

文章编号: 1006-4710(2015)04-0391-09

基于复杂网络理论的 B2C 电商供应链网络分析

孙军艳^{1,2}, 傅卫平¹, 王雯¹

(1. 西安理工大学 机械与精密仪器工程学院, 陕西 西安 710048; 2. 陕西科技大学 机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要: B2C 电商供应链是由供应商、电商平台及用户组成的供需网络,是企业适应市场环境的变化演化出来的运作模式,它属于开放的复杂系统范畴。本文首先分析了我国 B2C 电商供应链的演变历程;根据调研数据,从复杂网络视角分析了 2008—2013 年 B2C 电商供应链网络的度与度分布和集聚系数的变化,并分析了典型电商集聚系数的变化规律;最后,依据 2013 年的调研数据,从随机攻击和蓄意攻击两方面分析了其鲁棒性。分析结果表明,B2C 电商供应链网络具有无标度特性、高聚集性,并具有较强的鲁棒性。

关键词: B2C 电商; 供应链网络; 演化机制; 鲁棒性

中图分类号: O233 **文献标志码:** A

Analysis of the B2C electronic commerce supply chain network based on complex network theory

SUN Junyan^{1,2}, FU Weiping¹, WANG Wen¹

(1. Faculty of Mechanical and Precision Instrument Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China; 2. College of Mechanical & Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: The B2C electronic commerce supply chain is the network of supply and demand consisting of supplier, the e-commerce platform and user. It is one enterprise operation mode to accommodate the change of market environment belonging to the category of open complex system. The paper analyzes firstly the evolution mechanism of B2C electric commerce supply chain network. In accordance with surveyed data of 2008—2013 e-commerce supply chain network, and as viewed from the complex network angle, the paper analyzes the variation of network's degree and degree distribution and clustering coefficient and the varying laws of typical e-commerce clustering coefficient. At last, the network's robustness from two aspects of random attack and intentional attack is analyzed according to the investigation data of 2013. Analysis results show that B2C electronic commerce supply chain has scale-free, high clustering coefficient and strong robustness.

Key words: B2C electric commerce; supply chain network; evolution mechanism; Robustness

传统供应链是一个由多级原材料供应商、生产制造商、多级分销商、销售商和最终客户组成的复杂网络系统。传统供应链以制造企业为核心,产品结构和类型相对稳定,原材料供应商和其相应的分销网络以及客户群体也相对稳定,整个供应链网络呈现出结构稳定、层级分明等特征,如图 1 所示。与传统的供应链不同,B2C 模式下的供应链可以通过互联网实现信息流、物流、资金流及时有效地共享,可大幅度地扩展其上下游节点数量,有效减少了供应

链的层级。由于消费者通过网购平台直接与制造商进行贸易,即制造商直接面向消费者,因此,B2C 模式下供应链是一个由供应商、网购平台、用户组成的三层供需网络。该网络具有层次少、动态性强等特点。

近年来,从复杂网络视角研究供应链的文献不断涌现。大多文献都是以 1998 年 Watts 和 Strogatz 等^[1]提出的小世界网络模型(WS)和 1999 年 Barabási 和 Albert 等^[2]提出的无标度网络模型

收稿日期: 2014-12-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(11072192)。

作者简介: 孙军艳,女,博士生,副教授,研究方向为物流工程与工业工程。E-mail: tjmsjy2003@sina.com。

通讯作者: 傅卫平,男,博士,教授,博导,研究方向为非线性动力学、现代物流系统工程与技术。E-mail: weipingf@xaut.edu.cn。

(BA)及其构造算法为基础,来构建不同领域复杂网络的演化算法。Li 等^[8]在 BA 模型基础上提出用局域世界演化网络模型(LC)来描述和分析实际网络所具有的某些统计特性。陈晓等^[4]建立了供应链复杂网络的局域演化生长模型。也有一些学者针对实际网络开展实证研究^[5-10],如计算机病毒的传播^[5-6]、航空网络结构^[7]、成品油供应链网络^[8]、社区结构^[9]、社会关系^[10]等。然而,电商模式下的供应链网络演化机制的研究很少有人提及。本文基于历史数据调研,分析 B2C 网络的演化过程,重点从复杂网络视角^[11-15]分析了近几年来迅速发展的 B2C 网络的特性、发展趋势及其鲁棒性。

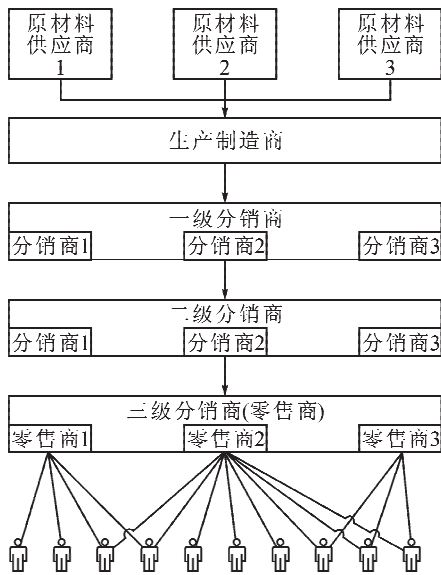


图 1 传统供应链结构
Fig. 1 The structure of traditional supply chain

1 B2C 电商供应链网络的发展历程

近年来,中国的 B2C 市场取得了快速发展,B2C 商家数量在不断增长,具体情况如图 2 所示。预计未来几年 B2C 仍旧是电子商务市场的一个重要趋势。B2C 电商网络发展至今,大致经历了三大阶段,即垂直商店型、百货商店型、目前的综合商城型。

