

面向产量决策的多寡头网络最优结构分析^①

单海燕^{1,2}, 王文平²

(1 南京信息工程大学经济管理学院, 南京 210044 2 东南大学经济管理学院, 南京 210096)

摘要: 基于网络结构对企业行为的影响, 各企业往往会根据在网络中所处的位置并按照自身利益最大化的原则进行产量决策. 列举了在网络规模较小时, 不同网络结构下企业的产量决策及整个组织的现期利润; 当网络规模较大时, 利用遗传算法对目标空间进行随机优化搜索到最优网络结构. 仿真的结果表明: 在寡头垄断市场上网络结构对各厂商及整个组织的现期利润起着关键性作用, 存在使得各厂商现期利润之和最大的最优结构; 最优网络是双向的, 信息成本的增加与关系利润的降低会导致网络密度、网络平均出度降低, 并且当关系利润较低时, 最优网络的现期利润随着网络规模的增加而减少. 最后, 分析了相关研究结果在我国钢铁行业上的应用.

关键词: 网络结构; 信息成本; 关系成本; 关系收益; 现期利润

中图分类号: F270.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2010)05-0033-11

0 引言

寡头垄断市场在社会经济生活中处于十分重要的位置, 如飞机、石油、钢铁、汽车制造等都属于寡头垄断行业^[1]. 在寡头垄断市场上, 少数几个厂商生产行业中的绝大部分产量, 每个厂商的行为都会对市场产生举足轻重的影响. 因而, 市场中的厂商必须在考虑其它厂商行为策略的基础上来制定自己的产量决策.

最早研究寡头垄断竞争并且做出巨大贡献的首推法国经济学家 Cournot 早在 1838 年, 他对寡头垄断的一种极端形式——双头垄断作了分析研究^[2], 现在它已成为分析寡占竞争市场中各厂商生产行为的典型模型之一. 而在现实的经济活动中, 普遍存在的是多个厂商共同占有市场的情形, 经典的古诺模型正在进行不断地修正和发展, 如从有限理性^[3]、产品差异化^[4-5]、决策延滞^[6]等角度.

现实中, 许多领域都已存在网络现象与网络

问题^[7-9], 用网络来研究现实中的各类系统, 已成为研究的热点, 这也为分析多寡头产量决策提供了一个全新的视角. 管理学界已普遍认为网络化是企业未来发展的必然趋势, 构建关系网络具有积极的作用^[10-11]. 企业间的关系网络在相互补充和加强生产知识的基础上可以作为一种降低成本、风险和与生产技术相关联的不确定性的手段^[12-13]. 因此, 寡头垄断市场中的各寡头企业间会建立一定的联系或存在某种关系, 也就是说各寡头企业也是处在一定的网络结构中. 那么, 企业间形成的网络结构对寡头产量决策会产生怎样的影响? 对整个组织来说, 是否存在最优的网络结构? 如果具有最优的网络结构, 那么最优网络具有怎样的结构特征?

文献 [14] 和 [15] 分析了寡头网络达到稳定状态的条件. Goyal^[14] 首次探讨了企业间合作网络对寡头产量决策的影响, 研究表明当企业进行古诺产量决策时, 若连接成本较小时, 则完全网络

① 收稿日期: 2008-01-10; 修订日期: 2009-08-31.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70571013); 新世纪优秀人才支持计划资助项目 (NCET-06-0471).

作者简介: 单海燕 (1981-), 女, 江苏盐城人, 博士生. Email: shanhaiyan_1981@126.com.

是唯一的稳定网络;若连接成本较大时,不同规模的占优群网络构成了稳定网络. B illand^[15]研究了企业间非合作网络与寡头市场的关系,结果表明:企业采取不同形式的竞争以及不同的连接成本将导致稳定网络表现出不同的特征. Huck^[16]分析了寡头间达成共谋关系的条件,以寡头的总数介于2~5之间为例,得到了当寡头总数相对较少时,寡头间容易形成共谋;当寡头总数相对较多时,寡头间不易形成共谋的结论.文献[14]和[15]均认为寡头间合作或非合作关系,是作为一种降低生产成本的手段,最终才影响了各寡头的均衡产量.但在现实市场中,寡头间更多的是关注竞争对手的产量决策,以及能否达成共谋.文献[16]在分析寡头间是形成竞争关系或共谋关系时,并未考虑各寡头获取信息的成本且仅以寡头总数不超过5时为例,因此其结论不具有说服力.而且现有研究并未提炼出寡头网络对应的一些结构特征,如网络密度、出度等,以及均未有考虑寡头间的关系网络在未来时间里的收益或成本,是否会影响寡头网络结构的构建.

通过提取信息成本、关系成本、关系收益、贴现率等变量,试图克服现有相关文献的缺陷,研究网络结构对寡头产量决策的影响,探索是否存在最优的网络结构,以及最优网络具有的一些结构特征.

1 多寡头网络产量决策模型

1.1 模型及假设

文中用有向图 G 代表寡头垄断市场的网络结构,节点 n_i 代表寡头垄断市场中的某厂商 i 现做如下假设:

1) 寡头垄断市场在一段时间内已达到稳定状态,即各厂商均按照纳什均衡产量进行生产,假设从现期开始各厂商均按照各自所处的网络位置进行产量决策;

2) 若节点 n_i 的出度为 0 表示厂商 i 未关注任

何厂商的产量,其仍将按照纳什均衡产量进行生产;

3) 若节点 n_i 的出度不为 0 不妨假设存在从节点 n_i 到节点 n_j 的一条有向边 (n_i, n_j) ,即表示厂商 i “看见”厂商 j ;即厂商 i 关注了厂商 j 的产量;

4) 若不仅存在从 i 到 j 的一条有向边,也存在从 j 到 i 的有向边,表示厂商 i 与厂商 j 之间建立了共谋关系.

