

基于 K -核分析的中国啤酒品牌二分网络结构研究

宗 刚¹, 赵晓东^{1,2}

(1. 北京工业大学 经济与管理学院, 北京 100124; 2. 北京燕京啤酒集团公司, 北京 101300)

摘 要: 以中国啤酒品牌为研究对象, 构建了“市场-品牌”二分网络. 并以 K -核分析为研究方法, 分析中国啤酒品牌的竞争格局. 以此为基础, 通过修改网络构建去除地域因素, 得到中国啤酒品牌的竞争关系网. 研究证明, 一线城市多聚集大品牌, 同一地区的大、小品牌间的竞争最为激烈, 研究结果对品牌竞争格局的考察具有较好的适应性. 当前市场竞争状况激烈, 本文对啤酒企业洞察市场、调整发展战略、科学地进行决策具有重要意义.

关键词: 啤酒业; K -核分析; 拓补网络

中图分类号: F719

文献标志码: A

文章编号: 0254-0037(2013)06-0936-05

Construction of Boolean Bipartite Network for Chinese Beer Brands Based on K -Core Analysis

ZONG Gang¹, ZHAO Xiao-dong^{1,2}

(1. School of Economics and Management, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. Beijing Yanjing Brewery Group Corporation, Beijing 101300, China)

Abstract: This paper researches Chinese beer brands. The bipartite network of Chinese beer markets and brands is built up. By means of K -core analysis, the competitive condition of Chinese beer markets and brands is identified. Based on the network constructed above, the constructing rules are changed to work out the competition network of the brands. The result indicates that top brands lie in top cities. Competition between global and field brands is fierce while the competition between giant brands is much mild. This makes some influence for the beer industries to adjust the strategy and to make scientific decisions for future competition.

Key words: beer industry; K -core analysis; topology network

随着经济的日益发展和人民生活水平的不断提高, 啤酒在人民生活消费中的份额逐渐增加. 对新形势下中国啤酒业品牌与市场网络进行深入研究、分析, 促进啤酒消费成为扩大内需的新经济增长点, 从而实现中国 2020 年国民经济增长翻番的宏伟目标, 具有一定的现实意义. 中国啤酒行业正处在蓬勃发展的阶段, 产业集中化趋势明显, 啤酒品牌的区

域特征突出, 市场竞争激烈. 因此, 从市场与品牌的关系角度研究中国啤酒行业的竞争格局, 有助于政府和企业决策. 二分网络广泛存在于现实社会中, 是复杂网络的一种重要表现形式, 已经成为复杂网络的重要研究对象. 本文基于二分网络分析啤酒品牌与市场的关系, 得出中国啤酒市场竞争结构的特征.

收稿日期: 2013-01-04.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71261026); 北京市科技计划项目(D0305005040521).

作者简介: 宗 刚(1957—)男, 教授、博士生导师, 主要从事产业经济、区域经济方面的研究, E-mail: zonggang1957@sina.com.

1 复杂网络的相关特性

1.1 度分布

节点的度分布是网络的一个重要统计特性. 节点 i 的度 k_i 定义为与该节点连接的其他节点的数目. 网络中节点度的分布情况可用分布函数 $p(k)$ 来描述 $p(k)$ 表示的是一个随机选定的节点的度恰好为 k 的概率. 另外一种表示网络整体边与节点的连接关系公式为: $P_k = \sum_{k'=k}^{\infty} p(k')$. 如果度分布为幂律分布, 即 $P(k) \sim ck^{-\gamma}$ (c 为常数, γ 为无标度指数), 那么累积度分布函数符合幂指数为 $\gamma - 1$ 的幂律: $P_k \sim \sum_{k'=k}^{\infty} k'^{1-\gamma} \sim k^{-(\gamma-1)}$; 如果度分布为指数分布, 即 $P_k \sim e^{-k/k}$, 那么累积度分布函数也是指数型的, 且具有相同的指数: $P_k \sim \sum_{k'=k}^{\infty} e^{1-\gamma} \sim e^{-(\gamma-1)}$.

1.2 中心度

1) 度数中心度

点的度数中心度代表该点所具有的事件数, 事件的度数中心度代表该事件的所有行动者数. 这些量与行动者矩阵或者事件矩阵的对角线的值相等, 也等于隶属矩阵的列总和. 当一个点直接与其他许多点连接时, 则该点就具有比较高的度数中心度.

