

Competitive Strategy Analysis Based on Lotka-Volterra Model

Tianci Xu

College of Sciences, North China University of Technology, Beijing
Email: 910016261@qq.com

Received: Dec. 6th, 2018; accepted: Dec. 21st, 2018; published: Dec. 28th, 2018

Abstract

In this paper, we mainly use the Lotka-Volterra model in biology to learn from the interaction between population and population, and analyze the competition in the market. We think of each business as a population and construct a two-dimensional ordinary differential Lotka-Volterra model. Based on investigating the stability of the Lotka-Volterra model at the equilibrium point and analyzing the situation of enterprise competition at the equilibrium point in the market, the results provide a reference for competitive enterprises to choose competitive strategy.

Keywords

Lotka-Volterra System, Equilibrium Point, Stability

基于Lotka-Volterra模型的企业竞争战略分析

许天赐

北方工业大学理学院, 北京
Email: 910016261@qq.com

收稿日期: 2018年12月6日; 录用日期: 2018年12月21日; 发布日期: 2018年12月28日

摘要

本文主要通过采用生物学中的Lotka-Volterra模型, 借鉴种群与种群之间的相互作用关系, 对市场中的企业竞争进行分析, 将每个企业看为一个种群, 构建二维的常微分Lotka-Volterra模型。通过研究Lotka-Volterra模型在平衡点处的稳定性, 类比分析市场中企业竞争在平衡点处的情形, 从而为处于竞争中的企业选择竞争战略提供可供参考的依据。

关键词

Lotka-Volterra模型, 平衡点, 稳定性

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着社会的提高, 市场的发展, 企业化管理日益被人们所接受并使用。面对这样的市场背景, 正确地把握市场中企业竞争发展的机理对各个企业在竞争激烈的市场中生存扩展至关重要。

目前对市场中企业间竞争的研究主要从单个企业的竞争力因素角度分析[1]-[6], 这样就忽略了企业之间相互竞争的影响作用。虽然也有学者从企业之间相互竞争的角度展开了分析, 但是仍是从理论研究的角度进行分析[7]-[14]。本文在著名的 Lotka-Volterra 种间竞争模型的基础上, 尝试描述企业之间的竞争关系以及演化规律, 并参考文献[15]中对市场演进的分析, 分析其实际意义。在此需要指出, 基于 Lotka-Volterra 种间竞争模型将使对企业之间的竞争分析更具科学性, 同时根据文献[16]中的研究, 可知理论上可以将此模型运用于对任意有限个企业之间的相互竞争中去, 本文仅就两类企业之间的竞争进行探讨。

2. 企业种群的概念

借鉴生物种群的概念, 在经济学中给出了企业种群的定义, 对于同行业企业或能够相互替代的企业在地理上的集中称为企业种群。

在生物种群中, 以种群个体数量为基础, 个体数量为零时, 称该种群灭绝。类比的, 在企业种群中, 本文以企业拥有的市场份额为参考, 当企业市场份额为零时, 称该企业灭绝(即, 退出市场)。

同时类比生物学中种群之间的关系, 得出企业种群之间的三种关系: 互利共生(如: 产品销售企业和媒体企业之间, 通过相互合作, 可以获得各自的盈利)、竞争(如: 传统零售企业与电商企业共同竞争国内市场)、捕食-被捕食(如: 新媒体企业与报刊印刷厂之间的关系)。

3. 模型建立

(一) 两类常微 Lotka-Volterra 竞争模型建立

在市场环境下, 企业通过向顾客提供有效信息来实现自身市场份额的增长。基于 Lotka-Volterra 模型建立两个企业相互作用的模型如下:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = \left(1 - \frac{X}{k_1} - \alpha_1 \cdot \frac{Y}{k_2}\right) \cdot r_1 \cdot X \\ \frac{dY}{dt} = \left(1 - \frac{Y}{k_2} - \alpha_2 \cdot \frac{X}{k_1}\right) \cdot r_2 \cdot Y \end{cases} \quad (1.1)$$

