

# 基于用户偏好的嵌入性网络结构分析

唐 雨<sup>1</sup>,何明升<sup>2</sup>,王英赫<sup>3</sup>

(1. 哈尔滨工业大学人文学院,黑龙江哈尔滨 150001;2. 华东政法大学社会发展学院,上海 201620;  
3. 北京邮电大学,北京 100876)

**摘 要:** 嵌入性是社会网络分析的核心思想,现有的互联网结构研究抛开理论思想只借用社会网络分析方法,不利于从深层次上理解和挖掘用户行为与网络结构之间的关系.本文针对二元关系框架分析互联网深层结构的局限性,构建了基于用户偏好的网络行为分析框架,提出了嵌入性网络结构的观点,分析了用户行为与其所处的互联网及现实社会关系网络之间的双重嵌入关系.从关系性嵌入和结构性嵌入两个维度给出了一系列测度指标和分析方法,为分析互联网深层次的网络结构提供了新的研究思路.

**关键词:** 用户偏好; 嵌入性网络结构; 关系性嵌入; 结构性嵌入; 测度指标

**中图分类号:** TP393.0 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2012) 07-1339-06

**电子学报 URL:** <http://www.ejournal.org.cn>

**DOI:** 10.3969/j.issn.0372-2112.2012.07.009

## Analysis on Embedded Network Structure Based on User Preference

TANG Yu<sup>1</sup>, HE Ming-sheng<sup>2</sup>, WANG Ying-he<sup>3</sup>

(1. Humanities School, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang 150001, China;

2. School of Social Development, East China University of Political Science and Law, Shanghai 201620, China;

3. School of Electronic Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

**Abstract:** Embeddedness is the core idea of social network analysis. The existing Internet structure research only uses the methods as reference but pays no attention to the social network theory. It is not conducive to understanding and mining the deep relationship between user behavior and network structure. Aiming at the limitations of framework of the correlations between users and resources, this paper constructs an analysis framework of network behavior based on user preference, proposes the view of embedded network structure, and analyzes the double embedded relationships among user behavior, Internet social network and real society network. This article present a series of measurement indexes and analysis methods from two dimensions—relational embeddedness and structural embeddedness. The study is an exploration for the deep structure of Internet.

**Key words:** user preference; embedded network structure; relational embeddedness; structural embeddedness; measurement index

## 1 引言

从1994年开通全功能互联网(Full-Function Internet)至今不到20年的时间里,中国互联网经历了快速发展过程.随着互联网技术的发展和网络应用的普及,用户的多层次性和网络产品的多样性推动着互联网结构的动态演进,同时也推动着有关互联网结构的研究不断向深层次发展.已有的研究多集中和停留在互联网的网络层面和应用层面,通过对节点收发信息的行为进行测量来分析用户整体的认知结构和不同规模的网络结构,如大规模网络节点之间的整体时空关联行为<sup>[1]</sup>、可变拓扑和可变量分布对小世界和无标度网络模型的理论分析

与仿真研究<sup>[2,3]</sup>等.构成互联网结构的用户,不仅是一个收发信息的节点,更是一个带有选择偏好的信息传递个体<sup>[4]</sup>;在网络结构中流动的资源,不仅是流量单位,更是携带了符合用户偏好的社会和文化属性的信息内容,正是这些属性符合了用户的偏好,信息才得以在网络之中流动起来.用户应用网络资源的行为是嵌入于互联网中的社会关系网络(Internet Social Network, ISN)结构中的,而ISN本身又受到现实中的社会关系网络(Real Society Network, RSN)结构的制约.因此,突破建立在用户与资源二元关系基础上的分析框架,从基于用户偏好的嵌入性视角出发,对于理解日趋复杂的互联网深层结构具有重要意义.