1.1 垂直商店型

在中国 B2C 的发展初期,许多电商都是从某一类商品入手或者针对某些特定人群入手进行网络销售,即垂直商店型模式。这种模式的优势在于专注和专业,能够提供更加符合特定人群的消费产品,满足某一领域用户的特定习惯,因此,能够更容易取得用户信任,从而加深人们对产品的印象,加大口碑传播效果,形成独特的品牌价值。1999 年到 2003 年是中国网上零售市场的探索期,这一时期的电商多

为垂直商店型。

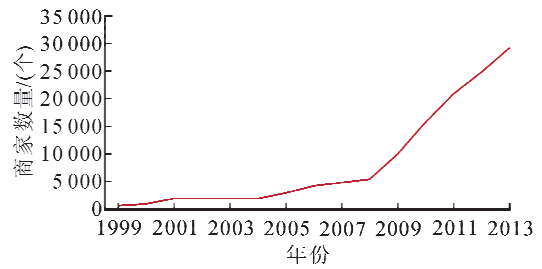


图 2 1999—2013 年中国 B2C 商家数量变化^[16]
Fig. 2 The number of Chines's B2C business from 1999 to 2013

垂直商店型的供应链可以分为以下 2 种:一种是销售特定类别的商品,比如服装专卖店优衣库,销售各种品牌的服装。类似的只销售特定类别商品的电商很多,他们的供应链大都如图 3 所示。另一种是销售不同商品给特定人群。比如销售母婴用品的电商红孩子,店里销售的商品有许多种,但是这些商品只适于母婴使用,并不适用于其他人,其供应链如图 4 所示。

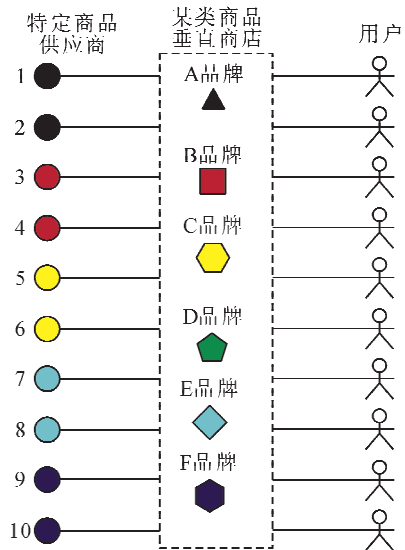


图 3 某类商品垂直电商供应链网络
Fig. 3 Vertical e-commerce supply chain network of certain goods

从整体的 B2C 网购市场来看,用户、不同类别的垂直电商、不同类别商品的供应商形成的供应链网络如图 5 所示。用户想要购买多种类别商品时,必须到多个销售不同类型商品的垂直型电商网站购买。无论是只销售特定种类的商品还是针对特定的用户,其销售范围都比较小,用户群体不够大,销售额有一个制约瓶颈。随着互联网的发展,网购人数的增加,这种模式逐渐显露出了弊端:无法满足用户

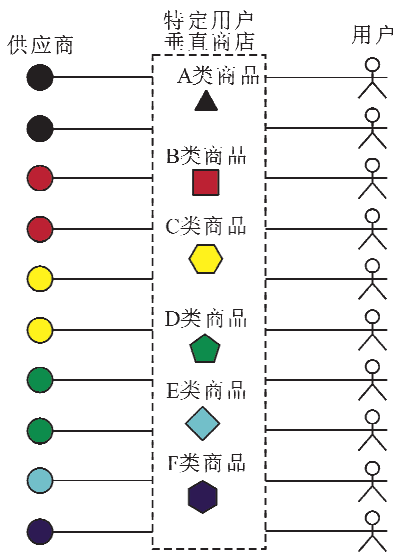


图 4 特定用户垂直电商供应链网络
Fig. 4 Vertical e-commerce supply chain network of specific user

的一站式购物。为了满足用户的一站式购物心理,于是出现了百货商店型的电商。

1.2 百货商店型

2004 年到 2008 年,中国 B2C 市场进入快速发展阶段,电子商务企业大量涌现,电商由细分市场逐步向百货商店型扩张。百货商店是满足日常消费需求的丰富产品线,它有自己的仓库存储货物,有库存系列产品以备更快的物流配送和客户服务,有的甚至拥有自己的品牌,比如亚马逊。

纵观整个百货商店型 B2C 电商,其供应链网络如图 6、7 所示。众多供应商都给一个百货商店型电商提供商品,与垂直型电商供应链不同的是:不同类别的供应商可以同时给一家电商供货。百货商店型 B2C 企业能提供多种商品以满足用户的需求,让用户一站式购全所需商品。百货商店型 B2C 企业的优点在于能自己很好地控制商品的质量,并提供统一的售后服务。

