走出象牙塔：人机交互研究专利引用的大规模分析

Hancheng Cao 计算机科学 斯坦福大学 加利福尼亚州，美国
hanchcao@stanford.edu

Yujie Lu 计算机科学 加利福尼亚大学圣巴巴拉分校 加利福尼亚州，美国
yujielu@ucsb.edu

Yuting Deng 计算机科学学院 卡内基梅隆大学 宾夕法尼亚州，美国
yutingde@andrew.cmu.edu

Daniel A. McFarland 教育学院 斯坦福大学 加利福尼亚州，美国
d
mcfarla@stanford.edu

Michael S. Bernstein*计算机科学 斯坦福大学 加利福尼亚州，美国
msb@cs.stanford.edu

arXiv:2301.13431v1 [cs.HC] 31 Jan 2023

摘要

人机交互研究对产业有何影响？尽管不可能追踪所有研究影响力的路径，但关于转化研究影响力测量的文献日益增多，其中提出专利引用可作为衡量产业如何认可研究成果并将其应用于发明的一项指标。本文主要针对顶尖人机交互研究会议场所的70,000条专利引用开展大规模测量研究，追溯过去30年人机交互研究被美国专利引用的情况。我们发现，这些会议场所中有20.1%的论文曾被专利引用；其中，UIST论文的引用比例为60–80%，而SIGCHI赞助的各会议总体而言，更广泛数据集中的论文引用比例为13%。这些比例远高于科学领域顶尖会议场所的整体水平（9.7%）和自然语言处理领域的水平（11%）。然而，专利与其所引用论文之间的时间滞后很长（10.5年），且还在延长，这表明人机交互研究与实践之间的衔接可能并不高效。

CCS 概念

• **Hu以人为本的计算 →实证研究** **HCI**.

关键词

产业影响、技术转移、转化科学、专利、引文分析

ACM 参考格式：

Hancheng Cao、Yujie Lu、Yuting Deng、Daniel A. McFarland 和 Michael S. Bernstein。2023。《走出象牙塔：人机交互研究专利引用的大规模分析》。载于《*ACM Conference* 会议论文集（*Conference'17*）》。ACM，纽约，美国，24页。https://doi.org/10. 1145/nnnnnnn.nnnnnnn

*通讯作者。

*Conference'17, 2017*年7月，美国华盛顿特区2023.
ACM ISBN 978-x-xxxx-xxxx-x/YY/MM...$15.00
https://doi.org/10.1145/nnnnnnn.nnnnnnn

1 引言

人机交互研究在学术界之外有何影响？人机交互研究是否会扩散到产业中[1]，并推动技术发明和产品的发展？它的大多数见解是否都被产业忽视？作为一个旨在与实际应用密切相关的应用领域，我们的研究共同体有相当一部分成果是功能原型和面向从业者的设计启示，因此，回答这些问题对于评估我们的转化成功至关重要。自该领域早期以来，关于人机交互研究的产业影响便有大量讨论，而人机交互中的研究与实践之间的关系，长期以来一直是研究论文 [18, 19] 和会议专题讨论 [9, 15, 22]的焦点。

关于该领域在实现这一影响方面的成功程度，现有文献尚未形成明确结论。一种观点认为存在很高的障碍：人机交互研究始终未能对产业产生足够影响，而且"人机交互研究人员和人机交互从业者的影响范围相对独立" [22]。这类研究还指出，研究与实践之间存在显著鸿沟，这种鸿沟"确实存在，令人沮丧" [60]，而且很可能是诸多障碍长期累积的结果 [18, 75]。然而，另一种观点认为该领域取得了相当大的成功，认为"人机交互处于创新前沿，并一再影响产业" [32]，并且"毫无疑问，用户界面软件工具领域的研究对当前软件开发实践产生了巨大影响" [57]。

这些研究脉络未必相互排斥——障碍重重并不意味着不存在克服这些障碍的成功案例——但该领域的总体状况仍不明朗：我们究竟已经走了多远，还要走多远？解决这一争论的一种途径，是探索衡量人机交互影响力的新方法。以往的研究已经积累了丰富而深入的定性证据，范围从个人技术转移经验 [22]到对参与转化过程的多位利益相关者进行访谈 [16]。然而，随着人机交互社区不断发展，且知名的成功案例与令人痛心的失败案例都越来越容易被指出，评估更广泛的模式也变得愈发迫切。

[1]本文中，我们用"产业"指代旨在产生实际影响的非研究工作，例如专利、产品和设计实践；这类工作通常面向学术研究人员以外的受众。因此，本文将主要致力于发表研究论文的工业界实验室视为学术界，而非产业。

成功案例和令人痛心的失败案例都越来越容易被指出，评估更广泛的模式也变得愈发迫切。

为填补这一空白，我们借鉴了转化科学创新测度领域不断发展的研究方法 [1, 7, 45, 50,77], ，其中，专利对研究文献的引用一直被视为衡量科学对工业实践影响的有价值的替代指标。尽管专利对研究文献的引用并不能直接保证产业影响，但它揭示了工业发明人了解并认可研究论文的一条潜在路径：这是实现产业影响的必要但非充分条件。[2]采用这一方法的研究揭示了科学领域中研究与实践的相关性 [1], ，绘制了生物医学领域的转化格局 [45, 50],，并表明在发明中引用科学成果与更高的实际价值相关 [34]。

借助这一研究方向中的现代分析方法 [51, 52], ，我们首次大规模定量分析了人机交互研究如何（以及未被如何）引用于专利之中。为此，我们聚焦于人机交互研究产生产业影响的一条可能路径：专利。人机交互领域存在多种类型的贡献——设计模式、行为研究结果和理论等，而专利视角只关注那些被视为专利现有技术的贡献类型，通常是系统和交互方面的贡献。具体而言，我们利用来自 Microsoft Academic Graph、Semantic Scholar、美国专利商标局（USPTO）的数据及其相互之间的关联 [51, 52]。该数据集使我们能够研究人机交互领域四个顶级会议的研究论文，包括 CHI、CSCW、UIST 和 UbiComp；随后，我们将分析扩展至 Microsoft Academic Graph 中出现的全部 20 个由 SIGCHI 赞助的会议，追踪这些研究论文如何被引用于 20 世纪 80 年代至 2018 年的专利文献中。我们研究参与这一过程的研究机构，利用引文分析测量论文随时间被专利引用的数量和比例，并衡量一篇论文在被专利认可之前所需的时间长度。我们进一步开展文本分析，以了解哪些主题更可能被专利引用，并比较被专利引用的研究与未被专利引用的研究之间的差异。

我们观察到：（1）人机交互研究被专利广泛引用——总体而言，CHI、CSCW、UIST 和 UbiComp 论文中有 20% 被专利引用，而 SIGCHI赞助的会议场所中的论文有 13.4% 被专利引用；在二十年间，UIST 论文中这一比例高达令人惊讶的 60%–80%，高于整体科学领域的 1.5% 和生物医学领域的 7.7%；（2）专利与论文时间间隔很长（平均为 10.5 年），并且还在不断拉长，因此等到论文受到专利关注时，学术界的人机交互研究对其的引用已大幅减少；（3）在人机交互研究内部，不同主题的专利引用情况存在显著差异。例如，交互和输入技术研究尤其容易被专利引用，而理论、社交与体验设计研究则不会。本分析首次对人机交互技术转移现状进行了定量调查。尽管我们承认将专利引用作为一种方法可能存在局限性，但我们认为，人机交互对产业产生了相当大的影响，其与实践的相关性也高于科学领域的大多数学科。然而，学术界的创新需要很长时间才能得到认可并被产业采用，这印证了人机交互创新的“长鼻子”理论 [12, 32]。本文的贡献如下：

- 我们介绍了一种衡量专利对科学文献的引用的新方法，用于研究人机交互中的研究与实践关系。这为现有人机交互文献中的定性证据提供了补充性的定量证据。我们公开经过分析的数据集，以便未来开展进一步分析。[3]
- 我们开展了首个大规模实证研究，通过与其他领域进行比较，衡量人机交互研究从论文到专利发明的转化性、纵向发展图景。这有助于我们更好地理解和评估人机交互作为应用领域是否以及如何与实践建立联系。
- 我们的工作为人机交互社区营造更有利于转化的环境，并认识到学术界之外的影响，提出了相关反思与建议。

2 背景与相关工作

本节将结合产业影响、人机交互研究与实践之间的鸿沟，以及人机交互中的文献计量分析等方面的文献，对我们的工作进行定位。

2.1 产业影响

产业影响通常通过技术转移实现。技术转移是指将个人、大学、政府机构或任何能够创造知识的机构所产生的知识传递给另一个人或组织，旨在将发明和科学成果转化为造福社会的新产品与服务 [55]。政府和资助机构（例如美国的美国国家科学基金会和美国国立卫生研究院）日益致力于推动“转化研究”，以促进基础研究产生产业影响，从而创造更大的应用价值并推动技术进步 [76, 79], ；既有研究还表明，基于高质量研究的发明更有可能成为具有价值的重要发明 [34, 61]。

以往研究致力于识别科学研究何时、何地以及如何影响产业发明 [3, 7, 17, 45]。其中，尽管存在噪声，专利对科学文献的引用仍被广泛用作研究技术从研究走向实践的替代指标，因为它是为数不多的可用大规模记录之一，能够记录从研究到实践的知识流动，并展示研究在产业发明中最初受到关注和认可的情况。例如，Tijssen [68] 通过专利—论文引用揭示了荷兰作者撰写的研究论文如何影响发明。同样，Ahmadpoor和Jones [1] 研究了480万件美国专利及其与3200万篇研究论文的关联，发现超过半数的专利引用了研究论文，且专利与论文平均相隔2至4个领域，由此对专利与先前研究之间的相互作用有所揭示。Jefferson等人 [37], Manjunath等人 [50] 使用专利对科学文献的引用数据，衡量并报告了描述生物医学研究如何转化为发明的统计数据。Liaw等人 [46]提出了一种学术期刊排名方法，该方法利用专利文献中的非专利引用来评估期刊的实际

[2]第3.1节和第 5.3 节将进一步讨论和反思使用专利对科学文献的引用来研究研究的产业影响

[3]可获取的数据集：https://doi.org/10.7910/DVN/QM8S1G。

影响。其他研究利用专利对科学文献的引用来探讨发明人的策略（例如，深入检索与扩大检索范围），以及这些策略与技术影响和组织绩效之间的关系 [2, 25, 28, 38]。为推动进一步研究发明如何依托基础科学，Marx和Fuegi [51, 52] 通过关联美国专利商标局数据集与Microsoft Academic Graph，对专利对科学文献的引用进行了链接和消歧。[4]

我们借鉴了丰富的社会科学文献，通过利用并拓展其方法 [32]，研究人机交互研究对产业的影响。

2.2 从人机交互研究到实践

人机交互是一门强调计算机技术设计与使用的学科，尤其关注人与计算机之间的界面。人机交互研究通过原型设计和最终用户反馈 [47],来实现、展示并测试新技术；大多数人机交互研究工作都包含"设计启示"部分，旨在将研究洞见转化为更具实践性的成果。人机交互的应用性质使该领域长期以来一直关注产业影响，许多会议上发表的论文和举行的专题讨论都旨在促进更好的技术转移 [15, 22, 39]。

相关文献的一条研究脉络主要关注人机交互在将研究洞见转化为工业实践时面临的诸多障碍 [18, 22], ；另一条脉络则探讨人机交互研究对产业已经产生或可能产生的重大影响 [32, 57, 65]。

许多论文指出，尽管人机交互研究能为从业者提供见解，但人机交互研究成果在产业中很少得到应用 [18]：实践中存在着"巨大"的研究与实践鸿沟，而且这种鸿沟"真实存在，令人沮丧" [60], ；"人机交互研究人员和人机交互从业者的影响领域相对独立" [22], ；并且"像 ACM CHI 这样的会议场所的参会者常常感叹，人机交互研究从未应用于产品" [32]。Colusso 等人[18] 采访了设计从业者，以了解他们为何不使用学术研究，以及在工作中为何、如何使用其他资源，并详细列出了阻碍产业使用学术资源的障碍，例如内容难以阅读、难以查找且缺乏可操作性。Chilana 等人[16] 指出，人机交互研究与产品目标不同，可能导致研究与实践鸿沟；在人机交互研究中，以用户为中心的设计方法主要关注的用户通常并非人机交互产品的购买者；要实现从研究到产品的转化，就必须从以用户为中心转向以采用为中心。此外，先前的研究 [22, 75] 表明，人机交互研究人员通常缺乏追求技术转移所需的知识、资源、人脉、经验、兴趣或时间。其他研究也得出了类似结果，证实人机交互领域存在研究与实践鸿沟 [10, 27]。

先前的研究探讨了弥合研究与实践鸿沟的潜在方法。例如，Velt 等人 [69] 指出了研究与实践鸿沟的两个关键维度——一般理论与特定制品，以及学术界的人机交互研究与专业用户体验设计实践——并讨论了由研究人员主导、由从业者主导，或由双方共同生产转化成果作为边界对象的益处。Colusso 等人 [19] 提出了一种连续统转化科学模型，包含三个步骤：基础研究、应用研究和设计实践。Shneiderman [65] 撰写了一本书，提出将科学、工程与设计更好地融合，以实现创新与突破的原则。其他研究则探讨了将人机交互研究转化为实践这一具体过程中的挑战与经验教训 [62, 63]。

与此同时，另一类研究认为，尽管存在障碍，人机交互研究仍能对工业实践产生相当大的影响。Harrison 指出："人机交互处于创新前沿，并一再影响产业 [.....] 人机交互研究在最初识别机遇、确立科学与方法、构建共同愿景以及培养人才梯队方面，影响要大得多" [32]。同样，Myers 等人[57] 写道："毫无疑问，用户界面软件工具领域的研究对当前软件开发实践产生了巨大影响。如今几乎所有应用程序都使用窗口管理器、工具包和界面构建器构建，而这些工具都源自 20 世纪 70、80 和 90 年代的研究。"Shneiderman 的研究 [66]进一步指出："人机交互研究以惊人的速度传播，带来了深刻的变化，丰富了人们的生活。"此外，该研究还提供了一幅轮胎轨迹图，展示了超文本、直接操控等主题的人机交互研究如何转化为产业的产品创新。多年来的产品创新同样映照出经典人机交互愿景中的早期构想 [11, 74]。其他研究则详细介绍了成功的技术转移案例，例如将多点触控界面从研究转化为苹果 iPhone 和微软 Surface，同时指出从最初研究到商业化之间存在很长的时间滞后，可能长达 20 年或更久 [12, 32, 66]。

既有研究引导我们提出以下研究问题：

RQ1：什么是人机交互研究对专利的影响？专利引用了多少人机交互研究？

研究问题2：何时会显现人机交互研究对专利的影响？这种影响需要多长时间才会产生？

RQ3：何处会显现人机交互研究对专利的影响？哪些研究主题尤其容易或不容易扩散？

研究问题4：谁参与了专利对人机交互研究的识别过程？哪些机构产出这类成果，又有哪些机构将其吸纳？

案例研究、实地工作、访谈和个人经验所带来的丰富定性洞见，为互补性研究提供了契机：这类研究采用定量纵向分析，直接衡量人机交互研究如何在产业发明和技术中得到认可。我们认为，这种视角或许能系统地详述人机交互这一领域的转化图景。

2.3 文献计量学与人机交互

作为计算与信息科学的重要领域，人机交互领域开展了多个项目（例如 [40, 49]），通过研究写作和引文模式（即文献计量学）来定量理解该领域的结构和演变 [26]。

一种常用的文献计量方法是分析大规模引文网络。这种方法利用了日益丰富的、来自 Web of Science 和 Microsoft Academic Graph 等出版商的引文数据，以及与科学

