

基于社交网络的社交行为分析

李磊^① 汪萌^① 吴信东^{①②}

^①(合肥工业大学计算机与信息学院 合肥 230009)

^②(路易斯安那州立大学计算机与信息学院 拉斐特 70503)

摘要: 近来, 社交网络类应用得到了迅猛发展。其中, 社交网络相关的社交行为是最主要的发展方向之一, 得到了学术界研究者的广泛关注。该文从行为的成因、行为的表现及行为的影响 3 个方面对社交网络行为进行全面分析。具体来说, 在分析了社交网络行为的基础概念之后, 首先引入了社交网络行为的 3 个最重要的原因: 用户采纳、用户忠诚和用户信任。然后, 基于这些原因, 从一般使用行为, 内容生成行为和内容消费行为 3 个常用行为方面分析了用户在社交网络上的行为表现方式。最后, 该文分析了社交网络行为的影响, 包括行为影响力衡量和行为引导两个最重要角度。社交行为的系统性分析为下一步相关研究指明了方向。

关键词: 用户行为; 社交行为; 行为建模; 行为成因; 行为表现; 行为影响

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2017)09-2108-11

DOI: 10.11999/JEIT161273

Social Network Based Social Behavior Analysis

LI Lei^① WANG Meng^① WU Xindong^{①②}

^①(School of Computer Science and Information Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

^②(School of Computing and Informatics, University of Louisiana at Lafayette, Lafayette 70503, USA)

Abstract: Recently, social network applications develop dramatically. Social network related social behaviors are one of the most important areas, which receive broadly attentions from researchers in academics. This survey paper analyzes the social behaviors comprehensively with respect to the causes of social behaviors, the performance of social behaviors and the influence of social behaviors. More specifically, after analyzing the basic concepts of behaviors in social networks, the three most important causes of behaviors in social networks are firstly introduced, such as user adoption, user loyalty and user trust. With these causes, the performance of user behaviors in social networks can be analyzed with respect to three common behaviors, including general usage behaviors, content creation behaviors and content consumption behaviors. Finally, the research on the influence of social network behaviors is presented, which includes the most important aspects, such as influence evaluation and behavior induction. The systematical analysis of social behaviors points out the future directions of related research in next steps.

Key words: User behaviors; Social behaviors; Behavior modeling; Cause of behaviors; Performance of behaviors; Influence of behaviors

1 引言

近些年, 社交网络类应用, 例如在线社交网络, 微博, 博客, BBS, 维基, 出现并迅速发展起来。这导致了互联网使用方式的重大改变, 即从简单的

信息检索和网页浏览, 到社交关系的构建和维护, 以及基于社交关系的信息创建, 交流和共享。基于互联网的社交网络成为了社交关系维护和信息共享的重要渠道和载体^[1]。一般来说, 社交网络是一种由多个节点和节点之间关系构成的社会结构^[2]。其中, 节点表示一个人或者社交网络的一个参与者。利用节点间的社交关系, 社交网络可以链接各种各样的社会关系, 不仅有偶然相识说过几句话的陌生人, 也有紧密血缘关系的家庭成员。

和传统的网络应用^[3]或者信息媒体相比, 在线社交网络具有特别的特性: 在通过社交网络简单发布

收稿日期: 2016-11-24; 改回日期: 2017-04-28; 网络出版: 2017-06-14

*通信作者: 李磊 lilei@hfut.edu.cn

基金项目: 国家973规划项目(2013CB329604), 国家重点研发计划(2016YFB1000901), 国家自然科学基金(61503114)

Foundation Items: The National 973 Program of China (2013CB329604), The National Key Research and Development Program of China (2016YFB1000901), The National Natural Science Foundation of China (61503114)

或者收到信息之后，社交网络的每个参与者都有权利散布自己的观点，不同的观点每时每刻都在社交网络中发布。一旦信息发布出去，就有可能以“核爆炸”的方式几何扩散出去，从而形成具有类似兴趣的虚拟社区的形成^[2,4,5]。因此，社交网络可以快速组织线下人员到真实的社会群体活动，从而形成了一定的社会动员力。随着社交网络的快速发展，在线社交网络和线下社交网络的融合对人类社会的行为影响越来越大。因此，对社交网络，特别是社交网络中的行为，进行研究具有重大的理论价值、应用价值和实际意义。

为了解决国家安全和发展的重大需求，例如网络舆情分析和引导，突发事件的监控和响应，和在线群体交互等，本文调研并分析了社交网络中社交行为成因，社交行为的表现及社交行为的影响等社交行为分析与挖掘的相关理论及模型。

2 社交网络中的行为

随着在线社交网络的快速发展和在线用户的快速增长，以交友和信息共享为目标的社交网络成为了信息传递、商品推荐、观点表达和影响力产生的理想平台。对于不同类型的社交网络技术，服务和应用，网络用户选择合适的行为以满足他们对于社交，娱乐和信息获取的需求。

2.1 用户行为与语义行为

社交网络的用户行为是指基于个人需求，社会影响力和社交网络技术等因素而采用某种社交网络服务的行为及各种相关活动的总和。典型的社交网络用户行为包括一般用户行为，内容创建行为和内容消费行为。这也是基于社交网络行为分析的主要研究内容。例如，我们可以研究内容创建或者内容消费的模式，从而发现下次内容创建或者内容消费的时间。

另外一个基于社交网络行为分析的重要研究方向是关于社交网络的语义行为。社交网络中语义行为是指基于社交网络中的用户行为，一般是基于社交网络用户发布的内容，推导出其在现实生活中的用户行为。例如，基于一个用户发布的图片的背景，我们可以推断出用户的家庭住址，每天的行进路线，或者个人爱好。这些信息可以被社会工程学中用来攻击用户，从而导致用户的经济损失。

社交网络的用户行为是社交网络行为的狭义形式，这也是当今社交网络行为研究的核心，大部分关于社交网络行为研究的论文都是关于这个方面的。社交网络的语义行为是社交网络行为的广义形式，这是社交网络行为研究的未来。这是因为语义

行为可以覆盖更多的信息，可以对用户工作和生活有更大的影响。但是，由于社交网络语义行为可以较容易地伪造^[6,7]，导致得出信息的可信度比较低^[8,9]，因此我们需要引入新的理论和方法来确定社交网络语义行为的可信度，获得社交网络语义行为的真实信息，从而获得社交网络用户在真实生活中的行为信息。

2.2 个体行为与群体行为

社交网络的个体行为分析是指针对社交网络中的一个参与者基于其个人需求，社会影响和社交网络技术综合分析衡量所采用的服务和所有相关的行为^[10]。而社交网络的群体行为是由某种条件激发，之后多个个体加入到一个群体中并彼此产生行为交互^[11](例如共享信息)，以达到某种程度的一致，从而表现出一种群体行为^[12]。简单来说，社交网络的个体行为是指分析一个人的行为，而社交网络的群体行为是指分析一群人的行为。因此，个体行为研究是群体行为研究的基础，相对得到了更广泛的研究。所以，本文主要将从微观角度分析社交网络个体行为，基本不涉及宏观角度的社交网络群体行为分析。