寡头间的网络结构会产生两方面的成本——信息成本及关系成本.多寡头垄断市场上必然会存在着部分企业关注周边企业的生产动向,而这些信息的获得是需要付出代价的,那么这部分企业相应地就要付出一定的成本,这里我们称为信息成本;建立了共谋关系的企业间形成了关系网络,关系网络需要支付一定的成本,如建立和维系所需要的经济成本、时间成本、精力成本和心理意义上的成本,有时还会产生负面作用如放弃其他伙伴关系所产生的机会成本.

同时寡头间的网络结构也会带来两方面收益.每个企业能够更好地根据所处的网络位置,获取相应的信息,按照自身最大化利益的原则进行生产;另一方面,建立了共谋关系的企业间形成的关系网络,除了需要支付一定的成本外同时也能带来丰厚的收益,如有助于增进网络个体间的了解和信任,并在此基础上促进信息交流、知识交换和资源共享,提高自身的竞争优势.

现假定寡头垄断市场上有 n 个生产厂商,产量分别为 q_1, q_2, \dots, q_n , 市场总产量为 $Q = \sum_{i=1}^n q_i$,

假设 n 个厂商的生产都没有固定成本,并假设 n 个厂商的边际成本为常数 c 市场出清价格由线性需求函数 $P(Q) = a - bQ$ 所确定,其中 P 和 Q 分别为产品的价格和产量, a 和 b 均为正常量,记市场容量为 d , 则 $d = a/b$

厂商 i 现期利润函数为^②

$$\pi_i(q_1, q_2, \dots, q_n) = q_i P(Q) - \alpha_i q_i - \alpha_i \cdot \frac{A}{1+r} - \beta_i \cdot \frac{R_c - R_b}{r}, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

② 式(1)右端第3项是将厂商 i 在下一时刻的信息成本 A 转化到现期的成本上,即下一时刻花费的信息成本 A 转化到当前时刻即为 $\frac{A}{1+r}$;

式(1)右端最后一项将厂商 i 未来的关系成本、关系收益转化到对应的现期上来,即 $\sum_{j=1}^{\infty} \beta_i \cdot \frac{R_c - R_b}{(1+r)^j} = \beta_i \cdot \frac{R_c - R_b}{r}$.

这里, α_i 表示节点 n_i 的出度, 即厂商 i 关注的企业数, β_i 表示与厂商 i 共谋的企业数, r 为贴现率, A 表示信息成本, R_c 表示关系成本, R_b 表示关系收益, $R_b - R_c$ 也可称为关系利润。

因此, 对于一个给定的网络结构 G , 该结构下整个组织的现期利润定义为

$$\begin{aligned} \pi_G &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \pi_i(q_1, q_2, \dots, q_n) \\ &= \frac{1}{n} (QP(Q) - cQ - \frac{A}{1+r} \sum_{i=1}^n \alpha_i - \\ &\quad \frac{R_c - R_b}{r} \sum_{i=1}^n \beta_i) \end{aligned} \quad (2)$$

1.2 两 (三) 寡头垄断时最优网络结构

当网络规模 n 较小时, 很容易计算出各种不同的非同构结构下的现期利润。例如, 当 $n = 2$ 时, 节点与节点之间存在三种连接方式, 如图 1 所示。



图 1 $n = 2$ 时 3 种非同构网络结构^③

Fig 1 The three non isomorphic organization sw with $n = 2$

结构 i 中两节点之间没有连接, 表示两企业之间没有建立共谋关系且未关注其他企业的产量, 那么两企业均按照纳什均衡产量进行生产, 即

$$q_1 = q_2 = \frac{a-c}{3b},$$

用 π_1^2 表示结构 i 的利润, 其中上标表示网络规模, 下标表示网络结构标号。根据 (2) 式, π_1^2 可表示为

$$\begin{aligned} \pi_1^2 &= \frac{1}{2} \left[\frac{2(a-c)}{3b} \cdot (a-b \cdot \frac{2(a-c)}{3b}) - \right. \\ &\quad \left. c \cdot \frac{2(a-c)}{3b} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

结构 ii 中, 存在节点 1 指向节点 2 的有向边, 即厂商 1 关注了厂商 2 的产量, 厂商 2 按照纳什均衡产量进行生产, 厂商 1 由于知道了厂商 2 的产量, 那么在下一阶段厂商 1 就按照自身利益最大化的原则进行生产, 由于该网络规模仅为 2, 厂商 1 虽按照自身利益最大化的原则进行生产, 但其产量仍等于纳什均衡产量, 这时利润表示为

$$\pi_2^2 = \frac{1}{2} \left[\frac{2(a-c)}{3b} \cdot (a-b \cdot \frac{2(a-c)}{3b}) - \right.$$

$$\left. c \cdot \frac{2(a-c)}{3b} - \frac{A}{1+r} \right] \quad (4)$$

结构 iii 中, 两节点之间互相建立连接, 表示两企业建立共谋关系均按照垄断产量进行生产,

即 $q_1 = q_2 = \frac{a-c}{4b}$, 该结构下的利润为

$$\begin{aligned} \pi_3^2 &= \frac{1}{2} \left[\frac{2(a-c)}{4b} \cdot (a-b \cdot \frac{2(a-c)}{4b}) - \right. \\ &\quad \left. c \cdot \frac{2(a-c)}{4b} - \frac{2A}{1+r} - \frac{2(R_c - R_b)}{r} \right] \end{aligned} \quad (5)$$

比较式 (3) 与式 (4) 右端, 易见 $\pi_1^2 > \pi_2^2$; 将式 (3) 与式 (5) 左右两边相减, 有

$$\pi_1^2 - \pi_3^2 = - \frac{(a-c)^2}{72b} + \frac{A}{1+r} + \frac{R_c - R_b}{r} \quad (6)$$