对式(1.1)作如下处理: 令 $\frac{r_1}{k_1} = a_{11}$, $\frac{r_2}{k_2} = a_{22}$, $\alpha_1 \cdot \frac{r_1}{k_2} = a_{12}$, $\alpha_2 \cdot \frac{r_2}{k_1} = a_{21}$, 可见这样的令法是自然地, a_{ij} 表示第 j 类企业种群对第 i 类企业种群的影响(此处, $i, j = 1, 2$)。则原模型化简为:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = r_1 \cdot X - a_{11} \cdot X \cdot X - a_{12} \cdot Y \cdot X \\ \frac{dY}{dt} = r_2 \cdot Y - a_{21} \cdot X \cdot Y - a_{22} \cdot Y \cdot Y \end{cases} \quad (1.2)$$

此时，两类企业的相互作用关系可由 a_{12} 和 a_{21} 的正负号表示如表 1 所示：

Table 1. The population interaction between the two mobile phone products

表 1. 两类手机产品种群相互作用关系

两类企业种群的相互作用关系	企业种群 X 对企业种群 Y 的作用	
	$a_{21} > 0$	$a_{12} < 0$
企业种群 Y 对企业种群 X 的作用	$a_{21} > 0$ X 与 Y 之间为相互竞争的关系	Y 为捕食者种群，X 为被捕食者种群
	$a_{12} < 0$ X 为捕食者种群，Y 为被捕食者种群	X 与 Y 之间为互利共生的关系

4. 模型结论

求解微分方程，得出模型平衡点如下：

$$(X_1, Y_1) = (0, 0), (X_2, Y_2) = (k_1, 0), (X_3, Y_3) = (0, k_2), (X_4, Y_4) = (a \cdot k_1, b \cdot k_2)$$

其中 $a = \frac{1 - \alpha_1}{1 - \alpha_1 \cdot \alpha_2}$, $b = \frac{1 - \alpha_2}{1 - \alpha_1 \cdot \alpha_2}$ 。

通过对模型平衡点的稳定性分析，知道影响平衡点稳定性的参数仅有 α_1 、 α_2 、 k_1 、 k_2 。

当 $a_{12} > 0$ 时，即企业种群 Y 对企业种群 X 的市场份额增长是抑制作用时，当 $\alpha_1 > \frac{k_1}{k_2}$ 时，最终企业种群 X 灭绝。

当 $a_{12} < 0$ 时，即企业种群 Y 对企业种群 X 的市场份额增长是促进作用时，企业种群 X 灭绝的情况不会发生，当 $\alpha_2 > \frac{k_2}{k_1}$ 时，最终企业种群 Y 会灭绝。

当 $a_{12} > 0$ ， $a_{21} > 0$ 时， (X_2, Y_2) 、 (X_3, Y_3) 、 (X_4, Y_4) 点均有可能成为稳定点，即企业种群 X、Y 经过市场竞争后可稳定于“企业种群 Y 灭绝”、“企业种群 X 灭绝”、“共存于当下的市场环境中”。

当 $a_{12} < 0$ ， $a_{21} < 0$ 时， (X_4, Y_4) 点有可能成为稳定点，即企业种群 X、Y 为互利共生关系，此时两类企业种群都不会灭绝，而是稳定于“共存于当下的市场环境中”的状态。

当 $a_{12} < 0$ ， $a_{21} > 0$ 时， (X_2, Y_2) 、 (X_4, Y_4) 点均有可能成为稳定点，即此时企业种群 X 处于捕食者地位，最终可以稳定于“企业种群 Y 灭绝”或者“共存于当下的市场环境中”。

当 $a_{12} > 0$ ， $a_{21} < 0$ 时， (X_3, Y_3) 、 (X_4, Y_4) 点均有可能成为稳定点，即此时企业种群 Y 处于捕食者地位，最终可以稳定于“企业种群 X 灭绝”或者“共存于当下的市场环境中”。

综上所述，企业种群在平衡点 (X_2, Y_2) 、 (X_3, Y_3) 、 (X_4, Y_4) 所对应的状态均有可能为稳定状态。但要指出，在现实的市场环境中，由于市场环境不是一成不变的，所以一般很难达到所需要的稳定状态。

