文章编号:1000-5641(2011)03-0123-11

基于元胞自动机的隐性知识传递仿真研究

王路帮[1,2], 钱省三[1]

(1. 上海理工大学 管理学院,上海 200093; 2. 浙江万里学院 现代物流学院,浙江 宁波 315100)

摘要: 用元胞自动机模型仿真组织内的隐性知识传递过程. 首先构建隐性知识传递网络,然后通过改进元胞邻居空间的结构来仿真组织结构中的隐性知识传递过程,并通过有关数据的收集处理来揭示组织中隐性知识传递的规律和特征.

关键词: 元胞自动机; 隐性知识; 知识传递

中图分类号: F270 **文献标识码**: A DOI: 10.3969/j.issn.1000-5641.2011.03.016

Tacit knowledge transfer simulation based on the cellular automata

WANG Lu-bang[1,2], QIAN Xing-san[1]

(1. *School of Business, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai* 200093, *China*;
2. *School of Modern Logistics, Zhejiang Wanli University, Ningbo Zhejiang* 315100, *China*)

Abstract: The paper solved the simulating about tacit knowledge transfer by using the cellular antomata model. The neighbor space was changed to simulate the tacit knowledge transfer within the organizatianal structure. Through the collection of the relevant data, the transfer laws and characteristics on the tacit knowledge can be revealed.

Key words: cellular automata; tacit knowledge; knowledge transfer

0 引 言

知识管理及其有效应用是知识经济时代加速发展的重要手段之一,通过对知识的获取、管理和应用以提升实体单位积累知识加速发展. 显性知识相对容易获取和传递,而隐性知识的获取和传递就比较困难. 因为隐性知识来源于工作中的技能、经验和个人的见解,它存在于员工的头脑中或组织文化中,不易被计算机存储和传递,其传播途径大都通过员工之间的交流和协作. 隐性知识的研究始于 1958 年,POLAN YIM 在哲学领域提出隐性知识概念[1]. 之后,知识管理及隐性知识逐步成为国际研究热点之一. 在研究知识管理的文献中,文献[2]研究了一种基于层次分析法的企业知识管理绩效评价体系,该评价体系是从层次分析法的角度对知识管理的效用进行了分析和实证研究,这对知识管理的实际操作具有一定的价值. 文献[3]探讨了组织机构的知识管理,分析了 IT 技术对知识的重要性,构建了一个知

收稿日期:2010-07

基金项目:教育部博士点基金项目(20050252008);上海市重点学科建设项目(S30504)

第一作者:王路帮,男,博士研究生. E-mail: luzsu@163.com.

第二作者:钱省三,男,教授,主要从事知识管理和工业工程等研究.

识管理的模型,该模型强调了组织成员对知识管理正确理解的重要性,可将知识管理理解为一种自治的行为.隐性知识的认识范畴决定了其与认识主体的不可分割性,因此在进行隐性知识获取时,一般是人与人直接交流的方式.在研究隐性知识获取和传递的文献中,文献[4]研究了群体决策中的隐性知识变化情况,描述了隐性知识的三种运动形式,并提出了基于群体决策知识流的隐性知识管理应用框架.文献[5]提出了基于隐性知识管理的 IT 应用框架,该框架包括三个层次和四个子系统,该框架为隐性知识的应用提供了一种途径.文献[6]提出了一种基于工业设计的隐性知识到显性知识的转换框架,并用例子做了分析.

隐性知识是人类通过实践得到的经验的概化,是实践经验与显性知识集成而形成的高度抽象的经验知识[7],因而其传递需要通过人与人之间的直接接触.在现实中,隐性知识的获取和传递会形成一种网络结构,有些文献利用社会网络技术手段实现了隐性知识传递的研究,在文献[8]中,分析了社会网络模型框架下知识转移的机理、影响因素及实践特征.文献[9]通过一个实际案例,定量分析了社会网络结构对隐性知识传递的影响问题.文献[10]通过一个人力资源部案例,将隐性知识流作为社会网络进行定量和定性研究,揭示了网络结构及特征对企业内部隐性知识流转的影响作用.而实体组织中,知识传递网络结构会因组织结构的不同而有不同的结构形式.个体成员是知识传递网络中知识接受和再传播元素,因而,可以通过元胞自动机模型仿真这种知识传递的状况.文中先是根据实体组织的结构状况构造了知识传递网络,之后通过改进元胞自动机模型的邻居空间,设定合适的演化规则,仿真了隐性知识传递的过程.通过对仿真数据的收集整理,分析了隐性知识传递中的某些规律以及改良隐性知识传递效率的方法.

