

知识传播复杂网络的鲁棒性研究

杨剑军，战洪飞，黄利民，余军合

(宁波大学 机械工程与力学学院，浙江 宁波 315211)

摘 要：企业知识网络是建立在企业内外社会网络基础上，以知识资源的获取、共享和知识的创新为内容，以创造价值为核心的网络。专家和 multi-hand 在知识传播中发挥着重要的作用。他们的构成不同，将对企业知识鲁棒性产生不同的影响。利用网络冗余度这一复杂网络参数，对企业中人才构成进行仿真，分析知识专家和知识 multi-hand 在网络中的构成对网络鲁棒性的影响，定量计算企业知识构成和企业知识鲁棒性之间的关系，为企业的人才培养和人才引进提供决策参考。

关键词：知识管理；复杂网络；结构洞；鲁棒性；知识传播；知识网络

中图分类号：G302 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-7348(2010)13-0010-03

随着知识经济时代的来临，知识正取代劳动力和资本而上升为企业的核心生产资源，知识管理(Knowledge Management, KM)已成为企业提升其核心竞争力的有效途径。企业内部不仅存在着知识的交流和共享，而且还有新知识源源不断地加入到知识网络中来。企业人才可以划分为 3 类：专家、multi-hand 和普通员工。专家表现为拥有专门从事于某一领域的知识，即具有知识的专业性；而 multi-hand 表现为在多个领域内有着较为均衡的知识，即具有知识的广泛性；普通员工在知识的广泛性和专业性上无特殊表现。专家和 multi-hand 是知识网络中的重要节点，他们的存在与否以及在企业人才中所占比例对网络的鲁棒性有着重要影响。

1 结构洞理论

以格兰诺维特的强关系和弱关系的假设为理论渊源，博特 1992 年出版了《结构洞》一书。所谓结构洞^[1]，即社会网络中的某个或某些个体和有些个体发生直接联系，但与其他个体不发生直接联系或关系间断(Disconnection)的现象。从网络整体看，好像网络结构中出现了洞穴。如图 1 所示的企业知识传播网络，员工 1 和员工 2、3、4 具有联系(知识传播)，并且员工 2、3、4 之间并不相互联结，因此员工 1、2、3、4 之间具有较多的结构洞；而员工 6 和员工 4、5 具有联系，且员工 4 和 5 也相互联系，因此员工 4、5、6 成为封闭网络。网络中资源重复性高，在网络结构上

表现为“冗余”^[2-6]。消除冗余的办法是在冗余区域增加结构洞；而增加冗余的办法是“搭桥”。如图 1 所示，可在员工 2、4 之间“搭桥”，而在员工 5、6 之间制造结构洞。

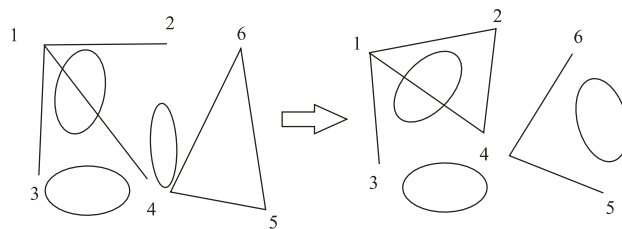


图 1 企业知识网络及结构洞

对知识传播网络而言，其冗余度越高、结构洞越少，则网络鲁棒性越强、知识传播效率越高；反之，冗余度越低、结构洞越多，则网络鲁棒性越低、知识传播效率越低。

2 知识网络的冗余度计算模型

在某一领域的知识网络中，设某点总度为 m ，那么该节点冗余度为 $r = (m - 1)/m$ ；对于不同的节点 i ，有不同的 r_i 。对网络中所有节点的冗余度求平均值，即可得到该领域知识网络的平均冗余度，即： $\bar{R}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n r_i$ 。其中， i 表示不同节点的编号； n 表示网络节点个数。

在现实知识网络中，知识的传播表现为不同专业知识

收稿日期：2009-06-16

基金项目：国家自然科学基金项目(70501026；70771051)；国家 863 计划项目(2005AA411910)；宁波市人才基地项目(Jd070404)；浙江省教育厅科研项目(Y200804210)

