

面向成长阶段的大型国有建筑企业控制力网络仿真研究

陈 涛¹, 黄光球¹, 闫 雯², 张静晓³

(1.西安建筑科技大学管理学院, 陕西 西安 710055; 2.西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055;

3.长安大学建筑工程学院, 陕西 西安 710061)

摘要: 不同成长阶段的大型建筑企业控制力网络节点扩张和联系不同. 本文基于复杂网络视角, 构建和验证了具有赋权的大型国有建筑企业控制力网络. 该模型将控制力节点增加情况进行了分类处理, 综合考虑控制力网络边权从核心到边缘逐渐变小这一实际情况, 提出通过关键网络节点提升大型建筑企业控制力水平, 该模型可动态模拟不同成长阶段企业控制力演化机制, 并可针对性地提高大型建筑企业控制力水平.

关键词: 大型建筑企业; 控制力; 成长阶段; BBV; 分层网络; 仿真

中图分类号: TU721⁺, 3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2016)02-0296-07

Research on the simulation of the growth stage for large-scale state-owned construction companies' control network

CHEN Tao¹, HUANG Guangqiu¹, YAN Wen², ZHANG Jingxiao³

(1.School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech. Xi'an 710055, China;

2. School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech. Xi'an 710055, China;

3. School of Civil Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, China)

Abstract: Different growth stages of large-scale construction companies have the corresponding network nodes and links. Based on the complex network perspective, a large-scale state-owned construction enterprise control networks is built and validated. In this model, the classification of the growth control node is involved, and the actual condition about the smaller changes from the core to the edge is also integrated. At the same time, this paper proposes to enhance the control level of companies by the key network nodes. Empirical results show that this research can simulate the dynamic evolution of different corporate control stages, and enhance the targeted control level of large construction companies.

Key words: Large-scale state-owned construction enterprise; control force; growth stage; BBV; Hierarchical network; simulation

国有企业控制力的动态实现是当前国家经济政策和学术研究关注的焦点问题. 企业具有不同的成长阶段, 比如, 孵化期, 成长期、成熟企业和衰退期. 不同成长阶段的大型企业具有不同形态的控制力网络, 大型国有建筑企业也不例外.

目前, 国内外学者以建筑企业控制力为研究对象进行深入分析的相关研究并不多见. 因此, 从企业控制力分析以提供较为宽泛的研究视角. 国外采用问卷调研、田野调查法、控制系统等方法从家族企业结构控制力、集团企业财务风险、渐进性风险耦合网络等方面开展了研究^[1-5]. 国内学者主要从企业管控、资源建设和战略管理手段方面开展了研究^[6-9]. 现阶段的企业控制力实现研究集中在企业控制的某一功能, 如企业机制, 企业功能等, 对企业控

制实现的动态性、系统性和网络性等关注不够.

基于此, 基于前期研究^[10], 在国有大型建筑企业控制力复杂系统模型的基础上, 进一步对控制力的具体指标权重、指标间作用力、作用力大小和方向进行了量化处理, 从复杂网络视角构建和验证具有赋权的无标度网络模型(BBV模型), 创新性的将控制力节点增加情况进行了分类处理, 动态模拟不同成长阶段企业控制力分层实现机制, 研究大型建筑企业控制力网络模型的动态性和自适应性, 该研究能够分析控制力在各个具体指标间实现的具体流程和动态, 为通过控制力节点的提升增强企业控制力动态网络提供了分析手段, 有利于不同成长阶段的企业通过仿真分析寻求最佳控制力网络化动态提升策略.

收稿日期: 2014-12-24 修改稿日期: 2016-04-07

基金项目: 长安大学中央高校基本科研业务费基金项目资助(009-2014G6285048; 310828155031); 国家自然科学基金资助项目(71301013) 资助; 教育部青年规划基金项目资助(13YJA790150) 资助; 中国建筑学会基金项目资助(asc-kt2014022)

作者简介: 陈涛(1979-), 男, 博士生, 工程师, 主要从事管理系统工程方面的研究. E-mail: 328649004@qq.com

1 大型建筑企业控制力网络分析

1.1 基本原理

前期研究将大型建筑企业控制力分为六大职能模块:目标、结构、机制、资源、功能、交流,并在这个层次结构的前提下应用自组织理论^[10]建立基于复杂系统的企业控制力自组织耦合网络模型,如下图1所示。

