科学文献来强化政策制定的相关观点。关于社交媒体，大量研究聚焦于通过不同社交媒体平台传播科学信息。其中大多数研究关注虚假信息现象。例如，涉及新冠肺炎疫情期间 Twitter 的使用（Bogomoletc 等，2021）、反疫苗运动（van Schalkwyk 等，2020），或通过 WhatsApp 消息传播假新闻（Elías 和 Catalan-

Matamoros, 2020年) 等等。

这些例子表明，渠道、信息来源和受众的异质性，正使科学传播过程以及那些有意设计有效传播策略的人所面临的情况日益复杂（Fischhoff，2013）。找到能够识别和分析此类传播的方法，是更好地监测和设计传播项目的关键一步。

2.2 利用替代计量学监测科学的社会关注度

十多年来，评价性科学计量学领域一直在探索科学文献在学术界之外的使用情况，也就是引文之外的使用情况。2010年，“替代计量学”一词应运而生（Priem，2014）。这一术语的出现源于三大推动因素（Moed，2016）。第一，资助机构要求量化和衡量研究的社会影响（S paapen & Drooge，2011）。第二，学术传播体系迅速实现数字化转型，社交媒体也随之兴起（Sugimoto et al.，2017）。第三，开放获取运动呼吁提高科学文献的透明度和可获取性（Chan et al.，2002）。最初，人们将替代计量学视为引文指标的替代方案，因为它能够捕捉社交媒体上的提及，其速度快于引文传播到学术圈之外的速度（Eysenbach，2011；Wouters & Costas，2012）。然而，由于其定义宽泛，且缺乏证据证明它可用来替代引文，替代计量学很快便不再被看作引文指标的替代方案（Bornmann，2014；Haustein，2016）。

替代计量学最初指“基于社会网络开展研究的新指标，用于分析学术研究并为其提供参考”（Priem 等，2010）。然而，自其首次得到定义以来，纳入这一术语范畴的指标数量不断增加，涵盖范围也已超出社交媒体。这是因为商业替代计量数据提供商在替代计量学的扩展和应用中发挥了关键作用，其中主要有两家科学出版商施普林格·自然和爱思唯尔，它们分别通过旗下的 Altmetric.com 和 PlumX 推动了这一发展（Zahedi & Costas，2018）。目前，替代计量学所指的内容包括社交媒体上的提及、政策文件和临床指南中的引文、出现在图书馆目录中的记录，以及新闻媒体中的提及；随着替代计量学提供商不断扩充所提供的指标种类，这一范围还在持续扩大。

从科学传播的角度来看，这些渠道所发挥的作用是理解当下普通公众如何看待科学的关键。在这方面，替代计量学已被证明是重要的信息来源，可用于描绘科学家与公众之间的社会互动（Robinson- Garcia 等，2018），识别兴趣社群（Díaz-Faes 等，2019）、找出具有社会相关性的话题（Haunschild 等人，2019；Robinson-Garcia 等，2019），以及分析围绕科学的争议与辩论（G. F. Nane 等，2021；van Schalkwyk 等，2020）。这一转变是通过摒弃原始计数，并采用源自社会网络分析（Arroyo-Machado

等人，2021；Hellsten 等，2019）和科学映射（Costas 等，2021）的更先进技术实现的。

科学传播领域已经有一些尝试使用替代计量数据。例如，Yeo 等人（2017）将替代计量学用于遗传学领域的一项案例研究，该研究探讨了围绕一篇发表在《科学》上的科学论文所引发的争议。Alperin 等人（2019）利用替代计量学研究科学文献在 Twitter 上的扩散模式。最后，van Schalkwyk 等（2020年）追踪了新冠肺炎预印本的替代计量学提及，以研究南非新闻媒体对它们的报道。不过，目前仍缺乏对各领域最常用传播渠道差异的整体分析。

2.3 使用替代计量学的传播渠道差异

不过，目前仍缺乏一幅总体图景，说明这些替代计量数据源在不同领域中作为传播渠道所发挥的作用。我们知道，不同替代计量数据源之间存在根本差异。因此，替代计量数据提供商提供的许多数据源通常会被弃用（Robinson-García 等人，2014），因为其出现频率低且定义不明确（例如 Google Plus、YouTube、Syllabi）；而其他数据源则会得到更深入的研究（例如 Twitter、新闻媒体、维基百科提及、政策文件）。例如，关于 Twitter 的研究指出，它有助于识别感兴趣的话题或拥有共同兴趣的社群（Haunschild 等人，2019；van Schalkwyk 等，2020 年），但并不是了解公众科学参与的良好来源（Fang 等人，2021；Robinson-Garcia 等，2017）。对于脸书而言，替代计量学提供商通常会低估分享研究成果的数量，因为大多数分享都发生在私人空间，而非公共主页和群组中（Enkhbayar 等人，2020年）。

关于维基百科的研究表明，了解这一广泛使用的信息来源如何取材于科学文献至关重要（Singh 等人，2021），并展示了与学术视角相对的公众视角如何组织科学（Arroyo-Machado 等人，2020）。研究发现，在尝试了解科学如何呈现给公众时，新闻媒体和博客是最容易使用的替代指标。然而，有人对另类计量数据提供商如何收集这些数据提出了担忧（Ortega，2020）。Fleerackers 等人（2022）指出，尽管总体而言 Altmetric.com 的精确率较高、召回率也较为合理，但在未提供文献计量信息时，它识别科学文献提及情况的可靠性较低，尤其影响专著、会议报告、学位论文和非英语文献。最后，一个非常有趣的案例是政策文件。尽管其覆盖率较低（Bornmann 等人，2016；Fang、Costas 等人，2020），政策文件却受到科学计量学家的广泛关注。这一传播渠道有助于追踪科学向政策实践和建议的转化。因此，许多人开始推出专门用于捕捉政策文件中对科学文献提及情况的新数据源（Fang、Dudek 等人，2020；Pinheiro 等人，2021）。

2.4 科学领域之间的差异

分析替代计量学学科差异的研究似乎存在某种矛盾（Sugimoto等人，2017，第2046 页）。在许多情况下，这与所使用的替代计量学提供商存在差异有关（Ortega，2018；Zahedi& Costas，2018）。在其他情况下，这与用于识别科学文献的科学数据库有关。例如，Fang、Costas等人（2020年）检索Altmetric.com中对科学网收录论文的提及。他们发现，计算机科学和数学是讨论较少的领域。相反，Hassan等人（2017）使用 Scopus，发现化学和材料科学领域的文献获得的社交关注较少。

