

科研众包视角下公众科学项目刍议：概念解析、模式探索及学科机遇^{*}

赵宇翔

摘要 过去十年,公众科学已经从一个新兴概念逐渐演化成互联网环境下群体协作的利器。然而,由于公众科学项目发起主体的多元性、参与方的广泛性和异质性、实施过程的复杂性和动态性,其运行机制和管理方式还有很多难点。科研众包理念是成功开展公众科学项目的前提和重点,因此可以作为公众科学的理论视角去进行概念解析,而对于科研众包类型的解构也将有助于公众科学项目的模式设计。本研究认为基于科研众包类型和公众科学开展环境两个维度,可以有效构建公众科学项目的业务模式并进行业务划分;以“机构观”的思想去驱动、管理并维系公众科学项目的发展,加入第三方组织机构这一实体可以重构公众科学项目的运作模式。而立足于图书情报学科,可以对数字人文类公众科学项目进行深入探索,尤其可以从特色馆藏利用、数字人文平台构建、科研数据管护以及用户激励和培训等方面开展后续工作。图4。表1。参考文献45。

关键词 科研众包 公众科学项目 模式设计 数字人文 图书情报学
分类号 G315

A Preliminary Exploration on Citizen Science Projects Based on Scientific Crowdsourcing Perspectives: Conceptualization, Pattern Design and Research Opportunities

ZHAO Yuxiang

ABSTRACT

Citizen Science is an Internet-enabled mass participation and online collaboration mode, which fully reflects the idea of crowd wisdom and open innovation. To date, the researchers abroad have extensively investigated the citizen science as a research field, while the topic is still at its early stage in China. This paper aims at discussing the conceptualization and pattern design of citizen science projects, and providing some future directions for Library and Information Science researchers.

The paper firstly reviews the prior studies on citizen science field, and indicates some limitations from theoretical and practical perspectives. Theoretically, many previous studies did not clearly figure out the difference between scientific crowdsourcing and citizen science, which may blur the boundary of

^{*} 本刊“青年学术论坛”特约稿(Special contribution for the Youth Academic Forum sponsored by this Journal)

本文系国家自然科学基金青年项目“基于行动者网络框架的众包模式设计与管理研究”(编号:71403119)的成果之一。(This article is an outcome of the youth project “Design and Management of Crowdsourcing Mode Based on Actor Network Theory Framework”(No. 71403119) supported by National Science Foundation of China.)

通信作者:赵宇翔,Email:yxzhao@vip.163.com,ORCID:0000-0001-9281-3030(Correspondence should be addressed to ZHAO Yuxiang,Email:yxzhao@vip.163.com,ORCID:0000-0001-9281-3030)

conceptualization and lead to some misunderstanding on these two terms. Practically, so far, most of the citizen science projects focus on the nature science disciplines, while paying little attention to the humanities and social sciences, especially for the advancement of digital humanities, citizen science projects may have great potential in facilitating and improving the relevant research themes and topics. Then, the study emphasizes that scientific crowdsourcing can be viewed as the theoretical foundation of citizen science research, which means that the successful conceptualization and design of scientific crowdsourcing mode will better the understanding of citizen science projects. The study elaborates on the key issues of scientific crowdsourcing and core driving forces, and then endeavors to propose a typology on the scientific crowdsourcing into three categories, namely non-emergent, emergent with the quantitative accumulation, and emergent with the qualitative accumulation. Several dimensions are put forward to illustrate the characteristics of the three categories of scientific crowdsourcing.

Furthermore, the study attempts to examine the specific pattern of citizen science projects based on the scientific crowdsourcing mode proposed above, and two dimensions are used to illustrate the genre of citizen science projects. Later, 16 citizen science projects are selected to validate the two-dimension-model and show a good explanatory effect in classifying the various citizen science projects in an academic manner. In addition, the study highlights the organization-based view to reinforce the management and development of citizen science projects, which suggests adding a third-party, i.e., the organization to conduct the relevant managerial and deploy work, including task design and decomposition, participant incentive and training mechanism, data curation and quality control, etc. A specific operational model with the entities and associations is designed to elaborate on the key steps and issues regarding the successful implementation of citizen science projects. Finally, the paper suggests several research directions from the Library and Information Science (LIS) perspective, indicating that the LIS field should take the opportunity to explore the relevant research topics, especially contributing to the planning and implementation of citizen science projects in the digital humanities domain. 4 figs. 1 tab. 45 refs.

KEY WORDS

Scientific crowdsourcing. Citizen Science projects. Pattern design. Digital humanities. Library and Information Science.

0 引言

2015年,国务院32号文件《国务院关于大力推进大众创业万众创新若干政策措施的意见》指出,推进大众创业、万众创新,激发亿万群众智慧和创造力,是经济与社会发展的动力之源。近几年,众包模式(Crowdsourcing)在很多领域,尤其是在商业环境下得到了很好的发展,并推动了互联网平等、开放、跨界与融合的理念和精神。值得关注的是,当问题和任务的提出以

科学发现和解决科学挑战为主要目的时,并且当项目的发起者主要为科研机构 and 科学家时,众包便从传统的商业模式演化成为一种新型的网络化科研协作模式,这一嬗变引发了公众科学(Citizen Science)这类互联网环境下基于群体参与及协作的新型科研众包形式。一方面,科学传播范式发生变化,由科学普及、公众理解科学的模式逐渐演变成公众参与并设计科学的新范式^[1]。同时,信息技术的进步为广大公众发挥群体智慧提供了新的平台,科学工作者也可以通过网络发布科学任务,招募公众参与科学研

究,以分布式协作的方式进行科研活动,共同完成科研和技术创新工作^[2]。

公众科学,又称大众科学、群智科学(Crowd Science)、社区科学(Community Science)、公众参与式科学研究(Public participation in scientific research),是指包含了非职业科学家、科学爱好者和普通志愿者参与的开放科研活动^[3-5],其范围涵盖科学研究探索、技术发展与创新、突发性事件应急、环境保护和资源开发利用等领域^[6-7]。在这个过程中,公众可能涉及到科学活动的一个或多个方面,包括研究方案设计、数据采集、项目人员招募、数据分析和处理,以及科研成果的合作发表出版等^[8]。Wiederhold认为,在新一代互联网环境下,任何接触互联网的人都有成为公众科学家的潜质^[9]。传统的科学研究活动主要由专业科研人员或团队执行,公众一般较少参与科学理论和实践的创造和生产过程^[10],或者主要作为调研对象(社会科学中较为普遍)以及实验被试(自然科学中较为普遍)有限参与科研过程。然而,越来越多的科学家和科研团队意识到,在面对纷繁复杂的数据量级和形态,以及灵活多变的样本对象时,单凭自身的力量很难更好、更快、更准地应付各类层出不穷的科研任务。因此,科学合理地设计公众科学项目,号召更多志愿者参与到科研活动中来,为目前很多科研瓶颈提供了一条潜在可行的行动路线^[11]。