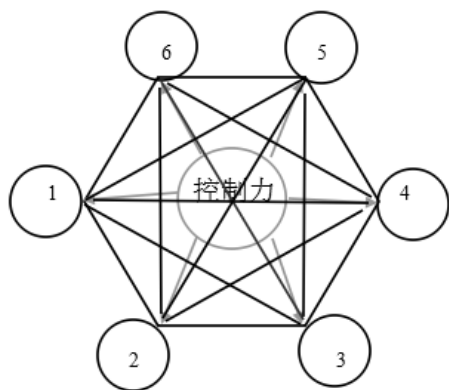


图1 基于复杂系统的大型建筑企业控制力自组织耦合网络模型

Fig.1 Self-organizing coupling network model based on large construction enterprise Control of complex system

在图1中,1至6这六个点分别代表了企业控制力六个职能方向:目标、结构、机制、资源、功能、交流。基于此,以前期研究中企业控制力体系中的相应具体指标和指标间的交流作为网络的节点;以节点之间的连边表示具体指标之间存在作用力,显示控制力在具体指标间的有向传递;并且通过指标之间的相关系数度量这种作用力的大小,作为边的权值,从这个权值的大小能够显示控制力在具体指标间传递的力度和大小;把与节点连接的边的边权之和的绝对值作为节点的权重,用来表示节点在系统中的重要性^[12-14]。

1.2 模型假设

(1) 以控制力模块以及我们所构建的企业控制力指标体系中的相应的具体指标和指标间的交流作为网络的节点(节点 $i, j \dots$)。

(2) 以节点之间的连边(l_{ij})表示具体指标之间存在作用力,显示控制力在具体指标间有向传递。

(3) 以指标之间的相关系数(ρ_{ij})作为边的权值(ω_{ij}),度量这种作用力的大小,显示控制力在具体指标间传递的力度和大小。

(4) 以与节点(i)连接的边的边权之和($s_i = \sum_j \omega_{ij}$)的绝对值($|S_{ij}|$)作为节点(i)的

权重,用来表示节点在系统中的重要性,即此具体指标在控制力实现中的重要性。

同时,在企业控制力实现系统中,一个指标节点是否重要体现在此节点对于整个控制力系统的作用力大小上。然而企业控制力实现系统是通过指标节点与指标节点之间的连接的,指标与指标之间的作用由节点与节点之间的连边表示,这个作用力的大小由连边的边权表示。在一般复杂系统中通常以节点的度(节点的连边数)的大小来表现。它体现了所考察的节点指标所有作用的其他节点指标的数量,从某一方面看来,在控制力实现系统中某节点指标所作用的节点指标的数量越大,那么它在这一控制力实现系统中的作用越大,指标节点在系统中重要性越大。

然而,由于控制力实现系统中的指标节点之间的连接是相当复杂和多方面的,仅仅考虑节点之间有无连接,单个节点的连接数量肯定是不全面的。还应考虑连接的数量、性质和强度,其中连接强度对网络结构具有决定性的意义。因此,在考察指标节点重要性时,我们不仅仅考虑了将节点度作为节点的重要性判断依据,还考虑了节点的边权值信息。于是得到了节点重要性计算公式:

$$I_i = \alpha N_i + (1 + \alpha) S_i \quad (1)$$

其中: I_i 为节点(i)的重要性, N_i 为节点(i)的节点的连接数量即节点(i)的度, S_i 为节点(i)连接的边的边权之和($s_i = \sum_j \omega_{ij}$), α 为重要性控制参数, $0 < \alpha < 1$ 。

由于企业控制力自组织耦合网络系统中各个企业的六大模块以及各级指标的权重不同、交流方式不同、各指标之间相互作用对象不同、作用力大小不同等不同,以及同一企业的各个指标的重要性或作用也非常不同,及实际复杂系统中各个节点重要程度的分布具有强烈的异质性。节点的度分布表明了一个节点在整个网络中的重要程度,因此在不均匀、不平衡和复杂有序的实际系统中,节点的分布是异质的,即具有无标度性。令节点为(i, j),连边为(l_{ij}),边的权值为(ω_{ij}),节点(i)连接的边的边权之和($s_i = \sum_j \omega_{ij}$)的绝对值($|S_{ij}|$)作为节点(i)的权重。这样形成了采用有向加权的无标度网络(BBV网络演化模型)。为了更加符合大型建筑企业控制力网络运行实际情况,即控制力从企业总部到子公司节点会有明显的网络衰弱或者减

少,将在 BBV 模型的基础上对演化算法进行了创新性的改进,既考虑控制力实现的网络结构,又综合了控制力实现中节点权重和网络衰减等因素,使所建立的建筑企业控制力网络模型具有更强的实践性。