本文探讨了网络用户与资源相互作用关系框架(即“二元关系框架”)分析互联网深层结构的局限性,从关系层面构建了基于用户偏好的嵌入性网络结构分析框架,从关系性嵌入和结构性嵌入两个维度给出了一系列测度指标和分析方法,用以分析互联网用户行为与 ISN 及 RSN 之间的嵌入性结构。

## 2 二元关系框架及其局限性

### 2.1 二元关系框架

互联网研究分为两个层面<sup>[5]</sup>,一个是网络层面,一个是行为层面。网络层面包括网络类型、网络协议、网络模型;行为层面包括流量行为和用户行为。对于互联网研究,一般是从网络层面的分析和理解,上升为行为层面的测量、认知以及定性、定量的刻画,然后再回来指导网络的综合与设计。一般来说,网络层面的研究涉及的是网络体系结构(network architecture),它是一套顶层的设计准则,这套准则用来指导网络的技术设计,特别是协议和算法的工程设计<sup>[6]</sup>;行为层面的研究关注的是用户行为和流量行为构造的网络结构(network structure),这类研究将互联网视为以信息资源共享为目的的应用网络,致力于提出用户与资源之间相互作用关系的分析框架,即本研究指涉的二元关系框架。

依照二元关系框架,网络应用中用户与资源的关系可以用双模式社会网络中的隶属网络(affiliation network)来表达,即网络中的主动参与者(active actor)为用户,被动参与者(passive actor)为信息资源。在引入了统计物理学、社会学等诸多学科的研究思路和方法后,提出了如图 1 所示的分析框架<sup>[5]</sup>。

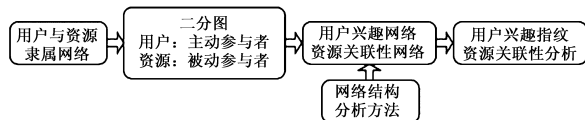


图1 网络用户与资源相互作用关系框架

### 2.2 局限性

网络用户与资源相互作用关系框架为互联网行为层面的研究提供了简洁而便利的分析框架,尤其是在引入社会科学领域的方法方面做出了非常有价值的探索,但仍处于对互联网显在结构的分析阶段,对于探究互联网深层结构还存有一些局限性:

(1)用户属性.认识到了互联网上的节点是现实社会中具有主动性的人的映射,但在界定用户属性时并未考虑其社会属性和文化属性,用户仍是原子式的无差异节点。

(2)资源属性.将各类信息资源界定为因用户兴趣才得以建立关联关系的被动参与者,将资源具体化为具有不同使用功能的各类网络产品,但没有注意到网

络产品在设计 and 生产过程中已经注入了带有方向性的社会和文化要素,同类之间存在差异和竞争(如不同门户网站的同类产品),异类之间存在协调与合作(如同一个门户网站的不同网络产品)。

(3)用户与资源的关系.在用户需求的基础上提出了“共同兴趣”的重要概念,将其视为用户与资源得以建立关系的本质驱动,用来分析加权网络中的用户簇,但并未将“共同兴趣”整合进分析框架,而只是作为外生变量。此外,将兴趣指纹<sup>[5]</sup>作为用以鉴别不同用户的唯一属性是不准确的,因为用户行为的动机和偏好是复杂的、动态的。

(4)分析方法.引入了统计物理学和社会学等诸多学科的研究方法和思路,主要体现在引入了统计物理学的复杂性思想和社会学领域的社会网络分析方法。前者用于判别互联网是具有小世界和无标度特征的复杂网络,后者用于提供具体的量化分析方法。此处一个有趣的现象是,二元关系框架在分析用户与资源的关系时,一方面,引入了统计物理学的复杂性思想,却没有遵从其研究的方法论去考察互联网结构的自组织演化,仍偏重于对网络结构的他组织设计与控制;另一方面,借用了社会网络分析方法,但抛开社会学领域关于社会网络的思想体系,未能将用户的社会属性和文化属性纳入视野,而这正是造就互联网复杂性的重要根源。