[4]我们在分析中采用了这一特定数据集。

出版物相关的元数据（例如机构、作者），甚至还会对科学出版物进行文本分析（例如主题建模、关键词提取），从而深入了解科学思想传播背后的模式 [26, 70], 、科研生产力 [48, 72], , 并识别科学领域中潜在的伦理和社会问题 [35, 41]。例如，Koumaditis 和 Hussain [42] 利用 962 篇人机交互论文的引文数据，揭示了人机交互研究可归纳为设计、数据管理、用户交互、心理学和认知等主要主题，并确定了人机交互领域较新的趋势，包括工作场所、传感器和可穿戴设备。同样，Kaye [40] 报告了"对 CHI 的一些统计分析"，包括作者数量、性别分析以及对重复发表作者的统计，以推动关于 CHI 理想状态的讨论。Bartneck 和 Hu [5] 揭示，只有少数国家贡献了大多数 CHI会议论文集，并根据各国及各组织在 CHI会议论文集中的 H指数对其进行了排名。Correia 等人 [21]使用了 1713 篇 CSCW 论文，对 CSCW 顶尖论文、引用模式、知名机构以及高频主题进行了刻画，强调 CSCW 主要受少数备受认可的科学家和论文影响。作者进一步定量探讨了合作类型与引用次数、论文发表频率等因素之间的关系 [20]。类似的分析也被应用于更多地区性人机交互会议 [4, 30, 56, 59] ，以及对人机交互领域子社群的研究 [49, 71, 73]。

可视分析是另一种用于帮助理解人机交互演变的方法。例如，Lee 等人 [43] 提出了一个名为 PaperLens 的系统，用于揭示 CHI 会议论文集 23 年来的趋势、关联和活动。Matejka 等人 [54] 提出了一种交互式可视化，展示了 CHI 和 UIST 论文的谱系图。Henry 等人 [33] 展示了对四个人机交互会议的可视化探索。他们指出，某个会议录用标准最严格的年份，与产出其被引用最多文章的年份并无相关性；有影响力的作者也呈现出独特的合作模式。

据我们所知，正如本文所述，尚无研究运用定量方法分析学术界之外对人机交互研究的认可。与先前工作不同，我们利用大规模专利引文来量化人机交互研究在实践中的影响。

3 方法

本节介绍我们采用的方法，即通过专利对科学文献的引用来研究人机交互研究论文在实践中的影响。

3.1 以专利引用为途径研究研究论文的产业影响

我们利用专利对研究文献的引用作为替代指标，大规模研究人机交互研究对工业实践的影响。虽然专利引用研究论文并不直接意味着产业影响，但它揭示了研究到实践的一条重要潜在路径：产业发明者开始了解并认可研究论文，而这通常是产生产业影响的必要条件，但并非充分条件。除了研究其他形式的影响，例如设计流程（如可用性测试、启发式评估）、设计模式、开源软件（如 d3、Vega），专利对科学的引用有助于我们拼凑出人机交互领域的转化图景。这种方法在创新文献中被广泛采用（例如， [1, 25, 28, 38, 50, 51]）。专利对研究文献的引用被视为表明研究对产业影响的有价值信号，这些信号"反映了科学与技术之间真实的联系"。 [68], 并且"看起来是一个实质性的指标，尽管存在噪声，可用于衡量特定先前科学进展所发挥的作用" [1]。研究论文之间的引用体现了研究影响 [26], , 而专利—研究引用则体现了"基础研究如何影响商业化，因此提供了一种补充性的影响衡量方式" [50]。此类数据已被广泛用于衡量从学术界和政府向产业的知识溢出 [1, 23, 51]。

这一方法之所以有效，其依据在于，在专利发明中，发明人必须披露与其发明相关的任何"现有技术"，即该发明人所知的、对可专利性具有实质影响的所有信息"，[5] 包括发明人在发明过程中借鉴的材料，或为使其区别于目标发明而引用的其他类似材料。现有技术包括在先专利的引用，也包括对非专利文献（如学术文章）的引用。专利引文是专利的重要组成部分，因为遗漏现有技术（无论是在先专利还是非专利文献）都可能引发法律问题。除了发明人提供的引用外，负责审查专利并决定批准或驳回的专利审查员也会添加他们认为相关的参考文献，以确保专利的合法性。

先前研究已验证了这一方法。Nagaoka 等人 [58] 调查了 843 名发明人，发现专利对科学文献的引用确实是与科学领域的重要关联，尽管可能存在纳入过多或不足的错误。Callaert 等人 [13]采访了 36 名发明人，并报告称，44% 的专利对科学文献的引用被认为"重要"或"非常重要"，另有 34% 属于"背景"引用。基于这一领域丰富的文献，我们认为，专利对科学文献的引用可作为可靠的数据来源，用以衡量人机交互研究成果在发明中获得的认可，从而成为评估人机交互研究在产业中影响力的宝贵替代指标。当然，研究产业影响并不存在完美的方法：我们在第 5.3 节详细讨论并反思了本方法的局限性。尤其需要谨记，人机交互研究存在多个转化鸿沟 [19], , 而我们仅研究了与专利相关的转化过程中的一个重要环节；理论等某些类型的贡献很可能无法通过这一维度得到充分评估。

从实证角度来看，我们发现，使用专利对研究文献的引用作为衡量产业影响力的替代指标是有效的。我们手动检查了若干专利的专利参考文献列表。如图 1 所示，苹果公司的高被引专利"面向触敏输入设备的基于模式的图形用户界面"（被引用 1,898 次）[6] 引用了 CHI 上与多点触控密切相关的研究论文，例如《多点触控三维触敏平板》；这正是 Buxton [12]讨论的技术转移案例。另一项被引用更多的苹果公司专利（被引用 4,018 次）"整合手动输入的方法和装置" [7] 也引用了数篇相关的人机交互论文。这些案例促使我们

[5] https://www.uspto.gov/web/offices/pac/mpep/mpep-2000.pdf [6] https://patents.google.com/patent/US8239784B2/en [7] https://patents.google.com/patent/US6323846B1/en

利用专利引用作为表明发明对研究成果认可程度的信号。

3.2 数据集

为了研究专利如何认可人机交互论文，我们需要构建从专利到研究文献的引文图，并获取论文端和专利端的元数据（如作者姓名、所属机构、出版年份、标题、会议场所）。数据准备流程由三个步骤组成：1）准备论文和专利的元数据，以及从专利到研究文献的引文图；2）从感兴趣的会议中筛选论文并清理数据；3）基于引文图关联清理后的元数据。通过选择其他感兴趣的会议，也可以将这一流程应用于其他研究社群或SIGCHI 旗下的其他会议。

连接美国专利商标局与 ***Microsoft Academic Graph*** 的专利对科学文献的引用. 为了捕捉专利对人机交互研究论文的引用，我们使用了一个面向公众的数据集 [52, 53]。该数据集采用了先进的方法，通过匹配专利中未结构化的首页引用和正文引用与已发表论文，将美国专利商标局中的每条专利引用（1947—2020年）关联到 Microsoft Academic Graph 中的学术论文（1800—2020年）；匹配时使用了消歧方法，最终得到 2200 万条专利对研究论文的引用（称为专利引文科学数据集）。[8]数据集创建者在其论文中通过人工核查和错误分析验证了数据集的质量。我们记录了引文类型（例如来自申请人、审查员或未知来源）、引用出现在正文还是首页、论文发表与引用该论文的专利申请之间的时间间隔，以及专利引用是否属于专利作者对研究论文的自引。当专利发明人与被引用科学论文的作者存在重合时，我们将该论文与专利的配对视为自引。

Microsoft Academic Graph 元数据。Microsoft Academic Graph 是一个异构图，提供科学出版物记录、引文关系、作者、机构、期刊、会议和研究领域的信息。我们使用了科学依赖项目网站上通过 Zenodo 提供的公开版 Microsoft Academic Graph 数据集[9]，以提取学术出版物的相关信息，例如标题、作者、作者所属机构和年份。

美国专利商标局元数据。我们使用了美国专利商标局（USPTO）提供的美国专利数据[10] 来表示技术发明。专利包含与学术出版物类似的字段，例如标题、摘要、发明人、受让人和年份。

Semantic Scholar（摘要、引文）。 原始 Microsoft Academic Graph 元数据中缺少论文摘要信息及其学术影响力（例如，发表论文数量、引文数），或这些信息难以处理。[11] 为了进一步扩充作者、论文、引用和会议场所的数据信息，我们使用 Semantic Scholar学术图谱API，[12] 以补充这些数据。

我们所使用数据的详细信息见附录 A。

3.3 数据预处理

会议场所选择。 在我们的分析中，我们主要考察了四个影响力较大的人机交互（HCI）会议场所：ACM CHI计算系统中的人为因素会议（CHI）、ACM计算机支持的协同工作与社会计算会议（CSCW）、ACM用户界面软件与技术研讨会（UIST），以及国际普适与泛在计算联合会议（UbiComp）。[13] 为更全面地涵盖人机交互研究，我们建立了第二个数据集，收录了SIGCHI赞助的会议[14] ——即Microsoft Academic Graph中出现的全部20个SIGCHI赞助的会议[15]。该数据集不仅涵盖CHI等规模较大、声望较高的会议，也包括MobileHCI和CHI PLAY等规模较小、领域更专的会议。我们将这第二组会议作为更能代表人机交互整体领域的样本，以进一步验证研究发现，并以更公平的方式与其他科学领域报告的整体模式进行比较[16]。

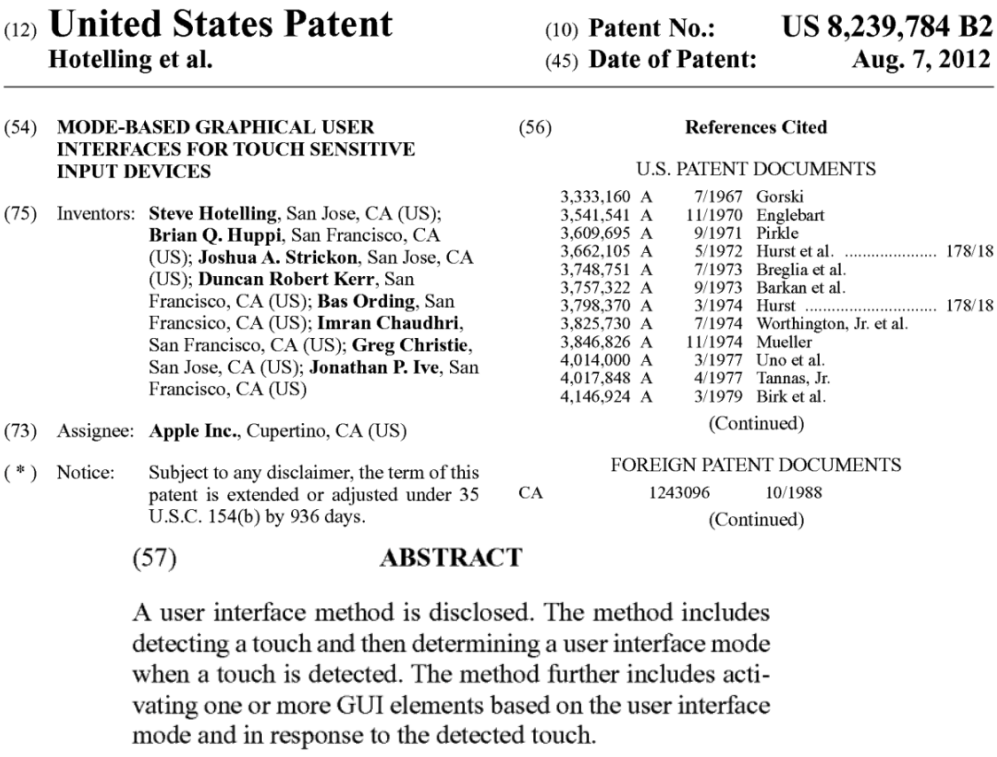
数据清理。 我们还通过在 Semantic Scholar 而非 Microsoft Academic Graph 中查找论文，对选定的四个会议进行了数据清理。我们发现，Microsoft Academic Graph 的元数据有时会错误地将会议场所归类，例如将“巴西计算系统中的人为因素研讨会”归为“CHI”。为解决这一问题，我们通过人工核对 Semantic Scholar 中的会议场所全名，筛除了不相关的论文；这一数据源的质量更高。随后，我们通过论文 ID 进行连接，将这一筛选流程应用于所有专利对科学文献的引用文件。

数据链接。 为了更好地整合论文和专利信息以进行分析，我们通过 Patent Citation Science 数据集，将专利数据、Microsoft Academic Graph 数据和 Semantic Scholar 数据链接起来。[17] 2019 年之后的连接数据覆盖不完整或有限，因此我们将分析重点放在人机交互研究论文，以及 2019 年之前引用人机交互论文的专利上。

最终数据统计。 用于分析的最终数据包含来自选定四个会议的 23,432 篇论文，其中 16,014 篇来自 CHI，3,084 篇来自 CSCW，1,746 篇来自 UIST，2,588 篇来自 UbiComp，时间跨度为 1980 年至 2018 年。在这些论文中，我们收集到 69,900 条专利对科学文献的引用记录，其中 42,676 条来自 CHI，5,900 条来自 CSCW，17,040 条来自 UIST，4,284 条来自 UbiComp；这些记录关联着 30,660 项专利。范围更广的 SIGCHI 赞助会议数据共包含 57,385 篇论文（其中 41% 来自四个顶级

[8]具体而言，我们使用了 Zenodo 上版本 v37 （2022年7月19日）的专利对文章的引用数据：http://relianceonscience.org [9]http://relianceonscience.org [10] https://patentsview.org/download/data-download-tables [11] https://docs.microsoft.com/en-us/academic-services/graph/resources-faq

[12]https://www.semanticscholar.org/product/api[13]自 2017 年起，UbiComp 会议的主要技术分会由发表在《ACM 交互、移动、可穿戴与普适技术汇刊》（IMWUT）上的论文组成，我们已将这些论文纳入数据集。[14] https://sigchi.org/conferences/upcoming-conferences/[15]附录 B 中的会议场所详情[16]请注意，本文主要报告的是对所选四个会议场所的研究结果，而非 SIGCHI 赞助的所有会议场所。出于实际考虑，我们选择聚焦这四个会议场所，因为我们花费了大量人力清理与其相关的数据，以确保数据质量，具体如“数据清理”一节所述。这也使我们的分析更有可能反映这些会议场所中的实际趋势。[17]令人机交互研究人员感到困惑的是，这被称为“专利引文科学”（PCS）数据集。我们通过专利侧的 patentid 字段，将专利侧的信息与论文侧的 magid 字段所对应的信息进行了关联。



(12) **United States Patent**
Hotelling et al.

(10) **Patent No.: US 8,239,784 B2**
(45) **Date of Patent: Aug. 7, 2012**

(54) **MODE-BASED GRAPHICAL USER INTERFACES FOR TOUCH SENSITIVE INPUT DEVICES**

(75) Inventors: **Steve Hotelling**, San Jose, CA (US); **Brian Q. Huppi**, San Francisco, CA (US); **Joshua A. Strickon**, San Jose, CA (US); **Duncan Robert Kerr**, San Francisco, CA (US); **Bas Ording**, San Francsico, CA (US); **Imran Chaudhri**, San Francisco, CA (US); **Greg Christie**, San Jose, CA (US); **Jonathan P. Ive**, San Francisco, CA (US)

(73) Assignee: **Apple Inc.**, Cupertino, CA (US)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 936 days.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

3,333,160	A	7/1967	Gorski	
3,541,541	A	11/1970	Englebart	
3,609,695	A	9/1971	Pirkle	
3,662,105	A	5/1972	Hurst et al.	178/18
3,748,751	A	7/1973	Breglia et al.	
3,757,322	A	9/1973	Barkan et al.	
3,798,370	A	3/1974	Hurst	178/18
3,825,730	A	7/1974	Worthington, Jr. et al.	
3,846,826	A	11/1974	Mueller	
4,014,000	A	3/1977	Uno et al.	
4,017,848	A	4/1977	Tannas, Jr.	
4,146,924	A	3/1979	Birk et al.	