2) 接近中心度

对于单属性网络中的一个行动者, 该点与其他点的距离之和即为这一点的接近中心度. 对于隶属网络中的一个点来说, 距离之和除了包含该点与其他点的距离之和外, 还要加上这一点到所有事件的距离之和. 一个行动者 n_i 的接近中心度是其所属事件到其他事件以及行动者距离的一个函数:

$$C_c^{NM}(n_i) = \left[1 + \frac{\sum_{j=1}^{g+h} \min_d(l, j)}{g + h - 1} \right]^{-1}$$

式中: h 为事件数; g 为点数; l 事件与 i 点邻接.

二分网络中的事件 m_l 的接近中心度与行动者的接近中心度之间存在某种联系. 值得注意的是, 与中心点距离越远的行动者, 其接近中心度的值越大, 说明该点越不是网络的核心点.

3) 中间中心度

中间中心度关注的是一个行动者居于网络中间的程度. 在计算中间中心度的时候, 不能不考虑到所有捷径, 因此不能把网络中某点(行动者或事件)

的中间中心度表达为该点邻接的其他点的中间中心度的一个函数. 在二分网络中, 在每对行动者之间的联系路径中, 事件总是处于行动者之间的捷径上. 同理, 在各对事件之间的联系路径中, 行动者总是处于事件之间的捷径上.

2 啤酒品牌网络架构与分析

2.1 二分网络的架构机理

二分网络反应了 2 类不同属性的节点间的连接与对应关系. 建立二分网络拓扑结构的基本思路是: 全部节点随机地放置在一个水平面内; 二分网络由 2 类不同特征的节点以及它们之间的边连接构成, 同类节点之间不存在边(如图 1 所示), 且以概率 $P(u, v)$ (也称为边概率) 在 2 类节点之间建立连接关系. 这就是标准的随机“二分”网络拓扑建模方法, 称此模型为简单“二分网络随机模型”^[1-3].

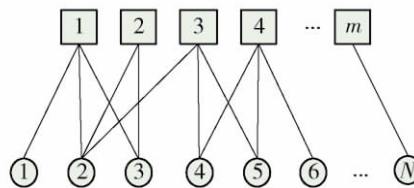


图 1 “市场-品牌”二分网络构建示意

Fig. 1 Principles for the building of boolean bipartite network

假设 $\{G_t\}$ 是不不断演化的二分网络的序列, 其固定的顶端集合有 m 个事件, 底端集合包含 n 个节点. 那么随着时间增长的不断变化, 顶端集合 $V_t = \{v_0, v_1, \dots, v_t\}$, 底端集合 $U = \{1, 2, \dots, N\}$, 二分网络 $G_t = (V_t, U, E_t)$, 其中 $E_t \subseteq V_t \times U$ ^[3,4].

在不断演化过程中底集的许多节点与顶集的某个节点之间建立连接关系, 顶集节点也与底集的许多节点建立了多条边^[5]. 因此, E_t 可表示为多集合. 基于此, 那么初始图 G_0 则定义为: $G_0 = (V_0, U, E_0)$, 其中 $V_0 = \{v_0\}$. 节点 $i \in U, 1 \leq i \leq N$ 的初始度 $b_i \geq 0$, v_0 与节点 $i \in U$ 间有 b_i 条链接, $e_0 = |E_0| = \sum_{i=1}^N b_i$ 为 G_0 的边数.

2.2 中国啤酒“市场-品牌”二分网络的分析

按照上述二分网络的架构机理对中国啤酒品牌的市场分布数据构建二分网络, 用节点代表市场和品牌. 统计区域市场中啤酒品牌的个数, 并把这些啤酒品牌与此市场建立连接, 从而得到“市场-品牌”二分网络.

为了构建“市场-品牌”的二分网络, 本文收集

了2011年的啤酒厂商名称及数量与市场分布等相关数据,主要来源于《中国酿酒工业年鉴》、《中国啤酒行业投资分析报告》以及中国啤酒工业信息网和相关啤酒品牌主页.根据所获得的数据构建中国啤酒品牌与市场分布的二分网络图,如图2所示.其中,绿色方块是顶端节点,代表不同的市场地区,属于集合 $V_t = \{v_0, v_1, \dots, v_i\}$;红色圆圈是底端节点,代表不同的啤酒品牌,属于集合 $U = \{1, 2, \dots, N\}$;边代表品牌与区域市场之间的对应关系,也就是说品

牌在此区域市场中存在一定的关系^[5-6].在构建的二分网络中,顶部节点度定义为二分网络中连接到某一区域市场中品牌的个数;底部节点度定义为二分网络中某个啤酒品牌进入中国行政区域市场的数量^[7].在“市场-品牌”的二分网络中,每个市场都有很多的品牌,一个品牌也会进入多个不同的区域市场,品牌和市场的连接拓扑结构形成了二分网络,不同市场对应的品牌都有各自的映射,两者间存在对应的连接关系^[8-9].