客观地说,网络用户与资源相互作用关系框架不仅提供了关于网络结构的基础分析范式,而且把用户之间的信息共享行为视为社会网络中人与人交往沟通方式的延伸,在深化互联网结构分析方面迈出了重要一步,同时综合了不同学科领域的思想与方法,为后来的研究者拓宽了视野。只是该领域起步时间不长,始于计算机、电子工程等工程学学者,不同学科的知识渗透尚不充分,对于互联网结构作为一种社会网络的深层结构分析有待进一步发展。基于前述几个方面的局限性,本文在二元关系框架基础上引入“用户偏好”概念以揭示互联网的深层结构,即嵌入性网络结构。

## 3 基于用户偏好的分析框架

互联网中的用户行为首先是一种经济行为,用户获取和传递信息资源的行为是其借助互联网满足自身需要的过程,用户的效用是用户投入的时间成本与获取的信息资源的函数。同时这又是一种特殊的生产与消费合一的经济行为<sup>[7]</sup>,网络用户同时承担着生产者和消费者的角色,在使用网络的过程中也生产和创造了信息资源并构成网络产品的重要内容,因此用户的生产效用和消费效用是结合在一起的<sup>[8]</sup>:

$$NU = U(NY) = \int_0^x \int_0^t [Y(x, t)] dx dt \quad (1)$$

式(1)中,  $NU$  为用户的总效用,  $NY$  为用户使用网络过程中的“生产函数”,  $x$  为用户享用的信息资源,  $t$  为用户投入的时间成本. 要特别指出的是, 如果用户生产的信息只是静态的存储在用户中, 这样的信息只能作为用户属性而非资源, 只有当信息在网络结构中流动起来才成为资源, 资源流动的方向很大程度上依赖于用户的偏好.

偏好是用户按照自己的意愿对可供选择的资源组合进行的排序, 也称为“选择偏好”. 如图 2 所示, 偏好决定了网络用户的需求, 用户按照偏好将网络资源进行排序, 排序靠前的网络资源被选择用以实现效用, 效用越高的网络资源越能满足用户的需求, 越被认为是具有价值的资源而成为偏好的价值对象.

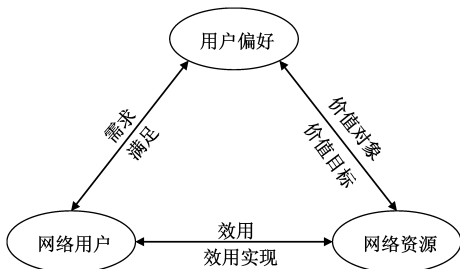


图2 基于用户偏好的网络行为分析框架

用户偏好的生成来自内外两个方面: 一方面取决于用户自身具有的内在属性, 如年龄、性别、性格、职业、收入和文化程度等, 表现为个性化偏好; 另一方面受到用户所处的社会、文化等外在环境的影响, 如生活中的社会关系、社会规范、风俗习惯、伦理价值等, 表现为社会性偏好. 通常, 用户在社会化过程中经过模仿、学习和接受教育等方式将社会规范、风俗习惯等外在因素内化于自己的认知结构. 因此, 偏好从整体上来说是内生变量.

偏好一旦形成就保持相对稳定, 在行为上表现为在相似的情境下用户倾向于重复相同的选择, 形成行为习惯. 互联网中的用户会基于偏好彼此建立联系, 具有相同或互补偏好的用户会以虚拟社区为平台聚集成高密度关系网络, 即关系簇. 网络用户的聚集是以交换和分享彼此携带的信息资源为目的, 因而资源随之流动、重新组合并聚集成束, 即信息束. 这样, 在特定范围内, 生成了基于用户偏好的网络结构, 并形成可观测的具有整体性和稳定性特征的行为模式.

## 4 嵌入性网络结构及其测度指标

### 4.1 嵌入性网络结构

本文认为, 互联网中用户行为包括三个要素:

- ① 作为网络用户的个人或群体;
- ② 用户用以实现效用的资源;
- ③ 影响用户需求满足程度(用户利用资源获得的效用)的偏好.