3 社交网络的行为成因

对于社交网络行为成因，即什么导致了社交网络的行为，我们基于社交网络的技术性质和用户的心理经验研究了用户的采纳、忠诚和信任对用户行为的影响。

3.1 社交网络中的用户采纳

社交网络中的用户采纳是指用户基于他们自己的需求，社会影响和社交网络技术来采纳某种社交网络服务的意愿和行动。到目前为止，对于社交网络用户的采纳行为的原理的研究，已经有了很多的理论和模型。在实际应用中，我们用的比较多的有技术接受模型(Technology Acceptance Model, TAM)和计划行为理论(Theory of Planned Behaviour, TPB)。

对于技术接受模型，文献[12]研究了在线社交网络的用户接受行为，并证实了临场感(telepresence)和利他主义(altruism)通过可用性感知和有用性感知对感受到的容易性有着间接作用，而社会角色对感受到的有用性和感受到的鼓励有着直接的显著作用。文献[13]在基础技术接受模型上增加了一些新的变量、包括移动性、大多数的选择、使用背景、社会影响力和习惯。而文献[14]在基础技术接受模型上增加了感受到的有趣性，感受到的规范压力，信任和大多数的选择作为使用意愿的直接影响因素。实验结果证实了这4个变量都对使用意愿有着直接影

响,并且感受到的有趣性对使用意愿有着显著的直接影响。针对电子服务质量的研究,Wu等人^[15]指出最重要的影响使用意愿的是品牌的信誉,网站的安全和社交媒体上用户的交互。同时,用户的评论和用户的交流也影响用户的使用意图。

对于计划行为理论,文献[16]研究了在线社交网络中的用户采纳,并观察到态度和感受到的行为控制都对青少年在社交网络的使用意愿有着显著的直接作用。同时,主观规范对青少年在社交网络的使用意愿没有显著的直接作用。但是,这和早期关于计划行为理论的研究结果相矛盾。这很可能是由于新加入的社团规范性比主观规范性在衡量社会规范性对于采用的影响更有效。这可以由当社团规范性进入回归模型的时候主观规范性对使用意愿的影响从显著变化为微弱这个事实证实。

在计划行为理论的基础之上,文献[17]增加了新的变量,例如自我认知,从属性,性别,年龄和过去使用史,并构建一个新的社交网络用户使用意愿预测模型。实验结果显示态度,主观规范性和自我认知全都对使用意愿有着显著的正面作用。文献[18]利用计划行为理论模型,聚焦了中国的社交网络采用行为,并构建了5种使用意愿模型。分析结果显示,信息,娱乐,交友和一致性都对社交网络使用意愿有着显著影响,并且用户态度,感受到的行为控制和主观规范都对社交网络采用意愿有着显著影响。采用计划行为理论模型,文献[19]针对伊朗学生对于有机食物购买的研究指出最主要的因素是学生的态度,自我认知和道德规范。

3.2 社交网络中的用户忠诚

在用户开始使用在线社交网络之后,如何使用户继续使用该服务成为社交网络服务提供商的一个核心难题。随着新的社交网络服务产生的压力,保持用户的忠诚变得越来越困难。因此,我们需要引入理论和方法来研究社交网络中用户忠诚的原理。到目前为止,关于社交网络用户忠诚的研究中,期望确认理论(Expectation Confirmation Theory, ECT)和心流体验理论(flow theory)是在实际应用中采用最多的理论。

对于期望确认理论,Kang等人^[20]聚焦了韩国最大的社交网络Cyworld的用户行为,并试图发现社交网络中用户忠诚的关键因素。实验结果揭示了期望确认对满意度没有显著的作用;满意度对持续意愿有着微弱的作用;后悔对满意度没有显著的作用,这可能是由于负面作用只在期望确认值比较低的时候显现,而Cyworld的数据集中期望确认值很高;利用期望确认理论,文献[21]引入了感受到的容易

性,感受到的有趣性和感受到的变换代价。该文证实了感受到的容易性,感受到的有用性,感受到的有趣和变换代价都对社交网络的持续意愿有着直接显著作用。文献[22]利用创新扩散理论中感受到的创新性代替期望确认理论中感受到的容易性,并观察到感受到的创新性对社交网络的持续使用有着显著影响。Zhang等人^[23]对于期望确认模型进行了扩展,指出决定消费者的满意度的是感受到的网站质量,感受到的价格优势和确认度,决定消费者持续意图的是感受到的网站质量,信誉,满意度和大多数的选择。基于心流体验理论(flow theory),Zhou等人^[24]研究了移动社交网络的用户忠诚。分析结果显示移动社交网络的信息质量和系统质量都对信任和心流体验经历有相关作用,信任对心流体验经历和用户忠诚有相关作用,心流体验经历对用户忠诚有显著作用。除此之外,和信息质量相比,系统质量对用户信任有重大作用。文献[25]结合了技术接受和使用统一理论(Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT),期望失验理论(Expectation Disconfirmation Theory, EDT)和心流体验理论(flow theory),针对Facebook用户提出了一个持续意愿模型。在分析了482个样本数据之后,他们得出心流体验经历不仅通过满意度对持续使用有着间接作用,而且对持续意愿有着直接显著作用。另外,Wu等人^[26]和Chang^[27]采用心流体验理论解释了社交网络中社交游戏或者娱乐应用的持续行为。基于心流体验理论,Wu等人^[26]验证了感受到的兴趣是用户对社交网络娱乐应用变得忠诚的直接原因,并且感受到的兴趣性可以被社交网络的娱乐应用的设计的影响(例如内在社会性,应用之间的交互)。Chang^[27]利用心流体验理论以验证交互作用,用户价值和满意性是心流体验理论的先验变量,并且心流体验经历和满意度是社交网络游戏中持续行为的先验变量。Huang等人^[28]指出随着Facebook中熟悉的用户增加,用户倾向于不参与Facebook中的游戏。同时,他们利用心流体验理论得出在设计社交网络游戏中最需要关注的是用户的心理满意度,主要因素包括游戏运行的感受,游戏过关的难度,获得的经验值和选择的队友。

3.3 社交网络中的信任

在社交网络平台上,参与者进行各种活动,例如寻找员工和电影推荐^[29]。在这些活动中,信任是参与者决策时最重要的指标之一^[30,31]。然而在线社交网络中,大多数参与者先前并没有直接交互历史(例如雇主和雇员之间以前并没有互动,在电影推荐者和接受推荐的人之间以前并没有交互)。因此在两