易见, $\pi_1^2 - \pi_3^2$ 的符号随着不同参数组合 (a, b, c, r, A, R_c, R_b) 的变化而变化。

表 1 给出了网络规模为 3 时, 16 种非同构网络结构及每个寡头的产量决策、出度及共谋企业个数。

根据式 (2), 在任意参数组合下仅可以判断出 $\pi_1^3 \geq \pi_2^3 \geq \pi_3^3 = \pi_4^3 = \pi_5^3 \geq \pi_7^3 = \pi_8^3$, 同时 $\pi_{11}^3 \geq \pi_{15}^3$, 其中上标表示网络规模, 下标表示网络结构的编号。通常情况下信息成本 A 为正数, 故上不等式为严格不等式, 其他情形下的网络结构的优劣情况取决于不同参数组合 (a, b, c, r, A, R_c, R_b)。仍以完全不合作和完全合作两种情形为例, 完全不合作情形下的利润为

$$\begin{aligned} \pi_1^3 &= \frac{1}{3} \left[\frac{3(a-c)}{4b} \cdot (a-b \cdot \frac{3(a-c)}{4b}) - \right. \\ &\quad \left. c \cdot \frac{3(a-c)}{4b} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

完全合作情形下的利润为

$$\begin{aligned} \pi_{16}^3 &= \frac{1}{3} \left[\frac{a-c}{2b} \cdot (a-b \cdot \frac{a-c}{2b}) - \right. \\ &\quad \left. c \cdot \frac{a-c}{2b} - \frac{6A}{1+r} - \frac{6(R_c - R_b)}{r} \right] \end{aligned} \quad (8)$$

将式 (7)、式 (8) 两式左右相减, 有

$$\pi_1^3 - \pi_{16}^3 = - \frac{(a-c)^2}{48b} + \frac{2A}{1+r} + \frac{2(R_c - R_b)}{r} \quad (9)$$

表 1 $n = 3$ 时 16 种非同构网络结构下的产量决策、出度及共谋企业数^④

Table 1 The 16 nonisomorphic organizations' output decision, out degree and the number of colluded enterprises with $n = 3$

Org · Num	Structure	q_i, α_i, β_i
1		$q_i = \frac{a-c}{4b}, \alpha_i = 0, \beta_i = 0, i = 1, 2, 3$
2		$q_i = \frac{a-c}{4b}, \alpha_1 = 0, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 0, \beta_i = 0, i = 1, 2, 3$
3		$q_i = \frac{a-c}{4b}, \alpha_1 = 0, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 1, \beta_i = 0, i = 1, 2, 3$
4		$q_i = \frac{a-c}{4b}, \alpha_1 = 1, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 0, \beta_i = 0, i = 1, 2, 3$
5		$q_i = \frac{a-c}{4b}, \alpha_1 = 0, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 0, \beta_i = 0, i = 1, 2, 3$
6		$q_1 = q_2 = \frac{3(a-c)}{16b}, q_3 = \frac{a-c}{4b}, \alpha_1 = \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 0, \beta_1 = \beta_2 = 1, \beta_3 = 0$
7		$q_i = \frac{a-c}{4b}, \alpha_i = 0, \beta_i = 0, i = 1, 2, 3$
8		$q_i = \frac{a-c}{4b}, \alpha_1 = 2, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 0, \beta_i = 0, i = 1, 2, 3$
9		$q_1 = q_2 = \frac{3(a-c)}{16b}, q_3 = \frac{a-c}{4b}, \alpha_1 = 1, \alpha_2 = 2, \alpha_3 = 0, \beta_1 = \beta_2 = 1, \beta_3 = 0$
10		$q_1 = q_2 = \frac{3(a-c)}{16b}, q_3 = \frac{9(a-c)}{32b}, \alpha_i = 1, \beta_1 = \beta_2 = 1, \beta_3 = 0, i = 1, 2, 3$
11		$q_i = \frac{a-c}{6b}, \alpha_1 = 1, \alpha_2 = 2, \alpha_3 = 1, \beta_1 = \beta_3 = 1, \beta_2 = 2, i = 1, 2, 3$
12		$q_1 = q_2 = \frac{3(a-c)}{16b}, q_3 = \frac{a-c}{4b}, \alpha_1 = \alpha_2 = 2, \alpha_3 = 0, \beta_1 = \beta_2 = 1, \beta_3 = 0$
13		$q_1 = q_2 = \frac{3(a-c)}{16b}, q_3 = \frac{15(a-c)}{16b}, \alpha_1 = \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 2, \beta_1 = \beta_2 = 1, \beta_3 = 0$
14		$q_1 = q_2 = \frac{3(a-c)}{16b}, q_3 = \frac{9(a-c)}{32b}, \alpha_1 = 2, \alpha_2 = \alpha_3 = 1, \beta_1 = \beta_2 = 1, \beta_3 = 0$
15		$q_i = \frac{a-c}{6b}, \alpha_1 = \alpha_2 = 2, \alpha_3 = 1, \beta_1 = \beta_3 = 1, \beta_2 = 2, i = 1, 2, 3$
16		$q_i = \frac{a-c}{6b}, \alpha_i = 2, \beta_i = 2, i = 1, 2, 3$

④ 上边节点表示节点 1, 下边左节点表示节点 2, 下边右节点表示节点 3.

$$\text{即若 } -\frac{(a-c)^2}{48b} + \frac{2A}{1+r} + \frac{2(R_c - R_b)}{r} \geq 0$$

时, 完全不合作情形下的现期利润不小于完全合作时。

因此, 当网络规模较小时, 即使在任意参数下某些网络结构优于一些情形, 但并不存在对所有参数组合均为最优的网络结构。

注: 当 $A = 0, R_c - R_b = 0$ 时, $\pi_2^2 \leq \pi_3^2, \pi_1^3 \leq \pi_{16}^3$, 即完全合作情形下的利润不小于完全不合作情形, 这就是通常在不考虑信息成本与关系利润 (或看作关系成本与关系收益相抵消) 下分析寡头垄断市场时, 所得到的寡头合作下整个组织的利润不低于非合作情形。