1 元胞自动机模型

元胞自动机(Cellular Automata) 是 Von Neumann 最早提出用于模拟生命系统所具有的自复制功能的[11].元胞自动机是一种时间、空间和状态都离散的动力系统,在每个离散时间步,每个元胞根据其相邻元胞的上一时刻的状态,以局部规则进行同步演化.元胞自动机可以视为由一个元胞空间和定义于该空间的变换函数所组成[12].元胞自动机用形式语言的方式来描述,可以用一个四元组来表示:$A=(L_d,S,N,f)$,其中 A 为一个元胞自动机系统,L_d 代表一个划分的网格空间,每个网格单元(cell) 就是一个元胞;L 通常为一维或二维空间.S 代表一个离散的有限集合,用来表示各个元胞的状态;N 代表元胞的邻居集合,对于任何元胞的邻居集合 $N\subseteq L$;f 表示元胞状态转换函数,其转换规则为:$f:s_{t+1}^i=f(s_t^i,s_t^n)$,元胞 i 在 $t+1$ 时刻的状态由元胞 i 在 t 时刻的状态和其邻居节点在 t 时刻的状态通过演化规则确定.因而,元胞自动机最基本的组成是元胞及其状态、元胞空间、邻居及局部演化规则等几个部分.

在研究元胞自动机仿真的应用中,动态交通模型是研究的重点内容之一.因为交通系统本质上是一个离散的系统,且具有很多非线性特性,采用离散的元胞自动机模型可以通过简单的微观规则来反映宏观交通现象,描述实际交通现象就具有独特的优越性.文献[13-17]中针对交通中的某些不同的实际情况用元胞自动机仿真了交通流状态.同时元胞自动机也是研究城市增长的重要模型,文献[18-22]用元胞自动机仿真了国内外城市增加扩展的状态变化.在国际金融研究热潮的推动下,用元胞自动机研究股票市场投资心理和投资行为的关联也逐步兴起.文献[23-26]用元胞自动机研究了投资心理对股票价格的波动影响.国内外

元胞自动机应用研究逐步升温，研究范围因应用需要而逐步推广.

本文研究知识传递网络问题，知识作为信息流的一种形式，知识传播形成社会网络. 在研究信息流传播问题的文献中，文献[27]研究了因舆论引导而产生的人员从众行为. 文献[28]研究了舆论传播相互影响的元胞自动机模拟. 文献[29]用元胞自动机仿真说明了人员移动促进了人际信息交流，提高了系统的赞成率和舆论的导向效率. 本文研究了知识传播的元胞自动机仿真，在有效构建知识传递网络的基础上，改进了元胞自动机的邻域空间结构，有效仿真了知识传递的过程，并通过收集有关数据揭示了知识传递中的某些规律，提出了提高知识传播的改良措施.

2　隐性知识传递网络

2.1　实体组织中的结构分析

在实体组织结构中，成员之间的关系具有组织性，通常一个实体单位内有一个自顶向下的行政组织结构关系，第一负责人处于组织结构的顶部，并由其和高层管理人员构成了组织结构的首层. 其下各个部门逐层分化，每个分化的部门也会形成相应的层次结构；分化逐层下行，最终达到基层组织结构. 在组织结构中，因行政关联导致部分成员之间的关系密切而形成一种相互联系紧密的组织结构——群体结构，常见的群体结构有两类，命令型群体和任务型群体.

定义 1　群体：$X=\{x\mid \forall x\in M\wedge P(x)\}$，其中，$P$ 为一个谓词，$P(x)$表示 x 具有某种特性 P，M 表示为全体人的集合，集合 X 称为群体，或群体团. 该定义表达了具有某种特质的人的集合. 一般地群体是两个以上的具有某些共性的人的集合. 其中，命令型群体是实体结构的组织划分，有一定的稳定性. 而任务型群体是面向特定任务的个体集合.

2.2　隐性知识传递网络

隐性知识具有人与人之间直接交流的特点，其传递过程中所形成的网络依赖于具体的组织结构，在组织结构中的命令型群体和任务型群体影响着组织中知识传播状况. 在组织中，不同群体成员之间的知识流往往通过多次相同群体成员之间的知识传递而达成，知识在不同群体间传播形成知识传递网络.

定义 2　传递网络：组织中的个体和群体相互交流形成知识传递网络. 在组织中，用 V_{Ti} $(i=1,2,\cdots,n)$来表示共 i 个群体，定义命令型群体的内部成员知识传递距离为 α，而任务型群体的内部成员知识传递距离为 β，一般 $\alpha>\beta$，具体的赋值要根据实体组织的情况确定.

图 1 为某组织仅含基本群体结构的图例，而图 2 为与其对应的网络图. 在图 2 中，深黑色的节点为命令型群体所形成的群体结构，而浅灰色的节点为任务型群体所形成的群体结构. 在图 2 中，群体 001 以及中间层群体 008，009，010，011，012，013，还包括基层群体 034，035，…，052，053 为命令型群体结构. 而它们之间的群体 002，003，004，005，006，007，014，015，…，032，033 为任务型群体结构. 在图 2 中可以看出，任务型群体实现了与之相联系的两个命令型群体之间的沟通，这类似于现实中上一层管理结构会委派某些人员对其下某一部门进行监管，由此而形成监管任务群体结构. 图 2 中也会因任务的增加而产生更多的群体结构.

