arXiv:2601.09338v1 [cs.DL] 14 Jan 2026

综述论文

OpenStreetMap研究自创立以来的深入探析（2008–2024）：贡献者、主题与未来趋势

Yao Sun[a, c]，Liqiu Meng[b]，Andr´es Camero[c]，Stefan Auer[c]和 Xiao Xiang Zhu[a]

[a]地球观测数据科学，慕尼黑工业大学，Arcisstraße 21，80333 慕尼黑，德国； [b]制图学与可视化分析，慕尼黑工业大学，Arcisstraße21，80333 慕尼黑，德国；[c]遥感技术研究所，德国航空航天中心，M¨unchener Straße 20，82234 韦斯林，德国

摘要

本文已被接收，将发表于 *International Journal of Geographical Information Science (IJGIS)*。OpenStreetMap（开放街图）已从开创性的志愿地理信息（VGI）项目，发展成为一个全球性的多学科研究枢纽。本研究对开放街图研究格局进行了文献计量与系统分析，考察其发展轨迹及关键驱动因素。通过评估截至2024年6月科学网（Web of Science，WoS）核心合集中的1,926篇出版物，以及782场 State of the Map（SotM）演讲，我们量化了出版物增长、合作模式和主题演变。结果表明，该领域在巩固发展的同时也日益多元化。尽管稳定的核心贡献者持续支撑着开放街图研究，其主题已从早期对数据生产和质量的关注，转向更先进的分析与应用。对比科学网中的开放街图相关研究与SotM内容可见，学者与OSM社区的研究议程各具特色但互为补充。基于这些发现，我们确定了六个新兴研究方向，并探讨学术界、OSM社区和产业界之间不断演进的合作关系将如何影响开放街图研究的未来。本研究为理解OSM研究现状建立了结构化参考，并为探索其未来发展轨迹提供了战略路径。

关键词

OpenStreetMap；系统性文献综述；Web of Science（WoS）；State of the Map（SoTM）；文献计量学；知识图谱；研究趋势

1. 引言

OpenStreetMap（OSM）由 Steve Coast 于 2004年创立，旨在推动地理数据民主化并营造开放数据环境（OpenStreetMap 2024），是一个由全球志愿者社区创建和维护的免费开放地图项目（Haklay and Weber 2008）。过去 20 年间，OSM 已发展成为志愿地理信息（VGI）领域的典范项目，对制图领域产生了重大影响（Girres and Touya 2010, Neis and Zielstra 2014, Schott 等 2023）。在权威地图资源匮乏或未获重视的欠发达地区，OSM 的影响尤为显著（Hagen 2019）。通过鼓励开放数据共享，OSM 积累了庞大的数据集和不断壮大的用户群，巩固了其作为开创性志愿地理信息项目的地位（Mooney 等2017）。

联系人：Yao Sun 电子邮件：yao.sun@tum.de

随着 OSM 迎来成立 20 周年，其意义已从实际应用延伸至研究领域。关于 OpenStreetMap 的研究始于 2008 年发表的第一篇学术论文（Haklay and Weber 2008），涵盖广泛主题，涉及技术、动机以及社区相关方面。一方面，OSM 数据已成为多个领域科学研究的重要资源。作为一个规模庞大且可公开获取的地理数据集，OSM 为各类研究提供了颇具吸引力的数据来源。例如，利用 OSM 数据生成三维城市模型（Over 等2010）、研究建筑几何（Sun 等2017, Bagheri 等 2019, Zhuo 等 2018），以及从街景图像中提取建筑信息（Kang 等2018, Biljecki and Ito 2021, Hoffmann 等 2023, Sun 等 2023）。另一方面，研究也日益聚焦于 OSM 本身，考察数据质量（Fan 等 2014）、OSM 贡献者的参与动机（Budhathoki and Haythornthwaite 2013）、企业参与 OSM 的情况（Anderson 等 2019），以及诸如热门游戏宝可梦相关破坏行为等问题（Juh´asz 等 2020）。这些研究领域对于理解 OSM 作为工具及社区驱动项目的效能与发展至关重要。

已有多篇文章介绍了开放街图研究的具体方面。例如，Neis 和 Zielstra 的综述（Neis and Zielstra 2014）以及 Mooney 和 Minghini 的综述（Mooney 等人 2017）深入分析了开放街图的发展、数据质量，以及在其生态系统中开发的各种工具和应用。Kaur 和 Antony 的系统综述（Kaur 等人2017）强调了采用内在方法评估开放街图数据质量的必要性。Yan 等人（Yan 等人2020）对 2007年 至 2017 年的志愿地理信息研究进行了全面的叙述性综述，以揭示发展趋势、归类研究主题，并找出研究空白和未来研究方向。Vargas-Munoz 等人（Vargas-Munoz 等人 2020年）开展了广泛的综述，探讨开放街图与机器学习及遥感的融合。2022年，Grinberger 等人（Grinberger 等人 2022b）考察了学术研究人员与开放街图社区之间的互动。也是在 2022年，一篇社论（Grinberger等人 2022a）提出了“OSM Science”这一概念，基于学术会议的见解，倡议采用统一的方法，将开放街图视为一个多学科交汇点进行研究，并强调围绕开放街图应用、数据质量和社区动态的研究彼此密切关联。这些针对开放街图研究具体方面的综述及其宝贵见解，为本文全面综述开放街图研究奠定了基石。尽管已有大量研究使用开放街图、研究开放街图并综述开放街图，但在此时回顾开放街图研究，仍有一些问题有待解答：哪些人一直在为开放街图研究作出贡献并推动其发展？主要的研究主题是什么，又是如何演变的？研究与开放街图的使用如何相互影响？此外，开放街图研究未来的发展方向是什么？

另一方面，尽管大多数关于开放街图的研究都在学术界开展，但其贡献者中有相当一部分来自学术圈之外。开放街图社区规模庞大，其活动往往反映出对开放街图真实且可应用的需求，这有助于确定研究主题。然而，对学术界而言，社区的大量讨论仍然不为人所知。这部分是由于使用了不同的平台，以及社区讨论和活动具有去中心化的特点，使得全面分析颇具挑战性。正如 Mooney等人所讨论的（Mooney 等人2018），学术界与开放街图社区之间存在明显的脱节，也需要加强双方沟通；他们建议在这两个群体之间建立会议、讨论和合作机制。在（Grinberger 等人 2022b）中，研究界和社区的相关工作分别被称为 OSM-R 和 OSM-C，并对二者的关系进行了初步

分析，强调了建立并加强二者交互的重要性。然而，学术研究人员通常仍缺乏对社区动态的清晰认识。例如，关于社区中的关键参与者是谁，以及社区正在讨论哪些主题，仍然存在疑问。

更重要的是，我们正处于人工智能快速发展、广泛应用的时代，它也正在影响开放街图：在数据生产方面，人工智能辅助制图工具正在改变传统工作流程（Housel 和 Clark，2022）；在贡献者方面，参与结构正在发生变化，微软等机构的参与日益增多（Microsoft 2025；Sirko 等，2021）。这些变化引发了重要问题：它们会对开放街图研究和 *OSM*社区产生什么影响？开放街图是否正处于转折点？未来开放街图又将如何发展？

本文旨在通过对开放街图出版物进行统计分析，探讨这些问题。对于开放街图相关的学术研究，我们对科学网（Web of Science，WoS）核心合集进行了系统分析。此外，针对 OSM社区中的讨论，我们对 State of the Map 大会（SotM）上的演讲进行了统计分析。

我们旨在通过描绘开放街图研究中的研究者与研究主题，探讨其研究格局，同时识别未来值得关注的新兴领域。具体而言：

- 贡献者——谁：谁在开展开放街图研究？涉及哪些国家、机构和个人？研究人员的流动如何反映机构和国家的优先事项?

- 主题——研究什么：开放街图研究的核心主题和趋势是什么？这些主题如何演变，又彼此有何关联?

- 社区优先事项：其他问题，尤其是针对较少参与 OSM 社区的学术研究人员的问题，包括：除学术期刊和会议论文集之外的来源（如 SotM）还呈现了哪些新兴主题？社区中的关键人物又有哪些?

- 未来趋势：开放街图研究中有哪些新兴主题？SotM 讨论的哪些主题可能成为研究热点？开放街图研究是否正进入一个新阶段？其发展方向又是什么?

本研究的贡献有四个方面：

(1) 首先，我们采用定量方法分析 OSM 相关研究，开展数据驱动型研究，为该领域提供基础性参考。我们的方法旨在确保可重复性，使研究能随着领域不断进步和演变，每隔几年更新一次并进行比较。(2) 其次，我们考察核心贡献者和主要研究主题，重点关注其影响和合作。我们展示了该领域的发展历程和新兴趋势。(3) 第三，我们系统分析了自2007年以来 SotM会议上的演讲，并将其与学术研究进行比较。这种比较有助于研究人员了解更广泛的开放街图用户群体中的关键参与者、主题和趋势，从而弥合学术研究与社区驱动的倡议之间的差距。

(4) 第四，我们通过识别并分析 Web of Science文献集中的演变主题以及 SotM近期讨论，预测 OSM研究的未来趋势。我们还探讨开放街图是否正处于人工智能时代和机构参与不断增加背景下的转折点，以及这对未来研究和社区行动意味着什么。这一前瞻性分析旨在引导学者和贡献者应对快速演变的景观。

本文其余部分安排如下。第2节至第5节聚焦学术研究：第2节介绍本研究采用的方法论和数据，第3节呈现总体概况；第4节通过分析国家、机构和作者的学术贡献，探讨贡献者；第5节讨论研究主题及其随时间的演变情况。在第6节中，我们将视角转向学术界之外的研究，分析年度 OSM 会议 SotM 的贡献者和主题。基于本研究，我们在第7节预测未来趋势。最后，第8节总结全文。

2. 方法论

我们的分析基于 Web of Science 核心合集和文献计量学工具。图1概述了分析 Web of Science 文献集所采用的方法论。

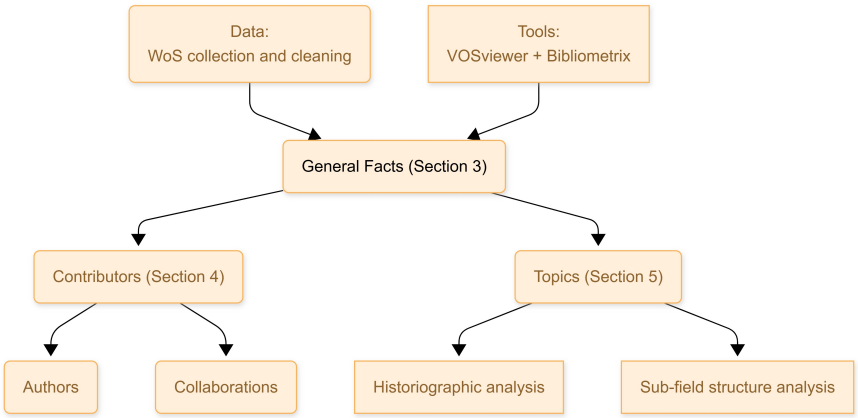


图1：分析 Web of Science 文献集的方法论概述。

2.1. 文献计量分析工具

本研究采用 VOSviewer（Van Eck 和 Waltman，2010年）及 bibliometrix 软件包（Aria 和 Cuccurullo，2017）等文献计量学工具，对出版物进行定量统计分析。VOSviewer 是一款用于构建和可视化文献计量网络的软件工具，而 bibliometrix 是一款以 R语言 实现的开源工具，用于科学计量学和文献计量学领域的定量研究。这两种工具均用于辅助可视化抽样文献中的贡献者、主题及其他关键信息，并帮助生成知识图谱，例如关键词共现图和合著网络。

此外，数据清理和其他必要的分析均使用 Python 完成。

2.2. 文献检索与数据收集

为获取 OpenStreetMap 相关研究的文献计量学研究数据，我们通过本机构的数据库访问权限，从 Web of Science 核心合集获取数据。检索使用主题关键词“OpenStreetMap”或标题关键词“openstreetmap”，出版日期截至*2024*年*6*月*30*日，并下载完整记录和被引参考文献。检索日期为*2024*年*7*月*11*日。[1]

我们谨慎地排除了无关结果，避免使用“开放街图”这类缩写，因为它可能指代不相关的术语，例如“开放空间调制”或“抑癌素M”。此次检索共获得1,926条记录，包括1,220篇文章和706篇会议论文集。

2.3. 数据清理与预处理

我们对数据进行预处理和清理，包括删除重复条目、解决不一致等工作。我们特别关注作者和机构名称的消歧，以确保准确地绘制合著关系图并开展其他文献计量分析。

在本研究中，我们使用作者全名进行 VOSviewer 和 bibliometrix 分析，但由于姓名记录方式不同，常常会出现差异。一个常见问题是，同一作者的姓名在不同出版物中的表示方式不一致，例如，有些姓名以全名列出，有些则使用缩写，有时甚至存在多种缩写形式。我们发现，ISPRS年刊与档案中的出版物尤其容易出现这一问题，其中的姓名通常采用“名字首字母. 姓氏”的格式。由于文档中未提供实际全名，Web of Science 会将这种格式视为全名，导致数据集中同一作者的姓名出现多种形式。为解决这一问题，我们全面审查了原始 Web of Science 文件，并进行了人工更正，以确保同一作者的姓名统一为一致的全名。

针对隶属机构名称消歧，我们处理了若干常见问题。例如，将机构名称中的细微差异（如“西雅图华盛顿大学”和“华盛顿大学”）统一为同一种形式。对于涉及同一大学系统内不同校区或组成部分的情况，例如“威斯康星大学系统”和“威斯康星大学麦迪逊分校”，我们移除了大学系统这一条目，以避免统计重复。同样，我们将“加州大学伯克利分校”和“加州大学圣塔芭芭拉分校”等机构分别视为独立校区，与上级机构“加州大学系统”区分开来。我们还识别并删除了冗余条目，例如由多个研究所组成的“亥姆霍兹联合会”和“瑞士联邦理工学院领域”，以避免计数虚高。这些步骤确保数据集准确反映隶属机构情况，不会重复计数或歪曲各机构的贡献。

此外，还存在一些术语用法不同但不会造成歧义的情况。例如，我们注意到，在 WoS 数据集中，隶属机构字段中标为 “ 德国航空航天中心（ DLR ） ” 的记录，实际均记作“German Aerospace Centre (DLR)”。由于这不会给文献分析造成歧义，因此未作修改。

此外，为了分析文献来源，我们对

[1]为应对同行评审和索引系统固有的时间滞后，随后进行了补充检索，检索范围为2024年7月1日至2024年12月31日，分析结果见附录A。

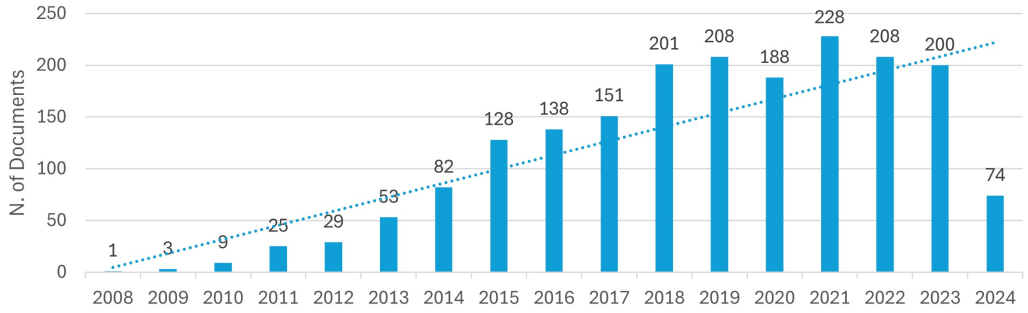


图2：2008年至2024年6月开放街图研究（Web of Science 核心合集）的年度科学产出及趋势线。2024年的数据涵盖截至研究截止日期2024年6月30日的出版物。检索于2024年7月11日进行。 [4]

会议名称进行了消歧，因为在 Web of Science 中，同一会议在不同年份往往有不同的记录方式。消歧确保了数据集的一致性，从而能够更准确地分析和比较随时间推移与会议相关的贡献。

3. 基本概况

3.1. 数据收集概述

书目数据涵盖2008年至2024年，共包括875个来源。在此期间，共收录1,926篇文献，年度增长率高达30.87%。文献的平均年限为5.13年，平均每篇文献获得18.35次引文。数据集附有详尽的参考文献列表，包含54,370条引文。这些数据表明，该领域正在迅速扩展，参与度和引文活动均处于较高水平。

文献内容包括1,836个“增补关键词”[2] 和4,884个作者关键词[3]，显示出主题和研究领域的多样性。共有5,527位作者，其中108位参与了单作者文献的撰写。单作者文献共122篇，每篇文献的平均合著者人数为3.97，反映出研究合作日益普遍的趋势。此外，27.62%的文献涉及国际合作署名，凸显了研究社群内部广泛的全球合作。

3.2. 每年科学产出

如图2所示，自2008年起，OSM研究稳步增长，最初仅有一篇出版物。产出在2013年超过50篇，2015年超过100篇，2018年超过200篇。2020年出现下滑，随后在2021年达到228篇的峰值；2022年和2023年略有下降，但出版物数量仍超过200篇。到2024年年中，已有74篇文章被记录，反映出人们对该领域研究的持续兴趣。

[2]增补关键词是指频繁出现在文章参考文献标题中，但未出现在文章标题中的词语或短语（https://support.clarivate.com/ScientificandAcademicResearch/s/article/KeyWords-Plus-generation-creation-and-changes?language=en_US）。

[3]作者关键词由一组作者认为最能代表其论文内容的术语组成。[4]附录A中使用的2024年全年更新值见图A1。

表1：按来源统计的发文量最多的期刊及文章数量（超过10篇）。

期刊名称	文章数量
《ISPRS国际地理信息杂志》	178
《遥感》	75
《地理信息系统汇刊》	67
《国际地理信息科学杂志》	57
《计算机、环境与城市系统》	34
《可持续发展》	32
IEEE Access	22
《ISPRS摄影测量与遥感杂志》	21
IEEE《应用地球观测与遥感专题期刊》	20
PLOS One	19
《环境与规划B：城市分析与城市科学》	18
《国际应用地球观测与地理信息学杂志》	18
《制图学与地理信息科学》	17
《国际数字地球杂志》	16
《传感器》	15
《IEEE地球科学与遥感汇刊》	14
《国际健康地理学杂志》	14
《地球空间信息科学》	13
《交通研究记录》	13
《应用地理学》	10
《国际地理制图》	10

3.3. 来源

在分析 OSM 相关研究时，我们确定了该领域用于发表和传播研究成果的主要期刊和会议平台。

表1重点列出了发表文章数量超过10篇的21种期刊。发表文章数量最多的是《*ISPRS*国际地理信息杂志》，其次是《遥感》和《地理信息系统汇刊》。对于会议，表2列出了发表会议论文集超过5篇的20个会议。需要注意的是，在统计会议数据时，我们将相关系列会议合并，并列出这些会议的举办频次。如表所示，*ISPRS*大会以26篇会议论文集位居首位，其次是$SIGSPATIAL$，共21篇。$IGARSS$ 也表现突出，共有19篇会议论文集。

值得注意的是，OSM 相关研究涵盖广泛的学科领域，体现了其跨学科性质和主题多样性。相关成果来自地理信息科学、制图学、遥感、城市研究、交通运输、机器人学和可持续发展科学等领域。尽管许多 OSM 相关研究发表于地理信息科学期刊（例如，《*ISPRS*国际地理信息杂志》、《地理信息系统汇刊》），但发表于跨学科出版物（《可持续发展》、$PLOS\ One$、*IEEE Access*）的研究凸显了 OSM 研究更广泛的影响。同样，会议论文集也表明其重要性已超越地理信息系统领域，涉及人工智能、大数据和交通运输（$IEEE\ BigData$、$ICRA$、$SIGSPATIAL$）。这种多样性表明，OSM 研究已超越地理信息科学，并正获得更广泛的认可，近期发表于《自然·通讯》的一篇论文便是例证（Herfort 等，2023）。

表2：来源及发表文章数量（会议论文集超过5篇 ）

会议名称	# 会议论文集	会议频率
ISPRS大会	26	每四年一次
ACM SIGSPATIAL地理信息系统进展国际会议 地理信息系统（SIGSPATIAL）	21	每年
IEEE国际地球科学与遥感研讨会 （IGARSS）	19	每年
ISPRS地理空间周（GSW）	11	两年一届
国际制图与GIS会议 （ICC&GIS）	9	两年一届
国际地理信息会议 系统理论、应用与管理（GISTAM）	9	每年
网络与无线地理信息系统 （WGIS）	9	每年
IEEE智能汽车研讨会（IV）	7	每年
IEEE大数据国际会议（大数据）	7	每年
联合城市遥感活动（JURSE）	7	两年一届
语义网（ISWC）	7	每年
计算机帮助有特殊需求人士（ICCHP）	6	两年一届
FOSSG 学术赛道	6	每年
IEEE数据工程国际会议（ICDE）	6	每年
开放创新协会会议（FRUCT）	6	每年
IEEE移动数据管理国际会议 （MDM）	5	每年
IEEE机器人与自动化国际会议 （ICRA）	5	每年
IEEE/RSJ智能机器人 与系统国际会议（IROS）	5	每年
地理信息学国际会议（地理信息学）	5	每年
夏威夷国际系统科学会议（HICSS）	5	每年