(Continued)

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

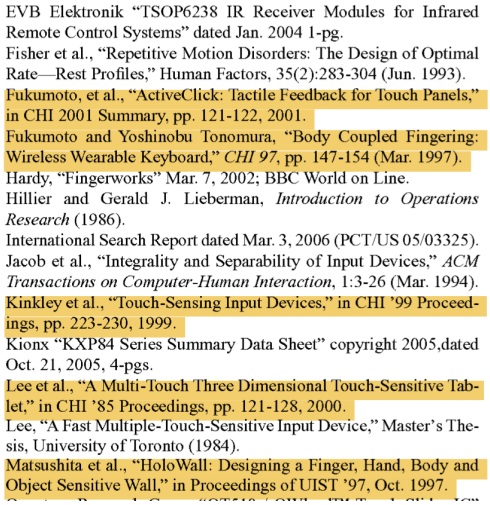
CA	1243096	10/1988

(Continued)

(57) **ABSTRACT**

A user interface method is disclosed. The method includes detecting a touch and then determining a user interface mode when a touch is detected. The method further includes activating one or more GUI elements based on the user interface mode and in response to the detected touch.

（a）专利 US8239784 首页，包含摘要、发明人、受让人等信息。



EVB Elektronik "TSOP6238 IR Receiver Modules for Infrared Remote Control Systems" dated Jan. 2004 1-pg.
Fisher et al., "Repetitive Motion Disorders: The Design of Optimal Rate—Rest Profiles," Human Factors, 35(2):283-304 (Jun. 1993).
Fukumoto, et al., "ActiveClick: Tactile Feedback for Touch Panels," in CHI 2001 Summary, pp. 121-122, 2001.
Fukumoto and Yoshinobu Tonomura, "Body Coupled Fingering: Wireless Wearable Keyboard," *CHI 97*, pp. 147-154 (Mar. 1997).
Hardy, "Fingerworks" Mar. 7, 2002; BBC World on Line.
Hillier and Gerald J. Lieberman, *Introduction to Operations Research* (1986).
International Search Report dated Mar. 3, 2006 (PCT/US 05/03325).
Jacob et al., "Integrality and Separability of Input Devices," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 1:3-26 (Mar. 1994).
Kinkley et al., "Touch-Sensing Input Devices," in CHI '99 Proceedings, pp. 223-230, 1999.
Kionx "KXP84 Series Summary Data Sheet" copyright 2005,dated Oct. 21, 2005, 4-pgs.
Lee et al., "A Multi-Touch Three Dimensional Touch-Sensitive Tablet," in CHI '85 Proceedings, pp. 121-128, 2000.
Lee, "A Fast Multiple-Touch-Sensitive Input Device," Master's Thesis, University of Toronto (1984).
Matsushita et al., "HoloWall: Designing a Finger, Hand, Body and Object Sensitive Wall," in Proceedings of UIST '97, Oct. 1997.

（b）专利 US8239784 引文列表的一部分。

图 1：专利必须引用在先技术，包括在先专利和非专利文献（例如研究论文）。这里，苹果公司的专利《面向触敏输入设备的基于模式的图形用户界面》 [36], 引用了相关的人机交互论文，包括《ActiveClick：触摸面板的触觉反馈》《多点触控三维触敏平板》，一处对 Ken Hinckley 的误命名引用（"Kinkley et al."），以及许多其他人机交互研究的参考文献。

会议），83,793 条引文记录（其中 51% 是对四个顶级会议场所的引用），总共涉及 36,024 项专利（其中 85% 的专利引用了来自这四个顶级会议场所的论文）。

请注意，对于所有选定的会议场所，我们的数据不仅包含主会议论文，还包括扩展摘要、海报及其他形式的出版物。鉴于按会议场所名称分类存在困难，且基于会议场所名称进行模糊匹配颇具挑战性（例如，在我们的数据集中，许多海报并未明确标注为海报出版物，因此难以与主会议论文区分），我们没有尝试筛选数据并将分析仅限于主会议论文。

我们在以下地址公开数据集：https://doi.org/10.7910/DVN/QM8S1G。

4 结果

4.1 RQ1：人机交互研究对专利有何影响?

我们首先研究后来被专利认可的人机交互论文数量，并列出一张被专利引用最多的论文表。

被专利引用的论文比例。为评估人机交互研究在专利中得到认可的程度，我们首先计算了四大人机交互会议以及所有SIGCHI赞助的会议场所中，被专利引用的人机交互论文数量占论文总数的汇总比例。我们发现，四大会议中有 20.1% 的论文被专利认可，而所有 SIGCHI赞助的会议场所的论文中有 13.4% 被专利认可。该比例远高于总体上被专利引用的科学论文比例（约为 1.5% [51]），也高于主要期刊论文专利率（跨多个科学领域为 9.7% [8]）。这一比例也远高于生物医学领域的总体水平；生物医学长期重视转化科学，其比例为 7.7% [50]。我们还通过比较主要人机交互会议的专利率（20.1%）与其他计算机科学子领域主要会议的专利率，复现了对其他领域主要会议的分析。结果发现，人工智能专利率（根据 AAAI 和 IJCAI 两个规模最大且最具代表性的人工智能会议测得）为 5%；自然语言处理专利率（根据 ACL、EMNLP 和 NAACL 三个规模最大且最具代表性的自然语言处理会议测得）为 11%；计算机视觉专利率（根据 CVPR、ECCV 和 ICCV 三个规模最大且最具代表性的计算机视觉会议测得）为 25%。进一步的双比例 z 检验确认了这些百分比差异的显著性：在比较主要人机交互会议与人工智能、自然语言处理和计算机视觉主要会议的专利率时，结果为 $z = 51.1$、23.9、-13.1、（$p < .001$）。综上，这些结果表明，人机交互通过专利引用产生的影响高于总体科学、生物医学、人工智能和自然语言处理，并且大致与计算机视觉相当；计算机视觉是一个受到产业高度关注的领域。

专利中的研究引用真的是专利的核心内容，还是只是为了满足专利审查员的要求而添加的？为回答这个问题，我们利用了专利正文引用与首页引用之间的区别。这一区别使我们能够更直接地衡量人机交互研究对专利的影响。正如先前研究所指出的，在正文中对科学文献的专利引用更有可能“捕捉到科学家真正赖以获得灵感的科学论文”，并且“有可能更准确地呈现发明人在发明过程中实际借鉴的科学灵感来源”，因为这些引用“往往由发明人本人提供”；相比之下，“具有法律约束力”的首页引用“往往经过专利律师的仔细审查（有时也由其添加）”[52]。我们发现，所选的四个会议中有4.1%的论文曾被专利在正文中引用，而SIGCHI赞助的会议场所中，专利正文引用科学文献的比例为2.3%，总体科学领域则为1.4%。这一结果进一步印证了我们的发现：人机交互研究似乎确实产生了实际影响，而且其影响力甚至出乎意料地超过了许多其他领域。

为了探究时间模式，我们绘制了四个会议场所每年发表的人机交互研究论文总数（图 2 中以红色表示）。过去 38 年间，所有四个会议场所的人机交互研究都迅速增长，尤其是在 CHI：论文数量从 1982 年的 74 篇增至 2018 年的 1200 篇。这种增长在过去 10 年尤为显著。接着，我们按论文的出版年份统计被专利引用的人机交互论文总数，并计算各会议场所在特定年份中被引用的人机交互论文数量占该年录用的人机交互论文总数的比率（图 2 中的蓝线）。引用比率自 1990 年前后开始显著上升，并持续至今（图 2），[18]一些会议上有三分之一至一半的论文被专利引用。尤其是在 UIST，1990 至 2010 年间的专利引用率达到 60% 至 80%。

引用率在2015年后有所下降。一种可能的解释是专利与论文之间的时间滞后较长，例如，一篇论文可能要过十年才开始获得专利引用，而按这一指标来看，2015年之后发表的论文仍然太新。我们将在第4.2节进一步讨论这一时间滞后。换言之，这些数据存在右删失现象，即较新的论文尚未被我们数据集中收录的专利充分认可。因此，我们预计，最终会有更高比例的人机交互论文被专利引用。

专利对人机交互研究的引用不断增加。共有30，660项专利引用了四个所选会议场所中的研究，而共有36024项专利引用了SIGCHI赞助的会议场所中的研究。从原始数量来看，这一数字在2000年后开始上升（图3；自2000年以来，CHI每年的相关专利数量已增长逾五倍，从2000年的约175项增至2014年的1000多项）。然而，近年来专利数量趋于平稳，甚至略有下降，例如，自2014年起，引用计算机支持的协同工作研究的专利越来越少。这可能是需求侧变化所致，例如，产业对新颖社会计算应用的兴趣减弱；也可能是供给侧变化所致，例如，人机交互领域发表了更多并非以满足行业需求为目标的论文。要进一步揭示这一结果背后的机制，还需要更多证据，这超出了本研究的范围。

人机交互领域中被专利引用次数最多的论文。我们进一步考察了各会议场所中被专利引用次数最多的人机交互论文（表1）。被专利大量引用的论文往往也会被研究领域大量引用。被专利引用次数最多的论文主要是

[18]我们从分析中剔除了会议未举办的年份，并对曲线进行了平滑处理；例如，CSCW 在 2010 年之前每隔一年才举办一次。

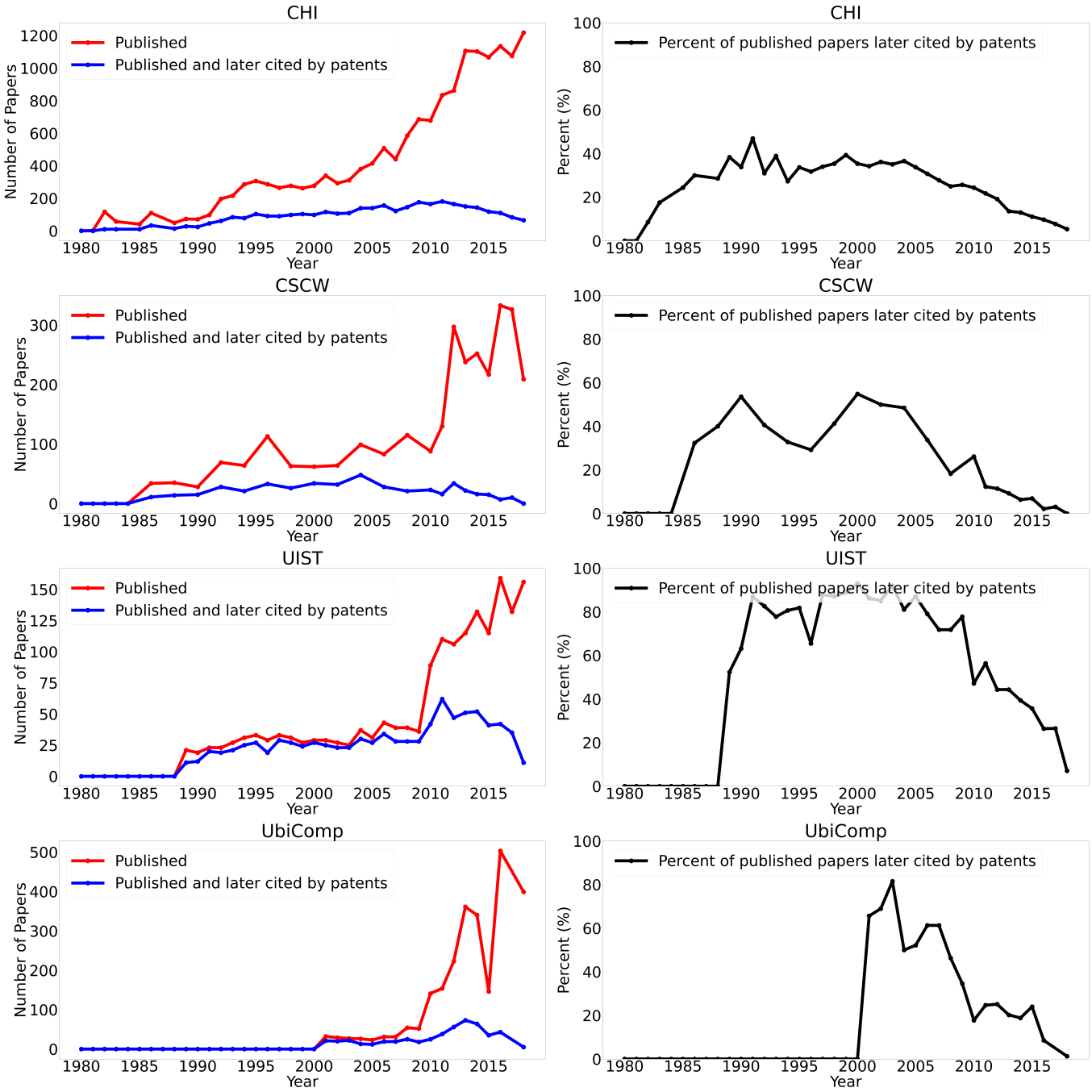


图2：左：ACMCHI、CSCW、UbiComp 和 UIST 每年发表的论文数量（红色），以及该年发表且后来至少被一项专利引用的论文数量（蓝色）。右：相当大比例的人机交互论文受到专利认可，例如，60%- 80% 的 UIST 论文在1990 - 2010年间受到专利认可。

系统工作，例如构建新系统或提出新设计。这一结果与先前的观察结果一致：UIST 被专利引用的论文比例最高，因为 UIST 特别关注新型界面、软件和技术。此列表中的大多数论文发表于2005年之前；然而，大多数引用人机交互论文的专利出现在2005年之后，这再次表明论文发表与专利引用之间可能存在较长的时间滞后，详见第4.2节。

学术界中被引次数较高的论文更有可能获得专利认可。 此外，我们研究了学术影响力

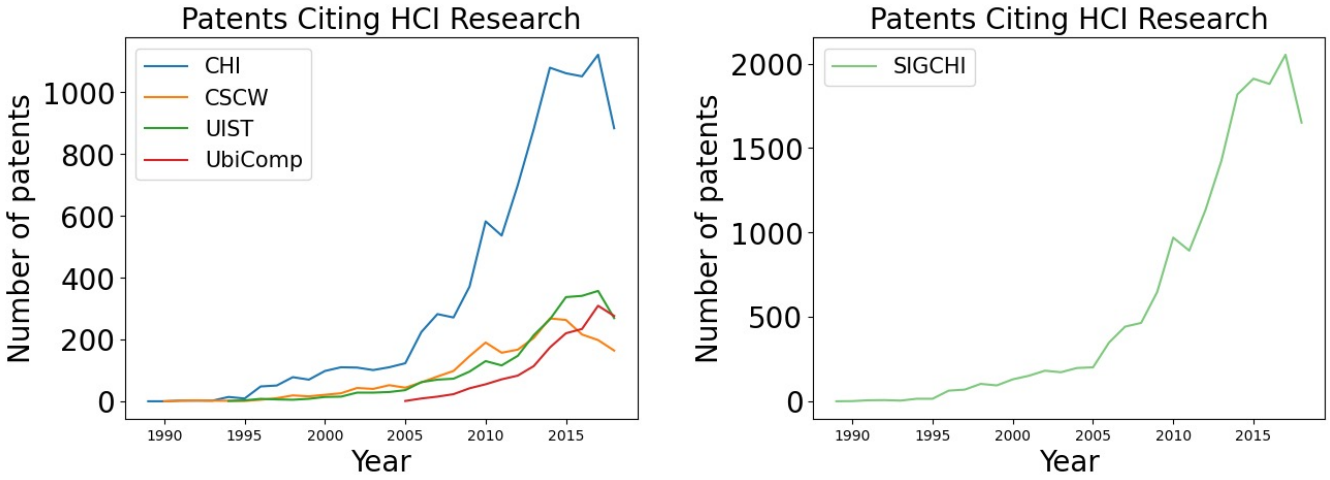


图3：左：2014年后，每年引用CHI论文的专利超过1000件。引用人机交互研究的专利数量在2000年后开始上升，此后增长了五倍多。右：引用SIGCHI赞助的会议场所的专利数量呈现出类似趋势，因为其中很大一部分（85%）引用了四个顶级会议场所的论文。

与专利影响的关系，专利影响通过论文获得其他学术论文的引用次数（学术引用次数）和专利引用次数来衡量。图 4 展示了随时间推移，获得专利认可和未获得专利认可的论文的学术引用次数。被专利引用的论文获得的论文引用更多（平均学术引用次数为 117.1），而未被专利引用的论文的平均学术引用次数为 27.9；通过非配对 t 检验，这一差异具有显著性（$p < .001$），Cohen's D=0.58。

我们进一步对CHI、CSCW、UIST和UbiComp中的专利引文数与论文引文数进行了零膨胀负二项回归[19]，并得到回归系数0.0233、0.0172、0.0316 0.0175 $p < .001$ 以及（）。回归系数表明，在学术界被广泛引用的论文确实更有可能被专利引用。这种关系在UIST尤为明显。

4.2 研究问题2：人机交互研究何时会对专利产生影响?