2 面向成长阶段的建筑企业控制网络模型构建

2.1 单一阶段企业控制力网络模型演化算法

(1) 初始设定. 以图 1 为基础,通过多人打分数据计算出各个职能之间的相关系数 ρ_{ij} 作为每条边初始权值,体现各个职能间作用力大小和方向,即代表了控制力在模块之间传递的大小和方向。

(2) 以各个具体指标作为新加入的节点,通过各个指标的多人打分数据可以计算得到各指标之间的相关系数矩阵 A (即对数据中心标准化后得样本阵 X ,并通过样本阵 X ,令 $A=X^T X$)。以节点 i 所代表的指标为例:假设节点 i 所代表的指标与相邻节点所代表的指标之间的相关系数为 $\rho_{i1}, \rho_{i2}, \dots, \rho_{ij-1}, \rho_{ij+1}, \dots, \rho_{in}$, 则节点 i 与其邻居节点指标之间相关系数的平均值由下面的式子确定 $\rho_i = (|\rho_{i1}| + |\rho_{i2}| + \dots + |\rho_{i,j-1}| + |\rho_{i,j+1}| + \dots + |\rho_{in}|) / n$ 增长。每次加入一个新指标节点 j , 对于任意一个已有的老指标节点 i , 如果它们之间的相关系数 $|\rho_{ij}| \geq \rho_i$, 则在节点 i, j 之间以概率 $p = I_i / \sum_i I_i$ 建立一条边,并给这一作用力赋权:即令 $\omega_{ij} = \rho_{ij}$ 为此边的权重。如果 $|\rho_{ij}| < \rho_i$, 则节点 i, j 之间没有边即指标 i, j 之间没有明显的相互作用。令 $s_i = \sum_j \omega_{ij}, |s_i|$ 作为节点 i 的权重,表示指标 i 在控制力实现网络中的重要性^[12]。

(3) 如果新加入的指标节点 n 连接了旧节点 i 会引起网络边权调整,调整分为两种情况:

第一: i 节点和其邻居节点 j 之间边权的变化边权调整的公式为 $\omega_{ij} \rightarrow \omega_{ij} + \Delta\omega$, 其中 $\Delta\omega_{ij} = x\omega_{ij}/s_i + y\omega_{ij}/\sum_l s_l$, x, y 和是参数为可调节系数, $\sum_l s_l$ 为系统所有节点权重的和。

第二: 与 i 不相连的节点 a, b . $\omega_{ab} \rightarrow \omega_{ab} + y\omega_{ab}/\sum_l s_l, a \neq i, b \neq i$. 这是本研究算法创新的核心所在,结合实际,使得控制力

网络边权从核心到边缘逐渐变小。

(4) 重复 (3) (4) 直到所有的具体指标所代表的节点全部添加完为止。

如此,在 BBV 模型的基础上成功的建立了单层的企业控制力实现模型。

2.2 面向成长阶段的建筑企业控制力算法

按照企业生命周期理论,企业发展一般会经历四个阶段:创业期、成长期、成熟期和持续发展期。随着企业不断发展,企业发展阶段的跃迁,企业结构越加的复杂,企业控制力系统必然的也必须的随着企业发展的脚步,不断的壮大,控制力实现系统的结构必将越加复杂;同时新的节点将会随着企业发展、企业控制力系统的壮大源源不断的加入到企业控制力系统中。如果将每一个成长阶段视为一个分层,那么,这个时候一个单层的控制力实现模型就很难完整的具体的展现出企业控制力不同层次的实现,因此,我们在原有单层的控制力实现模型的基础上,建立了基于节点重要性的企业控制力分层演化模型。

随着企业的发展,新的节点指标逐渐加入到企业控制力系统中。当新的节点指标产生并加入到企业控制力系统中时,必然对系统中的所有节点指标以及各个节点指标之间的作用力大小(连边的权值)都将产生大小不等的影响。实际上,在将新的节点指标逐一加入控制力系统时,影响较为显著的可能只有临近的几个关键节点,因此,对新增节点指标进行边权计算,其他节点保留原始数据,这样讲增强计算效率。则,基于节点重要性的企业控制力成长阶段分层演化模型的算法如下:

(1) 分层:原则上可以根据企业成长发展的四个阶段,将每一个阶段视为一个层次,建立一个四层的企业控制力实现模型。然而考虑到企业并不是出于四个发展阶段中的第一个阶段:创业期,因此,根据当前企业发展的阶段,对企业控制力模型的分层进行调整。如:企业 A 所处的发展阶段为成长期,那么我们建立的分层为 3 层,而企业 B 所处的阶段为成熟期,那么企业 B 的分层为 2 层。记分层数为 $n, n=1,2,3,4$ 。

(2) 第一层的基础构建:以企业现有的所有节点指标为准,通过统计学方法计算的所有指标节点之间的相关系数,采用上文的企业控制实现模型的演化算法构建出现有的企业控制实现模型,将所建立的企业控制力实现模型作为企业控制力分层演化模型的第一层的基础结构。

(3) 新节点的加入: 利用统计学方法计算新增节点指标与原有节点指标的相关系数, 并对新加入节点所在的层数进行赋值, 记为 m . 若 $m=1$, 则新加入的节点处于第一层.