作者简介：杨剑军(1984-)，男，浙江台州人，宁波大学机械工程与力学学院硕士研究生，研究方向为知识管理；战洪飞(1970-)，男，辽宁黑山人，博士，宁波大学机械工程与力学学院副教授，研究方向为企业信息化；黄利民(1982-)，男，江西临川人，宁波大学机械工程与力学学院硕士研究生，研究方向为制造系统工程；余军合(1971-)，男，湖北天门人，博士，宁波大学机械工程与力学学院副教授，研究方向为制造系统工程。

在同一组网络节点构成的复杂网络中的相互叠加。当将各个不同领域的知识传播网络进行叠加时, 由 $\bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^N R_j$ 即可获知叠加网络的平均冗余度。式中 N 表示不同领域的知识网络的个数; j 表示不同领域的知识网络的编号。

在单一专业知识的传播网络中, 冗余度高的节点, 即表示该节点在重复地利用该专业知识资源, 它很可能是该专业领域的专家。另一种情况, 在单一专业知识传播网络中冗余度不高, 并在多种专业知识叠加的知识网络中其冗余度相差不大的那些节点(即这类节点在多个知识领域有着较为均衡的知识储备)很可能是网络中的多面手。

如图 2 所示, 网络上的连接边用数字标识(不同的数字表示不同领域的知识传播)。节点 B 在知识领域 1 的冗余度很高, 而在知识领域 2 和知识领域 4 的冗余度为 0。该节点很可能是在知识领域 1 的专家。节点 A 在知识领域 1、2、3、4 都具有较为均衡的知识, 所以该节点很可能是在多个领域有着多种知识储备的多面手。

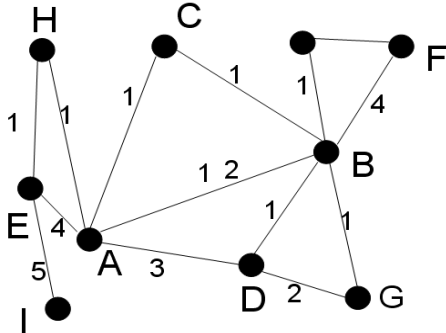


图 2 网络冗余

对于节点 A, 可在 A、H 中间制造结构洞, 在 A、I 中间“搭桥”, 使得节点 A 获得专业知识 5, 从而成为多面手; 对于节点 B, 则可考虑将 B、F 断边, 连接 B、H, 这样 B 可以花费更多的精力在知识领域 1 上面, 从而使他成为知识领域 1 方面的专家。如图 3 所示。在网络经过整改后, 企业人才构成发生变化, 对企业的发展将产生重要影响。

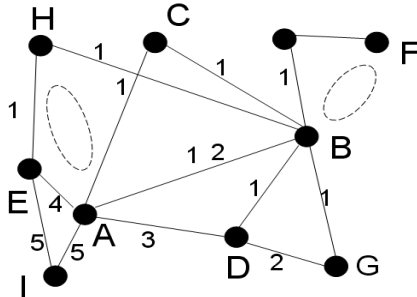


图 3 改造后的网络

3 知识传播网络冗余度及鲁棒性的分析模拟

3.1 知识传播模拟网络的建立

在建立知识传播模拟网络时, 基于 BA 模型演化规律, 其约束条件如下:

(1) 节点表示知识主体(企业中参与知识传播的成员),

连接边表示节点之间存在某种知识的传播。不同的连接边(分别用不同的标记标识)表示不同领域的知识。

(2) 知识传播网络为无标度网络。假设每经过给定的时间 t 增加 1 个节点, 映射为企业员工网络的动态变化; 新增节点择优连接到已有的网络节点。

(3) 将不同领域的知识传播网络进行叠加, 即节点相同, 连接边相叠加; 再根据不同的规则, 对此叠加网络进行演化。

演化规则一: 比较每个节点在各层网络中的冗余度, 找出节点最大冗余度所在的那层网络, 再将此节点变成在该层网络的专家。具体措施: 将节点在其它层(非最大节点冗余度所在的)网络的连接边转移到该层(最大节点冗余度所在的)网络的同一节点上。连接边另一端择优连接到该层网络的其它节点。