专利需要多长时间才能认可论文？为探讨这一问题，我们研究了专利与论文之间的时间滞后。

专利与论文之间的时间间隔很长，而且还在不断拉长。为了衡量一篇人机交互论文需要多久才能被专利认可，我们针对每项专利，调查了专利的发布日期与其引用的、来自我们选定的四个会议的所有论文的出版日期之间的时间间隔。我们从专利向前追溯，而不是从论文向后追踪，因为我们无法知道一篇论文是否会获得引用但尚未获得引用；不过，我们可以知道一项专利的引用追溯到了多远以前。

在四大人机交互会议中，专利与论文的平均时间间隔为 10.5 年（σ = 6.8 年），这表明专利平均引用的是在专利申请日期前 10.5 年发表的人机交互研究论文，但时间滞后的长短差异显著。

随后，我们按单项专利汇总专利与论文时间间隔，研究该间隔如何随时间变化。如图5a所示，从1989年到2014年，所有会议场所中，被引论文的发表时间与专利引用该论文的时间之间的中位间隔都在变长，从约5年增至约 10 – 15 年。然而，2014年之后，不同会议场所的趋势出现分化：CSCW的时间滞后增至15年以上，而UbiComp则在2017年降至约10年。我们还注意到，除UbiComp外，所有会议的趋势几乎无法区分；UbiComp的时间滞后则比其他会议短约3年。近年来，CSCW需要最长时间才能获得专利认可，而UIST和UbiComp所需时间较短，这或许是因为更多系统驱动型研究更有可能迅速应用于实践。

我们还考察了专利与其最新被引论文之间的时间滞后（图5b），以检验专利所依据的最新研究有多新。这些总体趋势与时间滞后中位数一致。同样，对于所有会议场所，其最新被引论文的发表时间与专利获批时间之间的差距也从1989年到2011年逐渐扩大，从不到5年增至约10年。这一增幅随后逐渐放缓，近些年略有下降。

专利引文也涉及不同来源，有些由申请人/发明人添加，另一些则由专利审查员添加。我们使用的数据集还提供了引文类型的细分，包括申请人/发明人添加、审查员添加、其他和未知类型。专利审查员添加的参考文献通常比发明人添加的更新（平均时间滞后：6 年；发明人添加的平均时间滞后为 11.8 年），不过仍然可以观察到时间滞后较长且不断增加的类似趋势。

[19]零膨胀负二项回归非常适合对计数型因变量进行建模，尤其适用于存在零值的情况。这与我们的数据相符，因为相当一部分人机交互论文没有获得专利引用。

标题	专利引用	论文引文	发表年份
CHI			
多点触控三维触敏平板	708	231	1985
PaperLink：一种从纸质文档创建超链接至电子内容的技术	200	134	1997
为万维网建立秩序：自动对搜索结果进行分类	196	486	2000
双手输入研究	175	544	1986
广义鱼眼视图	175	2180	1986
SmartSkin：一种支持在交互式表面上进行徒手操控的基础设施	166	770	2002
AppLens 和 launchTile：面向小型设备单手拇指操作的两种设计	159	133	2005
主动点击：触摸面板的触觉反馈	156	195	2001
在线寻找他人：社交在线空间的声誉系统	153	100	2002
将电场感知应用于人机界面	142	272	1995
CSCW			
GroupLens：用于网络新闻协同过滤的开放式架构	185	5771	1994
WebSplitter：用于多设备协同网页浏览的统一 XML 框架	166	186	2000
博客写作作为一种社交活动，或者说，你愿意让9亿人阅读你的日记吗?	121	584	2004
MMConf：用于构建共享多媒体应用的基础设施	106	313	1990
集成多媒体会议实验	103	157	1986
使用连接到个人电脑的多个个人数字助理进行协作	94	391	1998
交互与外部行动：即时消息的实际应用	90	1225	2000
向电话用户提供在线状态提示	83	177	2000
用于社交浏览的多媒体载体设计	72	331	1988
分布式多方桌面会议系统：MERMAID	69	153	1990
UIST			
移动交互的感知技术	254	592	2000
通过计算机看世界：与现实环境进行计算机增强交互	227	487	1995
HoloWall：设计一面可感知手指、手、身体和物体的墙	197	243	1997
空间输入设计问题综述	166	417	1994
小屏幕界面的倾斜操作	158	412	1996
面向多用户桌面显示器的多指和全手势交互技术	156	527	2003
DiamondTouch：一种多用户触控技术	153	1336	2001
文档透镜	135	416	1993
DigitalDesk计算器：桌面显示器上的实体操作	132	324	1991
Pad++：用于探索替代界面物理机制的缩放图形界面	131	754	1994
UbiComp			
使用单个可穿戴传感器验证热量消耗估计	113	83	2009
InfoScope：从现实世界连接到数字信息空间	67	34	2001
802.11 定位系统中的自主映射	63	130	2005
NearMe 无线邻近服务器	62	162	2004
Predestination：根据部分轨迹推断目的地	51	498	2006
UbiTable：水平交互表面上的即兴面对面协作	40	261	2003
精准 GSM 室内定位	37	537	2005
使用双向 LED 实现超低成本感知与通信	34	157	2003
普适计算中的位置估计粒子滤波器：案例研究	33	254	2004
PowerLine 定位：适用于家庭的实用型房间内子区域级室内定位系统	31	152	2006

表1：被专利引用的 CHI、CSCW、UIST 和 UbiComp 顶级论文。其中大多数是学术界被广泛引用的论文，主要贡献是一个系统。

这里的所有结果都表明，专利主要引用较早的研究，而且引用的研究越来越早；这一点在不同会议和引文类型中均成立。这个结论与科学领域普遍发现的情况基本一致 [52]。我们以与第 4.1 节类似的方式，对计算机科学的其他领域进行了分析复现，发现人工智能、自然语言处理和计算机视觉领域的专利与其引用论文之间的时间滞后分别为 17 年、13 年和 10 年，这表明计算机科学的各个子领域也呈现出类似的模式。

一篇论文受到专利关注时，人机交互研究早已向前发展。等到产业开始感兴趣时，人机交互社区是否已经抛下了某个想法？有人担忧，人机交互研究有追随潮流、每隔几年就转向新兴热门领域的名声 [12, 32]。被专利引用的论文开始获得专利引用时，是否仍受到学术关注？为回答这个问题，我们针对数据集中最终被专利引用的四个会议场所发表的所有论文，比较 (a) 论文的出版年份与引用该研究论文的首项专利的授权年份之间的时间滞后（首次

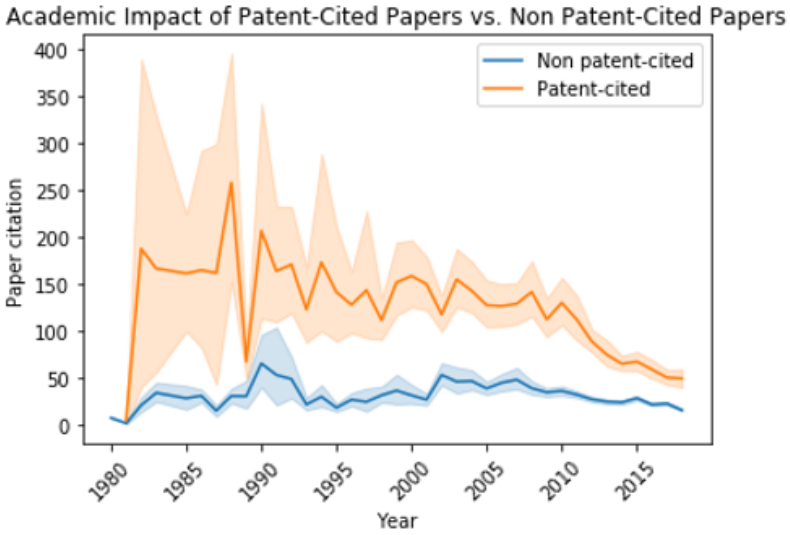


图4：被专利引用的论文在人机交互领域获得了更多学术引用。

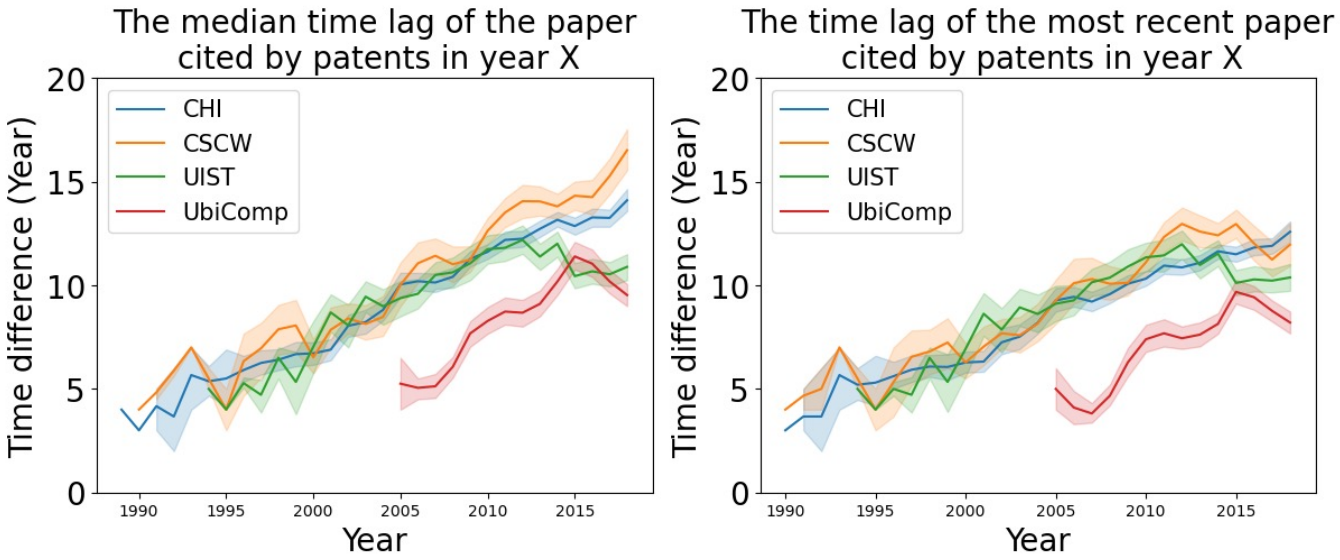


图5：专利与论文之间的时间滞后很长，而且在不同会议场所间还在不断延长。

专利引文滞后），以及 (b) 论文的出版年份与该研究论文获得最多学术引用的"引用峰值年份"之间的时间滞后（引用峰值滞后）。

在我们的数据集中，引用峰值滞后平均为 5.74 年，而首次专利引用滞后为 7.48 年。[20] 配对t检验证实这两个滞后之间的差异具有统计显著性 $t(3740) = 18.3$ $p < .001$ $=0.38$ ( )，Cohen's D 。这一结果支持了这样的担忧：等到产业采纳某个想法时，人机交互的关注点已转向其他主题。

自引通常更快。这一时间模式的一个例外是，自引专利的专利与论文时间间隔更短。自 2008 年以来，非自引专利的时间间隔迅速增加

[20]首次专利引用滞后低于此前报告的专利向后引用滞后（10.5 年），这是右删失导致的；也就是说，近期被专利引用的论文存在偏差，倾向于呈现较短的滞后，因为滞后较长的论文尚未在数据集中被观察到。引用峰值滞后也存在类似问题。如果给论文足够的时间来积累专利引用，例如将分析聚焦于2000年之前发表的论文（截止年份），则首次专利引用滞后的平均值为10.4年（从而复现了先前的结果）

引用峰值滞后为7.5年。我们调整了截止年份，发现平均而言，首次专利引用滞后始终长于引用峰值滞后，这表明我们的发现具有稳健性。

，到 2018 年已超过 14.6 年，而自引专利仍低于 6。3 年，这表明作者自行将论文转化为专利的速度，比他人转化的速度更快。

4.3 RQ3：人机交互研究对专利的影响在哪里?

哪些人机交互研究主题是产业活动的重点？为回答这一问题，我们通过潜在狄利克雷分配（LDA）这一经典的主题建模方法 [6]，比较四个选定会议中的未被专利引用的人机交互论文与专利引用的人机交互论文。LDA 会自动发现文档中的主题，其中每个主题都由词语的概率分布表示。每篇文档也可以表示为不同主题上的概率分布。

我们将每篇论文的标题与其摘要（如有）连接起来，以表示其内容。同样地，我们将每项专利的标题与其摘要（如有）连接起来，以表示该专利的内容。随后，我们将文本语料库标记化为一元词和二元词，过滤掉在语料库中出现次数少于 5 次的术语，移除英文停用词，然后运行 LDA 建模。我们改变主题数量，并最终确定了七个主题，因为此时得到的主题质量最高。图 6 展示了结果。通过与人机交互专家一起检查代表性文档和词语聚类，我们为每个主题命名：主题 0 与专利术语相关，主题 1 关于模态，主题 2 关于系统交互，主题 3 关于评估，主题 4 关于理论，主题 5 关于社交与体验设计，主题 6 关于输入技术。

随后，我们计算了语料库中每个文档（论文或专利）的主题分布，再汇总特定年份内属于某一文档类别（专利、专利引用的论文或非专利引用论文）的所有文档的主题分布，从而估算出在特定年份中属于该文档类别的某一特定主题的文档数量。在图 7 的第一行中，我们绘制了专利引用的人机交互论文（左）、非专利引用的人机交互论文（中）和专利（右）的主题分布，即年份 Y 中属于主题 X 的论文数量。图 7 的第二行对该主题分布进行了归一化，即展示特定文档类别在年份 Y 中主题 X 所占的比例，以更好地说明其分布模式。

如图 7 所示，系统交互长期以来一直主导着专利引用的人机交互论文，这表明以系统为导向的研究在专利引用的人机交互研究中一直具有相当重要的地位。从 1980 年到 2000 年，大约 40% 的专利引用的人机交互论文与系统交互相关。2000 年之后，系统交互所占比例下降到约 20%，但在 2015 年开始再次扩大。我们还观察到，输入技术随着时间的推移显著扩展，并在 2015 年之后达到近 20%。总体而言，评估也有所增长，约占所有专利引用的人机交互论文的 20%。

相比之下，非专利引用论文的主题分布呈现出截然不同的模式。这一结果反映了人机交互领域在方法上的多元性：并非所有类型的贡献都会产生产业影响。理论研究长期以来在未被专利引用的人机交互论文中都十分显著，但其占比正逐渐下降，从 2000 年以前的约 40% 降至 2018 年的约 20%。社交与体验设计的占比显著增长，从 1980 年的近 0% 增至 2018 年的约 20%，这表明行为导向研究在未被专利引用的人机交互论文中占有相当重要的地位。1980 年，评估和系统交互约占所有未被专利引用的人机交互论文的一半，但到 2018 年，这一比例已降至约 30%。通过非配对 t 检验，我们进一步证实，专利引用论文与非专利引用论文的主题分布存在统计显著差异：与专利引用的人机交互论文相比，未被专利引用的人机交互论文中理论研究（$p < .001$）以及社交与体验设计（$p < .05$）的占比更高，而系统交互（$p < .001$）和模态（$p < .001$）研究的占比更低。我们强调，这并不意味着理论、行为及其他不产生制品的研究成果不佳，因为这些研究可以通过其他渠道产生影响，也可能间接影响专利 [19]。

此外，专利主题分布随时间的变化与论文的变化并不一致。自1990年以来，专利主题一直以输入技术为主，[21] 这一主题先在1990年至1993年间扩展，随后在1993年至2010年间略有收缩，并自2010年以来再次扩展。2018年，引用人机交互研究论文的专利中，约有40%涉及输入技术。我们也在人机交互研究论文被专利引用的情况中观察到了这种增长，但增长幅度并没有这么显著。

4.4 研究问题4：哪些参与者参与了专利认可人机交互研究的过程?

