

组织网络中的无标度行为: 极端情形的结果^①

李鹏翔¹, 张萌物², 席酉民¹, 崔文田¹

(1. 西安交通大学管理学院, 西安 710049; 2. 西安理工大学人文学院, 西安 710048)

摘要: 以组织网络中最有可能存在无标度行为的指挥链网络为背景, 构建了组织网络演化的层级树生长模型, 考察了当管理幅度处于极端同质、极端异质和实际情况时层级树网络的度分布和累计出度分布. 结果表明, 无标度行为的涌现只是组织网络处于极端情况时的结果, 现实组织网络根本不会表现出无标度的度分布或累计出度分布. 管理研究者希望借鉴复杂网络领域中有关无标度特性的研究成果来解决组织管理问题的想法是不现实的. 此探索性工作对复杂网络与组织管理的跨学科研究具有重要意义.

关键词: 无标度行为; 复杂网络; 管理幅度; 层级树; 度分布; 累计出度分布

中图分类号: C935; F224.33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2009)04-0042-09

0 引言

在《Management Science》杂志 2004 年关于复杂系统理论跨学科应用的专辑征文^[1]中, Brian Uzzi 等积极倡导将有关复杂网络研究的基础理论成果应用于组织管理领域. Amaral 和 Uzzi^[2]将复杂系统作为管理、物理和技术系统综合研究的新范式, 认为复杂网络领域的科学家们所做的杰出工作为组织研究者提供了难得的机会, 可以利用他们所取得的基础理论成果来考察管理、组织和企业中的问题. 而大规模网络的基本组织原理主要是指无标度 (scale-free, 简称 SF) 特性^[3,4]和小世界 (smallworld, 简称 SW) 特性^[5]. 无标度特性用幂律度分布 $P(k) \sim k^{-\gamma}$ 来描述 (其中, 节点的度 k 为节点的邻接边数; $P(k)$ 表示任取 1 个节点, 其度为 k 的概率; γ 是幂指数), 在 Barabási 和 Albert^[4]提出的 BA 模型中, 认为增长和择优是产生无标度特性的两个必要条件. 小世界特性意味着网络具有较短的平均路径长度和较大的群聚系数, Watts 和 Strogatz^[5]证明小世界网络的两个特性

可以通过对规则网络进行边的随机重绕或增加少数长边 (long-range link) 的方法获得. 那么, 无标度特性会有助于管理研究者解决组织领域中的问题吗?

组织中确实存在着各种各样的社会网络, 包括正式的命令链网络和各种非正式的人际关系网络. White 等^[6]认为, 组织是由网络构成的, 这些网络在组织内部和组织之间的多个层次上发挥作用. 用于组织仿真设计中的 PCANS 模型就用 3 种要素和 5 种关系构成的复合网络来表示组织结构 (Krackhard 和 Carley^[7]; Carley 和 Krackhard^[8]). Xi 和 Tang^[9]用立体多核网络来描述具有小世界特性的网络组织. 形象地讲, 组织结构图中的汇报关系网络 (Daft^[10]) 好比系统中的动 (静) 脉血管, 其中包含着自上而下的命令流和自下而上的信息流. 各种各样的非正式关系网络 (Herman^[11]) 犹如毛细血管一样延伸到组织中的各个角落, 既可以传播组织文化和创新理念, 也可以传播流言蜚语. 这些看不见的网络支撑着组织管理中的各项职能活动, 频繁地发挥着重要作用.

科学家们对诸如细胞网络、董事会网络、万维

① 收稿日期: 2007-08-16; 修订日期: 2008-07-07.

基金项目: 国家自然科学基金优秀创新研究群体基金资助项目 (70121001); 国家自然科学基金资助项目 (70571062, 70673077); 教育部博士点基金资助项目 (20070698052); 西安交通大学“985工程”二期建设资助项目 (NS-005).

作者简介: 李鹏翔 (1964—), 男, 陕西西安人, 博士. Email: lipeng@mail.xjtu.edu.cn

网、电力网、传染病传播网和航空网络等系统的研究 (Albert 和 Barabási^[12], Dorogovtsev^[13], Newman^[14]), 表明自然界和人类社会中的许多复杂系统都具有统一的、普遍性的组织原理, 即无标度特性 (Barabási 和 Albert^[4]) 和小世界特性 (Watts 和 Strogatz^[5])。组织网络似乎也不应例外。倘若果真如此, 在什么条件下组织网络会表现出无标度行为呢? 如果现实中的组织网络可以具备这些条件, 无标度特性是否会给解释组织中的某些复杂现象带来新的希望? 这正是本文研究的动机所在。

近来有相反观点认为, 应当谨慎对待有关无标度特性的一些实证研究。比如, Perline^[15]认为, Pareto^[16]和 Zipf^[17]以及后来的研究者所采用的许多例子实际上对数据集 (data sets) 进行了截断处理, 很少有真正的幂律分布实例 (在观测变量的整个变化范围内都服从幂律分布), 很多例子是假幂律分布的有限混合分布。Jones 和 Handcock^[18]发现, 在人类性关系网络的形成中传染极限实际上不会像幂律标定所预测的那样会消失。May 和 Lloyd^[19]也证明传染过程中极限行为的消失仅仅是度分布极端异质的结果, 无限规模的传染网络才会表现出极限效应。这些批评意见预示着组织网络中的无标度行为可能只是极端情形下的结果, 难道借鉴复杂网络研究中的这一理论成果来解决组织管理问题仅仅只是一个愿望?