习近平总书记在2016年“科技三会”上强调,“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼,要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置,使蕴藏在亿万人民中间的创新智慧充分释放、创新力量充分涌流。”本文认为公众科学项目能够很好地贯彻科技创新和科学普及的需求,一方面能够推动科技进步与科学发展,实现科技创新的腾飞;另一方面也能极大地提高全民的科学素养和科学精神,达成科学普及的宏图。公众科学项目通常以科学发现为目的,以公众的广泛参与为基础,以信息通讯技术(群体协作技术、群决策技术、语义关联技术等)为保

障。其中,对科研众包理念的解读和设计是成功开展公众科学项目的前提和重点。科研众包和传统商业环境下的众包活动相比,具有更强的领域特殊性、情景约束性和路径依赖性。同时,基于科研众包理念的公众科学项目也对发起者(科学家和科研团队)、志愿者(业余爱好者和民间科学家)、平台和各方参与机构提出了更高的要求。鉴于此,传统的众包模式和众包项目运作经验并不能有效地应对并解决科研众包视角下公众科学项目在业务模式和运作流程中可能遇到的各种问题。本文拟对这一新兴的研究主题进行概念解析和模式初探,并从图书情报学科的角度讨论若干研究和发展机遇。

1 公众科学研究回顾

截止到2016年12月31日,在Web of Science平台上通过检索式TS=(“citizen scien*” OR “crowd scien*” OR “crowd-sourced scien*”) OR TI=(public participat* in scien*),时间跨度为所有年份,共得到检索结果591条。对结果进行清洗整理后共得到539条检索结果。数据显示,在2009年到2016年这8年间,国外公众科学研究文献呈逐年增长趋势,并且涵盖了不同的领域,如鸟类学^[12]、海洋科学^[13]、淡水科学^[14]、生态学^[7]、天文学^[15]、土壤学^[16]等自然科学专业。相比国外公众科学研究的进展,我国在这方面的研究屈指可数,相关探索仍处于起步阶段。在CNKI、万方和维普的高级检索中进行相关检索并经人工数据清洗后,仅有20条结果能够精确地符合检索要求。

1.1 公众科学的发展历史及现状

公众科学虽然在术语上是一个较新的概念,却有其发展基础和历史渊源。进入20世纪之后,在以鸟类学、天文学、生态学等为代表的自然科学研究领域,出现了一些规模大且持久的公众科学项目。例如,创立于1900年的圣诞节鸟类调查(Christmas Bird Count, CBC)项目,创

立于1966年的北美繁殖鸟类调查计划,2008年由牛津大学、约翰霍普金斯大学等机构联合发起的“星系动物园”(Galaxy Zoo)活动,为纪念英国生物学家、进化论的奠基人达尔文诞辰200周年而开展的公众科学项目“进化实验室”(Evolution MegaLab)等。2012年8月,公众科学发展的里程碑会议“科学研究中的公众参与”在美国召开,吸引了全球300多位来自各个领域的参与者共谋公众科学的发展议题。随后,生态学期刊 *Frontiers in Ecology and the Environment* 组织特刊就公众科学在生态学中的应用和发展进行了总结和思考,强调公众科学对生态学研究的重要影响和前景^[2]。基于公众科学项目在自然资源、生态环境保护等领域的普遍应用, Bonney 等在 *Science* 上撰文认为这种形式不仅可以充分利用公众力量进行科研工作,同时还有利于提升公众的科学素养和环保意识^[17]。Crain 等指出,公众科学本身具有交叉学科领域的特征,涵盖自然科学和社会科学的多个方面。公众科学项目中的公众参与者具有地理分布上的多样性,恰好符合许多自然科学研究对数据的多样性需求^[18]。同时,从社会科学研究的角度看,参与人员的结构分层也更有利于深入且广泛的田野观察和数据采集。截至目前,在国外著名的公众科学网站(www.citizenscience.org)注册的项目已达一千多个。

值得注意的是,近几年崛起的数字人文领域对公众科学项目的实施有了更多迫切的现实需求^[19]。作为一个典型的交叉研究方向,数字人文的探索既包括传统人文社科领域的学者,还包括精通计算机技术和多媒体技术的信息科学研究者^[20],因此从研究团队的结构组成而言比较复杂。同时,海量计算、大规模样本采集、多样性分析等特点使得数字人文领域单凭机器自动处理和科学团队间的合作,还不足以完成如此复杂的工作^[21]。因此,基于群体智慧的科研众包模式将极大地促进数字人文研究的深化和突破。近年来,数字人文领域也开展了一些公众科学项目。如,英国伦敦大学学院(UCL)

数字人文中心2012年启动的“斯莱德档案项目”(Slade Archive Project),以英国斯莱德美术学校历史档案为主题,借助大众标引进行元数据库的构建和完善;澳大利亚国家图书馆通过开展公众科学项目号召读者帮助图书馆的实体建筑以及虚拟场馆进行共享空间的设计,将广大读者与建筑师、室内设计师、图书馆员更好地连接起来;上海图书馆通过开发历史文献众包数据库对“盛宣怀档案和手稿”进行标引和抄录的科学众包活动。然而,相比自然科学领域,数字人文领域的公众科学尝试还尚在起步阶段。

1.2 公众科学的概念化界定和项目流程探索

国外学者从2004年开始陆续对公众科学的概念界定和理论问题进行探讨。有些学者倾向于把公众科学视作是一种方法论层面的范式^[3,12],帮助其他学科和领域解决遇到的一些问题和挑战,尤其是需要多元异构数据支撑的大型项目以及涌现型科学;也有学者把公众科学作为一种具体的联结人与自然生态系统的工具^[15,18,22],将公众科学作为平台或者接口内嵌到一系列具体的科研项目中;还有学者认为公众科学是众包领域的一个具体研究分支^[23-25],即把公众科学项目作为众包在特定情境下的任务处理和解决模式。笔者倾向用整合的3P视角去认识公众科学,即从宏观层面的范式(Paradigm),到中观层面的流程(Process),再到微观层面的平台(Platform)。关于公众科学的理论探索,Wiggins和Crowston对现有的公众科学任务进行分类,并试图对其发展进行理论化的总结与分析^[23]。发表在2014年*Science*上的文章Next steps for citizen science指出,战略性投资(Strategic Investments)和协同机制(Coordination)是未来公众科学充分发挥潜力的两大法宝^[17]。Newman等认为未来的公众科学需要成立项目小组,协同政府部门、企业、协会、期刊以及网络基础设施等,共同打造更好的公众科学服务模式,并指出网络化、开放科学和游戏化机制是成功实施公众科学的有效工具^[2]。