5. 案例分析

(一) 研究对象选取

据《2017 年(上)中国网络零售市场数据检测报告》显示：我国网络零售交易额于 2017 年上半年已经达到 3.1 万亿元，比 2016 年上半年同比增长了 34.8%。而值得注意的是，京东和天猫长期占据 B2C 市场

前两位，并且两者所占市场份额之和超过这个市场份额的七成。同时，这两家企业间竞争明显，适于应用本文模型进行模拟。因此，这两家企业具有很好的代表性和可操作性，本文将选取它们作为研究对象，运用本文所建立的模型模拟分析两家企业的竞争关系即竞争结果。

(二) 实证分析

记天猫相对占比为 $X(t)$ 、京东相对占比为 $Y(t)$ ，根据前文所建立的模型，得出天猫与京东间竞争的 Lotka-Volterra 模型：

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = r_1 \cdot X - a_{11} \cdot X \cdot X - a_{12} \cdot Y \cdot X \\ \frac{dY}{dt} = r_2 \cdot X - a_{21} \cdot X \cdot Y - a_{22} \cdot Y \cdot Y \end{cases} \quad (4.1)$$

其中， r_1 表示在电子商务 B2C 市场中仅有天猫时，天猫的发展速度； a_{11} 表示天猫现有规模对自身的阻滞效应； a_{12} 表示京东对天猫的发展的阻滞效应。

由于电子商务发展时间短，所能收集到的数据有限，一定程度上限制了可以采集的到样本容量，同时由于企业内部数据较难采集，本文采用数据仅通过中国电子商务研究中心、艾瑞咨询等途径收集整理(如表 2 所示)，与实际数据或有偏差。

Table 2. Market share of Chinese B2C enterprises from 2011 to 2017

表 2. 2011~2017 年中国 B2C 企业市场份额

时间	天猫	京东	其他
2011Q3	50.9%	18.6%	30.5%
2011Q4	39.9%	14.7%	45.4%
2012Q1	51.5%	22.7%	25.8%
2012Q2	41.5%	15.5%	43.0%
2012Q3	54.6%	21.8%	23.6%
2012Q4	56.7%	19.6%	23.7%
2013Q1	51.3%	17.5%	31.2%
2013Q2	50.8%	17.1%	32.1%
2013Q3	51.1%	17.5%	31.4%
2013Q4	52.1%	18.3%	29.6%
2014Q1	58.8%	19.2%	22.0%
2014Q2	57.4%	21.0%	21.6%
2014Q3	57.6%	19.3%	23.1%
2014Q4	59.3%	20.2%	20.5%
2015Q1	58.6%	22.8%	18.6%
2015Q2	55.7%	25.2%	19.1%
2015Q3	57.8%	23.3%	18.9%
2015Q4	55.7%	27.1%	17.2%
2016Q1	56.1%	24.8%	19.1%
2016Q2	56.5%	26.8%	16.7%
2016Q3	56.2%	25.1%	18.7%
2016Q4	57.7%	25.4%	16.9%
2017Q1	56.6%	26.0%	17.4%

考虑到数据的连续性及数据的可获取性，采集天猫、京东两家电子商务平台企业市场占有率的季度数据作为研究数据，绘制折线图(见图 1)：

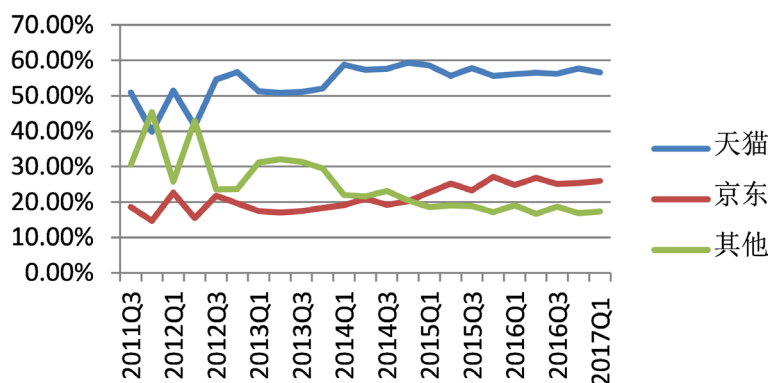


Figure 1. Market share of Chinese B2C enterprises from 2011 to 2017
图 1. 2011~2017 年中国 B2C 企业市场份额直线图