首层命令群体 001
由首层命令群体 001 中的某些成员和某个中间层命令群体成员构成的任务群体 002， 003， 004， 005， 006， 007
中间层命令群体 008， 009， 010， 011， 012， 013
由中间层某个命令群体的成员和基层某命令群体成员构成的任务群体 014， 015， ...， 033
基层命令群体 034， 035， ...， 052， 053

图 1 仅含常规群体结构的某组织

Fig. 1 Some organise just including routine colony structure

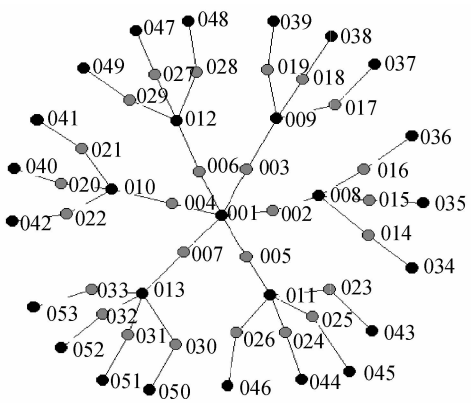


图 2 该组织对应的网络化结构图

Fig. 2 Network structure figure of the organise

2.3 隐性知识传递中的指标

定义 3 组织中群体间的距离:群体 V_{T_i} 和 V_{T_j} 之间的距离定义如下:

(1) 如果 V_{T_i} 和 V_{T_j} 重合,即它们有完全相同的个体成员,那么 V_{T_i} 和 V_{T_j} 之间距离为 0;

(2) 如果 V_{T_i} 和 V_{T_j} 相交,即它们有共同成员但又不重合,那么 V_{T_i} 和 V_{T_j} 距离为 1;

(3) 如果 V_{T_i} 和 V_{T_j} 相离,即它们没有任何共同成员,那么其距离由中间过度的最少群体个数决定,最少个数为 N,那么距离为 $N+1$.

定理 1 实体组织中,V_i 和 V_j 是其中的任意两个互不相同的个体成员,$A=\left\{V_{Ti}\,\middle|\,V_i\in\bigcap_{V_i\in V_{Ti}}V_{Ti}\right\}$ 为包含成员节点 V_i 的所有的群体集合,$B=\left\{V_{Tj}\,\middle|\,V_j\in\bigcap_{V_j\in V_{Tj}}V_{Tj}\right\}$ 为包含成员节点 V_j 的所有群体集合.有以下结论成立:

(1) 如果 A 和 B 之间有交集,那么成员节点 V_i 和 V_j 之间的距离为 1;

(2) 如果 A 和 B 之间没有交集,那么成员节点 V_i 和 V_j 之间的距离为集合 A 和 B 之间的距离加 1.(集合 A 和 B 之间的距离为其中元素的最短距离)

证　明　第一种情况，A 和 B 之间有交集，假如交集为 V_T，显然 $V_T \in A \wedge V_T \in B$，那么可以得出，$V_i \in V_T \wedge V_j \in V_T$，而 $V_i \neq V_j$，因而两者的距离 $|V_i, V_j| = 1$.

第二种情况，如果 A 和 B 之间没有交集，假设集合 A 和 B 之间的距离为 k，其中 $k = |V_{Ti}^k, V_{Tj}^k|$，$V_{Ti}^k \in A$，$V_{Tj}^k \in B$，因而，V_{Ti}^k 和 V_{Tj}^k 之间有 $k-1$ 个群体进行连接，标记为：$V_{Ti}^k = V_1, V_2, \cdots, V_{k-1}, V_k, V_{k+1} = V_{Tj}^k$，显然 $V_i \in V_{Ti}^k \wedge A \notin V_{Ti}^k \wedge V_2, V_j \in V_{Tj}^k \wedge B \notin V_K \wedge V_{Tj}^k$，可见 V_i 和 V_j 的距离为 $k+1$，比群体之间的最小距离大 1.

定义 4　知识传递的步数：知识元素 K 在组织结构中，通过 n 个时间粒度完成由组织中个体节点 V_i 到个体结点 V_j 的传播，那么 n 称为知识 K 在节点 V_i 和 V_j 之间的传播步数. 在操作过程中，时间粒度可以根据实际情况确定，诸如一小时、一个工作日和一周等.

定义 5　实体组织的网络全感知步数：在实体组织内部，知识元素 K 通过实体组织的网络传播达到整个网络每个成员的步数称为知识传递的网络全感知步数.