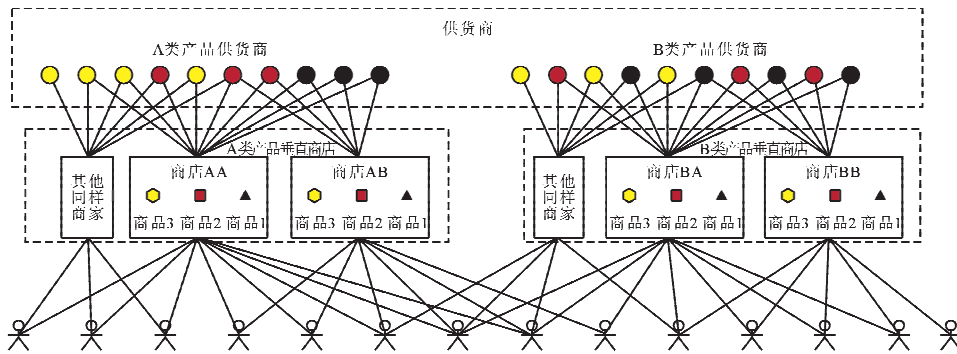


图 5 多用户、不同类别垂直商店、不同类别供应商的供应链图

Fig. 5 Vertical e-commerce supply chain network with multi-user, different categories and different categories of the supplier

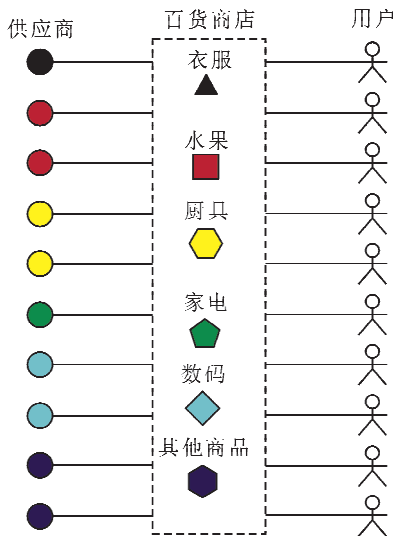


图 6 单个百货商店型 B2C 供应链网络
Fig. 6 The B2C supply chain network with single department store

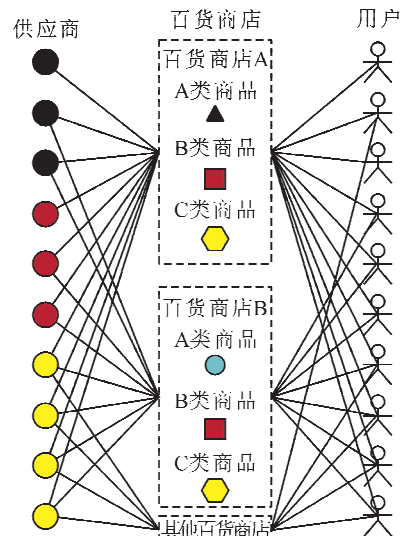


图 7 多个百货商店型 B2C 供应链网络
Fig. 7 The B2C supply chain network with multi-department stores

1.3 综合商城型

随着百货商店的规模变大,其用户也越来越多。企业为了谋求更大的发展,其运作模式也发生转变:将自己不擅长的商品销售分给其他垂直电商,将垂直电商加入到自己的网站中,自己的网站变身成一个拥有多个垂直商店的综合商城。

从 2009 年至今,中国 B2C 市场呈现爆炸式增长,综合商城型平台越来越完备。同传统商城一样,综合商城型 B2C 有庞大的购物群体,有稳定的网站平台,完备的支付体系和诚信安全体系,方便卖家和买家进行商业活动。线上的商城,在人气足够、产品丰富、物流便捷的情况下,具有成本优势、二十四小时的不夜城、无区域限制、更丰富的产品等优势。

如图 8 所示,在综合商城型 B2C 网站供应链中,不同种类商品的卖家共同存在,同类商品的多个卖家进行竞争。综合商城给这些卖家提供一个销售平台,卖家和平台是合作关系,平台给卖家提供服务和用户,卖家给平台增加品牌名声和利益。同样,多个综合商城之间也存在竞争,如图 9 所示。商城为了增加知名度和更多的销售额,会争夺小的销售电商和用户。

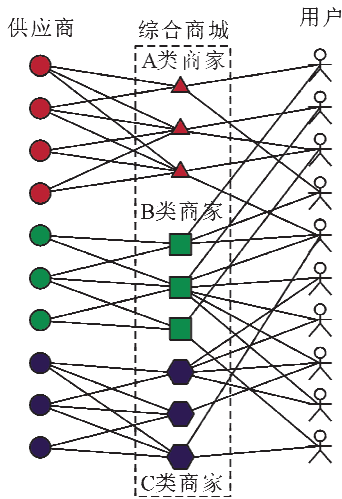


图 8 综合商城型 B2C 供应链网络
Fig. 8 The B2C supply chain network with comprehensive mall

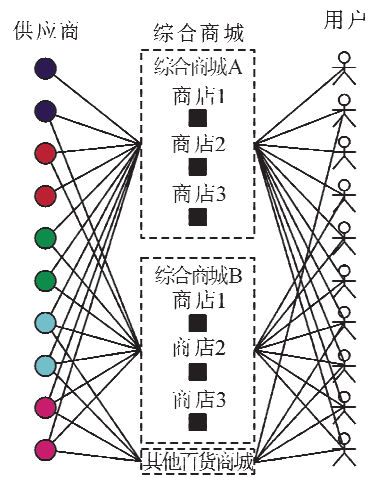


图 9 多个综合商城型 B2C 供应链网络
Fig. 9 The B2C supply chain network with multi-comprehensive mall