4. 贡献者

本节聚焦于相关贡献，包括有影响力的作者、知名机构和地理分布。我们分析顶尖作者及其不断变化的隶属机构，考察 OSM 研究领域的主要国家和机构，随后探讨作者、组织和国家之间的协作。

4.1. 作者

我们分析作者和机构/国家的贡献，并考察作者隶属机构随时间的变化。

4.1.1. 顶尖作者及其随时间的贡献

图3以绿色圆圈显示发文最多的前20位作者的文章总数，并以时间轴上的灰色圆圈展示其随时间变化的产出。每位作者发表的开放街图相关论文均超过10篇，其中 Alexander Zipf 发文最多（56篇）。

为进一步确定主要聚焦于开放街图相关主题的研究人员，以及将开放街图作为次要研究领域的研究人员，我们比较了表3所示每位作者每年的开放街图相关出版物数量与其出版物总数。我们从 Web of Science 获取个人引文报告，并分析了从2009年（顶尖作者发表首篇开放街图相关文章的年份）到2023年的记录。

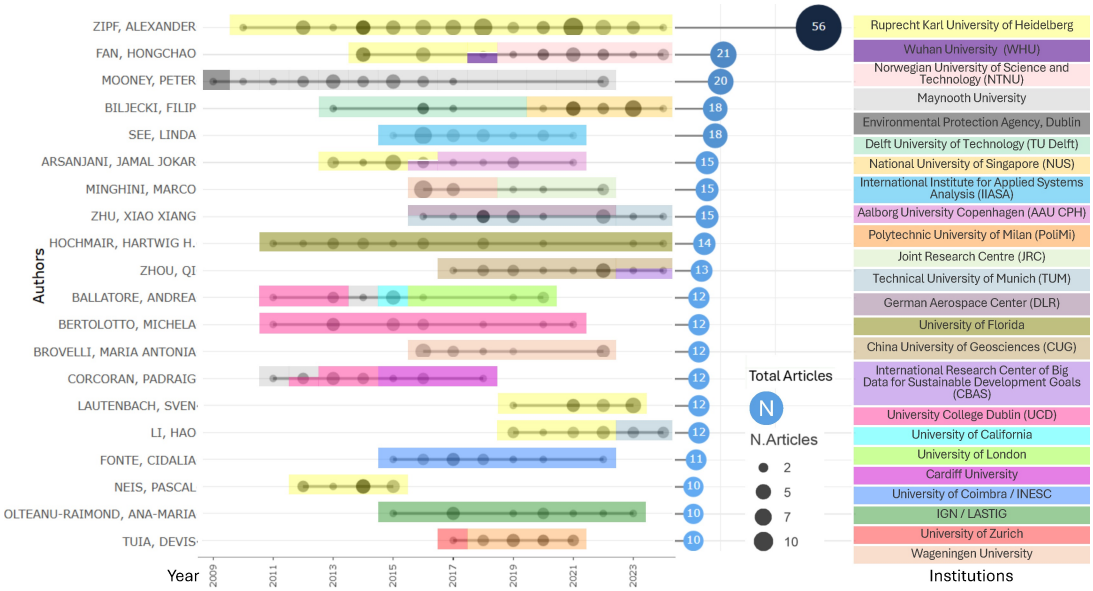


图3：顶尖作者随时间变化的生产力、文章总数以及作者隶属机构随时间的变化。机构按右侧所示以不同颜色标示。2024年的数据包括截至研究截止日期2024年6月30日的出版物。检索于2024年7月11日进行。

表3：顶尖作者2009—2023年的出版物：OSM相关出版物所占百分比（出版物总数）。没有出版物的年份以“-”标记。

作者	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ALL
ZIPF, ALEXANDER	0(3)	33%(3)	0(2)	44%(9)	17%(6)	57%(7)	44%(9)	38%(13)	42%(12)	44%(18)	29%(7)	27%(11)	77%(13)	71%(7)	50%(6)	**42%(126)**
FAN, HONGCHAO	0(3)	-	-	0(2)	-	67%(6)	0(3)	50%(8)	20%(5)	13%(8)	67%(3)	44%(9)	18%(11)	14%(7)	50%(4)	**30%(69)**
MOONEY, PETER	100%(1)	50%(2)	10%(10)	29%(7)	100%(4)	67%(3)	67%(6)	33%(6)	100%(1)			-	0(1)	0(2)	-	67%(3)	0(1)	**41%(47)**
BILJECKI, FILIP	-	-	-	-	100%(1)	0(1)	0(6)	33%(6)	50%(2)		0(3)	0(1)	25%(4)	36%(11)	12%(17)	26%(23)	**23%(75)**
SEE, LINDA	-	0(2)	0(5)	0(7)	0(17)	0(6)	9%(11)	70%(10)	21%(14)	27%(11)	6%(18)	15%(13)	9%(11)			0(10)	0(9)	**13%(144)**
ARSANJANI, JAMAL JOKAR	-	-	-	-	29%(7)	50%(2)	63%(8)	33%(6)	20%(5)	25%(4)	29%(7)			0(7)	10%(10)	0(6)	0(7)	**22%(69)**
MINGHINI, MARCO	-	-	-	0(1)	0(2)	-	0(1)	80%(10)	60%(5)		0(1)	50%(2)	100%(1)		-	100%(2)	0(1)	**58%(26)**
Zhu, XIAO XIANG	0(3)	0(1)	0(4)	0(9)	0(9)	0(15)	0(24)	3%(32)	5%(19)	13%(24)	43%(7)	3%(40)			0(16)	6%(62)	4%(24)	**5%(289)**
HOCHMAIR, HARTWIG H.	0(2)	0(1)	100%(1)	33%(3)	33%(6)	33%(6)	14%(7)	50%(4)			0(3)	40%(5)	0(1)	25%(4)	0(3)	0(3)	25%(4)	**24%(53)**
周琦	-	-	-	0(2)	-	0(1)	0(2)	0(2)	50%(2)	67%(3)	100%(2)	33%(3)	33%(3)	67%(6)	50%(2)			**43%(28)**
BALLATORE, ANDREA	-	0(1)	100%(1)	-	100%(2)	33%(3)	57%(7)	25%(4)		0(1)	0(3)	20%(5)	33%(6)		-	0(2)	0(5)	**30%(40)**
BERTOLOTTO, MICHELA	0(4)	0(4)	25%(4)	0(8)	75%(4)	0(3)	38%(8)	67%(3)		0(1)	20%(5)	0(5)	33%(3)	25%(4)		0(5)	-	**18%(61)**
BROVELLI, MARIA ANTONIA	-	0(2)	0(4)	0(3)	0(5)	0(2)	0(4)	45%(11)	29%(7)		14%(7)	10%(10)	0(10)	0(2)	21%(14)	0(20)		**12%(101)**
CORCORAN, PADRAIG	-	0(1)	13%(8)	33%(6)	100%(3)	50%(4)	33%(3)	40%(5)			0(2)	14%(7)	0(3)	0(4)	0(6)	0(4)	0(7)	**19%(63)**
LAUTENBACH, SVEN	0(1)	0(4)	0(5)	0(4)	0(4)	0(2)	0(1)	0(5)	0(8)	0(3)	11%(9)	0(5)	100%(3)	43%(7)		63%(8)		**17%(69)**
LI, HAO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0(1)	100%(2)	25%(4)	100%(2)	75%(4)	29%(7)			**50%(20)**
泉源, 西达利亚	0(5)	0(1)	-	0(2)	0(1)	0(1)	13%(8)	50%(4)	43%(7)	100%(2)	33%(3)	100%(1)		0(1)	50%(2)	0(2)		**27%(40)**
NEIS, PASCAL	-	-	-	100%(2)	100%(1)	100%(4)	100%(3)		-	-	-	-	-	-	-	0(4)		**67%(14)**
OLTEANU-RAIMOND, ANA-MARIA	-	-	-	0(1)	0(1)	-	25%(4)	0(3)	100%(3)	0(1)	100%(1)	100%(2)	100%(1)	50%(2)	25%(4)			**43%(23)**
TUIA, DEVIS	0(12)	0(9)	0(14)	0(14)	0(14)	0(20)	0(21)	0(19)	6%（16）	12%（17）	21%（14）	22%（9）	18%（11）	0(15)	0(12)			**4%（217）**

需要注意的是，Web of Science核心合集并不包括全部已发表的文章，且顶尖作者的一些作品可能未被收录。因此，某一给定年份的单个数据点解释力有限。基于此，我们的分析侧重于识别Web of Science收录出版物中的趋势，而不是解读孤立的数据点。

分析得出的主要见解包括：

- 对*OSM*研究的持续贡献： Zipf和Mooney等作者长期以来一直保持较高水平的OSM研究活跃度，而其他作者则表现出间歇性或下降的兴趣。

- *OSM*相关出版物的占比： OSM相关出版物的百分比反映了作者的专业化程度（参见表3的最后一列）。一些作者高度专注于OSM研究，其中七位作者的占比超过40%。例如，Neis的占比最高，为67%，其次是Minghini，为58%。相比之下，尽管Zhu和TUIA的OSM相关文章绝对数量相近，但其占比要低得多，分别为5%和4%，这表明他们的研究范围更广，不局限于OSM。

- 研究兴趣的变化：OSM相关文章所占比例也反映了作者研究兴趣的变化。例如，Lautenbach在2009年到2018年间没有发表过OSM相关出版物，但在2019年后明显转向OSM主题，Zhou也呈现出类似模式。相反，Corcoran早年广泛从事OSM相关研究，但在2019年后转向其他领域；而Arsanjani自2020年起发表的OSM相关研究有所减少。

- 持续的研究产出：大多数作者在分析年份内持续发表作品。一个显著的例外是Neis，他在2016至2022年间没有发表任何作品，这可能是由于其职业重心或研究兴趣发生了变化。

- *OSM*研究的跨学科联系：进一步考察这些作者的主要研究领域后，可以发现显著的跨学科联系。例如，Zhu和Tuia主要专注于遥感；Lautenbach专攻生态系统服务和地理信息科学；Zhou的研究涵盖道路网络和地图综合；Corcoran从事网络科学研究；Arsanjani则专注于地球观测和土地利用科学。这些发现凸显了OSM研究与多个科学学科的交汇。

这些见解展现了开放街图相关研究社群中研究兴趣与生产力模式的动态特征。这些生产力和研究兴趣模式还可能揭示哪些作者未来几年可能继续为开放街图相关研究作出重要贡献。

4.1.2. 机构与国家

约1.3%的组织贡献了34%的全部开放街图出版物。表4列出了拥有 ≥ 20 篇文献的16家机构，并报告了三项指标：文献数、总引用次数和平均标准化引文得分（NCS）；每列排名前三的数值以**粗体**显示。NCS通过将论文的引文数除以同年发表的所有论文的平均引文数，校正出版年份的影响 [5]。NCS

[5]https://www.rdocumentation.org/packages/bibliometrix/versions/4.3.3/topics/normalizeCitationScore

表4：按机构统计的文献数、引文数和平均规范化引文得分（文献数超过20篇的16家机构）。每列排名前三的数值以**粗体**标出。

机构	文献	引文	平均规范化引文得分
海德堡鲁普雷希特-卡尔斯大学（海德堡大学）	**102**	**3644**	**1.67**
武汉大学（WHU）	**79**	1134	1.14
中国科学院（CAS）	**56**	945	1.13
德国航空航天中心（DLR）	53	979	1.17
中国地质大学（CUG）	44	625	1.23
慕尼黑工业大学（TUM）	42	950	0.98
伦敦大学	39	**3963**	1.38
法国国家科学研究中心（CNRS）	34	301	0.54
伦敦大学学院（UCL）	28	**3794**	**1.59**
新加坡国立大学（NUS）	26	605	**2.82**
梅努斯大学	23	616	0.88
米兰理工大学（PoliMi）	23	392	1.00
都柏林大学学院（UCD）	22	533	0.79
乔治·梅森大学（GMU）	21	450	0.96
中国科学院大学（UCAS）	21	259	0.95
国际应用系统分析研究所（IIASA）	20	520	1.28

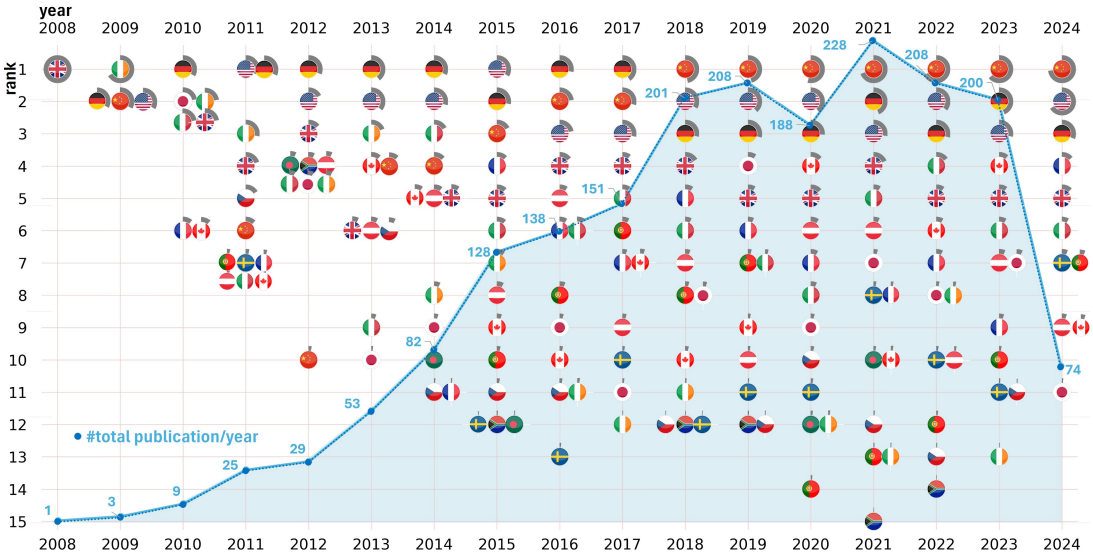


图4：2008年至2024年6月各国OSM研究产出的年度排名，图中以国旗和圆形图表显示各国论文占年度总产出的比例。背景中的蓝色折线图展示了每年的论文总数。

为1.0表示达到全球同年份的平均水平；高于1则表示影响高于平均水平。对于Web of Science文献集中全部1,926篇与开放街图相关的论文，我们使用Bibliometrix计算了NCS，然后对各机构的得分取平均值。

结果显示，各机构的相对影响力存在显著差异：新加坡国立大学（*NUS*）以平均规范化引文得分2.82位居首位，其次是海德堡大学（1.67）和伦敦大学学院（*UCL*）（1.59）。另一方面，法国国家科学研究中心（0.54）和都柏林大学学院（*UCD*）（0.79）低于全球基准，因为许多被引次数最高的论文都发表于研究期早期。

图4展示了2008年到2024年6月各国开放街图研究产出的年度排名，突显了该领域的全球扩展。英国

于2008年位居榜首，爱尔兰、中国、德国和美国于2009年加入，随后日本、意大利、法国和加拿大于2010年加入，进一步巩固了国际研究网络。自2010年以来，德国一直是主要贡献者，美国和中国则逐渐成为重要参与者，自2015年以来始终位列前三。

南非于2012年成为首个主要的非洲贡献者，随后加纳和尼日利亚在之后几年中的参与度不断提升。拉丁美洲于2013年由巴西加入，随后阿根廷和哥伦比亚也参与其中。在亚洲，孟加拉国于2012年标志着南亚的加入，印度、日本、新加坡和尼泊尔也在随后几年作出了贡献。欧洲的研究不断扩展，奥地利、葡萄牙和西班牙与英国、意大利、法国及荷兰共同参与其中。北美洲仍保持强劲势头，加拿大和美国均作出了贡献。到2020年，开放街图研究已实现全球代表性，反映出该领域日益增强的国际合作。

4.1.3. 顶尖作者的作者隶属机构随时间的变化

研究由作者开展，而研究主题往往会随着作者在不同机构之间的流动而转移。对顶尖作者隶属机构的分析表明，这些主题会受到作者隶属机构随时间变化的影响。图3展示了发文最多的前20位作者的产出情况及其相应的隶属机构随时间的变化。对顶尖作者隶属机构的分析显示，共有24家不同机构在塑造这一研究格局方面发挥了重要作用，如图3所示。

我们首先通过区分作者隶属机构是否保持不变来分析数据：

A. 作者隶属机构保持不变

几位顶尖作者在其开放街图发表期间始终与同一机构保持隶属关系。这些作者包括 Alexander Zipf、LindaSee、HartwigH. Hochmair、Michela Bertolotto、MariaAntoniaBrov- elli、西达利亚 Fonte 和 Ana-Maria Olteanu-Raimond。

在这一组作者中存在两种不同的情形：

- 情形 1：独特的隶属机构，与其他顶尖作者没有重叠
  这些作者是各自机构中唯一的顶尖贡献者
  机构，与其他顶尖作者没有共同隶属关系：
  - Linda See：国际应用系统分析研究所；
  - Hartwig H. Hochmair：佛罗里达大学；
  - Cidalia Fonte：科英布拉大学 / INESC；
  - Ana-Maria Olteanu-Raimond：IGN / LASTIG。
- 情景 2：与多位顶尖作者共享隶属机构
  在这些情况下，多个顶尖作者都与同一机构有关联，这表明这些机构或其领军作者可能在培养其他高产的开放街图领域贡献者方面发挥了重要作用；这些机构也对开放街图主题的传播起到了关键作用：
  - Alexander Zipf，隶属于海德堡大学，关联作者包括
    其他顶尖作者，例如 Hongchao Fan、Jamal Jokar Arsanjani、Sven Lautenbach、Hao Li 和 Pascal Neis；
  - Michela Bertolotto，隶属于都柏林大学学院，与顶尖作者 Andrea Ballatore 和 Padraig Corcoran 相关；
  - Maria Antonia Brovelli，来自米兰理工大学，与 Marco Minghini 相关；
  - Peter Mooney 自 2010年 起隶属于梅努斯大学（曾短暂

此前曾与另一家研究机构有关联），与 Andrea Ballatore 和 Padraig Corcoran 有关。

B. 作者的隶属机构至少变更过一次

我们在更改过隶属机构的作者中观察到了两种情况：

- 隶属机构变更后继续产出研究 在大多数情况下，顶尖作者更换机构后仍继续开展重要的开放街图相关研究。这表明作者与其研究主题之间存在牢固且持久的联系，他们将这些研究主题带到了新的隶属机构。例如：Filip Biljecki 从代尔夫特理工大学转至新加坡国立大学后，仍继续开展开放街图研究。多位曾在海德堡大学开展研究的作者也有类似经历：Hongchao Fan 转至挪威科技大学；Jamal Jokar Arsanjani 转至丹麦的 AAU CPH；Hao Li 转至慕尼黑工业大学。

- 隶属机构变更后不再产出研究 在某些情况下，作者更换机构后不再开展开放街图相关研究，这表明他们的研究与原机构有很强的关联。这可能意味着他们的研究重点或工作职责发生了变化。Pascal Neis 就是一个例子。

开放街图研究领域的顶尖作者分布在不同的机构和国家。这种分布凸显了各地区对开放街图研究的全球关注和投入。我们进一步分析了随时间变化的机构和国家数据，参见图3中的时间线。我们观察到三类：

A. 长期持续参与的机构顶尖作者长期活跃、并产出大量开放街图研究的机构和国家，体现了对开放街图相关研究的持续关注与支持。这些包括：

- 德国，尤其是两所机构——海德堡鲁普雷希特-卡尔大学和慕尼黑工业大学。 - 贝格。
- 爱尔兰，包括两所主要机构——梅努斯大学和都柏林大学学院。
- 奥地利，由国际应用系统分析研究所代表。
- 美国，具体来说是佛罗里达大学。
- 中国，贡献者来自CUG。
- 意大利，其中米兰理工大学尤为突出。

B. 时间线右侧的机构（相对而言）顶尖作者转入的机构位于时间线右侧，这表明这些机构和国家通常体现出对开放街图研究日益增长的支持与兴趣。作者分散在各个机构和地区，包括：

- 挪威：挪威科技大学
- 丹麦：AAU CPH
- 新加坡：新加坡国立大学
- 意大利：JRC
- 中国：CBAS
- 英国：伦敦大学
- 荷兰：瓦赫宁根大学

C. 时间线左侧的机构（相对而言）
在转至新机构之前，这些顶尖作者原先所属的机构显示在时间轴左侧。我们观察到，这些作者转职后，有些机构不再出现在地图上：

- 一种可能的原因是，OSM研究可能并非这些机构的主要研究方向。例如，Devis Tuia 转至另一家机构后，苏黎世大学 便不再出现在图3中，如图3所示。然而，从图5中可以看出，苏黎世大学有10篇OSM相关出版物。进一步调查发现，其中2篇论文由Tuia撰写，另外8篇论文则由该校其他作者参与完成，时间跨度为2015年至2023年。这表明，OSM研究可能并非该校或该校其他相关作者的主要研究方向。