从对现实组织网络的实际观察来看, 无标度特性的有关成果在组织网络中应用的可能性远不如小世界特性。因为无标度特性是大规模网络中的统计特性 (网络规模趋近于无穷大时的极端行为), 而组织中的各种社会网络, 其规模总是有限的。从无标度网络的形成机理来看, 那种“富者愈富, 强者愈强”的择优机制在组织网络中也是无法得到保证的。因为组织网络中的节点是组织成员, 而人的精力是有限的, 不可能保持和维护越来越多的社会关系。在假定组织规模可以很大的理想情况下, 只有组织的正式结构网络最有可能存在无标度行为, 因为随着组织规模的扩大, 管理者所领导的直接下属和间接下属的人数有可能满足“富者愈富”的择优机制。

现有组织结构文献尚未考虑组织结构网络中是否存在无标度行为。在有关复杂网络的研究中,

Souma 等^[20]的工作才是迈向经济学中复杂网络研究的第一步。Ravasz 和 Barabási^[21]对层级组织无标度特性的研究与管理实际相去甚远。他们提出的层级网络模型, 是把由 5 个节点构成的致密群体反复复制, 并连接在同一中央节点上递归形成的。其目的是说明层级网络可以既具有无标度特性又具有较高的群聚系数。然而, 组织层级中的任何管理者, 他能够有效管理的下属人数是有限的。

本文的贡献有 3 点。第 1, 理论分析和仿真证实, 组织网络中的无标度行为仅仅是管理幅度极端选择的结果。即极端同质时累计出度服从幂律分布; 而极端异质时, 度分布和累计出度分布都服从幂律分布。这是现有组织结构文献和复杂网络文献中尚未考虑的结果。第 2, 在有关无标度特性的理论和实证研究中, 通常讨论的大都是度分布, 而很少讨论累计出度 (即 1 个管理者所领导的所有直接下属和间接下属的总和) 分布。本文的研究结果说明在度分布几乎均匀的网络中, 累计出度分布可能会表现出无标度特性。第 3 BA 模型^[15]认为无标度特性的产生条件是增长和择优, 两者缺一不可。在本文提出的层级树生长模型中, 新部门的添加是随机且等概率的, 即模型本身只增长不择优。然而, 理论分析和仿真验证的结果表明, 累计出度分布在管理幅度恒定时确实存在无标度行为。

文章第 1 部分是层级树生长模型介绍。第 2 部分为模型的仿真设计。第 3 部分是极端情况下的理论和仿真结果, 包括管理幅度极端同质和极端异质两种情况。第 4 部分是实际组织网络的实证分析结果。最后是文章的结论和理论预示。

1 层级树的生长模型

层级结构在社会和企业组织中随处可见, 如国家的行政管理体系、军事指挥体系和公司的组织图等。如果用节点来表示人员, 节点之间的边来表示命令链关系, 这种结构可以用图 1 所示的层级树来表示。其中, (a)、(b) 和 (c) 分别为三个连续时间间隔 $t-1$ 和 $t+1$ 时的网络结构, (c) 就像一颗没有树叶的树。随着新部门 (department) 或新单位 (sub-unit) 的添加, 层级树网络逐渐扩大, 最后演化成大规模网络。现实生活中的传销组织就是层级树结构的典型例子。在管理实践中, 全

球性的营销组织根据自己的业务需求, 逐步扩充它们的营销网络, 直至形成包括制造商、经销商和零售

商在内的大规模网络. 由于新部门的添加是随机且等概率的, 因此这种增长网络没有明显的择优机制.

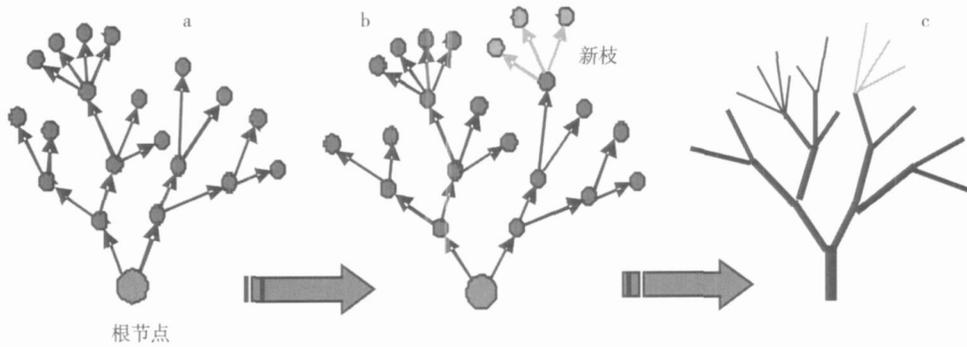


图 1 层级树的生长网络

Fig 1 A growth network in the form of a hierarchical tree

当演化时间 $t = 0$ 时, 设想一颗小树从 1 个根节点开始生长. 当 $t = 1$ 时, 由 m 个节点和 m 条边构成的新分枝嫁接到根节点上. 随后在每个时间间隔, 从尚未添加新枝的秃节点中随机选择 1 个作为生长点并添加这样的新枝. 直到最后小树生长成一颗大树. 假定组织网络的规模足够大, 可以满足大规模网络的统计要求, 定义系统规模 $N(t)$ 为 t 时刻系统的总节点数, 其中秃节点的总数记为 $N_{\text{end}}(t)$. 由于在每个时间间隔, 有一包含 m 个节点的新枝进入系统并嫁接到某个秃节点上, 故 $N(t) = mt + 1$, $N_{\text{end}}(t) = (m - 1)t + 1$. 显然, 网络规模是随演化时间不断增长的.