表 1 2008—2013 年中国 B2C 市场部分电商份额^[16]
Tab. 1 China B2C market share of segments electricity providers from 2008 to 2013

名称	对应于各年度的市场份额/%					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
天猫	25.00	49.67	47.62	45.81	43.23	53.48
京东	9.43	13.33	16.19	12.87	13.77	15.40
苏宁易购	3.14	1.67	1.59	2.46	3.92	4.37
QQ 网购	0.00	0.00	0.00	2.21	2.40	4.20
小米	0.00	0.00	0.00	0.21	2.09	3.40
一号店	0.03	0.15	1.29	1.13	0.94	2.15
易迅	0.86	0.67	1.27	0.99	1.21	2.39
亚马逊中国	9.43	7.33	4.76	2.50	2.19	2.31
唯品会	0.00	0.06	0.48	0.60	1.13	2.00
当当	10.43	6.20	3.59	1.48	1.55	1.93
新蛋中国	5.00	3.33	2.86	0.62	0.40	0.28
酒仙网	0.00	0.07	0.16	0.17	0.25	0.23
寺库中国	0.00	0.00	0.05	0.09	0.11	0.15
联想官方商城	0.00	0.33	0.32	0.12	0.14	0.15
银泰网	0.00	0.00	0.11	0.06	0.12	0.14
优购网	0.00	0.00	0.00	0.04	0.08	0.11
中粮我买	0.00	0.00	0.08	0.08	0.09	0.11
走秀网	0.00	0.13	0.32	0.21	0.15	0.10
麦包包	0.03	0.13	0.24	0.21	0.11	0.08
乐视商城	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
梦芭莎	0.14	0.33	0.40	0.50	0.27	0.08
麦网	5.71	2.83	1.92	0.31	0.12	0.08
绿森数码	1.21	0.53	0.24	0.12	0.09	0.15
好乐买	0.57	0.47	0.32	0.25	0.06	0.02
乐淘	0.64	0.73	0.59	0.19	0.08	0.04
新七天	0.50	0.37	0.24	0.14	0.06	0.81
俏物悄语	0.43	0.40	0.32	0.12	0.08	0.08
红孩子	2.14	3.67	2.38	0.42	0.34	0.39
名鞋库	0.00	0.13	0.19	0.08	0.06	0.06

2 B2C 电商供应链网络统计分析

随着中国电子商务的发展,电商的市场份额也发生着变化。在中国 B2C 电子商务发展初期,当当网和卓越网是当时的佼佼者。2008 年是中国 B2C 市场的转折点,中国最大电商淘宝推出了天猫商城,随后 B2C 电商数量迅猛增加。本文统计了 2008 年到 2013 年 B2C 电商市场份额的变化,如表 1 所示。

根据表 1 并结合实际情况可知:市场份额大的 B2C 电商会逐渐拉拢小电商入驻自己的平台,使电商模式往平台型靠拢,市场份额处于中间的企业会强强联合,增大自己的市场份额,提升自己在行业中的地位。同时,单一的小电商向综合的大电商转型。

2.1 B2C 电商供应链网络的度与度分布

通过对 2008—2013 年各电商销售额和市场份额的调研统计^[16],笔者做了如下假设。

1) 由于电商的供应商属于商业机密无法进行

统计,本文仅研究电商的出度。

2) 用电商市场份额比例代替各电商出度值比例,即电商的出度值与市场份额成正比。

3) 由于电商的数量庞大,无法逐一分析,文中按照聚类分析的原则,将市场占有率相近的电商归结为一个类。为了讨论方便,将所有电商划分为 6 个类(6 个区间),且每个分类区间在任何一个年份都不能出现空缺。

根据统计数据对区间范围进行设定(见表 2)。

表 2 2008—2013 年电商市场份额划分
Tab. 2 The division of electricity supplier market share from 2008 to 2013

年份	区间一	区间二	区间三	区间四	区间五	区间六
2008	(25%,1]	(10%,25%]	(6%,10%]	(2%,6%]	(0.02%,2%]	[0,0.02%]
2009	(25%,1]	(10%,25%]	(5%,10%]	(2%,5%]	(0.1%,2%]	[0,0.1%]
2010	(25%,1]	(10%,25%]	(3%,10%]	(2%,3%]	(0.1%,2%]	[0,0.1%]
2011	(25%,1]	(10%,25%]	(2%,10%]	(0.5%,2%]	(0.04%,0.5%]	[0,0.04%]
2012	(25%,1]	(10%,25%]	(2%,10%]	(0.5%,2%]	(0.05%,0.5%]	[0,0.05%]
2013	(25%,1]	(10%,25%]	(3%,10%]	(1%,3%]	(0.02%,1%]	[0,0.02%]