3　隐性知识传递的元胞自动机仿真

3.1　隐性知识传递的仿真机制

(1) 元胞自动机仿真模型

利用元胞自动机建模的基本原理，对元胞自动机模型进行适当改进，构造一个适合模拟隐性知识传递的仿真模型，此时的元胞自动机模型的五元组为：

① 元胞　传递隐性知识的实体组织中的所有个体成员；

② 元胞空间　组织结构中的个体成员网络空间；

③ 邻居形式　既不是 Moore 型，也不是 Neumann 型，而是与标的节点相连接的所有节点集合构成邻居空间. 因而不同的节点其邻居数量与空间结构有所差别；

④ 元胞状态空间　设元胞的状态变量为 $S_i(t)$，表示第 i 个元胞的状态情况，$S_i(t)$ 的取值空间为 $\{0,1\}$，其中 0 表示该节点处于没有感知知识的状态，而 1 表示该节点已经接受到知识并能够对别的节点进行知识传递了，也就是可以让其周围的邻居节点感知知识而由状态 0 变为状态 1.

⑤ 规则　元胞的下一时刻的状态受两个因素的影响，自身的当前状态，邻居节点的状态，以及邻居节点之间的关联状况. 元胞之间的关联只有两种情况，一种是命令型群体组织内的节点关联，这种关联稳定、持久，关联度较高；另外一种是任务节点之间的弱关联，这种群体内的节点成员之间关联相对较弱；由此定义两种概率，一种是命令型群体内成员之间的强关联，其内部成员间的消息传递概率设定为 ρ_1；另外一种是任务型群体的弱关联，其消息传递的概率是 ρ_2.

在用元胞自动机进行仿真模拟的时候，元胞的邻居形式不再是 Moore 型或 Neumann 型，而是根据具体的组织结构状况形成某种特定的空间结构. 图 3 是一个含有 3 个群体(用椭圆标示，位于中间的为任务群体，而两边的为命令群体)的关系网络图. 图 4 中节点 1 的元胞邻居包括 2,3,4,5,6,7,8,9 共 8 个节点. 这 8 个节点中，节点 2,3,4,5,6 和 1 构成命令群体，因而节点 1 和它们的距离权重系数是 ρ_1；节点 7、8、9 和节点 1 构成任务群体结构，它们和节点 1 之间的距离权重系数是 ρ_2.

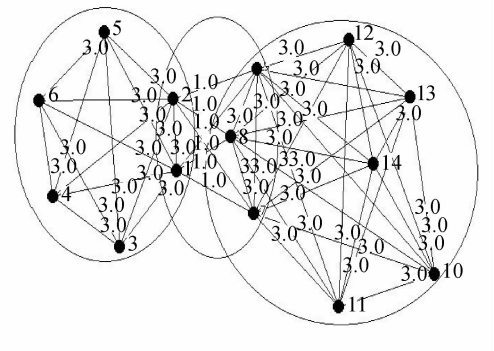


图 3 带有 3 个群体的网络图

Fig. 3 Network figure with three colonies

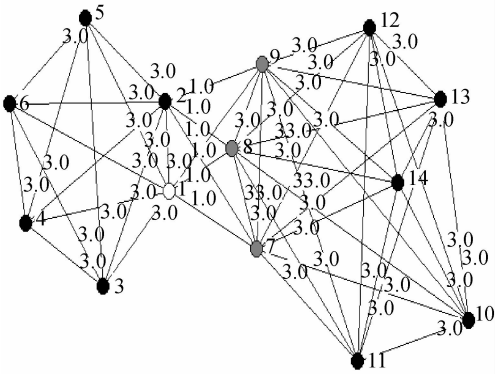


图 4 节点 1 的空间邻居状态图

Fig. 4 Neighor state figure of No1 node

(2) 演化规则

从上面的描述中可以看出,节点 K 的状态就是两种,$S_k(t)=0$ 或 1,当 $S_k(t)=1$ 时,节点 K 已经获得知识,此时节点 K 可以作为知识源对周围的邻居节点进行知识传播;当 $S_k(t)=0$ 时,节点 K 尚不知晓该知识,节点 K 被周围的邻居节点依概率进行知识传播.

① 元胞节点 K 在 t 时刻为状态 0 时,其在下一个时刻的状态是由其所在命令群体中的状态值为 1 的节点以及所在任务群体中状态值为 1 的节点依概率决定其是否感知知识;在 $t+1$ 时刻节点 K 感知知识的概率为

$$p_k(t)=\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}S_i(t)\cdot\rho_1}{n}+\frac{\sum_{j=1}^{m}S_j(t)\cdot\rho_2}{m}\right]\cdot\phi.$$

上式中,节点 K 的周围命令群体内的 i 个节点的状态与概率 ρ_1 乘积之和求平均,以及节点 K 周围的 j 个任务群体内的节点与概率 ρ_2 乘积之和求平均,之后将两项相加并与 ϕ 相乘以确定节点 K 处的被传播概率. 选择合适的 ϕ 以确保该组织最大的被传播概率小于 1.