- 另一种可能是，这些机构仍在开展OSM研究，但没有一位突出的领军作者。例如，武汉大学仅在图3中短暂出现。然而，如图5所示，武汉大学 已产出79篇OSM相关文献。这表明，武汉大学对OSM有浓厚的研究兴趣，相关研究由多位作者共同开展，但他们并未列入OSM作者前20名列表。感兴趣的读者可参阅脚注所示的图5交互式在线视图，以了解更多详细信息。

上述所有情况都表明，开放街图研究主要由研究人员推动，他们的迁徙在相关主题于不同机构和国家间传播的过程中发挥着关键作用。一些机构积极培养开放街图研究人员，而另一些机构则受益于新加入的学者，他们将开放街图相关研究引入新的学术环境。这些模式在一定程度上也反映了机构和国家支持并参与开放街图研究的意愿。

4.2 合作

本节探讨开放街图研究中的合作模式，重点关注作者之间的合作关系，以及机构和国家层面的合著网络。

4.2.1 作者合作

为构建作者之间的合著网络，我们采用每位作者至少发表五篇文献的门槛，筛选出92位作者。图6展示了聚类后的网络。部分作者之间没有关联，因此形成的网络中，最大连通子集包含49位作者，其余则由许多小型子网络构成。图6标注了至少包含3位作者的聚类。

合著网络的最大子集 分布在**五个聚类**中，每个聚类都呈现出不同的连接模式。这凸显了这些聚类之间复杂的相互关系网络；连接程度各异，反映出作者最大子集内部不同的协作动态。该子集显示在图6中央，各聚类的概况见表5。值得注意的是，*Alexan-der Zipf* 和*Peter Mooney* 不仅分别是各自聚类中发文最多的作者，也是跨多个聚类的重要合作者。*Zipf* 连接广泛，与聚类1中的4位作者、聚类3中的5位作者、聚类5中的2位作者以及

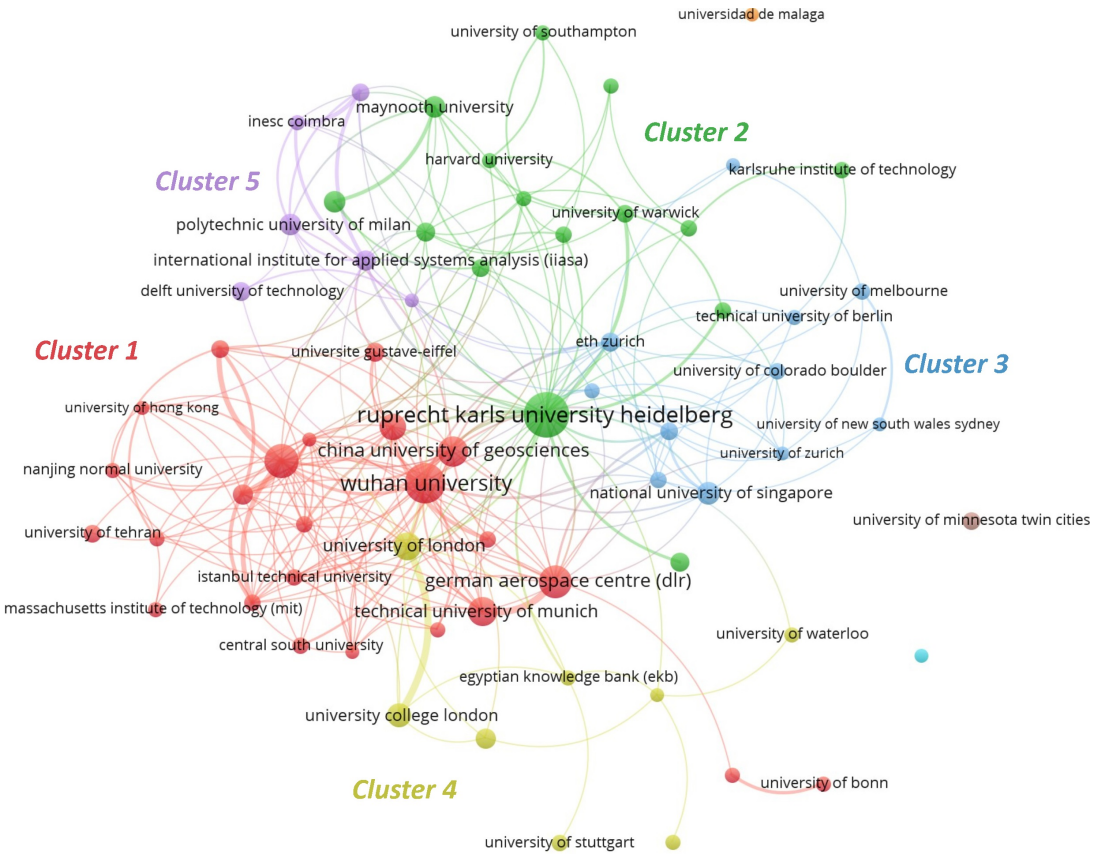


图5：机构共同署名网络。筛选出至少发表10篇文献的67个机构，并标注排名前5的聚类。可在此处访问交互版本 [6]。

聚类 4中的1位作者相连。同样，*Mooney* 也是核心人物，与聚类 1、2和3中的作者相连，同时还与聚类5中的所有其他作者相连。就各聚类而言，聚类 4的跨聚类连接显著少于其他聚类，只有两位作者与本群体之外建立了联系。

有几个小型聚类未与最大的作者子集相连，而是分布在图6中网络的边缘。聚类6包括6位作者，聚类7有4位作者，聚类8则有3位作者，体现了这些群体不同程度的合作。此外，聚类9至17各包含2位作者，而聚类18至29各只有1位作者，表明个人贡献在整个网络中的分布更为广泛。

一些较小的聚类包含多位作者，这表明存在一些孤立群体，其研究领域或合作网络较为专注，且与规模更大的连通子集没有重叠。这说明网络中存在各具特色、可能专注于特定领域的研究群体。相反，一些较小的聚类仅由一位作者组成，这表明这些个人可能独立工作，或专注于与其他高产研究人员没有交集的极小众领域，例如 *Boeing, Geoff*，他是 OSMnx 的唯一作者（Boeing 2017），如红色所示，见图6。这种分离凸显了科研合作的多样性以及

[6] https://github.com/ya0-sun/OSMbib

学术与专业网络的多样形态。

表5：各聚类中发文最多的作者、连接作者及未连接的聚类

聚类	Most 发表 作者（文献数）	连接作者（相连的聚类）	未连接聚类
聚类1 14位作者	SEE，LINDA（18）	SEE，LINDA（聚类2、5） Minghini, Marco（聚类 3、5） Arsanjani, Jamal Jokar（集群 2、4、5） 4 位作者通过 Zipf, Alexander 加入集群 2 6 位作者通过 Mooney, Peter 加入聚类1	None
集群 2 12 位作者	Zipf, Alexander（56）	Zipf, Alexander（聚类 1、聚类3、集群 4、聚类 5） Schultz, Michael（集群 4） Li, Hao（聚类3、集群 4） 4 位作者	None
聚类3 9 位作者	Fan, Hongchao (21)	Juhasz, Levente（聚类 1、5） 通过 Zipf, Alexander 将 5 位作者关联至集群 2	集群 4
集群 4 8 位作者	Zhu, Xiao Xiang（15）	Taubenboeck, Hannes（聚类1） Ghamisi, Pedram（集群 2）	聚类3、聚类5
聚类5 6 位作者	Mooney, Peter (20)	Mooney, Peter（集群 1、2、3） Ballatore, Andrea（集群 1、2） 2 位作者通过 Zipf, Alexander 与集群 2 相连	集群 4

4.2.2. 组织间合著与各国贡献

本节考察组织间的合作网络，以及不同国家对开放街图研究的贡献。

为构建合著网络，选取文献数量至少为10篇的组织。在分析的1,265个组织中，76个达到这一门槛；删除重复的隶属机构（第2.3节）后，剩余67个。图5展示了该网络，其中包含八个 聚类：三个大型聚类（各有15个以上组织）、两个中型聚类（分别有8个和6个组织），以及三个单一机构聚类：

聚类1以红色标示，包含24个机构，主要来自中国、德国和法国。武汉大学、中国科学院和德国航空航天中心处于领先地位。集群 2以绿色标示，包含来自欧洲和北美洲的15个机构，由海德堡大学、梅努斯大学和加州大学圣巴巴拉分校领衔，呈现出显著的跨大西洋分布。聚类3以蓝色标示，涵盖欧洲、北美洲、亚洲和澳大利亚的11个机构。新加坡国立大学、苏黎世联邦理工学院和挪威科技大学是主要贡献者。集群4以香橼色标示，包含8个机构，主要来自英国、美国和加拿大，由伦敦大学学院和乔治梅森大学领衔。聚类5以紫色标示，包含6个欧洲机构，由米兰理工大学领衔，其中荷兰和葡萄牙的机构占比较高。聚类6、7和8各包含一个机构：以色列理工学院、西班牙的马拉加大学，以及美国的明尼苏达大学双城分校。

在分析各国的贡献时，我们将出版物分为单一国家出版物（SCP）和多国出版物（MCP）。SCP 的作者来自同一个国家，而 MCP 则代表国际合作。图 7

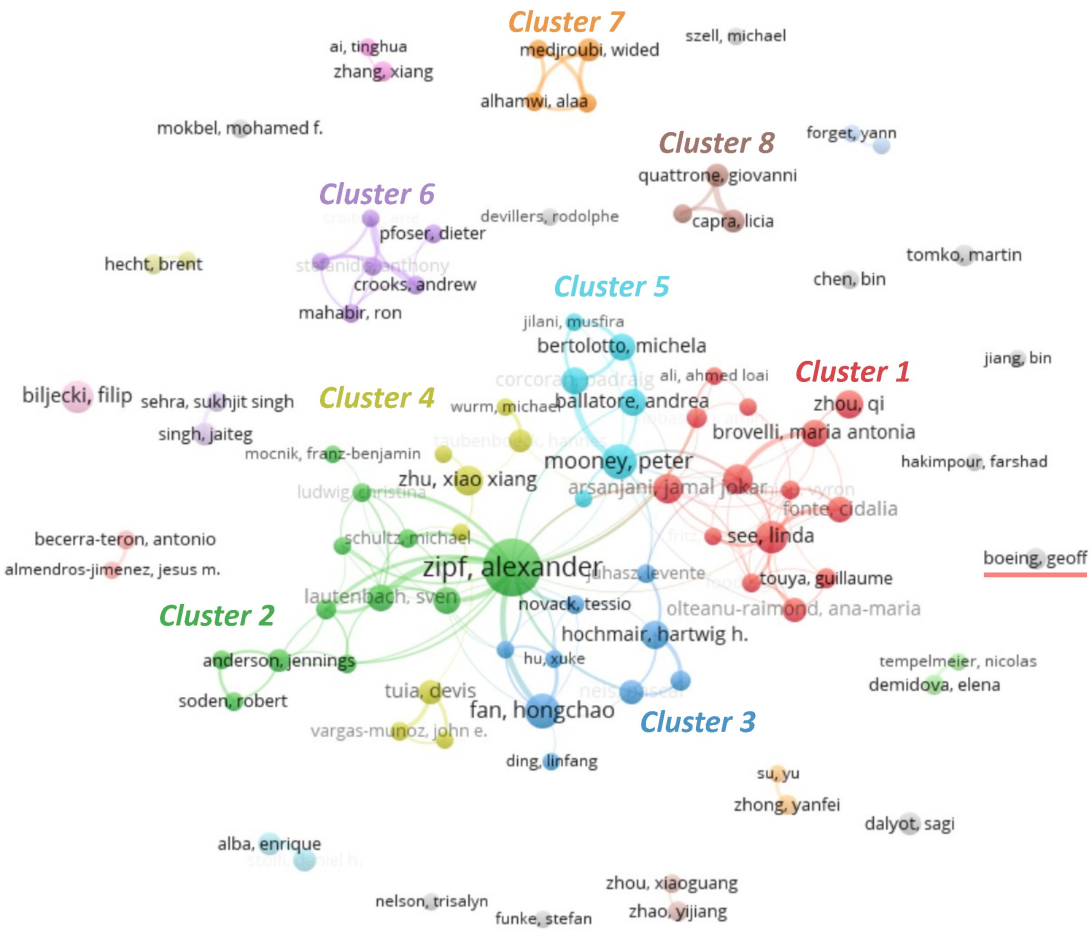


图6：合著网络。选取了92位作者，要求每位作者至少发表5篇文献。标注了至少包含3位作者的聚类。可在此处访问交互版本[6]。

展示了通讯作者所在国家排名靠前的国家。

德国在国内和国际合作方面均居领先地位，其次是中国和美国；这些国家的 SCP 和 MCP 占比均衡（约为 25%）。英国（28.7%）和意大利（27.1%）的国际参与度较高，MCP 占比较为显著。加拿大、奥地利和荷兰等国家的出版物中，近一半或更多为 MCP，体现出强劲的国际合作。法国和巴西则兼有国内与国际合作（MCP 占 30%）。相比之下，西班牙、印度、日本、波兰和伊朗更注重国内研究，MCP 占比低于 20%。与此同时，葡萄牙（38.5%）和瑞士（52%）的多国出版物比例尤为突出。

合著网络凸显了OSM研究的全球性，不同机构与国家之间的合作程度和专业化水平各不相同。由多个国家的机构组成的聚类，以及由同一国家（如德国）的不同机构组成的聚类，既体现了国际合作伙伴关系，也反映出多样化的国家战略。这些模式揭示了各机构与国家各自不同的方法——有些优先开展国内研究，另一些则积极推动国际合作。除了机构之间的联系，个别研究人员也在塑造这些网络方面发挥着关键作用，并影响着其所属机构与国家的研究

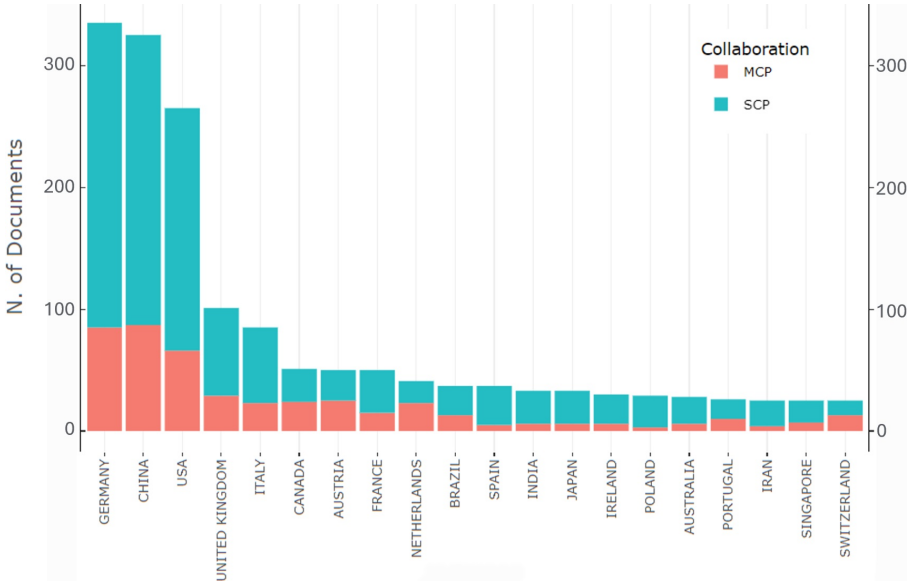


图 7：各国出版物数量，包括单国发表论文（SCP）和多国合作发表论文（MCP）。

其所属机构与国家的策略。

5. 研究主题

本节分析 OSM研究 涵盖的研究主题范围。我们首先通过关键论文和文献计量史图追溯该领域的发展历程，随后探讨 OSM研究的子领域结构和研究趋势。

5.1. 文献计量史图、关键论文和关键研究兴趣

我们通过构建文献计量史图来确定 OSM研究中的关键论文。该图展示了从一组书目记录中提取的最重要直接引文所构成的历史发展网络，并按时间顺序呈现知识层面的联系（Garfield 2004年）。一个文献集内数千位作者的引文作品足以描绘该领域的文献计量结构，并确定其关键基础性成果。

在本研究中，我们通过将局部引文得分（LSC）设置为>= 20，构建了包含*52*篇高被引文章的 OSM研究文献计量史图，其中局部引文得分代表每篇论文在我们的 OSM Web of Science文献集 中被其他论文引用的次数。所得文献计量史图如图 8 所示，全面展示了研究主题如何随时间演变。我们将总体发展进程划分为四个时期：2008—2011年、2012—2014年、2015—2017年和2018-2021。由于出版物通常需要一定时间积累引文，2022年之后发表的论文，例如 Herfort 等人的 2023 年关于 OSM中全球城市建筑数据的完整性和不平等性的研究（Herfort 等人 2023），由于发表时间较近，尚未出现在这些图中。

从图 8 可以看出，一切始于一篇介绍性论文，该论文在图中标记为“0”——Haklay M，2008年——（Haklay 和 Weber，2008年），其 LSC 为 295。通过考察 52 篇高被引论文，我们确定了五大关键研究兴趣。

我们发现，初始时期（2008—2011年）发表的七篇高被引论文已经揭示了三大研究兴趣。另外两项关键研究兴趣分别出现在第二时期和第三时期，即 2013年和 2015年。在随后的时期，所有这些研究兴趣领域都出现了关键论文。

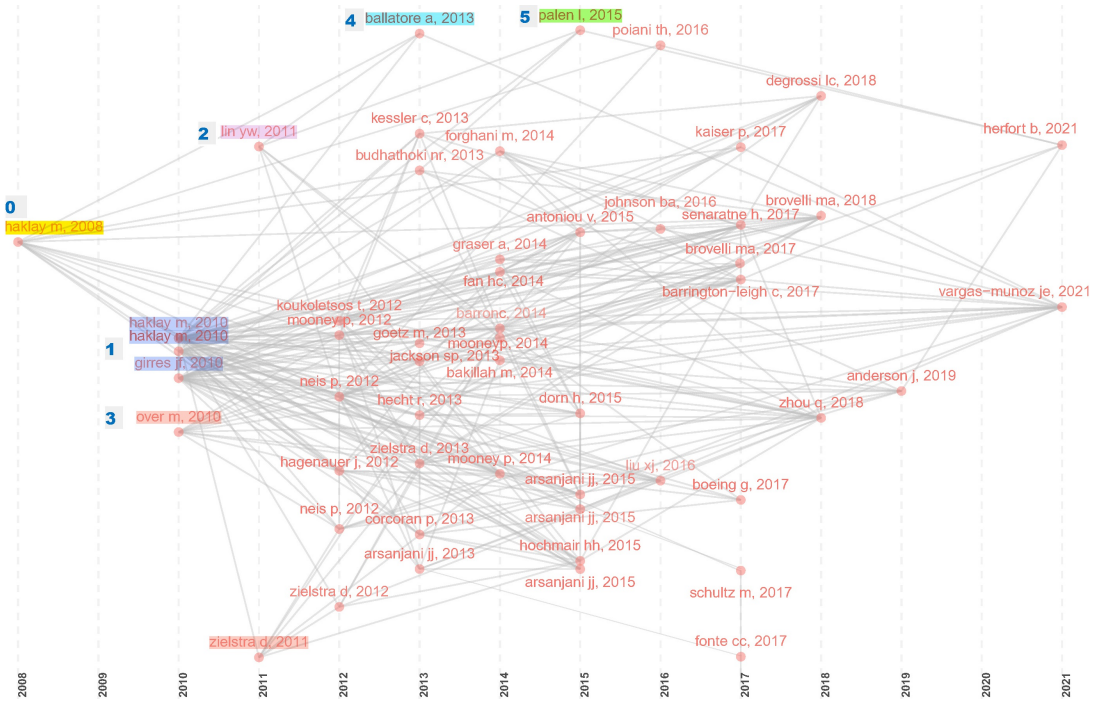


图 8：我们 WoS 文献集中文献被引用次数最多的作品的文献计量学史图。第一篇论文标记为 0。五大关键研究兴趣的起始论文以高亮显示并进行编号。

下文列出了五大关键研究兴趣，相关的高被引论文见对应表格；每个关键研究兴趣的起始论文在图 8 中以数字高亮标示：

(1) OSM数据质量评估与验证（参见表6）；(2) 协作贡献、贡献者行为与活动分析（参见表7）；(3) 利用 OSM 和其他数据进行制图、生成与信息提取（参见表8）；(4) 工具开发（参见表9）；(5) 人道主义与灾害响应中的 OSM（参见表10）。