根据每年的电商数量,计算每一区间的平均市场份额,设定度值与平均市场份额成正比,其值为平均市场份额的十万倍,即:

$$P_i = 10^5 \times \frac{\sum_j M_j}{j} \quad (1)$$

式中 P_i 为 i 区间的平均度值, M_j 为 i 区间内 j 节点

的市场占有率。 i 区间的度分布 PP_i 定义为:

$$PP_i = \frac{N_i}{\sum N_i} \quad (2)$$

式中, N_i 为 i 区间内的节点数量。

根据统计数据并按照公式(1)、(2)可计算得到度值与该度值下某区间电商的度分布值,如表 3 所示^[16]。

表 3 2008—2013 年各年份度值、节点数与度分布值
Tab. 3 The degree, node number and degree distribution from 2008 to 2013

年份	类别	区间一	区间二	区间三	区间四	区间五	区间六
2008	度值	25 000	10 430	9 430	3 998	360	3
	节点数	1	1	2	4	11	5 441
	度分布值	0.000 18	0.000 18	0.000 37	0.000 73	0.002 01	0.996 52
2009	度值	49 670	13 330	6 765	3 276	447	4
	节点数	1	1	2	3	16	9 937
	度分布值	0.000 1	0.000 1	0.000 2	0.000 3	0.001 61	0.997 69
2010	度值	47 620	16 190	4 175	2 620	464	6
	节点数	1	1	2	2	17	15 779
	度分布值	0.000 063	0.000 063	0.000 127	0.000 316	0.001 076	0.998 354
2011	度值	45 810	12 870	2 390	870	77	9
	节点数	1	1	3	5	18	20 722
	度分布值	0.000 048	0.000 048	0.000 145	0.000 386	0.000 867	0.995 06
2012	度值	432 300	13 770	2 650	1 210	154	10
	节点数	1	1	4	4	19	23 571
	度分布值	0.000 042	0.000 042	0.000 169	0.000 254	0.000 805	0.998 686
2013	度值	53 480	15 400	3 990	2 156	165	11
	节点数	1	1	3	5	19	25 695
	度分布值	0.000 039	0.000 039	0.000 117	0.000 33	0.000 816	0.998 756

根据表3并结合实际情况来看,市场份额较大(区间一、区间二)的电商比较稳定,且市场份额连年增长,有一两家市场份额比较大的电商占据了大部分的中国B2C市场,即在B2C供应链网络中,这一两家电商是比较重要的节点,成为中国B2C网络购物中最重要的核心企业,即网络中的核心节点。

处于中间度值(区间三、区间四、区间五)的电商动荡比较剧烈,这些电商都想扩大所占据的市场份额。在B2C供应链网络中,由于这部分电商市场份额较小,面临着被收购或被并购的风险,被并购后主动方节点的市场份额会变大。同时还会存在小小联合的现象,即两个份额较小的电商联合占据较大份额以获取更大的市场和用户。比如苏宁收购红孩子、国美合并国美网上商城和库巴而改名为国美在线。所以在今后一段时间内,这部分电商会变化很大。

至于度值小(区间六)的电商,由于中国互联网还处于高速发展阶段,未来一段时间内中国电子商务企业仍会增加,而且越来越多的传统企业开始进入互联网电子商务行业,即B2C网络中度值比较小的节点会越来越多,从表面上看数量会稳步上升,其内部依旧有着大鱼吃小鱼的现象,即电商节点有退有进。

根据表3绘制2008—2013年的B2C商家度与度分布图,如图10所示。

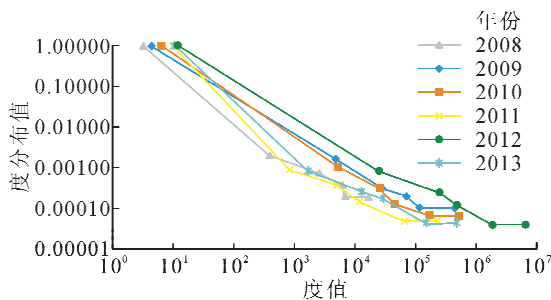


图10 2008—2013年中国B2C供应链网络的度分布图
Fig. 10 Degree distribution of China B2C supply chain network from 2008 to 2013

根据图10并结合实际情况可知,B2C供应链网络服从幂律分布特性。网络内大部分节点的度是非常低的,只有少数核心企业的度数非常高。度值大的核心电商数量有减少的趋势,网络中核心节点的核心程度越来越高。此分析结果与中国B2C电商一超多强的现状吻合,说明此分析方法是正确可行的。

2.2 B2C电商供应链网络的平均集聚系数

大多数现实网络都具有一个共同的结构性质,

那就是集聚性,电商模式下的供应链也不例外。供应链作为联系着供应商、用户以及销售平台的一个动态网络,集聚性表现得尤为突出。本文主要研究电商节点的出度,即出度的集聚程度。