最后，我们通过四大人机交互会议，探究哪些机构最有可能开发认可人机交互研究的专利，以及哪些机构开展的人机交互研究最常被专利引用。这类分析十分重要，因为它能揭示技术转化格局中不同利益相关者所扮演的角色 [19]。

苹果公司、微软、***IBM***，但不再有施乐：引用人机交互研究最多的机构。我们考察了哪些专利受让人（拥有专利财产权的实体，例如企业）引用人机交互研究最多。排名靠前的专利受让人以企业为主：苹果公司、微软和国际商业机器公司（IBM）是数据集中获批人机交互引用专利数量最多的三家企业。其他企业则随时间起伏。更多详情请参见附录C。

帕洛阿尔托研究中心、卡内基梅隆大学、麻省理工学院：发表被专利引用研究成果的顶尖机构。我们评估了历年来发表专利引用的人机交互论文最多的机构。如图8所示，与顶尖专利受让人一直由产业界主导的情况相反，发表专利引用的人机交互论文的顶尖机构由大学和公司共同组成。顶尖大学包括卡内基梅隆大学、麻省理工学院、加利福尼亚大学和华盛顿大学。发表专利引用的人机交互论文的顶尖公司包括施乐帕洛阿尔托研究中心和微软。所有人机交互论文中被引用的专利占比大幅下降：从2005年以前的近一半，降至2005年以后多数机构不到30%，原因是

[21]我们不分析"专利术语"这一主题，因为它只是专利中通用语言的使用。

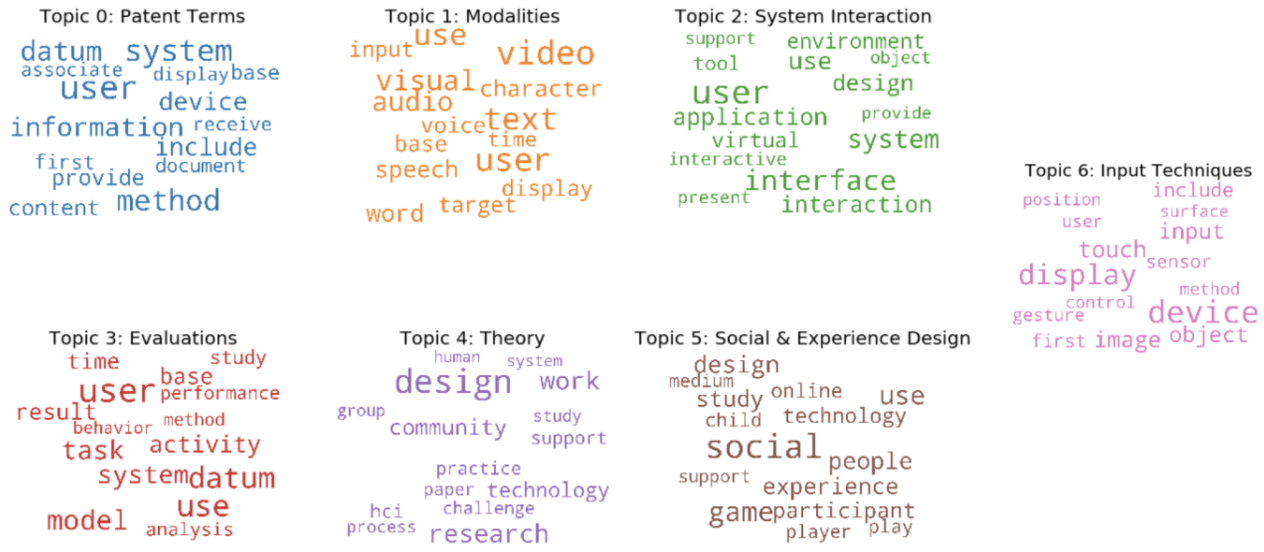


图6：通过对合并的论文-专利语料库进行潜在狄利克雷分配（LDA）分析，识别出相关主题。

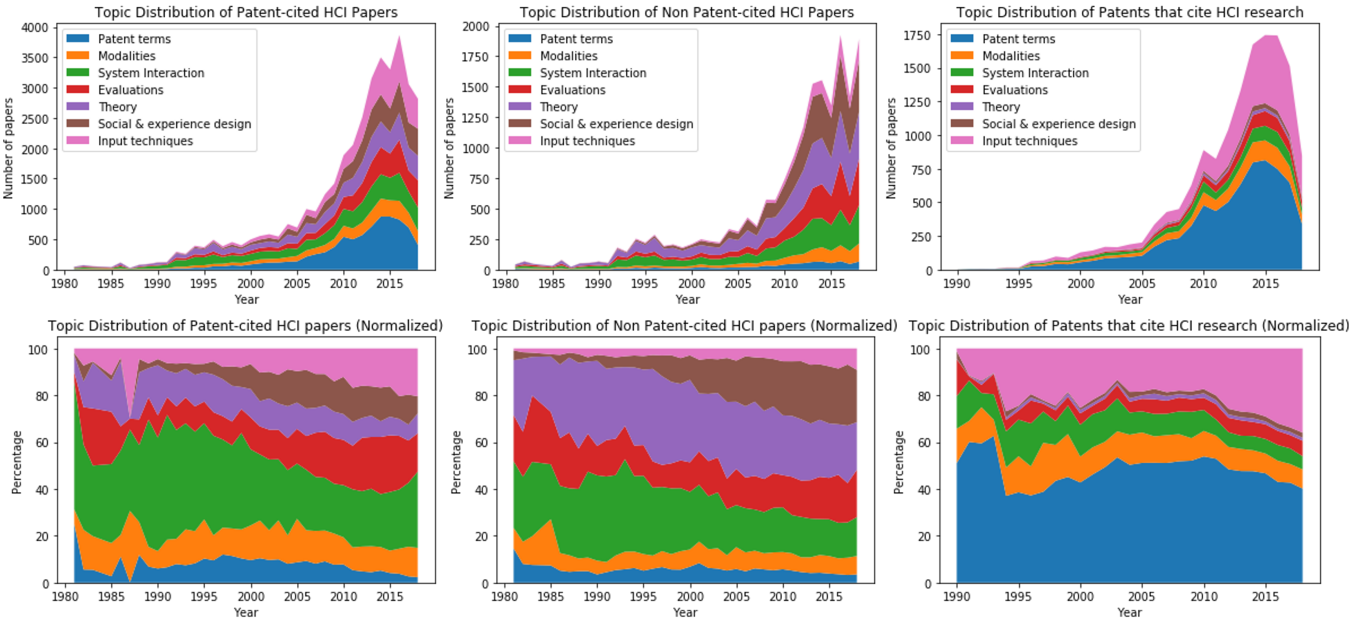


图7：第一行展示了人机交互领域的论文随时间在7 个主题之间的分布情况。第二行展示了各主题按论文数量计算的占比。三列分别展示“专利引用的人机交互论文的主题分布”“未被专利引用的人机交互论文的主题分布”和“专利的主题分布”。随着时间推移，系统交互在人机交互论文中占主导地位，而理论在未被专利引用的人机交互论文中占主导地位，输入技术则在专利中占主导地位。

人机交互论文总数大幅增长，以及右删失问题。

总体而言，微软的论文中有35.5%被专利引用，IBM的论文中有31.0%被专利引用，施乐的论文中有65.1%被专利引用。相比之下，大学拥有论文被专利引用的比例较低，例如，卡内基梅隆大学、加州大学系统和麻省理工学院的论文中，分别有 25.2%、15.3% 和 26.9% 获得了认可。这表明，在发表人机交互论文最多的研究机构中，

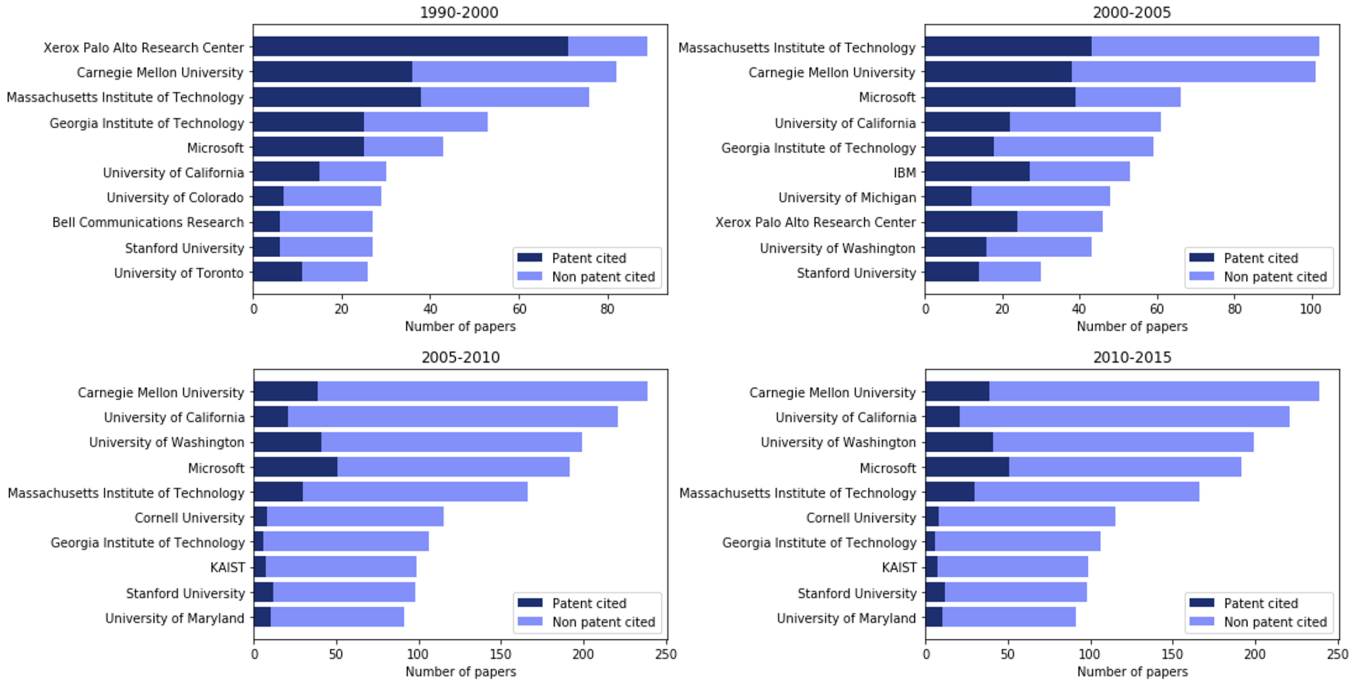


图8：发表被专利引用研究最多的机构。

产业界论文中获得专利认可的比例更高。然而，剔除自引专利后，产业与大学之间的差距会缩小。

自引。我们还探讨了自引的程度。我们发现，13.9% 的专利引用了发明人自己的研究。尽管自引专利的数量不断增加，但在所有人机交互专利引用中，自引所占的比例近年来从约 20% 降至 5%。这表明，虽然人机交互领域不断发展，但在专利中直接引用自己研究的研究人员数量并未以同样的速度增长。大多数自引也来自产业，其中微软和 Xerox 分别占总自引的 34.8% 和 11.2%。来自学术界的自引则少得多。

结论摘要： 通过分析，我们发现人机交互研究对专利产生了显著影响，越来越多的专利开始认可 CHI、CSCW、UIST 和 UbiComp 中的研究。专利更有可能引用学术界中面向系统且被高度引用的研究。然而，专利与论文之间的时间滞后很长（>10 年），且还在不断延长，这表明人机交互研究与实践之间的连接可能效率低下。我们进一步通过另外两项分析验证了主要发现的稳健性，相关结果详见附录 D。

5 讨论

在本节中，我们将讨论研究发现的意义：

5.1 人机交互中的专利—研究相关性格局

结合大规模分析的发现与文献中已有的定性证据（例如案例研究 [15], 、个人经验 [22] 和访谈 [19]），我们现在可以更全面地呈现人机交互成果转化格局。

人机交互研究对专利的影响：我们的研究在很大程度上印证了相关文献的观点，即人机交互研究对实践有着相当大的影响 [12, 32, 57]。在我们的分析中，在发表于 CHI、CSCW、UIST 和 UbiComp 的人机交互研究论文中，有 20.1% 曾被专利引用；而在所有 SIGCHI 赞助的会议场所中，这一比例为 13.4%。这一比例远高于一般科学领域（1.5% [51]），也高于多个科学领域的知名期刊（9.7% [8]）。这一比例还高于生物医学领域（7.7% [50]）；该领域拥有更加系统的技术转化体系，也有更丰富的技术转化研究传统。[22] 人机交互研究向产业的扩散速度与计算机视觉相近（25%），高于自然语言处理（11%）；这两个领域都获得了大量产业资助，也受到产业广泛关注。需要注意的是，我们的估算是下限：鉴于专利—论文引用存在较长的时间滞后，近期发表的论文可能尚未充分显现其影响（右删失）。如果只考虑不太受右删失问题影响的较早年份（例如 2005 年之前），我们发现这些年份发表的论文中，大约有 30%–50% 曾被专利引用。对于 UIST，比例甚至更高，许多年都接近 80%。

[22]仅统计美国研究机构的生物医学论文——这是我们在人机交互研究中未采用的筛选条件——其占比为 23.3% [50], , 与人机交互研究大致相同。

当前人机交互研究向专利转化所面临的问题：正如 Bill Buxton 在《创新的长鼻子》中所指出的 [12], , 创新大多是在漫长的时间里逐步实现的：鼠标最初由 William English 和 Doug Engelbart 于 1965 年制造，但直到微软在 20 世纪 90 年代推出大规模商业化鼠标后，它才得到普及；多点触控于 1985 年发表相关成果，却过了 22 年才成为产品。我们的分析进一步表明，即使只是迈出第一步，让研究成果被专利认可（这可能远早于实际产品问世），也需要相当长的时间。事实上，研究与实践之间普遍存在较长的时间滞后，因此研究论文发表后无法立即对产业产生影响，这可能是许多探讨人机交互研究转化的论文认为人机交互缺乏实践影响力的一个根本原因 [18, 22, 63]。此外，我们的分析表明，专利与研究之间的时间滞后随时间推移而延长，这意味着人机交互领域的转化过程可能变得越来越低效。这一结果与科学领域的总体趋势一致（随时间变化的平均值：14.4 年）；相关研究报告称，20 世纪 90 年代专利对科学文献的引用平均滞后约 8 年，到 2018 [52] 时已增至约 15 年。造成时间滞后（不断增长）的具体原因仍有待进一步研究。我们还发现，等到产业产生兴趣时，人机交互社区往往已经搁置了某个想法，因为论文的引用峰值滞后通常短于其首次专利引用滞后。这表明，由于时间滞后较长，人机交互研究已经转向探索新的新兴技术；这些技术对产业而言，尚不够可靠、便宜、节能或准确。这一观察支持了这样的观点：人机交互研究常常在"玩时间机器游戏"，[23] 通过获取新兴技术的早期版本（例如虚拟现实、增强现实、多点触控、人工智能），并探索这些技术的交互式应用，从而快进到未来。除非人机交互研究直接致力于降低该技术进入产业的障碍，否则就无法直接缩短时间滞后：它只是在未来到来之前，描绘一幅引人入胜的未来图景。

5.2 人机交互社区如何更好地促进技术转移和产业影响?