1.3 多寡头垄断时最优网络结构

当网络规模较大时, 不可能列出所有结构下的利润, 因为非同构有向图的数量随着网络规模的增加而迅速增加: 当网络规模 $n = 4$ 时, 有 218 种; 当 $n = 8$ 时, 有 1 793 359 192 848 种结构^[17]。

采用社会网络中的邻接矩阵表示各网络结构, 这里利用改进的遗传算法对目标空间进行随机优化搜索, 对群体反复进行基于遗传学的操作 (选择、交叉和变异) 搜索出最优的网络结构^[18]。

邻接矩阵中行和列都代表完全相同的社会行动者, 并且行和列排列的顺序都相同, 矩阵中行位置的行动者是某种特定关系的发送者, 列位置的行动者通常是某种特定关系的接收者, 矩阵中的元素是二值的, 代表行动者之间是否存在某种关系, 这样的矩阵 X 记做

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{pmatrix}$$

其中, $x_{ij} = \begin{cases} 0 & (i = j) \\ 0 \text{ 或 } 1 & (i \neq j) \end{cases}$ 。文中这些行动者代表了各厂商、行动者间存在着两种关系, 一是获取信息, 二是建立共谋: 若厂商 i 关注着厂商 j 的产

量, 那么 $x_{ij} = 1$ 否则为 0 若厂商 i 与厂商 j 建立共谋关系, 则 $x_{ij} = 1$ 且 $x_{ji} = 1$

厂商 i 所关注的企业数 (节点 n_i 的出度) 可以表示为 $\alpha_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}$ 与厂商 i 共谋企业的集合记做 B_i , 即 $B_i = \{j \mid x_{ij} = x_{ji} = 1, 1 \leq j \leq n\}$, 与厂商 i 共谋企业个数 β_i 可以表示为 $\beta_i = \sum_{j=1}^n \lfloor \frac{x_{ij} + x_{ji}}{2} \rfloor$ 或 $\beta_i = |B_i|$, 其中 $\lfloor x \rfloor$ 表示对 x 取整^⑤, $|B|$ 表示集合 B 的基数。

按照如下规则进行产量决策:

1) 若厂商 i 的出度 $\alpha_i = 0$ 那么厂商 i 将按照纳什均衡产量进行生产, 即 $q_i = \frac{a-c}{(n+1)b}$

2) 若对所有的 $i \in [1, n]$, 共谋企业个数 $\beta_i = 0$ 也就是说即使市场上的寡头关注同行的产量但任何两厂商间没有达成共谋, 那么所有厂商仍按照纳什均衡产量生产, 即均为 $\frac{a-c}{(n+1)b}$

3) 若在网络中存在一条回路, 不妨设存在厂商 i_1, \dots, i_k , 使得 $x_{i_1 i_2} = \dots = x_{i_{k-1} i_k} = x_{i_k i_1} = 1$: 如果 $\bigcup_{j \in [1, k]} B_{i_j} = \emptyset$ 也就是说处在回路上的各厂商相互间只是关注但并未达成共谋, 那么回路中的厂商产量是相等的, 即 $q_{i_1} = q_{i_2} = \dots = q_{i_k} = \frac{a-c}{(n+1)b}$ 。如果 $\bigcup_{j \in [1, k]} B_{i_j} = [1, n]$, 那么网络中全部厂商将按照垄断产量进行生产 $q_{i_1} = q_{i_2} = \dots = q_{i_k} = \frac{a-c}{2nb}$;

4) 若厂商 i 的出度 $\alpha_i = m (m \neq 0)$, 且与其共谋企业的个数 $\beta_i \neq 0$ 那么厂商 i 的产量 $q_i = \frac{(l+1)(a-c)}{2bl(n+1)}$ ^⑥, 其中 $l = \bigcup_{j \in B_i} B_j$ 且对 $\bigcup_{j \in B_i} B_j$ 集合中的任意厂商, 其产量与厂商 i 的产量 q_i 相等 (并不是指对网络中所有厂商的产量都相等)。特别地, 当 $l = n$ 时, 即 3) 中 $\bigcup_{j \in [1, k]} B_{i_j} = [1, n]$ 情形

⑤ 这里的取整函数定义为 $\lfloor x \rfloor = \begin{cases} N-1, & \text{如果 } N-1 \leq x < N \\ N, & \text{其它} \end{cases}$, 其中 N 为一整数。

⑥ 因为对 $\bigcup_{j \in B_i} B_j$ 集合中的任意厂商, 其产量与厂商 i 的产量 q_i 相等, 且集合 $\bigcup_{j \in B_i} B_j$ 内的厂商认为集合外的 $n-l$ 个厂商仍将按照纳什均衡产

量进行生产。因此, 厂商 i 的利润为 $\pi_i = q_i(a - b(lq_i + (n-l)q_{nash})) - aq_i - \frac{A}{1+r}\alpha_i - \frac{R_c - R_b}{r}\beta_i$, 令 $\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} = 0$ 解得 q_i

为该规则下的一种特殊情况;

5) 若厂商 i 的出度 $\alpha_i = m (m \neq 0)$, 但与任何企业均不存在共谋关系即 $\beta_i = 0$ 那么该厂商

的产量为 $q_i = \frac{a-c}{2b} - \frac{x}{2}$, 其中 $X = \frac{a-c}{(n+1)b}$.

$(n-m-1) + q_{i1} + \dots + q_{im}$; q_{i1}, \dots, q_{im} 分别为厂商 i 所关注到的 m 个企业的产量.

说明: ① 在程序实际执行过程中, 1) - 3) 先于 4) - 5), 且它们之间是互不矛盾的; ② 4)、5) 两点是根据在寡头垄断市场上, 寡头通过考虑其他寡头的产量来确定自身的产量, 且是以利益最大化为目的进行产量决策的.