学科差异受到英语语言偏向（Ortega，2018）和地理区域的影响（Alperin，2015）。各国是否使用某些传播渠道也很重要。在中国或伊朗等无法访问 Twitter 的国家，人们使用这一渠道讨论科学文献的情况会影响全球范围内某些领域对该渠道的使用程度。此外，虽然社会科学和人文学科往往会在社交媒体上受到广泛讨论，但有证据表明，对于非英语科学而言，情况并非如此（Torres-Salinas 等人，2016）。

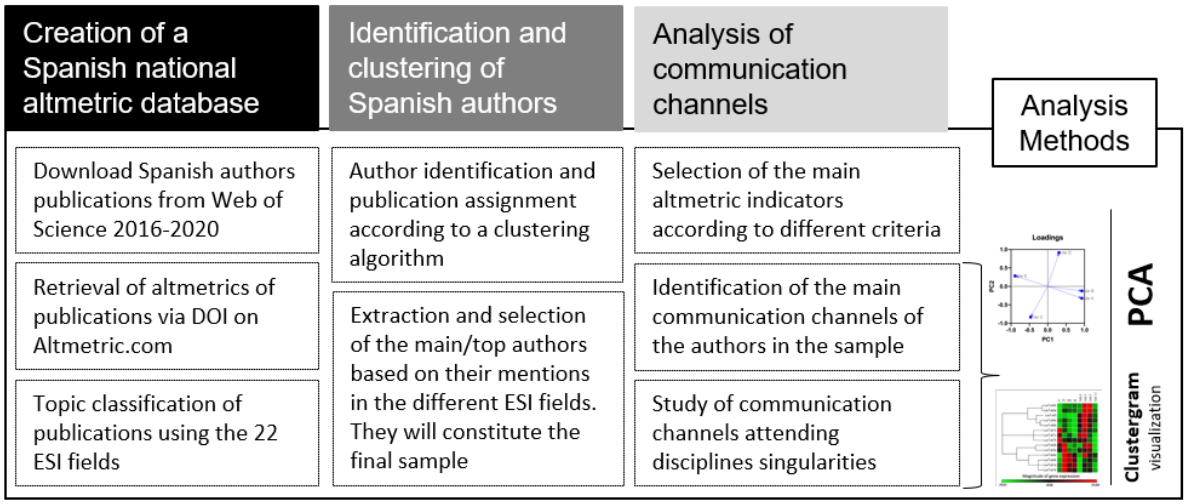
总体而言，人们似乎普遍认为，讨论最多的科学研究与生物医学和健康科学领域有关（Fang、Costas 等人，2020年；Hassan 等人，2017；Zahedi 等人，2014）。不过，不同领域各有偏好的传播渠道。例如，Zahedi 等人（2014）指出，与其他领域相比，法律、艺术与人文领域在维基百科上更常被提及。尽管如此，Arroyo-Machado 等人（2020年）报告称，在维基百科上提及次数最多的是医学、生物化学、遗传学以及分子生物学领域。

此外，根据某一学科内的具体主题，将采用不同的传播渠道。Robinson-Garcia 等（2019年）展示了，在微生物学的情况下，根据所使用的传播渠道（在他们的研究中是 Twitter、新闻媒体和政策文件），所突出的主题会有所不同。Fang、Costas 等人（2020年）也强调了这一点。理解哪些学科从传播角度引发更多社会兴趣固然重要，但了解每个学科和主题所期望的传播渠道同样至关重要，只有这样才能设计并有效监测科学传播项目。不同的传播渠道将展现科学与社会连接方式的不同维度或方面，从而只能部分呈现科学如何被感知（Noyons，2019年）。因此，在尝试评估科学传播计划的有效性时，存在聚焦于错误传播渠道的风险。

3 材料与方法

数据检索于2021年3月3日进行。我们首先从科学网下载了2016年至2020年期间发表的所有书目记录，其中列有具有西班牙 affiliation 的作者，并且仅检索了以下文献类型：文章、编辑材料、信件和会议论文。我们纳入了以下引文索引：科学引文索引扩展版（SCI- Expanded）、社会科学引文索引（SSCI）、艺术与人文引文索引（A&HCI）以及新兴来源引文索引（ESCI）。共获得434,827条记录，并将其导出至InCites，以重新分类在科学网中归为“Multidisciplinary”的记录。我们从Altmetric Explorer中检索了这些出版物的替代计量学提及。该过程通过这些从科学网检索到的出版物的数字对象标识符（DOI）查询数据库来完成。406,621条记录包含DOI（93.51%），其中238,508条被Altmetric.com收录（占总数的54.85%），共获得3,596,296次提及。这些记录被分为22个研究领域，这些领域由Clarivate基本科学指标（ESI）中包含的21个领域加上艺术与人文学科构成。为此，我们依据Arroyo-Machado（2021）提出的等价方案，将科学网的254个学科类别与ESI分类进行了匹配；该方案以Tan（2020）的方案为基础。

图1 从数据检索到统计分析的方法设计



随后，我们使用 Caron 和 van Eck（2014）提出的算法，对隶属西班牙机构的研究人员姓名进行识别和消歧。我们共识别出 201,891 名研究人员（表 1）。为了剔除短期活跃的作者以及算法可能产生的错误，我们采用一项筛选标准：仅纳入在 Altmetric.com 上至少有三篇出版物被收录的作者。对于每个科学

领域，我们根据作者的“Altmetric关注度评分”[1]累计值对作者集合进行排序。随后，我们将每个领域的作者总数开平方并乘以三。这样便可确定 ESI 各科学领域应选取的研究人员人数。其他来源也采用这一程序作为标准化方法，例如 ARWU（Docampo，2013年）。表 1 的最后一列显示了所用作者样本的规模。

表1 顶尖作者的识别及最终样本的计算

		步骤 1	步骤 2	步骤 3	步骤 4
		作者总数 已识别	具有.....的作者 ≥ 3 篇文章	作者总数 之后 归一化	顶尖作者 纳入 本研究
全球——所有作者 →	GLO	201891	93559	918	918
基本科学指标领域 ↓					
农业科学	AGR	17749	6841	248	250
艺术与人文	ART	2745	642	76	75
生物学与生物化学	BIO	27764	7732	264	250
化学	CHE	28118	12059	329	325
临床医学	CLI	86574	28077	503	500
计算机科学	COM	9854	3926	188	200
经济与商业	ECO	5079	2089	137	150
工程学	ENG	29105	13490	348	350
环境/生态学	ENV	24187	8571	278	275
地球科学	GEO	11759	4740	207	200
免疫学	IMM	17104	4483	201	200
材料科学	MSE	13756	6296	238	250
数学	MAT	3796	1657	122	125
微生物学	MIC	18736	5440	221	225
分子生物学与遗传学	MOL	18857	4677	205	200
神经科学与行为	NEU	18952	5648	225	225
药理学与毒理学	PHA	17228	4443	200	200
物理学	PHY	13166	5617	225	225
植物与动物科学	PLA	18446	7202	255	250
精神病学/心理学	PSY	13421	4112	192	200
社会科学，通论	SOC	24598	6970	250	250
空间科学	SPA	2450	1192	104	100
最终纳入的作者总数为 →					3653