给定不确定条件下的偏好状态集  $\Omega$ , 用户根据自己的偏好状态  $\omega$  选择不同的资源(信息束)  $x_\omega$  ( $x_\omega$  本身是确定条件下的信息束). 所以, 不确定条件下的用户行为是一组信息束  $\{x_\omega\}_{\omega \in \Omega}$  和  $\Omega$  上的一个概率分布  $p(\omega)$ . 基于用户偏好的资源效用函数可表示为:

$$U(X_\Omega) = \int_{\Omega} u(x_\omega) d p(\omega) \quad (2)$$

由于用户偏好包含了个性化偏好和社会性偏好两个方面, 所以用户对资源的选择已不是一个原子化个人孤立的理性行为——力求在最短时间内获取最大化的信息资源, 而是一个“社会人”的社会行为——受其所在的关系网络的社会和文化因素的影响. 用户所在的关系网络分为两个层次: 一是互联网中的关系结构, 即 ISN 结构; 一是现实中的社会网络结构, 即 RSN 结构. 如图 3, 本文提出的嵌入性网络结构实际上是一种双重嵌入: 用户行为首先是嵌入于用户所在的 ISN 结构, 而这种 ISN 结构同时又嵌入于 RSN 结构之中.

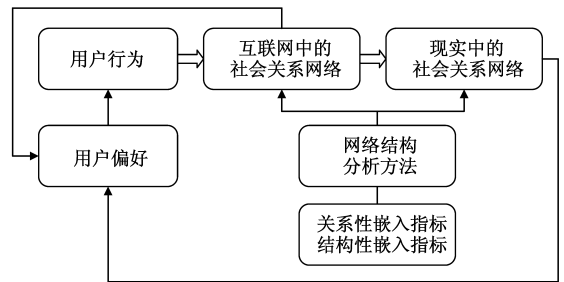


图3 基于偏好的嵌入性网络结构

有学者认为在网络互动与日常“现实生活”关系上, 人们越是花更多时间在网络互动上, 就越与其社会环境失去联系或造成“社会孤立”(social isolation)<sup>[9]</sup>, 人们在网上的各种活动是以与家人、朋友和社区的交流为代价的. 这意味着网络用户所在的 ISN 与 RSN 是相互独立没有交集的. 但随后的调查表明, 互联网并没有增加社会孤立, 互联网也被广泛用于与家人和朋友的联系, 尤其是远距离的朋友的联系<sup>[10, 11]</sup>. 我国关于 IM (Instant Messaging) 和 SNS (Social Networking Services) 用户的调查也显示, 有 94.7% 的 IM 用户的联系人来源为“亲戚/朋友/同事/同学直接告知”<sup>[12]</sup>, 有 63.5% 的 SNS 用户在选择某一 SNS 网站时首要考虑的因素是“网站上同学/同事/熟人的多少”, 36.6% 的用户使用 SNS 的主要目的是“维护与老朋友之间的关系”<sup>[13]</sup>. 这些偏好显示, 用户所在的 ISN 与 RSN 存在镶嵌关系是一个基本事实.

## 4.2 测度指标与分析方法

不同于“网络用户与资源相互作用关系框架”行为层面的分析,本文在方法上关注的是关系层面.社会结构就是一种网络,是用户之间、群体之间、组织之间等多种层次的社会单位之间的关系模式.任何一个网络都包括两个要素,一是一组社会单位,二是社会单位之间的一组关系.世界是由关系组成的,研究的单位应该定义为社会关系而不是个人.在方法上,二人关系是基本的分析单位,但只有在结构的背景下才能理解二人关系,二人关系只是作为社会结构的部分才有意义.因此,本文采用 Granovetter 提出的关系性嵌入 (relational embeddedness) 和结构性嵌入 (structural embeddedness)<sup>[14]</sup> 作为分析嵌入性的两个维度,这也是被国内外学者广泛接受的经典分析框架.