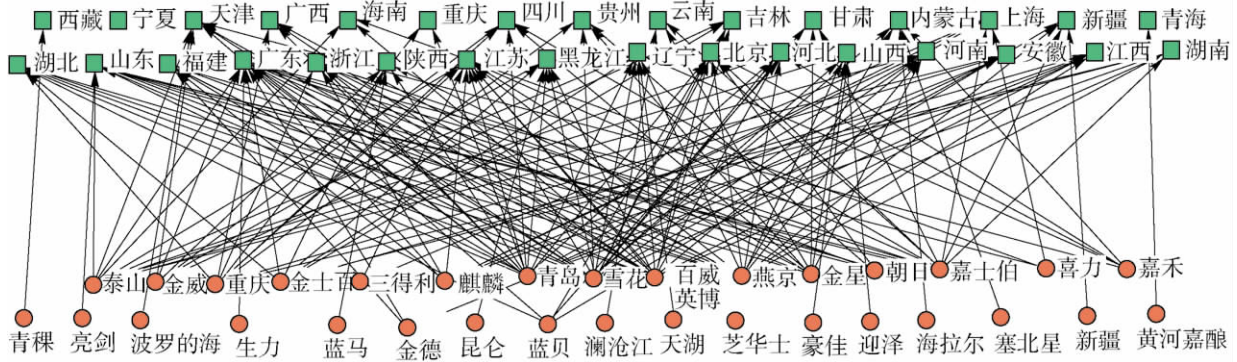


图2 中国啤酒“市场-品牌”二分网络(2011年)

Fig. 2 Brands and markets bipartite network of Chinese beer industry in 2011

结合中国啤酒“市场-品牌”二分网络图,对中国啤酒市场中心度进行分析^[10],如图3所示,由度的中心度和接近中心度的值可看出,广东、江苏、山东、辽宁、北京和河北这6个省市是中国啤酒“市场-品牌”网络中的核心省市;由中间中心性的值可看出,河北、山东、江苏、内蒙古、山西和广东是掌控整个啤酒网络、对网络变化影响程度最大的省市.结合2个结果可知,当前中国啤酒业的核心城市是广东、江苏和山东.同时,这也说明品牌关系带有明显的区域临近偏好与经济发展水平偏好,啤酒品牌容易朝经济发达的省份和大中型城市集中,即具有空间距离偏好和经济优势地区偏好.

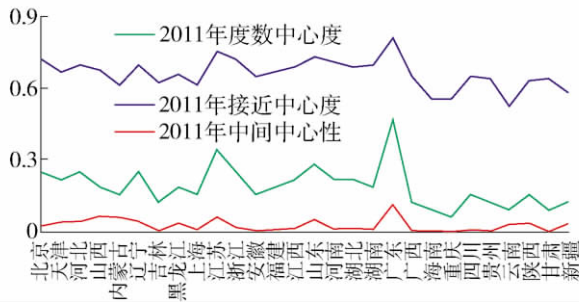


图3 中国啤酒业网络的市场中心性分析

Fig. 3 Market centrality analysis of Chinese beer industry network

2.3 中国啤酒“市场-品牌”二分网络的K-核分析

K-核分析是一层一层地分析网络的结构,从外层向内层延伸的扩展式网络层次.对于复杂网络 $G=(V,E)$ 是无向图, V 为顶集, E 为边集,在集合 $W \subseteq V$ 中最大的子图 $H_k=(W,E|W)$ 就是K-核.也就是说:对于任意的 $v \in C$,度 $P_H(v) \geq K$,此时网络中存在K-核.假设 $K \geq 2$ 是固定的整数,最小顶点度大于等于K的引致子图为图G的K-核.也就是说:对于任意的 $v \in C$,度 $P_H(v) \geq K$,此时网络中存在K-核^[11-12].

在网络的最大子图K-核中的每个节点在这个子图中至少有K个最邻近节点.那么,一个图的K-核可通过不断地除去网络中度值小于K的节点来获得^[13].因此,节点的核数与度值是有关的,一般来说,度值大的节点,它的核数也趋向于较大.顶点 $v \in V$ 的邻集 $N(v): N(v) = \{u \in V; (v,u) \in E\}$,顶点 $v \in V$ 的顶点邻集用 $N^+(v)$ 表示:

$$N^+(v) = N(v) \cup \{v\}$$

在集合 $N^+(v)$ 中,假定给定的网络边末端不是一个无限 $(k-1)$ 子图的概率为R.然后,若顶集中某个顶点的邻接点是无限 $(k-1)$ 子图的末端,那么这个顶点属于K-核,则顶点位于K-核的概率为

$$P_k(q) = p \sum_{q \geq k} P(q) \sum_{n=k}^q C_n^q R^{q-n} (1-R)^n$$

K-核结构本质上是由其度分布决定的,则上式可表示为

$$P_k(q) = \frac{P}{M_k} \sum_{q \geq k} P(q) \sum_{n=k}^q C_n^q R^{q-n} (1-R)^n$$