2 模型分析

2.1 最优网络结构随 A, R_c, R_b 变化情况

以网络规模为 16 时为例, 分析最优网络结构随信息成本、关系成本及关系收益变化情况. 初始种群数、迭代次数、代沟分别为 20 400 0 9 贴现率为 0.05 边际成本为 10 市场出清价格 $P(Q) = 500 - 10Q$, 其中 Q 为产量. 选择两组数据: $A, R_c - R_b$ 分别为 100(220)、-100(-10) 时, 经过 400 次迭代 (搜索) 目标函数和种群均值^⑧ 的变化如图 2 图 3 所示, 最终所得的最优网络结构对应的邻接矩阵分别为

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

易见两矩阵均为对称阵, 图 4-图 5 为经过 400 次迭代后利用 UCNET^[19] 做出的最优网络结构图. 表 2 比较了在不同信息成本、关系成本、关系收益下的最优网络结构的一些结构特征, 边际成本、市场出清价格、贴现率、网络规模均同上.

表 2 中计算的网络密度是指网络中实际存在的关注企业数与被关注企业数的总和占可能存在的关注与被关注企业数量的比值, 即

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x(i,j)}{N(N-1)}$$

其中, N 表示网络规模.

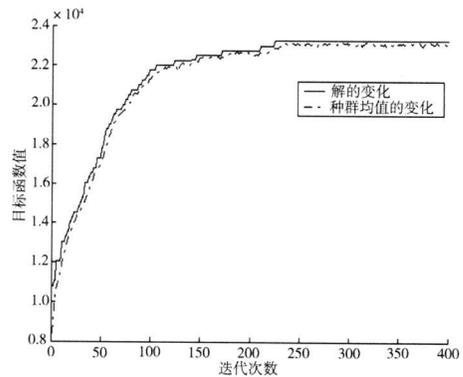


图 2 $A = 100 R_c - R_b = -50$ 时目标函数和种群均值的变化
Fig 2 The variance of objective target and the average of populations with $A = 100 R_c - R_b = -50$

⑦ 厂商 i 的利润为 $\pi_i = q_i(a-b)(q_i + q_{i1} + \dots + q_{im} + (n-m-1)q_{iash}) - cq_i - \frac{A}{1+r}\alpha_i$ 令 $\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} = 0$ 可解得 q_i .

⑧ 目标函数是指寡头网络在多种结构下期利润的最大值; 种群均值是指寡头网络在多种结构下期利润的平均.

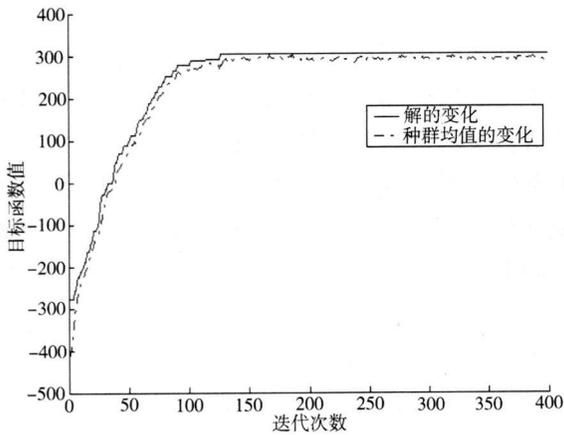


图 3 $A = 220, R_c - R_b = -10$ 时目标函数和种群均值的变化
Fig. 3 The variance of objective target and the average of populations with $A = 220, R_c - R_b = -10$

从图 2 图 3 可以发现, 在迭代的初始阶段, 种群均值和目标函数 (寡头网络在多种结构下现期利润的均值与最值) 存在明显的偏离, 但随着迭代次数的增加, 目标函数和种群均值表现为非常接近, 最终种群将搜索出最优的网络结构, 且当信息成本相对较高, 而关系利润 (关系收益减去关系成本) 相对较低时, 会以更快的速度搜索出最优的网络结构. 也就是说, 在多寡头网络中, 在较高的信息成本与较低的关系利润条件下, 多寡头最优网络结构可以更快地形成.

从图 4 图 5 易见, 最优网络结构是双向结构, 即各企业关注的企业数目与达成共谋数目是相等的, 且当信息成本相对较低, 而关系利润 (关系收益减去关系成本) 相对较高时, 网络连接较紧密.

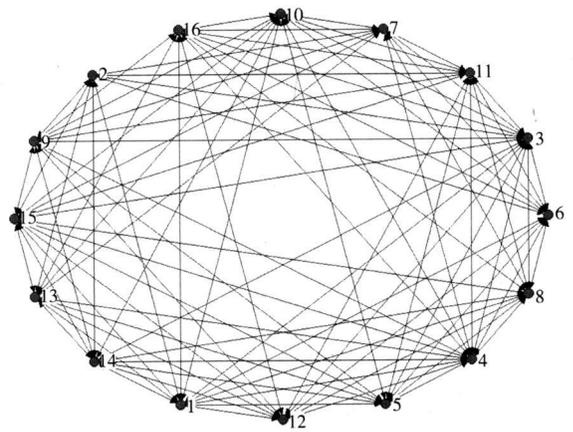


图 4 $A = 100, R_c - R_b = -50$ 时最优网络结构图
Fig. 4 The figure of optimal network structure with $A = 100, R_c - R_b = -50$

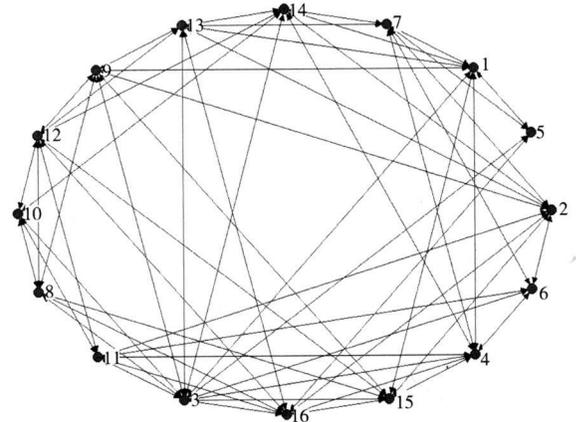


图 5 $A = 220, R_c - R_b = -10$ 时最优网络结构图
Fig. 5 The figure of optimal network structure with $A = 220, R_c - R_b = -10$