与此同时,一些学者重点对公众科学的类型及特征进行了归纳总结。相较于传统科研项目而言,开放性、参与性和互动性是公众科学类项目开展的基础和特色,科研工作不仅仅是科学家的任务,同时也可以借由大众参与的力量得以实施和完善^[26]。项目的流程设计和运作管理也更为灵活,尤其是面对一些跨学科跨领域的研究主题,公众科学范式能够在很大程度上调动群体智慧的碰撞和融合,产生意想不到的效果^[27-28]。Bonney 等将公众科学项目划分为三个主要类型:贡献型、协作型和共创型^[3]。随后,Shirk 等提出了公众科学项目的 5 种类型,即契约型项目、贡献型项目、协作型项目、联合创新型项目和共议型项目,并构建了相应的公众科学运作实施框架^[29]。

1.3 研究述评

综上所述,过去十年间公众科学已经从一个新兴的概念逐渐演化成互联网环境下群体协作的利器。然而,由于公众科学项目发起主体的多元性、参与方的广泛性和异质性、实施过程的复杂性和动态性,公众科学项目的运行机制和管理方式还有很多亟待解决的难点和挑战。现有研究无论在理论还是实践上都存在较大的局限性。首先,从理论的角度看,尽管公众科学和科研众包在很多研究中被交替使用^[1,8,12],但这两个概念并非是完全等同的。本文认为,公众科学在现有研究中更多被作为研究对象进行解读,而科研众包则主要被视为一种研究视角,即众包模式在科学研究领域的情境化,科研众包模式具有更强的领域性和路径依赖特征。如果要深入挖掘公众科学项目的模式构建和管理机制,则必须对科研众包的理论基础展开系统研究,挖掘公众科学项目和科研众包之间的理论映射,否则公众科学项目的研究难免会流于操作细节和琐碎问题,而缺乏足够的理论支撑和依据。其次,从实践的角度看,目前公众科学项目的开展主要是在自然科学领域,而在社会科学和数字人文等领域还较少,因此公众科学

项目的运作机制和管理对策往往有较大的领域化特征,其研究结论和经验总结的推广性和普及性还不够。

2 公众科学的理论视角:科研众包概念解析

目前,国内外对于科研众包和公众科学两个概念经常交替使用,并没有从理论的角度去进行阐释。笔者认为科研众包理念是成功开展公众科学项目的前提和重点。因此,科研众包可以作为公众科学的理论视角去进行概念解析。同时,对于科研众包类型的解构将有助于公众科学项目的模式设计。

2.1 科研众包的本质和核心驱动

和传统众包活动相类似,科研众包的本质应该也可以追溯到开放创新的理念。如果说商业环境下的众包模式突破了创新形成和发展过程中的组织边界,那么科研众包模式则打破了传统环境中科学家、科研团队、科研机构和普通大众之间的藩篱,让科学研究走出实验室,为更多的大众所接触、认识、理解和参与,同时也促进了不同科研团队在时间维度和空间维度的交叉式创新和破坏式创新,优化科研资源的配置,在更大的社会层面验证并发展开放创新的理论与实践,从而产生更具影响力和推广力的社会创新效应。科研众包强调借助大众力量和群体智慧去解决各个专业学科或者交叉领域的“疑难杂症”,大众在科研众包活动中可以扮演不同的角色,如数据采集、数据汇报、设备共享、参与式研究设计、协作式信息分析、辅助式研究开发等工作。Wechsler 强调将众包模式引入到科学研究工作中的必要性,并指出跨学科的研究更适合采用科研众包范式去推动^[30]。

笔者在前期研究中对众包模式进行了界定,即突出“任务驱动、目标导向”的特性^[31]。同样,在科研众包情境下,这点仍然完全符合。无论是科学家或者科研团队提出任务,还是科

研众包平台部署和分发任务,以及志愿者和大众参与解决任务,乃至最后科研团队和有关部门评估任务完成情况,都可以清楚地看到,任务作为核心属性贯穿了整个科研众包的流程。同时,科研众包的目标也需要在活动执行前预设,并在开展过程中不断补充完善,特别是如何保障科研目标、社会目标以及个体目标的同步发展和达成,是实施科研众包活动所必须重视的环节。从科研众包的核心驱动要素看,笔者认为有三个主要力量。首先,从大众参与的角度讲,志愿者的时间盈余和认知盈余推动了科研众包的发展,有时间参与及有能力参与构成了

科研众包活动有机成长的源动力。其次,从组织和社会的角度,现实的需求和可行的任务拉动了科研众包的发展。越来越多的科研项目需要大众不同程度的参与,同时,合理分解和设计的任务也能更好地降低用户的参与门槛和进入壁垒。最后,从技术的角度讲,移动互联网革新和智能终端普及加速了科研众包的发展,大众可以随时随地用各类 ICT 设备记录、捕捉、创作并共享不同粒度和类型的数据和信息,并借助社会化媒体进行无障碍沟通与协作。具体如图 1 所示。

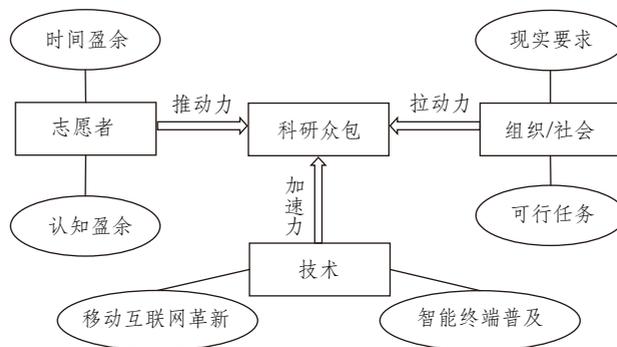


图 1 科研众包的核心驱动力

2.2 科研众包的特色和分类

传统的众包模式主要体现在众包竞赛和维基协作两种类型上^[32]。前者强调方案的优选性,并主要由外部动机和激励所推动。后者强调结果的汇聚性,并主要由内部动机和激励所催生。然而这两种模式在众包任务的分解、协调以及众包参与者的合作、协同等方面都存在很大的理论盲点和实践空白。首先,科研众包的任务较之于很多商业领域的众包任务,往往在复杂度、粒度和属性结构上都更为丰富,不经过合理设计和拆分的任务通常很难被大众所理解和接受,从而影响任务的执行和完成。其次,科研众包由于涉及到不同的参与者和机构,往往需要花更多的时间和精力去沟通和协调多方利益和需求,从众包管理的角度而言,在业务流程和服务模式上也更为复杂。同时,尽管以往

开源软件协作模式(Open Source Software, OSS)在很大程度上也体现出众包的理念和手段,并对协作问题进行了深入探索。但是, OSS 项目的运作主要依赖于有较好编程基础的技术爱好者的参与,这与科研众包活动中参与者为普通大众的定位并不相符,后者往往需要在任务描述、参与者激励和自愿者培训上进行系统性的规划和设计。最后,科研众包活动会产生大量的科研数据,和传统商业领域的众包相比,无论是在数据量级、数据结构和类型以及数据价值密度上都更为丰富、多元和复杂。因此,科研众包对数据监护、数据质量管理和知识发现等方面有着更高的要求。

