

小世界网络下用户创新扩散效果分析

林 略,周力全

(重庆大学 经济与工商管理学院,重庆 400044)

摘 要:本文对用户创新的概念及相关研究成果进行了阐述,分析了用户创新扩散的特性;运用 WS 小世界网络模型构建了用户创新扩散的网络模型,并对扩散效果进行了模拟分析。结果表明:用户创新扩散在不同的网络结构下呈现出不同的结果;创新采纳比例在小世界区间达到最大;随着网络随机化程度的加大,平均创新知识水平变得更高,知识的均匀扩散能够更快实现。最后进行了案例分析。

关键词:用户创新;小世界网络;创新扩散;创新社区

中图分类号:F224.33 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2009)07-0018-04

创新扩散是指创新通过一段时间,经由特定的渠道,在某一社会团体的成员中传播的过程^[1]。而用户创新扩散很重要的一个特点就是源自用户的创新在创新用户之间传播。用户基于期望从创新中获益、补充市场现有产品不能满足的要求、减少信息粘性等原因而进行创新,或采纳特定团体中其他创新用户的创新,以达到相应的目的。同时,他们也从特定的网络环境中获取进行创新所必须的创新知识。

1 用户创新的概念及其扩散特性

1.1 用户创新的概念

麻省理工学院的冯·希普尔提出了用户创新理论,从创新的职能源(functional source)角度对企业和个人按照他们与一个特定的产品、工艺和服务创新在所有利益上的职能关系进行分类^[2]。用户创新理论的主要思想是,打破创新主要是由制造商或相关研究机构来主导开展的传统看法,指出用户在参与创新的过程中有着重要作用,在某些行业里实际上是创新的主要源泉。

1.2 用户创新的扩散特性

罗杰斯在对扩散网络的实证调查中发现,创新扩散网络的主要性质包括:网络中个体存在的分类、网络个体的同质性和异质性、沟通的集聚性以及沟通的弱势链优势。结合这些性质,本文认为用户创新扩散网络的主要特征如下:

1)“领先用户”对扩散有重要作用。

用户创新理论中的“领先用户”与罗杰斯等提出的“观念领导”有共同之处。研究表明,“领先用户”不仅在创新早期有着重要作用,而且对后期的用户

创新扩散也有着重要作用,相比其他用户,他们有更强大的动力去进行创新、采纳创新和传播创新。在进行创新行为时他们并不是孤立的,而是往往与所在网络中的其他创新用户联系,通过直接或间接的方式,如面对面的交流、在用户小组中进行讨论、网上论坛等,向其他用户免费分享他们的经验和帮助其他人完成创新过程。

2)扩散网络内存在同质性和异质性交流。

同质性是指进行沟通的两个个体之间相似的程度,异质性则是指相互交往的两个个体之间沟通时一些方面的差别程度。创新用户普遍愿意免费公开他们的创新信息,而且由于他们是广泛分布的,每个人只有一项或少量的创新,创新用户会形成各自的创新网络,往往以一种“创新社团”的形式存在^[3]。在社团的参与者中,既有很多具有相同知识背景或应用背景的人,也不乏有其他背景或层次的成员。

3)扩散网络内连接具有集聚性。

网络内连接的集聚(cluster)主要指进行联系的个体会被某个个体所凝聚,从而形成一个小群体。在用户扩散网络的常见形式——用户创新社团中,成员以提供工具的形式为其他个体创新者提供有效的支持,同时这些创新社团中的用户也倾向于以协作的方式行动,即用户不仅仅传播和评价已经完成的创新,同时也志愿从事其他重要服务,比如在开发和推广创新中相互帮助。

4)扩散网络中的弱势链作用。

马克·S·格瑞勒怀特提出了“弱势链优势”理论。在创新网络中,特征相近的个体往往形成一个个小派系,弱势链就是将这些不同派系的个体联结

收稿日期:2009-04-17

作者简介:林略(1966—),女,重庆人,重庆大学经济与工商管理学院副教授,研究方向:创业管理;周力全(1984—),男,江西丰城人,重庆大学经济与工商管理学院硕士研究生,研究方向:创新管理。