表 6：**重点研究方向 1**：OSM数据质量评估与验证

时间段	**论文：**论文—标题	LSC
2008—2011年	(Haklay 2010年) —“志愿地理信息的质量如何？一项比较研究：OpenStreetMap 与英国军械测量局数据集”	465
	（Girres 和 Touya 2010）-《法国 OpenStreetMap 数据集的质量评估》	270
	（Haklay *et al.* 2010）-《需要多少名志愿者才能绘制出高质量的区域地图？Linus 定律对志愿地理信息的有效性》	120
2012—2014年	（Koukoletsos *et al.* 2012）-《通过自动线性数据匹配程序评估志愿地理信息的数据完整性》	60
	(Hecht *et al.* 2013) - “测量OpenStreetMap建筑物轮廓随时空变化的完整性”	86
	(Zielstra *et al.* 2013) - “评估数据导入对完整性的影响：OpenStreetMap美国案例研究”	67
	(Keßler和De Groot，2013年) - “信任作为衡量志愿地理信息质量的代理指标：以OpenStreetMap为例”	50
	(Jackson *et al.* 2013) - “评估志愿地理信息中要素的完整性和空间误差志愿地理信息	43
	(Fan *et al.* 2014) - “质量评估 OpenStreetMap”- 上建筑物轮廓数据的	148
	（Barron *et al.* 2014）—“OpenStreetMap内在质量综合框架性分析”	144
	（Forghani 和 Delavar 2014）—“OpenStreetMap数据集质量研究：德黑兰”	45
2015—2017	（Brovelli *et al.* 2017）—“迈向 OpenStreetMap 与.....的自动化比较“权威道路数据集”	25
	（Hochmair *et al.* 2015）——“评估美国 OpenStreetMap 中自行车道与车道要素的完整性”	22
	（Barrington-Leigh 和 Millard-Ball 2017）——“全球用户生成的道路地图已超过 80% 完整”	83
	（Antoniou 和 Skopeliti 2015）——“志愿地理信息质量的度量与指标：综述”	53
	（Dorn *et al.* 2015）——“使用权威数据评估志愿地理信息的质量——与德国南部土地利用数据的比较与德国南部土地利用数据的对比	50
	（Arsanjani 和 Vaz 2015）——“用于探索多个欧洲大都市土地利用模式的协作制图方法评估”	23
	（Senaratne *et al.* 2017）——“志愿地理信息质量评估方法综述”	100
2018-2021	(Brovelli 和 Zamboni 2018) - “一种评估空间精度的方法以及 OpenStreetMap 建筑物轮廓的完整性”	32
	(Degrossi *et al.* 2018) - “志愿者提供的质量评估方法分类体系和众包地理信息”	22
	(Zhou 2018) - “探索城市密度与完整性之间的关系OpenStreetMap 中用于质量估计的建筑物数据”	20

高被引论文的前两个主要研究兴趣与众包相关 ced 以及 OSM 的多源特性。

前者聚焦于数据质量，后者则研究贡献者。21 篇高被引论文研究并探讨了 OSM 数据质量评估与验证（参见表 6），所采用的方法涵盖与权威数据集进行比较分析、自动匹配与要素比较、时间分析、分类体系与理论框架、定性方法，以及对质量指标的综述与综合。

第二个关键研究兴趣聚焦于协作贡献和贡献者行为，在 11 篇高被引论文中有所体现。研究分析从早期关注个体贡献者，逐渐转向 2021 年的企业编辑者（ Anderson 等人2019），揭示了贡献者群体的变化。值得注意的是，社会领域的研究也与这一研究兴趣相契合，探讨了与贡献者相关的问题，例如谁有权绘制地图，以及参与是否是一种赋权行为。这些

表7：**关键研究兴趣2**：协作贡献、贡献者行为与活动分析

时间段	**论文：**论文标题	LSC
2008—2011年	（Lin 2011）——《对 OpenStreetMap 制作的定性探究》	24
2012—2014年	(Neis 和 Zipf 2012) - “分析志愿地理信息 项目贡献者活动——以 OpenStreetMap 为例”	127
	(Neis *et al.* 2012) - “OpenStreetMap 中自动恶意破坏检测的探索”	31
	(Mooney 和 Corcoran 2012) - “OpenStreetMap 中的注释过程”	58
	(Corcoran *et al.* 2013) - “分析 OpenStreetMap 网络的增长”	42
	(Mooney 和 Corcoran 2014a) - “交互与协同编辑模式分析 OpenStreetMap 贡献者”	31
	(Budhathoki 和 Haythornthwaite 2013年) - “开放协作的动机：众包 与社区模式及 OpenStreetMap 案例”	47
	(Mooney 和 Corcoran 2014b) - “OpenStreetMap 在数字地球应用中是否发挥作用? ？”	20
2015—2017	（Arsanjani *et al.* 2015）- “对 OpenStreetMap 贡献的未来模式及贡献指数发展的探索 与贡献指数的发展”	23
	（Jokar Arsanjani *et al.* 2015）- “OpenStreetMap 的兴起与演变：一种 元胞自动机方法”	20
2018-2021	（Anderson *et al.* 2019）- “不断演变的 OpenStreetMap 景观中的企业编辑者- 街图”	33

表8：**关键研究兴趣3**：利用开放街图数据及其他数据进行制图、生成和提取信息

时间段	**论文：**简短编号 - 标题	LSC
2008—2011年	（Over *et al.* 2010）- “从 OpenStreetMap 生成基于网络的三维城市模型: 德国现状”	62
	（Zielstra 和 Hochmair，2011）-“使用免费和专有网络数据对行人前往换乘站的可达性进行 站点使用免费和专有网络数据”	27
2012—2014年	（Hagenauer 和 Helbich，2012）-“利用志愿地理信息，通过遗传算法和人工神经网络挖掘城市土地利用模式” 志愿地理信息，通过遗传算法和人工神经网络”	48
	(Zielstra 和 Hochmair 2012) - “利用免费和专有数据比较最短 路径长度，以实现街道网络中的有效行人路径规划”	20
	(Jokar Arsanjani *et al.* 2013) - “基于志愿地理信息进行土地利用模式制图 地理信息”	46
	(Goetz 2013年) - “从 OpenStreetMap 生成高度精细的三维 CityGML 模型 ”	26
	(Bakillah *et al.* 2014) - “利用 OpenStreetMap 兴趣点进行高分辨率人口制图”	39
2015—2017	(泉源 *et al.* 2017) - “生成最新、详细的土地利用和土地覆盖 地图：结合 OpenStreetMap 和 GlobeLand30”	26
	(Johnson 和 Iizuka 2016) - “整合 OpenStreetMap 众包数据与土地 卫星时间序列影像用于快速土地利用/土地覆盖（LULC）制图：案例研究 菲律宾拉古纳湖地区”	34
	(Liu 和 Long 2016) - “利用 OpenStreetMap 和兴趣点自动识别与表征地块 OpenStreetMap 和兴趣点”	56
	(Schultz *et al.* 2017) - “基于 OpenStreetMap 和《遥感》影像的开放式土地覆盖”	53
	(Kaiser *et al.* 2017) - “从在线地图中学习航空影像分割”	25
2018-2021	(Vargas-Munoz *et al.* 2020) - “OpenStreetMap：机器学习 与遥感”	23

研究深入探讨了对现实的不同理解、制图争议，以及对官方制图和商业制图提出的挑战，因此也涉及地缘政治问题，以及社会、政治、法律和治理层面（Bittner 2017, Jackson等人 2018，Lin 2019，Scassa 2013）。

第三个重点关注如何利用 OSM 数据，通常还会结合其他数据源。应用领域包括生成三维城市模型、评估

表 9：**关键研究兴趣 4**：工具开发

时间段	**论文：**短编号 - 标题	LSC
2012—2014年	（BALLATORE *et al.* 2013）- “地理知识提取与语义相似度：OpenStreetMap”	36
	（Graser *et al.* 2014）- “面向街道网络的开源分析工具箱比较：开放街图与奥地利官方参考图的比较指标、工具和结果奥地利参考图”	20
2015—2017	（Boeing 2017）- “OSMnx：获取、构建、分析和可视化复杂街道网络的新方法”	86

表10：**关键研究兴趣5**：人道主义与灾害响应中的 OSM

时间段	**论文：**短标识—标题	LSC
2015—2017	（Palen *et al.* 2015）—“数据生产型组织中的成功与规模：社会—OpenStreetMap 应对人道主义事件的技术演进”	25
	（Poiani *et al.* 2016）——“协作制图在灾害救援中的潜力：一个关于2015年尼泊尔地震中OpenStreetMap的案例研究”	21
2018-2021	（Herfort *et al.* 2021）——“开放街图社区内人道主义制图的演变”	26

行人可达性、土地利用模式制图、创建土地利用和土地覆盖地图，以及开展航空影像分割。2021年，Vargas-Munoz JE 撰写的一篇综述论文总结了在机器学习和《遥感》中使用 OSM 所面临的挑战与机遇（Vargas-Munoz 等2020年）。

第四个重点方向是工具开发。这包括：用于从开放街图中提取地理知识的语义工具（Ballatore 等2013年）；用于比较街道网络的开源工具包（Graser 等2014）；以及著名的 OSMnx——一个简化从开放街图获取、建模、分析和可视化地理空间要素的 Python软件包（Boeing 2017）。

最后一个主要研究兴趣是人道主义制图与灾害救援，涵盖开放街图在人道主义情境中的演变及影响，包括其在2015年尼泊尔地震中的作用，以及其为应对突发事件而开展的更广泛的社会技术发展（Palen 等 2015，Poiani 等2016）。最新研究着重指出，开放街图社区中的人道主义制图实践仍在不断演进（Herfort 等 2021）。

*5.2. OSM*研究的子领域结构与研究趋势

关键论文被广泛引用，但并不能代表所有研究领域，也无法体现不同主题研究的数量和范围。因此，我们分析了整个数据库中的各类主题。

我们对关键词进行共现分析，以提取OSM研究的子领域结构。我们将五 次出现设为最低阈值。在总计6,264个关键词（包括作者关键词和增补关键词）中，有416个符合这一标准。为避免出现频率最高的两个关键词——“openstreetmap”（出现816次）和“志愿地理信息”（出现225次）——掩盖其他关键词，我们将其剔除，最终分析了414个关键词。

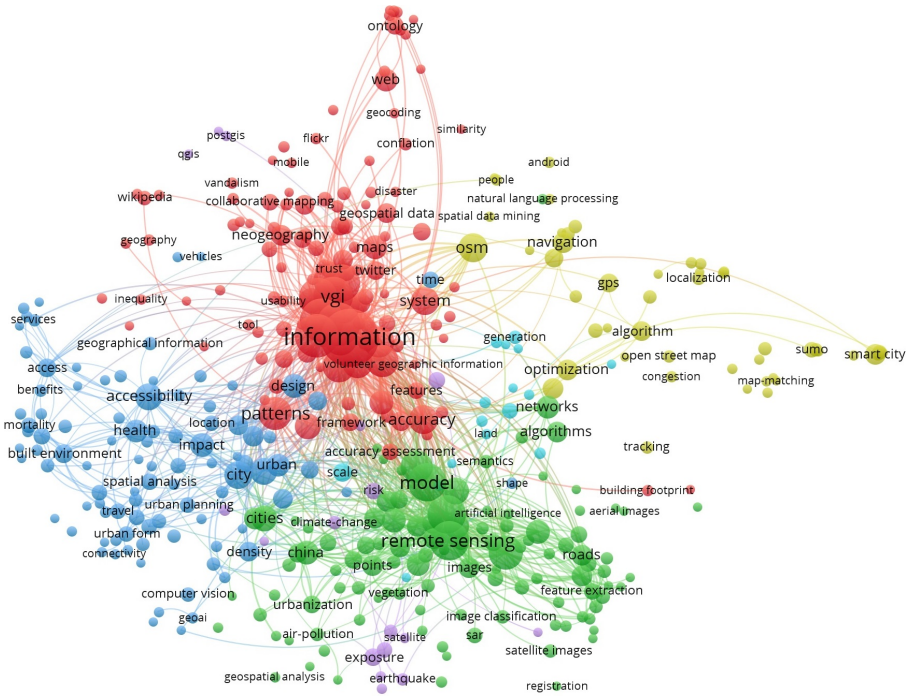
如图9(a)所示，这些关键词形成了六个 distinct 的聚类，表明研究子领域呈现出多样且结构清晰的格局，具体总结如下。表11列出了每个主题聚类的主要主题及其对应的关键词。

表11：地理空间研究的主题聚类与核心主题。主题聚类的颜色与图9(a)中的颜色相对应。

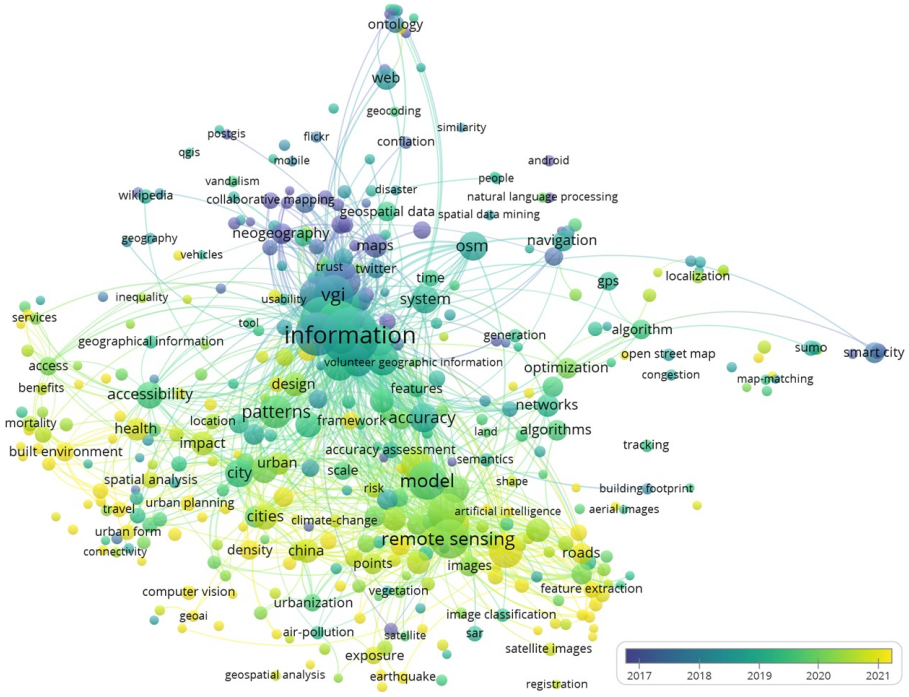
主题聚类	核心主题与关键词
Geo 信息	**地理数据质量与管理：**“信息”、“质量评估”、“数据质量”、“准确性” **参与式制图：**“地理信息系统”、“志愿地理信息”、“完整性”、“众包” **空间建模：**“模式”、“模型”、“OpenStreetMap”、“验证”
遥感 感知	**人工智能驱动的遥感：**“分类”、“深度学习”、“机器学习” **高级数据处理：**“数据融合”、“特征提取”、“模型” **基于卫星的应用：**“Google Earth Engine”，“哨兵-2号”，“城市区域”，“土地覆盖”，“道路”
城市规划	**城市设计与基础设施：**“城市”、“土地利用”、“影响”、“可达性” **空间组织与出行：**“基础设施”、“道路网络”、“建成环境”、“密度”、“城市形态” **分析工具：**“空间分析”、“地理信息系统（GIS）”
导航与 交通运输	**出行优化：**“优化”、“仿真”、“路径规划”、“全球定位系统”、“智慧出行” **智能交通：**“智慧城市”、“算法”、“自动驾驶汽车” **新兴导航工具：**“交通仿真”、“增强现实”、“3D 重建性”
风险与 脆弱性	**环境危害评估：**“暴露”，“风险”，“不确定性” **灾害风险分析：**“气候变化”，“地震” **地理空间韧性策略：**“众包”，“卫星”，“PostGIS”，“QGIS”，“可持续发展”，“韧性规划”
地理空间 建模	**数据采集：**“激光雷达”，“摄影测量” **三维空间建模：**“重建”、“三维城市模型” **土地利用监测：**“变化检测”、“覆盖变化”、“城市分析”

主题聚类1：地理信息（参见图9(a)中的红色聚类。）该聚类聚焦于地理数据系统中的信息质量与管理，强调开放数据、众包贡献，以及提高数据准确性和整合能力的策略。**主题聚类2：《遥感》**（参见**图9(a)中的绿色聚类**。）该聚类聚焦于遥感和人工智能驱动的数据分析在城市与环境监测中的应用，强调实际应用和现实影响。**主题聚类3：城市规划**（参见**图9(a)中的蓝色聚类**。）该聚类聚焦于城市规划及其对健康、可达性和基础设施的影响，研究设计与数据驱动分析如何促进城市发展。**主题聚类4：导航与交通**（参见**图9(a)中的黄绿色聚类**。）该聚类探讨先进的导航与交通技术，聚焦于交通建模和效率提升中的“优化”与“仿真”。**主题聚类5：风险与脆弱性**（参见**图9(a)中的紫色聚类**。）该聚类研究环境与气候相关灾害中的风险与脆弱性评估。**主题簇6：地理空间建模**（参见**图9(a)中的青色聚类**。）该聚类研究地理空间建模与分析，重点关注数据采集、建模技术和空间分析。

为分析开放街图研究的趋势，我们使用 VOSviewer 的叠加可视化功能，该功能根据平均发表年份对项目进行颜色编码（图9(b)）。这凸显了每个聚类内主题的演变，区分出较早的主题与新兴研究领域。正如



（a）关键词的网络聚类。



（b）关键词的叠加可视化。

图9：关键词的网络聚类和叠加可视化。（a）关键词的网络聚类（可在此处查看互动版本[6]）；（b）叠加可视化。

图9(b)所示，较早的主题集中在右上方，对应主题聚类1“地理信息”和主题聚类4“导航与交通运输”。

较新的主题在左下方更为突出，其中主题聚类2“《遥感》”、主题聚类3“城市规划”和主题聚类5“风险与脆弱性”表明研究兴趣正在不断增长。聚类6“地理空间建模”位于两者之间，但呈现出向近期发展趋势靠拢的态势。

表12展示了不同聚类中研究主题的演变。对于大多数研究而言，开放街图充当数据源，因此与各个研究领域存在交叉。然而，所识别出的关键词反映了这些OSM 相关领域的发展进程。例如，在地理信息子领域，主题从2015年的数字地球转变为近年来的知识图谱。在《遥感》领域，研究最初于2017—2018年围绕数据和主题展开，但到2021年—2022年，随后纳入了 Google Earth Engine 和卷积神经网络（CNN）等先进工具。在城市规划领域，早期研究于2017年探索了复杂网络等基于网络的方法，之后在2022年转向 GeoAI 等人工智能驱动的方法。同样，在导航与交通领域，研究重点从2016年的进化算法等优化技术转向2021年的自动驾驶汽车等智能出行解决方案。在风险与脆弱性领域，研究最初于2016年利用众包和 PostGIS 等空间技术，而较新的研究则强调2022年的可持续发展等以可持续发展为导向的方法。这一演变还凸显了机器学习在各个领域的广泛应用，表明其在 OSM 相关研究不同方面的作用日益增强。

6. 社区优先事项：以SotM会议为例

开放街图拥有庞大且多元的用户和贡献者社区，其中大多数人并未参与学术研究。社区成员通过各种平台积极讨论和分享想法，例如社区论坛、邮件列表、线下聚会和SotM会议。讨论中提出的许多问题和创新往往会成为学术研究的主题。社区讨论在识别实际挑战和塑造更广泛的研究议程方面发挥着重要作用。因此，在分析OSM研究时，考虑社区的声音和观点至关重要。

为研究这一问题，我们分析了SotM会议上展示的主题，将其作为社区研究成果的案例。SotM是由OpenStreetMap基金会（OSMF）组织的年度全球会议。自2007年起（2015年和2023年除外），它一直是重要的交流聚会，来自世界各地的贡献者、开发者和利益相关方齐聚一堂，分享见解与创新。我们确定了SotM中的主要贡献者和热门主题。

6.1. 数据获取

为分析SotM会议上的演讲内容，我们根据特定标准仔细收集并筛选数据，以确保分析的相关性和质量。我们从会议网站[7]收集数据，并采用以下筛选标准：

(1) 会议范围：我们仅关注由 OSMF 组织的 State of the Map 大会

[7] https://stateofthemap.org/

表12：不同聚类的主题演变，按研究趋势从早到晚排列。主题聚类的颜色与图9(a)中的颜色一致。

主题聚类	主题	平均发表年份
地理信息	社区	2015
	数字地球	2015
	语义相似度	2015
	GIS	2018
	框架	2021
	管理	2021
	知识图谱	2021
《遥感》	生物多样性	2017
	激光雷达数据	2018
	MODIS	2018
	云计算	2018
	景观	2018
	城市土地利用	2021
	深度学习	2021
	Google Earth Engine	2021
	特征提取	2021
	语义分割	2022
	地球观测	2022
	卷积神经网络（CNN）	2022
城市规划	城市街道	2017
	复杂网络	2017
	City	2019
	土地利用	2020
	健康	2020
	地理人工智能	2022
	空间自相关	2022
	空间	2022
导航与交通	智慧出行	2016
	进化算法	2016
	优化	2020
	识别	2020
	三维重建	2021
	轨迹	2021
	自动驾驶汽车	2021
	校准	2022
风险与脆弱性	众包	2016
	PostGIS	2017
	Risk	2020
	暴露	2021
	气候变化	2021
	地震	2021
	自然灾害	2021
	可持续发展	2022
地理空间建模	人口估算	2017
	三维城市模型	2017
	激光雷达	2018
	变化检测	2018
	数字高程模型	2021
	Flow	2022

。值得注意的是，区域性和本地会议，例如 SotM- Asia、SotM-Africa、SotM-US 等，也使用“State of the Map”这一名称。这些区域性 SotM 会议由本地团队独立组织，与 OSMF 无关。不过，出于两个原因，我们将其排除在外：1）这些区域性会议并非由 OSMF 组织，因此可能无法完全