名未知参与者之间评估信任变得重要和必要。在介绍具体的应用方法之前，我们首先介绍如何利用各种和信任相关的不同信息源来确定信任。

研究人员尝试确定引导信任出现的原因，包括心理，社会和组织等因素，这些因素会影响个人对他人的信任和对交易中行为的期望^[30,31]。(1)倾向性信任：每个人对不同的人所表现的信任也是不同的，具有一定的倾向性^[30]，并且这种倾向相对稳定^[32]。(2)基于历史的信任：人们选择信任的人很大程度上依赖于对他过去的了解^[33]。(3)基于第三方渠道的信任：最简单的基于第三方渠道的信任的例子就是八卦和口碑。这些渠道可以为我们提供关于他人重要的二手消息。(4)基于类别的信任：人们更倾向于给予其他群内成员正面属性特征^[32,34]，这将导致人们与组内的其他成员之间建立一种组织信任。(5)基于角色的信任：基于角色的信任侧重于对待估者在组织中的特定角色来进行信任评估，而不是信托人对待估者的性格，意图和动机都有特定认知之后进行信任评估^[31]。(6)基于规则信任：基于规则信任不是有意识的对后果进行估算，而是对适当行为规则的共同理解。关于规则对自我认识和对组织中其他成员预期的影响，它可以在组织中创建和保持一个高水平的信任^[35]。

为了评价社交网络中两个未知参与者之间的信任，已有文献中提出了以下几种信任管理方法。在信任传播的研究中，Golback 等人^[36]通过添加合适人选的办法来扩大一个朋友的朋友列表(Friend Of A Friend, FOAF)，该方法是利用参与者过去交往的经验来判断一个人是否可信。这个功能已经被采用在 FilmTrust 上，其中每个参与者都可以对另一个参与者指定一个从 1(表示非常小的信任)~10(表示非常高的信任)的信任度，而信任度的值是基于一参与者电影推荐的质量。然后他们提出了建立信任关系的信任推理机制，该机制在源参与者和与其没有直接交互的目标参与者之间使用^[37]。在此模型中，被源节点所信任的那些邻居节点的态度(已获得源节点的高信任值)在推断他们的邻居节点的信任值时要考虑进去。他们平均这些由源节点的邻居赋给他们邻居的信任值，此过程将重复直到目标节点为止。这种信任推理模型也在 FilmTrust 上得到了进一步的采用。Guha 等人^[38]提出了一种信任传播模式来推断出两个没有直接交互的参与者之间的信任或不信任。在他们的模型中，传播的跳数以及在源节点和目标节点之间社会信任路径上中间节点的信任情况都要被考虑。他们采用了加权求和的方法来合计以上每个部分对信任传播的影响力，由此计算推断出

信任值。

在面向信任的推荐系统研究中，Walter 等人^[39]提出了一个面向社交网络的推荐系统。在他们的模型中，参与者可以给推荐人一个信任值，该值是根据推荐人过去的推荐行为。这种信任值是可见且可为其他参与者的选择提供参考建议。参与者通过将源节点和目标节点之间的信任值乘以中间任何在信任路径上的参与者的信任值以计算目标参与者的信任值。文献[40]针对在线社交网络的卖家和买家提出了一个随机游走模型。在他们的模型中，买家在社交网络中沿着他的购买路径执行固定跳数的随机游走来得到评分，该值是由买家评分给卖方的，用以评价该卖方的产品。而卖方的置信度是由随机游走路径的数量，跳数及卖方在各路径上的评分来计算得到的。

上述信任评价方法考虑了社会信任路径中间节点间的信任值，它可以帮助在两个未知参与者之间建立信任关系。

到目前为止，已有工作对于社交网络行为成因的研究还处于各个原因的单独分析阶段。因此，在下一步工作中我们需要综合分析采纳、忠诚和信任对于社交网络行为形成的影响。这种综合分析将揭露社交网络中一个行为成因，从而可以有目的地控制社交网络中的行为。

4 社交网络的行为表现

对于社交网络行为的表现，我们对社交网络中不同的行为进行了分类，并使用数据网络技术对行为表现进行了研究。

4.1 一般使用行为

随着在线社交网络应用的发展，利用社交网络中用户的大规模数据已经成为可能^[41]。举例来说，Goyal 等人^[1]收集了 420 万用户发布的 3.62 亿条日志信息，并且分别按照每天和每月作为时间单位分析社交网络用户的日常行为。Gyarmati 等人^[42]分析了常用的社交网络，包括 Bebo, MySpace, Netlog, Tagged 等中的 80000 个用户，并发现社交网络中用户的使用时间满足 Weibull 分布，社交网络中用户的持续使用时间满足幂律分布。现在我们以这份工作为例详细解释我们对于社交网络用户行为研究的思路。首先，我们描述了收集 80000 个用户的方法。之后，社交网络用户的使用时间的模式可以被挖掘出来。最后，我们可以指出社交网络用户的持续使用时间的模式。其中，社交网络中一个用户的持续使用时间是指一个用户从登录系统到使用结束花费的总时间。通常有两种方法结束使用行为：一方面，

用户可以自己退出系统；另一方面，用户可以关闭浏览器。

(1)数据收集： 因为一般来说很难获得从社交网络服务提供商处直接获得数据，Gyarmati 从社交网络网站，包括 Bebo, MySpace, Netlog 和 Tagged，爬取了 80000 个用户的公共信息(包括用户的个人信息和发布的状态信息)。对应的时间段从 2009 年 3 月 15 日到 5 月 2 日。

在数据收集过程中，我们需要不时地下载用户的公共信息。因此，选择合适的时间窗口以监控用户公共信息的变化是很重要的。在总资源有限(只有 500 个节点用于爬取)的约束下，当时间窗口较小的情况下，可以获得细粒度的数据，同时下载到更多的用户公共信息网页。但是，这只能监控到有限数量的用户。而更大的时间窗口对应更多的被监控的用户。根据经验，时间窗口被取为 1 min。每隔 1 min，社交网络中一个用户的持续使用时间可以通过下载网页的变化估计出来。举例来说，如果一个网页发生了变化，那么可以估计用户仍然在线。

(2)社交网络中用户使用时间的模式： 在监控的时间区间中，社交网络中的用户的累积在线时间分布函数示于图 1(a)。我们可以观察到 4 种不同的社交网络都有着相似的性质(其中 x 轴的数据已经被对数化)，即在监控的 6 周中大部分用户的在线时间都小于 1000 min 或者每天的在线时间都小于 1 h。

Gyarmati 发现通过统计拟合分析，获得的数据曲线近似于 Weibull 分布(图 1(b))，即社交网络中用户的在线时间分布符合 Weibull 分布。

(3)社交网络中的用户持续使用时间的模式： 社交网络 Tagged 和 MySpace 中用户的持续使用时间分布见图 2，其中 x 轴和 y 轴的数据已经对数化。从图中数据可以观察到持续使用时间遵循幂律分布。具体来说，它是两个幂律分布的叠加，其中的跳跃点就是两个幂律分布的函数的分界点。这是由于社交网络的服务器最长响应时间的设置造成的(Tagged 和 MySpace 的最大响应时间都被设置为 20 min)。当一个用户关闭了浏览器之后，用户使用时间会再持续计算一段时间。因此，当一个用户退出系统的时候，对应的用户使用时间比直接关闭浏览器要稍微短一点。退出系统对应的是第 1 个幂律分布，而第 2 个幂律分布对应的是退出系统和关闭浏览器的叠加。