[1] https://help.altmetric.com/support/solutions/articles/6000233311-如何计算-altmetric-关注度分数 d-

针对每位作者，依据其发表成果累计获得的提及次数，采用了十三项替代计量指标。我们没有考虑 Altmetric.com 提供的所有指标，因为其中许多指标存在严重局限或偏差。以下几类指标被剔除：来自提及数量无关紧要的平台（如 YouTube）的指标；来自地域属性很强的平台（如微博）的指标；来自已停运或不再存在的平台（如 Google Plus 或 Syllabi）的指标；以及包含无法核实数据、因而无法确保可重复性的指标（如 Mendeley）。本研究选取的六个来源如下：

- 推特提及：文章在推文中被提及的总次数，仅包括引用推文和转推。
- 维基百科引用：文章从维基百科词条获得的引文。
- 新闻提及：文章在新闻媒体和主流媒体中被提及的总次数。据 Altmetric.com 介绍，目前此列表涵盖约 3,000 家全球英语及非英语新闻媒体。
- 博客提及：论文在博客中被提及的总次数。Altmetric.com维护着一份包含超过 15,000 个学术和非学术博客的精选列表。
- 同行：在 PubPeer 或 Publons 等论坛中收到的出版后评审数量。
- 脸书：脸书中的提及次数。此项仅限于公共主页，不包括个人动态或私人群组。

最后，我们针对每个 ESI领域，在 SPSS 中基于相关矩阵进行了主成分分析（PCA），并选取了两个主要主成分。我们记录了各领域指标在第一和第二主成分上的载荷。方法流程总结见图 1。

4 结果

4.1 一般分析

表2列出了收集到的提及总数，以及所分析的顶尖作者独自获得的提及数；这些作者共计3,653人（占数据库中作者的2%）。他们发表的科学论文总数为63,946篇，且这些论文均收录在数据库中。这意味着，他们占我们原始数据集中 Altmetric.com 所索引出版物的26%。此外，这2%的作者获得了相当大一部分提及。以 Twitter 为例，他们获得的提及占所收集的3,183,505条提及的86%。其他平台的情况虽不那么极端，但差异仍然显著。例如，新闻和脸书提及占总数的42%。表2展示了计算得出的各类替代计量学指标的总体数量。Twitter 上的提及最多，其次是新闻提及（200,772条）和脸书提及（98,840条）；而政策提及和同行评审报告分别只有7,785条和2,303条记录。

表2 Altmetric.com统计的本研究提及总数及西班牙顶尖作者已发表论文收到的提及数

	提及总数 针对已发表的文章 由所有作者 (=201891)	提及总数 针对已发表文章 由顶尖作者撰写 (= 3653)	提及百分比 针对已发表文章 由顶尖作者撰写 (= 3653)
Twitter	3183505	2722071	86%
News	200772	85193	42%
脸书	98840	41207	42%
维基百科	11151	3762	34%
Blog	38729	15205	39%
政策	7785	2574	33%
Peer	2303	608	26%

如观察所得，同行指标的规模很小（所分析作者中仅有608条观测值），似乎无关紧要。初步的主成分分析检验进一步促使我们在后续分析中将其剔除[2]。主成分分析的结果见表3。根据旋转载荷平方和，前两个主成分合计解释了相当大一部分方差，超过70%，这一比例在统计上具有显著性（表3.1）。分析结果还表明，所有变量的共同度均达到相关水平（表3.3）。从表3.1可以看出，Twitter 和脸书主要归属于主成分1，载荷最高，分别为0.767和0.758。博客和新闻提及表现出一定相似性，在两个主成分上的载荷相近。最后，维基百科仅归属于主成分2（0.850），而政策提及仅归属于主成分1（0.749）。

[2] 我们的首次主成分分析显示，该指标的共同度为 0.119，因此将其删除。

表 3 全球作者样本的主成分分析：解释方差、成分矩阵与共同度

3.1. Total Variance Explained

	Initial Eigen values			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% Of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
Component 1	3,311	55,179	55,179	**2,410**	40,165	**40,165**
Component 2	0,946	15,765	70,944	**1,847**	30,779	**70,944**
Component 3	0,746	12,433	83,377			
Component 4	0,457	7,609	90,985			
Component 5	0,333	5,546	96,532			
Component 6	0,208	3,468	100,000			

3.2. Rotated Component Matrix

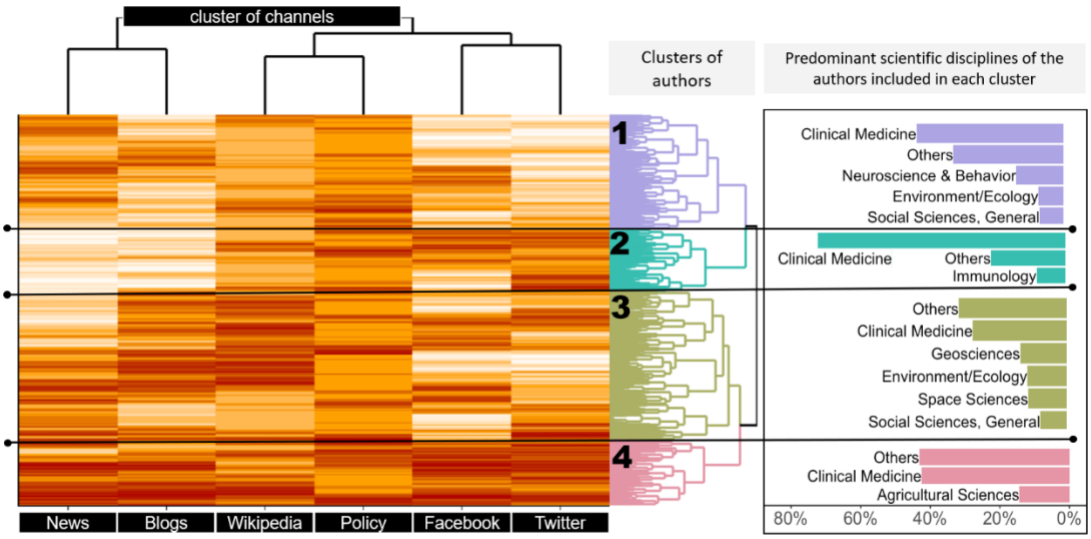
	Component 1	Component 2
Twitter	0,767	0,347
Wikipedia	-0,009	0,850
News Mentions	0,690	0,544
Policy	0,749	-0,128
Blogs	0,460	0,755
Facebook	0,758	0,348