在一起的边。如果一个网络内没有或者缺乏这些弱式链,那么这个网络内只会存在一些彼此分离的、互不相关的派系。弱式链的存在,使创新扩散更加彻底有效。

2 小世界网络模型与用户创新扩散

2.1 小世界网络模型

Watts 和 Strogatz 首次提出并构建了小世界网络模型^[4],揭示了大量真实网络存在小世界特性。小世界网络的构造规则是:

从规则图开始,考虑一个含有 N 个点的最近邻耦合网络,其围成一个环,其中每个节点都与它左右相邻的 $K/2$ 个节点相连, K 为偶数;其中,为保证网络的稀疏性,满足 $N \gg K \gg \ln(N) > 1$ 。

随机化重连。以概率 p 随机地重新连接网络中的每个边,即边的一个端点保持不变,而另一个端点取为网络中随机选择的一个节点(断键重连)。其中规定,任意两个不同的节点之间至多只能有一条边,而且每一个节点都不能有边与自身相连。这些长距边把一个节点与远处的节点联系起来,称为捷径。

重复,直到遍历所有的边。

在上述模型中, $p=0$ 对应于完全规则网络, $p=1$ 则对应于完全随机网络,通过调节 p 的值就可以控制从完全规则网络到完全随机网络的过渡,如图 1 所示。

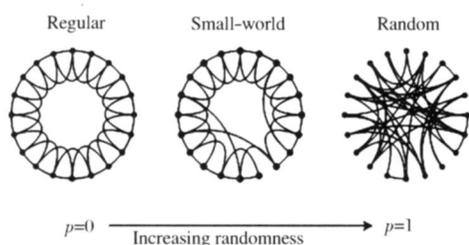


图 1 规则网络向随机网络变化的示意过程^[4]

其中,特征路径长度(characteristic path length),简称为 L ,和聚集系数(clustering coefficient),简称为 C ,作为描述小世界网络模型的主要统计参量。网络中两点之间的距离定义为连接两点所需要的最少的边数,对所有节点的距离求平均值就得到了特征路径长度 L ;网络中单个节点的聚集系数定义为该节点与其邻居节点(与它直接相连的节点)之间的边数占可能的最大变数的比例,所有节点的聚集系数的平均值就是网络的聚集系数。

Watts 和 Strogatz 通过研究发现,存在 p 的某个区间, L 和 C 有相对较明显的变化。其中, L 在此区间里急剧减小而 C 基本保持不变,该区间被称为

小世界区间。目前的研究文献没有提出精确的小世界区间,一般为 $(0.01, 0.1)^{[4-5]}$ 。

2.2 用户创新扩散网络模型

网络可以表示为: $G = (I, E)$ 。

其中: I 表示给定的节点,即网络中成员的集合; E 表示边,即网络中成员间关系的集合。用 N 来表示网络中成员数目;用 a_{ij} 表示成员所在的节点 i 和 j 之间的关系。对于任何的节点对,如果它们之间有直接连接,则 $a_{ij} = 1$,否则, $a_{ij} = 0$ 。很显然,网络个体节点 i 的邻居个体节点集合是 $I_i = \{j \mid I: a_{ij} = 1\}$ 。网络中两个节点 i 和 j 之间的距离 d_{ij} 定义为连接两个节点的最短路径上的边数,用 S_i 表示节点 i 与相邻节点连接形成的局部集聚, k_i 是节点 i 的邻居数目, m_i 表示网络中节点 i 的邻居与节点 i 之间的连接数, S_i 中最多有 $k_i(k_i - 1)/2$ 条连接(i 的每一个邻居都与 i 的另一个邻居相连)。