4.2 内容创建行为

随着 Web 2.0 技术的快速发展，社交网络应用逐渐兴起，基于 Internet 的交互作用和自媒体等相关属性成为了研究热点。和 Web 1.0 相比，Web 2.0 中的用户的主动性和交互性得到了增强。例如，用户不再被动地接受媒体发布的消息，他们更倾向于加入到社交网络中从而成为信息的制造者，发布者，交流者和传播者，从而导致了大量的用户生成内容

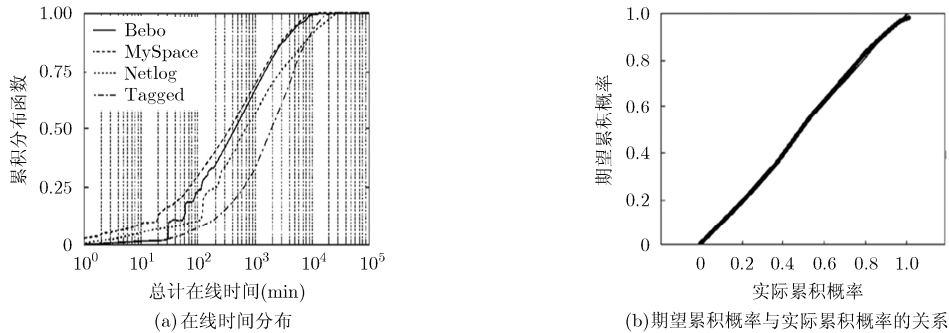


图 1 社交网络中用户的在线时间分布^[42]

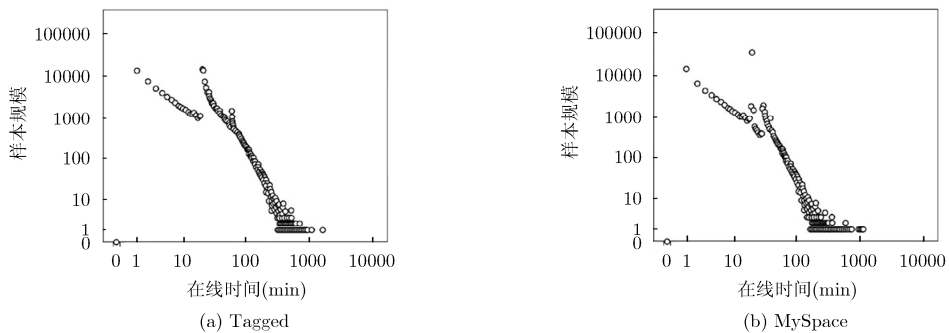


图 2 用户的持续使用时间分布

(User-Generated Content, UGC)。

近年来,很多学者研究了UGC中披露的个人信息的行为,包括文学素养,娱乐兴趣,政治倾向、个人或社会生活特点等。相关的研究表明,虽然透露个人信息有很多潜在的麻烦,用户仍然继续在UGC中透露个人信息。此外,对个人信息披露的偏好也进行了研究。例如,Wang等人^[43]指出,女性用户更喜欢创建与自己相关的内容,如家庭问题,而男性用户更喜欢创建与公众话题相关的内容,如政治和体育。此外,对一些研究人员,特别是从心理学,开始进行对UGC的表达行为的研究。Qiu等人^[44]分析142名参与者在一个月内发布的所有微博,并发现一些模式,如外向型用户更喜欢用带有积极情绪的词。

对于自我呈现的模式,Boyle等人^[45]指出和在网页上的真实呈现(59.7%)对比来说,用户倾向通过上传照片(75.7%),创建座右铭(74.7%),列出个人兴趣(79.9%)进行自我呈现。研究显示用户不倾向于创建博客(33.3%),发布视频(23.9%),和上传幻灯片(23.9%),只要5%的用户倾向于发布个人或者家庭录像。而MySpace的用户喜欢上传幻灯片以记录他们的朋友和家庭(11.6%),或者和朋友相关的事情(4.8%)。然而,不同的用户对个人信息的披露有着不同的态度。几乎所有的用户都愿意提供他们的婚姻状况(99.2%),家乡(97%)和邮政编码(99.2%)。大多数用户希望分享他们的种族(83.3%),性取向(82.5%),生育控制倾向(79.9%)和教育状况(79.9%)。虽然79.9%的用户列出他们的个人兴趣,只有相对较少的人愿意分享他们最喜欢的歌曲(69.1%),电影(60.2%),电视节目(59.4%),书籍(53%)和偶像(57.8%)。很少有用户愿意透露他们的收入(19.1%)和所属社区(19%)。

对于基于照片的自我呈现,文献^[46]研究了性别对于资料照片和封面图片的影响。资料指的是在个人页面的头像照片,其中男性的照片往往彰显身份(如正式的西装)和户外冒险,而女性的照片倾向于强调家庭关系(如家庭照片)和情绪的表达(如目光接触、微笑的力量)。封面图片是指在主页顶部的背景图片。研究结果表明,性别对封面图片没有显著的影响,唯一的区别是,女性用户倾向于在封面图片上显示家庭照片。

4.3 内容消费行为

社交网络中的内容消费可以分为两类:传统内容消费,例如浏览,和主动内容消费,即在社交网络中积极提出他们的问题并期待别人的回答,而不是采用传统的搜索引擎,如谷歌。

对于传统内容消费,基于照片分享网站Flickr的真实数据,从时间、社会和地理的维度,Van Zwol^[47]分析社交网络用户的访问日志,并描述关于用户浏览的一些性质,用以回答何时何地及为什么浏览网站。具体而言,大部分更新的照片都是在上传之后几小时内被用户浏览的,大部分的浏览行为都发生在用户上传图片之后两天之内。

对于主动内容消费,Morris等人^[48]研究了提问者的人口统计信息和社交网络使用状态对于用户的问题类型和主题类别的影响。不同性别对话题类别的选择有显著影响。更具体地说,男性用户更喜欢问技术相关的问题,而女性用户更喜欢提出与家庭相关的问题。年龄与问题类型有一定的关系。特别是,相比于老年用户,年轻的用户更喜欢问问题,而老年用户更喜欢寻求建议。同时,研究还显示,在Twitter平台上,用户更喜欢问技术相关的问题,而在Facebook平台上,用户更喜欢问家庭和娱乐相关的问题。对于不是经常更新的用户,他们更倾向于浏览罕见事件和旅游或者健康相关的事件。为了改进问答系统的效果,Shen等人^[49]利用社交网络中共同兴趣和共同信任构成的朋友关系以确保把提出的问题转发给能正确回答并愿意回答的人。对于社交网络行为表现的下一步研究可以有多个角度。首先,社交网络中的行为表现形式是多种多样的,但是最终行为的执行都是行为的主体发出的。因此对于行为主体的研究将有助于对于社交网络行为表现的理解。但是现有的工作中缺失这一部分的研究。其次,现有的对于社交网络行为表现的研究都是集中于对用户行为的研究,而对于语义行为的研究较少。对于社交网络的语义行为表现的研究将有助于理解用户的行为,从而引导社交网络用户的行为。

