

一个新的信息传播模型及其模拟

孙庆川 山 石 兰田田

上海大学情报学研究中心 上海 200444

〔摘要〕信息传播过程包含两个因素:一是信息传播的规则,描述人如何接受和传播信息;二是信息传播所在网络的结构。通过构建包含这两个因素的信息传播模型,并在计算机上模拟,得出如下结论:首先,存在信息传播临界值。当信息吸引力大于临界值时信息才能传播开,否则几乎不能传播。其次,小世界网络上,当信息吸引力在临界值附近时,随机边的添加会使传播面积增大,从而导致实际的传播临界值减小;但当信息吸引力足够大时,图结构的变化对信息传播面积影响不大。第三,当信息吸引力在临界值附近时,信息传播耗时对网络规模很敏感,但随着信息吸引力的增加,其值趋于稳定。

〔关键词〕信息传播模型 计算机模拟 小世界网络 无标度网络

〔分类号〕G350

A New Information Diffusion Model and Its Computer Simulation

Sun Qingchuan Shan Shi Lan Tiantian

Institute of Information Science of Shanghai University, Shanghai 200444

〔Abstract〕A new model of information diffusion is constructed. This model is intended to reflect the fact that in the process of information diffusion there are two elements: the first one is the rule of diffusion. It describe the mechanism that how a person accept the information; the second one is the structure of the network which the information diffuses in. From the simulation of this model on the computer, the authors find that there is a critical value. If and only if the attraction of information is above the critical value, the diffusion can occur. And on the NW small-world network, the addition of random edges can increase the area of information diffusion with the attraction around the critical value. But when the attraction is strong enough, this change of networks will not effect the area obviously. Finally, the consuming time of the information diffusion is sensitive to the scale of networks when the information attraction is near the critical value. But along with the increase of the attraction, the consuming time runs to constant.

〔Keywords〕information diffusion model computer simulation small-world network scale-free network

1 引 言

信息的传播过程可以从两个角度来定义:一个是信息传播所在的网络结构;另一个是信息传播的规则。信息的人际传播中信息传播所在的网络是人际网络。信息传播规则是描述人际网络中的个体如何接受并传播信息。个体接受和传播信息受到两种因素的影响:内部因素和外部因素。内部因素与个体本身的特质有关。诸如知识结构、价值导向等因素是决定个体能否接受信息的内因,这些因素综合体现为个体对信息的偏好。外部因素由两部分组成:一是信息本身;二是周围人的态度。信息的来源、表现形式及内容是信息本身的特质,其综合体现为信息的确信度或吸引力。周

围人态度对个体的影响是因为个体的从众心理。信息在人际网络上传播不仅要从微观考虑个体接受信息的条件,还要从宏观上考虑人际网络的结构。人际网络的主要性质是小世界性质和无标度性质。小世界性质是指网络的平均距离小且聚集系数高。无标度性质是指人际网络中节点度服从幂律分布。

现有的研究都分别考虑了信息传播的两个角度,但却没有将它们纳入到同一模型中。针对扩散建立的模型,最著名的是传染病扩散的 SIS 模型和 SIR 模型^[1]。模型中传染病并不仅限于医学上的传染病,而是指所有能够在网络上扩散开的事物。所以这个模型也可用于研究信息的扩散。但这两个模型都没有考虑人际网络的结构。它们都假设任何两个人之间有联系。而且在这两个模型中,节点周围只要有“感染

收稿日期:2009-09-08

修回日期:2010-01-11

本文起止页码:52-56,79

本文责任编辑:王传清

者”,其就以一定概率被传染。概率值是定值,与节点周围“感染者”的数目无关。这也与信息传播的实际情况不符。信息传播中,受传者有从众心理^[2],其受周围人影响的程度显然与其中接受信息的人的比例有关系。个体周围接受信息的人越多,则个体越可能接受信息。本文就试图将这两个因素纳入到一个模型中,并在计算机上模拟这个模型,考察在不同网络上的信息扩散面积、扩散耗时等指标与信息吸引力、网络规模的关系。

2 模型假设

为了构造信息传播模型,作以下五个假设:

- 个体只要接受信息,就会传播信息。因为从信息传播的角度看,如果个体不传播其所接受的信息,那么其对信息的进一步传播是没有意义的。

- 个体只能从与其有联系的其他个体处获得信息。这样也就排除了排除了大众传媒的影响。虽然在信息传播中大众传媒起了很重要的作用,但研究的问题是针对于人际信息传播,所以要排除大众传媒的影响。

- 只考虑个体与其他个体的联系,而且只考虑联系的存在性,不考虑联系的强度。这是对人际网络的结构限定。这样构成的人际网络图是一个简单无向图。事实上大多数的人际网络都是简单无向图。

- 不同个体的影响力假设是一样的。此处影响力是指某个个体对另外的个体在某信息上的劝说力。个体的影响力的含义是对某个个体来说,所有和他有联系的个体的劝说力是相同的。这个假设是一个很严格的假设。因为现实生活中当人举棋不定的时候会去咨询某个人,而不会随便找个他认识的人来问。之所以有这个假设是为了使模型相对简单。在后面的研究中,将这个假设放宽为:个体的影响力是不同的,其影响力大小与他的交往广度成正比。第6节中将对这个假设进一步论述。

- 不存在孤立的个体。因为信息传播首先要具备的条件就是有传播的路径,如果一个人完全与世界隔绝,那外界的信息对他来说是没有意义的,因为他不可能通过信息的扩散得到信息。同样,他对外界也是没有意义的,因为外界没有办法知道他的存在,同样也就无法获得关于他的任何信息。

3 模型描述

人与人之间相互联系形成社会网络,信息在其中

传播。它是信息传播的空间,在模型中,称之为信息传播的底图,可以用 $G=(V,E)$ 来表示。根据假设, G 是连通的简单无向图。用 I 来表示信息的吸引力, $I \in [0,1]$ 。人的个人偏好用 φ 来表示, $\varphi \in [0,1]$ 。因为不同人的影响力是相同的,所以周围人对其的影响可以表示为信息传播者占其所有有联系的人的比重 P , $P \in [0,1]$ 。影响人接受信息的外部因素中,两个因素 I 和 P 所起作用是不同的,用 C 来表示因素 I 在整个影响力中的比重, $C \in [0,1]$ 。初始时刻,随机选择一个个体,并假设其接受信息。 $A^{(n)}$ 是 n 时刻时接受信息的人的集合。在 $n+1$ 时刻,一个不属于 $A^{(n)}$ 的个体会根据周围人在 n 时刻的状态来决定自己在 $n+1$ 时刻的状态。如果其周围没有人接受信息,则他不会感知到信息存在,当然也就不会接受信息。如果其周围有人接受了信息,他就根据综合影响力与自己的偏好 φ 的大小关系来决定其在 $n+1$ 时刻的状态。如果综合影响力大于 φ ,他就会接受信息,并进入 $A^{(n+1)}$ 集合。反之,不接受信息。为了使讨论严谨,我们将模型形式化。信息传播模型是一个五元组 $(G, \varphi, C, I, \{A^{(n)}\})$, 其中, $G(V, E)$ 是一个简单无向连通图; φ 是函数 $\varphi: V \rightarrow [0,1]$; $C \in [0,1]$; $I \in [0,1]$; $\{A^{(n)}\}$ 定义如下:

i) $A^{(0)} = \{v_r\}$, v_r 是从 V 中随机选取的结点;

ii) $A^{(t)} = A_{(t-1)} \cup B^{(t)}$, $t \geq 1$

其中,

$B^{(t)} = \{v | v \in V, v \notin A^{(t-1)}, e_v^{(t)} > \varphi(v)\}$,

$$e_v^{(t)} = \begin{cases} 0, & p_v^{(t)} = 0, \\ p_v^{(t)}(1-C) + CI & p_v^{(t)} > 0, \end{cases}$$

$$p_v^{(t)} = \frac{|M_v^{(t)}|}{d_v},$$

$M_v^{(t)} = \{v' | (v', v) \in E, v' \in A^{(t-1)}\}$,

d_v 是结点 v 的度。可以证明,当 $A^{(0)} \neq A^{(1)}$ 时,存在 $T \geq 1$,对于 $t < T$,有 $A^{(t)} \neq A^{(T)}$,对于 $t > T$,有 $A^{(t)} = A^{(T)}$ 。若 $A^{(0)} = A^{(1)}$,令 $T=0$ 。 T 为信息扩散耗时。