那么 K-核的平均度为: $\bar{P}_k = \sum_{q \geq k} P_k(q) q$,由此可见,节点的度值和核数之间没有什么明显的规律: 度数高的节点,并不意味着其核数高,而在具有最高核数的这些节点中,度数也不一定是最大的. 因此 K-核分析出来的子群与派系具有类似的性质,但不一定具有很高凝聚力.

通过 2.2 节二分网络的中心性分析,运用 Ucinet 软件依据中国啤酒“市场-品牌”的二分网络获得啤酒“品牌-品牌”的关系网络,如图 4 所示,再对其进行 K-核分析,得到图 5 所示的中国啤酒品牌市场分层分布网络.

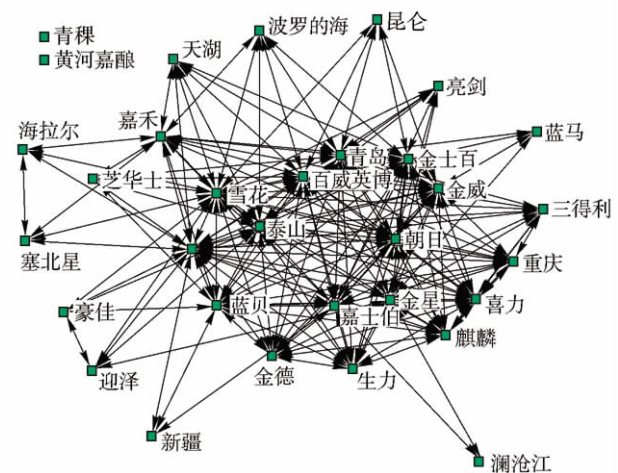


图 4 中国啤酒“品牌-品牌”关系网络(2011 年)
Fig. 4 Relationship of “brand and brand ” network in Chinese beer industry in 2011

通过计算可知图 2 中品牌网络的聚类系数为 0.17,平均度为 3.067,而图 4 中品牌网络的聚类系数为 0.78,平均度为 12. 很显然,剔除地域因素后,啤酒品牌间竞争远比地域化竞争要激烈得多. 由于 K-核是是凝聚子群的一种,它反映了相同属性的具有类似竞争特征的品牌群体,“品牌-品牌”关系网络中的平均度 \bar{P}_k 与 K-核无关,无法体现其隶属的市场关系和整体网络的特征,也无法运用子图的 K-核计算市场的平均度. 因此,地域因素在中国啤酒市场竞争结构研究中不可忽视,运用“市场-品牌”二分网络结构进行分析具有重要意义.

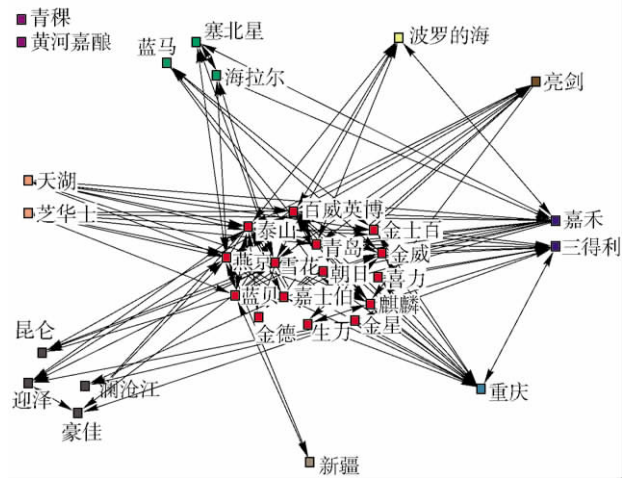


图 5 中国啤酒品牌市场分层分布网络(2011 年)
Fig. 5 Groups of brands and markets distribution network of Chinese beer industry in 2011