### 4.2.1 基本定义

设  $G_{ISN} = \{V, E\}$ , 其中,有端集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ , 边集  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ . 节点  $v$  代表网络用户,边  $e$  代表网络用户之间的关系.对用户  $v_i$ , 与其直接相连的边的数目称为  $v_i$  的“节点程度”,表示为  $d(v_i)$ . 同样,设  $G_{RSN} = \{N, L\}$ , 其中,有端集  $N = \{n_1, n_2, \dots, n_k\}$ , 边集  $L = \{l_1, l_2, \dots, l_z\}$ . 节点  $n$  代表网络用户,边  $l$  代表网络用户在现实社会中与他人之间的关系.网络用户  $n_i$  在 RSN 中的节点程度为  $d(n_i)$ .

### 4.2.2 测度指标

(1) 关系性嵌入. 关系性嵌入研究是指网络用户嵌入于个人关系之中,研究视角集中于网络用户之间的二元关系,也称为“个体社会网”或“自我中心社会网”研究<sup>[14]</sup>. 联结度和嵌入度是分析用户行为受其个人关系网络影响程度的重要指标.

(a) 联结度: 即两节点之间的捷径的长度,用以度量用户之间关系的强度. 网络用户在 ISN 和 RSN 中彼此的关系强度分别表示为  $d(v_i, v_j)$  和  $d(n_i, n_j)$ .

(b) 嵌入度: 即一个节点的节点程度与节点总数之比,用来描述用户在互联网中的行为嵌入社会关系的程度. 网络用户在 ISN 和 RSN 中的嵌入度分别为  $d(v_i)/n$  和  $d(n_i)/k$ . 嵌入度取值越大,嵌入性程度越高.

(2) 结构性嵌入. 结构性嵌入研究主要是研究网络用户间的多维总体性结构问题,它一方面强调网络的整体功能和结构,另一方面关注用户在网络中的结构位置,也称为“整体网研究”<sup>[15]</sup>. 密度和中心性是描述结构性嵌入的重要指标,它们代表的是一个图的总体紧凑性的不同方面. 密度指的是一个图的凝聚力的总体水平,中心性描述的则是这种内聚性能够在多大程度上围绕某些特定节点组织起来. 因此,中心性和密度是

两个重要的、彼此相互补充的量度<sup>[16]</sup>. 中心性又可分为程度中心性 (degree centrality)、中介性 (betweenness centrality) 和接近中心性 (closeness centrality) 三个指标.

(a) 网络密度: 实际存在的边与可能数量的边的比例, 可用来衡量用户群体的紧密程度, 用  $\Delta$  表示.

设  $\Delta$  和  $\Delta'$  分别为 ISN 和 RSN 的网络密度 (无向图), 有:

$$\Delta = \frac{2m}{n(n-1)} \quad (3)$$

$$\Delta' = \frac{2z}{k(k-1)} \quad (4)$$

(b) 程度中心性: 某节点的节点程度与其最大可能的节点程度之比, 用来挖掘网络群体中最主要的核心用户. 程度中心性最高的图形是星状图.

设  $C_D$  和  $C'_D$  分别为 ISN 和 RSN 的程度中心性 (无向图), 有:

$$C_D = \frac{d(v_i)}{n-1} \quad (5)$$

$$C'_D = \frac{d(n_i)}{k-1} \quad (6)$$

ISN 的群体程度中心性为:

$$C_D = \frac{\sum_{i=1}^n [C_D(v^*) - C_D(v_i)]}{\max \sum_{i=1}^n [C_D(v^*) - C_D(v_i)]} = \frac{\sum_{i=1}^n [C_D(v^*) - C_D(v_i)]}{(n-1)(n-2)} \quad (7)$$

其中,  $C_D(v^*) = \max \{C_D(v_i)\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . 它与其他  $C_D(v_i)$  相减所得的差额总和, 即群体中心性. 分母是此数值的最大可能值, 无向图中群体程度中心性最高的图形就是星状图形, 其群体中心性是  $(n-1)(n-2)$ .  $C_D$  是一个网络的整体结构指标, 它度量的是一个图形中, 程度中心性最高节点的程度中心性与其他节点程度中心性间的差距. 该差距越大, 则群体程度中心性的数值也越高, 表示此群体权力过分集中, 即某一节点特别重要.