该模型可以概括如下:

- 1) 初始状态时, 系统只有 1 个根节点^②, 也是秃节点^③, 其累计出度^④为 0
- 2) 此后在每个时间间隔, 由 m 个节点和 m 条边构成的新枝嫁接到某个生长点上, 每个秃节点成为生长点的概率是 $1/N_{\text{end}}(t)$.
- 3) 参数 m 实际上代表组织结构中的管理幅度. 如果 m 为常数, 组织中的各级管理者都领导相同数目的下属, 这种情况是管理幅度极端同质的情况. 如果 m 的选择取自某个服从幂律分布的总体, 即组织中大多数管理者只有几个下属, 而少数管理者可以有成百上千个下属, 这种情况是管理幅度极端异质的情况. 如果 m 的选择按照实证调查的概率分布来随机产生, 就可以模拟实际组织

网络的情况.

与 BA 模型不同的是该模型没有明显的择优机制 (生长点的选择是随机且等概率的), 网络的增长是靠增加部门来驱动的, 而不是每次只增加 1 个新节点. 管理幅度 m 采用不同的选取方法, 就可以生成从极端同质到极端异质的各种层级树网络. 作为例子, 图 2 给出了演化时间从 0 到 4 的几种层级树结构. 其中, 1) 为管理幅度 $m = 2$ 时的情形; 2) 是管理幅度 m 为随机变量时的情形. 它们是两种情况下各种可能网络结构中的组合形式.

2 模型的仿真设计

初始状态时仅有 1 个根节点, 编号为 1 号节点, 累计出度为 0. 当 $t = 1$ 时, 具有 m 个节点和 m 条边的新枝嫁接到根节点上, 根节点的累计出度 $k_{\text{cum}} = m$. 随后, 在每个时间间隔均有 1 个这样的新枝嫁接到随机选择的生长点上, 秃节点被选中作为生长点的概率是 $1/N_{\text{end}}(t)$, 新节点按照先来后到的顺序进行编号, 并用数组记录每个新节点的度和累计出度. 由于下属节点累计出度的增加就意味着上级节点累计出度的增加, 因此层级树中各个节点的累计出度必须逐个更新, 直到找到根节点为止. 计算网络规模、累计出度的最大值和累计出度为 k_{cum} 的节点数等数据. 累计出度为 k_{cum} 的节点出现的频率在网络规模接近无穷大时近似

② 根节点指层级树结构中的顶端节点, 代表最高行政领导.

③ 末端节点指没有直接下属的节点.

④ 节点的累计出度指由该节点引出的网络分支中的全部节点数, 代表其所有直接下属和间接下属的总和.