4 模拟方法

4.1 信息传播的底图

信息传播的网络有人际网络、万维网等,这些网络有不同的结构性质,但大致可以划分到两个模型:

4.1.1 小世界网络 2009年3月31日,全球人口已近67.7亿。与之相比,人与人相互认识的关系却非常小,几乎不可能超过1000人。但通过不多的人,你就

可以找到很远处的没有关系的人,这就是所谓的“六度分离”,即人与人的平均距离是很小的。人际关系的第二个特性是:朋友的朋友是朋友。这一性质在图中表现为较高的聚集系数。“小世界”模型就是同时具备较高的聚集系数和较小的平均距离的网络。

4.1.2 无标度网络 网络中与某节点相邻的节点的数目称为该节点的度。人际关系中,有很多朋友的人和只有一个朋友的人都是不多的,故人际网络上结点度的分布会呈现钟形,可以用 Poisson 分布拟合。但在像万维网这样的网络上,有很多链接的网页不多,同时有很少链接的网页却非常多。其度分布通常符合幂率分布。这样的网络称为无标度网络。称其为无标度是因为它缺乏一个特征度值(或平均度值),即节点度值的波动范围相当大。无标度网络同样具有较小的平均距离。

4.2 模拟采取的步骤

第1步,构造图G:在模拟时使用四种图来表示信息传播底图:一维小世界网络、二维方格、二维小世界网络和二维无标度网络。其中二维方格可以解释为人只与“近处”的四个人相联系。这与实际情况是不相符的,用二维方格是为了与其他图的模拟结果进行对比。一维小世界网络使用了 Watts-Strogatz 小世界模型,具体构造方法参见参考文献[3]。所有的二维图是在 $n \times n$ 的方格阵上构造的。为每个方格在与其不相邻的方格中随机选一个格,以概率 p 将它们连接起来,这样形成的图就是二维小世界图^[4]。构造二维无标度图时,首先采用每次只加入一点一边的方式形成一个大小为 $n \times n$ 的 barabasi 模型的图^[5],然后将这个图的结点随机放入方格阵的方格中,每个方格只放一个结点。定义若方格 i 和方格 j 中的两个结点有边,则方格 i 和 j 有联系。通过加入这些新的联系,我们就可以得到在二维方格阵上的无标度图。

第2步,函数 φ 定义:用完全随机的方式将每个方格对应到区间 $[0,1]$ 的某个值上。

第3步,为信息因素比重 C 和信息吸引力 I 确定一个 $0-1$ 之间的值。

第4步,初始选择一个方格并使其接受信息。

第5步,根据模型定义,计算 $A^{(1)}$ 直到 $A^{(t)} = A^{(t+1)}$ 时停止。

5 模拟结果

5.1 信息扩散面积与信息吸引力及小世界性质的关系

在 100×100 的方格阵上构造了一个二维的小世界图, p 的值是为方格构造随机边的概率。当 $p = 0$ 时,这是一个规则的方格阵。将 $|A^{(t)}|$ 定义为扩散面积,于是发现信息扩散面积与信息吸引力有关系:①扩散面积随信息吸引力的增加而增加;②方格阵信息吸引力存在一个大于 0.6 的临界点。

在这个临界点以下,信息几乎不会传播开,只有大于这个临界点,信息才会传播开。而且在大于临界点的附近,信息传播面积会随着信息吸引力的增加快速增加。随机边的加入可以使这个临界值减小,但不会小于 0.2。随机边的加入,对信息吸引力在 0.2 到 0.8 之间影响最大,随机边加入的概率越大,扩散面积越大。但随着信息吸引力的增加,随机边的加入对信息扩散面积的影响越来越小,当信息吸引力大于 0.8 时,就几乎没有影响了。如图 1 所示:

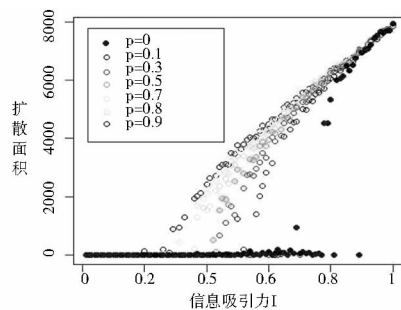


图1 在 10 000 个结点的二维小世界图(p 是随机边的构造概率)上的信息扩散面积与信息吸引力的关系(C 取 0.9)

从图 1 可以看出,在小世界网络和无标度网络上,信息吸引力小于 0.2 时的信息扩散耗时与大于 0.2 时的情况有很明显的不同,这也印证了在这些图上信息吸引力临界值的存在性。方格图上的模拟验证了前面论述的“方格阵上存在一个吸引力大于 0.6 的临界值”的判断。

5.2 扩散耗时与信息吸引力和网络规模的关系

在文献[6]中,作者给出了一个在网络上知识传播的模型。该模型中对传播规则的定义是:“若一个个体其周围有拥有知识的个体,则该个体在下一时刻以 p 概率成为知识拥有者。其中第一个拥有知识的个体是随机选择的。”文中作者研究了组织规模对知识传播周期的影响。此处的知识传播周期与本文中信息传播耗时的定义是一致的,即传播从开始到停止所经历的时间。文献[6]中作者研究两者关系是在传播成功率为 1 的条件下,这相当于本文模型中信息吸引力为 1,且 C 取 1 的情况。本文在研究两者关系的时候为了保

留本模型的特征并兼顾与文献[6]比较,故 C 取 0.9,信息吸引力 I 在区间[0,1]上变化。在二维小世界网络上模拟了不同信息吸引力、不同组织规模下的信息扩散如图 2 所示:

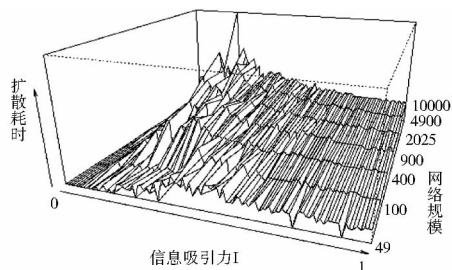


图 2 在不同规模的二维小世界图上不同信息吸引力时的信息扩散耗时(C 取 0.9)

从图 2 中可以发现,在信息吸引力为 1 或者趋近 1 的时候,扩散耗时与网络规模的变化没有关系,扩散耗时集中在 10 附近。这与文献[4]得出的结论是相同的。也就是说在信息吸引力“很大”时,组织规模对信息扩散消耗的时间是没有影响的。在信息吸引力很小的时候(远小于 0.2)扩散耗时也不大,其值在 0-10 之间。但这个时候信息扩散面积却很小,几乎没有扩散。而在信息吸引力临界值(≥ 0.2)附近,扩散耗时发生了戏剧性的变化。这时信息扩散的面积会快速增加,而扩散耗时会突然增加到“最大”,而且这个最大值随组织规模的增大而增大。随着信息吸引力在大于临界值的区域继续增加,扩散耗时会迅速减小,两者存在一种近似的反比关系,如图 3 所示:

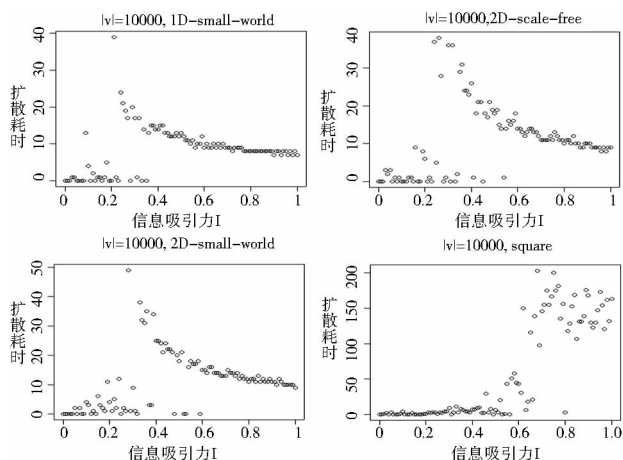


图 3 在 10000 个节点的四种图上信息扩散耗时与信息吸引力的关系(C=0.9)