同理, RSN 的群体程度中心性为:

$$C'_D = \frac{\sum_{i=1}^k [C'_D(n^*) - C'_D(n_i)]}{(k-1)(k-2)} \quad (8)$$

(c) 中介性: 描述的是一个节点起到中介或者桥梁作用的程度. 以 ISN 为例, 中介性表示为两节点间包含某一特定节点的捷径数之和与这两个节点间捷径数的比值, 即:

$$C_B(v_i) = \frac{\sum_{j < h} g_{jh}(v_i)}{g_{jh}} \quad (9)$$

标准化公式(无向图):

$$C_B'(v_i) = \frac{2 \sum_{i < h} g_{jh}(v_i)}{g_{jh}(n-1)(n-2)} \quad (10)$$

$g_{jh}$ 是节点  $v_j$  达到节点  $v_h$  的捷径(即达到目的地通过节点最少的一个链路)数,  $g_{jh}(v_i)$ 是节点  $v_j$  达到节点  $v_h$  的捷径上有节点  $v_i$  的捷径数,  $n$  是此一网络中的节点数.

群体中介性是指,一个图形中,中介性最高的那个节点的中介性与其他节点中介性间的差距,公式如下:

$$C_B = \frac{2 \sum_{i=1}^n [C_B(v^*) - C_B(v_i)]}{(n-1)^2(n-2)} \quad (11)$$

(d)接近中间性:以距离为概念来计算一个节点的中心程度.与其他用户越近的用户中心性越高,与其他用户距离越远的用户的中心性越低,以 ISN 为例,其公式如下:

$$C_C(v_i) = \left[ \sum_{j=1}^n d(v_i, v_j) \right]^{-1} \quad (12)$$

其中,  $d(v_i, v_j)$ 代表  $v_i$  与  $v_j$  之间的距离,  $C_C(v_i)$ 就是节点  $v_i$  到其他各节点的距离加总再求倒数,其值越小就

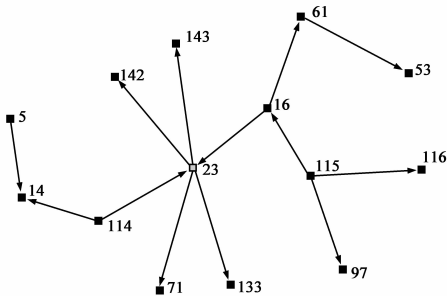


图4 节点23所在的RSN社群图

描述简单网络时,重在考查用户之间的二元关系,一般用关系性嵌入指标来衡量,但考虑到双重嵌入的网络结构,除了联结度和嵌入度之外,还应辅之以用户互访时间、互访频率、共同偏好、交流信息的私密程度等社会性变量综合加以测量.在 ISN 中,联结度低、嵌入度高、节点距离小、互访时间长、频率高、偏好趋同、信息私密程度高的关系多为强关系,反之则为弱关系.网络用户之间在 RSN 中的关系强度则可通过用户彼此设定的联系人/好友的分组属性来测量,“家人亲戚”、“挚交好友”等为强关系,“朋友的朋友”、“不认识”等为弱关系.当网络规模增大时,则需增加网络密度  $\Delta$  和  $\Delta'$  来描述用户群体的紧密程度.在网络规模增大的同时,网络结构的复杂程度日趋增强,网络群体会出现高度集中趋势或分裂成彼此独立的小群体的趋势,这表明在

表示  $v_i$  与其他各节点距离越大,一个节点越是边缘,也就越不重要.反之亦然.此一指标要求很高,主要适用于全联结图.

#### 4.2.3 分析方法

上述关系性嵌入和结构性嵌入两个层次的测度指标,适用于分析不同规模和复杂程度的网络.下面,本文以在一个网络社区中选取的可获得其 RSN 的节点 23 为例,以便展示与其偏好同一话题的 ISN 和 RSN 的结构(如图 4 和图 5)及其结构性嵌入指标的测量结果(见表 1).