(4) 基于节点重要性的择优选择: 对于新加入的指标节点 j , 对于任意一个已有的老指标节点 i , 如果它们之间的相关系数 $|\rho_{ij}| \geq \rho_i$, 则在节点 i, j 之间有可能建立一条边. 这个概率为 p , $p = I_i / \sum_i I_i$. 并给这一作用力赋权: 即令 $\omega_{ij} = \rho_{ij}$ 为此边的权重. 如果 $|\rho_{ij}| \geq \rho_i$, 则节点 i, j 之间没有边即指标 i, j 之间没有明显的相互作用. 令 $s_i = \sum_j \omega_{ij}$, $|s_i|$ 作为节点 i 的权重, 表示指标 i 在控制力实现网络中的部分重要性.

(5) 边权调整: 如果新加入的指标节点 n 连接了旧节点 i 会引起网络边权调整, 这是本文的核心算法所在. 调整分为两种情况:

第一: i 节点和其邻居节点 j 之间边权的变化边权调整的公式为: $\omega_{ij} \rightarrow \omega_{ij} + \Delta \omega$, 其中 $\Delta \omega_{ij} = x \omega_{ij} / s_i + y \omega_{ij} / \sum_l s_l$, x, y 和是参数为可调节系数, $\sum_l s_l$ 为系统所有节点权重的和.

第二: 与 i 不相连的节点 a, b . $\omega_{ab} \rightarrow \omega_{ab} + y \omega_{ab} / \sum_l s_l$, $a \neq i, b \neq i$.

(6) 新加入节点, 重复 (3) (4) (5).

面向成长阶段的建筑企业控制力网络模型算法, 与经典 BBV 模型相比^[13-15], 具有以下特点: 第一, 以节点之间连边的边权的大小表示了节点指标之间作用力的大小, 而又把这种作用力的和的绝对值 $|s_i|$ 作为节点的权重, 即节点所代表的指标的在控制力实现系统中的权重. 所以, 节点的权重和节点的度一样能够显示节点所代表的指标在实际系统中的重要性. 第二, 由于控制力实现模型是建立在企业控制力六大职能自组织耦合模型的基础上进行了控制实现模型的演化, 因此, 最终模型具有一定的自适应性, 即控制力指标信息的局部变化会引起控制力整体的自我调整. 第三, 根据各个指标之间的相关系数确定系统中指标之间边的连接判断, 分类了节点加入是边权动态演化的情况, 将之分为相邻节点 (指标间影响较大), 不相邻节点 (指标间影响较小), 代替了原先笼统的演化方法, 更符合企业控制的实际情况, 提高了控制力系统的准

确性和可针对性. 第四, 所建立的模型融合企业成长阶段思想, 具有部分小世界网络的特征.

3 算例分析

3.1 算例假设

为不失一般性, 将企业控制力网络成长阶段分为 4 层, 假设企业现在所处的发展阶段为创业期. 同时设现阶段存在的显著指标总节点数 $n=100$, 设随着企业发展将逐步添加的新的节点数 $n'=100$; 代表了 100 个新的企业控制的具体指标^[12-14]. 首先对于经典的 BBV 网络演化算法, 设无量纲参数 $\delta=2$. 进行模型演化并计算生成的加权网络的点权、度、边权分布以及在演化过程中同一个节点的度和点权的关系. 采用 MATLAB 软件绘图显示.

为验证建筑企业控制力成长阶段网络演化算法, 首先对现有的 100 个指标在 $[1, 9]$ 上随机赋值, 作为指标得分, 自动生成 100×20 的随机矩阵代表了 20 人对于各项指标的得分, 对数据中心标准化后得样本阵 X , 并通过样本阵 X . 令 $A=X^T X$ 为其 100×100 的相关矩阵. 令 $x=2, y=3$, 根据企业单层控制实现模型的演化算法, 建立单层控制实现模型. 然后采用同样方法, 对每个新增的节点, 根据经验赋予其不同的分层值 m (计算机模拟时我们随机产生 $m=1, 2, 3, 4$), 并计算其与原有的 100 个节点的相关系数矩阵, 建立企业控制力分层演化模型. 同样采用 MATLAB 软件给出了演化生成的加权网络的点权、度、边权分布以及在演化过程中同一个节点的度和点权的关系.