鼓励学术界之间的交流与合作和产业。通过分析，我们发现，尽管来自学术界和产业的研究论文都会得到专利认可，但学术界论文获得专利认可的比例要低得多。这一结果可能是因为产业研究论文本身比学术界研究论文更具应用性，也可能是因为产业内部有更多激励机制鼓励将研究成果申请专利24；但这也可能表明，从业者并未充分了解学术界一些面向应用的进展，学术界与实践之间的信息扩散效率低下 [12]。

因此，我们的工作响应了关于营造更具包容性、更加友好于转化的环境的呼吁 [9, 15, 18, 19]：学术界和产业都应 1）更充分地认识到技术转化的重要性，而非认为转化无关紧要；2）建立更多沟通与合作渠道，促进人员交流，例如举办 SIGGRAPH 风格的新兴技术节，让学术研究人员向应用领域的受众展示已发表的人机交互研究，并鼓励研究人员在产业中担任顾问；3）在大学的计算机科学课程中纳入更多人机交互相关内容，使"未来的从业者"更加熟悉人机交互研究思想，从而培养他们成为更有可能架起学术界与产业桥梁的转化型开发者 [60]

鼓励自主推动技术转移。自主推动的技术转移（例如，通过专利认可自己的论文）通常比一般的技术转移快得多。直观来说，自主推动的转移不会遇到许多相同的通信和信息扩散障碍。正如先前研究 [32]所讨论的，自主推动技术转移也有望解决转化过程中许多"认可"方面的问题。然而，正如我们的分析所示，尽管人机交互领域自主推动的技术转移随着时间推移有所增加，但其增速并未达到研究论文的增长速度。虽然并非所有研究人员都应积极参与技术转移，但学术界仍可采取更多措施鼓励自主推动技术转移，从而更高效地实现转化，例如，通过提供法律机制和资金支持，更好地支持并认可研究人员将自己的研究成果转化的尝试。同时，我们想强调的是，尽管自主推动转移有其益处，但目前它可能无法平等地分配机遇。例如，在生命科学领域 [24], , 女性教职人员申请专利的比例约为男性的40%。因此，识别并缓解这些潜在问题十分重要，以确保营造包容性的技术转移环境。此外，正如先前研究 [19],所指出的，人机交互领域存在多个转化鸿沟；还应鼓励基础研究人员与应用研究人员加强合作，并开展更多系统工作，最终帮助将人机交互研究见解转化为产业影响。

a

认可人机交互中的转化工作。 更广泛地说，我们的工作呼应了先前关于有必要认可人机交互中转化工作的研究。例如，在分配资金或考虑研究人员晋升时，可以将其在产业中的影响作为一项独立指标，与其在学术界内部的影响区别开来。我们的工作指出了一种潜在方法：通过分析专利对科学文献的引用数据，量化人机交互研究影响产业的一条重要路径。

影响信号。 以往量化研究影响的方法大多通过文献计量分析，聚焦于学术界内的影响。然而，没有任何定量指标能够全面捕捉我们世界的复杂性。是否可以用其他信息有效补充 H 指数？（例如"专利相关性"p 指数？）尽管我们的分析表明，学术界影响与专利影响之间存在相关性，但我们也发现，专利引用量高的论文未必论文引用量也高：在一个极端案例中，引用量最高的

[23]这是一个由 Jeff Pierce 提出的术语。他曾任 IBM Research 研究经理及佐治亚理工学院教员。[24]例如，微软研究院曾向每项新专利的共同作者研究人员颁发装饰性的"专利方块"，研究人员常常会将这些方块堆成装饰性金字塔，摆放在办公室里。

专利引用论文"多点触控三维触摸感应平板电脑" [44], 在专利领域比在学术界更受欢迎。如果评估主要考量这类研究工作的学术影响力，其价值可能会被低估。专利是通往相对容易规模化的产业影响的一种潜在途径，也为更全面地评估研究提供了一个潜在信号。

当然，专利相关性，或者更广义上的实践相关性[25]，并不是衡量科学价值的唯一指标；研究和研究者不应仅依据单一指标来评判，例如是否获得资助或晋升。因此，不应将我们的工作解读为：未被专利引用的研究就代表某种失败。许多具有影响力的人机交互研究都没有申请专利（甚至不具备可申请专利的条件）。例如，我们的研究表明，相较于以设计或行为研究为导向的工作，系统构建或面向应用的人机交互研究更有可能与专利相关。这一结果并不意味着应用导向的研究更有价值：其他类型的研究可能会间接影响应用导向的研究，例如应用研究从行为研究中汲取灵感；正如人机交互领域的转化科学模型所指出的那样 [19] ——这一点我们希望在未来的工作中加以探讨；此外，保持研究思想的多样性同样重要，事实证明，这有助于推动科学领域整体的创新 [35]。如果希望衡量这种影响，就需要采用新的方法，例如分析引文网络中的多跳影响 [1], 、从论文到公众或媒体的语言概念扩散 [14], [77, 78]。

5.3 局限性与未来工作

专利对研究文献的引用只是产业影响的一种代理信号，而产业影响本身是一个难以量化的概念。它只是通向产业影响的众多潜在途径之一（例如开源软件、设计模式）。首先，并非所有专利都会转化为产品或实践，因此它们未必能实际产生"产业影响"（假阳性）。受让人策略和资源等许多其他因素也可能影响这一过程。即使某项专利最终转化为产品，大多数情况下，该专利也不会具有价值或影响力；所有专利中有 97% 从未收回申请成本[26]。不过，发明人决定经历漫长且昂贵的专利申请流程来保护其知识产权，这表明他们认为自己的发明至少有可能与实践领域相关；这可以被视为旨在产生产业影响或推动技术转移的行为。

其次，即使没有涉及专利申请流程，也可能产生产业影响（假阴性）；在软件领域 [29]，这种情况并不少见：初创企业有时会在没有专利的情况下推出产品，这与更传统领域的创新格局大相径庭；设计流程（例如可用性测试、启发式评估）、设计模式以及开源软件（例如 d3、Vega Lite）也会产生显著的产业影响，但这些影响无法通过专利反映出来。因此，我们采用专利引文分析人机交互研究论文，所得出的结论可能不同于实际的转化格局：专利数据集可能引入假阳性和假阴性。例如，即使某项专利引用了一篇人机交互论文，该论文也可能从未在实践中被应用于产品；而实际受到人机交互研究影响、但无法申请专利的产品，也无法通过我们当前的方法被观察和测量。

尽管专利对科学文献的引用存在诸多不足，但数据集的可用性和规模，使其成为创新文献中一种罕见的视角，能够支持我们大规模地对研究与实践的关系得出结论 [50–52]。在我们的工作中，除了借鉴创新文献中的这些方法外，我们还将分析与先前研究中讨论的定性证据联系起来，以验证研究结果。

未来的工作中，我们计划：1）纳入更多定性证据（例如，访谈发明人引用人机交互研究的动机），以进一步验证我们的研究结果；2）采取更多措施，量化人机交互研究如何转化为有价值的 发明，例如，使用专利对其他专利的引用作为专利价值的替代指标。该指标与其他专利价值指标（例如，专利是否续期至完整期限，以及是否获得许可）具有良好的相关性 [31, 64]。

我们的工作目前也主要聚焦于在论文层面衡量产业相关性，但论文未必是主要的知识单元：例如，围绕同一思想的多篇论文都可能被专利引用。尽管我们已初步尝试分析专利、被专利引用的研究论文以及未被专利引用的研究论文中常见的主题，未来的工作可以在概念层面进一步研究哪些具体研究思想被转移到研究中；具体而言，可以借助作者提供的关键词（遗憾的是，我们当前的数据集中没有这些关键词），或采用自然语言处理方法，例如短语挖掘 [14], ，以便更细致地追踪创新的转移。

其他局限性包括：（1）我们的数据集聚焦于美国专利，因此在文化背景和可推广性方面有所局限，不过可以说，在实践中使用并推动人机交互研究的发明人／组织中，相当一部分位于美国 [67]；（2）尽管我们在论文中以描述性方式讨论了学术影响（第 4.1 节）、主题（第 4.3 节）以及机构／参与者（第 4.4 节）与专利影响之间的关系，但我们没有关于哪些因果机制导致某些论文具有更高产业相关性的因果证据或分析。这是我们希望在未来工作中探讨的重要主题；（3）如果过去 5—10 年出现了改变这些模式的新趋势，那么目前距离趋势出现的时间仍太短，尚无法看出其影响。

6 结论

在本研究中，我们从创新文献中汲取灵感，通过大规模分析美国专利商标局的专利文献如何引用发表于 CHI、CSCW、UIST、UbiComp 及其他 SIGCHI赞助的会议场所的研究论文，定量研究了人机交互研究产生产业影响的一条重要路径。我们的研究通过衡量人机交互研究在专利引文中的呈现程度，为相关文献作出了贡献，并发现有较高比例的论文被专利引用。专利更倾向于引用人机交互领域面向系统且高被引的研究。然而，我们也揭示了潜在的转化问题：人机交互研究与实践可能无法

[25]尽管可以说，量化其他形式的实践相关性要困难得多，例如研究如何影响设计模式和开源软件 [26]https://www.forbes.com/sites/stephenkey/2017/11/13/in-todays-market-do-patents-even-matter/

实现高效衔接，因为论文与专利之间的时间滞后较长且还在不断延长。我们的工作不仅展示了利用专利引用数据研究科学、考察人机交互研究产业影响的潜力，也为人机交互社区更好地促进从研究到实践的转化提出了建议。

致谢

作者感谢 Yian Yin 对润色本文提出的宝贵建议，并感谢 Mary Czerwinski、Bongshin Lee、Lucy Lu Wang、James Zou、Shumin Zhai 及其他许多人提供的深刻见解。HanchengCao 获得了斯坦福跨学科研究生奖学金的资助。

参考文献

[1] Mohammad Ahmadpoor 和 Benjamin F Jones。2017。《双重前沿：专利发明与既有科学进展》。《科学》357，6351（2017），583–587。[2] Sam Arts 和 Lee Fleming。2018。《新颖性的天堂——还是人力资本的流失？探索新领域与发明产出》。《组织科学》29，6（2018），1074–1092。[3] Thomas E Backer。1991。《知识利用：第三次浪潮》。《知识》12，3（1991），225–240。[4] Christoph Bartneck。2011。《开端的终结：回顾人机交互会议的前五年》。*Scientometrics* 86，2（2011），487–504。[5] Christoph Bartneck 和 Jun Hu。2009。CHI论文集的科学计量分析。载于*SIGCHI*计算机系统人因会议论文集。699–708。[6] David M Blei、Andrew Y Ng 和 Michael I Jordan。2003。潜在狄利克雷分配。《机器学习研究期刊》3，1月（2003），993–1022。[7] Stefano Breschi 和 Christian Catalini。2010。追溯科学与技术之间的联系：对科学家和发明者网络的探索性分析。《研究政策》39，1（2010），14–26。[8] Kevin A Bryan、Yasin Ozcan 和 Bhaven Sampat。2020。正文中的专利引用：用户指南。《研究政策》49，4（2020），103946。[9] Elizabeth Buie、Susan Dray、Keith Instone、Jhilmil Jain、Gitte Lindgaard 和 Arnie Lund。2010。如何拉近人机交互研究与实践的距离。载于*CHI'10*计算机系统人因会议扩展摘要。3181–3184。[10] Elizabeth Buie、Clare J Hooper 和 Aaron Houssian。2013。实践互动：搭建桥梁，缩小差距。载于*CHI'13*计算机系统人因会议扩展摘要。2493–2496。[11] Vannevar Bush 等。1945。诚如我们所思。《大西洋月刊》176，1（1945），101–108。[12] Bill Buxton。2008。创新的长鼻子。洞见11（2008），27。[13] Julie Callaert、Maikel Pellens 和 Bart Van Looy。2014。灵感来源？理解专利中的科学文献引用。*Scientometrics* 98，3（2014），1617–1629。[14] Hancheng Cao、Mengjie Cheng、Zhepeng Cen、Daniel A McFarland 和 Xiang Ren。2020。这个想法会传播到学术界之外吗？理解科学概念在文本语料库之间的知识转移。*arXiv*预印本 *arXiv:2010.06657*（2020）。[15] Parmit K Chilana、Mary P Czerwinski、Tovi Grossman、Chris Harrison、Ranjitha Kumar、Tapan S Parikh 和 Shumin Zhai。2015。人机交互研究创新成果的技术转移：挑战与机遇。载于第*33*届*ACM*计算机系统人因年会扩展摘要论文集。823–828。[16] Parmit K Chilana、Amy J Ko 和 Jacob Wobbrock。2015。从以用户为中心的设计到以采纳为中心的设计：人机交互研究创新成果转化为产品的案例研究。载于第*33*届*ACM*计算机系统人因年会论文集。1749–1758。[17] Ekaterina Galkina Cleary、Jennifer M Beierlein、Navleen Surjit Khanuja、Laura M McNamee 和 Fred D Ledley。2018。美国国立卫生研究院资助对2010—2016年新药批准的贡献。《美国国家科学院院刊》115，10（2018），2329–2334。[18] Lucas Colusso、Cynthia L Bennett、Gary Hsieh 和 Sean A Munson。2017。转化资源：缩小学术研究与人机交互实践之间的差距。载于*2017*年交互系统设计会议论文集。957–968。[19] Lucas Colusso、Ridley Jones、Sean A Munson 和 Gary Hsieh。2019。人机交互的转化科学模型。载于*2019*年*CHI*计算机系统人因会议论文集。1–13。[20] António Correia、Shoaib Jameel、Daniel Schneider、Benjamim Fonseca 和 Hugo Paredes。2019。科学合作对计算机支持的协同工作研究的影响：一项科学计量研究。载于*2019*年*IEEE*第*23*届计算机支持的协同工作国际会议设计中的协同工作（*CSCWD*）。IEEE，129–134.
[21] António Correia、Hugo Paredes 和 Benjamim Fonseca。2018。CSCW科学出版物的科学计量分析。《Scientometrics》114，1（2018），31–89。[22] Mary Czerwinski、Izak Benbasat、Julie Ratner、Radhika Santhanam 和 Peter Todd。2003。人机交互研究转化为实践：携手共进。SIGHCI 2003会议论文集（2003），13。[23] Felix de Moya-Anegon、Carmen Lopez-Illescas、Vicente Guerrero-Bote 和 Henk F Moed。2020。社会科学与人文学科对可申请专利技术的引文影响力。《Scientometrics》125，2（2020），1665–1687。[24] Waverly W Ding、Fiona Murray 和 Toby E Stuart。2006。学术生命科学领域的专利申请性别差异。《Science》313，5787（2006），665–667。[25] Lee Fleming 和 Olav Sorenson。2004。科学作为技术搜索的地图。《战略管理杂志》25，8-9（2004），909–928。[26] Santo Fortunato、Carl T Bergstrom、Katy Börner、James A Evans、Dirk Helbing、Staša Milojević、Alexander M Petersen、Filippo Radicchi、Roberta Sinatra、Brian Uzzi 等。2018。科学学。《Science》359，6379（2018），eaao0185。[27] Sabine Geldof 和 Joannes Vandermeulen。2007。人机交互研究与实践：一位实践者的观点。《Artifact》1，3（2007），134–141。[28] Michelle Gittelman 和 Bruce Kogut。2003。优秀科学能否带来有价值的知识？生物技术公司与引文模式的演化逻辑。《Management Science》49，4（2003），366–382。[29] Stuart JH Graham 和 David C Mowery。2005。软件专利：好消息还是坏消息？发表于（2005），45–80。[30] Aakar Gupta。2015。IndiaHCI五年：一项科学计量分析。载于第七届国际人机交互会议论文集，IndiaHCI 2015。56–61。[31] Dietmar Harhoff、Francis Narin、Frederic M Scherer 和 Katrin Vopel。1999。引文频次与专利发明的价值。《Review of Economics and Statistics》81，3（1999），511–515。[32] Chris Harrison。2018。人机交互创新者困境。《Interactions》25，6（2018），26–33。[33] Nathalie Henry、Howard Goodell、Niklas Elmqvist 和 Jean-Daniel Fekete。2007。四个人机交互会议的20年：可视化探索。《International Journal of Human-Computer Interaction》23，3（2007），239–285。[34] Diana Hicks、Anthony Breitzman Sr、Kimberly Hamilton 和 Francis Narin。2000。科研卓越与专利创新。《Science and Public Policy》27，5（2000），310–320。[35] Bas Hofstra、Vivek V Kulkarni、Sebastian Munoz-Najar Galvez、Bryan He、Dan Jurafsky 和 Daniel A McFarland。2020。科学领域的多样性—创新悖论。《美国国家科学院院刊》117，17（2020），9284–9291。[36] Steve Hotelling、Brian Q Huppi、Joshua A Strickon、Duncan Robert Kerr、Bas Ording、Imran Chaudhri、Greg Christie 和 Jonathan P Ive。2012。面向触敏输入设备的基于模式的图形用户界面。美国专利 8,239,784。[37] Osmat A Jefferson、Adam Jaffe、Doug Ashton、Ben Warren、Deniz Koellhofer、Uwe Dulleck、Aaron Ballagh、John Moe、Michael DiCuccio、Karl Ward 等。2018。绘制已发表研究对产业和创新的全球影响力。《Nature Biotechnology》36，1（2018），31–39。[38] Riitta Katila 和 Gautam Ahuja。2002。有旧有新：搜索行为与新产品推出的纵向研究。《Academy of Management Journal》45，6（2002），1183–1194。[39] Saba Kawas、Andrea Tartaro、Julie A. Kientz、Alissa N. Antle、Lucas Franco Colusso、Emily Schlemmer、Meagan Rothschild 和 Nikita Soni。2021。转化型IDC：弥合 IDC研究与实践差距。载于《交互设计与儿童》。670–674。[40] Joseph' Jofish' Kaye。2009。CHI的一些统计分析。载于CHI'09计算机系统人因扩展摘要。2585–2594。[41] Lanu Kim、Daniel Scott Smith、Bas Hofstra 和 Daniel A McFarland。2022。领域与学术职业生涯中的性别化知识。《研究政策》51，1（2022），104411。[42] Konstantinos Koumaditis 和 Tajammal Hussain。2017。透过文献计量分析的视角审视人机交互研究。载于国际人机交互会议。Springer，23–37。[43] Bongshin Lee、Mary Czerwinski、George Robertson 和 Benjamin B Bederson。2005。借助PaperLens了解会议中的研究趋势。载于CHI'05计算机系统中的人为因素扩展摘要。1969–1972。[44] SK Lee、William Buxton 和 Kenneth C Smith。1985。多点触控三维触敏平板。《ACM SIGCHI Bulletin》16，4（1985），21–25。[45] Danielle Li、Pierre Azoulay 和 Bhaven N Sampat。2017。生物医学研究公共投资的应用价值。《Science》356，6333（2017），78–81。[46] Yi-Ching Liaw、Te-Yi Chan、Chin-Yuan Fan 和 Cheng-Hsin Chiang。2014。能否评估学术期刊的技术影响？非专利引用（NPR）分析实践。《Scientometrics》101，1（2014），17–37。[47] Joseph Lindley、Paul Coulton 和 Miriam Sturdee。2017。对采纳的启示。载于2017年CHI计算机系统人因会议论文集。265–277。[48] Lu Liu、Yang Wang、Roberta Sinatra、C Lee Giles、Chaoming Song 和 Dashun Wang。2018。艺术、文化和科学职业生涯中的高峰期。《Nature》559，7714（2018），396–399。