2.2.1 用户创新的采纳

大众传媒和人际关系渠道是创新得到采纳的主要渠道^[1],而人与人之间的联系则形成了大量的网络。过去的扩散研究通常从 Rogers 的 S 形扩散曲线的左手底部即创新的第一个接受者开始,但事实上,此前的决策对扩散过程也具有很大影响,网络中周围人的影响对用户创新的采纳有着必然的影响。本文认为,用户间对创新进行采纳的过程如下:

1) 当一项创新出现时($t=1$ 时),网络内的所有个体对该创新有个初始评价价值。假设该评价价值服从均匀分布 $a_i^1 = \text{rand}[0, 1]$, ($i=1, 2, \dots, N$)。

2) 用 s_i^t 表示个体 i 在采纳周期 t 的采纳状态, $s_i^t = 1$ 表示个体 i 对该创新愿意接受, $s_i^t = 0$ 表示不接受。当个体对创新的评价高于采纳临界值时,个体将会采纳创新。设采纳临界值 E ,如果 $a_i^t \geq E$,则 $s_i^t = 1$,否则 $s_i^t = 0$ 。 $t=1, 2, \dots, T$ 表示所观察的采纳周期。

3) 评价完成后,网络个体在周围已采纳邻居个体的影响下对创新进行评价更新。在采纳时期 t ,个体 i 的邻居中同时存在同质个体(记为 j)和异质个体(记为 k),记它们的数量分别为 m_i 和 n_i 。由于在用户创新扩散网络中,个体之间更大程度上属于一种同质性交流,因此,本文假设相对于某时期总的采纳邻居节点数,异质个体出现比例很小,即 $n_i \approx 0$ 。设同质个体对 i 的评价的影响效率为,有

$$a_i^t = a_i^{t-1} \times \prod_{j=1}^{m_i} a_j^{t-1} / m_i \quad (1)$$

2.2.2 网络内创新知识扩散效果

创新的扩散在某种程度上也就是知识的扩散,

因此我们可以用网络中创新用户对创新知识获取情况来体现用户创新扩散的效果。这里用整个网络中个体创新知识的平均水平和创新扩散后的创新知识方差来表示。网络中创新知识水平的演进如下：

1) 用 V_i^t 来表示网络中个体 i 在时间 t 拥有的创新知识水平,网络中取 2% 的节点为其中的领先用户,初始状态下 ($t=0$),假设他们拥有的初始创新知识水平 $V_i^0 = 50, (i=1, 2, \dots, 10)$ 。其他个体的初始创新知识水平仍然服从均匀分布 $V_i^0 \sim \text{rand}[0, 1]$ ($i=11, 12, \dots, 500$)。

2) 假设个体 i 总是选择其邻居节点中与其创新知识差距最大、且创新知识更多的 j 进行交流,交流后对创新知识的获得率为 p ,节点 i 在时期 $t+1$ 交流后,其拥有的创新知识水平为:

$$V_i^{t+1} = V_i^t + \max(V_j^t - V_i^t, 0) \cdot p$$

$$V_i^t = \begin{cases} 0, & \text{当 } V_j^t \leq V_i^t \\ V_j^t - V_i^t, & \text{当 } V_j^t > V_i^t \end{cases} \quad (2)$$

在 t 时期,这个网络所有节点的平均创新知识水平为:

$$\mu_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i^t \quad (3)$$

创新知识水平的标准差反应了网络内个体获取知识的不均衡性,表示为:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_{i,t}^2 - \mu_t^2} \quad (4)$$

3 数值模拟结果及分析

取 $N=500, K=10, E=0.9, p=1, \alpha=0.95$ 。在用户创新的采纳分析中, p 从 0 到 1 均匀演进,演化时间为 50。对网络内知识创新效果分析中, p 取值为 $\{0.001, 0.01, 0.1, 0.9\}$,演化时间为 100。

3.1 网络中用户创新的采纳

图 2 是网络中用户创新在不同网络结构下随时间演化的采纳情况。在初期,即 $t=0$ 时期,网络内的采纳比例约为 0.1,随着时间的演进,不同网络结构下用户创新采纳都得到增加并最终停留在稳定状态。而在小世界区间里,采纳比例要高于整体水平,其变化呈 S 型曲线。