5 社交网络的行为影响

对于社会网络行为的影响,即用户的行为对他人的影响,我们主要结合社会认知和上下文信息^[50]来研究基于用户行为的社会影响力衡量模型及如何根据此模型引导社交网络中的行为。

5.1 社交网络影响力的衡量

在实际应用中,我们所广泛采用的是基于网络的拓扑结构的影响力测量^[51-53]。然而,这些影响力测量方法有其先天不足之处:首先,得到的社会网络的拓扑结构是静态的,并且是原始社会网络快照,记录从社会网络的诞生到现在的所有的社会关系,这意味着所有的连接都被收集了,包括建于10年前一个的连接和建立1s前的一次连接;其次,在拓扑结构中,所有连接的权重都是相等的或同分布的。

这意味着,在社交网络中相互作用的用户共享相同的影响力,或者在社交网络中相互作用的用户的影响力符合简单的概率函数。更具体地说,通过一个简单的通话所形成的连接,以及在朋友之间的热烈讨论所形成的连接都被平等对待。上述情况显然和实际情况有一个很大的差距,这是由于事实上,基于网络的拓扑结构的影响测量没有考虑的相互作用的行为和上下文信息,这导致计算结果和实际情况之间的偏差^[52]。

在线社交网络中用户的典型行为包括发布信息、购买商品、评论、转发信息,建立关系,例如,在 Twitter 网络,用户 B 对用户 A 有一定的影响,可分为 4 种关系:(1)用户 A 在自己的博客使用转发标签,如“RT @B”或者“via @B”;(2)用户 A 在自己的博客上使用“@B”回复用户 B 的博客;(3)用户 A 未明确使用转发标签,如“RT @B”或者“via @B”,但复制用户 B 的博客;(4)用户 A 读取用户 B 的博客。因此,用户之间的影响网络是一个多关系网络^[54]。因此,我们可以定义以下 4 种关系网络:(1)转发网络;(2)回复网络;(3)复制网络;(4)阅读网络。随着这些行为的分布规律和因果关系的分析,我们不仅能估计行为发起者和传播者之间的影响力,而且能预测在社会网络中的行为。

一般来说,在线社交网络会记录大量的交互活动的信息,其中包括各种用户行为数据。分析这些数据后,我们可以评估用户之间的影响力和它的传输路线和范围,并建立用户之间的社会关系网络。对于用户行为分析的重要数据源的 Web 日志,Goyal 等人^[1]计算基于 Web 日志信息的用户和行为的影響力:

$$\inf l(u) = \frac{\left| \left\{ a \mid \exists v, \Delta t : \text{prop}(a, v, u, \Delta t) \wedge 0 \leq \Delta t \leq \tau_{v,u} \right\} \right|}{A_u} \quad (1)$$

$$\inf l(a) = \frac{\left| \left\{ u \mid \exists v, \Delta t : \text{prop}(a, v, u, \Delta t) \wedge 0 \leq \Delta t \leq \tau_{v,u} \right\} \right|}{U(a)} \quad (2)$$

其中, u 和 v 代表不同的用户; a 是一个行为; Δt 代表行为之间的时间间隔; $\tau_{v,u}$ 是一个时间常数; $\text{prop}(a, v, u, \Delta t)$ 代表行为 a 在用户 u 和 v 之间发生; A_u 是由用户 u 产生的行为的数量; $U(a)$ 是行为 a 发生的数量; 和基于拓扑的影响力衡量方法不同,这个模型计算了基于行为的传播频率的用户影响力强度,和基于行为执行范围的行为影响力强度。

吴信东等人^[52]综合分析了在线社交网络兴起以来社交影响力分析的主要成果,首先阐述了社交影

响力的基本概念和与之相关的其他因素,介绍了区分影响力和这些因素的研究工作,接着重点总结了影响力分析的建模和度量方法,以及与影响力传播相关的意见领袖发现和影响力最大传播问题的研究现状。

现有的社交网络影响力的研究工作存在下列问题:(1)社交网络用户之间形成的关系非常复杂,在这样的环境下对社交影响力的定性分析也受到很多因素的影响和干扰。尽管有不少工作试图客观准确地厘清影响力和其他因素之间的关系,但是最终都无法很好地解决该问题。(2)大部分关于社交影响力分析的工作都聚焦用户自身的影响力度量和演化,以及用户及其邻居和所在社团之间的相互影响上,但是以用户群体为基本目标进行影响力分析的研究还较少。这些都是社交网络影响力研究的下一步方向。

5.2 社交网络中的行为引导

随着在线社交网络的蓬勃发展和用户量的急剧增长,社交网络快速成为信息传播、市场营销、意见表达的一个交流平台,为人类生活提供了方便,但同时也对人类生活产生负面的影响。在政治方面,一些网络恶意参与者在社交网络中散播谣言破坏国家和社会的利益,导致一些不必要的群体事件,影响社会安定;在经济方面,一些参与者在在线购物平台上散布一些虚假的购物信息,以此来诱骗消费者;在文化方面,一些犯罪团伙利用社交网络视频和即时消息发送一些色情、暴力相关的内容。此外,恐怖分子也利用社交网络诱导青少年参加恐怖暴力活动,影响青少年的健康成长。虽然社交网络中的行为引导对于国家安定和社会发展是非常重要的,但是近年来关于社交网络中的行为引导的研究却很少。在社交网络中最普遍的行为引导方法主要包括:利用行政手段约束,主流媒体引导和雇佣大量人员发布正面消息等,这些手段简单粗暴,容易造成参与者的反向认知、情绪累加和政治冷漠等问题,并且需要大量人工参与,效果极其低下;因此,在社交网络中引入非人为参与的自动化的行为引导来避免恶意、负面的行为是非常必须和重要的。特别是,在指定的一个特定的需监控的负面群体行为下,如何引导社交网络中的参与者尽可能地参与到这个行为中,是社交网络群体行为引导中一个重要的问题。为了解决上述问题,文献^[55]提出了一种基于信任智能体的行为引导方法,可以有效地引导社交网络中的参与者尽可能避免一些负面的行为,步骤如下。

步骤1 根据社区中群体行为特征及相关背景设计特定的信任智能体特征,从而使信任智能体被社区

中的其他参与者最大程度地信任,进而使信任智能体对社交网络中参与者的影响达到最大。

首先,采用社区发现算法将所述社交网络划分成若干个社区^[4,5],然后对任意一个社区中所有参与者的行为集合进行特征词语的提取及相应的文本挖掘,从而获得所述社区中所有参与者的群体行为特征^[56,57];具体来说,就是将任意一个社区中所有参与者的行为集合进行特征词语的提取,并剔除与行为不相关的噪音信息及一些低频行为特征,从而获得这个社区中所有参与者的行为特征集合;进而获得该社区的群体行为特征集合。