② 元胞节点 K 在 t 时刻为状态 1 时,其在下一个时刻的状态不会改变,其对邻居节点的状态转换产生带概率意义的促进作用.

3.2 仿真分析及有关结论

对图 2 中所示实体组织中的群体结构进行元胞自动机模拟测试. 在该组织中,群体节点 001,002 和 008 的局部关系如图 5 所示. 群体 008,015 及 035 的内部成员节点的关系如图 6 所示. 考虑到叙述的方便,群体内成员节点采取二级标名方式,前两位表示其群编号,而后两位表示群内部的节点编号;比如 00805 表示群节点为 008,而 05 是 008 群内部的节点编号.

(1) 知识传播速率

在 $t=0$ 时刻,在命令群体节点 035 内部节点 03508 放置知识 m_1,之后知识 m_1 会随着时间步数的增加,通过元胞演化规则逐步感知其他成员节点,可以画出一条感知知识个数随时间步数变化的曲线. 通过多次对 03508 进行知识注入,仿真后的数据记录如图 7 所示. 同时从 00103 进行知识注入,进行多次仿真所得数据如图 8 所示.

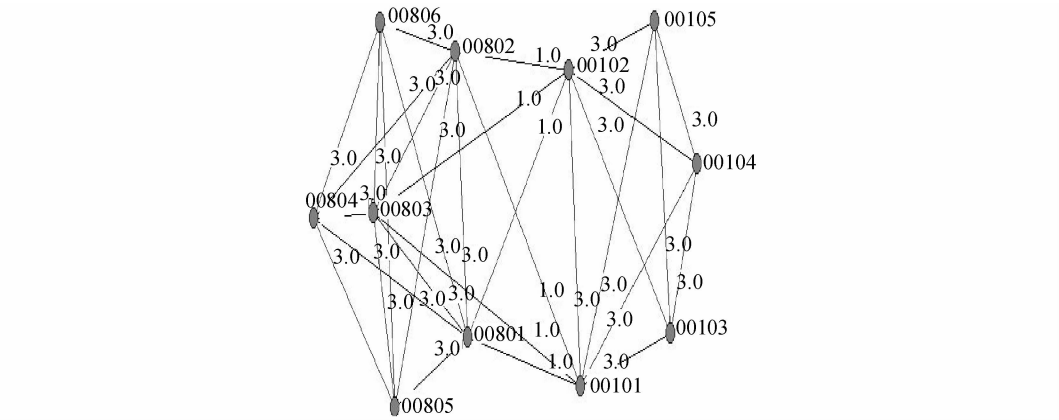


图 5　图 2 中群体 001，002 和 008 的内部成员的局部图

Fig. 5　Interior member local figure in colonies 001，002 and 008

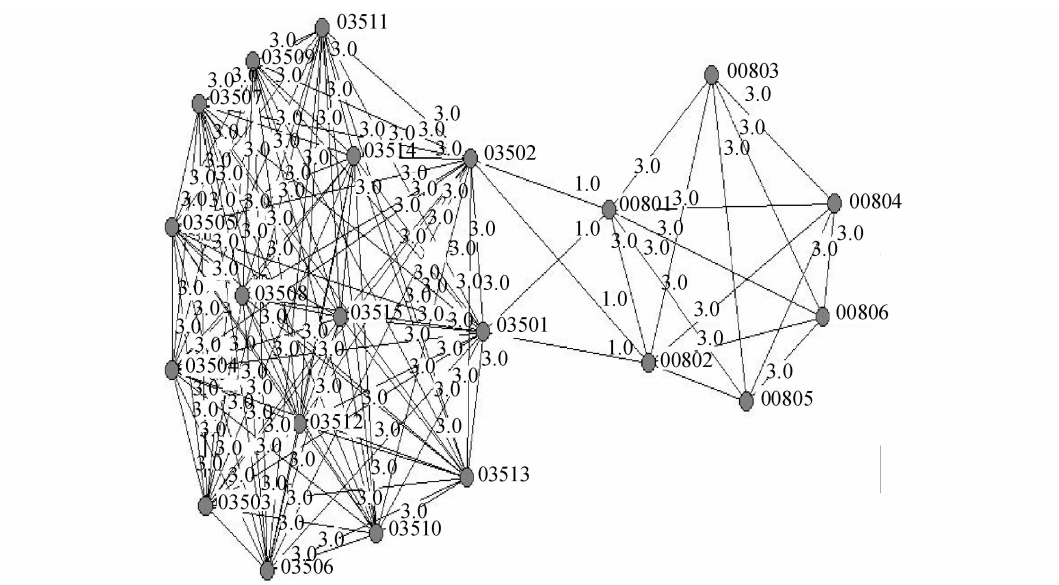


图 6　图 2 中群体 008，015 及 035 内部成员的局部图

Fig. 6　Interior member local figure in colonies 008，015 and 035

从图 7 和 8 可以看出，知识被感知的成员数目是一个由低速增加到高速增加，而后又转为低速增加直至感知个体数目不变的过程. 在时刻 $t = 0$ 时，感知知识的点仅仅是消息源点. 之后消息被感知的数目逐步增多，从而感知知识的节点对周围节点进行知识同化的能力越来越大，这个时候知识感知的节点数目呈现一个加速上升的趋势，最终因组织内节点个数是固定的，最后一阶段感知知识节点的数目缓慢上升并最终停止在一个固定值. 在没有孤立节点的情况下，知识感知个体数目最终和组织内的个体数目的值一样.