最后对比验证两种演化算法生成的加权网络的点权、度、边权分布以及在演化过程中同一个节点的度和点权的关系.

3.2 算法验证

3.2.1 BBV 网络演化算法

对于 BBV 网络演化算法我们可以利用公式直接计算^[13-15]:

对点权分布有: $p(s) \sim s^{-\gamma}$, $\gamma=(4\delta+3)/(2\delta+1)$.

对度的分布有: $p(k) \sim k^{-\gamma}$, $\gamma=(4\delta+3)/(2\delta+1)$.

对边权分布有: $p(\omega) \sim \omega^{-a}$, $a=2+1/\delta$.

对度和点权之间关系有: $k_i(t) = 1/(2\delta+1) S_i(t)$.

根据前文假设取 $\sigma=2$, 我们采用 MATLAB 软件绘图显示, 得到的结果如下图 2 所示.

3.2.2 建筑企业控制力分层算法

(1) 点权分布的计算

当新节点 j 连接旧节点 i 时, 会引起网络中所有边权的调整进而每个节点的点权都会发生变化。

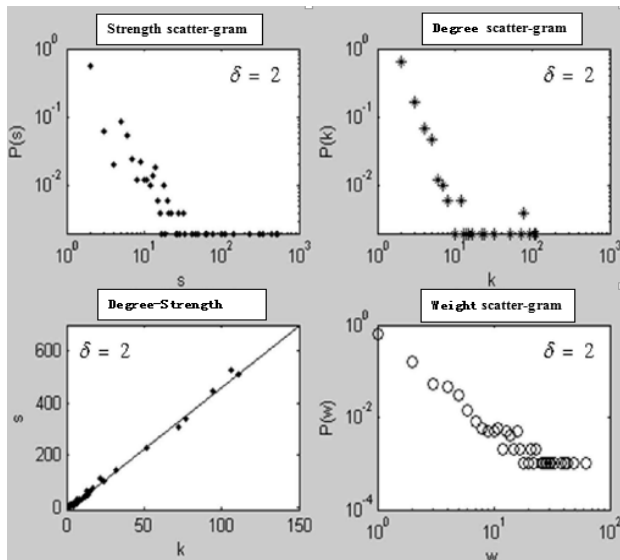


图2 BBV 模型数值模拟结果 ($n=100, \delta=2$)

Fig.2 Results of BBV model numerical simulation ($n=100, \delta=2$)

本文把网络中所有的旧节点分为三类: i 节点、 i 节点的邻居节点、其他节点。下面分别讨论这三类节点的点权变化情况:

第一, 旧节点 i 被新节点连接此时, 点权 s_i 会发生如下变化

$$\begin{aligned} s_i &\rightarrow s_i + \omega_0 + x \sum_{j \in v(i)} \frac{\omega_{ij}}{s_i} + y \sum_{j \in v(i)} \frac{\omega_{ij}}{\sum_l s_l} \\ &= s_i + \omega_0 + x + y \frac{s_i}{\sum_l s_l} \end{aligned}$$

其中: $v(i)$ 表示节点 i 邻点的集合。

第二, 邻居节点 j 的点权的变化

$$s_j \rightarrow s_j + x \frac{\omega_{ij}}{s_i} + y \sum_{k \in v(i)} \frac{\omega_{kj}}{\sum_l s_l} = s_j + x \frac{\omega_{ij}}{s_i} + y \frac{s_j}{\sum_l s_l}$$

第三, 其他节点 k 的点权的变化

$$s_k \rightarrow s_k + y \sum_{j \in v(i)} \frac{\omega_{ij}}{\sum_l s_l} = s_k + y \frac{s_i}{\sum_l s_l}$$

则点权的变化率为

$$\begin{aligned} \frac{ds_i}{dt} &= \frac{s_i}{\sum_l s_l} \left(1 + x + y \frac{s_i}{\sum_l s_l} \right) + \\ &\sum_{j \in (i)} \frac{s_j}{\sum_l s_l} \left(x \frac{\omega_{ij}}{s_j} + y \frac{s_j}{\sum_l s_l} \right) + \sum_{k \neq i, j} \frac{s_k}{\sum_l s_l} y \frac{s_i}{\sum_l s_l} \end{aligned}$$