然后,针对对应的群体行为特征及相关背景,设计信任智能体的行为特征信息^[58]及社交背景信息^[32]。对于行为特征的设定,信任智能体的行为特征被设置成与社区的群体行为特征较相似,并与社区中若干参与者的行为特征最相似。在这个基础之上,考虑对于社交背景信息的设定,根据信任的定义,对社交背景信息中包括的个人喜好^[50]和社会角色^[59]等因素进行合适的参数设定,这将使信任智能体对社交网络中的参与者群体的影响达到最大。

步骤2 研究由社交网络的网络结构^[60],参与者个体行为^[59]和群体行为^[57]互动构成的离散动力系统中群体行为演化的非线性动态性质,以引入一种只需要少量信任智能体的利用现代计算方法的社交网络动态群体行为引导系统框架。

通过控制所述第 α 个社区 C_α 中的信任智能体 Agt_α 的行为特征集合 W_{Agt_α} 和社交背景信息,引导所述第 α 个社区 C_α 中所有参与者的行为集合 X_α ;进而通过控制所述信任智能体集合 Agt 中的每个信任智能体,引导每个社区的参与者所对应的行为集合,从而引导所述社交网络 G 的群体行为集合 U ,以实现所述社交网络 G 中 $\phi\%$ 的参与者不在所述监控区域中。

但是,现有的社交网络中的行为引导的研究还处于比较初级的阶段,导致现有方法基本无法应用到实际应用环境中。所以,在未来的社交网络行为引导的研究将集中于如何在一个真实的社交网络环境中引导用户的行为。

6 结论

随着社会网络应用,如论坛、博客和微博等的快速发展,用户的在线网络行为越来越多,并呈现出与往不同的内容和形式。在线社交网络中的行为分析与建模是社会网络分析的关键内容。本文首先介绍了社交网络行为的成因,包括最重要的3个原因:用户采纳、用户忠诚和用户信任。有了这些原因,用户才在

社交网络中发生行为,例如一般使用行为、内容创建行为和消费行为。最后,我们对社会网络行为的影响衡量机器对用户行为的引导进行了研究。

通过对社会网络行为成因,社会网络行为表现和社会网络行为影响的分析,我们不仅能从社会学的角度加深对社交行为的理解,并为公共决策和舆论导向提供理论依据,同时也促进政治领域,经济和文化的交流和沟通信息,具有重要的社会意义和应用价值。

参考文献

- [1] GOYAL A, BONCHI F, and LAKSHMANAN L V S. Learning influence probabilities in social networks[C]. Proceedings of the third ACM international conference on Web search and data mining, New York, NY, USA, 2010: 241-250. doi: 10.1145/1718487.1718518.
- [2] FANG B, XU J, LI J, et al. Online social network analysis[J]. *Publishing House of Electronics Industry*, 2015, 30(2): 187-199.
- [3] NEWMAN M E J. Networks: An Introduction[M]. Oxford, UK, Oxford University, 2010: 1-784.
- [4] 陈季梦, 陈佳俊, 刘杰, 等. 基于结构相似度的大规模社交网络聚类算法[J]. 电子与信息学报, 2015, 37(2): 449-454. doi: 10.11999/JEIT140512.
- [5] CHEN Jimeng, CHEN Jiajun, LIU Jie, et al. Clustering algorithms for large-scale social networks based on structural similarity[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2015, 37(2): 449-454. doi: 10.11999/JEIT140512.
- [6] 刘世超, 朱福喜, 甘琳. 基于标签传播概率的重叠社区发现算法[J]. 计算机学报, 2016, 39(4): 717-729. doi: 10.11897/SP.J.1016.2016.00717.
- [7] LIU Shichao, ZHU Fuxi, and GAN Lin. A label-propagation-probability-based algorithm for overlapping community detection[J]. *Chinese Journal of Computers*, 2016, 39(4): 717-729. doi: 10.11897/SP.J.1016.2016.00717.
- [8] 罗恩韬, 王国军. 移动社交网络中一种朋友发现的隐私安全保护策略[J]. 电子与信息学报, 2016, 38(9): 2165-2172. doi: 10.11999/JEIT151479.
- [9] LUO Entao and WANG Guojun. A novel friends matching privacy preserving strategy in mobile social networks[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2016, 38(9): 2165-2172. doi: 10.11999/JEIT151479.
- [10] 张少波, BHUIYAN Z A, 刘琴, 等. 移动社交网络中基于代理转发机制的轨迹隐私保护方法[J]. 电子与信息学报, 2016, 38(9): 2158-2164. doi: 10.11999/JEIT151136.
- [11] ZHANG Shaobo, BHUIYAN Z A, LIU Qin, et al. The method of trajectory privacy preserving based on agent forwarding mechanism in mobile social networks[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2016, 38(9): 2158-2164. doi: 10.11999/JEIT151136.