演化规则二: 将网络中的每个节点变成在各个知识领域都有着均衡知识储备的多面手, 即使每个节点在各层网络的节点度最大值与最小值之差小于 b 。具体措施: 比较每个节点在各层网络中的节点度, 将最大值所在的那层网络的节点度转移到最小值所在的那层网络上, 从而缩小差值, 将其控制在区间 b 中。

演化规则三: 将原始的叠加网络演化为专家和多面手共存的网络。具体措施: 在某层知识网络中冗余度大于 a 的节点被看作专家节点; 在各个领域知识网络中最大度与最小度差值小于 b 的节点被看作多面手。取 $a_1 < a, b_1 > b$ 。根据演化规则一, 将某层知识网络中冗余度大于 a_1 的节点演化为冗余度大于 a 的专家节点; 根据演化规则二, 将在各个领域知识网络中最大度与最小度差值小于 b_1 的节点演化为差值小于 b 的多面手节点。 a_1, b_1 的取值不同, 网络中专家和专家所占的比例也随之变化。

3.2 数值仿真及鲁棒性分析

仿真条件: 无标度网络的规模为 N , 初始大小为 m , 每过时间 T 增加一个节点, 加入的节点以一定概率获得数值 R (R 表示该节点进入网络时所拥有的连接边)。它们分别择优连接到已有的节点上。

以同样的增长规律重复 n 次, 分别得到 n 层网络, 表示 n 层不同知识领域的网络。将这些网络叠加在一起, 得到最终的叠加网络。在某领域知识网络中冗余度大于 a 的节点被看作专家节点; 在各个领域知识网络中最大度与最小度差值小于 b 的节点被看作多面手节点。取 $N=200, m=5, n=4, R=10, a=0.833, b=4$ 。

在得到的原始知识网络中, 专家所占的比例为 1%, 多面手所占的比例为 30%。将此网络根据演化规则一演化后得到各层网络的冗余度变化如表 1 所示。

表 1 专家网络的冗余度

	第一层网络	第二层网络	第三层网络	第四层网络	总冗余度
原始网络	0.884 3	0.878 13	0.884 65	0.884 73	0.882 95
专家网络	0.131 2	0.346 22	0.518 91	0.646 63	0.405 82

由表 1 可以看出, 相对原始网络, 专家网络的冗余度明显下降, 说明专家网络鲁棒性减弱, 知识传播效率降低。

由此可见，专家拥有知识的特点是专而不广，它的存在使得知识网络冗余度下降，鲁棒性变弱，知识传播效率降低。随着专家所占比例增加，网络冗余度下降，如图4所示。

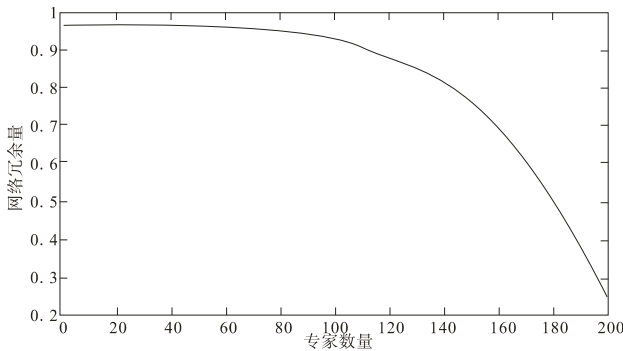


图4 网络冗余度随专家比例的变化

将该网络根据演化规则二演化后得到各层网络的冗余度变化，如表2所示。

表2 多面手网络的冗余度

	第一层 网络	第二层 网络	第三层 网络	第四层 网络	总冗余度
原始网络	0.884 3	0.878 13	0.884 65	0.884 73	0.882 95
多面手网络	0.895 3	0.908 81	0.884 67	0.954 14	0.910 73

由表2可以看出，相对于原始网络，多面手网络的冗余度有所增大，说明多面手网络能够增加网络的鲁棒性，提高知识传播的效率。随着多面手所占比例增加，网络冗余度升高，如图5所示。