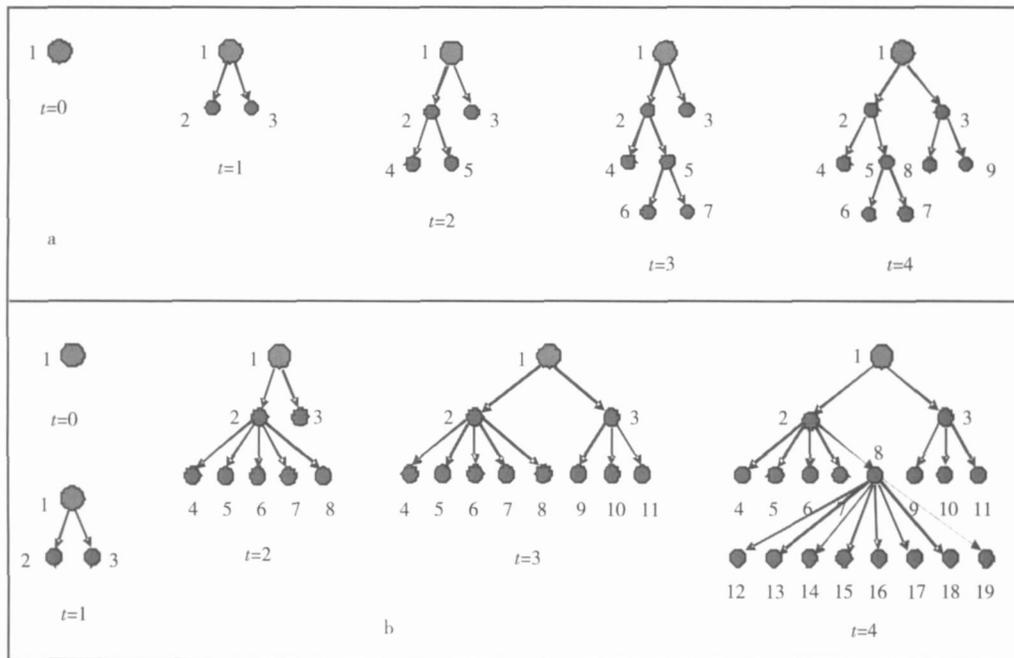


图 2 层级树网络的生长模型

Fig 2 The network growth model of a hierarchical tree

于 $P(k_{cum})$, 即在网络中任取一个节点, 其累计出度为 k_{cum} 的概率. $P(k_{cum})$ 的计算式为

$$P(k_{cum}) = \frac{\text{累计出度为 } k_{cum} \text{ 的节点数}}{\text{系统的总节点数}} \quad (1)$$

本文对以下 4 种情形进行仿真验证:

1) 极端同质情况 管理幅度 m (即节点出

度 k_{out}) 为常数. 观察度分布 $P(k)$ 和累计出度分布 $P(k_{cum})$, 由于每个下属仅有 1 个直接上级, 故 $k = k_{out} + 1$

2) 极端异质情况 管理幅度 m 从服从幂律分布的总体中随机抽样产生 (如 $P(k) = Ak^{-\gamma}$). 算法如图 3 所示.

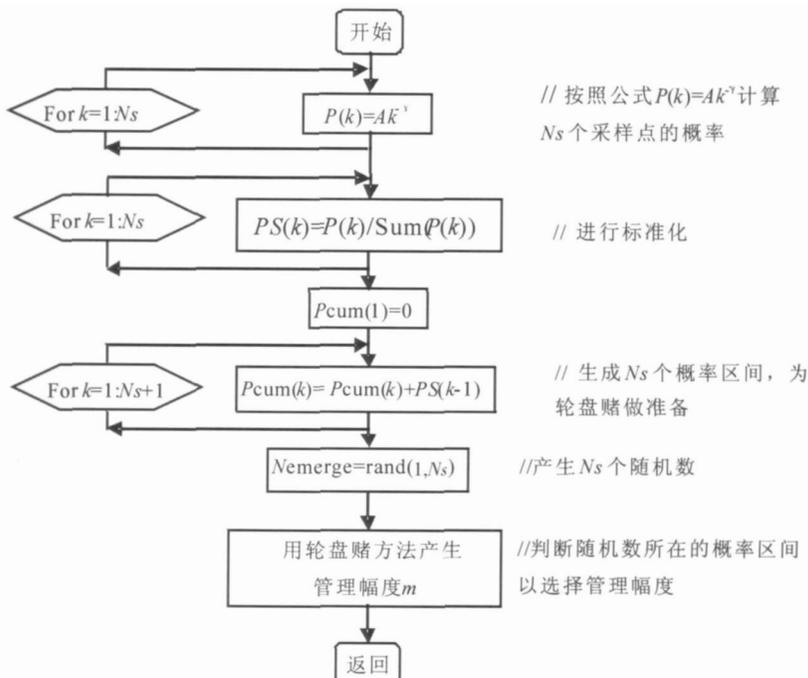


图 3 用轮盘赌方法产生管理幅度 m 的算法

Fig 3 The arithmetic for producing span of control m by using roulette method

3) 管理幅度 m 取自均匀随机分布的总体, 观察随机情况下的度分布和累计出度分布.

4) 实际组织网络的情况 管理幅度 m 按照实证调查的频率分布形态, 通过转盘赌的方法随机产生. 观察现实组织网络的度分布和累计出度分布.

3 极端情形下的理论和仿真结果

3.1 极端同质时的结果

当管理幅度为常数时, 可以证明该模型的演化过程中隐含着择优机制^⑤. 节点 i 的累计出度 $k_{cum}^{(i)}$, 其增加的概率 $\Pi_i(t)$ 等于由节点 i 控制的路径条数乘以每个秃节点被选中的概率, 即

$$\Pi_i(t) = \frac{m + (\frac{k_{cum}^{(i)}}{m} - 1)(m - 1)}{(m - 1)t + 1} \quad (2)$$

式 (2) 说明, 尽管添加新部门的方式是随机且等概率的, 但不同节点累计出度增加的概率是截然不同的. 当 m 为常数时, 在任意时间间隔内, 累计出度增加的概率 $\Pi_i(t)$ 与 $k_{cum}^{(i)}$ 成正比关系. 但该模型与 BA 模型^[15] 有以下几点不同:

1) 先进入系统的高层节点比后进入系统的低层节点控制着更多的路径资源, 因此产生了“先到者先富, 且富者愈富”的择优机制, 尽管模型中并没有择优连接的明确表达式.

2) 如果管理幅度 m 是服从均匀分布的随机变量, 这种择优机制就消失了 (证明见 3.2).

3) 上下级节点之间的概率 $\Pi_i(t)$ 具有简单的递推关系, 即上级节点累计出度增加的概率等于其直接下级累计出度增加概率之和.