- [8] 谢柏林, 蒋盛益, 周咏梅, 等. 基于把关人行为的微博虚假信息及早检测方法[J]. 计算机学报, 2016, 39(4): 730-744. doi: 10.11897/SP.J.1016.2016.00730.
XIE Bailin, JIANG Shengyi, ZHOU Yongmei, et al. Misinformation detection based on gatekeepers' behaviors in microblog[J]. *Chinese Journal of Computers*, 2016, 39(4): 730-744. doi: 10.11897/SP.J.1016.2016.00730.
- [9] 张玉清, 吕少卿, 范丹. 在线社交网络中异常帐号检测方法研究[J]. 计算机学报, 2015, 38(10): 2011-2027. doi: 10.11897/SP.J.1016.2015.02011.
ZHANG Yuqing, LÜ Shaoqing, and FAN Dan. Anomaly detection in online social networks[J]. *Chinese Journal of Computers*, 2015, 38(10): 2011-2027. doi: 10.11897/SP.J.1016.2015.02011.
- [10] MAIA M, ALMEIDA J, and ALMEIDA V. Identifying user behavior in online social networks[C]. Proceedings of the 1st Workshop on Social Network Systems, Glasgow, Scotland, UK, 2008: 1-6. doi: 10.1145/1435497.1435498.
- [11] 张锡哲, 吕天阳, 张斌. 基于服务交互行为的复杂服务协同网络建模[J]. 软件学报, 2016, 27(2): 231-246. doi: 10.13328/j.cnki.jos.004847.
ZHANG Xizhe, LU Tianyang, and ZHANG Bin. Modeling complex collaboration network for service-oriented software based on execution behaviors[J]. *Journal of Software*, 2016, 27(2): 231-246. doi: 10.13328/j.cnki.jos.004847.
- [12] KWON O and WEN Y. An empirical study of the factors affecting social network service use[J]. *Computers in Human Behavior*, 2010, 26(2): 254-263. doi: 10.1016/j.chb.2009.04.011.
- [13] NIKOU S and BOUWMA H. Ubiquitous use of mobile social network services[J]. *Telematics and Informatics*, 2014, 31(3): 422-433. doi: 10.1016/j.tele.2013.11.002.
- [14] SLEDGIANOWSKI D and KULVIWAT S. Social network sites: Antecedents of user adoption and usage[C]. Proceedings of the 14th Americas Conference on Information Systems, Toronto, 2008: 83-93. doi: 10.4018/jantti.2010040104.
- [15] WU Y C J, SHEN J P, and CHANG C L. Electronic service quality of Facebook social commerce and collaborative learning[J]. *Computers in Human Behavior*, 2015, 51(B): 1395-1402. doi: 10.1016/j.chb.2014.10.001.
- [16] BAKER R K and WHITE K M. Predicting adolescents' use of social networking sites from an extended theory of planned behaviour perspective[J]. *Computers in Human Behavior*, 2010, 26(6): 1591-1597. doi: 10.1016/j.chb.2010.06.006.
- [17] PELLING E L and WHITEK M. The theory of planned behavior applied to young people's use of social networking web sites[J]. *CyberPsychology & Behavior*, 2009, 12(6): 755-759. doi: 10.1089/epb.2009.0109.
- [18] CHANG Y P and ZHU D H. Understanding social networking sites adoption in China: A comparison of pre-adoption and post-adoption[J]. *Computers in Human Behavior*, 2011, 27(5): 1840-1848. doi: 10.1016/j.chb.2011.04.006.
- [19] YAZDANPANA M and FOROUZANI M. Application of the theory of planned behaviour to predict Iranian students' intention to purchase organic food[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 107: 342-352. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.02.071.
- [20] KANG Y S, HONG S, and LEE H. Exploring continued online service usage behavior: The roles of self-image congruity and regret[J]. *Computers in Human Behavior*, 2009, 25(1): 111-122. doi: 10.1016/j.chb.2008.07.009.
- [21] YAO C and SHAO P. An empirical research of social network sites continuance: Based on a modified expectation-confirmation model[J]. *China Journal of Information Systems*, 2011, 8(1): 23-33.
- [22] SHIN S and HALL D J. Identifying factors affecting SNS users as a temporary or persistent user: An empirical study [C]. Proceedings of the Seventeenth Americas Conference on Information Systems, Detroit, Michigan, USA, 2011: 316-417.
- [23] ZHANG H, LU Y, GUPTA S, et al. Understanding group-buying websites continuance—an extension of expectation confirmation model[J]. *Internet Research*, 2015, 25(5): 767-793. doi: 10.1108/IntR-05-2014-0127.
- [24] ZHOU T, LI H, and LIU Y. The effect of flow experience on mobile SNS users' loyalty[J]. *Industrial Management & Data Systems*, 2010, 110(6): 930-946. doi: 10.1108/0263557101105126.
- [25] HSU C L and WU C. Understanding users' continuance of Facebook: An integrated model with the unified theory of acceptance and use of technology, expectation disconfirmation model, and flow theory[J]. *International Journal of Virtual Communities and Social Networking*, 2011, 3(2): 1-16. doi: 10.4018/jvcns.2011040101.
- [26] WU Y, WANG Z, CHANG K, et al. Why people stick to play social network site based entertainment applications: Design factors and flow theory perspective[C]. Pacific Asia Conference on Information Systems, Taipei, 2010: 1041-1050.
- [27] CHANG C C. Examining users' intention to continue using social network games: A flow experience perspective[J]. *Telematics and Informatics*, 2013, 30(4): 311-321. doi: 10.1016/j.tele.2012.10.006.
- [28] HUANG C H, HSU M C, and CHANG H M. An exploratory study of social game by flow theory and social network theory [C]. International Conference on Computer Science and Intelligent Communication (CSIC 2015), 2015: 418-421.
- [29] 韩祺祎, 任梦吟, 文红. 基于拓扑势的P2P社区推荐信任模型

- [J]. 电子与信息学报, 2015, 37(6): 1279-1284. doi: 10.11999/JEIT141303.
- HAN Qiyi, REN Mengyin, and WEN Hong. Topological potential based recommendation trust model for P2P communities system[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2015, 37(6): 1279-1284. doi: 10.11999/JEIT141303.
- [30] KRAMER R M. Trust and distrust in organizations: Emerging perspectives, enduring questions[J]. *Annual Review of Psychology*, 1999, 50: 569-598. doi: 10.1146/annurev.psych.50.1.569.
- [31] LI L and WANG Y. The roadmap of trust and trust evaluation in Web applications and Web services[J]. *Advanced Web Services*, 2014: 75-99. doi: 10.1007/978-1-4614-7535-4_4.
- [32] LI L, WANG Y, LIU G, et al. Context-aware reviewer assignment for trust enhanced peer review[J]. *PLoS ONE*, 2015, 10(6): e0130493. doi: 10.1371/journal.pone.0130493.
- [33] BOON S D and HOLMES J G. The Dynamics of Interpersonal Trust: Resolving Uncertainty in the Face of Risk[M]. Cambridge UK: Cambridge University, 1991: 167-182.
- [34] BREWER M B. In-group Favoritism: The Subtle Side of Intergroup Discrimination[M]. New York, USA, Russell Sage Found, 1996: 160-171.
- [35] MARCH J G. A Primer on Decision Making: How decisions Happen[M]. New York, USA, Free Press, 2009: 1-289.
- [36] GOLBECK J and HENDLER J. Accuracy of metrics for inferring trust and reputation in semantic Web-based social networks[C]. Proceedings of 14th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, 2004: 116-131. doi: 10.1007/978-3-540-30202-5_8.
- [37] GOLBECK J and HENDLER J. Inferring trust relationships in web-based social networks[J]. *ACM Transactions on Internet Technology*, 2006, 6(4): 497-529. doi: 10.1145/1183463.183470.
- [38] GUHA R, KUMAR R, RAGHAVAN P, et al. Propagation of trust and distrust[C]. Proceedings of the 13th International Conference on World Wide Web, New York, NY, USA, 2004: 403-412. doi: 10.1145/988672.988727.
- [39] WALTER F, BATTISTON S, and SCHWEITZER F. A model of a trust-based recommendation system on a social network[J]. *AAMAS Journal*, 2008, 16(1): 57-74. doi: 10.1007/s10458-007-9021-x.
- [40] JAMAIL M and ESTER M. Trustwalker: A random walk model for combining trust-based and item-based recommendation[C]. Proceedings of the 15th International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Paris, France, 2009: 397-406. doi: 10.1145/1557019.1557067.
- [41] GOLDER S A, WILKINSON D M, and HUBERMAN B A. Rhythms of Social Interaction: Messaging within a Massive Online Network/Communities and Technologies[M]. London: Communities and Technologies, 2007: 41-66.
- [42] GYARMATI L and TRINH T A. Measuring user behavior in online social networks[J]. *IEEE Network*, 2010, 24(5): 26-31. doi: 10.1109/MNET.2010.5578915.
- [43] WANG Y C, BURKE M, and KRAUT R E. Gender, topic, and audience response: An analysis of user-generated content on facebook[C]. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Paris, France, 2013: 31-34.
- [44] QIU L, LIN H, RAMSAY J, et al. You are what you tweet: Personality expression and perception on twitter[J]. *Journal of Research in Personality*, 2012, 46(6): 710-718. doi: 10.1016/j.jrp.2012.08.008.
- [45] BOYLE K and JOHNSON T J. MySpace is your space? Examining self-presentation of MySpace users[J]. *Computers in Human Behavior*, 2010, 26(6): 1392-1399. doi: 10.1016/j.chb.2010.04.015.
- [46] TIFFERET S and VILNAI I. Gender differences in Facebook self-presentation: An international randomized study[J]. *Computers in Human Behavior*, 2014, 35(6): 388-399. doi: 10.1016/j.chb.2014.03.016.
- [47] ZWOL R V. Flickr: Who is looking?[C]. Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, Fremont, CA, 2007: 184-190. doi: 10.1109/WI.2007.22
- [48] MORRIS M R, TEEVAN J, and PANOVICH K. What do people ask their social networks, and why?: A survey study of status message q&a behavior[C]. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Cambridge, MA, USA, 2010: 1739-1748. doi: 10.1145/1753326.1753587.
- [49] SHEN H, LIU G, WANG H, et al. SocialQ&A: An online social network based question and answer system[J]. *IEEE Transactions on Big Data*, 2017, 3(1): 91-106. doi: 10.1109/TBDATA.2016.2629487.
- [50] 高全力, 高岭, 杨建锋, 等. 上下文感知推荐系统中基于用户认知行为的偏好获取方法[J]. 计算机学报, 2015, 38(9): 1767-1776. doi: 10.11897/SP.J.1016.2015.01767.
- GAO Quanli, GAO Ling, YANG Jianfeng, et al. A preference elicitation method based on users' cognitive behavior for context-aware recommender system[J]. *Chinese Journal of Computers*, 2015, 38(9): 1767-1776. doi: 10.11897/SP.J.1016.2015.01767.
- [51] 王晨旭, 管晓宏, 秦涛, 等. 微博消息传播中意见领袖影响力建模研究[J]. 软件学报, 2015, 26(6): 1473-1485. doi: 10.13328