表1 基于 ISN 和 RSN 的结构性嵌入测量

	网络规模	网络密度	程度中心性	中介性	接近中间性
ISN	91	0.034921	0.01746	2.28%	664
RSN	14	0.142857	0.133333	7.25%	50

比较图 4 和图 5 两个社群图可以比较直观地看出,在同一偏好维度下,节点 23 所在的 ISN 和 RSN 存在较大差异.相比之下,ISN 的网络规模较大,复杂程度也更高.图 5 中突出的灰色较浅的 6 个节点是节点 23 所在的 ISN 和 RSN 中共有的节点.由于该网络社区为有向网络,所以社群图为有向图,表 1 中的测量指标亦按有向指标处理.

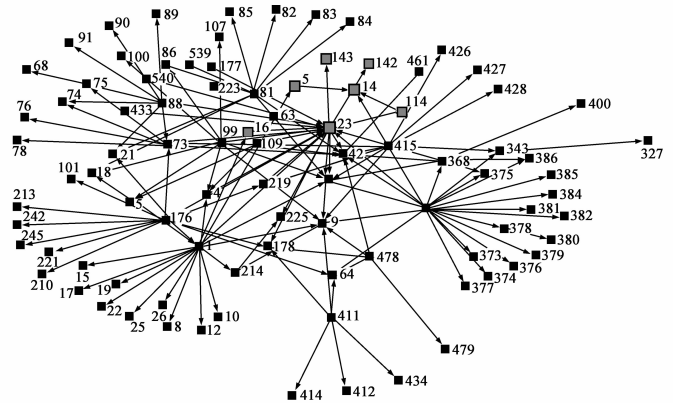


图5 节点23所在的ISN社群图

群体中分别出现了权力集中的核心用户和信息垄断的关键用户,此时必须增加测度  $C_D$  和  $C_B$  来判断网络结构内群体聚集和分立的程度,挖掘权力过大的核心节点和关键的桥,他们的存在会限制其他用户应用网络的自由度,极大的影响网络资源传输的效率.在此过程中,如果能够同时获得用户在 ISN 和 RSN 中的关系属性和测度信息,将非常有利于指导网络结构的规则调整和网络应用的产品设计.所以,大型的网络调查在搜集用户特征和网络应用行为的数据时,可以进一步将用户偏好和社会关系等指标纳入调查问卷,为深化网络结构研究提供更充实的信息资源.

## 5 结束语

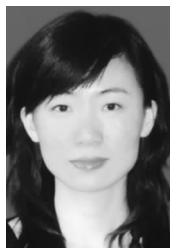
网络结构是互联网研究与设计的核心问题.本文

在“网络用户与资源相互作用关系框架”的基础上,引入了用户偏好这个重要概念,搭建了基于用户偏好的网络行为分析框架,将行为层面的研究上升到关系层面,提出了嵌入性网络结构的观点,即:用户行为首先是嵌入于用户所在的 ISN 结构,而这种 ISN 结构同时又嵌入于 RSN 结构之中. 本文从关系性嵌入和结构性嵌入两个维度给出了一系列测度指标和分析方法,用以分析互联网用户行为与 ISN 结构及 RSN 结构之间的镶嵌关系. 基于用户偏好的嵌入性网络结构为互联网结构和用户行为研究提供了更深层次的分析范式和更开放的综合视野.