3.3. Communalities

	Value
Twitter	0,708
Wikipedia	0,723
News Mentions	0,772
Policy	0,577
Blogs	0,782
Facebook	0,696

主成分分析的图形化／双标图表示见附录中的图 4。双标图是呈现多变量数据的有力可视化工具，在科学计量学研究中尤其有用（Torres-Salinas 等人，2013）。我们可以看到，社交媒体发挥着核心作用，博客和新闻提及发挥着中间作用，而维基百科提及和政策提及则位于外围。图 2 展示了不同渠道如何结合起来传播研究人员的成果。我们观察到，这些渠道分为三个聚类。这与主成分分析得出的结果一致。也就是说，一类由博客和新闻提及组成，另一类由维基百科提及和政策提及组成，第三类则由 Twitter 和维基百科提及组成。

图2 根据科学影响力渠道绘制的样本作者层面聚类图，并标示各聚类中占主导地位的 ESI学科领域。



对于作者而言，他们被聚类为四组。聚类1以在社交媒体上存在度较低的作者为主，尤其是在Twitter上的存在度较低。在其他平台上，他们保持中等水平，尽管部分作者偶尔会在新闻和政策报告中的提及数量方面脱颖而出。聚类2汇集了主要在Twitter上表现突出、而在新闻或博客等其他媒体上的存在度较低的研究人员。聚类3是作者数量和子群组最多的聚类。这是一个异质且多样化的聚类，其中可能出现平台的任意组合。最后，聚类4呈现出同质化的构成和明显的模式。该聚类包括那些成果传播更广泛的研究人员，因为他们能够触达所有受众。在图的右侧，我们根据ESI分类给出了每个聚类的领域构成。在所有聚类中，临床医学占主导地位，尤其是在聚类2中。聚类1和聚类3更加异质，包含社会科学和环境／生态学等领域。聚类4汇集了来自不同领域的更多作者。

4.2 学科特异性

图3展示了23个ESI学科领域中传播渠道使用情况的比较。为此，我们创建了一个复合聚类图。图3由一个条形图组成，其样本为

每个学科所包含的作者数量、一幅根据提及总数对学科进行分类的聚类图，以及另一幅展示各平台提及数量中位数的聚类图。学科被分为四个聚类。接下来，我们将分别对其进行描述。

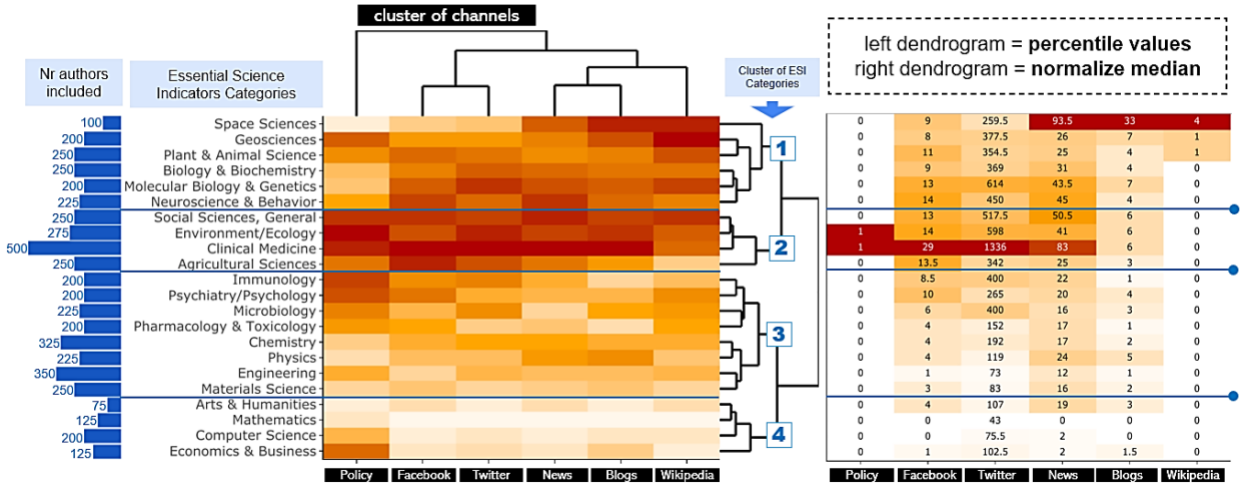
- 聚类1。它由生命科学和自然科学领域的六个学科组成。除政策报告外，它们在所有渠道中都表现出较高数值。它们在维基百科中的表现尤为突出，尤其是地球科学和空间科学；这两个学科在博客和新闻中的数值也很高。

- 集群2。该组由四个科学领域构成，所有领域在各渠道中的替代计量值都很高。与集群 1 相比，该组的政策提及数量较高，而维基百科提及较少。这些领域分别是临床医学、环境／生态学（两者在 Twitter、脸书和新闻中的数值均达到最高）、社会科学和农业科学。

- 聚类3。由八个具有中等数值的科学领域构成，包含两个定义清晰的子聚类。第一个子聚类包括与健康相关的领域。尽管相当同质化，但其中一些领域较为突出，例如，在政策提及方面的免疫学、在脸书方面的微生物学，或在维基百科方面的精神病学。第二个子聚类由与工程学和精确科学相关的领域组成。物理学较为突出，因为它在博客和新闻媒体中累积了大量提及。化学和工程学在所有渠道中均保持中低水平。

- 第4类。它由四个科学领域组成，这些领域在所分析的大多数渠道中的传播度最低。数学、计算机科学和艺术/人文学科领域表现尤为不佳。经济学领域则颇为特殊，其政策提及数量较高，博客提及量处于中等水平。

图 3：22 个 ESI学科领域和六种科学影响力渠道的作者层面聚类图，并标示各领域的样本量



为补充这项分析，我们对23个ESI学科领域进行了主成分分析。结果见附录中的表4。对于生命科学和健康相关领域，我们发现，除政策提及和维基百科提及由第二主成分体现外，第一主成分的载荷都较高。在艺术、数学和社会科学相关领域，所有指标在两个主成分上的载荷都较低。