对于科研众包活动的分类,目前鲜有文献就这方面开展针对性讨论。Geiger 和 Schader 在系统理论的基础上,根据众包活动的元特征从

两个维度进行解读,包括贡献上的同质性(Homogeneous)或异质性(Heterogenous),以及价值上的涌现性(Emergent Value)或非涌现性(Non-Emergent Value)^[24]。笔者认为,同质性和异质性在科研众包活动的实际划分中具有一定的难度和歧义性,问题主要在于如何判断贡献类型和贡献粒度。譬如,即便科研众包任务最后要求参与者上传的都是文本型内容,但上传几个关键词和上传一整段文字明显不在一个工作粒度上。同样,对于图像资源而言,图形(Figure)、图片(Picture)和图像(Image)也在贡献粒度上有所差异。鉴于此,本文首先从科研众包活动采纳的角度,就广泛收集到的用户反馈结果考虑其是否具有涌现特征。非涌现型科研众包指的是每个个体的贡献都是完备的,并且不能或者不需要对个体贡献进行汇聚,同时对个体贡献可以进行独立评估以及开展最优化选择模式,即只有一个或者少数反馈能够最后胜出。竞赛型科研众包就具有典型的非涌现特征,志愿者独立完成任务并上传结果,最后科学家或者科研团队遴选出具有代表性或者最优的反馈。涌现性指的是每个个体的贡献都只是总体的一个部分,需要对个体贡献从样本数量和分布上进

行汇总和整合,对个体贡献不必进行单独评估以及最优化选择,相反更关注的是由个体反馈“聚沙成塔”后的总体态势。

基于此,本文又从价值密度的角度将涌现型科研众包分为量变式涌现和质变式涌现。其中量变式涌现更强调对收集到的反馈样本进行算术平均和统计汇总等处理,投票型科研众包就是一个典型的例子。发包方并不会对单独的投票结果进行评估和分析,而是需要对一个时间段内回收到的全样本进行描述统计和分布检验。然而,质变式涌现则更强调在样本反馈累积的过程中产生质的改进、突破和飞跃,即每个样本反馈的权重并不相同,最终结果的评估并不是从数量上进行汇聚统计,而是关注质量上的递进和提升。质变式涌现也为志愿者提供了更多相互协作的可能,最终的结果可能是在每次反馈的基础上进行迭代式完善,或者在累积的过程中产生裂变式创新。Wiki协作型科研众包就是一个典型的例子。志愿者每次通过审核的贡献都会有一个相应的版本号,但对于最终成果的评估和使用并不是数量上的加总而是质量上的优化。综上所述,本文对三种类型的科研众包活动进行了概念化分析,具体如表1所示。

表1 科研众包类型的概念化解析

类型 维度	非涌现型科研众包	量变式涌现型科研众包	质变式涌现型科研众包
任务目标	收集反馈并比较评估,从而选出最佳方案。	收集反馈并汇总计算评估,反映总体态势和样本分布。	在样本反馈累积的过程中修订、重构并完善任务,展现汇聚综合后的结果。
任务粒度	任务粒度较为多元	任务粒度较为单一	任务粒度较为多元
任务自主性	强	弱	居中
样本量诉求	样本适时收敛	样本越大越好	样本越大越好
质量控制	质量控制级别高	质量控制级别低	质量控制级别中等
平台选择	第三方公共平台为主	自设和公共平台皆可	自设开发平台为主
参与者进入壁垒	适中	较低	较高
参与者贡献类型	非线性贡献为主,异质化较强	线性贡献为主,同质化较强	非线性贡献为主,异质化较强
典型案例	竞赛式科研众包	投票评选式科研众包	维基协作式科研众包

3 科研众包视角下公众科学项目的模式探索

本文关注的公众科学项目,一方面强调汲取群体智慧和大众的力量,基于大众的参与推动项目的成长和发展。另一方面强调项目的属性和研究的结果具有一定的“公众性”和“社会性”,换言之,并不是所有的科学项目都适合采用科研众包的形式,特别是一些过于基础性、参与门槛过高以及受众面过小的项目都不太适合开展公众科学。与此同时,尽管社会科学领域的很多研究主题强调通过样本选择和抽样分析进行一定规模的调研工作,但是此类研究通常都将调研对象或者受众作为研究客体而非研究实施的能动性主体,这也在很大程度上将传统的社会学调研项目排除在公众科学项目之外。笔者认为,公众科学在项目定位初期便应该提倡“取之于民而用之于民”的思想,否则无法成功跳出传统科学共同体的框架而做到真正的开放创新,这也是大部分 Innocentive 科研众包平台上的项目并不能界定为严格意义上的公众科学项目的原因。因此,科研众包并不等同于公众科学。科研众包应该被视为一种解决问题的理念和范式,而公众科学则更多强调项目的公共性和社会使命属性。如陶哲轩的“博学者8号问题”采用了科研众包的形式,但并不能界定为公众科学,因为大众对于此类任务的接受度和理解度还远远不够,同时此类问题对于反馈数量和样本多样性的需求也不高。同时值得注意的是,公众科学项目的面向对象一般是普通大众而不是具备专深理论知识或者领域知识的科学工作者,所以公众科学项目中对于志愿者和科学家的分水岭应该是相对明晰的,并且志愿者的贡献往往是从数量积累中演化或涌现出有质量的内容。因此,尽管公众科学项目植根于科研众包的理念,但其只能被视为一种科研众包的具体表现形式而不能和众包划上严格的等号。Cooper 等认为从术语学和规范性的

角度,应该将那些志愿者参与的科学研究在研究论文和报告中清晰标注“公众科学”的字样,这样一方面有助于将公众科学的功效显性化,另一方面也能更好地帮助后来的研究者总结并梳理这个领域的成果^[7]。