由图 5 中的 K-核分层结果可知: 在网络图中,核内的节点连接非常紧密,外层节点依附在核上,大品牌往往与其他小品牌之间存在着核心节点之间的关系. 运用 K-核分析二分网络品牌间的层次结构,不同的品牌竞争推动了整个网络结构的变化,使得品牌之间的竞争关系变得更加紧密. 同时,可更明显地看出竞争品牌间形成的凝聚子群,并且都有不同层次的竞争核心. 在不同的子图中,小品牌基本上会逐渐被其他大品牌兼并. K-核分析得到不同层级的品牌结构,最终形成了以青啤、燕京、华润雪花、百威英博四家巨型啤酒品牌,在第二类大型啤酒品牌中,涌现出嘉士伯、珠江、朝日、金星等品牌,剩下的啤酒品牌主要以麒麟、泰山等中小型啤酒品牌为主. 随着中国啤酒区域市场的进一步放开,品牌之间的竞争会增强,届时啤酒业会呈现出诸侯割据的局面,这样更有利于啤酒市场资源的重新整合,产生规模效应,从而优化资源配置和产业结构的升级.

3 结论

1) 中国啤酒“市场-品牌”二分网络是复杂系统,具有复杂系统的基本特性. 对二分网络分析品牌竞争具有明显的区域临近偏好与经济发展水平偏好,大多数啤酒品牌集中在经济发达的省份和大中型城市,即品牌具有空间距离偏好和经济优势地区偏好.

2) 依据中国啤酒“市场-品牌”二分网络得到“品牌-品牌”关系网络,对比两者聚类系数和平均度,说明剔除地域因素后,全国范围内啤酒品牌间的

竞争远比区域化竞争要激烈得多。

3) 运用 K -核分析研究中国啤酒市场二分网络中品牌间的层次结构,从市场分布上看,一线城市多聚集大品牌,二三线城市多集中小品牌。从竞争关系上看,同一地区大、小品牌和中小品牌间竞争最激烈。从模型推广上看,二分网络结合 K -核分析对竞争格局的考察有良好的适应性。

参考文献:

- [1] 后锐. 中国啤酒产业动态并购的建模、仿真与预测研究 [D]. 广州: 华南理工大学工商管理学院, 2011.
HOU Rui. Research on the dynamic mergers modeling, simulating and predicting of the beer industry in china [D]. Guangzhou: School of Business Administration, South China University of Technology, 2011. (in Chinese)
- [2] 张玉娥, 贲永青. 中国啤酒行业的 SCP 分析 [J]. 经济研究导刊, 2011, 125(15): 185-186.
ZHANG Yu-e, BEN Yong-qing. The SCP analysis of Chinese beer industry [J]. Economic Research Guide, 2011, 125(15): 185-186. (in Chinese)
- [3] ZHOU Tao, REN Jie. Bipartite network projection and personal recommendation [J]. Physical Review E, 2007, 76(4): 0461151-0461157.
- [4] 杨波, 陈忠, 段文奇. 基于个体选择的小世界网络结构演化 [J]. 系统工程, 2004, 22(12): 1-5.
YANG Bo, CHEN Zhong, DUAN Wen-qi. Structural evolution of small-world networks based on individual selection [J]. Systems Engineering, 2004, 22(12): 1-5. (in Chinese)
- [5] 吴亚晶, 张鹏, 狄增如, 等. 二分网络研究 [J]. 复杂系统与复杂性科学, 2010, 7(1): 1-12.
WU Ya-jing, ZHANG Peng, DI Zeng-ru, et al. Study on bipartite networks [J]. Complex Systems and Complexity Science, 2010, 7(1): 1-12. (in Chinese)
- [6] WANG Bing, TANG Huan-wen, GUO Chong-hui, et al. Optimization of network structure to random failures [J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2006, 368(2): 607-614.
- [7] ASH J, NEWTH D. Optimizing complex networks for resilience against cascading failure [J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2007, 380(7): 673-683.
- [8] KENNETH G E. The U. S. Beer industry: concentration fragmentation and a nexus with wine [J]. Journal of Wine Economics, 2011, 6(2): 217-224.
- [9] ANNE K M. Apartheid and business: competition, monopoly and the growth of the malted beer industry in South Africa [J]. Business History, 2008, 50(3): 272-290.
- [10] PEREIRA G, SANTOS F, EBECKEN N. Centrality and network analysis in a natural perturbed ecosystem [J]. Complex Networks, 2013, 424: 217-224.
- [11] YANG Jian-mei, WANG Wen-jie, CHEN Guang-rong. A two-level complex network model and its application [J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2009, 388(12): 2435-2449.
- [12] NEWMAN M E J. The structure and function of complex networks [J]. SIAM Review, 2003, 45(2): 167-256.
- [13] DOROGOVTSSEV S N, GOLTSEV A V, MENDES J F F. K -core organization in complex networks [J]. Handbook of Optimization in Complex Networks, 2012, 96(4): 229-252.

(责任编辑 吕小红)