5 讨论与结论

本文旨在理解非学术受众消费科学的不同路径。我们的目标是分析不同科学领域之间的差异，并确定最常见的渠道及渠道组合。为此，我们检索了面向238,508份科学出版物、发布于不同非学术渠道中的共计3,596,296条提及。这些出版物由隶属于西班牙机构的研究人员在2016年至2020年间撰写。本文的创新之一在于，分析是在作者层面而非出版物层面进行的。通过这种方式，我们根据研究人员的出版记录，按其科学领域对其进行分类，并仅提取其作品已在非学术渠道中得到广泛传播的作者。第二个创新在于替代计量指标的使用方式。我们并非旨在考察社会影响或更广泛的影响，而是将替代计量指标用作代理指标，以确定科学传播的主要渠道，并最终确定科学出版物的受众所在。研究考察了六种渠道：Twitter、脸书、维基百科、新闻媒体、博客和政策文件。

首先，我们进行主成分分析，以帮助确定所选信息渠道之间的整体差异。我们可以区分通过 Twitter 和脸书等社交网络触达的一般受众，这些网络彼此密切相关。另一方面，我们还观察到一系列传播渠道，它们会筛选内容，并将其传播给专业受众（博客）和一般受众（新闻媒体）。同样，还有其他方式可以触达受众，这也意味着研究成果得到了有效运用，例如应用于教育领域（维基百科），或政治与决策领域（政策文件）。提及次数较少，表明这些平台的受众规模较小。这些平台也体现出受众与科学内容之间更高程度的互动。就维基百科和政策报告而言，相关条目已被阅读、纳入知识体系，并列入参考文献目录。

这些渠道的组合形成了不同的科学传播特征。结果表明，不存在标准或典型的特征，因为渠道的使用或特定受众的触达取决于科学领域。不同科学领域的论文“传播强度”存在显著差异。我们发现，有些领域积累了大量的

替代计量学提及量，并且在所有平台上的数值都很高。社会科学、环境/生态学或临床医学便是如此；实证结果表明，这些领域能够更有效地传播科学成果。我们还发现，有些领域难以触达受众，尤其是与工程学或精确科学相关的领域，数学或艺术与人文就是明显的例子。后一种情况可能是因为我们使用的是西班牙语数据集，因此存在语言和地理偏差（Alperin, 2015; van Leeuwen et al., 2001）。

其次，我们按学科开展聚类分析，并结合按学科进行的主成分分析。这样做是为了更好地理解全球分析中可能被隐藏的学科特殊性。在此，我们发现了一些可能解释研究结果的因素。数学或工程学等学科可能只是更难向普通受众进行阐释。此外，其中一些学科并不具有直接的应用价值。在其他情况下，例如艺术与人文学科，它们可能已经拥有不同的传播机制，并使用科学出版物以外的其他渠道来触达非学术受众（Nederhof, 2006；Arroyo-Machado & Robinson-Garcia, 2021）。关于《科学》传播所使用的传播渠道差异，我们注意到，空间科学或地球科学等一些自然科学会使用维基百科。此类特殊性的另一个例子，是经济学研究人员从政策报告中获得的引文。

通过使用替代计量学，我们可以量化科学传播的有效性，并观察到不同科学领域之间存在显著差异。这些结果有助于指导研究人员和管理者确定传播研究成果最合适的渠道，或制定适应特定科学领域和受众的传播政策与策略。在临床医学等受到所有渠道高度关注的领域，与在社会层面受到较少关注的数学领域，定义传播政策的要求不可能相同。同样，也有一些科学领域中特定渠道尤为重要。我们可以得出结论：研究传播计划或成果转化计划应根据研究人员发表成果所属的领域进行调整。科学信息的接收已成为一种多维现象，而借助替代计量学，我们可以对其进行详细追踪。

参考文献

Alperin, J. P. (2015). 社交媒体指标的地理差异：拉丁美洲期刊论文分析。Aslib信息管理期刊，67(3)，289–304。https://doi.org/10.1108/AJIM-12-2014-0176 Alperin, J. P., Gomez, C. J., & Haustein, S. (2019). 识别 Twitter 上研究论文的扩散模式：开放获取论文在线互动的案例研究。《科学公众理解》，28(1)，2–18。https://doi.org/10.1177/0963662518761733 Arroyo-Machado, W., & Robinson-Garcia, N. (2021). 大数据与人文学科科学的诞生。第一届伊比利亚美洲人文学科与大数据国际会议：方法论问题与实践应用。Zenodo。https://doi.org/10.5281/zenodo.5793176 Arroyo-Machado, W., Torres-Salinas, D., & Costas, R. (2022). 维基信息计量学：为信息计量学用途构建并描述开放式维基百科知识图谱数据集。定量科学研究，1–35。https://doi.org/10.1162/qss_a_00226 Arroyo-Machado, W., Torres-Salinas, D., Herrera-Viedma, E., & Romero-Frías, E. (2020). 通过维基百科看科学：通过共引网络呈现开放知识的新方法。《公共科学图书馆·综合》，15(2)，e0228713。https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228713 Arroyo-Machado, W., Torres-Salinas, D., & Robinson-Garcia, N. (2021). 识别并描述社交媒体社群：一种用于替代计量学的社会语义网络方法。《科学计量学》，126(11)，9267–9289。https://doi.org/10.1007/s11192-021-04167-8 Bogomoletc, E., Goodwin, J., & Binder, A. R. (2021). 口罩不起作用，但你应该戴一个：新冠肺炎疫情期间口罩科学的传播。载于 D. M. Berube（编），《疫情传播与韧性》（第213–244页）。施普林格国际出版。https://doi.org/10.1007/978-3-030-77344-1_14 Bornmann, L. (2014). 替代计量学能否体现研究的广泛影响？替代计量学的优势与劣势概述。《信息计量学期刊》，8(4)，895–903。https://doi.org/10.1016/j.joi.2014.09.005 Bornmann, L., Haunschild, R., & Marx, W. (2016). 作为衡量社会影响来源的政策文件：气候变化研究在政策相关文件中被提及的频率如何？《科学计量学》，109(3)，1477–1495。https://doi.org/10.1007/s11192-016-2115-y Bray, B., France, B., & Gilbert, J. K. (2012). 确定有效科学传播的关键要素：专家怎么说？《国际科学教育期刊》B辑，2(1)，23–41。https://doi.org/10.1080/21548455.2011.611627

Brechman, J., Lee, C., & Cappella, J. N. (2009). 翻译中迷失？：癌症遗传学
新闻稿中的报道及其随后在媒体上的报道。科学传播，*30*(4), 453–474。
https://doi.org/10.1177/1075547009332649Camic, C., Gross, N., & Lamont, M. (2011).
社会知识的形成。