3.1 科研众包视角下公众科学项目的业务模式

过去十年间,国外的公众科学项目得到了科学界、非营利性组织、创新孵化中心以及政府部门的密切关注和持续投入,国内这几年对该领域也开始逐渐重视并予以发展。笔者在前期的研究中对公众科学项目的类型和特征进行了总结,指出公众科学项目会根据科学家或科学研究目的的差异,具体涉及不同的业务,如数据采集、模式识别、样本评价、方案遴选、数据分析以及研究设计等,同时公众参与的程度也有所不同,涵盖了从轻量级的介入到重度的投入^[4]。如上文所述,如果科研众包的本质可以追溯到开放创新的理念,那么基于科研众包的公众科学项目的本质则可以被界定为一种价值共创体系,公众和科学家将在这一体系框架下,通过直接或者间接的合作与协同,去解决不同的科学任务。因此,科研众包视角下公众科学项目的业务模式应该是多元异构的,然而目前还鲜有学术研究在这一方面进行探讨。本文尝试从两个维度构建公众科学项目的分类体系,从而对相关公众科学项目进行业务模式的划分和归纳。其中,一个维度将沿用上文总结的科研众包的三种类型,即非涌现型、量变式涌现型和质变式涌现型,此处不再赘述;另一个维度将聚焦公众科学项目开展的环境。由于项目目标和任务情境的不同,公众科学项目的具体实施场景也有很大的差异。同时,由于本文将公众科学项目界定为一种基于互联网的群体参与及协作模式,因此我们将公众科学开展的宏观环境分为线上环境以及线上-线下环境两类,前者是指所有的任务都可以在互联网或移动互联网上完成,不需要线下的操作和干预;后者是指除了线上工作部分,还需要参与者在线下执行一系列

任务操作,如数据采集和样本收集工作,任务的成功进行必须由线上和线下两部分组成且缺一不可。鉴于此,本文针对公众科学项目构建出六种类型的业务模式,如图2所示。

随后,笔者从国内外较有影响力的公众科学项目中选出若干个进行业务模式的划分。筛选的依据主要考量项目在国际公众科学网站目录(<https://ccsinventory.wilsoncenter.org/>)中的热度排行,以及就公众科学项目的领域性、项目属性(自然科学、人文社科以及数字人文)及参与国别进行权衡,最后共筛选出16个公众科学

项目进行分析。接着,笔者通过对每个公众科学项目的任务描述(目标、粒度和自主性)、样本量需求、质量需求、平台选择、进入壁垒和贡献程度等因素进行判断,尝试将16个公众科学项目划分到不同的业务模式中,具体结果如图2所示。初步结果显示,每种业务模式都有相应的公众科学项目纳入其中,且业务模式之间的排他性较为明显,同时也没有项目超出现有的分类体系。这说明本文设定的框架体系能够较好地体现公众科学项目在业务模式上的区分度。



图2 科研众包视角下公众科学项目的业务模式

3.2 科研众包视角下公众科学项目的运作模式

笔者在前期的研究中对传统的众包项目运作模式进行了系统阐述,从众包活动的流程入手提炼出三个实体、三大属性以及九个操作^[25]。然而,正如上文所述,虽然公众科学项目也隶属于众包活动的范畴,但其情境性、领域性和路径依赖性都决定了公众科学项目的成功实施不能直接照搬传统众包活动的流程。目前,公众科学项目的运作流程和管理对策缺乏战略性的顶层设计,仅有一些基础性框架作为指导,而没有针对科研众包的通用模式去进行理论演绎和战略定位。具体体现在对于一些关键性问题还没有进行深入探究。譬如,如何基于公众科学项

目中发包方的实际需求以及接包方的现实能力,针对公众科学项目的任务进行描述、分解、推荐等设计?如何持续地吸引广大志愿者参与到公众科学项目中来,并对其进行必要的科学素养和信息素养的培训工作?如何对公众科学项目中产生的科研数据进行数据管护和知识发现?要很好地回答并解决这些问题,笔者认为有必要改进公众科学项目的运作模式,在流程设计和管理上进行创新,从而提升公众科学项目的执行效率、成功率和影响力。鉴于此,本文提出以“机构观”的思想去驱动、管理并维系公众科学项目的发展。具体而言,在原先三个主体(发包方、平台和接包方)的基础上引入第四

个主体,即第三方组织机构。这里的组织机构泛指科学家或科学团队主体以外的创新孵化基地、数字文化基地、众创工坊,甚至一些相关的非营利性组织和政府部门。笔者认为,由于公众科学项目的本质涉及科学研究任务,故而不能指望这类项目能够被大众自发接受并高效完成,而传统的众包项目运作模式更多依靠平台自身的激励设计以及任务推广去带动整个流程,在项目冷启动、死循环和全过程监管上往往力不从心,在项目的参与者培训和多主体沟通方面更是一筹莫展。因此,本文强调加入第三方组织机构这一实体,通过构建矩阵式项目管理机制,协助科研团队开展并推动公众科学项目在任务设计与推送、资源整合与数据管理、用户激励与培训、多主体沟通与协作等方面进行结构和流程优化,承担业务管理、数据管理和流程管理等项目管理职责,针对公众科学项目中不同阶段的问题提出切实可行的解决方案。具体框架如图3所示。

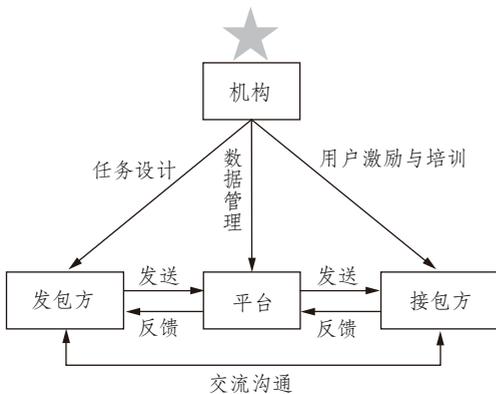


图3 科研众包流程中的机构观

为了更好地揭示科研众包视角下公众科学项目的运作模式,本文采用概念结构设计中常用的准ER图(实体-联系图)的形式进一步刻画公众科学项目的具体流程。基于科研众包“任务驱动、目标导向”的特性,笔者在图3的基础上增加科学任务这一实体。传统的众包研究中任务通常被作为其他实体的属性,这种做法在一定程度上隐藏了很多具体的操作步骤,因

为事实上每个实体都会和任务发生联系。因此,本文将科学任务作为弱实体(即依赖于强实体而存在,也可作为强实体的属性)进行设计,并与其他四个实体产生联系。通过对5个实体间联系的深入探索,本文提炼出12种具体行动,其中8个行动发生在两个实体的交互过程中,而另外4个行动发生在三个实体的交互过程中。具体如图4所示。从公众科学项目的运作流程来看,主要的八个步骤包括:①科研团队提出科学任务;②机构与科研团队沟通从而明确科学任务;③机构在针对科研团队需求分析的基础上设计科学任务,即对任务进行必要的界定、明晰和分解;④机构开发或选用相关的科研众包平台开展公众科学项目;⑤科研团队在平台上发布设计好的科学任务;⑥平台发掘相关志愿者并进行任务推送;⑦机构对相关志愿者进行必要的科学素养及信息素养的培训;⑧志愿者执行并完成相关的科学任务。这8个行动构成了公众科学项目运作的基本流程。