由平均场理论可以推知 (详细推导过程见参考文献 [22]): 当 $k_{cum} \gg 2$ 时

$$P(k_{cum}) \approx \frac{m^2}{(m - 1)} k_{cum}^{-2} \quad (3)$$

式 (3) 表明, 在管理幅度恒定的层级树结构中, 节点的累计出度分布是渐进时间无关的, 且与系统的规模 $N(t) = mt + 1$ 无关. 尽管网络持续不断地增长, 但网络会达到稳定的无标度 (scale-free) 状态, 近似服从幂指数 $\gamma = 2$ 的幂律分布, 系数为 $m^2 / (m - 1)$ ($m \geq 2$). 仿真结果见图

4第 1列 (管理幅度 $m = 2$ 演化时间 $T = 10^4$).

3.2 管理幅度取自均匀随机分布的总体

如果管理幅度是 1 到 M_{max} 之间的一个随机数 (M_{max} 是管理幅度的最大值). 设在第 p ($p = 1, 2, \dots, t$) 个时间间隔内有一个具有 m_p 个下属的新枝进入系统, 在总共 t 次添加中, 从节点 i 长出的分支共获得 ω_i 次添加新枝的机会, 每次添加时的管理幅度分别是 $\phi_j^{(i)}$ ($j = 1, 2, \dots, \omega_i$). 则在 t 时刻:

① 系统规模为

$$N(t) = 1 + \sum_{p=1}^t m_p \quad (4)$$

② 秃节点数为

$$N_{end}(t) = 1 + \sum_{p=1}^t (m_p - 1) = N(t) - t \quad (5)$$

③ 包含节点 i 的路径总数为

$$N_{path}^{(i)}(t) = 1 + \sum_{j=1}^{\omega_i} (\phi_j^{(i)} - 1) \quad (6)$$

④ 节点 i 的累计出度 $k_{cum}^{(i)}$ 为

$$k_{cum}^{(i)} = \sum_{j=1}^{\omega_i} \phi_j^{(i)} \quad (7)$$

⑤ 节点 i 的累计出度 $k_{cum}^{(i)}$ 增加的概率为

$$\begin{aligned} \Pi_i(t) &= \frac{N_{path}^{(i)}(t)}{N_{end}(t)} = \frac{1 + \sum_{j=1}^{\omega_i} (\phi_j^{(i)} - 1)}{1 + \sum_{i=1}^t (m_i - 1)} \\ &= \frac{k_{cum}^{(i)}}{N(t) - t} + \frac{1 - \omega_i}{N(t) - t} \end{aligned} \quad (8)$$

当管理幅度 m 为常数时, ω_i 与 $k_{cum}^{(i)}$ 之间具有线性关系

$$\omega_i = \frac{k_{cum}^{(i)}}{m}$$

式 (8) 就等价于式 (2) 的结果. 令 \bar{m} 表示总共 t 次添加中管理幅度的平均值, 则

$$\omega_i = \frac{k_{cum}^{(i)}}{\bar{m}} + \varepsilon_i$$

其中 ε_i 是 ω_i 的估计值与实际值之差, 代入式 (8) 得

$$\Pi_i(t) = \frac{[k_{cum}^{(i)} + 1 - \frac{k_{cum}^{(i)}}{\bar{m}}] - \varepsilon_i}{N(t) - t} \quad (9)$$

⑤ 管理幅度极端同质时的理论结果和仿真结果, 作者已经发表在《系统工程》杂志 2007 年第 25 卷 11 期上, 题目是“层级树结构中的无标度行为”, 详见参考文献 [22].

对 t 时刻的任意两个节点有

$$\pi_i(t) - \pi_j(t) = \frac{\frac{\bar{m}-1}{m}(k_{cum}^{(i)} - k_{cum}^{(j)}) + (\varepsilon_j - \varepsilon_i)}{N(t) - t} \quad (10)$$

即使 $k_{cum}^i > k_{cum}^j$, 但当 $\varepsilon_i > \varepsilon_j$ 且 $|\varepsilon_j - \varepsilon_i| >$

$\frac{\bar{m}-1}{m}(k_{cum}^{(i)} - k_{cum}^{(j)})$ 时, 仍有 $\pi_i(t) < \pi_j(t)$.

此时累计出度增加的概率与累计出度之间不存在正比关系, 管理幅度的随机变化破坏了原有

择优机制的稳定性. 虽然“先到者先富”, 但不一定“富者愈富”. 仿真结果见图 4 第 2 列 (管理幅度 m 为服从均匀分布的随机变量, 演化时间 $T = 10^3$).

3.3 极端异质时的结果

如果管理幅度 m 的概率分布处于极端异质情况, 即满足 $P(k) = Ak^{-\gamma}$. 此时很难求得解析解, 仿真结果见图 4 第 3 列 (演化时间 $T = 10^4$) 表明度分布和累计出度分布都具有无标度特性.