由于收集到的为季度数据，即数据为离散型数据，故此将式(4.1)转化为离散系统模型。

$$\begin{cases} X(t+1) = X(t) \cdot \exp(r_1 - \alpha_1 \cdot X(t) - \beta_1 \cdot Y(t)) \\ Y(t+1) = Y(t) \cdot \exp(r_2 - \alpha_2 \cdot Y(t) - \beta_2 \cdot X(t)) \end{cases} \quad (4.2)$$

式(4.2)中， $r_i (i = 1, 2)$ 表示对应企业市场份额的单位增长率； $\alpha_i (i = 1, 2)$ 表示对应企业现有规模对自身的阻滞率； $\beta_i (i = 1, 2)$ 表示其他企业对对应企业的阻滞率。从而可以通过分析各参数取值的正负来判断天猫与京东之间的竞合关系。用 Eviews 软件进行分析，以非线性最小二乘法进行参数估计：

Table 3. Eviews parameter estimation stability test of Tmall's relative proportion (X)
表 3. 天猫相对占比(X)Eviews 参数估计稳定性检验

Dependent Variable: X(1)				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 2011Q3 2016Q3				
Included observations: 21 after adjustments				
Convergence achieved after 4 iterations				
X(+1)=X*EXP(C(1)-C(2)*X-C(3)*Y)				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.629309	0.240020	2.621904	0.0173
C(2)	1.146746	0.550104	2.084597	0.0516
C(3)	0.012157	0.750535	0.016197	0.9873
R-squared	0.125382	Mean dependent var		0.541381
Adjusted R-squared	0.028202	S.D. dependent var		0.052169
S.E. of regression	0.051429	Akaike info criterion		-2.965685
Sum squared resid	0.047608	Schwarz criterion		-2.816467
Log likelihood	34.13969	Hannan-Quinn criter.		-2.933301
Durbin-Watson stat	2.188474			

Table 4. Eviews parameter estimation stability test of Jingdong's relative proportion (Y)
表 4. 京东(Y) Eviews 参数估计稳定性检验

Dependent Variable: Y(1)				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 2011Q3 2016Q3				
Included observations: 21 after adjustments				
Convergence achieved after 6 iterations				
Y(+1)=Y*EXP(C(1)-C(2)*Y-C(3)*X)				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.614917	0.406481	1.512782	0.1477
C(2)	1.441794	1.180727	1.221107	0.2378
C(3)	0.539741	0.925887	0.582945	0.5672
R-squared	0.301750	Mean dependent var		0.211857
Adjusted R-squared	0.224167	S.D. dependent var		0.037155
S.E. of regression	0.032727	Akaike info criterion		-3.869666
Sum squared resid	0.019279	Schwarz criterion		-3.720448
Log likelihood	43.63149	Hannan-Quinn criter.		-3.837282
Durbin-Watson stat	2.705647			

根据表 3 与表 4 显示的结果，可以得出天猫(X)与京东(Y)的离散时间条件下的 Lotka-Volterra 模型：

$$\begin{cases} X(t+1) = X(t) \cdot \exp(0.629309 - 1.146746 \cdot X(t) - 0.012157 \cdot Y(t)) \\ Y(t+1) = Y(t) \cdot \exp(0.614917 - 1.441794 \cdot Y(t) - 0.539741 \cdot X(t)) \end{cases}$$

(四) 案例结论

根据前文离散模型参数含义，天猫和京东的市场份额单位增长率均为正值，且天猫市场份额增长率略大于京东市场份额增长率。而由 $\alpha_1 < \alpha_2, \beta_1 < \beta_2$ ，可知天猫和京东在竞争中，天猫处于优势地位，但未达到捕食者地位，两企业仍处于竞争状态，从而可以得出，天猫与京东之间将在竞争中发展，逐步蚕食其他 B2C 平台企业。

同时，因两者的竞争中，京东目前处于劣势地位，故而京东应积极采取对策，或提高自身能力，或加快对其他 B2C 平台企业的蚕食，联合其他 B2C 平台企业，以防止与天猫的竞争关系由相互竞争转变为捕食者-被捕食者关系。