与国际SotM的标准和目标保持一致。2）许多地区性会议缺乏全面的文档记录，使得收集可靠数据进行分析颇具挑战。

（2）学术专题：自2018年以来，SotM会议一直设有学术专题，该专题在 2023[8]，中更名为OSM Science，并出版了会议论文集。然而，经调查我们发现，这些会议论文集并未被WoS核心合集收录，从而限制了其在学术研究中的可达性和可见度。此外，学术专题中的演讲数量相对较少。因此，我们决定不专门聚焦于该专题。

（3）排除项：为保持对研究导向演讲的明确关注，我们在分析中排除了几类演讲。专题讨论会、研讨会和教程未被纳入，因为它们并非传统的研究演讲，而是互动环节或教学内容。闪电演讲时长很短，仅为5分钟，且通常记录不完整，因此不太适合进行详细分析。

根据上述标准，我们整理了清单并清洗了数据（即作者姓名消歧），最终得到一个包含 *782* 条记录的数据集，其中包括演讲的标题 和作者 ，并以此作为后续分析的基础。

表13：在 SotM 至少发表过 5 场演讲的作者、其演讲数量及其在学术专题中的演讲数量。Web of Science文献集中至少发表过 5 篇文章的作者以**粗体**标出。

作者	#SotM演讲	#学术专题
RAMM, FREDERIK	13	-
TOPF, JOCHEN	11	-
VAN EXEL ，MARTIJN	9	-
MOONEY ，PETER	8	6
ZIPF，ALEXANDER	8	8
COAST ，STEVE	7	-
QUEST, CHRISTIAN	7	-
WOOD, HARRY	7	-
ZVEREV ，ILYA	7	-
MARON ，MIKEL	6	-
OLBRICHT ，ROLAND	6	-
WHITELEGG ，NICK	6	-
ANDERSON ，JENNINGS	6	6
CHAPMAN ，KATE	6	-
ABELSHAUSEN ，BEN	5	1
HOFF, HENK	5	-
HOFFMANN ，SARAH	5	-
KNERR ，TOBIAS	5	-
MILLER ，PETER	5	-
MIURA ，HIROSHI	5	-
PAVIE ，ADRIEN	5	-
WATERS ，TIM	5	-
WEAIT ，理查德	5	-

[8]为方便起见，本文后文将 Academic Track 和 OSM Science 统称为学术专题。

表14：Web of Science文献集中发表文章并参与SotM的顶尖作者，以及文章/演讲数量和他们在学术专题中的演讲数量。

作者	#Web of Science文章数	#SotM演讲	#学术专题
ZIPF, ALEXANDER	56	8	8
MOONEY ，PETER	20	8	6
Minghini ，Marco	15	5	4
Brovelli ，MARIA ANTONIA	12	3	3
Corcoran ，Padraig	12	1	-
Lautenbach ，SVEN	12	2	2
Anderson ，JENNINGS	9	6	6
DALYOT ，SAGI	9	1	1
DITTUS ，MARTIN	6	2	-
LUDWIG ，CHRISTINA	6	2	2
NOVACK ，TESSIO	6	1	1
PALEN ，LEYSIA	6	1	1
SODEN ，ROBERT	6	1	-
YEBOAH ，GODWIN	5	4	4

6.2. 重要作者

表13列出了在SotM上至少发表过5场演讲的作者。为确定作者的贡献领域，我们查阅了作者的OpenStreetMap个人资料，并从OpenStreetMap网站收集了信息。如需了解更多信息，请参阅研究数据中链接的网页，以及他们在开放街图网站上的个人资料。

这些贡献者代表了庞大的OSM社区，他们通过软件开发、社区领导、人道主义工作和教育推广，极大地塑造了开放街图。这些OSM社区成员的贡献涵盖多个领域。其主要活动和贡献包括：

- 开放街图创始人：Steve Coast 创立了开放街图，并发起了 SotM。他开发了早期版本的开放街图，担任过开放街图基金会主席，并共同创立了 Cloud-Made，以支持开放街图。
- *Geofabrik*：Frederik Ramm 和 Jochen Topf 共同创立了 Geofabrik，这是一家专注于开放街图服务和软件开发的咨询公司。
- *JOSM*：包括 Frederik Ramm 和 Tim Waters 在内的多位贡献者，开发或维护了与 JOSM 编辑器相关的工具和插件。JOSM 编辑器是开放街图制图的关键软件。
- *Overpass API*：Roland Olbricht 因开发和维护 Overpass API 而广为人知；这是一个功能强大的开放街图数据查询工具。
- 开放街图基金会董事会成员：Frederik Ramm、Martijn van Exel、Mikel Maron、Kate Chapman 和 Sarah Hoffmann 等个人曾在董事会任职，为开放街图的战略方向提供指引。
- 开放街图工作组：Tobias Knerr、Harry Wood 和 Mikel Maron 等成员曾参与多个开放街图工作组，关注治理、数据管理和传播。
- 人道主义开放街图团队（*HOT*）：Kate Chapman、Harry Wood、Ben Abelshausen 和 Mikel Maron 等贡献者一直深度参与 HOT，专注于灾害响应和人道主义制图工作。
- 博客与写作：Steve Coast、Jochen Topf 和 Ilya Zverev 等作者围绕开放街图撰写了大量内容，分享见解、最新动态和技术知

T表 15：SotM 和 Web of Science 出版物的年度词频和词数

	Type	频率阈值	每年词数
SotM	单元词	5	3
	二元词	2	3
WoS	单元词	5	3
	二元词	3	3

识，通过博客和书籍传播这些内容。

- 软件开发：Martijn van Exel、Nick Whitelegg、Tim Waters 和 Roland Olbricht 等贡献者开发了各种与开放街图相关的软件、工具和平台，以增强开放街图生态系统。

值得注意的是，Peter Mooney、Alexander Zipf 和 Jennings Anderson 等 SotM 会议的主要贡献者（参见**表13中的粗体**）在 WoS 数据集中发表的学术论文均超过五篇，这凸显了他们在社区和学术领域的双重参与。正如**表14**所列，多位学术界研究人员曾在 SotM 上发表演讲。此外，Marco Minghini、Alexander Zipf、Martin Dittus 和 Godwin Yeboah 也多次参与 SotM。SotM 会议贡献与学术研究，尤其是 Web of Science 文献集中的研究之间的重叠，表明社区驱动的讨论与开放街图生态系统中的学术工作紧密相连。

此外，表14显示，学术界的参与主要集中在学术专题。这种集中体现出一种双重动态：该专题成功吸引了原本可能不会参加 SotM 的学者，但参与范围高度特定，这也意味着它往往起到“会议中的会议”的作用。这种分隔可能会限制研究成果向更广泛的贡献者社区传播。尽管如此，学术专题仍然是知识交流的重要桥梁，使学者得以与社区建立联系，也让 Peter Mooney 等研究人员积极促进跨社区对话（Mooney等2018，Grinberger等2019）。

6.3. 与***Web of Science***文献集比较的趋势主题

为分析SotM演讲中的趋势主题，我们首先从标题中提取主题，因为标题是识别主题的关键。随后，我们使用单元词（单个词）处理文本，以确定各个关键词，并使用二元词（连续词对）挖掘常见的双词短语。在此过程中，我们移除“based”“study”和“project”等无助于识别趋势的停用词，并将“osm”与“openstreetmap”、“map”与“maps”等同义词进行合并，以确保主题表示的一致性。然后，我们使用bibliometrix根据处理后的数据生成并可视化趋势主题。

为进行公平的比较分析，我们对Web of Science文献集中文档的标题开展相同的分析，以识别趋势和差异。表15列出了从SotM和Web of Science文献集中提取单元词和二元词主题时所使用的参数。所得趋势主题如图10所示，其中包括词频、时间跨度和中位年份。

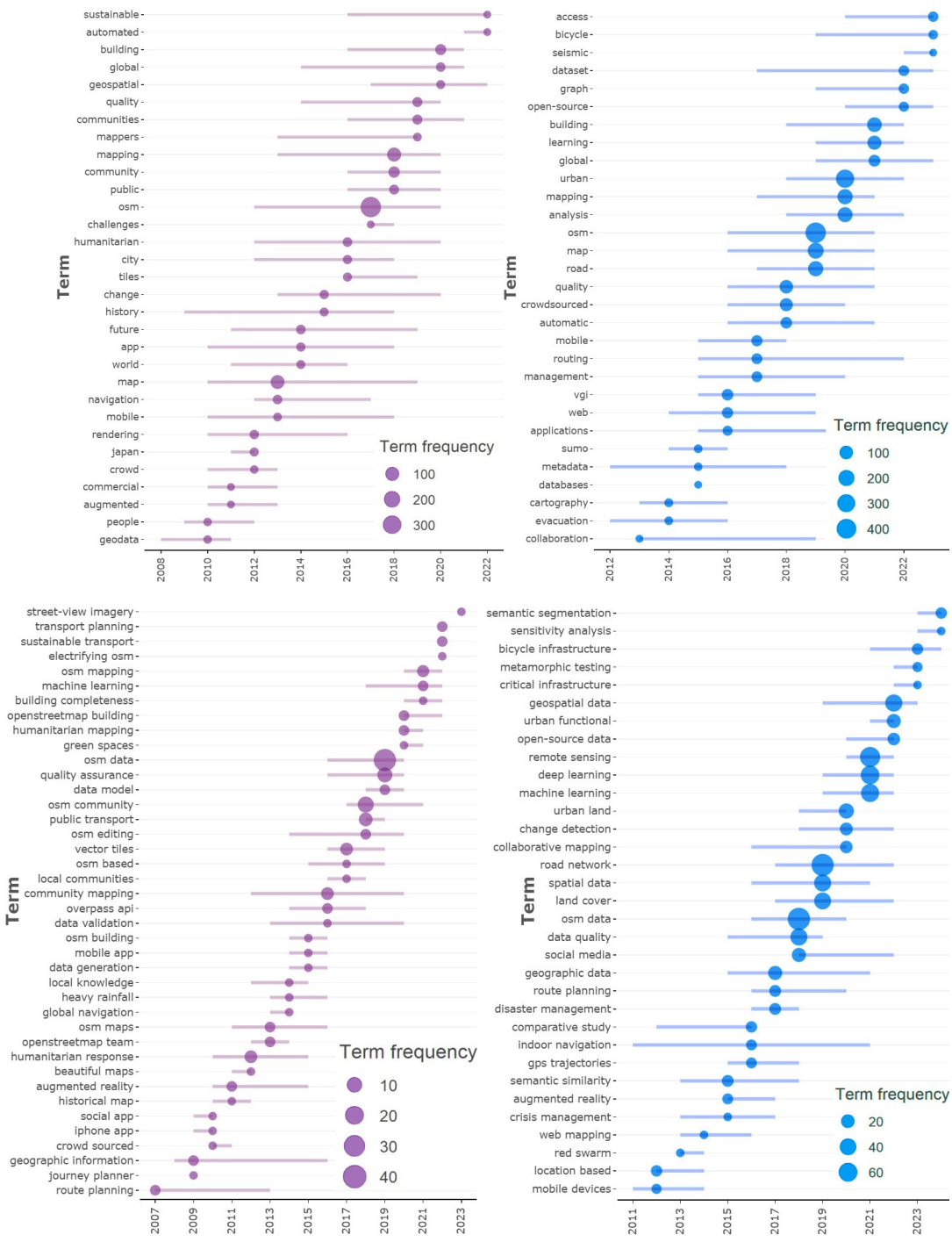


图10：基于标题的趋势主题SotM 和Web of Science 文献：（上）单元词；（下）二元词。

表 16：Web of Science 与 SotM 常见术语的频次和中位年份比较。

Term	Web of Science 频次	SotM频次	Web of Science 年份（中位数）	SotM年份（中位数）
osm	427	378	2019	2017
制图	150	94	2020	2018
map	179	91	2019	2013
建筑	130	30	2021	2020
全球	49	12	2021	2020
road	148	9	2019	2017
移动	36	7	2017	2013
路线规划	7	3	2017	2007
增强现实	5	3	2015	2011
OSM 数据	73	43	2018	2019
机器学习	36	3	2021	2021

6.3.1. 常见术语：先在 *SotM* 中出现，随后在 *Web of Science* 中出现

如表 16 所示，同时出现在 Web of Science 和 SotM 中的常见术语，反映了它们的出现频率和中位年份。

比较这些常见术语可以发现，许多术语在 SotM 中的中位年份早于在 Web of Science 中的年份。路线规划 在 SotM 中的出现高峰比在 Web of Science 中早整整十年（2007年与2017），而地图 / 制图 则分别早了6年和2年。新兴技术也呈现出相同的模式：增强现实 于2011在 SotM 中出现，而直到2015才出现在 Web of Science 中。实际议题 建筑、道路和全球 问题的 SotM 中位年份均比 Web of Science 早一到三年，这表明从业者在这些问题成为研究论文的主流议题之前，就已着重关注它们。这说明这些主题在 SotM 中更早出现并发展，先在那里受到关注，之后才在 Web of Science 中变得更加突出。只有机器学习 的中位年份相同（2021年），表明两个社区大致在同一时间聚焦于这一主题。平均而言，Web of Science 中的中位年份比 SotM 晚约***2.8***年，再次表明，学术界对这些趋势的认可滞后于它们最初在 SotM 社区中的显现。

6.3.2. 独特术语：*SotM* 与 *Web of Science* 的不同研究范围

每个文献集都包含独特术语，反映了开放街图研究中不同的研究重点和发展阶段。Web of Science 文献集侧重于现代的数据驱动方法，而 SotM 文献集则记录了 GIS 技术和社区制图的形成阶段。

- SotM 特有术语：这些术语突出体现了与用户互动、人道主义工作以及地理空间技术基础相关的要素。例如，人们、增强、商业、人道主义和社区 等术语，凸显了以人为本的理念，强调实际应用和社区主导的制图项目。此外，开放街图地图、*OSM*社区和当地社区 等短语展现了开放街图及其社区的重要作用，而*OSM* 团队则暗示了早期的组织工作。此外，公共交通、质量保证和矢量瓦片 表明了城市规划和公共服务领域的应用型解决方案；*iPhone* 应用 和社交应用 等术语则反映了早期对移动和社交应用的兴趣。

- Web of Science 独有的术语：这些术语聚焦于现代技术创新，

高级数据分析和社区驱动的倡议。显著的例子包括深度学习、《遥感》和语义分割，这表明人工智能和复杂数据分析技术已融入地理空间研究。此外，诸如灾害管理、危机管理、地震和关键基础设施 等术语，凸显了利用地理空间技术开展应急响应和基础设施保护的重点。

6.3.3. 应对近期事件的及时性

我们还观察到，SotM会议中的主题具有很强的时效性，通常会涉及近期发生的重大事件。

例如，术语日本 在图10（左上）中显示为趋势主题，其起始年份为2011。值得注意的是，SotM演讲，如（Kastl 2011）、（Miura 2011）以及（Inoue and Hayakawa 2012），突出了对2011年发生的日本海啸和地震的即时且不断演变的响应。中位年份为2012，这可能与SotM 2012在日本举行这一事实有关，同时当时还有若干可能与日本相关的讨论。

另一个例子出现在2024年SotM[9]的初步议程中：Yair Grinberger和Marco Minghini发表的一场演讲（Grinbergerand Minghin2024）讨论了国际事件给志愿地理信息社区带来的近期挑战，以及随后管理实践的变化。

相比之下，学术研究往往会受到出版周期的影响而有所延迟，这意味着有关此类事件的研究通常要等到事件发生后才会发表。

7. 未来趋势

随着开放街图迈入第三个十年，研究社群、贡献者群体和外部利益相关方都在经历转变。本章从两个互补的视角概述塑造开放街图未来的关键趋势：学术研究的发展趋势，以及学术界、社区与产业界之间不断演变的角色与合作关系。

7.1. 研究趋势

未来趋势始终是研究的焦点。Grinberger等人一篇出色的编者按（Grinberger 等人 2023）指出了三个代表开放街图科学中数据导向方法的关键主题：数据质量、应用和机器学习。在第5.2节和第6.3节中，我们分析了研究主题的演变。本节在此基础上，结合 Web of Science 的主题趋势和 SotM 讨论，探讨未来的研究主题与趋势，并预测新兴主题。

一方面，我们考察了 Web of Science 中识别出的不同聚类里的新兴主题。另一方面，根据第6.3节的分析，我们发现，与学术研究相比，常见术语往往会在 SotM 讨论中提前 2.8 年出现。因此，我们识别出 SotM 中一些较新的主题，例如“行人”“绿地”“编辑”和“地图编辑者”，这些主题可能会在不久的

[9]截至本文撰写时，2024年SotM会议尚未召开。

未来。

由于 2023年全球 SotM 会议未能举行，我们还考察了 2023 年区域性 SotM 活动中的讨论，包括 SotM Africa、欧洲、美国、法国，以及《2023年OSM科学会议论文集》。这种综合方法使我们能够预测哪些主题可能会成为未来 OSM研究中的重要议题。

我们确定了以下**六个**具有重要潜力的研究方向，如表17所列。前三个方向涉及 OSM 数据：对 OSM 数据本身的研究、用于生成 OSM 数据的数据源，以及 OSM 与三维数据结构的整合。这些方向与第5.1节确定的第一和第四项关键研究兴趣相一致，即 OSM数据质量评估与验证，以及工具开发。第四和第五个方向分别聚焦于利用 OSM 数据的应用领域，以及 OSM研究中新兴的热门研究区域。它们与第三和第五项关键研究兴趣相一致，即利用 OSM 和其他数据进行制图／生成／信息提取，以及人道主义与灾害响应中的 OSM。最后一个方向考察贡献者及其参与所产生的影响，这也与第5.1节确定的第二项关键研究兴趣——协作贡献、贡献者行为和活动分析——相一致。值得注意的是，这些方向也与 Grinberger等人指出的数据质量和应用方面相吻合（Grinberger 等人2023）。我们将在以下各节详细介绍这些方向。

表17：开放街图中的预测研究方向。

#	**研究方向**
1	以开放街图数据为中心的研究
2	用于生成 OSM 数据的数据源与多源集成
3	开放街图与三维数据结构的集成
4	OSM 数据应用
5	开放街图研究领域
6	性别议题：开放街图贡献者推动的潜在变化

7.1.1. 以开放街图数据为中心的研究

这一研究方向以数据本身为核心，涵盖数据质量、数据源、数据生成过程以及自动化潜力等方面。近期研究探讨了开放街图中的各种数据要素，例如兴趣点（PoI）、建筑物和道路，正如 OSM Science2023 中所展示的那样（Oostwegel等2023、Andorful 等 2023、Melanda 等 2023、Li 和 Sun 2023）。研究范围不止于几何数据，还涉及缺失的属性数据；这一问题近来受到广泛关注（Biljecki 等 2023、Sun 等2023）。这些主题也在开放街图社区中得到广泛讨论。此外，Overture、Mapillary 和 TomTom 等组织和公司的贡献，在这一领域正变得愈发重要。

区域性 SotM 上讨论过的重点领域包括：

- 数据组织：标签 和 *Taginfo* 工具至关重要，相关讨论包括 SotM France 上的（Zimmermann 和 Lacombe，2023）以及 SotMEU 上的（Topf，2023）。
- 数据生成过程与工具：数据生成的自动化和半自动化（例如*RapiD* 编辑器）是重要主题。这些内容曾由

Housel 和 Clark，2023 在 SotM US 上讨论，也由 Turksever，2023a 在 SotM Africa 上讨论。

- 研究与数据处理工具：*ohsome* 和 *Overpass* 等工具对于分析开放街图数据至关重要。Reinmuth（2023a）在 SotM Africa 以及 Reinmuth（2023b）在 SotM US 的演讲体现了这一重点。此外，SotM France 的多场会议也涉及 Overpass，包括 Riche（2023a）、Riche（2023b）和 Buckel（2023）的演讲。
- 组织和公司的贡献：组织和公司参与开放街图的情况，在 SotM 2023 区域会议的讨论中显而易见。例如，Clauss 等 （2023）和 Baidoun 等 （2023）在 SotM France讨论了*Overture* 和*TomTom*的开放数据倡议；Neerhut 和 Turksever（2023）在 SotM EU、Neerhut（2023）在 SotM US，以及 Turksever（2023b）在 SotM Africa 的发言则重点介绍了 Mapillary 的贡献。

可以预见，实现高精度、全球覆盖且及时更新，同时包含几何信息和语义信息的数据，将持续成为一个热点话题。

7.1.2. 数据源与多源配准

OSM研究所用的数据源主要来自遥感，不过社交媒体数据和其他来源的应用也日益增多（Hoff- mann 等2023，Li 等2020，Sun 等2021）。预计多源数据的使用将不断增加，新兴趋势表明，街景影像、文本和其他各类数据集正逐步融入其中（Hu 等2023、2024，Chen和Biljecki 2022，Wang 等2023，Lim 等2024，Hou 等2024，Sun 等2025）。数据源的发展趋势显然是朝着多源配准与整合的方向迈进（Zhao 等2019，Ding 等2020，Sun 等2020，Ding 等2021，Leitenstern 等2024）。