除此之外,还有4个行动能进一步提升公众科学项目的执行效率和成功率,分别是激励、协同、评价和科研数据管护。这四个行动都经由三个实体的交互而实现,并且每个行动都需要以机构为主导来推动,从而进一步体现出公众科学项目运作模式中“机构观”的特色。其中,激励机制是机构为了更好地吸引志愿者参与公众科学项目,而在平台上开展的一系列激励设计工作。目前有一些针对公众科学项目开展的游戏化研究都致力于解决这个问题^[33-35]。协同机制是机构为了更好地联系科研团队和志愿者而开展的一系列直接或间接、线上或线下的活动,目标是为了让两个主体更好地理解对方的诉求,消除刻板印象,从而产生更高效的协作和配合。评价机制是机构帮助科研团队更好地对回收到的任务反馈进行质量评估和控制,一方面可以减轻科研团队的工作负担,另一方面也可以更为客观地评估公众科学项目的结果,即在科学目标的测评之外,更全面地将教育目标和社会目标等评估指标纳入评价体系。数据管

护机制是指机构对平台上的任务进行全生命周期的科研数据监管和维护,并在此基础上开展相应的知识发现和知识创新服务。

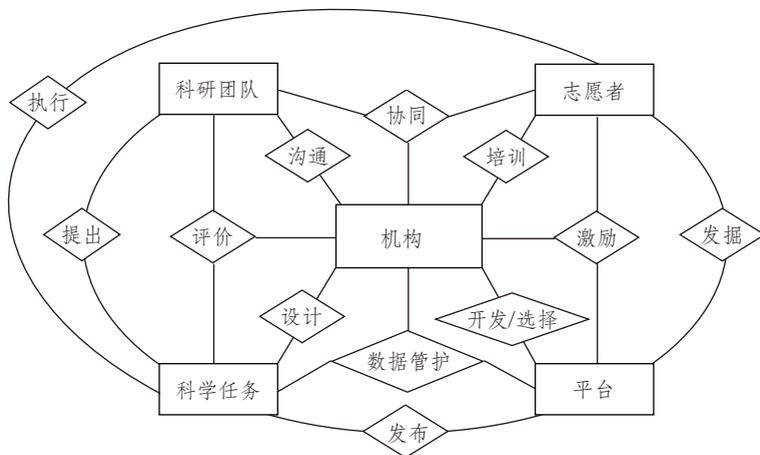


图4 科研众包视角下公众科学项目的运作模式

4 公众科学项目:我们能做什么?

在理论研究方面,国内学者直接探索公众科学项目的成果还很少,但近两年对科研众包的概念归纳^[36]、典型案例^[37]、运作模式^[38]、业务流程^[39-40]、网络模式创新机理^[41]等方面开展了一系列研究。在实践探索方面,国内已经开展的公众科学项目大多停留在初步的数据采集阶段,且以自然科学领域为主,对于人文社科领域如何开展公众科学项目的关注还不够。Sullivan 等指出,公众科学项目要从传统的数据采集延伸到更多的业务,包括社区参与、数据管护、数据集成和分析、模式识别及可视化,以及成果的推广^[42]。笔者认为,无论从理论还是实践层面,公众科学这一新兴研究对象都有很多亟待解决的研究问题。首先,公众科学的开展和实施强烈依赖于群体智慧和群体参与。因此,科研众包模式作为公众科学的理论基础,需要行之有效的规划和设计。目前,国内外对于科研众包模式的探索大多直接借鉴商业环境下的众包模式,并没有深入契合科研这一情境开展相应的模式设计,也无法很好地解决科研情

境下众包方案的路径依赖和情景响应。第二,公众科学项目的开展和实施需要相应平台和机构的支撑。目前,我国在公众科学平台建设上投入的力度还远远不够,现有的公众科学平台的利用率不高,功能也比较单一。从机构的角度看,目前我国的公众科学项目大多由科研机构自发承担,然而科研机构的精力主要集中在科研工作上,并不能有效地分散到公众科学项目的管理和协调中,因此很多公众科学项目在运作过程中往往显得力不从心,持久性和效果都不容乐观。第三,公众科学项目的规划、管理和评价要面向知识创新和服务创新,需要用战略的眼光去进行模式设计和项目管理。公众科学项目不应仅停留在简单的数据采集层面,而是应该将科学创新和科学普及进行有效的双轨互动及融合。

从学科的角度,公众科学项目的理论和实践探索也为图书情报领域带来了一系列研究机遇。同时,图书情报机构也能在公众科学项目的规划、发展和推广上大有作为。特别是,从信息资源管理研究而言,数字人文类公众科学项目的相关议题值得图书情报领域的学者和实践者深入探索,数据科学和设计思维两大范式可

以在其中相得益彰、共同发展。刘炜等在《面向人文研究的国家数据基础设施建设》一文中指出,通过对图书馆、博物馆、档案馆等人类记忆和文化遗产机构的大量馆藏资源进行数字化,可以将传统的数字图书馆升级为数字人文研究平台,从而为公众、社会和科研机构发挥更大的价值^[21]。笔者在本文的最后抛砖引玉,从图书情报学科的角度提出四点研究机遇,仅供后来的学者参考。

(1) 充分利用特藏资源开展数字人文类公众科学项目研究。特藏资源由于其特殊性,很多难以通过计算机予以智能采集、整合、开发和应用,如古籍手稿抄录、资源完善、语境填充、资源校正、分类不规范等问题,需要大量志愿者的共同参与予以解决^[43]。著名数字人文学者 Schreibman 指出数字人文项目绝不仅仅是将文献数字化,而应当延伸到公众潜在教育及培训功能、网络社群形成、再数字化等方面^{[44]8-9}。公众科学项目所具有的开放创新和群体智慧理念,可以有效帮助数字人文类项目的管理者从外部获取更经济、更优质的问题解决方案。因此,从“资源观”角度出发探索数字人文类公众科学项目的规划和运作具有强烈的现实意义和可行性。

(2) 通过构建数字人文平台推动公众科学项目的发展。目前公众科学项目的开展主要依托两类渠道,一是自主开发设计相关的科研众包系统,或是借助一些成熟的众包网站,如 Amazon Mechanical Turk (AMT) 和 Innocentive 等。这两类方式各有特色,但始终都无法回避一个共同的局限性,即如何利用平台效应更好地推动公众科学项目的成功实施。“平台观”并不仅仅是开发或选用一个网站那样简单(即物理层面的系统平台),而是应该充分考虑到平台中前期资源的建设和配置是否足以支撑公众科学项目的开展,并创建有利于公众科学项目持续发展及推广的虚拟层面的网络社区和实践社区。事实上,目前的数字人文平台和公众科学项目往往在各自的轨道上发展,缺乏对项目本质的

思考以及所需资源的合理规划。笔者建议未来的研究和实践可以从两种范式上探索。第一,由数字人文平台驱动的公众科学项目。该体系下的公众科学项目将内嵌集成到数字人文平台中,由数字人文平台给予全面支撑;第二,由数字人文平台辅助的公众科学项目。该体系下的公众科学项目将与已有的数字人文平台对接和匹配,公众科学项目只是部分使用数字人文平台提供的资源。囿于篇幅,笔者将另文撰述这两种不同的知识创新服务模式。