图 3 中,在小世界和无标度网络上的模拟显示了上述分析。这个时候,扩散耗时对组织规模变化的敏感度降低。随着信息吸引力进一步增大,扩散耗时趋

于稳定,对信息吸引力和组织规模的变化越来越不敏感。所以文献[5]的结论只是一个一般性结论的特例,更一般的结论可以表述为:当信息吸引力大于其扩散的临界值时,信息扩散耗时对网络规模敏感,其值随着网络规模的增大而增大;但随着信息吸引力的增大,信息扩散耗时对网络规模的敏感性降低,直到信息吸引力为 1 时,信息扩散耗时对网络规模不敏感。

5.3 平均扩散率保持恒定

t 时刻的扩散率定义为:

$$\frac{|B^{(t)}|}{|A^{(t)}|}$$

其中, $A^{(t)} = \{v | (v, u) \in E, v \notin A^{(t-1)}, u \in A^{(t-1)}\}$, 是 t 时刻潜在扩散点的集合。

平均扩散率定义为:

$$\frac{\sum_{t=1}^T \frac{|B^{(t)}|}{|A^{(t)}|}}{T}$$

通过对网络规模为 10 000, 参数 $C = 0.8, I = 0.81$ 的四种网络的模拟, 计算了扩散期间每个时刻的扩散率, 然后取平均值和标准差, 得出如表 1 数据:

表 1 四种不同网络上各自扩散率的平均值和标准差 (10000, C=0.8, I=0.81)

传播网络 统计指标	方格	一维小世界	二维小世界	二维无标度
平均值 (平均扩散率)	0.71214	0.74511	0.718	0.7
标准差	0.0857	0.1225	0.1	0.1964

从表 1 中可以看出, 四种网络在扩散率的平均值上差别很小; 同一种网络上, 扩散过程中扩散率差别也不大。所以在整个信息扩散的过程中, 扩散率是保持稳定的。如果将 $|B^{(t)}|$ 定义为信息扩散在 t 时刻的速度, 那么信息扩散的速度呈现出文献[4]所提到的钟形。在信息扩散过程中扩散率不变, 那么产生扩散速度变化的原因只能是来自于网络, 而不是信息本身。因为 $A^{(t)}$ 完全是由网络结构和前一阶段扩散的结果决定的, 所以笔者又进一步考察了 $|B^{(t)}|$ 和 $|A^{(t)}|$ 之间的关系, 见图 4。

图 4 中, 折现段上的点表示 t 时刻 $|A^{(t)}|$, 孤立点表示对应时刻的 $|B^{(t)}|$, 从图中可以看出 $|B^{(t)}|$ 和 $|A^{(t)}|$ 是紧密相关的, 而它们的比率就是 t 时刻的扩散率。

6 改进模型

意见领袖 (opinion leaders) 是拉扎斯菲尔德等最早在《人民的选择》中提出的概念, 在《个人影响》一书中

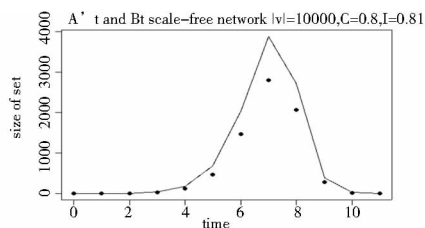


图4 信息扩散过程中,潜在扩散点规模和实际扩散速度的关系折现段上的点表示潜在扩散点的规模,散点表示实际扩散速度

得到进一步阐释。指在传播学中,活跃在人际传播网络中,经常为他人提供意见、观点或建议并对他人施加个人影响的人物。意见领袖有两个主要特征:其一,他们社交范围广泛;其二,他们均匀地分布于社会上任何群体和阶层中。根据第一个特征,可以对原有的假设4进行改进如下:个体影响力大小与其交往广度成正比。无标度网络模型中节点度变化是很大的。所以为了符合意见领袖的第二个特征,在构造二维无标度网络的时候将 barabasi 模型的图的点随机放入二维方格的方式。这样保证了每个方格等概率获得任何度数,也就保证了度数大的节点在方格阵上是均匀分布的。将模型中影响人接受信息的外部因素中的周围人影响力 P 重新定义如下:

$$P_v^{(i)} = \sum_{v' \in M_v^{(i)}} d_{v'} / \sum_{u \in N_v} d_u$$

其中,

$$N_v = \{v'' | (v, v'') \in E\}$$

对两个模型在信息扩散时间方面做了对比。如图5所示:

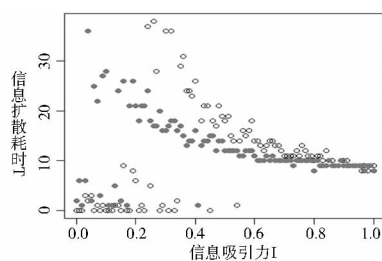


图5 原有模型和扩展模型在10000个节点的二维无标度网络上不同信息确信度下信息扩散耗时

图5显示的是两个模型在10000个节点的二维无标度网络上不同信息确信度下信息扩散耗时的比较,其中模型参数 C 取0.8。图中实心点是扩展模型的扩散耗时,空心点是原有模型的扩散耗时。从图5可以看出,加入意见领袖因素之后,同样信息吸引力条件下信息扩散耗时减小,并且信息扩散的信息吸引力临界

值减小了。也就是说,意见领袖的存在使信息更容易传播开。但随着信息吸引力增大,两个模型的信息扩散耗时趋于一致。这也就是说,当信息吸引力很大的时候,意见领袖提高信息传播速度上的作用就减小了。

7 结 论

通过构建信息在人际网络上传播的模型并在计算机上模拟,笔者得到如下结论:①组织结构对信息扩散面积有影响,随机边的加入可以使某些信息扩散面积增大。当信息吸引力位于0.2到0.8之间时,加大组织中个体之间的“远程”联系可以提高信息的扩散面积,但提高的程度是有限的。而在信息吸引力大于0.8时,在组织结构上加入随机边对信息扩散面积几乎没有影响,这个时候只能通过提高信息影响力来提高信息的扩散面积,但在小世界网络上,信息扩散是达不到整个系统的。所以在这种情况下,通过提高信息吸引力来提高信息传播面积也是有限的。这时的方法应该是让组织结构趋于无标度网络,才有可能进一步提高信息的传播面积。②存在信息吸引力临界值。当信息吸引力大于这个临界值时,不仅信息扩散面积会迅速增加,而且信息扩散耗时会迅速减小,所以在这个区域提高信息吸引力是非常有“效率”的。当信息吸引力小于这个临界值时,信息不会扩散开。③网络规模与信息扩散耗时的关系是:当信息吸引力大于其扩散的临界值时,信息扩散耗对网络规模敏感,其值随着网络规模的增大而增大;但随着信息吸引力的增大,信息扩散耗时对网络规模的敏感性降低,直到信息吸引力为1时,信息扩散耗对网络规模不敏感。④信息扩散耗时随信息吸引力的增大而减小。但当信息吸引力接近1时,扩散耗时趋于定值。⑤之所以出现信息扩散面积随时间变化的S型图与信息本身没有关系,而是由信息扩散所在网络的拓扑结构决定的。在信息扩散的过程中,信息扩散率是恒定的。之所以信息扩散的速度发生变化,是因为已有的扩散点相对于未扩散点的网络结构,与信息性质没有关系。

参考文献:

- [1] Kermack W, McKendrick A. Contributions to the mathematical theory of epidemics. Proc. Roy. Soc. Lond, 1927, 115(5): 700-721.
- [2] 牛康. 社会传播学. 福州: 福建人民出版社, 2001: 344.
- [3] Duncan J W, Steven H S. Collective dynamics of 'small-world' networks. Nature, 1998, 393(4): 440-442.