Chan, L., Cuplinskas, D., Eisen, M. B., Friend, F., Genova, Y., Guédon, J.-C., Hagemann, M., Harnad, S., Johnson, R., Kupryte, R., La Manna, M., Rev, I., Segbert, M., De Souza, S., Suber, P., & Velterop, J. (2002年2月14日)。布达佩斯开放获取倡议。
https://www.budapestopenaccessinitiative.org/read

Costas, R., Rijcke, S. de, & Marres, N. (2021). “异质性耦合”：通过社交媒体指标将网络视角操作化，以研究科学与社会互动。《信息科学与技术协会期刊》，*72*(5), 595–610。
https://doi.org/10.1002/asi.24427

Davies, S. R., & 17ará, N. (2017). 互联世界中的公共科学：在线媒体如何塑造科学传播。《科学传播》，*39*(5), 563–568。https://doi.org/10.1177/1075547017736892

Díaz-Faes, A. 迈向第三代“社交媒体指标”：对围绕科学形成的 Twitter 关注社群。《公共科学图书馆·综合》，*14*(5), e0216408。 https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216408

Docampo, D.（2013年）。世界大学学术排名结果的可重复性。《科学计量学》，94（2），567-587。 https://doi.org/10.1007/s11192-012-0801-yElías, C.，& Catalan-Matamoros, D.（2020年）。 西班牙的冠状病毒：对“官方”假新闻的恐惧推动了WhatsApp和替代信息源。《媒体与传播》，*8*（2），462–466。Enkhbayar, A.，Haustein, S.，Barata, G.，& Alperin, J. P.（2020年）。在Facebo上分享了多少研究
在公共主页和群组之外发生了什么？围绕《公共科学图书馆·综合》论文的公共与私人在线活动比较。定量科学研究，*1*（2），749–770。
https://doi.org/10.1162/qss_a_00044

Eysenbach, G. (2011). 推文能预测引文吗？基于Twitter的社会影响指标及其与传统科学影响力指标的相关性。医学互联网研究 *h*,
13(4), e123. https://doi.org/10.2196/jmir.2012Fang, Z., Costas, R., Tian, W., Wang, X., & Wouters, P.（2020年）。关于……存在情况的广泛分析
科学网出版物在各学科领域和研究主题中的替代计量数据《科学计量学》，*124*(3), 2519–2549。 https://doi.org/10.1007/s11192-020-03564-9

Fang, Z., Costas, R., Tian, W., Wang, X., & Wouters, P.（2021）。科学在 Twitter 上是如何被点击的？点击

Bitly科学出版物短链接的指标。《信息科学与技术协会期刊》，72(7)，918–932。https://doi.org/10.1002/asi.24458 Fang, Z., Dudek, J., Noyons, R.C., Fang, Z.,Dudek, J., Noyons,E., & Costas, R.（2020年）。政策文件中引用的科学：来自Overton数据库的证据。Altmetrics会议。
h
t
t
p://
alt
metrics.org/wp-content/uploads/2020/11/02_submission_Fang_Dudek_Noyons_Costas-altmetrics20.pdf Fischhoff, B.（2013年）。科学传播的科学。《美国国家科学院院刊》，110(supplement_3)，14033–14039。https://doi.org/10.1073/pnas.1213273110 Fleerackers, A., Nehring, L., Maggio, L. A., Enkhbayar, A., Moorhead, L., &Alperin, J. P.（2022年）。识别新闻中的科学：对Altmetric.com新闻提及数据精确率和召回率的评估。《科学计量学》。https://doi.org/10.1007/s11192-022-04510-7 Fraser, N.,Brierley, L., Dey, G., Polka, J. K., Pálfy, M., Nanni, F.,& Coates, J.A.（2021）。预印本在传播新冠肺炎研究中的不断演变的作用及其对科学传播格局的影响。《PLOS Biology》，19(4)，e3000959。https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000959 Grand, A., Wilkinson, C.,Bultitude, K., & Winfield, A. F. T.（2012年）。开放科学：一种新的“信任技术”？《科学传播》，34(5)，679–689。https://doi.org/10.1177/1075547012443021 Hassan, S.-U., Imran, M., Gillani, U., Aljohani,N.R., Bowman,T.D., &Didegah,F.（2017）。测量科学文献的社交媒体活动：对Scopus和新型替代计量学大数据的详尽比较。《科学计量学》，113(2)，1037–1057。https://doi.org/10.1007/s11192-017-2512- x Haunschild, R., Leydesdorff, L., Bornmann, L., Hellsten,I., &Marx,W.（2019年）。公众讨论的气候变化议题是否不同于研究人员？基于作者关键词和话题标签的探索性网络比较。《信息计量学期刊》，13(2)，695–707。https://doi.org/10.1016/j.joi.2019.03.008Haustein,S.（2016）。替代计量学中的重大挑战：异质性、数据质量和依赖关系。《科学计量学》，1–11。Haustein,S.,Bowman,T. D.,&Costas,R.（2016）。解读“替代计量学”：通过引文和社会理论的视角审视社交媒体上的行为。载于 C. R.Sugimoto（编），《信息计量学与学术传播理论》（第372–406页）。De Gruyter。http://arxiv.org/abs/1502.05701 Hellsten, I., Opthof, T.,& Leydesdorff, L.（2019年）。用于科学出版物社会语义分析的N模网络方法。《诗学》，101427。https://doi.org/10/ggfr6w

Hicks, D., Melkers, M., Barna, J., Isett, K.R.,& Gilbert,G. H.（2019年）。同行评审期刊和牙科媒体中锥形束计算机断层扫描有效辐射剂量信息准确性的比较。《全科牙医学》，*67*（3），38–46。Hicks, D.,Zullo,M.,Doshi, A., & Asensio, O. I.（2022年）。美国公众广泛使用美国国家科学院共识报告。《美国国家科学院院刊》，*119*（9），e2107760119。https://doi.org/10.1073/pnas.2107760119Isett, K.R.,& Hicks, D.（2020年）。从研究到公共决策的路径：中介机构 a