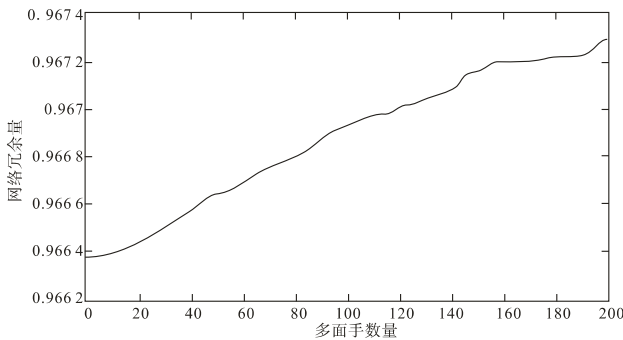


图5 网络冗余度随多面手比例的变化

根据演化规律三进行演化。取 $a_1=0.5$ ， $b_1=5$ 。在得到的网络中，专家的比例占10%（较原始网络升高了9%），多面手的比例占50%（较原始网络升高了20%）。如表3所示，专家和专家共存的网络相对于原始网络的冗余度有所降低，但专家和专家共存的比例明显增加。

随着 a_1 、 b_1 变化，网络呈现如下规律：若专家在企业中所占比例超过某一定值，知识网络的冗余度会明显下降，影响网络的鲁棒性；多面手在企业中所占比例增加，使得网络冗余度上升，网络抗毁性增强，但作用并不明显。如图6所示。

表3 3种形式网络冗余度比较

	第一层 网络	第二层 网络	第三层 网络	第四层 网络	总冗余度
原始网络	0.884 3	0.878 13	0.884 65	0.884 73	0.882 95
专家网络	0.131 2	0.346 22	0.518 91	0.646 63	0.405 82
多面手网络	0.895 3	0.908 81	0.884 67	0.954 14	0.910 73
共存网络	0.662 5	0.592 63	0.871 48	0.636 66	0.690 82

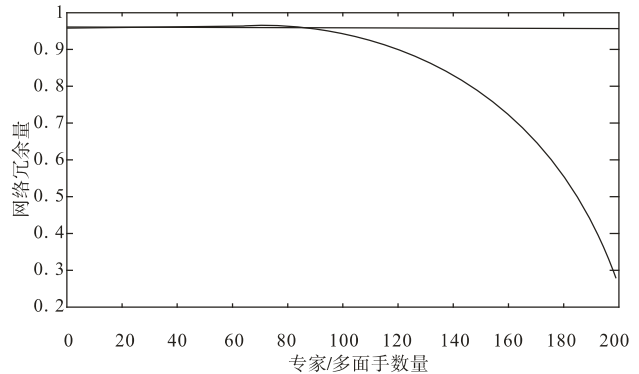


图6 两条对数曲线比较

4 总结

本文研究了企业内知识专家和专家所占比例与网络冗余度之间的关系，探讨了知识网络的人才构成对网络鲁棒性的影响，得出以下结论：企业内专家所占比例增大，冗余度降低，网络抗冲击能力减弱，变化幅度明显；企业内专家所占比例增大，网络冗余度增加，抗冲击能力增强，变化幅度并不明显。同时，只要给出企业对网络冗余度要求，则可以计算出专家和专家所占的最优比例，从而为企业规划知识构成、引进人才提供决策参考。

参考文献：

- [1] 陈婷婷.结构洞:关系的制胜点[J].三峡大学学报,2007,29(S1) 31-32.
- [2] 马德辉,包昌火.构建企业知识网络的思考[J].图书情报工作,2008,52(2) 28-32.
- [3] 李金华,孙东川.复杂网络上的知识传播模型[J].华南理工大学学报,2006,34(6) 99-102.
- [4] 席运江,党延忠.基于加权超网络模型的知识网络鲁棒性分析及应用[J].系统工程理论和实践,2007(4):134-140,159.
- [5] 陈樾.信息内容的判定与知识的划分[J].情报学报,1997(16):242-245.
- [6] 赵强,王春晖.知识管理在企业生产过程中的演化[J].科技进步与对策,2008,25(12) 208-210.

(责任编辑:赵峰)