在图 7 和 8 中，曲线的变化率就是知识传递的速率，显然可以看出，知识传递的平均速率是一个由低速到高速，之后回落到低速并最终速率回归到零的一个过程. 而全体成员全部感知知识的第一时间就是一个网络全感知步数，多次仿真的平均网络全感知步数能够反映知识传递的基本状况.

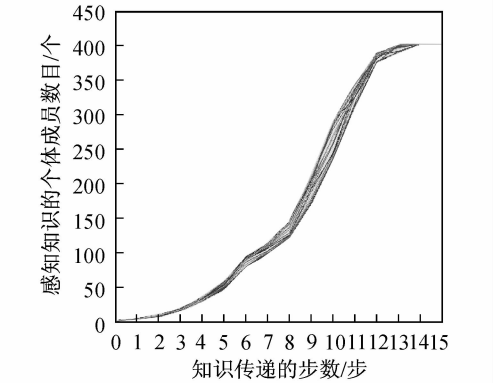


图 7 从 03508 注入知识后网络传播的多次仿真图

Fig. 7 Imitative figure after immiting knowledge in 03508

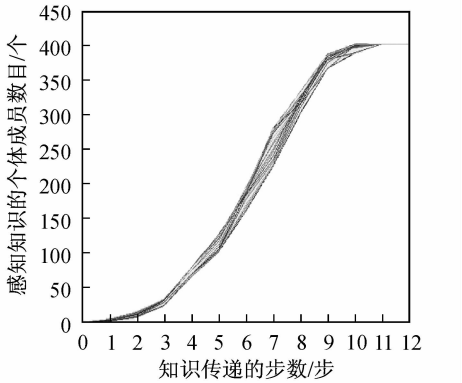


图 8 从 00103 注入知识后网络传播的多次仿真

Fig. 8 Imitative figure after immiting knowledge in 00103

(2) 网络全感知步数

从图 7 和 8 的比对中可以看出在知识传递过程中,群体 035 和 001 注入知识的传递速率有所不同,因而其网络全感知的步数也不相同. 可以通过对多个群体分别进行多次知识注入,统计其知识全感知的步数,如图 9 所示.

从图 9 中可以看出,知识注入的群体中,群体 001 注入知识其网络全感知的步数最少,而从基层群体 034,035,…,053 注入知识,其网络全感知的步数最多. 这和实际网络中不同群体所处于的实体单位中的相对位置关系密切. 在基层群体中,往往会形成知识感知的瓶颈效应,增加其与其他群体的关联是消除知识传递瓶颈的有效途径之一. 图 10 为图 2 中增加一个任务群体 054 之后的群体网络图. 图 9 中的"五角星"曲线就反映了增加任务群 054 之后,知识全感知的步数变化情况. 可以看出,注入知识的节点所属的命令群体和所增加任务群体之间的距离影响网络全感知的步数. 由图 9 可见,在增加群体 054 之后从 041 和 048 注入知识,网络全感知的步数是较少的,这时知识传播速度是相对较快的.

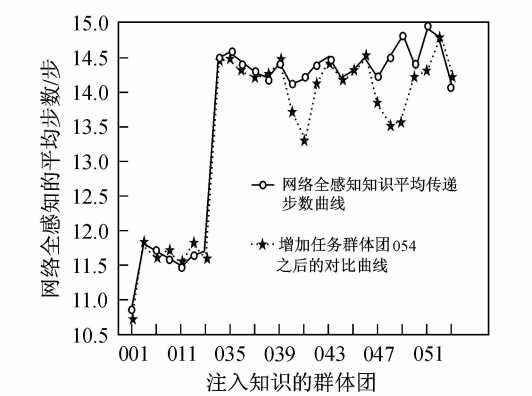


图 9 不同群体注入知识其网络全感知的平均步数

Fig. 9 Network apperceived average step after different colonies being immited knowledge

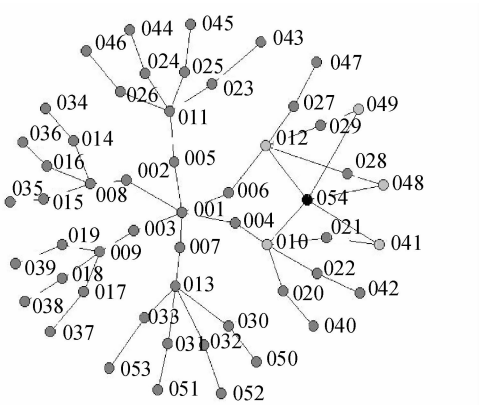


图 10 增加一个任务群 054 的群体网络图形

Fig. 10 Network figure after adding colony 054

采取类似的方法，动态增加任务群，每个任务群的个体成员都是某几个命令群中的个体. 在现实中这种方式增加实体单位的任务群体非常常见，诸如在一个实体中增加研究某个课题的成员组合. 图 11 中反映了某一种方式动态增加任务群体中，网络全感知知识的平均步数情况.