表 2 最优网络结构随信息成本、关系成本、关系收益变化情况

Table 2 The variance of the optimal network structure along with the variance of information cost, relationship cost and relationship benefit

参数	结果		
	网络密度	平均出度 (关注企业数)	平均共谋企业数
$A = 100, R_b - R_c = 80$	0.959 6	14.94	14.94
$A = 500, R_b - R_c = 80$	0.935 4	14.03	14.03
$A = 100, R_b - R_c = 10$	0.502 2	7.533	7.533
$A = 220, R_b - R_c = 10$	0.491 7	7.375	7.375

表 2 定量地说明了多寡头最优网络下的一些结构特征. 从表 2 中不难看出, 相对信息成本的增加, 关系利润的降低会导致网络密度、网络平均出度以及共谋企业数降低的幅度更快些. 这是因为, 这两参数影响寡头网络现期利润的程度是不一样的.

关系利润反映的是关系网络中成员在未来时间内能给共谋群体带来多少好处, 而信息成本仅反映了企业在下一阶段获取信息的成本. 从表 2 计算得到的节点的平均出度与平均共谋企业数相等, 也可以说明最优结构为双向的.

这里需要说明的是, 本节得到的关于最优网络结构随 A, R_c, R_b 变化的结论, 是建立在对多组数据进行仿真的基础上, 选取了具有代表性的数据进行了比较说明。

2.2 最优网络现期利润随网络规模的变化情况

本节分析寡头网络在最优网络结构下的现期利润随网络规模的变化情况, 图 6 中给出的三条曲线, 其中第一、二条曲线对应着左 Y 轴, 第三条曲线对应着右 Y 轴, 信息成本、关系利润分别为 100(500, 220) 和 100(100, 10), 边际成本、市场出清价格、贴现率均同上。从曲线趋势来看, 曲线 1 和曲线 2 对应的最优结构下的网络现期利润随着网络规模的增加呈递增趋势, 而曲线 3 随着网络规模的增加呈递减趋势。我们发现, 曲线 1 和曲线 2 相对于曲线 3 具有较高的关系利润, 虽然曲线 3 的信息成本低于曲线 2。

根据 2.1 节的分析, 可知关系利润比信息成本影响网络连接程度的作用更大, 关系利润较大时, 寡头间连接越紧密, 因此, 相对来说, 节点个数越多给整个网络带来的利润就更多些。但如果关系利润较小时, 即使网络成员获取信息的成本相对较低, 随着网络规模的增加, 整个网络的现期利润反而会降低。即关系利润较低时, 最优网络的现期利润随网络规模的增加而减少, 而关系利润较高时, 趋势则相反。

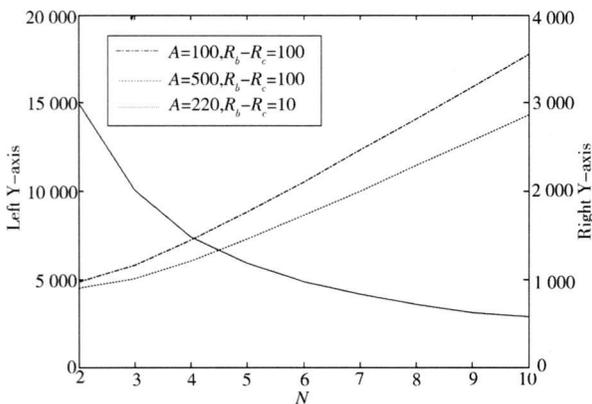


图 6 最优网络现期利润随网络规模的变化

Fig 6 The figure of the present profit of the optimal network with the variance of network size

2.3 寡头网络现期利润与 r, A, R_c, R_b 之间的相关性

以 $A = 100, R_c - R_b = -50$ 所得到的最优网络

结构为例, 首先分析寡头处于该结构下现期利润随贴现率的变化情况。图 7 中给出了两条曲线, 曲线 1 中的信息成本为 100 关系利润 50 左 y 轴对应着寡头网络的现期利润, 曲线 2 中的信息成本为 300 关系利润 5 右 y 轴对应着寡头网络此时的现期利润, 两种情形下的边际成本、市场出清价格均同上。

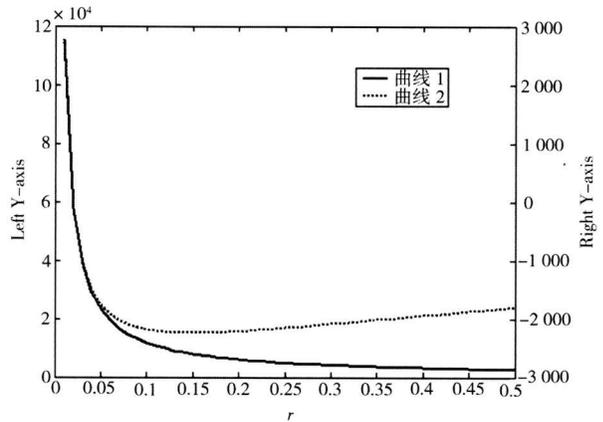


图 7 寡头网络现期利润随贴现率的变化情况

Fig 7 The figure of present profit of the oligopoly network with the variance of discount rate

从图 7 中易见, 该结构下寡头网络的现期利润并不是随着贴现率的变化呈明显的单调趋势, 曲线 1 单调递减, 而当贴现率大于 0.05 时, 曲线 2 呈缓慢单调递增趋势, 也就是说寡头网络现期利润与贴现率之间并不是简单的正相关或者负相关。根据寡头网络的现期利润定义, 不难发现寡头网络现期利润随贴现率的变化情况需取决于信息成本、关系成本、关系收益、每个节点的出度、共谋企业数, 其中关系成本与关系收益对其影响程度更大些。