与这一趋势相关的关键工具和方法以关键词形式呈现在图9中，
包括：

- 数据与工具：“Google Earth Engine”、“地理人工智能”、“街景”、“校准”、“数据集”、“多源数据”。
- 方法：“多尺度分析”、“图论”、“适应技术”、“CNN”、“人工智能”和“计算机视觉”。

7.1.3. 与三维数据结构的集成

这一主题与第5.2节讨论的“主题簇6：地理空间建模”相一致。三维建模在开放街图研究中的应用正变得愈发重要。LoD1模型通常将高度视为属性（Chen 等2021，Li 等 2023，Sun 等 2022），相对简单；而LoD2、LoD3乃至LoD4模型则能提供更详细的表示，并且往往与城市数字孪生相关联（Gui和Qin 2021，Dehbi 等2021，Biljecki和Dehbi 2019，Pantoja-Rosero 等 2022，Wang 等 2024b，Li 等 2024）。这些精细模型通常需要激光雷达或摄影测量数据才能实现准确重建（Xu 等 2021，Pan 等 2022，Hoegner和Stilla 2018，Xu 等 2019）。鉴于精细三维模型目前较为复杂，且编辑门槛较高，志愿者尚未广泛贡献此类模型。

未来预测表明，研究可能会聚焦于开发数据结构和框架，以整合各种数据类型并应对这些挑战。这

可能会促使人们对标准、数据结构、数据转换、工具和三维编辑软件展开新的研究，因为三维建模与开放街图领域日益交汇（Kolbe and Donaubauer 2021, Gilbert 等2020, Donkers 等2016, Boeters等2015, Floros 等2018, Biljecki 等2021, Heeramaglore and Kolbe 2022）。

7.1.4. 开放街图数据的应用

这些应用着重满足人类需求，尤其是在城市科学领域。随着开放街图数据在各个领域得到应用，我们可以期待看到更多探索新应用领域的研究。

一个备受关注的新兴主题是可达性，这一主题在 2023 年的区域性SotM会议上得到了广泛讨论。例如：

- SotM France：探讨如何改善步行友好度数据（Gervais 和 Morel，2023），以及如何在不使用轮椅标签的情况下绘制可达性地图（Lainez 和 Chirpaz，2023）。
- SotM EU：探讨轮椅使用者的可达性（Julien，2023）。
- OSM Science 2023：探讨自行车与公共交通可达性（Passmore 等2023）。
- SotM US：关于医院可达性的讨论（Edmisten 2023）。
- SotM Africa：关于人行道可达性的讨论（de Moraes Vestena 2023）。

在城市科学领域，开放街图数据日益广泛地用于探索与可持续发展及联合国可持续发展目标（SDGs）相关的主题。图9展示了新兴关键词，例如健康（如“肥胖”“公共卫生”）、环境舒适度（如“二氧化碳排放”“地表温度”）、可达性（如“步行”“骑行”“空间可达性”）以及城市形态（如“城市形态”“空间句法”）。

随着数据分辨率和准确性的提升，新的研究可能性将不断涌现，例如改进与建筑物和道路网络相关的模型。例如，近期研究已展示如何利用开放街图建筑物数据改进地震风险估算，并检测地震损毁建筑物（Sun 等2024年，Zadeh等2023）。

毕竟，开放街图由人们创建，旨在满足人们广泛的社会需求，包括安全、健康、出行、舒适度等。未来的研究将继续聚焦于应对和解决这些以人为本的挑战。

*7.1.5. OSM*研究的研究区域

正如图9的网络分析所示，未来的新兴研究领域预计将继续关注中国和撒哈拉以南非洲等地区；分析中中国被提及33次，非洲/撒哈拉以南非洲被提及13次。

中国快速城市化和人口增长，因此有望继续成为重点研究区域。随着中国人口趋于稳定并开始下降，新的研究需求将随之出现，重点关注人类需求以及道路网络、建筑物等基础设施如何适应这些变化。同样，撒哈拉以南非洲城市化进程正在加速，而数据往往匮乏，因此是未来研究的关键领域。该地区持续的城市发展和人口增长需要得到广泛研究，以应对各种发展挑战。

总而言之，中国和撒哈拉以南非洲可能仍将是重要的研究领域，相关研究将聚焦于城市化带来的独特挑战

以及人口结构变化。

7.1.6. 性别议题

我们观察到，在 SotM Africa 上，有几场演讲聚焦于女性参与。尽管现有研究领域在一定程度上探讨了性别问题，例如 Gardner 关于开放街图中性别代表性的研究（Gardner 等人2020年），但这一领域的研究仍然不足。例如，图9显示，“性别”一词仅出现了6次，平均发表年份为2018，表明近期对此关注有限。

然而，预计性别相关主题将在开放街图研究中日益受到重视，尤其是聚焦于贡献者及其叙事的研究。区域性SotM会议，特别是非洲的会议讨论，凸显了人们日益重视女性参与开放街图。SotM非洲2023上的演讲，例如（Likiliwike 2023）、（Chilufya 2023）、（Hopeful 2023）和（Makuate 等2023），表明人们开始关注如何赋能女性，推动她们参与地理空间领域。

这一趋势表明，非洲可能成为推动开放街图性别相关研究的关键力量。随着越来越多的女性参与地理空间数据和基础设施建设，在非洲等数据匮乏地区，她们的叙事与需求可能会得到更多关注。

我们预计，随着更多女性参与其中，研究将从两个方面有所增加：一方面，这可能促使人们研究与性别相关的编辑行为；另一方面，也可能带来更多探讨女性在地理空间框架中的需求的研究。Karlekar和Bansal的一项研究（Karlekar and Bansal 2018）是这类研究中一个值得关注但仍较少见的例子，该研究基于人们在地图应用程序“Safecity”上的个人经历，探讨了多种形式的性骚扰。尽管目前这类研究仍然有限，但随着性别问题在开放街图社区中日益受到关注，这一领域的研究很可能会不断扩展。

7.2. 不断演变的角色与合作关系

在技术进步和企业参与日益增加的推动下，开放街图的内部研究发展和外部影响都在经历转变。开放街图的未来也将取决于不同利益相关方如何调整自身角色并促进新形式的合作。本节将讨论这些不断演变的动态。

7.2.1. 学术参与

在开放街图的学术研究中，我们观察到贡献者之间既存在中心化，也存在分散化；此外，出版渠道、作者画像和研究主题也呈现出显著的多样性。

A. 贡献者之间并存的模式：中心化与分散化

第 4 节对贡献者及其合作网络的分析揭示了一种中心化与分散化并存的双重动态，这种动态在过去二十年间塑造了 OSM 相关研究的发展。

另一方面，该领域仍然高度集中。少数高产作者（例如 Alexander Zipf，参见第4.1.1节）和机构（例如海德堡大学、武汉大学，参见第4.1.2节）对相关文献的贡献远超其他参与者

。作者合作网络由一个大型连通分量主导，其中 Zipf 和 Mooney 等关键人物充当了原本彼此分离的聚类之间的桥梁（参见图6）。这些观察结果表明，强大的研究中心已经形成，它们不仅汇聚资源和人才，还助力为更广泛的社区制定研究议程。

另一方面，分散化的迹象也十分明显。从地理分布来看，贡献者的范围已从以欧洲为中心，扩展到北美洲、亚洲、非洲和南美洲的各类机构（参见图4）。研究者流动在转移专业知识和建立新研究据点方面发挥了重要作用（参见第4.1.3节）。在主题方面，许多作者扎根于地理信息科学领域，另一些作者则在多个学科发表成果，这表明研究方向日趋多元化（参见表3）。合作网络中还存在许多彼此孤立的集群（参见图6），这说明有一些规模较小、独立运作的团体专注于更专业化的主题。

这两种模式——中心化和分散化——并存，并带来不同影响。中心化通过汇聚专业知识、提升可见度和增加合作密度带来优势，但也会造成**脆弱性**。该领域可能过度依赖少数个人或机构；一旦他们改变优先事项或退出，就容易受到冲击。此外，过度中心化可能会强化思想路径依赖，使新颖的理念或方法更难出现。相比之下，分散化有助于提升研究格局的**韧性**。贡献者遍布全球、主题兴趣多元，加之研究者流动，确保即使核心参与者退出，创新仍能持续。

认识到这种双重性，有助于厘清 OSM研究的历史轨迹与未来方向。加强合作，同时支持新贡献者和新主题的均衡策略，或有助于维持这一领域的长期活力。

B. 出版渠道、作者画像和研究主题的多样性

我们观察到，OSM研究在出版渠道、作者画像和研究主题方面呈现出显著的多样性：这一领域横跨多个学科，既有核心研究人员，也有应用领域的研究人员参与，涵盖从数据质量到广泛应用的各种主题（参见第3、4、5节）。这种多样性也体现为结构性碎片化；在合著网络（图6）中可以定量观察到这一点：除了主要的连通分量，小型、彼此孤立的聚类也持续存在，反映出不同的研究孤岛。这些发展表明，学术格局出现了分化：

- 以*OSM*为中心的研究：将 OSM 视为一个社会技术系统加以考察，重点关注数据质量、贡献者动态、平台治理和工具开发。
- *OSM*辅助研究：将 OSM 用作现成的空间数据源，以解决特定领域的问题，而且往往不与 OSM 社区互动。

*OSM*辅助研究的增长反映了开放街图数据的成熟度及其影响力，表明开放街图已达到广泛再利用所需的规模和质量。然而，这一成功也可能带来矛盾：一些研究人员将开放街图用作免费的带注释数据集，只提取其价值，却不与社区互动，也不回馈社区（Grinberger 等人 2022b）。这种单向使用可能会削弱对生产和维护数据的社区的信任，加深人们对学术剥削的看法，并扩大学术界与OSM社区之间的差距。

未来几年，受开放街图数据可达性提升和人工智能进步推动，面向应用的研究将持续增长，这可能进一步加剧学科脱节和社区疏离的风险。同时，某些以开放街图为中心的主题，例如大型企业贡献背景下的几何准确性评估（Microsoft 2025），其重要性可能会下降。为应对这些挑战，我们提出两项相辅相成的策略：

- 在以*OSM*为中心的研究中，我们建议将关注点转向技术、语义与伦理交汇处不断涌现的挑战。首先，应通过直观易用的验证工具、缓解自动化偏见以及支持社区学习，推动人机协作。其次，需要更加关注语义和主观数据质量，包括属性完整性、语义丰富度，以及对相互冲突或主观标签的处理。第三，必须优先考虑数据正义和地图伦理，以解决覆盖不平等、确保公平呈现并促进包容性制图实践。

- 在*OSM*辅助研究中，我们呼吁采取更多互惠做法，包括公开训练模型、共享衍生数据集，以及开发能够造福OSM社区的工具。

总之，这些方向旨在应用驱动的实用价值与以社区为导向的管理之间维持健康的平衡，确保OSM研究持续产生影响并保持可持续性。

7.2.2. 社区参与

与此同时，人工智能辅助制图、企业贡献的增加以及几何数据增长趋于稳定，推动了数据量的增长（Sirko 等2021年，Gonzales，2023，Microsoft 2025），也在重塑志愿者的参与方式。SotM US 2022 的演讲明确讨论了 RapiD 编辑器如何利用人工智能处理大规模几何数据，而人类则转向验证和监督，展现了这一角色转变在实践中的表现（Housel 和 Clark，2022，2023，Turksever，2023a）。随着自动化和大规模上传降低了个人编辑的可见度，贡献者可能会觉得自己的影响力减弱；如果没有确立新的、有意义的参与角色，他们可能会疲惫不堪，并对自身角色感到迷茫。与此同时，为OSM辅助研究提供数据的贡献者可能会觉得自己沦为数据标注员和无偿劳动力，这引出了一个关键问题：在人工智能时代，什么才是有意义的参与?

随着机器日益承担常规任务，人类贡献者得以专注于定性丰富（参见第7节 7.1.4、7.1.6）。这标志着角色从地图的体力劳动者转变为地图的设计者和知识策展人。这一转变凸显了三项以人为本的关键贡献：

- 知识丰富：添加机器难以捕捉的信息，例如地点属性、时间背景和地方知识。
- 主观体验制图：描述氛围、感知安全、美学以及其他能够丰富用户理解的定性空间体验。
- 定义创新用例：发起反映社区需求和创造力的专题地图及超本地化应用。

归根结底，目标不是抵制自动化，而是重新定义人类的贡献，让其更多聚焦于需要判断力、共情、亲身经历和创造力的任务。这一转变能够推动开放街图从对物理世界的呈现，发展为更丰富、更包容的社会知识系统。

从更广泛的角度来看，开放街图的发展为我们提供了一个观察人工智能时代根本性挑战的视角：如何在协作数据生态系统中保留并激发人类动机和创造力。作为志愿地理信息和公民科学的旗舰项目，开放街图仍是围绕这一未来进行试验与反思的重要场所。

7.2.3. 加强协作

塑造开放街图未来的一项关键趋势，是社区、学术界与产业界之间日益受到重视的协作。自2018年起，SotM正式纳入学术专题，以及海德堡成为OSM研究的重要中心，都体现了社区与学术界之间日益紧密的关系（另见表4和图5）。在个人层面，许多研究人员如今也活跃于社区并作出贡献（参见表13、表14）；这种双重参与积极促进了相互理解与共同演进。第6.3.1节的趋势分析凸显了这种协作的迫切必要性：分析发现，一个主题从SotM讨论中出现，到在学术文献中广泛采用，平均相隔2.8年（图10）。

在这一过程中，关键角色是“联结型学者”，他们活跃于学术界和社区两个领域（参见表14）。随着OSM研究进入关键阶段，这些学者在三个方面发挥着举足轻重的作用：

- 转化：将社区挑战（例如工具可用性、标签冲突）转化为研究问题，并将学术进展转化为实用工具和指南。
- 协调：推动联合活动，让贡献者和研究人员共同设计符合社区需求的工具和研究。
- 倡导：利用其机构影响力，在学术界、政策和产业界的论坛中代表社区利益，确保社区价值观在开放街图的未来发展中得到体现。

产业界参与开放街图的程度不断提高，企业不仅贡献数据，也参与以社区互动为宗旨的活动，例如 SotM（Clauss 等人2023，Baidoun 等人2023，Neerhut 和 Turksever 2023，Neerhut 2023，Turksever 2023b）。尽管这带来了资源和技术能力，但也引发了人们对企业影响力左右标准和优先事项的担忧，这种影响可能与社区价值观不一致（OpenStreetMap社区讨论，2022年、2023）。例如，商业需求可能会降低对无利可图地区的重视，或引入与草根实践相冲突的标准。要确保开放街图的未来，需要学术界、社区和产业界之间保持平衡的合作：学术界贡献理论和工具；社区提供地方知识并确保数据相关性；产业界则提供基础设施和规模效应。通过透明且持久的对话，三方能够共同推动开放街图发展成为更公平、更智能、以人为本的全球知识基础设施。

8. 结论

在过去二十年里，开放街图在地理信息科学和制图领域取得了显著进展。本综述深入分析了截至2024年的 OSM研究，并结合学术出版物与社区讨论中的见解。我们的研究利用

Web of Science 核心合集进行了详细的 OSM 相关研究统计考察，并全面回顾了 SoTM会议的演讲内容。我们旨在探讨 OSM研究格局，了解参与者是谁、哪些研究主题较为突出，以及这些领域如何演变。

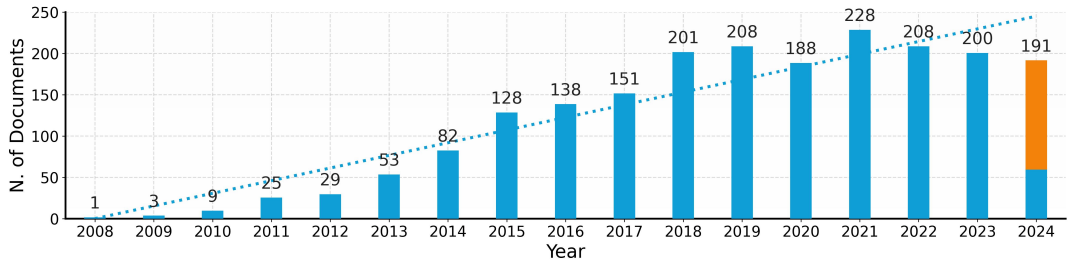
我们考察了核心贡献者——确定具有影响力的国家、机构和个人——并分析其影响与合作，凸显了研究的驱动力：作者。我们分析了开放街图研究的关键主题和研究子领域，重点关注核心主题的演变和新兴趋势。此外，我们通过比较学术研究成果与 SotM 演讲中的见解，弥合学术研究与社区驱动倡议之间的鸿沟。我们还通过考察 Web of Science 和 SotM 中不断演变的主题，预测了六项未来研究趋势，并指出塑造开放街图未来的角色转变与合作模式。这些发现有助于研究人员和从业者把握未来方向，并推动更加均衡、卓有成效且富有协作性的进展。

尽管取得了上述发现，我们也承认本研究存在若干局限。首先，尽管 Web of Science 是现有最佳数据来源之一，但它本身存在数据限制。一些文章，尤其是发表于较新期刊和会议的文章，可能尚未被收录。此外，索引不一致、关键词变体以及多种作者姓名格式，都会影响研究的可发现性和影响力，这凸显了提高透明度、确保准确翻译和增强可检索性的必要性。其次，我们采用的文献计量方法提供了对研究格局的结构化概述，但未深入探讨个别研究。因此，一些研究较少但重要的子领域，例如第5.1节“关键研究兴趣2”中简要提及的开放街图社会研究协作贡献、贡献者行为与活动分析，不可避免地被遗漏。最后，我们的分析侧重于描绘整体研究格局，而非详尽考察所有单项研究。对特定研究领域进行更深入的分析需要更多篇幅，超出了本研究的范围。

正如 Steve Coast 最近所写（Coast 2024），在2004年，让志愿者编辑地图还被认为是不可想象的事情，因为地图数据传统上由少数人掌控。仅仅20年间，开放街图就彻底改变了这一模式，打造出一张全球范围内可免费访问的地图，并由一个庞大而积极投入的社区提供支持，同时也获得了来自各类组织和公司的大量贡献。这一转变不仅重塑了我们与地理数据互动的方式，也催生了丰富的研究成果。开放街图堪称志愿地理信息领域的标杆，推动了不同领域广泛的学术与实践探索。展望未来，开放街图研究格局的持续演进，有望带来更多见解与创新，为地理信息科学未来20年的突破性进展铺平道路；人工智能的兴起、企业参与的扩大以及贡献者动态的变化，为OSM社区带来了挑战，也带来了前所未有的机遇，使其能够重新构想我们构建、使用和共享地理空间知识的方式。为此，我们的共同努力比以往任何时候都更加重要。学术研究人员具备独特优势，也肩负着与志愿者、社区和行业紧密协作的责任，帮助引导开放街图不断发展，迈向一个开放、创新且富有韧性的未来。

附录A。2024年开放街图研究的补充分析

我们对 Web of Science 核心合集进行了补充检索，涵盖*7* 月 *1* 日至



图A1：开放街图研究的年度科学产出（Web of Science 核心合集）。对于2024年，蓝色柱（57）是图2中数值的修正值（截至6月30日收录的出版物），橙色部分则显示在更新后的 WoS 数据快照中发现的额外记录，使全年总数达到191。虚线表示长期趋势。

*2024*年*12*月*31*日。这项分析补充了主要数据集（*2008*年–*2024*年*6*月），并缓解了同行评审和索引编制固有的时间滞后，从而提供了对2024年末研究趋势的最新观察。这次更新不会改变主要分析结果。

数据描述

本文的主要分析基于2024年7月11日进行的 Web of Science 检索，涵盖截至2024年6月30日的出版物，共获得1,926条记录，其中包括74条归入 $PY^{10} = 2024$的条目。为完整呈现整个日历年并确保与往年具有可比性，我们于2025年8月11日重复检索，并下载了所有被索引为 $PY = 2024$[11]的记录。

这一更新后的数据快照包含191篇开放街图相关出版物（118篇期刊文章、64篇会议论文和9篇其他文献类型）。

比较 2024 年年中和全年快照后发现：

- 57 条记录同时出现在两个快照中；
- 17条年中记录不再归入 2024 年（其中 3 条重新归入 2025 年；14 条因 Web of Science 元数据更新而被移除）；
- 134条记录是新识别出的 2024 年 OSM相关出版物。

我们将这一差异集合，即134条记录，称为子集 $S2$。由于 $S2$和完整的2024年数据集（191条记录）都远小于主数据集（1,926条记录），主要分析中使用的统计阈值（例如每位作者发表≥ 10 篇论文，或每个机构发表 ≥ 5 篇论文）不再适用。因此，本附录采用简化指标进行轻量级核验，并对趋势进行定性评估，重点关注2024年下半年研究模式是否延续此前的发展轨迹，或是否出现显著偏离。

[10]PY：出版年[11]我们发现，2024 年年中与更新后的 Web of Science 记录之间存在不一致，这通常是由延迟索引、元数据更新和 *Early Access* 年份重新归类造成的。为确保完整覆盖，我们使用与主要分析相同的查询和纳入标准，检索所有标记为 $PY = 2024$ 的条目，并移除了重复记录。