此时当有一条新边产生时会使总权重增加

$$2 + 2x + y, \text{ 则 } \sum_i s_i \approx (2 + 2x + y)t.$$

$$\text{代入上式得: } \frac{ds_i}{dt} = \frac{s_i}{t} \cdot \frac{1 + 2x + y}{2 + 2x + y}, \text{ 与初始条件}$$

联立得常微分方程

$$\begin{cases} \frac{ds_i}{dt} = \frac{s_i}{t} \cdot \frac{1 + 2x + y}{2 + 2x + y} \\ s_i|_{t=i} = 1 \end{cases}$$

$$\text{解方程可得: } s_i = \left(\frac{t}{i} \right)^{\frac{1 + 2x + y}{2 + 2x + y}}$$

下面, 本文计算 $p(s_i < s)$ 的值:

$$p(s_i < s) = p\left(t_i > t \left(\frac{m}{s} \right)^{\frac{2 + 2x + y}{1 + 2x + y}}\right) =$$

$$1 - p\left(t_i < t \left(\frac{m}{s} \right)^{\frac{2 + 2x + y}{1 + 2x + y}}\right) = 1 - \int_0^t \left(\frac{1}{s} \right)^{\frac{2 + 2x + y}{1 + 2x + y}}$$

其中: $p(t_i) = \frac{1}{n_0 + t} = \frac{1}{6 + t}$, 当 $t \rightarrow +\infty$ 时, 代入

上式得: $p(s) = \frac{2 + 2x + y}{1 + 2x + y} s^{\left(-\frac{3 + 4x + 2y}{1 + 2x + y} \right)}$, 所以:

$$p(s) \sim s^{-\gamma}, \gamma = \frac{3 + 4x + 2y}{1 + 2x + y} \quad (2)$$

(2) 度的演化与点权的演化之间的关系

只有当节点被新节点连接时, 节点的度增加, 这是我们所构建的网络中的唯一变化。此时节点的度增加 1, 所以节点度的变化率为:

$$\frac{dk_i}{dt} = \frac{s_i}{\sum_l s_l} \cdot 1 = \frac{1}{(2 + 2x + y)} \left(\frac{t}{i} \right)^{\frac{1 + 2x + y}{2 + 2x + y}}$$

结合初始条件, 解这个微分方程可得度与点权之间的关系式为:

$$k_i = \frac{1}{1 + 2x + y} s_i \quad (3)$$

(3) 度的分布的计算

由公式 1、公式 2, 我们很自然的可得:

$$p(k) \sim s^{-\gamma_k}, \gamma_k = \frac{3 + 4x + 2y}{1 + 2x + y} \quad (4)$$

(4) 边权分布的计算

加权网络中任意的两个节点 i 和 j 之间的边权会在下列三种情形时发生变化。

第一,节点 i 被新的节点连接时有

$$\omega_{ij} \rightarrow \omega_{ij} + x \frac{\omega_{ij}}{s_i} + y \frac{\omega_{ij}}{\sum_l s_l};$$

第二,节点 j 被新的节点连接时有

$$\omega_{ij} \rightarrow \omega_{ij} + x \frac{\omega_{ij}}{s_j} + y \frac{\omega_{ij}}{\sum_l s_l};$$

第三,除了节点 i 和 j 之外的节点被新节点连接时有

$$\omega_{ij} \rightarrow \omega_{ij} + y \frac{\omega_{ij}}{\sum_l s_l}.$$

由上面的讨论可知边权的演化符合如下规律:

$$\begin{aligned} \frac{d\omega_{ij}}{dt} &= \frac{s_i}{\sum_l s_l} \left(x \frac{\omega_{ij}}{s_i} + y \frac{\omega_{ij}}{\sum_l s_l} \right) + \\ &\frac{s_j}{\sum_l s_l} \left(x \frac{\omega_{ij}}{s_j} + y \frac{\omega_{ij}}{\sum_l s_l} \right) + \sum_{k \neq i,j} \frac{s_k}{\sum_l s_l} y \frac{\omega_{ij}}{\sum_l s_l} \end{aligned}$$

此时当有一条新边产生时会使总权重增加 $2+2x+y$, 则 $\sum_l s_l \approx (2+2x+y)t$.