从图 11 中可以看出，随着任务群的增加，网络全感知的平均时间步数会逐步减少，但是当减少到一定程度，任务群的增加对网络全感知的影响效果逐步减小. 在实际组织中，其任务群不能无限增加，增加了任务群会给实体成员造成一定的工作负担. 因而，在实际操作中，增加必要的合适的任务群，可以促进实体组织知识传播的效率，促进知识对工作效率的提高，有利于组织工作的进行.

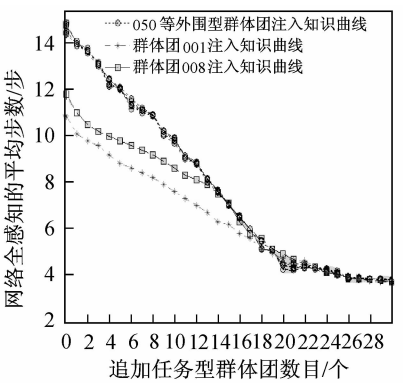


图 11　动态追加任务群网络全感知的平均步数

Fig. 11　Network apperceived average step after different colony being added

4　结　　论

在研究隐性知识传递的过程中，知识传递网络刻画了知识传递中的成员关系，元胞自动机的邻居结构反映了实体结构中的群体关联状况，合理的演化规则有效仿真了知识传递的过程，数据的收集和图示反应了隐性知识传递中的某些规律和特征. 在知识传递过程中，传递的速率和组织全感知受影响于组织的结构，特别是命令群和任务群的数量和位置. 在实际的知识传播中，考虑到组织内部竞争而产生的知识封锁，某些隐性知识传播的速率很慢，甚至难以组织全感知. 解决的办法可以通过推崇一种共享知识的组织文化，提升知识传播的内在动力，促进组织内知识流通以提升组织生产力.

[参　考　文　献]

[1] POLAN Y I M. Personal Knowledge [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1958.

[2] WANG H L. Management of tacit knowledge in group decision support system based on knowledge flow[C]// 2nd International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems. Beijing: Taylor & Francis LTD, 2007.

[3] LIU H L, SHEN F. A framework of information technology systems for tacit knowledge management[C]// 2nd International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems. Beijing: Taylor & Francis LTD, 2007.

[4] LUO S J, TANG Y K, LI Z F. Research on users' tacit knowledge representation based on image scale[C]// 7th

International Conference on Computer-aided Industrial Design & Conceptual Design. Hangzhou: IEEE, 2006.

[5] BOUARFA H, ABED M. Acquisition of tacit knowledge in virtual organizations[C]// International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation. Vienna, Austria: IEEE, 2005.

[6] 张瑛, 武忠. 隐性知识获取的最佳来源研究[J]. 情报杂志, 2007(11): 78-79.
ZHANG Y, WU Z. Research on the best resource of tacit knowledge acquisition[J]. Journal of Information, 2007(11): 78-79.

[7] 周宽久, 仇鹏, 王磊. 基于实践论的隐性知识获取模型研究[J]. 管理学报, 2009(3): 309-314.
ZHOU K J, QIU P, WANG L. Research on the model of tacit knowledge acquistion based on practice[J]. Chinese Journal of Management, 2009(3): 309-314.

[8] 马费成, 王晓光. 知识转移的社会网络模型研究[J]. 江西社会科学, 2006(7): 38-44.
MA F C, WANG X G. Social network model of knowledge transfer[J]. Jiangxi Social Sciences, 2006(7): 38-44.

[9] 殷国鹏, 莫云生, 陈禹. 利用社会网络分析促进隐性知识管理[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2006, 46(S1): 964-969.
YIN G P, MO Y S, CHEN Y. Promoting tacit knowledge management using social network analysis[J]. Journal of Tsinghua University(Science and Technology), 2006, 46(S1): 964-969.

[10] 单伟, 张庆普, 刘臣. 企业内部隐性知识流转网络探析[J]. 科学研究, 2009(2): 255-261.
SHAN W, ZHANG Q P, LIU C. Study on tacit knowledge transfer network within a corporation[J]. Studies in Science of Science, 2009(2): 255-261.