网络中某个节点的集聚系数为:

$$C_i = \frac{2E_i}{k_i(k_i - 1)} \tag{3}$$

式中 C_i 为 i 节点的集聚系数, k_i 为节点 i 的邻居节点数, E_i 为与节点 i 的邻居节点间实际存在的边数。

B2C电商供应链网络平均集聚系数为:

$$\bar{C} = \frac{\sum C_i}{\sum N_i} \tag{4}$$

式中 \bar{C} 为平均集聚系数。

按照公式(3)、(4),依据表3的统计数据可得2008—2013年各电商平均集聚系数(见图11)。

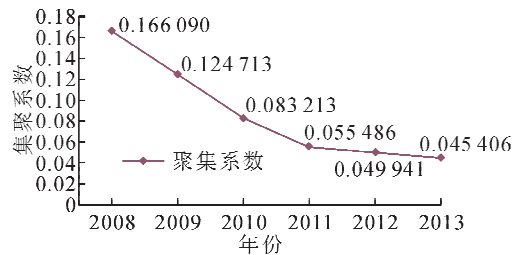


图11 2008—2013年整个网络的平均集聚系数走势图
Fig. 11 Average clustering coefficient chart of the entire network from 2008 to 2013

从图11可看出,随着时间的推移,整个电商网络的平均集聚系数一直在缓慢下降,并趋近于一个较小的非零常数。结合现实网络来看,目前B2C电子商务规模在逐渐变大,越来越多的传统企业向电子商务转型,网络的平均集聚系数会越来越小。

2.3 核心电商的集聚系数

从所有电商中挑选几个典型的电商:天猫、当当、京东,分析其2008—2013年的集聚系数,如图12所示。

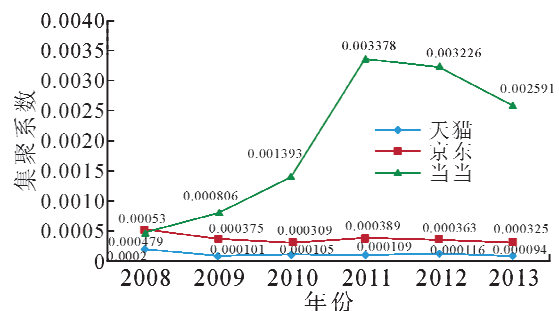


图12 2008—2013年部分B2C电商的集聚系数图
Fig. 12 Clustering coefficient chart of some B2C electricity supplier from 2008 to 2013

结合实际情况分析,作为行业老大的天猫、京东在 2008—2013 年的集聚系数一直排在最低,随着时间变化其集聚系数在下降,市场份额处于领先地位。表明在 B2C 供应链网络爆炸式增长时,行业龙头也爆炸式地扩张了自己的业务,保持并巩固了强势地位。在现实的网络中,天猫和京东占据着市场的主要份额。他们的核心度很高,表明其与相邻节点之间的联系程度很紧密,与其他节点企业沟通度也很强。该情况符合复杂网络的长尾效应。

而曾经排名靠前的当当网,其集聚系数在 2008 年到 2011 年迅速上升,后虽又缓慢下降,但整体还是上升了许多。这表明中上游的电商面临更严峻的考验,如果没有改变发展策略以突出自己的特点,并把握住机会同步扩张,就会面临着消失或者被并购的风险,该情况符合复杂网络中节点优胜劣汰的准则。

3 B2C 电商网络鲁棒性分析

复杂网络鲁棒性指当网络中的节点或边遭到破坏时,供应链网络对这种破坏的容忍能力。而电商模式下的供应链网络的鲁棒性是指电商平台在受到内部运作或外部突发事件等不确定性因素的干扰下,仍能保持供应链收益和持续运行的能力。本文以 2013 年的数据为例,研究网络在随机攻击和蓄意攻击两种情况下的鲁棒性。

3.1 网络受随机攻击的鲁棒性分析

大多数学者^[17-22]都是用平均路径、全局网络效率、连通子图大小对网络的鲁棒性进行分析。但由于本文中无法获取电商网络中供应商相关的数据,仅分析由各电商和用户组成的二级供应链网络,所以不适合用以上指标来分析。本文以 2013 年最新数据为基础进行随机攻击实验,在攻击之前计算原始网络的平均度与平均集聚系数。随机攻击 20% 的节点数,根据实验结果绘制的平均度、平均集聚系数与随机删除节点个数的变化趋势图如图 13、14 所示。

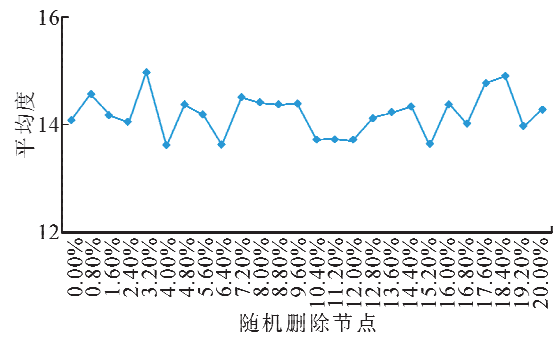


图 13 平均度与随机删除节点数变化趋势图
Fig. 13 The variation trend between average degree and nodes number with random delete