6. 结论与期望

本文通过借鉴生物学中的 Lotka-Volterra 模型，分析了企业种群间的竞争关系，并以电子商务企业为例进行了案例分析，得出了以下结论：1) Lotka-Volterra 模型用于企业的竞争分析有一定的可行性，对于企业间竞争关系的判断有着一定的借鉴作用；2) 天猫和京东间相互竞争的同时，都有着蚕食其他 B2C 平台企业的目的，两者在一定程度上有着合作的可能，但处于劣势地位的京东需要留意两者的竞争关系进一步的转变。

虽然本文在对企业间竞争关系的研究上具有一定的创新性，将理论与数据相结合论证，但是仍存在不足：1) 运用模型过于简单，在案例分析中，仅选用离散系统的竞争模型，未考虑时滞效应、市场环境

变化等因素; 2) 由于电子商务行业成立时间较短, 相关数据过少, 形成的结论缺乏一定的说服力; 3) 在生物数学中 Lotka-Volterra 模型的研究已经十分成熟, 但是本论文引用到经济学中的理论却很少, 有待进一步的开发。

对于上述不足, 本人在此提出以下期望, 一方面督促本人, 另一方面也希望读者在日后能对这一方面做进一步深入: 1) 使用离散系统考虑原因在于, 对数据的采集能力、途径欠缺, 若能采集到每周乃至每日的数据变化, 对于结论的精确性将有极大的提高; 2) 在模型方面进一步强化, 加入时滞项进行研究, 或将更贴近现实; 3) 将 Lotka-Volterra 模型的其他理论引入到经济学的竞争中, 研究其是否仍有着特殊的含义。

基金项目

2018 教育教学改革立项课题(109051360018XN009/058)。

参考文献

- [1] 徐慧亮. 基于波特五力模型的共享汽车竞争力分析[J]. 现代商贸工业, 2018(2): 65-66.
- [2] 张英. 基于内容分析法的企业竞争情报研究[J]. 现代营销, 2017(9): 241-241.
- [3] 李杏丽. 中国企业之间情报研究地图(1987-2016 年)[J]. 情报科学, 2017, 35(10): 167-171.
- [4] 周志翔. 基于 Lotka_Volterra 模型的集装箱港口竞合关系研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2015: 8-16.
- [5] 王正新. 中国生产性服务业与先进制造业的互动关系[J]. 华东经济管理, 2017, 31(7): 88-93.
- [6] 池年方. 以夏新手机为例的国产手机竞争战略研究[D]: [硕士学位论文]. 厦门: 厦门大学, 2008: 42-57.
- [7] 温涛. 基于 Lotka_Volterra 模型的中国农村金融市场竞争关系分析[J]. 农村金融, 2015(10): 45-49.
- [8] 龙跃. 基于 Lotka_Volterra 的汽车零部件横向企业协调决策分析[J]. 科研管理, 2015, 30(3): 68-70.
- [9] 熊熊. 基于 Lotka_Volterra 模型的股指期货市场竞争分析[J]. 系统工程学报, 2009, 24(5): 582-584.
- [10] 卞曰璐. 基于 Lotka_Volterra 模型的生产性服务业发展机理研究[J]. 软科学, 2011, 25(1): 33-35.
- [11] 靳城. 基于 Lotka_Volterra 系统的旅游景点市场竞争分析[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2007, 30(2): 105-109.
- [12] 强欣. 电子商务平台企业间 Lotka_Volterra 竞争模型研究及其经济学解释[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 云南财经大学, 2015: 33-40.
- [13] 卢英燕. 三星及华为手机品牌竞争力研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2015: 41-65.
- [14] 孙蒙蒙. 三星与诺基亚市场竞争策略比较分析及对国产手机厂商的启示[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 辽宁大学, 2014: 24-42.
- [15] 孔东民. Lotka_Volterra 系统下市场结构的演进[J]. 管理工程学报, 2005, 19(3): 77-80.
- [16] 宋靛. Lotka_Volterra 生态系统[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2009: 1-7.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2325-2251, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sa@hanspub.org