## 参考文献

- [1] Liu Y, Yuan J, Shan X M, et al. Self-determined mechanisms in complex networks[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2008, 387(8-9): 2145-2154.
- [2] Liu F, Shan X M, Ren Y, et al. Phase transition and 1/f noise in a computer network model[J]. *Physica A*, 2003, 328(3-4): 341-350.
- [3] Yuan J, Mills K. A Cross-correlation based method for spatial-temporal traffic analysis[J]. *Performance Evaluation*, 2005, 61(2-3): 163-180.
- [4] 黄海清, 张平, 张曦文. 基于用户偏好的智能业务选取研究[J]. *电子学报*, 2006, 34(12A): 2537-2540.  
Huang Hai-qing, Zhang Ping, Zhang Xi-wen. Modeling of user preference based on agent for service selection[J]. *Acta Electronica Sinica*, 2006, 34(12A): 2537-2540. (in Chinese)
- [5] 任勇, 李一鹏. 互联网信息共享的复杂性研究[J]. *复杂系统与复杂性科学*, 2010, 7(2-3): 165-172.  
Ren Yong, Li Yi-peng. On the complexity of the Internet information sharing[J]. *Complex Systems and Complexity Science*, 2010, 7(2-3): 165-172. (in Chinese)
- [6] 李国庆, 安建平, 杨杰. 深入理解网络体系结构[J]. *计算机工程*, 2004, 30(21): 1-2.  
Li Guo-qing, An Jian-ping, Yang Jie. Understanding network architecture intensively [J]. *Computer Engineering*, 2004, 30(21): 1-2. (in Chinese)
- [7] 何明升, 李一军. 网络消费的基本特点及其对传统经济理论的突破[J]. *学术交流*, 2001, 95(2): 105-108.  
He Ming-sheng, Li Yi-jun. Basic features of network consumption and its breaking through in the traditional economic theory [J]. *Academic Exchange*, 2001, 95(2): 105-108. (in Chinese)
- [8] 何明升, 李一军. 网络消费的数学模型与应用分析[J]. *管理工程学报*, 2003, 17(1): 10-12.  
He Ming-sheng, Li Yi-jun. A mathematical model and empirical analysis of Internet consumption [J]. *Journal of Industrial Engineering*, 2003, 17(1): 10-12. (in Chinese)
- [9] Norman Nie, Lutz Erbing. *Internet and Society: A Preliminary Report (2000/2)* [R]. Stanford: Stanford Institute for the Quantitative Study of Society, 2000.
- [10] Chen Wenhong, Jeffrey Boase, Barry Wellman. *The global villagers: Comparing internet users and uses around the world* [A]. *The Internet in Everyday Life* [C]. Oxford: Blackwell, 2002. 74-113.
- [11] Irina Shklovski, Sara Kiesler, Robert Kraut. *The internet and social interaction: A meta-analysis and critique of studies, 1995-2003* [A]. *Computers, Phones, and the Internet: Domesticating Information Technology* [C]. Oxford: Oxford University Press, 2006. 251-264.
- [12] CNNIC. *中国即时通信用户调研报告(2009/12)* [R]. 北京: 中国互联网信息中心, 2009.  
CNNIC. *Survey Report on the Instant Messaging Users in China (2009/12)* [R]. Beijing: China Internet Network Information Center, 2009. (in Chinese)
- [13] CNNIC. *2009 年中国网民社交网络应用研究报告(2009/10)* [R]. 北京: 中国互联网信息中心, 2009.  
CNNIC. *Survey Report on the Applications of Social Networking Services of Chinese Internet Users in 2009 (2009/10)* [R]. Beijing: China Internet Network Information Center, 2009. (in Chinese)
- [14] Granovetter, M. Economic institutions as social constructions: A framework for analysis[J]. *Acta Sociologica*, 1992, 35: 3-12.
- [15] 罗家德. *社会网分析讲义* [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2005. 40.  
Luo Jia-de. *Social Network Analysis* [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press (China), 2005. 40. (in Chinese)
- [16] John Scott. *Social Network Analysis: A Handbook* [M]. 2nd ed. London. Thousand Oaks New Delhi: Sage Publications Ltd, 2000. 89.

## 作者简介



唐雨女. 1981年6月出生, 黑龙江鸡西人. 2004年和2006年分别获得哈尔滨工业大学法学学士学位和法学硕士学位, 后就职于哈尔滨工业大学社会学实验室. 现为哈尔滨工业大学社会工程与管理专业在读博士, 从事互联网中的网络社群结构及相关研究.

E-mail: purityrain@126.com