3.2 网络结构与最终采纳情况

各网络结构下用户创新在最终演化时刻的采纳情况也有较明显的差异(图 3),采纳在小世界区间边界 $p=0.1$ 附近最终达到最大值,而随着网络随机化程度的加剧,采纳水平出现波动下降的情况。

3.3 网络结构与平均创新知识水平

实际上,用户创新的扩散在一定程度上体现的就是知识的传播,因此网络中的平均知识水平能有

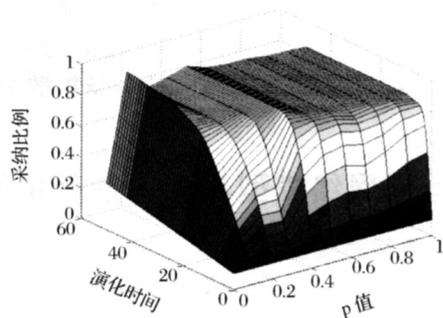


图 2 用户创新采纳情况随时间变化图

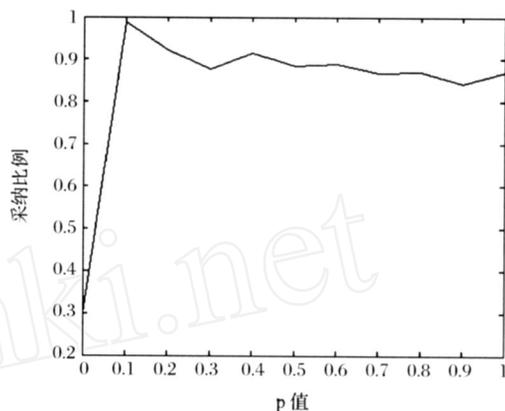


图 3 网络结构与最终采纳情况

效反映创新的扩散情况。图 4 说明不同网络结构下的知识水平最终都达到了最大值,而随着网络的随机化程度提高,创新知识的扩散更加迅速,知识水平也更早到达最大值。

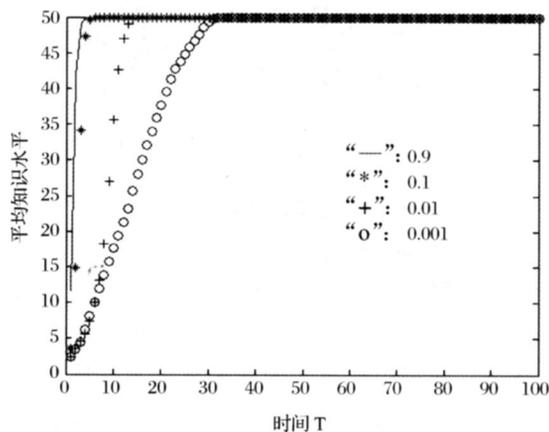
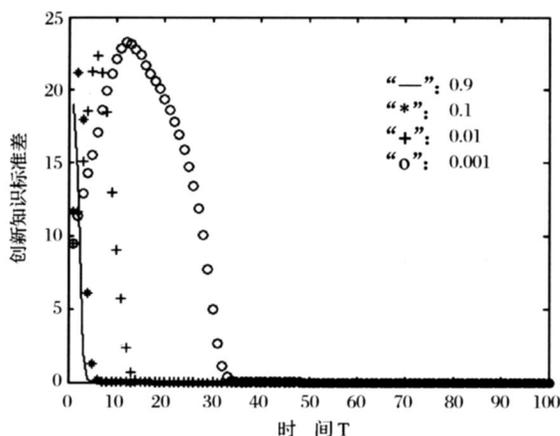