[49] Kelly Mack、Emma McDonnell、Dhruv Jain、Lucy Lu Wang、Jon E. Froehlich 和 Leah Findlater。2021。我们所说的"无障碍研究"究竟指什么？对1994至2019年CHI和ASSETS中无障碍论文的文献调查。载于2021年CHI计算机系统人因会议论文集。1–18。[50] Anoop Manjunath、Hongyu Li、Shuchen Song、Zhixing Zhang、Shu Liu、Nathan Kahrobai、Arya Gowda、Angelina Seffens、James Zou 和 Ishan Kumar。2021。对240万条专利—研究引用的综合分析，绘出生物医学创新与转化格局。[51] Matt Marx 和 Aaron Fuegi。2020。对科学的依赖：全球专利首页对科学论文的引用。《战略管理杂志》41，9（2020），1572–1594。[52] Matt Marx 和 Aaron Fuegi。2022。发明人对科学的依赖：对专利正文中的专利—论文引用进行混合提取。《经济学与管理战略杂志》31，2（2022），369–392。[53] Matt Marx 和 Aaron Fuegi。2022。发明人对科学的依赖：对专利正文中的专利—论文引用进行混合提取。《经济学与管理战略杂志》31，2（2022），369–392。https://doi.org/10.1111/jems.12455 arXiv:https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/ 10 1111 12455 。/jems。J 2012
[54] ustin Matejka、Tovi Grossman 和 George Fitzmaurice。Citeology：可视化论文谱系。载于CHI'12计算机系统人因扩展摘要。181–190。[55] Ximena Patricia López Mendoza 和 David Santos Mauricio Sanchez。2018。大学向产业技术转移的系统性文献综述。《国际商业与系统研究杂志》12，2（2018），197–225。[56] Omar Mubin、Max Manalo、Muneeb Ahmad 和 Mohammad Obaid。2017。HAI会议的科学计量分析。载于第五届国际人机交互会议论文集。45–51。[57] Brad Myers、Scott E Hudson 和 Randy Pausch。2000。用户界面软件工具的过去、现在与未来。《ACM计算机—人类交互汇刊》（TOCHI）7，1（2000），3–28。[58] Sadao Nagaoka 和 Isamu Yamauchi。2015。科学在发明中的应用及其识别：结合调查数据的专利层面证据。经济产业研究所（RIETI）（2015）。[59] David M Nichols 和 Sally Jo Cunningham。2015。对15年CHINZ会议的科学计量分析。载于第15届新西兰人机交互会议论文集。73–80。[60] Donald A Norman。2010。研究与实践鸿沟：对转化型开发者的需求。《Interactions》17，4（2010），9–12。[61] Felix Poege、Dietmar Harhoff、Fabian Gaessler 和 Stefano Baruffaldi。2019。科学质量与发明的价值。《科学进展》5，12（2019），eaay7323。[62] Christian Remy、Silke Gegenbauer 和 Elaine M Huang。2015。弥合理论—实践鸿沟：将依恋框架应用于可持续人机交互设计的经验与挑战。载于第33届ACM计算机系统人因年会论文集。1305–1314。[63] Sara L Rynes。2012。工业与组织心理学及相关领域的研究与实践鸿沟：挑战与潜在解决方案。（2012）。[64] Bhaven N Sampat 和 Arvids A Ziedonis。2004。专利引用与专利的经济价值。载于《科学与技术定量研究手册》。Springer，277–298。[65] Ben Shneiderman。2016。研究新ABC：实现突破性合作。牛津大学出版社。[66] Ben Shneiderman。2019。人机交互与用户界面／体验设计的发展：以轮胎轨迹图呈现。载于《与人机交互先驱的邂逅》。Springer，25–33。[67] Christian Sturm、Alice Oh、Sebastian Linxen、Jose Abdelnour Nocera、Susan Dray 和 Katharina Reinecke。2015。人机交互有多西方、受教育、工业化、富裕、民主？将人机交互原则扩展到其他国家和文化。载于第33届ACM计算机系统人因年会扩展摘要论文集。2425–2428。[68] Robert JW Tijssen。2001。产业相关科学的全球与国内利用：科学—技术互动与知识流动的专利引文分析。《研究政策》30，1（2001），35–54。[69] Raphael Velt、Steve Benford 和 Stuart Reeves。2020。人机交互理论与设计实践鸿沟中的转化与边界。《ACM计算机—人类交互汇刊》（TOCHI）27，4（2020），1–28。[70] Dashun Wang、Chaoming Song 和 Albert-László Barabási。2013。量化长期科学影响。《Science》342，6154（2013），127–132。[71] Lucy Lu Wang、Kelly Mack、Emma J McDonnell、Dhruv Jain、Leah Findlater 和 Jon E Froehlich。2021。无障碍与人机交互研究中的引用多样性文献计量分析。载于2021年CHI计算机系统人因会议扩展摘要。1–7。[72] Yang Wang、Benjamin F Jones 和 Dashun Wang。2019。职业生涯早期挫折与未来职业影响。《Nature Communications》10，1（2019），1–10。[73] Christine E Wania、Michael E Atwood 和 Katherine W McCain。2006。人机交互研究中的设计与评估如何相互关联？载于第六届交互系统设计会议论文集。90–98。[74] Mark Weiser。1999。面向21世纪的计算机。《ACM SIGMOBILE移动计算与通信评论》3，3（1999），3–11。
[75] Dietmar Winkler、Richard Mordinyi 和 Stefan Biffl。2013 年。研究原型与产品：从研究项目的软件开发流程中汲取的经验教训。载于 欧洲软件过程改进会议。Springer，第 48–59 页。[76] Steven H Woolf。2008 年。转化研究的含义及其重要性。《style id='5'>JAMA 299，2（2008），211–213。[77] Yian Yin、Yuxiao Dong、Kuansan Wang、Dashun Wang 和 Benjamin F Jones。2022 年。科学的公众使用与公共资助。《自然·人类行为》（2022），1–7。[78] Yian Yin、Jian Gao、Benjamin F Jones 和 Dashun Wang。2021 年。大流行病期间政策与科学的协同演化。*Science* 371，6525（2021），128–130。[79] Elias Zerhouni。2003 年。美国国立卫生研究院路线图。

A 数据获取详情

此处我们详细介绍了生成最终分析数据的数据获取流程。

连接美国专利商标局与 ***Microsoft Academic Graph*** 的专利对科学文献的引用。 为了获取专利对科学文献的引用所需的信息，我们使用了 Zenodo 上提供的公开数据集。[27] 我们采用了 v37 版（2022年7月19日）的专利对文章的引用，其中包括 *_PCS_MAG_DOI_PMID.tsv* 和 *papercitations.tsv*。对于 *_PCS_MAG_DOI_PMID.tsv*，我们主要关注字段 reftype、diff_month、selfciteconf_avg。我们关注 *papercitations.tsv*中的字段 citingpaperid 和 citedpaperid，并用它们与 Microsoft Academic Graph 元数据进行连接。

Microsoft Academic Graph 元数据。 Microsoft Academic Graph 元数据也可在 Zenodo 上获取。[28] 我们使用的数据文件包括 *authoridname_normalized.tsv*、*conferenceidname.tsv*、*paperauthoridaffiliationname.tsv*、*paperauthororder.tsv*、*paperconfer- enceid.tsv* 和*paperyear.tsv*。

美国专利商标局元数据。 我们从 PatentsView 获取美国专利商标局元数据。[29]我们使用数据文件 受让人、发明人、专利、专利_受让人和专利_发明人。

SemanticScholar。 我们使用从 Microsoft Academic Graph 元数据中检索到的研究论文 ID 调用 Semantic Scholar API[30]，以获取额外的论文信息。查询的字段包括标题、摘要、会议场所、年份、参考文献数量、引用次数、作者，以及与每位作者相关的姓名、所属机构、论文数量和引用次数。

我们于2022年8月检索了上述所有数据。

B SIGCHI 赞助的会议

我们纳入分析的 20 个 SIGCHI 会议场所包括：计算系统中的人为因素会议（CHI）、用户界面软件与技术（UIST）、普适计算（UbiComp）、计算机支持的协同工作会议（CSCW）、有形与嵌入式交互会议（TEI）、眼动追踪研究与应用研讨会（ETRA）、支持群体工作的国际会议（GROUP）、智能用户界面会议（IUI）、创造力与认知（C&C）、交互设计与儿童（IDC）、用户建模、自适应与个性化国际会议（UMAP）、交互式计算系统工程研讨会（EICS）、汽车用户界面与交互式车载应用会议（AutomotiveUI）、人机交互会议（HRI）、计算集体智能国际会议（CI）、推荐系统会议（RecSys）、计算机与人类游戏交互年度研讨会（CHI PLAY）、多模态交互国际会议（ICMI）、空间用户交互研讨会（SUI）、虚拟现实软件与技术研讨会（VRST）。

共有 57,385 篇论文，其中 13.4%（7,678 篇）被我们数据集中的专利引用。

C 随时间变化的顶级专利受让人

图9展示了各受让人随时间变化的顶级专利数量。

D 关于非自引专利和非研究人员专利的补充分析

我们选取四个顶级会议中的论文子集进行两项补充分析，以进一步验证研究结果的稳健性。为排除人机交互研究对专利的影响源于自引，或主要由人机交互研究人员推动的可能性——否则可能有人认为人机交互研究对产业的实际影响有限——我们使用以下专利进行相同分析：1）未引用发明者本人研究论文的专利（“非自引专利”），共 26,382 项（占原始专利的 86.04%）；2）由从未发表过 CHI、CSCW、UIST 或 UbiComp 研究论文的人士发明的专利（“非研究人员”专利）。我们通过排除发明者姓氏曾出现在我们所关注的四个会议论文作者名单中的专利来界定这类专利。[31] 由此得到 5,251 项“非研究人员”专利（占原始专利的 17.12%）。我们发现，主要分析中的模式依然一致：很大比例的人机交互研究论文被专利引用，而且专利与论文之间存在较长的时间滞后。具体结果如下：

被专利引用的论文比例。图 10 展示了被非自引专利引用的论文比例；自 1990 年以来，该比例持续上升并保持在 30% 以上。尤其是在 UIST，1990 年至 2010 年间，专利引用率达到 60%–80%。这表明，与我们的主要结果类似，非自引专利引用了相当数量的人机交互研究论文。

如图13所示，非研究人员专利也呈现相同趋势。

专利对人机交互研究的引用不断增加。图11展示了非自引专利随时间推移引用人机交互研究的数量。可以看到，非自引专利的数量在 2000 年首次上升，并于 2014 年左右达到峰值；不同会议的数量在 200 至 1000 之间。这与正文报告的总体趋势一致。

如图14所示，非研究人员专利也呈现相同趋势。

专利与论文之间的时间滞后很长，而且还在不断增加 .

图15a展示了非自引专利发布日期与其引用的人机交互论文出版日期之间的测量时间滞后的变化趋势。与主要结果（图5）中报告的趋势相似，从1989年到2014年，所有会议的时间滞后中位数都从约5年增加到约10 – 15 年；而2014年之后，这一趋势在不同会议之间出现分化。我们还考察了专利与其最近一篇被引论文之间的时间滞后（图15b），发现其趋势相同。

如图12所示，非研究人员专利也呈现出相同的趋势。

[27]http://relianceonscience.org [28]http://relianceonscience.org [29] https://patentsview.org/download/data-download-tables [30] https://api.semanticscholar.org/api-docs/graph#tag/Paper-Data/operation/get_graph_get_paper_references

[31]这组专利的范围小于实际的“非研究人员”专利。我们的主要目标是在不进行繁琐的作者消歧的情况下，确保这组专利的发明人确实从未在我们研究的四个学术会议上发表过论文。