图 7 也可以说明, 当贴现率很低 ($r < 0.05$) 时, 寡头网络现期利润相对是很高的, 这是因为贴现率很低时, 寡头在下一阶段只需要支付稍多的信息成本, 而在未来时间里寡头可以从合作对象中获得更多的关系利润。但随着贴现率的增加, 寡头在未来时间里从合作对象中获得关系利润将快速减少, 即使寡头在下一阶段需要支付的信息成本也在减少。

从式 (2) 易看出, 寡头网络现期利润与信息成本、关系成本是负相关, 与关系收益正相关, 也即与关系利润正相关。

3 仿真结论及其分析应用

通过对上述模型仿真分析可得到如下结论:

① 如果寡头们根据各自在网络中所处的位置并按照自身利益最大化的原则进行产量决策, 那么寡头网络存在最优的网络结构, 即各寡头处在该网络下能最大化寡头网络的现期利润。

② 多寡头最优网络具有双向结构, 即每个企业关注的竞争对手数目与达成共谋的企业数目相等; 当信息成本较低以及关系利润较高时, 最优网络连接比较稠密, 反之网络连接比较稀疏, 并且关系利润对网络连接程度的作用更大; 寡头间关系利润较高时, 网络成员的增加将使寡头网络的现期利润得以提高; 而当寡头间关系利润较低时, 即使信息成本亦较低, 网络成员的增加将导致最优网络下寡头网络的现期利润降低。

③ 贴现率存在阈值 r^* , 当贴现率低于 r^* 时, 寡头网络的现期利润随着贴现率的增加而迅速降低; 当贴现率高于 r^* 时, 如果寡头间关系利润较高, 寡头网络的现期利润将随着贴现率的增加缓慢降低, 而关系利润较低时, 寡头网络的现期利润随着贴现率的增加而缓慢增加。

我国经济目前正处于工业化快速发展的阶段, 很多行业中存在着多寡头网络的现象, 如何提高寡头网络运行的绩效对于整个产业、地区和国家竞争力均具有重要的意义。从网络优化、关系构建的角度说明如何提高寡头网络的运行绩效, 相关研究结果可供多寡头行业借鉴。以下以我国钢铁行业为例, 说明研究结果所具有的应用价值。

目前我国钢铁企业仅停留在关注同行企业的产量上, 通过调研 2008 年我国粗钢产量前十名的钢铁企业间的互动关系, 发现存在如图 8 所示的网络结构关系。这些钢铁企业间存在着若干关注关系, 如选择关注规模较大的或地理位置较接近的或产品结构相似的企业, 但是企业间尚未形成联系更加紧密的互动关系。

我国已是世界钢铁生产大国, 钢产量连续多年居世界第一, 但世界钢铁生产大国并没有成为钢铁生产强国, 在全球钢铁产业格局中没有话语权^[20]。2008 年, 我国粗钢产量达到 5 亿吨, 同比上升 1.1%, 占全球产量的近 40%^⑨。然而, 2008 年我国 71 家大中型钢铁企业实现利润 846.38 亿元, 同比下降 43.32%, 其中 15 家企业亏损, 亏损比例 21.13%, 亏损企业亏损额达 84.64 亿元。造成这一现象除了金融危机的原因外, 还有我国钢铁行业产业集中度低, 企业规模小而且分散, 并且存在无序竞争。具体表现为:

1) 2008 年, 粗钢产量最多的 10 家钢铁企业合计生产粗钢 21 273.59 万吨, 占粗钢总量的比重仅为 42.5%, 产业集中度远远低于发达国家的水平。

2) 钢铁行业产能过剩和盲目投资, 大部分企业出于“做大做强”的想法以及钢铁行业对税收的贡献较大, 地方政府从本地利益出发, 往往会扩大地方钢铁行业的生产能力, 不会真正重视产能过剩问题。

通过上面对我国钢铁行业现状的分析, 结合本文的研究, 现提出如下建议:

1) 我国钢铁企业间应该形成双向的网络结构, 应该在产量上互相之间达成一定程度的“默契”, 如与相关企业间建立共谋关系, 约定产量, 而不该仅仅停留在关注同行产量上, 表现为“你追我赶”的状态。

2) 我国钢铁行业网络规模的增加将导致整个钢铁行业利润的降低, 然而当前我国大大小小的钢铁企业就已有 1 400 多家, 因此, 我国钢铁行业网络规模应该大幅减少, 并且在钢铁网络中应形成“大节点”, 即这些企业应具有规模效应的特征, 这样才能提高我国钢铁行业的产业集中度, 可以通过兼并重组、加大淘汰高污染高耗能企业的力度、提高行业准入门槛等途径实现。

3) 政府可以通过改变货币政策, 如降低贴现率来调节货币供给量和利息率, 以达到提高整个钢铁行业现期利润的目的。

⑨ 数据来源: 中国钢铁工业协会网。

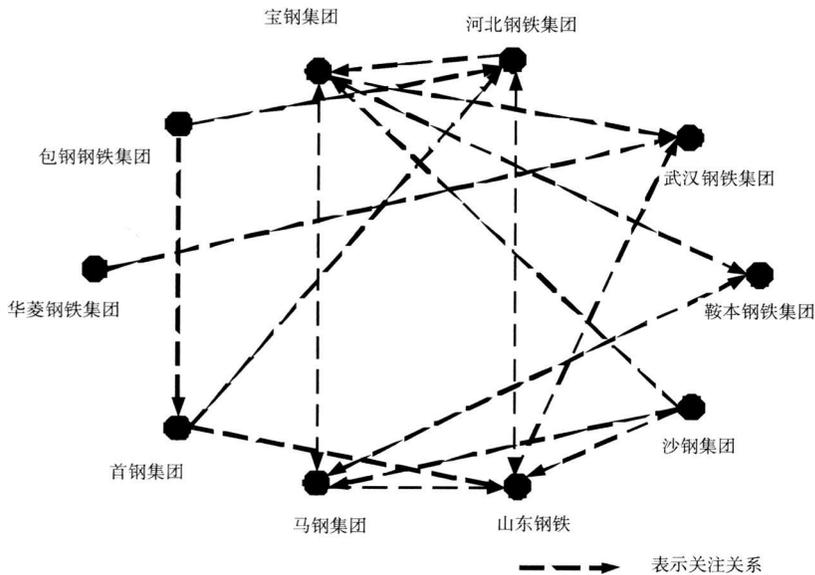


图 8 粗钢产量前十名的钢铁企业网络结构图

Fig 8 The figure of the network structure of the Top Ten enterprises in crude steel production

4 结束语

构造了多寡头网络中企业的产量决策模型,研究了网络结构对企业行为的影响,分析了最优网络的结构特征,最后考虑了相关参数对寡头网络现期利润的作用.克服了现有相关研究的缺陷,旨在更好地反映一些更广泛的实际情形,给企业

进行产量决策,以及如何构建关系网络提供了一种方法.