(3) 优化数字人文类公众科学项目的科研数据管护机制。以往的公众科学项目研究缺乏对数据的关注和深入挖掘,没有将项目运作中产生的科研数据作为一种资产进行有效管理和利用。在今后的研究中,笔者倡导将元数据构建、关联数据分析以及数据监护等图书情报学科的理论与方法应用在数字人文类公众科学项目平台的管理和运维中。对数字人文类公众科学项目中产生的科研数据进行深度聚合,充分利用开放数据和关联数据挖掘技术解决科研众包任务描述、匹配、推荐过程中普遍存在的语义分歧、语义化整合问题,并对基于推理的知识发现进行研究。通过科研数据的管护和可视化工作开展相关的知识发现和知识创新服务,同时也为数字人文类公众科学项目的任务设计和用户激励提供数据反馈和行动依据。

(4) 针对志愿者开展用户激励和科学/信息素养的培训。Jordan 等指出在公众科学项目中,科学目标、教育目标以及参与者的动机之间存在的潜在冲突,是项目规划和设计所必须考虑的重点^[45]。科学家和科研团队很多时候将公众科学项目作为一种快速获取大众反馈和方案的渠道,这种“工具思维”使得科学家和科研团队并不会放很多精力在志愿者的激励和培训上。然而事实证明,急功近利的公众科学项目并不能收获真正意义上高质量且有价值的成果。数字人文类公众科学的项目开展过程中,如何吸引大量的公众参与其中并对其进行有效的基本培训,从而确保志愿者有动力且有能力去完成

任务,是值得探索的研究问题。其中,公众参与的动因分析及“冷启动”对策,基于游戏化元素的参与者激励设计等问题需要开展一系列实证研究。同时,公众科学在提升科技创新和开放创新的同时也极大地拓宽了科学普及的覆盖面和途径。公众科学项目可以被视为一类非正式教育项目^[3,8]。所以,在公众科学项目开展之初,教育目标也必须被摆到一个非常重要的位置去思考。为了让参与者更好地完成公众科学项目,笔者倡导引入行动研究的范式,针对数字人文类公众科学项目中志愿者的科学素养、信息素养和媒介素养开展嵌入式培训。

5 结语

公众科学项目的探索是一个跨学科、跨领域的研究命题,无论是自然科学研究还是人文社会

科学研究都可以借助公众科学项目的形式去实践科研众包的理念。公众科学项目对于个人、组织和社会都具有重要的实践意义。对个人而言,公众科学项目会给予参与者不同形式和程度的培训和指导,从而增强个人参与科学的积极性,提升公民的科学素养和信息素养。对组织而言,本文提出“机构观”的思想,倡导相关组织机构协助科研团队开展并推动公众科学项目,承担业务管理、数据管理和流程管理等项目管理职责。对社会而言,科学研究“取之于民而用之于民”的思想在公众科学项目的探索中得到充分体现。公众科学在参与者规模、任务执行的速度和效力、精准度和影响力等方面都有可能创造巨大的社会价值。从图书情报学科的角度,科研众包模式和公众科学的研究有助于优化网络信息资源的组织、聚合、开发与利用,丰富大数据环境下知识创新和服务创新的理论和实践探索。

参考文献

- [1] 胡昭阳,汤书昆. 众包科学:网络时代公众参与科学的全新尝试——基于英国“星系动物园”众包科学组织与传播过程的讨论[J]. 科普研究,2015,10(4):12-21. (Hu Zhaoyang, Tang Shukun. Crowdsourcing science: an attempt for public engagement with science in the age of network; a discussion based on the organizational process of British “Galaxy Zoo” crowdsourcing science [J]. Studies on Science Popularization, 2015, 10(4): 12-21.)
- [2] Newman G, Wiggins A, Crall A, et al. The future of citizen science: emerging technologies and shifting paradigms [J]. Frontiers in Ecology & the Environment, 2012, 10(6): 298-304.
- [3] Bonney R, Cooper C B, Dickinson J, et al. Citizen Science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy [J]. BioScience, 2009, 59(11): 977-984.
- [4] 牛毅冲,赵宇翔,朱庆华. 基于科研众包模式的公众科学项目运作机制初探——以 Evolution MegaLab 为例 [J]. 图书情报工作, 2017, 61(1): 5-13. (Niu Yichong, Zhao Yuxiang, Zhu Qinghua. Exploring the operation mechanism of research crowdsourcing oriented citizen science project: a case study of Evolution MegaLab [J]. Library and Information Services, 2017, 61(1): 5-13.)
- [5] 张健,陈圣宾,陈彬,等. 公众科学:整合科学研究、生态保护和公众参与[J]. 生物多样性,2013,21(6): 738-749. (Zhang Jian, Chen Shengbin, Chen Bin, et al. Citizen science: integrating scientific research, ecological conservation and public participation [J]. Biodiversity Science, 2013, 21(6): 738-749.)
- [6] Curtis V. Motivation to participate in an online citizen science game: a study of foldit [J]. Science Communication, 2015, 37(6): 723-746.
- [7] Cooper C B, Dickinson J, Phillips T, et al. Citizen Science as a tool for conservation in residential ecosystems [J]. Ecology & Society, 2007, 12(2): 375-386.
- [8] Silvertown J. A new dawn for citizen science [J]. Trends in Ecology & Evolution, 2009, 24(9): 467-471.