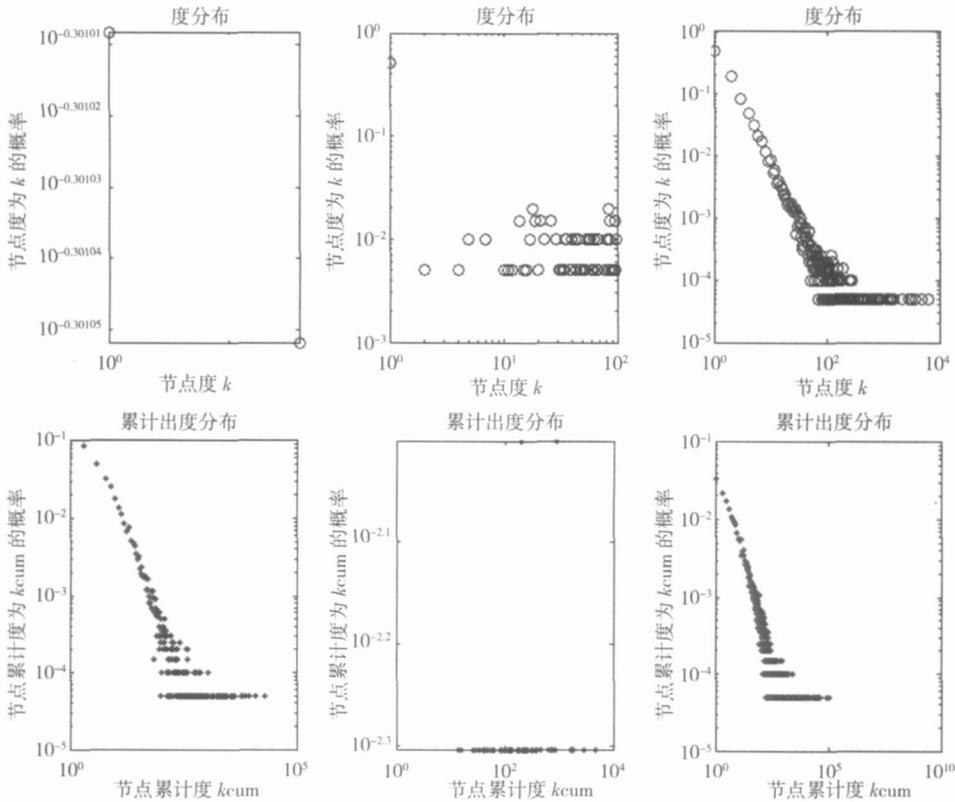


图 4 极端同质、随机选择和极端异质三种情况时的仿真结果

Fig 4 The simulation results in extreme homogeneity, random selection and extreme heterogeneity of the span of control

4 与现实组织网络的比较

调查了西安交通大学和西安理工大学的命令链关系网络, 数据采集来自网上各院系的组织结构图、电话号码本、研究机构的网页以及学校的人力资源数据库. 尽管某些社会服务机构 (如后勤集团中的公司、校办工厂、附属医院等) 没有深入调查下去, 但网络规模已足以反映出现实组织网

络的关键特征. 现实组织网络中管理幅度的频率分布与幂律分布的最大区别是: 存在一个出现频率最高的管理幅度 (众数) 而不是像幂律分布那样单调下降. 若以频率分布中的峰值为界, 仅在管理幅度的高值区域频率分布类似幂律分布. 实证调查的统计结果如图 5 所示, 第 1 行为西安理工大学的调查结果, 第 2 行是西安交通大学的实证结果, 两所大学的组织网络均未表现出任何形式的无标度分布.

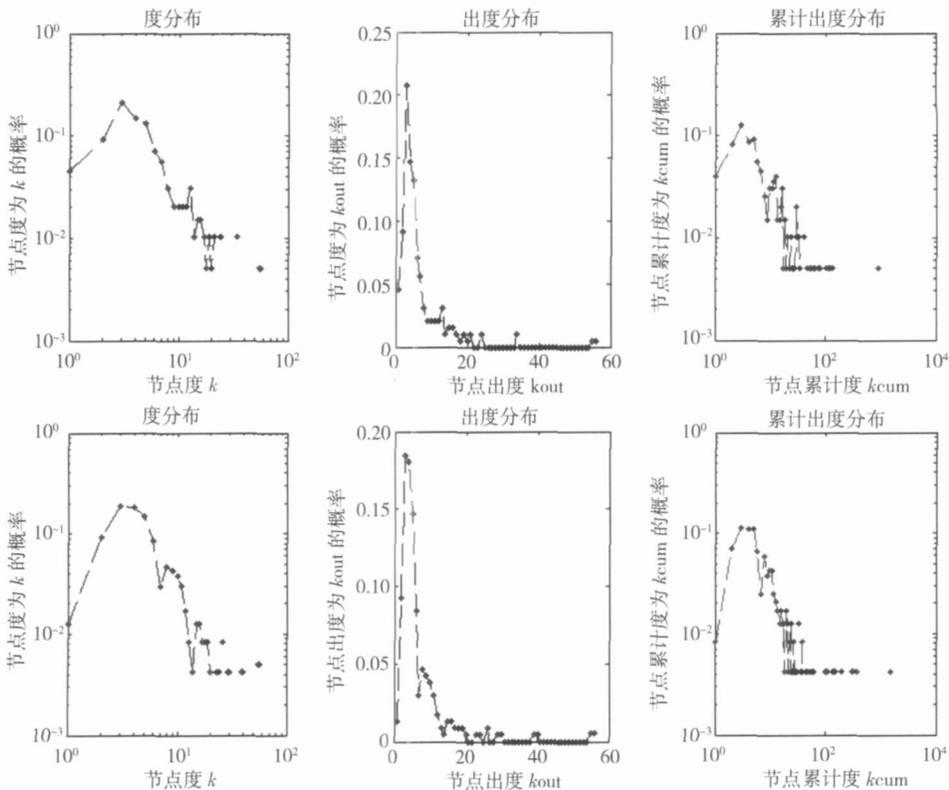


图 5 西安理工大学和西安交通大学命令链关系网络的调查统计结果

Fig 5 The statistical results of empirical investigation on XAUT (the first row) and XJTU (the second row)