出版趋势

出版量

全年共计191篇被Web of Science收录的开放街图出版物，这一数据证实了主要分析（第3.2节）中观察到的稳定化趋势。在2021年达到峰值（228篇论文），并在2022—2023年保持较高出版量（>200 篇论文）之后，2024年的总量表明出版活动有所收敛，但程度温和。不过，总量仍接近200篇，说明其呈现的是平台期，而非结构性衰退。这支持了这样的判断：开放街图研究已从扩张阶段转入生产力持续稳定的成熟期。图A1展示了2008年至2024年开放街图研究的年度科学产出。

主要来源

2024年的来源分析再次印证了技术期刊的重要地位。《style id='1'>《国际数字地球杂志》 成为首选发表平台（7篇论文），与《style id='3'>ISPRS国际地理信息杂志 （6篇论文）等知名期刊并驾齐驱。包括*IEEE J-STARS*、传感器、《style id='9'>《环境遥感》和《遥感》在内的地球观测期刊也发表了多篇论文（各3篇），这与长期趋势一致（表1）。

2024年末一个值得关注的发展是，开放街图研究在计算机科学和人工智能领域的发表平台上日益受到关注。例如，顶级机器人学期刊《*IEEE*机器人与自动化快报》发表了基于深度学习的开放街图地图生成研究（Jiang 等 2024），标志着向高水平技术集成迈出了一步。此外，计算机视觉与模式识别会议和ACM SIGSPATIAL研讨会也发表了其他跨学科研究成果（Sastry 等 2024，Friedsam和Rupp（2024），Wang 等 2024a，Kapp等 2024）。这凸显了开放街图研究正从纯粹的制图学转向计算机视觉、机器人学和人工智能领域。

贡献者

2024年的地理分布证实了第4.1.2节所指出的中国、美国和欧洲“三极”主导格局。中国位居首位（46篇文章），其次是美国（37篇）和德国（30篇）。欧洲仍是主要枢纽：德国、英国（14篇）和荷兰（13篇）的合计产出超过其他任何地区，国际合作仍占出版物的很大比重。

2024年7月至12月的子集所呈现的机构格局，与表4和第4.1.2节有所不同。中国科学院（CAS）、武汉大学和慕尼黑工业大学仍是主要贡献者，但一些在2008年至2024年6月的数据集中并不突出、如今已跻身主要出版机构之列的机构也崭露头角，例如清华大学和德克萨斯大学西南医学中心。2024年子集中最活跃的作者并未出现在长期排名前列的名单中（表3），包括*Chen Hongruixuan* 和*Song Jian* （土地覆盖变化检测（Chen 等 2024a,b））、*Ana Basiri* （贡献者行为与地名识别（Solomon 等 2024，Shingleton和Basiri（2024））、*Kiyun Yu* （知识库问答与空间索引（Yang 等 2024，Jeong 等 2024）），以及*Hanli Liu* 和*Carlos J. Hellin* （三维城市重建（Liu 等 2024a,b））。由于本附录仅采用新近编目的2024年出版物，这些作者无法与表3中的长期贡献者直接比较。尽管如此，这一趋势或许表明，近期开放街图研究的势头越来越多地由新兴团队推动，尤其是

来自地球观测、计算机视觉和人工智能社区的团队。

主题

主要分析（第7.1节）预测的主题趋势，在新编入索引的2024年出版物中有所体现。围绕OSM 数据本身的研究仍在继续，例如探讨 API 标准化（Arnold 和 Hukal，2024年）。多源集成依然是重要方向：OSM 被纳入多模态基础模型（Balse-bre 等，2024年），用作高精地图生成的结构先验（Jiang 等，2024年），并在开放航空影像相关研究中接受评估（Mandourah 和 Hochmair，2024年）。在网格建模（Weber 等，2024年）、城市功能区分类（Mo 等，2024年）和多面体建筑重建（Liu 等，2024a）方面，与激光雷达和航空影像的集成也在持续推进。应用领域进一步扩展，涵盖环境建模（Ding 等，2024年）、冲突区域评估（Bachmann-Gigl 和 Dabiri，2024年）、可达性路径规划（Nguyen 等，2024年）以及绿地感知（Teeuwen等，2024年）。地理覆盖范围包括中国农村地区的研究（Wang 等，2024c），并进一步扩展至全球南方，包括肯尼亚（Zhou 等，2024年）以及非洲范围的可持续发展目标评估（Cardenas-Ritzert 等，2024年）。与性别相关的研究也在持续开展，分析了 OSM 编辑行为中的人口统计参与模式（Solomon 等，2024年）。总体而言，这些研究表明，主要主题脉络仍在延续。

2024年的新出版物凸显了生成式人工智能和大语言模型（LLM）在开放街图研究中的快速发展与融合。“地理人工智能”的兴起已具体体现为基础模型的多项应用，例如卫星图像合成（Sastry 等2024年）以及从开放街图中学习通用表征的城市基础模型（Balsebre 等2024年）。此外，2024年末，大语言模型的融合日益显著，具体表现为利用嵌入增强建筑功能分类（Memduhoglu 等2024年），以及应用基于大语言模型的兴趣点分类进行语义轨迹挖掘（Liu 等2024c）。这些研究证实，开放街图研究正积极采用生成式人工智能前沿技术。

总结

2024年下半年的补充数据集印证了主要分析所发现的结构性和主题趋势。未发现贡献者人口统计特征、出版渠道或核心研究主题有显著变化——鉴于六个月的时间窗口通常不足以带来重大的文献计量变化，这一结果在意料之中。

总体而言，2024 年全年 Web of Science 快照显示，OSM研究依然十分活跃，论文产出稳定在较高水平，研究方向也日益与地理空间基础模型、大语言模型以及 Overture Maps 等企业地理数据生态系统相契合。这些观察进一步印证了第7节概述的未来发展方向，并表明 OSM研究正进入一个与多模态人工智能和大规模地理数据基础设施深度融合的新阶段。

数据与代码可用性声明

支持本研究结论的数据和代码可在 https:// doi.org/10.6084/m9.figshare.27636516 获取。同一存储库还提供交互式 VOSviewer 可视化内容。

致谢

我们谨此感谢 Jianming Zhou 对 VOSviewer 进行初步研究。

作者贡献

Yao Sun：概念构思、方法论、数据整理、正式分析、撰写初稿、撰写审阅与编辑；Liqiu Meng：概念构思、撰写审阅与编辑、经费获取；Andr´es Camero：方法论、撰写审阅与编辑；Stefan Auer：撰写审阅与编辑；Xiao Xiang Zhu：撰写审阅与编辑、经费获取。

披露声明

作者未报告任何潜在利益冲突。作者使用 ChatGPT 润色语言。

经费

本研究由德国研究联合会（DFG，德国研究基金会）通过项目“基于仿真的遥感数据融合助力 OpenStreetMap”（简称：OSMSim，项目编号：499168241）以及慕尼黑工业大学（TUM）Georg Nemetschek 研究所通过项目“用于自动创建建成环境多尺度数字孪生体的人工智能”（简称：AI4TWINNING）共同资助。

参考文献

Anderson, J., Sarkar, D. 和 Palen, L., 2019。OpenStreetMap 演变格局中的企业编辑者。《*ISPRS*国际地理信息杂志》，8 (5)，232。Andorful, F., 等，2023。探索 OpenStreetMap 中道路与兴趣点（PoI）的关联：OSM 道路类别预测的新范式。《*2023*年*OSM*科学会议论文集》，69–72。Antoniou, V. 和 Skopeliti, A., 2015。志愿地理信息质量的测量方法与指标：综述。*ISPRS* 摄影测量、遥感与空间信息科学年刊，2，345–351。Aria, M. 和 Cuccurullo, C., 2017。bibliometrix：用于综合科学制图分析的 R 工具。《信息计量学杂志》，11 (4)，959–975。

Arnold, L. 和 Hukal, P., 2024。标准化对数字平台创新的不同影响：来自 OpenStreetMap 的证据。《创新：组织与管理》。Arsanjani, J.J., 等，2015。探索 OpenStreetMap 贡献的未来模式并开发贡献指数。《地理信息系统汇刊》，19 (6)，896–914。Arsanjani, J.J. 和 Vaz, E., 2015。评估协作制图方法在探索若干欧洲大都市土地利用模式中的应用。《国际应用地球观测与地理信息学杂志》，35，329–337。Bachmann-Gigl, U. 和 Dabiri, Z., 2024。危机时期的文化遗产：利用 Sentinel-1 SAR 数据评估乌克兰城市区域的受损情况。《*ISPRS*国际地理信息杂志》，13 (9)，319。Bagheri, H., Schmitt, M. 和 Zhu, X., 2019。融合多传感器派生高度与基于 OSM 的建筑物轮廓，以进行城市三维重建。《*ISPRS*国际地理信息杂志》，8 (4)，193。Baidoun, S., Clauss, H. 和 Zach´ee, P., 2023。TomTom 向世界敞开大门，TomTom 向 `a OSM 敞开大门。可获取地址：https://peertube.openstreetmap.fr/w/iPmgfN9nyLV6TtGcgfBhAb[访问日期：2024-08-30]。Bakillah, M., 等，2014。利用 OpenStreetMap 兴趣点进行高分辨率人口制图。《国际地理信息科学杂志》，28 (9)，1940–1963。Ballatore, A., Bertolotto, M. 和 Wilson, D.C., 2013。OpenStreetMap 中的地理知识提取与语义相似度。知识与信息系统，37，61–81。Balsebre, P., 等，2024。城市基础模型：从 OpenStreetMap 学习通用表征。载于：第*33*届*ACM*信息与知识管理国际会议论文集（*CIKM 2024*）。Barrington-Leigh, C. 和 Millard-Ball, A., 2017。全球用户生成的道路地图，其完整度已超过 80%。*PLOS One*，12 (8)，e0180698。Barron, C., Neis, P. 和 Zipf, A., 2014。用于 OpenStreetMap 内在质量分析的综合框架。《地理信息系统汇刊》，18 (6)，877–895。Biljecki, F., Chow, Y.S. 和 Lee, K., 2023。众包地理空间建筑信息的质量：对 OpenStreetMap 属性的全球评估。《建筑与环境》，237，110295。Biljecki, F. 和 Dehbi, Y., 2019。抬高屋顶：探索无需航空测量、利用机器学习生成 LoD2 模型。*ISPRS* 摄影测量、遥感与空间信息科学年刊，4，27–34。Biljecki, F. 和 Ito, K., 2021。街景影像在城市分析与地理信息系统中的应用：综述。《景观与城市规划》，215，104217。Biljecki, F.,等，2021。扩展 CityGML，以支持基于 IFC 的三维城市模型。《建筑自动化》，121，103440。Bittner, C., 2017。地理网络中的参与与边缘化：耶路撒冷 OpenStreetMap 上非制图活动的政治意涵。《地理学杂志》，82 (5)，887–906。可获取地址：https://link. springer.com/article/10.1007/s10708-016-9723-7。Boeing, G., 2017。OSMnx：获取、构建、分析和可视化复杂街道网络的新方法。《计算机、环境与城市系统》，65，126–139。Boeters, R.,等，2015。自动为 CityGML LoD2 模型添加相应的室内几何。《国际地理信息科学杂志》，29 (12)，2248–2268。Brovelli, M.A., 等，2017。探索自动比较 OpenStreetMap 与权威道路数据集的方法。《地理信息系统汇刊》，21 (2)，191–206。Brovelli, M.A. 和 Zamboni, G., 2018。评估 OpenStreetMap 建筑物轮廓空间精度与完整性的新方法。《*ISPRS*国际地理信息杂志》，7 (8)，289。Buckel, A., 2023。OSMOverpassConnector：一种可访问 OSM Overpass API 数据的 FME 转换器。可获取地址：https://peertube.openstreetmap.fr/ w/jrpmGrW8un2d8if6Pb3Ys7 [访问日期：2024-08-30]。Budhathoki, N.R. 和 Haythornthwaite, C., 2013。开放协作的动机：群

以及社区模型与 OpenStreetMap 案例。《美国行为科学家》，57（5），548–575。Cardenas-Ritzert, O.S.E., 等，2024。用于评估可持续发展目标指标11.3.1的自动化地理空间方法：对非洲城市土地利用扩张的多层级评估。《ISPRS国际地理信息杂志》。Chen, H., 等，2024a。ObjFormer：通过目标引导Transformer，利用配对OSM数据和光学高分辨率影像学习土地覆盖变化。IEEE地球科学与遥感汇刊。Chen, H., Song, J., 和 Yokoya, N., 2024b。通过分割一切模型（SAM）检测光学遥感影像与地图数据之间的变化。载于：2024 IEEE国际地球科学与遥感研讨会（IGARSS）。Chen, S., 等，2021。Mask-Height R-CNN：一种从单目遥感影像重建三维建筑的端到端网络。载于：IEEE国际地球科学与遥感研讨会（IGARSS）。Chen, X. 和 Biljecki, F., 2022。挖掘房地产广告和房产交易数据，以采集建筑与配套设施数据。《城市信息学》，1（1），12。Chilufya, C.,2023。弥合开放街图中的性别差距。可访问：https://pretalx.com/sotm- africa-2023/talk/WUH9R3/ [访问日期：2024-08-30]。Clauss, H., Hughes, S., 和 Zach´ee, P., 2023。关于 Overture 的问答。可访问：https://peertube.openstreetmap.fr/w/q2q5tcVHFMoRBRnWg8U5je [访问日期：2024-08-30]。Coast, S., 2024。日子漫长，岁月短暂。可访问：https://stevecoast.substack.com/p/the-days-are-long-but-the-years-are [访问日期：2024- 08-30]。Corcoran, P., Mooney, P., 和 Bertolotto, M., 2013。分析 OpenStreetMap 网络的增长。《空间统计》，3，21–32。de Moraes Vestena, K., 2023。使用 OpenStreetMap 绘制人行道可达性地图。可访问：https://pretalx.com/sotm-africa-2023/talk/BRWGWQ/ [访问日期：2024-08-30]。Degrossi, L.C., 等，2018。志愿和众包地理信息质量评估方法分类。《地理信息系统汇刊》，22（2），542–560。Dehbi, Y., 等，2021。通过强化网络连通性进行最优扫描规划，以获取三维室内模型。《ISPRS摄影测量与遥感杂志》，180，103–116。Ding, J., 等，2024。基于有限监测站数据的城市空气污染时空模式。《清洁生产杂志》，434，140359。Ding, L., 等，2020。融合基于本体的地理数据集成与地理可视化分析的框架。《ISPRS国际地理信息杂志》，9（8），474。Ding, L., 等，2021。开放地理数据集成的一致性评估：一种基于本体的方法。《地理信息学》，25（4），733–758。Donkers, S., 等，2016。将 IFC 数据集自动转换为几何和语义均正确的 CityGML LoD3建筑。《地理信息系统汇刊》，20（4），547–569。Dorn, H., T¨ornros, T., 和 Zipf, A., 2015。使用权威数据评估志愿地理信息的质量——与德国南部土地利用数据的比较。《ISPRS国际地理信息杂志》，4（3），1657–1671。Edmisten, W., 2023。使用 OpenStreetMap 可视化医院可达性。可访问：https://openstreetmap.us/events/state-of-the-map-us/2023/visualizing-hospital-accessibility-with-openstreetmap/ [访问日期：2024-08-30]。Fan, H., 等，2014。OpenStreetMap建筑物轮廓数据质量评估。《国际地理信息科学杂志》，28（4），700–719。Floros, G., Ellul, C., 和 Dimopoulou, E., 2018。探讨 IFC 与 CityGML LoD 4 之间的互操作能力——保留语义信息。《国际摄影测量、遥感与空间信息科学档案》，42，33–40。Fonte, C.C., 等，2017。利用 OpenStreetMap 和 GlobeLand30 生成最新且详细的土地利用和土地覆盖地图。《ISPRS国际地理信息杂志》，6

（4），125。Forghani, M. 和 Delavar, M.R., 2014。德黑兰 OpenStreetMap 数据集质量研究。《*ISPRS*国际地理信息杂志》，3（2），750–763。Friedsam, W. 和 Rupp, T., 2024。Osm Ticket to Ride。载于：第*17*届*ACM SIGSPATIAL*国际计算交通科学研讨会论文集（*IWCTS 2024*）。Gardner, Z., 等，2020。量化 OpenStreetMap 中的性别化参与：回应关于女性在众包制图中代表性不足的理论。《地理学杂志》，85（6），1603–1620。Garfield, E., 2004。知识领域文献的史学编纂图谱。《信息科学杂志》，30（2），119–145。Gervais, B. 和 Morel, F., 2023。为什么以及如何改善 OSM 中的步行性数据？可访问：https://peertube.openstreetmap.fr/w/ 5xmC2MaFR5ZfwV3t4ujbF4 [访问日期：2024-08-30]。Gilbert, T.,等，2020。建成环境数据标准及其集成：对 *IFC*、*CityGML* 和 *LandInfra* 的分析。地理信息学教席。Girres, J.F. 和 Touya, G., 2010。法国 OpenStreetMap 数据集质量评估。《地理信息系统汇刊》，14（4），435–459。Goetz, M., 2013。利用 OpenStreetMap 生成高细节三维 CityGML 模型。《国际地理信息科学杂志》，27（5），845–865。Gonzales, J.J., 2023。微软和谷歌开放建筑物轮廓数据集的建筑层级比较。载于《第12届国际地理信息科学会议（GIScience 2023）论文集》，LIPIcs 277:35:1–35:6。探讨微软和谷歌建筑物轮廓的匹配与质量评估：:contentReference[oaicite:2]index=2。Graser, A., Straub, M., 和 Dragaschnig, M., 2014。构建用于街道网络比较的开源分析工具箱：指标、工具以及 OSM 与奥地利官方参考网络的比较结果。《地理信息系统汇刊》，18（4），510–526。Grinberger, A.Y., 等，2023。作为新兴科学领域的 OpenStreetMap：来自 OSM Science 2023 的思考。《*2023*年*OSM*科学会议论文集》，1–5。Grinberger, A.Y., 等，2019。弥合地图鸿沟？探索 OpenStreetMap 中学术界与制图社区之间的互动。《*State of the Map 2019*学术专题论文集》，1–2。Grinberger,A.Y., 等，2022a。OSM Science——对 OpenStreetMap 项目、数据、贡献者、社区和应用的学术研究。Grinberger, A.Y.,等，2022b。桥梁与障碍：探索研究社群与 OpenStreetMap 社区的互动。《*ISPRS*国际地理信息杂志》，11（1），54。Grinberger, Y. 和 Minghin, M., 2024。志愿地理信息受到威胁时会发生什么？从系统视角分析导致 OpenStreetMap 引入速率限制的事件。可访问：https://2024.stateofthemap.org/sessions/FSYR9S/ [访问日期：2024- 08-30]。Gui, S. 和 Qin, R., 2021。利用超高分辨率卫星派生数字表面模型和正射影像自动重建 LOD-2 模型。《*ISPRS*摄影测量与遥感杂志》，181，1–19。Hagen, E., 2019。OpenStreetMap 的可持续性：构建更稳定的 OSM 生态系统，以服务发展与人道主义事业。Hagenauer, J. 和 Helbich, M., 2012。运用遗传算法和人工神经网络，从志愿地理信息中挖掘城市土地利用模式。《国际地理信息科学杂志》，26（6），963–982。Haklay, M., 2010。志愿地理信息的质量如何？对 OpenStreetMap 和英国军械测量局数据集的比较研究。《环境与规划*B*：规划与设计》，37（4），682–703。Haklay, M., 等，2010。绘制一个区域的优质地图需要多少志愿者？Linus 定律对于志愿地理信息的适用性。《制图学杂志》，47（4），315–322。