- /j.cnki.jos.004627.
- WANG Chenxu, GUAN Xiaohong, QIN Tao, *et al.* Modeling on opinion leader's influence in microblog message propagation and its application[J]. *Journal of Software*, 2015, 26(6): 1473-1485. doi: 10.13328/j.cnki.jos.004627.
- [52] 吴信东, 李毅, 李磊. 在线社交网络影响力分析[J]. 计算机学报, 2014, 37(4): 735-752. doi: 10.3724/SP.J.1016.2014.00735.
- WU Xindong, LI Yi, and LI Lei. Influence analysis of online social networks[J]. *Chinese Journal of Computers*, 2014, 37(4): 735-752. doi: 10.3724/SP.J.1016.2014.00735.
- [53] 许宇光, 潘惊治, 谢惠扬. 基于最小点覆盖和反馈点集的社交网络影响最大化算法[J]. 电子与信息学报, 2016, 38(4): 795-802. doi: 10.11999/JEIT160019.
- XU Yuguang, PAN Jingzhi, and XIE Huiyang. Minimum vertex covering and feedback vertex set-based algorithm for influence maximization in social network[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2016, 38(4): 795-802. doi: 10.11999/JEIT160019.
- [54] ROMERO D M, GALUBA W, ASUR S, *et al.* Influence and passivity in social media[J]. *Ssm Electronic Journal*, 2010, 6913(1): 18-33. doi: 10.1007/978-3-642-23808-6_2.
- [55] LI L, HE J, WANG M, *et al.* Trust agent-based behavior induction in social networks[J]. *IEEE Intelligent Systems*, 2016, 30(1): 31-55. doi: 10.1109/MIS.2016.6.
- [56] 刘宇, 吴斌, 曾雪琳, 等. 一种基于社交网络社区的组推荐框架[J]. 电子与信息学报, 2016, 38(9): 2150-2157. doi: 10.11999/JEIT160544.
- LIU Yu, WU Bin, ZENG Xuelin, *et al.* A group recommendation framework based on social network community[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2016, 38(9): 2150-2157. doi: 10.11999/JEIT160544.
- [57] 王元卓, 于建业, 邱雯, 等. 网络群体行为的演化博弈模型与分析方法[J]. 计算机学报, 2015, 38(2): 282-300. doi: 10.3724/SP.J.1016.2015.00282.
- WANG Yuanzhuo, YU Jianye, QIU Wen, *et al.* Evolutionary game model and analysis methods for network group behavior[J]. *Chinese Journal of Computers*, 2015, 38(2): 282-300. doi: 10.3724/SP.J.1016.2015.00282.
- [58] 刘玮, 贺敏, 王丽宏, 等. 基于用户行为特征的微博转发预测研究[J]. 计算机学报, 2016, 39(10): 1992-2006. doi: 10.11897/SP.J.1016.2016.01992.
- LIU Wei, HE Min, WANG Lihong, *et al.* Research on microblog retweeting prediction based on user behavior features[J]. *Chinese Journal of Computers*, 2016, 39(10): 1992-2006. doi: 10.11897/SP.J.1016.2016.01992.
- [59] 邢千里, 刘列, 刘奕群, 等. 微博中用户标签的研究[J]. 软件学报, 2015, 26(7): 1626-1637. doi: 10.13328/j.cnki.jos.004655.
- XING Qianli, LIU Lie, LIU Yiqun, *et al.* Study on user tags in Weibo[J]. *Journal of Software*, 2015, 26(7): 1626-1637. doi: 10.13328/j.cnki.jos.004655.
- [60] 李慧嘉, 李慧颖, 李爱华. 多尺度的社团结构稳定性分析[J]. 计算机学报, 2015, 38(2): 301-312. doi: 10.3724/SP.J.1016.2015.00301.
- LI Huijia, LI Huiying, and LI Aihua. Analysis of multi-scale stability in community structure[J]. *Chinese Journal of Computers*, 2015, 38(2): 301-312. doi: 10.3724/SP.J.1016.2015.00301.
- 李 磊: 男, 1981 年生, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向为数据挖掘、社会计算、图计算.
- 汪 萌: 男, 1984 年生, 教授, 博士生导师, 研究方向为多媒体信息处理、数据挖掘.
- 吴信东: 男, 1963 年生, 教授, 博士生导师, 研究方向为数据挖掘、知识库系统、万维网信息探索.