为了进一步证实上述调查结果, 根据管理幅度的实际频率分布, 构造了简单的分段函数, 若 $k_{out} \leq 4$ $P(k_{out}) = k_{out}^2/100$ 否则, $P(k_{out}) = 3/k_{out}^{-2}$ 以此近似组织网络中管理幅度的实际频率分布 (设 $k_{out} = 4$ 时, 频率分布的峰值为 16%)。图 6 右边的仿真结果表明, 实际组织网络不会在整个取值范围内表现出关于变量 k or k_{am} 的无标度分布。图 6 的左边是实际组织网络中管理幅度的频率分布与标准幂律分布 ($P(k_{out}) = 0.6 k_{out}^{-2}$) 的比较^⑥。以此说明分段近似的合理性, 并突出理论与现实之间的差别。其中, (红) 圆点表示西安理工大学的统计结果, (黑) 方点代表西安交通大学的统计结果, (蓝) 粗线是标准的幂律分布。

有关管理幅度的研究已经表明, 所有组织层级都采用相同的管理幅度是不现实的。同样, 少数管理者具有几百个下属而大多数管理者仅有几个下属的情况也是不可想象的。组织网络确实可以像自然界和人类社会中的许多复杂网络那样表现出无标度特性, 但仅仅出现在现实中不可能发生

的两种极端情况下。现实组织网络不会表现无标度的度分布或累计出度分布, 最多在管理幅度频率分布的高值区域可以接近幂律分布, 确切地说就是假幂律分布 (Perline^[15])。这一结果表明, 借鉴无标度特性的有关理论成果来解决组织管理问题是不现实的。

总之, 现实组织网络与能够表现出无标度特性的极端情境相去甚远。无标度特性对探讨组织网络的复杂性没有实际价值。

5 结束语

本文在假设组织网络的规模能够满足大规模网络的统计要求的前提下, 提出了一个层级树的网络演化模型。尽管新分枝的添加是随机且等概率的, 即模型中没有直接的择优机制, 但在管理幅度处于极端同质的情况下可以涌现出无标度特性。原因在于高层节点比低层节点控制着更多的

⑥ 具体数值为百分数 (× 100%)。

路径资源, 结果造成“先到者先富, 后到者后富, 且富者愈富”的机制. 仿真结果表明, 当管理幅度处于极端异质的情况时, 度分布和累计出度分布

都可以展现出无标度特性. 但如果管理幅度是服从均匀分布的随机变量时, 由于择优机制的稳定性遭到破坏, 无标度特性就消失了.

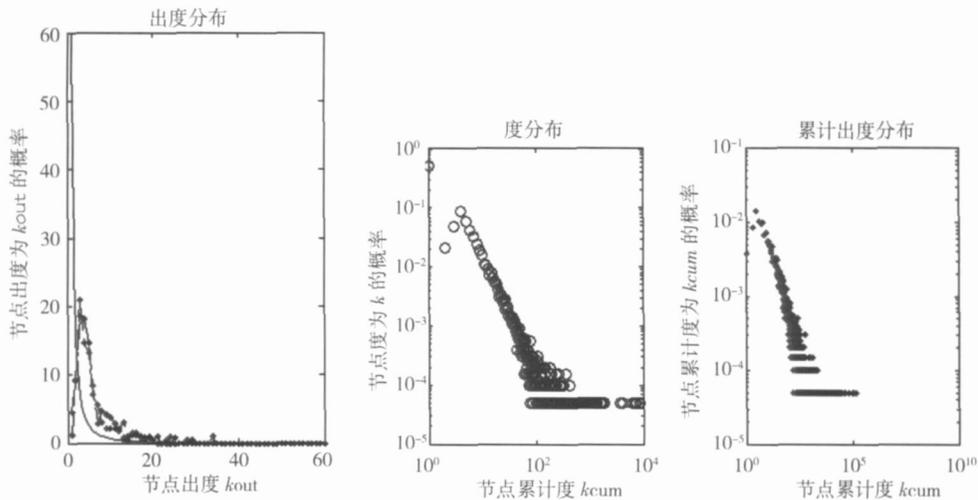


图 6 一个人工组织网络的仿真结果

Fig 6 The simulation results of an artificial organization network

上述两种极端情况在现实组织网络中是不可能出现的. 实证结果表明管理幅度的频率分布仅仅在高值区域才会接近标准的幂律分布, 现实组织网络中的度分布或累计出度分布只能是假幂律分布 (Perline 2005)^[15]. 本文的研究明确了组织网络中出现无标度特性的条件, 解释了现实组

织网络不会表现出无标度特性的原因. 这一工作使人们对组织网络的演化过程有了新认识, 希望借鉴无标度特性的性质和规律来解决组织管理问题的想法是不现实的. 本文的模型还提供了新的证据, 它表明增长和择优并非是产生无标度特性的必要条件.