s

第三社群。《公共管理与治理展望》，3(1)，45–58。https://doi.org/10.1093/ppmgov/gvz020 Kavanaugh, A. L., Fox, E. A., Sheetz, S. D., Yang, S., Li, L. T., Shoemaker, D. J., Natsev, A., & Xie, L. (2012)。政府对社交媒体的使用：从日常应用到关键时刻。《政府信息季刊》，29(4)，480–491。https://doi.org/10.1016/j.giq.2012.06.002 Logan, R. A. (2001)。科学大众传播：概念史。《科学传播》，23(2)，135–163。https://doi.org/10.1177/1075547001023002004 Moed, H. F. (2016)。替代计量学作为研究过程计算机化的痕迹。载于 C. R. Sugimoto（编），《信息计量学与学术传播理论》（第360–371页）。De Gruyter。http://arxiv.org/abs/1510.05131 Moorhead, L., Krakow, M., & Maggio, L. (2021)。哪些癌症研究登上了新闻？对提及癌症研究的在线新闻报道进行定量分析。《公共科学图书馆·综合》，16(3)，e0247553。https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247553 Nane, G. F., van Schalkwyk, F., Dudek, J., Torres-Salinas, D., Costas, R., & Robinson-Garcia, N. (2021)。危机时期科学产出在公共辩论中的作用：新冠肺炎疫情期间学校重新开放的案例研究。载于 D. M. Berube（编），《疫情传播与韧性》（第307–329页）。施普林格国际出版。https://doi.org/10.1007/978-3-030-77344-1_19 Nane, T., Robinson-Garcia, N., Schalkwyk, F. van, & Torres-Salinas, D. (2021)。新冠肺炎与科学出版体系：增长、开放获取与科学领域。SocArXiv。https://doi.org/10.31235/osf.io/ntrpx Nederhof, A.J. (2006)。社会科学和人文学科科研绩效的文献计量监测：综述。《科学计量学》，66(1)，81–100。https://doi.org/10.1007/s11192-006-0007-2 Noyons, E. (2019)。衡量社会影响如同 ABC 一样复杂。《数据与信息科学学报》，4(3)，6–21。

Ortega，J. L.（2018）。替代计量数据提供商的可靠性和准确性：Altmetric.com 之间的比较，PlumX 和 Crossref 事件数据。《科学计量学》，116(3)，2123–2138。https://doi.org/10.1007/s11192-018-2838-z Ortega，J. L.（2020）。替代计量数据提供商对博客和新闻来源的覆盖：按国家、语言和学科进行的比较分析。《科学计量学》，122(1)，555–572。https://doi.org/10.1007/s11192-019-03299-2 Pinheiro，H.、Vignola-Gagné，E. 和 Campbell，D.（2021）。利用新颖的 Overton 替代计量数据库，大规模验证跨学科研究与其在政策相关文献中的应用之间的关系。《定量科学研究》，2(2)，616–642。https://doi.org/10.1162/qss_a_00137 Priem，J.（2014）。替代计量学。载于 B. Cronin 和 C. R. Sugimoto（编），《超越文献计量学：运用多维指标衡量学术影响》（第263–288页）。麻省理工学院出版社。http://arxiv.org/abs/1507.01328 Priem，J.、Taraborelli，P.、20rowth，C. 和 Neylon，C.（2010年10月26日）。替代计量学：宣言——altmetrics.org。http://altmetrics.org/manifesto/ Ramos-Vielba，I.、Robinson-Garcia，N. 和 Woolley，R.（2022）。基于科学与社会互联的价值创造模型：结合出版物、调查和替代计量数据的原型分析。《公共科学图书馆·综合》，17(6)，e0269004。https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269004 Riise，J.（2008）。让科学走向公众。载于 D. Cheng、M. Claessens、T. Gascoigne、J. Metcalfe、B. Schiele 和 S. Shi（编），《社会语境中的科学传播：新模式、新实践》（第301–309页）。施普林格荷兰。https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8598-7_18 Robinson-Garcia，N.、Arroyo-Machado，W. 和 Torres-Salinas，D.（2019）。绘制微生物学领域的社交媒体关注度：识别主要主题和参与者。《FEMS 微生物学快报》，366(7)，fnz075。Robinson-Garcia，N.、Costas，R.、Isett，K.、Melkers，J. 和 Hicks，D.（2017）。推文——关于期刊文章的推文——令人难以忍受的空洞。《公共科学图书馆·综合》，12(8)，e0183551。https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183551 Robinson-García，N.、Torres-Salinas，D.、Zahedi，Z. 和 Costas，R.（2014）。新数据，新可能：探索 Altmetric.com 的内部情况。《信息专业人士》，23(4)，359–366。Robinson-Garcia，N.、van Leeuwen，T. N. 和 Ràfols，I.（2018）。利用替代计量学绘制社会影响的情境化图谱：从点击量到网络。《科学与公共政策》，45(6)，815–826。https://doi.org/10.1093/scipol/scy024 Shema，H.、Bar-Ilan，J. 和 Thelwall，M.（2012）。研究博客与学术信息讨论。《公共科学图书馆·综合》，7(5)，e35869。https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035869

Singh，H.、West，R. 和 Colavizza，G.（2021）。维基百科引用：从英文维基百科中提取的带标识符引文综合数据集。定量科学研究，*2*(1)，1–19。https://doi.org/10.1162/qss_a_00105

Spaapen, J., & Drooge, L. van. (2011). 在社会影响评估中引入“生产性互动”。研究评价, *20*(3), 211–218. https://doi.org/10.3152/095820211X12941371876742

Sugimoto, C. R., Work, S., Larivière, V., & Haustein, S. (2017). 学术界对社交媒体和替代计量学的使用：文献综述。《信息科学与技术协会期刊》, *68*(9), 2037–2062. https://doi.org/10.1002/asi.23833

Torres-Salinas, D., Gorraiz, J., & Robinson-Garcia, N. (2018). 图书难以解决的问题：Altmetric.com 能提供什么？ Aslib信息管理期刊, *70*(6), 691–707.https://doi.org/10/gfj6rq

Torres-Salinas, D., Robinson-Garcia, N., & Castillo-Valdivieso, P. A.（2020）。疫情时代的开放获取与替代计量学：新冠肺炎文献的预测分析。*BioRxiv*, 2020.04.23.057307。https://doi.org/10/ggvwnw

Torres-Salinas, D., Robinson-Garcia, N., & Jiménez-Contreras, E.（2016）。我们能否在机构层面使用替代计量学？一项分析四所西班牙大学各研究领域覆盖情况的案例研究。STI 2016会议：边缘、前沿及更远处。21st 瓦伦西亚科学与技术指标会议。http://arxiv.org/abs/1606.00232

Torres-Salinas, D., Robinson-Garcia, N., & Jiménez-Contreras, E.（2016）。我们能否在机构层面使用替代计量学？一项分析四所西班牙大学各研究领域覆盖情况的案例研究。STI 2016会议：边缘、前沿及更远处。21st 瓦伦西亚科学与技术指标会议。http://arxiv.org/abs/1606.00232