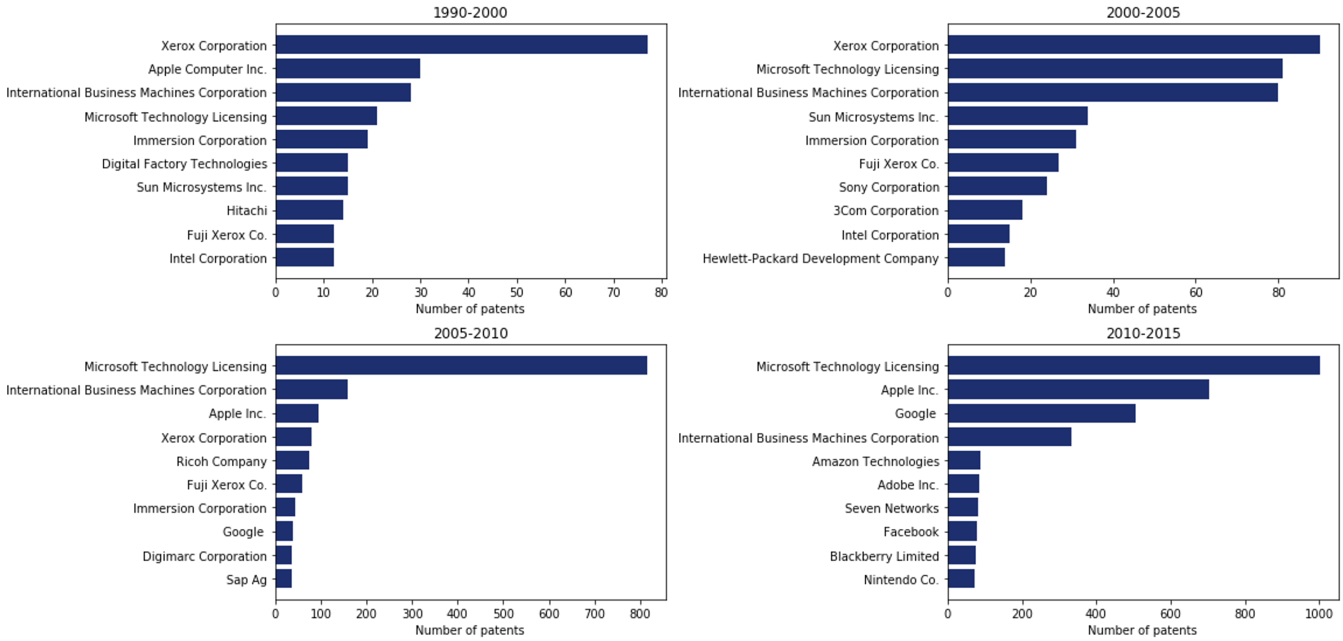


图9：随着时间推移引用人机交互研究的顶级专利受让人。

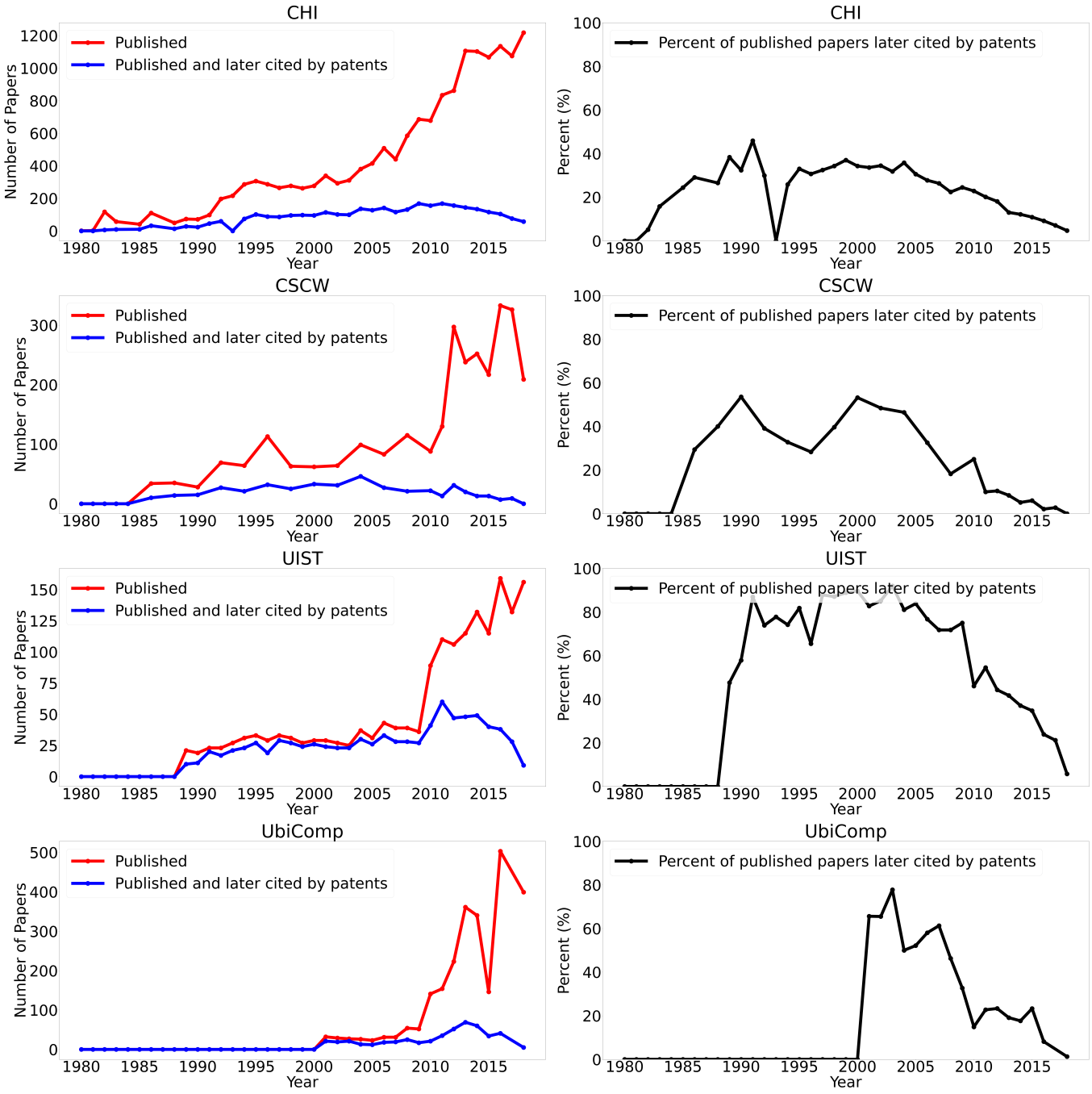


图 10：（非自引）左：ACM CHI、CSCW、UbiComp 和 UIST 每年发表的论文数量（红色），以及该年份发表且后来至少被一项专利引用的论文数量（蓝色）。

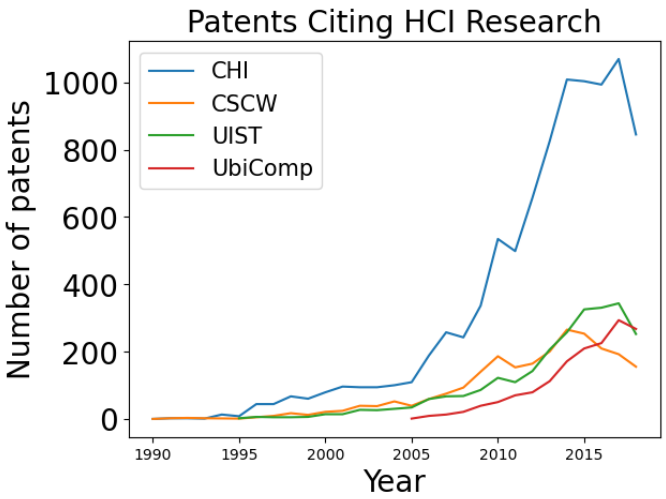


图11：（非自我引用）随时间推移引用人机交互论文的专利数量。

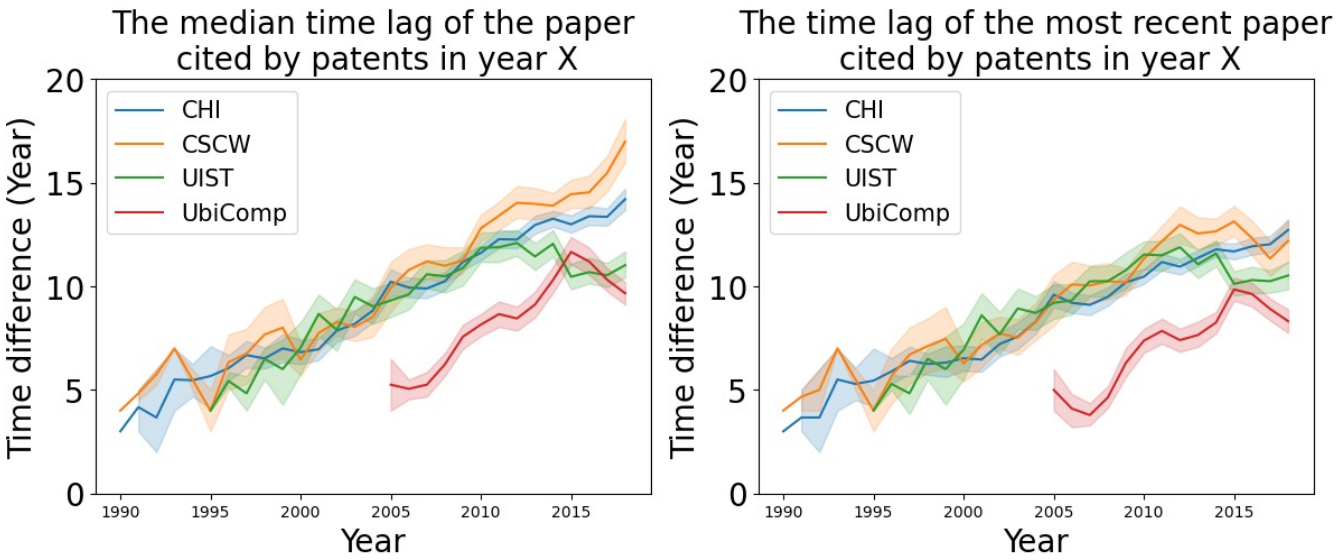


图12：（非自我引用）不同类型的引用和会议的专利与论文之间的时间滞后较长且还在不断增加。

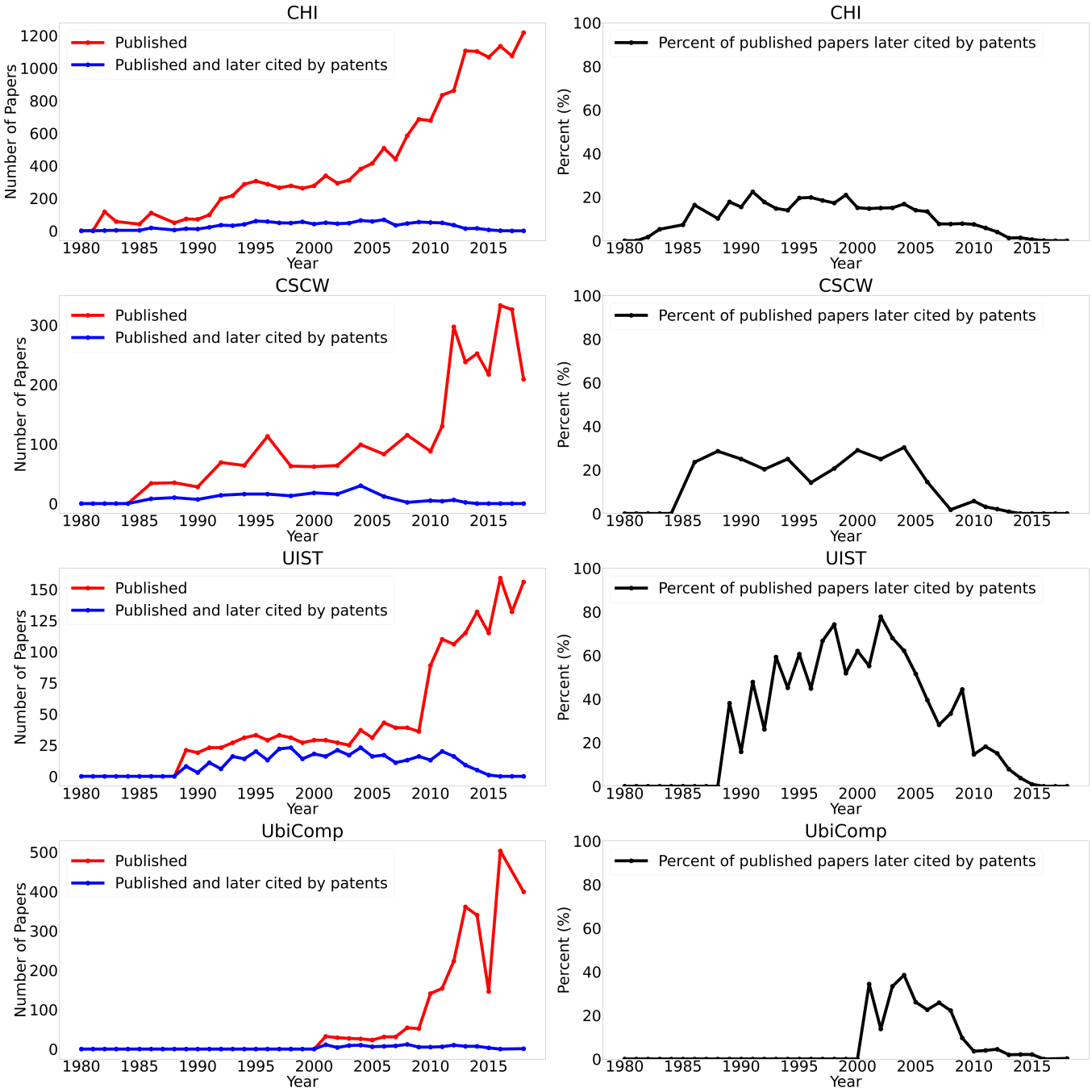


图13：（非研究人员）左：ACM CHI、CSCW、UbiComp 和 UIST 各会议每年发表的论文数量（红色），以及该年发表且后来至少被一项专利引用的论文数量（蓝色）。

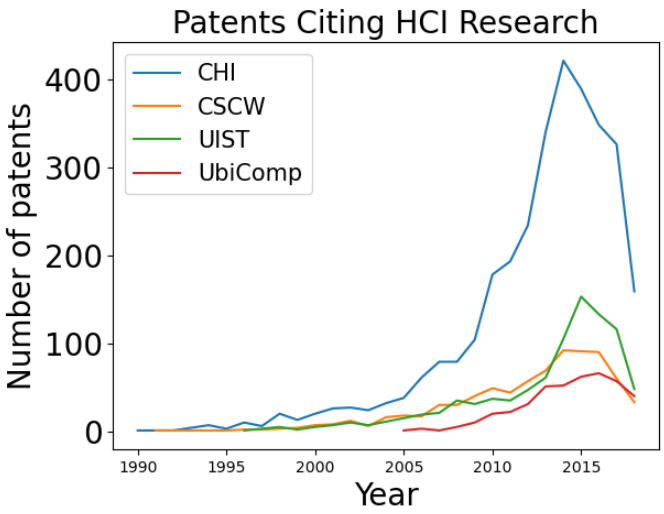


图 14：（非研究人员）引用人机交互论文的专利数量随时间的变化。

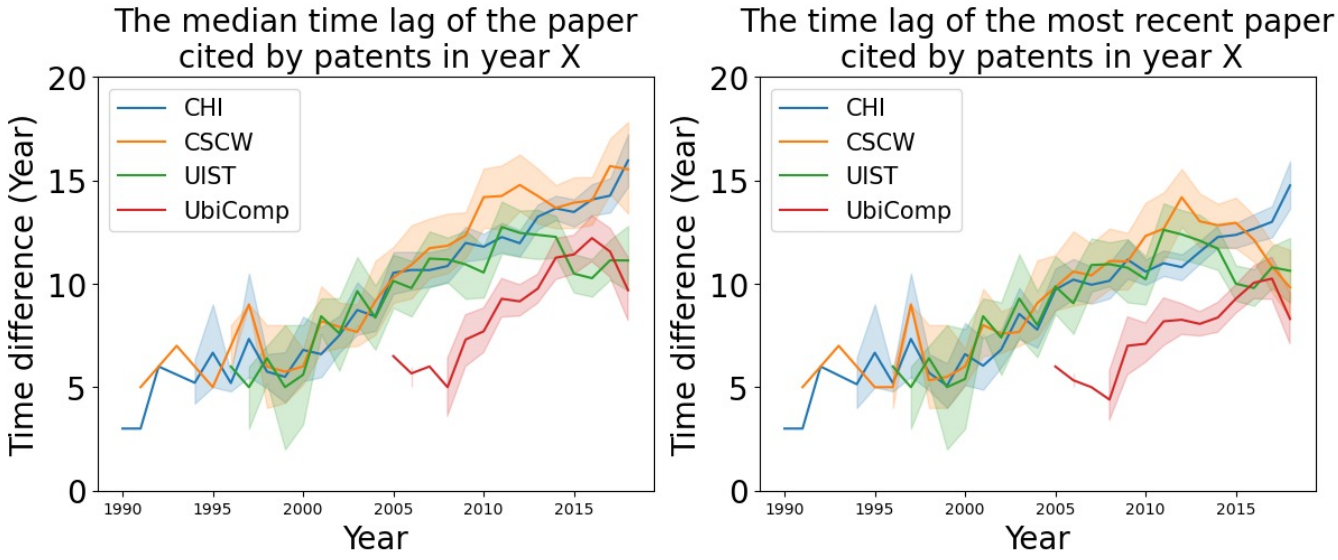


图 15：（非研究人员）不同类型的引用和会议场所中，专利与论文之间的时间滞后较长且越来越长。