(下转第79页)

立与统一,在共享与专有之间找到一个均衡点来促进整个信息产业的健康发展。具体说来可采取以下对策:

3.2.1 完善公共政策 公共政策是指政府基于公共利益,动用大量资源引导个人和团体行动的政府行为。信息共享是一项社会利益,既然以图书馆为代表的公共信息机构表达的是社会信息需求并满足公共税收,就应当将资金充分利用在信息资源的更新和扩充以及硬件设施的建设上,而不是用于支付过高的或者过滥的“知识产权使用费”。公共政策并不否认知识产权的价值,相反,政府通过许可证管理、税收减免、政府采购等政策来保障权利人的利益。为了实现信息资源的优化配置和保障信息资源的公共获取,就必须制定信息公开、资源共享的公共政策。

3.2.2 完善我国知识产权法律体系 要想实现知识产权与信息资源共享之间的利益平衡,就要控制对知识产权的滥用行为。因此我们应当尽快建立知识产权滥用的内部控制(知识产权法体系内的控制)和外部控制(主要是反垄断法控制)制度。目前国际上在对知识产权实行专有保护的同时,也对一些特定的使用实行免责限制,如合理使用、法定许可使用和强制许可使用。这是站在公众的角度,考虑信息共享对社会的推动作用。

此外,还有学者建议按照知识产品的生产、流通、消费的不同过程,规定权利人对知识产品的控制(主要从禁止他人利用的角度)应受到以下限制:“①基于知识产品使用的限制,具体分为合理使用、法定许可、强制许可等;②基于知识产品流通的限制,即指知识产权的权利穷竭等;③基于权利冲突的限制,主要指知识产权的行使要受到相关权利的制约;④基于公共秩序保留的限制,如权利确立过程中需对公有素材予以排

除等,此项为知识产权法上权利限制的‘兜底’性原则”^[11]。

知识产权保护的重要意义是鼓励创新、保护人们的智力成果、增加社会的信息资源,以便被社会所利用和发展,推动技术的进步。在我国受到知识产权滥用损害日益突显的今天,亟待相关法律和措施限制这种行为。信息作为一种资源,其对社会生产力的作用已被日渐认可,当信息共享与信息专有达到均衡,就会实现社会效益的最大化。

参考文献:

- [1] 王先林. 合理保护知识产权与控制知识产权滥用——关于思科与华为知识产权纠纷的一点启示. 国际技术贸易市场信息, 2003(3):185-187.
- [2] 石晶玉,蒙启红. 知识产权滥用的成因分析与博弈. 商业研究, 2004(10):177-178.
- [3] 魏衍亮. 对知识产权滥用说“不”. 商务周刊, 2005(5):50-53.
- [4] 考特,尤伦. 法和经济学. 张军,译. 上海:上海人民出版社, 1994:185.
- [5] 达沃豪斯,布雷斯韦特. 信息封建主义. 北京:知识产权出版社,2005:249.
- [6] 冯晓青,杨利华,刘淑华,等. 知识产权法热点问题研究. 北京:中国人民公安大学出版社, 2004:304.
- [7] 许颖,蒋洁,何亮亮. 知识产权滥用的反垄断法规制. 中国经贸导刊,2009(21):88-89.
- [8] 范并思. 通过立法平衡知识产权的保护与利用——为图书馆学的立场辩护. 国家图书馆学刊,2006(2):2-5.
- [9] 王春雨,何敏. 利益平衡:著作权权利保护与限制探究. 甘肃政法成人教育学院学报,2004(3):29-33.
- [10] 胡峰. 知识共享与知识产权保护均衡研究. 图书馆建设, 2005(6):32-34.
- [11] 廖宏军. 我国反垄断立法对知识产权滥用的规制. 湖北省社会主义学院学报,2006(3):65-66.

〔作者简介〕刘 青,女,1972 年生,教授,博士,硕士生导师,发表论文 40 余篇,出版专著 1 部,参编著作 3 部。

张春萍,女,1985 年生,本科。

(上接第 56 页)

- [4] Newman M, Jensen I, Ziff R. Percolation and epidemics in a two-dimensional small world. [2009-08-03]. <http://pro.aps.org/abstract/PRE/v65/i2/e021904>.

- [5] Barabasi A, Albert R. Emergence of scaling in random networks. Science, 1999, 286(10): 509-512.

- [6] 胡婉丽. 知识在组织内传播的复杂网络模型:算法及模拟. 运筹与管理,2008(17):150-154.

〔作者简介〕孙庆川,男,1982 年生,硕士研究生,发表论文 1 篇。

山 石,男,1955 年生,副教授,发表论文 17 篇。

兰田田,女,1982 年生,硕士研究生,发表论文 2 篇。