图 4 不同 p 值的平均知识水平情况

3.4 网络结构与创新知识标准差

标准差的大小体现了网络内创新知识扩散的均匀情况。图 5 同样说明, p 值越大,创新知识的扩散越能更快实现均匀,更早实现网络内创新知识水平差距的缩小。

图5 不同 p 值下的创新知识标准差

4 Apache 开源软件案例分析

Apache 是一种开放源码的 HTTP 服务器,可以在大多数计算机操作系统中运行,起初只是一群对当时最流行的 HTTP 服务器 NCSA 1.3 的代码感兴趣的年轻人组成的研发小组,如今 Apache 社区已经成为了全球最大的开源社区之一。

4.1 Apache 网络服务器开发过程分析

4.1.1 用户成为开发的主要角色

Apache 将网络服务器开发过程中的参与人员称为“精英开发阶级”(meritocracy),并且将他们分为:普通用户(user)、开发者(developer)、执行者(committer)、项目经理委员会成员(PMC member)、项目经理委员会主席(PMC chair)和 ASF 成员(ASF member)。他们都以志愿者的身份参与到 Apache 的开发项目中,任何人都不会从基金会中得到报酬(甚至包括 ASF 成员和 ASF 的负责人)。

4.1.2 网络服务器开发中的网络联结

Apache 基金会没有专门的办公室或大楼,整个组织以一种虚拟形式在互联网上存在,包括负责网络服务器开发项目在内的项目开发人员都来自世界各地。因此,通过有效的网络连接将数量众多的开发人员及用户联系起来,成为 Apache 开发过程中的鲜明特点。在具体开发过程中,网络中存在着许多由用户社区组成的“集聚”,由执行者产生“长程连接”。用户社区、Apache 主要开发团队及外部资源,构成了 Apache 结构鲜明的整体网络架构(见图 6)。

4.2 对用户创新管理的启示

1) 通过形成创新网络能有效促进用户创新。

用户之所以进行创新,主要原因是出于自己的兴趣、为了解决自己遇到的问题或者是当前所使用的产品、工艺或服务不能满足需求,从而促使自己对产品、工艺或服务进行开发改进至可用状态。软件

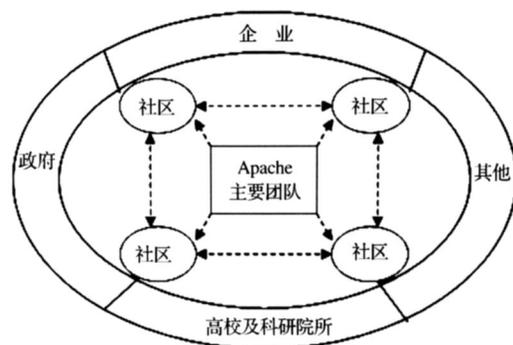


图6 Apache 开发的整体网络结构

产品的用户在使用过程中,会因为软件存在问题或自身需求,想对产品进行改进,而源代码的开放可以使具备一定知识的用户实现创新。

创新过程中存在的一个具有共性的问题是,在解决一个特定的技术问题时,有些用户是第一次遇到相应的技术问题,而有些用户遇到过并且解决了。事实上,创新用户普遍愿意公开他们的创新信息,他们不是孤立地进行创新,往往会形成自己的群体,构建并组织创新网络,以支持创新持续进行。而且,他们将这种行为当作一种获取更多创新知识的方式。因此,通过构建网络联系,将广泛分布的创新信息汇集起来,用户创新者网络就形成了。Apache 的案例就充分说明,网络中用户的整体知识水平都会得到提高,而这种不断更新的知识使得用户创新的结果——Apache 网络服务器领先于市场。

2) 恰当的网络结构能有效促进用户创新。

当整个网络是一个全局稀疏的网络时,小世界特性就容易发挥出来(有大的集聚性和小的平均距离)。在 Apache 整个群体形成的网络中,有数量众多的用户形成的用户社区、有 PMC 成员和 ASF 成员形成的群体,处于相同角色的个体形成了同质群体,他们之间的联系是强联系,强联系中个体之间的交流很频繁,这样可以经常共享信息,避免重复创新以及确保众多人开发下的某个 Apache 项目总体方向一致;不同角色的个体形成了异质群体,他们之间的联系是弱联系。