代入上式得: $\frac{d\omega_{ij}}{dt} = \frac{\omega_{ij}}{t} \left(\frac{2x+y}{2+2x+y} \right)$, 与初

始条件 $\omega_{ij} = \rho_{ij}$ 联立得:

$$\begin{cases} \frac{d\omega_{ij}}{dt} = \frac{\omega_{ij}}{t} \left(\frac{2x+y}{2+2x+y} \right) \\ \omega_{ij} \Big|_{t=t_{ij}} = \rho_{ij}, t_{ij} = \max \{i, j\} \end{cases}$$

解常微分方程^[16]得: $\omega_{ij} = \left(\frac{t}{t_{ij}} \right)^{\frac{2x+y}{2+2x+y}}$

下面,计算 $p(\omega_{ij} < \omega)$ 的值.

$$\begin{aligned} p(\omega_{ij} < \omega) &= p \left[t_{ij} > t \omega^{\left[\frac{2+2x+y}{-2x-y} \right]} \right] = \\ &1 - \int_0^{\omega^{\left[\frac{2-2x-2y}{-2x-y} \right]}} p(t_{ij}) dt \end{aligned}$$

其中: $p(t_{ij}) = \frac{1}{n_0 + t} = \frac{1}{6+t}$, 当 $t \rightarrow +\infty$ 时,

代入上式得: $p(\omega) = \frac{2+2x+y}{2x+y} \omega^{\left(\frac{-2+4x+2y}{2x+y} \right)}$

所以:

$$p(\omega) \sim \omega^{-\gamma_\omega}, \gamma_\omega = \frac{2+4x+2y}{2x+y} \quad (5)$$

由公式(2)-(5),令 $x=2, y=3$, 然后采用 MATLAB 软件绘图显示, 得到的结果如下图 3 所示:

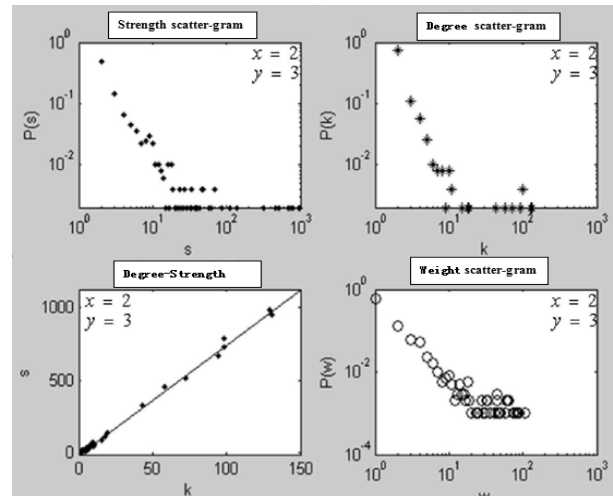


图3 企业控制实现模型数值模拟结果

($n=100, n'=100, x=2, y=3$)

Fig.3 Results of numerical simulation of enterprise control implementation model

($n=100, n'=100, x=2, y=3$)

3.3 对比分析

对比两种演化算法所得模型, 可以发现:

(1) 通过比较可以发现考虑了成长阶段的企业控制力网络模型中点权的分布、度的分布、边权分布的幂律分布更为理想, 而且当 $x=\delta, y=0$ 时模型就是 *BBV* 模型或者企业控制实现模型仅仅是 *BBV* 模型的一个特殊形式, 表明了新建立的模型是符合无标度模型的异质性的, 是符合企业控制实现的实际情况, 且更加符合.

(2) 由图 3 可以看出随着 n' 的增大, 度的演化与点权的演化之间的关系趋于稳定, 度分布和边权分布几乎不再变化, 这说明了面向成长阶段的建筑企业控制力网络模型在具有无标度特性的同时, 还具有了小世界网络的分层集聚的性质.

(3) 新的节点的权重和节点的度一样能显示节点在系统中的重要性, 在无标度网络上进行了符合实际的有向加权, 使控制力网络模型融合实际数据, 使得通过关键节点提升控制力网络运行更具有可操作性.

(4) 在企业控制实现系统中, 节点指标之间的联系紧密, 当有一个新的节点指标加入到网络中时可能会对整个网络产生一定的影响并且这种影响对不同的节点而言是不同的, 表明了系统具有一定的自适应性, 即局部信息引起连边关系的变化, 从而能够导致宏观性质涌现.