参考文献:

- [1] Uzzi B, Powell W, Amaral L. Management Science Special Issue on Complex System: A cross Disciplines [EB/OL]. <http://www.informs.org/site/ManagementScience/article.php?id=57>, July, 2007.
- [2] Amaral L A N, Uzzi B. Complex system—A new paradigm for the integrative study of management, physical and technological systems [J]. Management Science, 2007, 53(7): 1033—1035.
- [3] Barabási A-L, Albert R. Emergence of scaling in random networks [J]. Science, 1999, (286): 509—512.
- [4] Barabási A-L, Albert R, Jeong H. Mean-field theory for scale-free random networks [J]. Physica A, 1999, (272): 173—187.
- [5] Watts D J, Strogatz S H. Collective dynamics of small-world networks [J]. Nature, 1998, 393(4): 440—442.
- [6] White D R, Owen-Smith M, Moody J J, Powell W W. Networks, fields and organizations: Micro-dynamics, scale and cohesive embeddings [J]. Computational & Mathematical Organization Theory, 2004, 10(1): 95—117.
- [7] Krackhardt D, Carley K M. A PCANS Model of Structure in Organizations [C]. In Proceedings of the 1998 International Symposium on Command and Control Research and Technology, Monterey, California, June, 1998, 113—119.
- [8] Carley K M, Krackhardt D A. Typology for network measures for organizations [J]. Computational Organization Theory, 1997, 6(5): 122—138.
- [9] Xi Y, Tang F. Multiplex multi-core pattern of network organizations: An exploratory study [J]. Computational & Mathematical Organization Theory, 2004, 10(2): 179—195.
- [10] Daft R L. Organization Theory and Design (4th ed.) [M]. St Paul, MN: West Publishing, 1992.

- [11]H em an J. “Sm allworld” netw orks in your organ ization[J]. *Business Comm un ications Review*, 2003, 33(8): 16— 18
- [12]A bert R, Barabási A-L. Statistical mechanics of complex netw orks[J]. *Review of Modern Physics*, 2002, 74(1): 47— 91.
- [13]Dorogovtsev S N, Mendes J F F. Evolution of netw orks[J]. *Advance in Physics*, 2002, 51(4): 1079— 1187.
- [14]Newm an M E J. The structure and function of complex netw orks[J]. *Computer Physics Communications*, 2002, 147(1— 2): 40— 45.
- [15]Perline R. Strong weak and false inverse power laws[J]. *Statistical Science*, 2005, 20(1): 68— 88.
- [16]Pareto V. *Cours d' Economie Politique*[M]. Lausanne and Paris: Rouge and Cie, 1987.
- [17]Z ipf G K. *Human Behavior and the Principle of Least Effort*[M]. Cambridge, MA: Addison-W esley, 1949.
- [18]Jones JH, Hancock M S. An assessment of preferential attachment as a mechanism for human sexual netw ork formation [J]. *Proceedings of the Royal Society of London Series B Biological Science*, 2003, 270(1520): 1123— 1128.
- [19]M ay R M, Lloyd A L. Infect ion dynamics on scale-free netw orks[J]. *Physical Review E*, 2001, 64(6): 066112— 1— 066112— 4.
- [20]Soum a W, Fujiwara Y, Aoyama H. Complex netw orks and economics[J]. *Physica A*, 2003, (324): 396— 401.
- [21]Ravasz E, Barabási A-L. Hierarchical organization in complex netw orks[J]. *Physical Review E*, 2003, 67(2): 026112— 1— 026112— 7.
- [22]李鹏翔, 席酉民, 崔文田. 层级树结构中的无标度行为[J]. *系统工程*, 2007, 25(11): 76— 79
Li pengxiang, Xi Youmin, Cui W er tian. The Scale-free behavior in hierarchical tree structure systems engineering[J]. *System Engineering*, 2007, 25(11): 76— 79. (in Chinese)

Scale-free behavior in organizational networks: Consequences in extreme situations

LI Peng-xiang¹, ZHANG Meng-wu², XI You-min¹, CUI Wen-tian¹

1. Management School, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2. Faculty of Humanities and Social Sciences, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China

Abstract Can we reap the benefits of the scale-free property, as an organizing principle of large-scale networks with an eye to problems in organization? Based on the discussion of chain of command network that is most possible to exhibit scale-free property in organizational networks, an evolving network model of hierarchical tree without explicit preferential attachment is proposed in this paper. We examine the degree and cumulative outdegree distributions in hierarchical tree networks when span of control is distributed in extreme homogeneity, extreme heterogeneity and the situation in the real world. The results show that the emergence of scale-free property is only the consequences in the two extreme situations, while organizational networks in the real world do not show the scale-free degree and cumulative outdegree distributions at all. The idea that management researchers can utilize the research results in complex networks to solve problems in organizations and businesses is not feasible. Our exploration work has an important meaning for others to do their research work across disciplines of both complex networks and organizational management.

Key words scale-free behavior, complex networks, span of control, hierarchical tree, degree distribution, cumulative outdegree distribution