然而,建立的多寡头网络产量决策模型相对较简单,譬如没有考虑产品多样性、市场需求的变化、以及企业风险态度等,这些都是值得关注的研究问题,这些将在更进一步的研究中加以分析探讨并予以完善.

参考文献:

- [1] 彭运芳. 信息不对称情况下寡头市场决策的动态博弈[J]. 中国软科学, 2004, (5): 140-143
Peng Yun-fang. A dynamic game for asymmetric information based oligarch market decision[J]. China Soft Science, 2004 (5): 140-143. (in Chinese)
- [2] Cournot A. Researches into the Mathematical Principles of the Theory of Wealth[M]. New York: Macmillan Company, 1838
- [3] Agiza H N, Hegazi A S, Elsadany A A. The dynamics of Bowley's model with bounded rationality[J]. Chaos, Solitons & Fractals, 2001, 12(9): 1705-1717
- [4] Okuguchi K, Szidarovszky F. The Theory of Oligopoly with Multi-product Firms[M]. New York: Springer-Verlag, 1990
- [5] 姚洪心, 三品勉. 寡头市场条件下的产品差异化及关税效应研究[J]. 管理科学学报, 2007, 10(4): 16-23
Yao Hong-xin, Tsutomu Mishina. On the product differentiation and its effect to the tariff policy under oligopoly[J]. Journal of Management Sciences in China, 2007, 10(4): 16-23 (in Chinese)
- [6] Chiarella C, Szidarovszky F. Dynamic oligopolies without full information and with continuously distributed time lags[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2004, 54(4): 495-511
- [7] Watts D J, Strogatz S H. Collective dynamics of 'small-world' networks[J]. Nature, 1998, 393(6684): 440-442
- [8] Barabási A-L, Albert R. Emergence of scaling in random networks[J]. Science, 1999, 286(5439): 509-512
- [9] Newman M E J. The structure and function of complex networks[J]. SIAM Review, 2003, 45(2): 167-256

- [10] Wilkinson I, Young L. On cooperating firms' relations and networks[J]. *Journal of Business Research*, 2002, 55(2): 123–132.
- [11] Riccaboni M, Pammolli F. On firm growth in networks[J]. *Research Policy*, 2002, 31(8–9): 1405–1416.
- [12] Hendriks P. Why share knowledge? The influence of ICT on the motivation for knowledge sharing[J]. *Knowledge and Process Management*, 1999, 6(2): 91–100.
- [13] Uzzi B, Lancaster R. Relational embeddedness and learning: The case of bank loan managers and their clients[J]. *Management Science*, 2003, 49(4): 383–399.
- [14] Goyal S, Joshi S. Networks of collaboration in oligopoly[J]. *Games and Economic Behavior*, 2003, 43(1): 57–85.
- [15] Billand P, Bravard C. Non-cooperative networks in oligopolies[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2004, 22(5): 593–609.
- [16] Huck S, Normann H-T, Oechssler J. Two are few and four are many: Number effects in experimental oligopolies[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2004, 53(4): 435–446.
- [17] DeCaro S J, Dibble C, Amir-Atefi K. The importance of organizational structure for the adoption of innovations[J]. *Management Science*, 2000, 46(10): 1285–1299.
- [18] 雷英杰. MATLAB 遗传算法工具箱及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.
Lei Yingjie. Genetic Algorithm Toolbox Based on Matlab and Application[M]. Xi'an: Xidian University Press, 2004 (in Chinese).
- [19] 罗家德. 社会网分析讲义[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2005.
Luo Jiade. Social Network Analysis[M]. Beijing: Social Science Academic Press, 2005. (in Chinese).
- [20] 徐康宁, 韩剑. 中国钢铁产业的集中度、布局与结构优化研究——兼评 2005 年钢铁产业发展政策[J]. *中国工业经济*, 2006, (2): 37–44.
Xu Kangning, Han Jian. A study on the degree of concentration, layout and structure optimization of the Iron and Steel Industry in China. *China Industrial Economy*, 2006, (2): 37–44. (in Chinese).

Analysis of optimal structure based on output decision in oligopoly networks

SHAN Hai-yan^{1, 2}, WANG Wen-ping²

1. School of Economics and Management, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;

2. School of Economics and Management, Southeast University, Nanjing 210096, China

Abstract The impact of the network structure on the performance of enterprises which make decisions according to profit maximization and to their self positions in the network is analyzed. Each enterprise's output decision and the organization's present profit are enumerated when network scale is relatively small. Random optimization search and some operations based on genetics are used in the objective target in order to search the optimal structure when network scale is relatively large. The simulation results show that the network structure plays a key role in the profit of each enterprise and the total organization. There exists an optimal network such that the sum of each enterprises' profit is maximized and the optimal structure we derived is bilateral. With the increase in information cost and decrease in profit of the relationship, the network density and average out-degree of the network will decrease. The performance of the optimal network will decrease with the network size when the profit of relationship is relatively low. Finally, the applications of the relevant results in China Iron & Steel Industry are analyzed.

Keywords network structure, information cost, relationship cost, relationship benefit, present profit