通过执行者形成的网络中的“长程连接”,能有效地将不同层级不同类别的异质群体联系起来,一方面使得来自用户的广泛的反馈和创新能成为丰富的资源,另一方面用户群体也能获得来自水平更高的群体(PMC 成员等)的领先知识,更好地提高知识水平,从而促进用户创新的过程。

3) 创新网络能吸引更多的外部资源。

希普尔的创新源理论告诉我们,用户创新实际

(下转第 47 页)

Study on Determination of Land Price of Energy Infrastructure Projects : A Case Study on Power Grid Project

Liu Ruiyu ,Ye Ziwan

(Economics and Management School ,Wuhan University ,Wuhan 430072 ,China)

Abstract : This paper comes up with the determination method of land price in project economic evaluation through the analysis on prevailing land price calculation methods ,and presents calculation principles and methods about land cost in financial evaluation and land shadow price in national economic evaluation relying on power grid project ,which helps project investors estimate land cost in investment composition of energy infrastructure project accurately and rationally and improve the reliability of economic evaluation.

Key words : land price ;land shadow price ;energy infrastructure project ;power grid project

(上接第 21 页)

上为企业等组织提供了新的创新源泉,即来自用户的创新。在当今市场竞争日益激烈的环境下,光靠企业内部的创新既资源有限又可能脱离市场。而创新网络连接了许多不同的节点,形成了丰富的网络资源。

因此,微软、Google、雅虎等公司都成为了 Apache 基金会的白金捐助人,每年提供 10 万美金的资助用于帮助基金会发展;IBM 派出 50 多名技术人员以个人的形式参与 Apache 社区的开放源代码事业,为 Apache 提供技术支持;Oracle 通过免费向 Apache 所有用户公布百万条源代码,参与到开放源代码软件当中。这种方式事实上是企业恰当利用用户创新的具体手段:支持创新社区的发展,以为企业提供创新技术;派出工作人员参与创新社区,成为“领先用户”,带动更多的创新用户进行创新。Apache 基金会得到的这些赞助除了支付日常的运营

经费,主要都用来支持 Apache 下面的用户开源社区,让志愿者们能写出更好更优的开源代码,最终形成优秀的开源软件,并在企业、政府等机构中得到应用。最终,整个过程形成了用户创新的良性循环。

参考文献

- [1] 埃弗雷特·M·罗杰斯. 创新的扩散[M]. 北京:中央编译出版社,2002:29-36.
- [2] 埃里克·冯·希普尔. 创新的源泉[M]. 柳御林,陈道斌,等,译. 北京:知识产权出版社,2005:127-140.
- [3] 埃里克·冯·希普尔. 民主化创新[M]. 陈劲,朱朝晖,译. 北京:知识产权出版社,2007:50-55.
- [4] WATTS D J. STROCGATZ S H Collective dynamics of 'small-world' networks[J]. Nature,1998,393:440-442.
- [5] COWAN J. Network structure and the diffusion of knowledge[J]. Journal of Economic Dynamics & Control,2004,28:1557-1575.

Analysis on Effect of User Innovation Diffusion from View of Small-world Network

Lin Lue ,Zhou Liquan

(School of Economics and Business Administration ,Chongqing University ,Chongqing 400044 ,China)

Abstract : This paper describes the concept and the related research theory on user innovation ,and analyzes the characteristics of user innovation diffusion. According to the WS small-world network model ,it constructs the network model of user innovation diffusion ,and gives the simulation analysis on diffusion effects. The result of simulation analysis shows that :user innovation diffusion represents different results under different networks ;the proportion of innovation adoption achieves the max value in the small-world range ;with the increasing of the network stochastic extent ,the average innovation knowledge level is higher ,and the equable diffusion of knowledge can be achieved faster. Finally ,it makes the case study.

Key words : use innovation ;small-network ;innovation diffusion ;innovation community