Haklay, M. 和 Weber, P., 2008年。OpenStreetMap：用户生成的街道地图。*IEEE*《普适计算》，7 (4)，12–18。Hecht, R.、Kunze, C. 和 Hahmann, S., 2013年。测量OpenStreetMap建筑物轮廓随时空变化的完整性。《*ISPRS*国际地理信息杂志》，2 (4)，1066–1091。Heeramaglore, M. 和 Kolbe, T.H., 2022年。语义增强体素：用于比较和评估三维建筑模型的通用表示。*ISPRS* 摄影测量、遥感与空间信息科学年刊，10，89–96。Herfort, B., 等，2023。时空分析：调查OpenStreetMap全球城市建筑数据的完整性与不平等现象。《自然·通讯》，14 (1)，3985。获取地址：https://www.nature.com/articles/s41467-023-39698-6。Herfort, B., 等，2021。OpenStreetMap社区内人道主义制图的发展。《科学报告》，11 (1)，3037。Hochmair, H.H.、Zielstra, D. 和 Neis, P., 2015。评估美国开放街图中自行车道与车道要素的完整性。《地理信息系统汇刊》，19 (1)，63–81。Hoegner, L. 和 Stilla, U., 2018。移动热成像制图：将红外图像与三维建筑模型和三维点云进行匹配。《定量红外热成像期刊》，15 (2)，252–270。Hoffmann, E.J.、Abdulahhad, K. 和 Zhu, X.X., 2023。利用社交媒体图像进行建筑功能分类。《城市》，133，104–107。Hopeful, B., 2023。运用尼日利亚的开放制图技术开展倡导与参与，推动女孩和女性实现积极改变。获取地址：https://pretalx.com/sotm-africa-2023/ talk/SEWJ8D/ [访问日期：2024-08-30]。Hou, Y., 等，2024年。全球街景——涵盖688座城市、包含1000万张街道级图像的综合数据集，服务于城市科学与分析。《*ISPRS*摄影测量与遥感杂志》，215，216–238。Housel, B. 和 Clark, B., 2022年。RapiD：人工智能辅助开放街图编辑器（rapid/rapid 2.0）。在由美国开放街图主办的2022年美国地图现状大会上发表。介绍了RapiD对iD的扩展，包括人工智能生成的道路、建筑物和人行道：contentReference[oaicite:1]index=1。Housel, B. 和 Clark, B., 2023。了解新版Rapid v2编辑器。获取地址：https://openstreetmap.us/events/state-of-the-map-us/2023/getting-to-know-the-new-rapid-v2-editor/ [访问日期：2024-08-30]。Hu, X., 等，2024年。DLRGeoTweet：一个涵盖细粒度地点的综合社交媒体地理编码语料库。《信息处理与管理》，61 (4)，103742。Hu, X., 等，2023。文本中的地点指称识别：综述与比较。《*ACM*计算调查》，56 (5)，1–37。Inoue, K. 和 Hayakawa, T., 2012。福岛灾前与灾后的制图。获取地址：http://www.slideshare.net/ikiya_OSM/fukushima-mapping-before-and-after-the-disaster [访问日期：2024-08-30]。Jackson, S.J.、Pompe, A. 和 Mugar, G., 2018。制图实践与政治：（不可）变的OpenStreetMap叙事。《新媒体与社会》，20 (4)，1415–1433。获取地址：https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1461444817697322。Jackson, S.P., 等，2013。评估志愿地理信息中要素的完整性和空间误差。《*ISPRS*国际地理信息杂志》，2 (2)，507–530。Jeong, E.H., 等，2024年。为OpenStreetMap上的GeoKBQA生成语义解析数据集。载于：*2024*年*IEEE*大数据与智能计算国际会议（*BigComp*）。Jiang, Z., 等，2024年。P-MapNet：利用SDMap和HDMap先验增强的远视地图生成器。《*IEEE*机器人与自动化快报》。Johnson, B.A. 和 Iizuka, K., 2016。整合OpenStreetMap众包数据与Landsat时间序列影像，快速绘制土地利用/土地覆盖（LULC）地图：菲律宾拉古纳德湾地区案例研究。《应用地理学》，67，140–149。Jokar Arsanjani, J., 等，2013。尝试利用志愿地理

信息绘制土地利用模式。《国际地理信息科学杂志》，27 (12)，2264–2278。Jokar Arsanjani, J., 等，2015。OpenStreetMap的兴起与演变：一种元胞自动机方法。《国际数字地球杂志》，8 (1)，76–90。Juh´asz, L., 等，2020年。位置游戏时代的制图破坏行为——以OpenStreetMap和Pok´emon Go为例。《ISPRS国际地理信息杂志》，9 (4)，197。Julien, R., 2023。OpenStreetMap和On Wheels应用中的轮椅使用者可达性信息。获取地址：https://2023.stateofthemap.eu/program/accessibility-information-for-wheelchair-users-in-osm-and-the-on-wheels-app [访问日期：2024-08-30]。Kaiser, P., 等，2017。利用在线地图学习航空影像分割。《IEEE地球科学与遥感汇刊》，55 (11)，6054–6068。Kang, J., 等，2018。利用街景图像进行建筑实例分类。《ISPRS摄影测量与遥感杂志》，145，44–59。Kapp, A., 等，2024年。SurfaceAI：基于开放街景影像自动创建一致的道路表面质量数据集。载于：《第2届ACM SIGSPATIAL城市人工智能进展国际研讨会论文集（Urban-AI 2024）》。Karlekar, S. 和 Bansal, M., 2018。SafeCity：理解个人故事中多种形式的性骚扰。载于：E. Riloff、D. Chiang、J. Hockenmaier 和 J. Tsujii 编，《2018年自然语言处理实证方法会议论文集》，10月至11月，比利时布鲁塞尔。计算语言学协会，2805–2811。Kastl, D., 2011。海啸前后日本的开放街图。获取地址：http://www. slideshare.net/kastl/osm-japan-before-and-after-the-tsunami [访问日期：2024-08-30]。Kaur, J., 等，2017。OpenStreetMap数据质量的系统性文献综述。载于：2017年下一代计算与信息系统国际会议（ICNGCIS）。IEEE，177–182。Keßler, C. 和 De Groot, R.T.A., 2013。以信任作为志愿地理信息质量的代理指标：以OpenStreetMap为例。载于：《欧洲核心地理信息科学》。施普林格，21–37。Kolbe, T.H. 和 Donaubauer, A., 2021。语义三维城市建模与建筑信息模型。《城市信息学》，609–636。Koukoletsos, T.、Haklay, M. 和 Ellul, C., 2012。通过针对线性数据的自动匹配程序评估志愿地理信息的数据完整性。《地理信息系统汇刊》，16 (4)，477–498。Lainez, F. 和 Chirpaz, J.L., 2023。Eazyway项目：绘制无障碍地图……却不使用wheelchair标签。获取地址：https://peertube.openstreetmap.fr/w/ o5AWXYerrMs7Us7v1YLdCF [访问日期：2024-08-30]。Leitenstern, M., 等，2024年。Flexmap Fusion：对HDMap进行地理配准，并与OpenStreetMap自动融合。arXiv预印本 arXiv:2404.10879。Li, H. 和 Sun, Y., 2023。超越二维：利用合成孔径雷达和街景影像，在OpenStreetMap中大规模绘制建筑高度地图。《2023年OSM科学会议论文集》，38–41。Li, Q., 等，2023。3DCentripetalNet：从单目遥感影像中反演建筑物高度。《国际应用地球观测与地理信息学杂志》，120，103311。Li, Q., 等，2020。利用关键点进行建筑物实例分割。载于：IEEE国际地球科学与遥感研讨会（IGARSS）。Li, Q., 等，2024年。遥感影像建筑物提取综述：几何结构与语义属性。《IEEE地球科学与遥感汇刊》。Likiliwike, C., 2023。激励女孩投身地理空间技术。获取地址：https:// pretalx.com/sotm-africa-2023/talk/LJY7EH/ [访问日期：2024-08-30]。Lim, J.、Biljecki, F. 和 Stouffs, R., 2024年。将移动数据整合到三维地理信息系统中。ISPRS 摄影测量、遥感与空间信息科学年刊，10，219–

227. Lin, W., 2019. 编辑世界：参与式制图与微观地缘政治。英国地理学家学会会刊, 44 (2), 297–311. 获取地址：https://rgs-ibg.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tran.12280. Lin, Y.W., 2011. 对 OpenStreetMap 制图活动的定性探究。超媒体与多媒体新评论, 17 (1), 53–71. Liu, H., 等, 2024a. 利用 OpenStreetMap 对三维建筑物进行多面体重建的面向顶点的方法。传感器。Liu, H., 等, 2024b. 通过计算机视觉或程序化生成支持城市区域几何形状的三维重建。数学。Liu, X. and Long, Y., 2016. 利用 OpenStreetMap 和兴趣点自动识别与表征地块。环境与规划*B*：规划与设计, 43 (2), 341–360. Liu, Y., 等, 2024c. 基于大语言模型的兴趣点分类进行语义轨迹数据挖掘。载于：*2024*年*IEEE*第*27*届智能交通系统国际会议 *(ITSC)*。Makuate, M., Rehamtula, S.M., and Ndao, M., 2023. 塞内加尔萨卢姆群岛以女性为中心的灾害韧性（s´en´egal）。获取地址：https://pretalx.com/sotm-africa-2023/talk/ QWENXA/ [访问日期：2024-08-30]。Mandourah, A. and Hochmair, H.H., 2024. 分析 OpenAerialMap 影像在 OpenStreetMap 编辑中的使用。地球空间信息科学。Melanda, E.,等, 2023. 用于机器学习示例自动标注的 OpenStreetMap 数据：道路类型不平衡的挑战。*2023*年*OSM*科学会议论文集, 65–68. Memduhoglu, A., Fulman, N., and Zipf, A., 2024. 利用 OpenStreetMap 标签的大语言模型嵌入丰富建筑功能分类。地球科学信息学。微软，2025。全球机器学习建筑物轮廓。GitHub 代码库。1.4billion+从必应地图影像中检测出的全球建筑物轮廓（2014–2024），开放数据库许可：contentRefer- ence[oaicite:3]index=3。Miura, H., 2011. 危机制图与灾害响应。获取地址：http://www.slideshare.net/miurahr/sotm2011-crisis-mapping-and-sinsaiinfo [访问日期：2024-08-30]。Mo, Y., 等, 2024. 利用激光雷达点云、航空影像和兴趣点数据进行城市功能区分类。遥感。Mooney, P. and Corcoran, P., 2012. OpenStreetMap中的注释过程。地理信息系统汇刊, 16 (4), 561–579. Mooney, P. and Corcoran, P., 2014a. 分析 OpenStreetMap 贡献者之间的交互与协同编辑模式。地理信息系统汇刊, 18 (5), 633–659. Mooney, P. and Corcoran, P., 2014b. OpenStreetMap在数字地球应用中发挥作用了吗？国际数字地球杂志, 7 (7), 534–553. Mooney, P., Minghini, M., 等, 2017. OpenStreetMap数据综述。制图与公民传感器, 37–59. Mooney, P., Schouppe, J., and Ostermann, F., 2018. 协调并改善学术界与OpenStreetMap社区之间的沟通。载于：*2018*年*OpenStreetMap*地图状态大会。Neerhut, E., 2023. Mapillary相机资助计划。获取地址：https: //openstreetmap.us/events/state-of-the-map-us/2023/mapillary-camera-grant-program/ [访问日期：2024-08-30]。Neerhut, E. and Turksever, S., 2023. Mapillary：20亿张图像及更多。获取地址：https://2023.stateofthemap.eu/program/mapillary-2-billion-images- and-beyond [访问日期：2024-08-30]。Neis, P., Goetz, M., and Zipf, A., 2012. 探索 OpenStreetMap 中的自动恶意破坏检测。*ISPRS*国际地理信息杂志, 1 (3), 315–332. Neis, P. and Zielstra, D., 2014. 志愿地理信息研究的最新进展与未来趋势：以OpenStreetMap为例。未来互联网, 6 (1), 76–106. Neis, P. and Zipf, A., 2012. 分析志愿地理信息

项目的贡献者活动——以OpenStreetMap为例。《ISPRS国际地理信息杂志》, 1 (2), 146–165. Nguyen, T., 等, 2024. Mypath：利用群体感知的路面信息生成无障碍路线。载于：计算机科学、社会信息学与电信工程学会讲义。Oostwegel, L.J., 等, 2023. 对OpenStreetMap建筑物进行全球动态完整性评估。《2023年OSM科学会议论文集》, 6–9. OpenStreetMap, 2024. OpenStreetMap历史 - OpenStreetMap维基。获取地址：https://wiki.openstreetmap.org/wiki/History_of_OpenStreetMap [访问日期：2024-08-30]。OpenStreetMap社区讨论，2022。关于Overture Maps基金会相关问题的社区讨论。OpenStreetMap社区论坛帖子“Overturemaps ̇org——大型企业的OSMF替代方案”。“企业参与者与OSMF之间的紧张关系……使overture ̇org得以绕过OSMF……并控制对OSM的贡献由谁以何种数据完成。”OpenStreetMap社区讨论，2023。关于OpenStreetMap社区中的伦理、人权及企业制图活动的社区讨论。OpenStreetMap社区论坛帖子“Sobre la ́etica, los Derechos Humanos y la acci ́on de empresas con las comunidades OSM”。Over, M., 等, 2010. 基于OpenStreetMap生成网络三维城市模型：德国的现状。《计算机、环境与城市系统》, 34 (6), 496–507. Palen, L., 等, 2015. 数据生产型组织的成功与规模：OpenStreetMap应对人道主义事件的社会技术演进。载于：第33届ACM人机交互大会论文集。4113–4122. Pan, Y., 等, 2022. 融合激光扫描与基于人工智能的图像识别，以小型物体丰富建筑物的几何数字孪生。《建筑自动化》, 140, 104375. Pantoja-Rosero, B.G., 等, 2022. 利用运动恢复结构和语义分割生成LoD3建筑模型。《建筑自动化》, 141, 104430. Passmore, R., Guensler, R., and Watkins, K., 2023. 利用OpenStreetMap评估自行车与公共交通可达性。《2023年OSM科学会议论文集》, 53–56. Poiani, T.H., 等, 2016. 协作制图在灾害救援中的潜力：尼泊尔2015年地震中OpenStreetMap的案例研究。载于：2016年第49届夏威夷国际系统科学会议 (HICSS)。IEEE, 188–197. Reinmuth, M., 2023a. 基于历史的OpenStreetMap质量衡量指标现已纳入ohsome仪表板。获取地址：https://pretalx.com/sotm-africa-2023/talk/Q3NQMR/ [访问日期：2024-08-30]。Reinmuth, M., 2023b. 使用ohsome工具栈追踪OpenStreetMap历史与质量。获取地址：https://openstreetmap.us/events/state-of-the-map-us/2023/tracking-openstreetmap-history-and-quality-with-the-ohsome-stack/ [访问日期：2024-08-30]。Riche, A., 2023a. Overpass Turbo：OSM数据的瑞士军刀。获取地址：https: //peertube.openstreetmap.fr/w/tzPeb3w8W7TKmCm4g7eiEF [访问日期：2024-08-30]。Riche, A., 2023b. Overpass查询：做得比Overpass Turbo助手更好。获取地址：https://peertube.openstreetmap.fr/w/t2nyzAJ3xrF6LF7YEfVxPQ [访问日期：2024-08-30]。Sastry, S., 等, 2024. Geosynth：具备情境感知能力的高分辨率卫星图像合成。载于：2024年IEEE/CVF计算机视觉与模式识别会议研讨会 (CVPRW)。Scassa, T., 2013. 地理空间信息的生产使用者：若干法律视角。《地理学杂志》, 78 (6), 935–946. 获取地址：https://link.springer.com/article/10.1007/s10708- 013-9473-3. Schott, M., 等, 2023. 分析并提升OpenStreetMap作为遥感应用标签的质量与适用性。载于：志愿地理信息：阐释、可视化与社会背景。施普林格自然瑞士，Cham，21–42。

Schultz, M., 等, 2017. 基于OpenStreetMap和遥感的开放式土地覆盖。《国际应用地球观测与地理信息杂志》, 63, 206–213. Senaratne, H., 等, 2017. 志愿地理信息质量评估方法综述。《国际地理信息科学杂志》, 31 (1), 139–167. Shingleton, J. and Basiri, A., 2024. 提升地名识别：利用 topo-bert 和开源数据区分地名并提取空间关系。载于:*AGILE*地理信息科学第*27*届会议. Sirko, W., 等, 2021. 基于高分辨率卫星影像的大陆尺度建筑物检测。*arXiv*预印本 *arXiv:2107.12283*. Google Open Buildings：覆盖非洲、南亚和东南亚、拉丁美洲及加勒比地区的18亿个建筑物轮廓。Solomon, G., 等, 2024. 评估OpenStreetMap贡献者的地理时空行为。《*AGILE*：地理信息科学系列》. Sun, Y.,等, 2023. 面向大规模建筑物属性制图的众包图像：Flickr场景文本识别及待解决的问题。《国际摄影测量、遥感与空间信息科学档案》, XLVIII-1/W2- 2023, 225–232. Sun, Y., 等, 2025. 基于众包街道级图像的建筑物楼层数估计：慕尼黑数据集与基线方法。*arXiv*预印本 *arXiv:2505.18021*. Sun, Y., 等, 2021. CG-Net：用于甚高分辨率SAR图像中单体建筑物分割的条件式GIS感知网络。《*IEEE*地球科学与遥感汇刊》, 1–15. Sun, Y., 等 , 2020. 大规模城市区域中单幅 SAR 图像与 GIS 建筑物轮廓的自动配准。《*ISPRS*摄影测量与遥感杂志》, 170, 1–14. Sun, Y., 等, 2022. 基于边界框回归网络的单幅SAR影像大规模建筑物高度反演。《*ISPRS*摄影测量与遥感杂志》, 184, 79–95. Sun, Y., Shahzad, M., and Zhu, X.X., 2017. 建筑物高度估计：使用单幅SAR图像和OSM建筑物轮廓。载于:联合城市遥感活动（*JURSE*）. Sun, Y., Wang, Y., and Eineder, M., 2024. Quickquakebuildings：用于快速受损建筑物检测的震后SAR-光学数据集。《*IEEE*地球科学与遥感快报》, 21, 1–5. Teeuwen, R., 等, 2024. NDVI和OpenStreetMap数据在多大程度上反映了人们对城市绿地的视觉感知? 《景观与城市规划》. Topf, J., 2023. 探索Taginfo。获取地址：https://2023.stateofthemap.eu/ program/exploring-taginfo [访问日期：2024-08-30]. Turksever, S., 2023a. 如何使用RapiD制图。获取地址：https://pretalx.com/sotm-africa-2023/talk/NRPXQZ/ [访问日期：2024-08-30]. Turksever, S., 2023b. 与Mapillary共同探索20亿张街景影像。获取地址：https://pretalx.com/sotm-africa-2023/talk/TKAEYF/ [访问日期：2024-08-30]. Van Eck, N. and Waltman, L., 2010. 软件调查：用于文献计量制图的计算机程序VOSviewer。科学计量学, 84 (2), 523–538. Vargas-Munoz, J.E.,等, 2020. OpenStreetMap：机器学习与遥感领域的挑战和机遇。《*IEEE*地球科学与遥感杂志》, 9 (1), 184– 199. Wang, J., Chow, Y.S., and Biljecki, F., 2023. 透过Airbnb评论了解一座城市：从民宿住客体验感知城市特征。《城市》, 140, 104399. Wang, M., 等, 2024a. CycleTrajectory：用于丰富和分析GPS轨迹、了解骑行行为与环境的端到端流程。载于: 第二届*ACM SIGSPATIAL*可持续城市交通国际研讨会论文集（*SUMOB 2024*）. Wang, Y., 等, 2024b. 利用纹理化LoD2数据实现城市尺度语义建筑模型全自动重建的框架。《*ISPRS*摄影测量与遥感杂志》, 216, 90–108.

Wang, Z., 等, 2024c. 探索OpenStreetMap数据在区域经济发展评估建模中的潜力。《遥感》, 16 (2), 239. Weber, M., 等 , 2024. 以开放数据驱动住宅配电网建模自动化，并将数据需求降至最低。《*IEEE*智能电网汇刊》, 15 (6), 5721–5732. Xu, Y., 等, 2019. 使用基于体素的4平面全等集，对城市场景中的点云进行成对粗配准。《*ISPRS*摄影测量与遥感杂志》, 151, 106–123. Xu, Y., Tong, X., and Stilla, U., 2021. 三维点云的基于体素的表示：方法、应用及其在建筑业中的潜在用途。《建筑自动化》, 126, 103675. Yan, Y., 等, 2020. 志愿地理信息研究的第一个十年：对地理信息科学领域部分期刊文章的叙述性综述。《国际地理信息科学杂志》, 34 (9), 1765–1791. Yang, J., Jang, H., and Yu, K., 2024. 基于OpenStreetMap的地理知识库问答。《*ISPRS*国际地理信息杂志》. Zadeh, T.E., 等, 2023. 利用OpenStreetMap建筑物数据提高地震风险估算的准确性。《*2023*年*OSM*科学会议论文集》, 18–21. Zhao, W., 等, 2019. 探索城市场景识别的语义要素：高分辨率影像与OpenStreetMap（OSM）的深度融合。《*ISPRS*摄影测量与遥感杂志》, 151, 237–250. Zhou, Q., 2018. 探索OpenStreetMap城市建筑物数据密度与完整性之间的关系，以进行质量估计。《国际地理信息科学杂志》, 32 (2), 257–281. Zhou, Q., Liu, Z., and Huang, Z., 2024. 利用OpenStreetMap和高分辨率谷歌卫星影像绘制肯尼亚道路路面类型。《科学数据》. Zhuo, X.,等, 2018. 基于倾斜无人机影像的语义信息优化OpenStreetMap建筑物轮廓。《遥感》, 10 (4), 624. Zielstra, D. and Hochmair, H.H., 2011. 使用免费和专有网络数据比较行人前往公共交通车站的可达性。《交通研究记录》, 2217 (1), 145–152. Zielstra, D. and Hochmair, H.H., 2012. 使用免费和专有数据比较街道网络中的最短路径长度，以实现有效行人路径规划。《交通研究记录》, 2299 (1), 41–47. Zielstra, D., Hochmair, H.H., and Neis, P., 2013. 评估数据导入对OpenStreetMap完整性的影响——美国案例研究。《地理信息系统汇刊》, 17 (3), 315–334. Zimmermann, J.L. and Lacombe, F., 2023. OSM标签：摆脱“是-否”。获取地址：https://peertube.openstreetmap.fr/w/iXSK2NyRgkVadQapnZsZu2 [访问日期：2024-08-30].