Torres-Salinas, D., Robinson-Garcia, N., & Jiménez-Contreras, E.（2013年）。双向图分析在多变量文献计量学和科学指标中的应用。美国信息科学与技术学会期刊，64(7), 1468-1479。https://doi.org/10.1002/asi.22837

Van Leeuwen, T.N., Moed, H.F., Tijssen, R.J.W., Visser, M.S., & van Raan, A.F.J.（2001）。语言偏差对科学引文索引的覆盖范围及其国际比较国家科研绩效的影响。《科学计量学》，51(1), 335-346。https://doi.org/10.1023/A:1010549719484

van Schalkwyk, F., & Dudek, J.（2022年）。新冠肺炎疫情期间媒体对预印本的报道疫情。公众对科学的理解，*31*(5), 608–616。https://doi.org/10.1177/09636625221077392

van Schalkwyk, F.、Dudek, J. 和 Costas, R.（2020年）。共同兴趣与认知群体桥梁：Twitter 上反疫苗运动的案例。《科学计量学》，*125*(2), 1499–1516。https://doi.org/10.1007/s11192-020-03551-0

Wouters, P., & Costas, R.（2012年）。用户、自恋与控制—追踪 21 世纪学术出版物的影响力。http://www.research-acumen.eu/wp-content/uploads/Users-narcissism-and-control.pdfYeo, S. K., Liang, X., Brossard, D., Rose, K. M., Korzekwa, K., Scheufele, D. A., & Xenos, M. A.（2017）。#arseniclife 案例：非正式同行评审中的博客和 Twitter。《科学的公众理解》，*26*(8), 937–952。 https://doi.org/10.1177/0963662516649806Zahedi, Z., & Costas, R.（2018）。关于社交媒体指标中数据质量挑战的综合讨论：对四家主要替代计量数据聚合平台的全面比较。《公共科学图书馆·综合》，*13*(5), e0197326。 https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197326Zahedi, Z., Costas, R., & Wouters, P.（2014）。替代计量学的发展程度如何？一项跨学科分析，探讨“替代指标”在科学出版物中的出现情况。《科学计量学》，*101*(2

),

1491–1513.Zastrow, M. (2020年). 开放科学应对冠状病毒大流行。《自然》，*581*（7806），文章7806。https://doi.org/10/ggszkd

附录

图4 ESI类别及顶尖作者筛选过程的概要

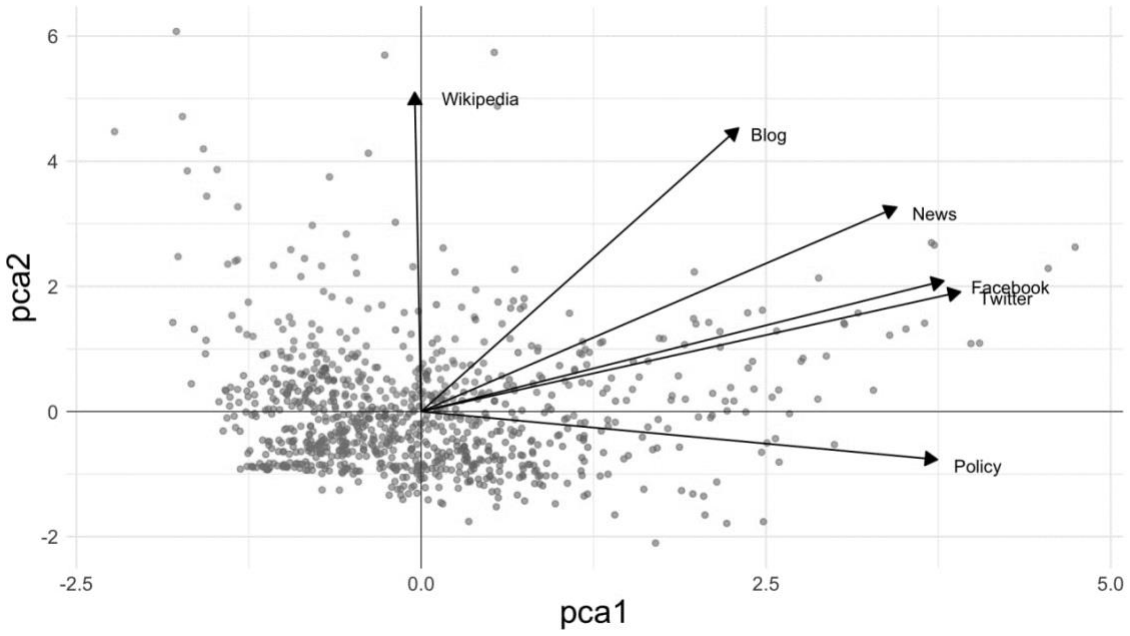


表4 23个ESI学科领域的主成分分析

	Twitter	脸书	News	博客	维基百科	政策
ESI学科领域	主成分分析					
农业科学0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,82	0,69
艺术与人文	0,8	0,7	0,8	0,8	0,3 -	0,91
生物学与生物化学 0,8		0,7	0,8	0,8	0,5	0,99
化学	0,7	0,7	0,7	0,7	0,3	0,96
临床医学	0,8	0,7	0,8	0,8	0,92 (	0,51
计算机科学	0,8	0,5	0,3 0,5	0,7	0,78 (	-
经济与商业	0,7	0,5	0,7	0,7	0,96 (	
工程学	0,6	0,5	0,7	0,7		0,96
环境/生态学	0,6 0,5	0,5 0,6 (	0,4	0,6 0,5	0,84 (	
地球科学	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,97
免疫学	0,8	0,7	0,7	0,7	0,87	0,61
数学	0,8	0,6	0,8	0,7	0,3	0,97
微生物学	0,6 0,3	0,6 (		0,7	0,55	-
分子生物学与遗传学 0,8		0,7	0,7	0,7	0,4 -	0,83
材料《科学》	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	0,98
神经科学 &	0,8	0,7	0,8	0,8	0,58	0,89
药理学与毒理学	0,7	0,7	0,7	0,7	0,74	0,76
行为	0,8	0,7	0,8	0,8	0,4	0,95
物理学		0,8	0,7	0,7	0,5	0,99
植物与动物科学 0,8						
精神病学/心理学	0,8	0,7	0,8	0,8	0,64	0,86
社会科学，综合 0,7	0,3	0,7	0,8	0,8	0,7	0,93
Space Sciences	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,99
	4 8	3		1	3	
	6	9	9	8	4	