- [9] Wiederhold B K. Citizen scientists generate benefits for researchers, educators, society, and themselves[J]. *Cyberpsychology Behavior & Social Networking*, 2011, 14(12): 703–704.
- [10] Sagarra O, Gutierrez-Roig M, Bonhoure I, et al. Citizen science practices for computational social science research: the conceptualization of pop-up experiments[J]. *Frontiers in Physics*, 2016, 3(93): 1–14.
- [11] Baker B. Frontiers of Citizen Science: explosive growth in low-cost technologies engage the public in research[J]. *BioScience*, 2016, 66(11): 921–927.
- [12] Brossard D, Lewenstein B, Bonney R. Scientific knowledge and attitude change: the impact of a citizen science project[J]. *International Journal of Science Education*, 2005, 27(9): 1099–1121.
- [13] Delaney D G, Sperling C D, Adams C S, et al. Marine invasive species: validation of citizen science and implications for national monitoring networks[J]. *Biological Invasions*, 2008, 10(1): 117–128.
- [14] Fore L S, Paulsen K, O’Laughlin K. Assessing the performance of volunteers in monitoring streams[J]. *Freshwater Biology*, 2001, 46(1): 109–123.
- [15] Raddick M J, Bracey G, Gay P L, et al. Galaxy zoo: exploring the motivations of citizen science volunteers[J]. *Astronomy Education Review*, 2009, 9(1): 89–103.
- [16] Iii B V I, Umek L G, Wise D H, et al. A simple, safe, and effective sampling technique for investigating earthworm communities in woodland soils: implications for citizen science[J]. *Natural Areas Journal*, 2016, 32(3): 283–292.
- [17] Bonney R, Shirk J L, Phillips T B, et al. Citizen science. Next steps for citizen science[J]. *Science*, 2014, 343(6178): 1436.
- [18] Crain R, Cooper C, Dickinson J L. Citizen science: a tool for integrating studies of human and natural systems[J]. *Annual Review of Environment & Resources*, 2014, 39(1): 641–665.
- [19] Sula C A. Digital humanities and libraries: a conceptual model[J]. *Journal of Library Administration*, 2013, 53(1): 10–26.
- [20] 柯平, 宫平. 数字人文研究演化路径与热点领域分析[J]. *中国图书馆学报*, 2016, 42(6): 13–30. (Ke Ping, Gong Ping. The evolution path and hot topics of digital humanities research[J]. *Journal of Library Science in China*, 2016, 42(6): 13–30.)
- [21] 刘炜, 谢蓉, 张磊, 等. 面向人文研究的国家数据基础设施建设[J]. *中国图书馆学报*, 2016, 42(5): 29–39. (Liu Wei, Xie Rong, Zhang Lei, et al. Towards a national data infrastructure for digital humanities[J]. *Journal of Library Science in China*, 2016, 42(5): 29–39.)
- [22] Pilny A, Keegan B, Wells B, et al. Designing online experiments: citizen science approaches to research[C]// *ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing Companion*. ACM, 2016: 498–502.
- [23] Wiggins A, Crowston K. From conservation to crowdsourcing: a typology of citizen science[C]// *Hawaii International Conference on System Sciences*. IEEE, 2011: 1–10.
- [24] Geiger D, Schader M. Personalized task recommendation in crowdsourcing information systems—current state of the art[J]. *Decision Support Systems*, 2014, 65(C): 3–16.
- [25] Zhao Y, Zhu Q. Evaluation on crowdsourcing research: current status and future direction[J]. *Information Systems Frontiers*, 2014, 16(3): 417–434.
- [26] Laut J, Cappa F, Nov O, et al. Increasing citizen science contribution using a virtual peer[J]. *Journal of the Association for Information Science & Technology*, 2017, 68(3): 583–593.
- [27] Couvet D, Jiguet F, Julliard R, et al. Enhancing citizen contributions to biodiversity science and public policy[J]. *Interdisciplinary Science Reviews*, 2008, 33(1): 95–103.
- [28] Chow A T, Chong J H, Cook M, et al. Vanishing fireflies: a citizen-science project promoting scientific inquiry and environmental stewardship[J]. *Science Education and Civic Engagement*, 2014, 6(1): 23–31.
- [29] Shirk J L, Ballard H L, Wilderman C C, et al. Public participation in scientific research: a framework for deliberate

- design[J]. *Ecology & Society*, 2012, 17(2):29-48.
- [30] Wechsler D. Crowdsourcing as a method of transdisciplinary research—tapping the full potential of participants[J]. *Futures*, 2014, 60:14-22.
- [31] Zhao Y, Zhu Q. Conceptualizing task affordance in online crowdsourcing context[J]. *Online Information Review*, 2016, 40(7):938-958.
- [32] Zhao Y, Zhu Q. Effects of extrinsic and intrinsic motivation on participation in crowdsourcing contest[J]. *Online Information Review*, 2014, 38(7):896-917.
- [33] Preece J. Citizen science: new research challenges for human-computer interaction[J]. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2016, 32(8):585-612.
- [34] Prestopnik N R, Tang J. Points, stories, worlds, and diegesis: comparing player experiences in two citizen science games[J]. *Computers in Human Behavior*, 2015, 52:492-506.
- [35] Prestopnik N, Crowston K, Wang J. Gamers, citizen scientists, and data: exploring participant contributions in two games with a purpose[J]. *Computers in Human Behavior*, 2017, 68:254-268.
- [36] 曾婧婧. 国外政府资助型科研众包研究综述[J]. *中国科技论坛*, 2016(12):147-153. (Zeng Jingjing. A review of the research on foreign government funded research crowdsourcing[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2016(12):147-153.)
- [37] 刘毅. 解构“互联网+科研管理”的科研众包模式——从国内外若干案例谈起[J]. *广东科技*, 2016(7):59-65. (Liu Yi. Deconstructing scientific crowdsourcing mode under the situation of “Internet+scientific management”: cases at home and abroad[J]. *GD Science & Technology*, 2016(7):59-65.)
- [38] 卫桐圻, 姜涛, 陶斯宇, 等. 科研众包——科研合作的新模式[J]. *科学管理研究*, 2015, 33(2):16-19. (Wei Tongqi, Jiang Tao, Tao Siyu, et al. Science sourcing: a new model of scientific cooperation[J]. *Scientific Management Research*, 2015, 33(2):16-19.)
- [39] 庞建刚, 刘志迎. 科研众包参与主体及流程的特殊性[J]. *中国科技论坛*, 2015(12):16-21. (Pang Jiangan, Liu Zhiying. Speciality of participants and process of crowdsourcing innovation[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2015(12):16-21.)
- [40] 庞建刚, 刘志迎. 科研众包式科技创新研究——基于网络大众科技创新投入的视角[J]. *中国软科学*, 2016(5):184-192. (Pang Jiangan, Liu Zhiying. How to optimize the process of innovation in crowd-sourcing community[J]. *China Soft Science*, 2016(5):184-192.)
- [41] 张绍丽, 郑晓齐. 科研众包网络模式创新及其实现路径[J]. *中国科技论坛*, 2016(9):5-10. (Zhang Shaoli, Zheng Xiaochi. Research crowdsourcing network model innovation and implementation path[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2016(9):5-10.)
- [42] Sullivan B L, Wood C L, Iliff M J, et al. eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences[J]. *Biological Conservation*, 2009, 142(10):2282-2292.
- [43] Carletti L, Giannachi G, Price D, et al. Digital humanities and crowdsourcing: an exploration[C]. *Museums and the Web*, 2013:76-85.
- [44] Schreibman S, Siemens R, Unsworth J. 17. Graphical approaches to the digital humanities[M]// *A new companion to digital humanities*. John Wiley & Sons, Ltd, 2015:8-9.
- [45] Jordan R C, Gray S A, Howe D V, et al. Knowledge gain and behavioral change in citizen-science programs[J]. *Conservation Biology*, 2011, 25(6):1148-1154.

赵宇翔 南京理工大学经济管理学院信息管理系教授, 硕士生导师。江苏 南京 210094。

(收稿日期: 2017-05-30)