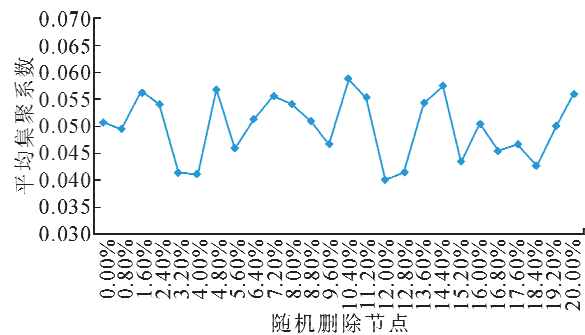


图 14 平均集聚系数与随机删除节点数变化趋势图
Fig. 14 The variation trend between average clustering coefficient and nodes number with random delete

结合图 13、14 来看:删除节点数增多至 20%,网络整体结构仍然服从幂律分布,整个网络的平均度和平均集聚系数变化不大,处于微小波动中,并没有出现急剧的变化特征。表明 B2C 供应链网络在受到随机攻击的情况下,能够很好地保证供应链网络的正常运行,所以原始网络具有很强的鲁棒性。

3.2 网络受蓄意攻击的鲁棒性分析

由于蓄意性攻击在每次攻击时选择的节点不同,造成供应链网络最终瓦解的节点数目也是不同的。本文在对蓄意性攻击进行分析时,分别选择不同度值区间的节点进行攻击。以 2013 年最新数据为基础进行蓄意攻击实验的结果如表 4 所示。

表 4 蓄意攻击的实验结果
Tab. 4 The results of deliberate attacks

删除节点情况	各区间平均度值及其节点个数						平均度
	区间 6	区间 5	区间 4	区间 3	区间 2	区间 1	
	11	165	2 156	3 990	15 400	53 480	
原始网络	25 695	19	5	3	1	1	14.671 51
蓄意删除区间 1、2 的核心节点	25 695	19	5	3	0	0	11.994 79
蓄意删除区间 3、4、5、6 各 50% 的节点	12 848	10	2	1	1	1	17.115 76
蓄意删除各区间 70% 的节点	7 709	5	2	1	0	0	12.171 31

以下分几种情况进行分析。

1) 行业龙头企业指市场占有率最高的企业,对应于区间1和区间2内的节点。当触犯反垄断法或发生重大事故时,行业龙头企业可能破产倒闭。为模拟这种情况的发生,笔者蓄意删除区间1、2的核心节点,经计算可知网络的平均度显著减小,可能出现同行业恶性竞争现象,整个行业的发展存在一定的隐患。

2) 中小型电商是指市场占有率较小的企业,对应于区间3、4、5、6内的节点。当发生经济危机、金融风暴等不可测因素时,大的电商可能受到的影响较小,而很大一部分的中小型电商可能无法摆脱危机而破产倒闭。为模拟这种情况的发生,笔者蓄意删除区间3、4、5、6各50%的节点,经计算可知网络的平均度显著增大,行业的集中度加强,龙头企业可能进一步扩张,也不利于行业的健康发展。

3) 当发生战争、巨大的自然灾害等不可逆转的因素时,行业内各区间的节点都将显著减少。为模拟这种情况的发生,笔者蓄意删除各区间70%的节点,经计算可知网络的平均度明显缩小,且B2C电商供应链网络总体规模显著缩小,行业的发展可能需要经历一个发展的低谷。

总之,对B2C电商网络来说,其拓扑结构决定不论是随机攻击还是蓄意攻击,其具有很强的鲁棒性。但面对蓄意攻击时,B2C电商供应链网络表现出一定的脆弱性。针对前两种蓄意攻击,管理者(政府)可以加以引导,让市场信息公开透明,优化资源的配置,使B2C供应链网络中的企业能够优势互补、合作共赢,从而减少系统性风险的发生。针对第三种蓄意攻击情况,可以通过物联网技术的革新、大数据的应用、云服务的解决方案使整个网络向全球各个角落完全扩散,实现B2C供应链网络与线下实体店经营网络的深度融合,从而达到减少网络的时域和空域的不确定性的目的,即使部分区域发生问题,整个系统还能健康运行,系统抗破损和修复能力大大提高。

4 结 语

本文以B2C电商模式下的供应链为研究背景,将供应链中的供应商、电商平台和用户抽象为节点,将相互之间的联系抽象为边,构建了B2C电商供应链复杂网络。

1) B2C电商供应链网络的发展历程,与传统零售商演化相类似,都经历了从仅提供单一品种的垂直商店型到提供各类商品的百货店型,再到更大规

模的综合商城型的演变历程,具有特色的综合商城型B2C将是一个发展趋势。

2) 对2008—2013年电商市场份额等相关数据的分析结果表明:B2C供应链网络具有无标度网络特性,网络的度服从幂律分布,网络的平均集聚系数很小,且随着网络规模进一步扩大,其平均集聚系数趋近于一个非零常数。B2C供应链网络核心电商的成长服从长尾效应和优胜劣汰法则。

3) 以2013年数据为原始数据,对网络进行了随机攻击和蓄意攻击实验,结果表明:B2C电商网络对于随机攻击具有很强的鲁棒性,而对于蓄意攻击则表现出一定的脆弱性。

参考文献:

- [1] Watts D J, Strogatz S H. Collective dynamics of small-world networks[J]. *Nature*, 1998, (6684): 440-442.
- [2] Barabási A L, Albert R, Jeong H. Mean-field theory for scale-free random networks[J]. *Journal of Physics A*, 1999, 272(1-2): 173-187.
- [3] Li Xiang, Chen Guanrong. A local-world evolving network model[J]. *Journal of Physics A*, 2003, 328: 274-286.
- [4] 陈晓,张纪会. 复杂供需网络的局域演化生长模型[J]. *复杂系统与复杂性科学*, 2008, 5(1): 54-60.
Chen Xiao, Zhang Jihui. A local world evolving growth model of the complex supply chain network[J]. *Complex Systems and Complexity Science*, 2008, 5(1): 54-60.
- [5] 李涛,关治洪. 病毒在无标度网络上的传播及控制仿真研究[J]. *计算机应用研究*, 2007, 24(12): 177-182.
Li Tao, Guan Zhihong. Research on simulation of virus propagation and control in scale-free networks[J]. *Application Research of Computer*, 2007, 24(12): 177-182.
- [6] 倪小军,王美娟. 无标度网络的3种病毒控制策略研究[J]. *上海理工大学学报*, 2006, 28(3): 249-256.
Ni Xiaojun, Wang Meijuan. Research on three kinds of computer virus control strategies in scale free network[J]. *Journal of University of Shanghai for Science and Technology*, 2006, 28(3): 249-256.
- [7] 曾小舟. 基于复杂网络理论的中国航空网络结构实证研究与分析[D]. 南京:南京航空航天大学, 2012.
Zeng Xiaozhou. Empirical study of Chinese airline network structure based on complex network theory[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2012.
- [8] 宋思颖. 基于复杂网络理论的成品油供应链网络实证研究[D]. 成都:西南财经大学, 2010.
Song Siying. Empirical study of refined oil supply network based on complex network theory[D]. Chengdu: Southwestern University of Finance and Economics, 2010.

- [9] 杜海峰,李树苗. 小世界与无标度网络的社区结构研究[J]. 物理学报,2007,56(12):6886-6893.
Du Haifeng, Li Shuzhuo. Community structure in small-world and scale-free networks[J]. Acta Physica Sinica, 2007,56(12):6886-6893.
- [10] 裴伟东,陈增强. 利用朋友机制生成一类无标度网络[J]. 吉林大学学报:信息科学版,2007,25(4):371-378.
Pei Weidong, Chen Zengqiang. Friends-help mechanism for generating a class of scale-free networks [J]. Journal of Jilin University (Information Science Edition), 2007,25(4):371-378.
- [11] Li Gang, Jin Xiaogang, Song Zhihuan. Evolutionary game on a stochastic growth network[J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2012, (391):6664-6673.
- [12] 嵇钊. 复杂网络局域同步的实证、动力学和若干应用问题研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2012.
Zhuo Zhao. Local synchronization on complex network: empirical study, dynamics and applications[D]. Hefei:University of Science and Technology of China, 2012.
- [13] 陈永洲. 城市公交巴士复杂网络的实证与模拟研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2007.
Chen Yongzhou. Empirical and simulation research on the complex networks of urban bus-transport [D]. Nanjing:Nanjing University of Aeronautics and Astronautics,2007.
- [14] 叶兵. 复杂网络与手机短信网络研究[D]. 长沙:中南大学,2010.
Ye Bing. Study on complex networks and SMS networks[D]. Changsha:Central South University,2010.
- [15] 丁益民,丁卓,杨昌平. 基于社团结构的城市地铁网络模型研究[J]. 物理学报,2013,9:508-514.
Ding Yimin, Ding Zhuo, Yang Changping. The network model of urban subway networks with community structure[J]. Acta Physica Sinica,2013,9:508-514.
- [16] 中国电子商务中心. 中国电子商务调查报告[R]. 杭州:电子商务中心,1999-2013.
- [17] Thomas Y, Kevin J. Supply networks and complex adaptive systems:control versus emergence[J]. Journal of Operations Management, 2001,19:351-366.
- [18] Sun H J, Wu J J. Scale-free characteristics of supply chain distribution networks[J]. Modern Physics Letters B,2005,19(17):841-850.
- [19] Huang Jian, Xiao Tiaojun. Modeling an evolving complex supply network[J]. Journal of Systems Science and Information,2007,5(4):327-338.
- [20] 黄小原,晏妮娜. 供应链鲁棒性问题的研究进展[J]. 管理学报,2007,4(4):521-528.
Huang Xiaoyuan, Yan Nina. Research progress on supply chain Robustness[J]. Chinese Journal of Management,2007,4(4):521-528.
- [21] 汪小帆,李翔,陈关荣. 复杂网络理论及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [22] 李刚. 基于复杂网络的供应链建模与性能分析研究[D]. 杭州:浙江大学,2012.
Li Gang. Supply chain modeling and performance analysis based on complex networks[D]. Hangzhou,Zhejiang University,2012.

(责任编辑 王卫勋)