4 结论

通过研究,得出如下结论:

(1) 验证了不同成长阶段的大型建筑企业控制力网络模型的可操作性。大型建筑企业控制力网络从中心到外围具有一定的衰减倾向,综合这一实际情况,融合企业成长四阶段划分模型,将每一个阶段视为一个分层,构建面向成长阶段的大型建筑企业控制力网络模型,经算例验证,该模型结合了BBV网络模型和小世界网络模型的优点,具有动态性,自适应性,过程是合理的,准确的和可操作的。

(2) 提出通过关键网络节点提升大型建筑企业控制力水平。现有分层网络研究在网络中加入新的节点指标时,往往需要重新对所有指标进行相关系数测定,物力成本较高,而实际情况中只有关键网络节点能对企业控制力产生重要作用,根据复杂网络影响力随路径增加明显降低这一特性,提出基于节点重要性的企业控制力分层演化模型,该模型以现有的控制力结构为基础,逐一添加未来发展中需要和可能产生的节点指标,体现了高度的动态性,这是以前的一些分层网络所不具有的。

同时,未来研究中应关注如何消除新加入的点对于原有节点集合之间相关系数的影响及可能存在的误差。当节点 n 的最终取值保持在100以内,使误差可忽略。当 n' 超出100时,需要重新建立单层的大型建筑企业控制力网络模型和成长阶段控制力网络模型。

参考文献 References

- [1] PATEL P C, COOPER D. Structural power equality between family and non-family tmt members and the performance of family [J]. Academy of Management Journal, 2014, 57(6): 1624-49.
- [2] PAGANI M. Digital business strategy and value creation: framing the dynamic cycle of control points [J]. MIS Quarterly, 2013, 37(2): 617-32.
- [3] MUZHIKYAN A, FARID A M, YUCEF-TOUMI K. An enterprise control assessment method for variable energy resource-induced power system imbalances—part II: Methodology [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2015, 62(4): 2448-58.
- [4] HONG MX. A study on financial risk control of group enterprise [J]. Journal of Chemical & Pharmaceutical Research, 2015, 7(4): 326-33.
- [5] BREMNER S. Academic institutions as corporate enterprise: transparency, power, and control in staff appraisal [J]. International Journal for the Semiotics of Law, 2011, 24(2): 147-61.
- [6] 杨晏忠. 商业银行提升内部控制力实现安全运营的思考[J]. 北京: 金融会计, 2012(4): 44-46.
YANG Yanzhong. Reflection on the safety operation of commercial banks to improve internal control [J]. Beijing: Financial accounting, 2012 (4): 44-46.
- [7] 府亚军. 对优化企业管理机制的思考[J]. 北京: 北京机械工业学院学报, 2004(2): 70-74.
FU Yajun. Thoughts on optimizing the management mechanism of enterprises [J]. Beijing: Journal of Beijing Institute of Machinery Industry, 2004 (2): 70-74.
- [8] 柴艳丽. 企业集团控制力: 问题与措施[J]. 北京: 企业管理, 2011(8): 99-101.
CHAI Yali. Enterprise group control: Problems and measures [J]. Beijing: Business management, 2011 (8): 99-101.
- [9] 华岚. 推行全面预算管理, 提升企业控制力[J]. 北京: 商场现代化, 2007(28): 168-169.
HUA Lan. The implementation of comprehensive budget management [J]. Beijing: Market modernization, 2007 (28): 168-169.
- [10] 何伟杰, 胡建东著. 给企业以生命: 构建进化型的组织[M]. 上海: 学林出版社, 2010.4
HE Weijie, HU Jiandong. To the enterprise to life: to build an evolutionary organization [M]. Shanghai: Xue Lin Publishing House, 2010.4
- [11] 刘友金. 创意产业与城市发展的互动关系及其耦合演化过程研究[J]. 北京: 中国软科学, 2009(1): 152-157.
LIU Youjin. The interactive relationship between creative industries and urban development and the process of coupling evolution [J]. Beijing: China soft science, 2009 (1): 152-157.
- [12] 周健, 管玉梅, 王桂英. 基于点权有限的有向加权网络模型[J]. 北京: 计算机工程与应用, 2011, 26: 89-92.
ZHOU Jian, GUAN Yumei, WANG Guiying. A weighted network model based on the limited power of the point [J]. Beijing: Computer engineering and application, 2011, 26: 89-92.
- [13] 黄友平. 贝叶斯网络研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2005.
HUANG Youping. Bayesian network research: [D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2005.
- [14] 贾元丰. 基于复杂网络社团结构与贝叶斯网络模型的蛋白质功能预测[D]. 太原: 山西大学, 2013.
JIA Yuanfeng. Protein function prediction based on complex network community structure and Bayesian network model [D]. Taiyuan: Shanxi University, 2013.
- [15] 张剑飞. 贝叶斯网络学习方法和算法研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2005.
ZHANG Jianfei. Research on Bias network learning methods and algorithms [D]. Changchun: Northeast Normal University, 2005.
- [16] 王高雄. 常微分方程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 249-259.
WANG Gaoxiong. Ordinary differential equations [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006: 249-259.

(编辑 沈波)