[11] VON N J. The general and logical theory of automata [C]. Cerebral Mechanism in Behavior The Hixon Symposium. New York: Wiley, 1951.

[12] AMOROSO S, PATT Y. Decision procedures for surjectivity and injectivity of parallel maps for tes sellation structures[J]. Computer System Sci, 1972(6): 448-464.

[13] CHOWDHURY D, SANTEN L, SCHRECKENBERG A. Statistical physics of vehicular traffic and some related systems [J]. Phys Rept, 2000, 329(5): 199-329.

[14] DEBASHISH C, DIETRICH E W. Praticle hopping models for two-lane traffic with two kinds of vehicles: Effects of lane-changing rules[J]. Physica A, 1997, 235(3): 417-439.

[15] SCHADSCHNEIDER A, CHOWDHURY D, BROCKFELD E. A new cellular automata model for city traffic [C]. Traffic and Granular Flow '1999. Stuttgart, Germany: Springer, 1999.

[16] 吴慧欣, 王峰, 苏锦旗. 行人交通微观动态元胞自动机仿真模型研究[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(4): 235-238.
WU H X, WANG F, SU J Q. Microscopic dynamic cellular automaton simulation model for pedestrian traffic[J]. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(4): 235-238.

[17] 周金旺, 陈秀丽, 周建槐, 等. 一种改进的多速双向行人流元胞自动机模型[J]. 物理学报, 2009(4): 2281-2285.
ZHOU J W, CHEN X L, ZHOU J H, et al. An improved cellular automaton model simulation of pedestrian counter flow with variety velocities[J]. Acta Physica Sinica, 2009(4): 2281-2285.

[18] WU F. Calibration of stochastic cellular automata: The app lication to rural-urban land conversions[J]. International Journal of Geographical Inform ation Science, 2002, 16(8): 795-818.

[19] CLARKE K C, GAYDOS L J. Loose-coupling a cellular automata model and GIS: Long-term urban growth prediction for san francisco and washington[J]. Baltimore International Journal of Geographical Information Science, 1998, 12(7): 699-714.

[20] 黎夏, 叶嘉安. 基于神经网络的元胞自动机及模拟复杂土地利用系统[J]. 地理研究, 2005, 24(1): 19-27.
LI X, YE J A. Cellular automata for simulating complex land use systems using neural networks[J]. Geographical Research, 2005, 24(1): 19-27.

[21] LI X, YEH A G O. Zoning for agricultural land protection by the integration of remote sensing[J]. GIS and Cellular Automata Photogram Metric Engineering & Remote Sensing, 2001, 67(4): 471-477.

[22] LI X, YANG Q S, LIU X P. Genetic algorithms for determining the parameters of cellular automata in urban sim-

ulation[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2007, 50(12): 1857-1866.

[23] 应尚军，魏一鸣，范英，等. 基于元胞自动机的股票市场复杂性研究—投资者心理与市场行为[J]. 系统工程理论与实践，2003(12)：18-224.
YING S J, WEI Y M, FAN Y, et al. Study on complexity in stock market based cellular automata[J]. Systems Engineering-theory & Practice, 2003(12): 18-224.

[24] ZHOU T, ZHOU P L, WANG B H, etal. Modeling stock market based on genetic cellular automata [J]. International Journal Physics B, 2004, 18: 2697-2702.

[25] WEI Y M, YING S J, FAN Y, et al. The cellular automaton model of investment behavio r in the stock market [J]. Physica A, 2003, 325: 507-516.

[26] 高建喜，董宏光，刘源远，等. 基于元胞自动机的股市模拟及分析——投资者心理和股票交易量[J]. 数学的实践与认识. 2009(2)：6-9.
GAO J X, DONG H G, LIU Y Y, etal. Analysis and simulation of stock market based on cellular automata—investors' choice psychology and stock's trading amount[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2009(2): 6-9.

[27] 杨玲，方勇，张恒，等. 舆论引导的元胞自动机模型研究[J]. 成都信息工程学院学报，2008(2)：30-33.
YANG L, FANG Y, ZHANG H, etal. Cellular automata model for induct of public opinion[J]. Journal of Chengdu University of Information Technology, 2008(2): 30-33.

[28] 刘慕仁，邓敏艺，孔令江. 舆论传播的元胞自动机模型(Ⅰ)[J]. 广西师范大学学报(自然科学版)，2002，20(2)：75-80.
LIU M R, DENG M Y, KONG L J. Cellular automata for the infect of public opinion[J]. Journal of Guangxi Normal University(Natural Science), 2002, 20(2): 78-82.

[29] 肖海林，邓敏艺，孔令江，等. 元胞自动机舆论模型中人员移动对传播的影响[J]. 系统工程学报，2005，20(3)：58-62.
XIAO H L, DENG M Y, KONG L J, et al. Influence of people's moving on the opinion communicationin the cellular automation public opinion model[J]. Journal of Systems Engineering, 2005, 20(3): 58-62.