



Evolutionary Game Analysis on Logistics Competition of E-commerce Enterprises

Guoshun Ma, Ruxia Ma^{*}, Anwen Li

Department of Mathematics, Northwest Normal University, Lanzhou, China

Email address:

guoshunma@163.com (Guoshun Ma), xiaruma@163.com (Ruxia Ma), jrqqybylaw@163.com (Anwen Li)

^{*}Corresponding author

To cite this article:

Guoshun Ma, Ruxia Ma, Anwen Li. Evolutionary Game Analysis on Logistics Competition of E-commerce Enterprises. *Asia-Pacific Journal of Mathematics and Statistics*. Vol. 1, No. 4, 2020, pp. 49-54.

Received: January 2, 2020; **Accepted:** March 3, 2020; **Published:** March 6, 2020

Abstract: Due to the expanded application of the Internet in the field of e-commerce, the development of the logistics industry has entered an era of competition. The two different individual forms of e-commerce and logistics have come together because of the Internet, and they form a consumption closed loop with consumers. In this big development trend, large e-commerce enterprises and small e-commerce enterprises in the process of commercial game, due to the difference of logistics, have affected the market share and the difference of turnover income, so how to improve the competitiveness of enterprises on the basis of controlling logistics costs is explored in this paper. Based on the perspective of evolutionary game, this paper constructs and analyzes the game model of logistics between large-scale e-commerce enterprises and small-scale e-commerce enterprises, and obtains the evolutionary stable strategy. By analyzing the competitive factors between large-scale e-commerce enterprises and small-scale e-commerce enterprises, and further obtains the evolutionary trend of the game results, we can see that the most ideal results are the construction of local networks by large-scale e-commerce enterprises and the cooperation between small-scale e-commerce enterprises and other express delivery services.

Keywords: E-commerce Enterprise, Logistics, Evolutionary Game, Replicator Dynamic Equation, Evolutionary Stability Strategy

电商企业物流竞争的演化博弈分析

马国顺, 马如霞^{*}, 李安文

西北师范大学数学系, 兰州, 中国

邮箱

guoshunma@163.com (马国顺), xiaruma@163.com (马如霞), jrqqybylaw@163.com (李安文)

摘要: 由于互联网在电子商务领域的扩大应用,使物流行业的发展进入了群雄逐鹿的时代,电子商务和物流这两者不同的个体形态,因互联网而走在一起,三者与消费者组成了一个消费闭环.在这个大的发展趋向上,大型电商企业与小型电商企业在商业博弈的过程中,因物流的差异化而影响了市场份额的占比和营业额收入差,那么如何在控制物流成本的基础上提升企业的竞争力,本文对此做了探究.本文基于演化博弈的视角,构建并分析了大型电商企业与小型电商企业物流的博弈模型,得出了演化稳定策略.通过分析大型电商企业与小型电商企业之间的竞争因素,进一步得出博弈结果的演化趋势,我们可以看到大型电商企业构建地网以及小型电商企业与其他快递合作是最为理想的结果.

关键词: 电商企业, 物流, 演化博弈, 复制者动态方程, 演化稳定策略

1. 引言

互联网的快速发展将世界推进电子商务的时代.虽然我国电子商务起步较晚,但随着信息化的全面发展以及消费观念的转变促使我国电子商务在短期内获得火山喷发式的发展.电商企业运用了大数据、物联网、人工智能等先进技术来降低成本,从而提升物流水平.马云曾经说过:电商、物流、金融是铁三角的关系,电子商务不断推动着物流的发展,物流也是电子商务的必要手段,二者相辅相成.

自2005年起,国民的网购趋势大幅增长,快递业务也随之高速发展;据统计,2014年电商交易额突破16万亿元,同比增长率为59.4%,快递业务总量达139.6亿件,同比增长率为52.5%,快递业务的收入更是达2045亿元,同比增长率为41.8%.到2019年10月,快递业务总量达到496.6亿件,快递收入为5929亿元,而接下来的两个月由于有“双十一”、“双十二”,快递业务总量以及快递收入可想而知会更多.据专家预测,2020年快递业务总量将达700亿件,相对应的快递收入将会达到8000亿元.所以,物流所带来的利润是庞大的.近几年的电商交易额、快递业务总量、快递收入以及同比增长率如表1、图1、图2、图3所示.

表1 2014年—2018年电商交易额、快递业务总量、快递收入以及同比增长率。

年份	电商交易		快递业务			
	交易额 (万亿元)	同比增长率	业务总量 (亿件)	同比增长率	业务收入 (亿元)	同比增长率
2014	16.39	59.4%	139.6	52.5%	2045	41.8%
2015	18.3	36.5%	206.7	47.9%	2770	35.5%
2016	26.1	19.8%	312.8	51.2%	3974	43.5%
2017	29.16	11.7%	400.6	28%	49571	24.7%
2018	31.63	8.5%	507.1	26.6%	60384	21.8%

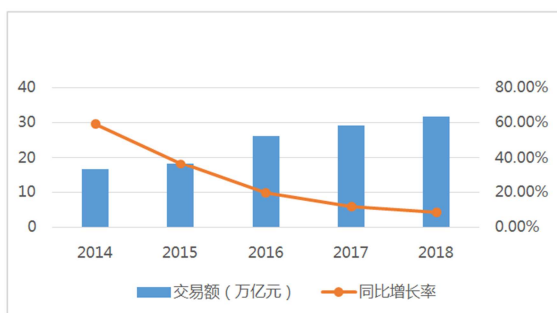


图1 2014年—2018年电商交易额及同比增速。

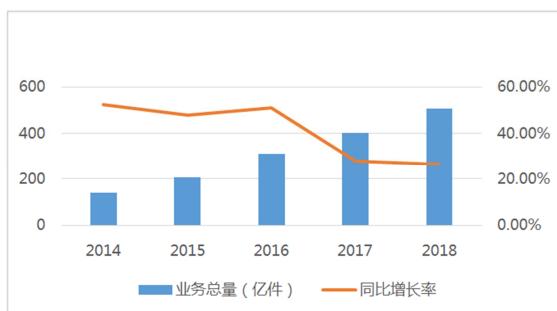


图2 2014年—2018年快递业务总量及同比增速。

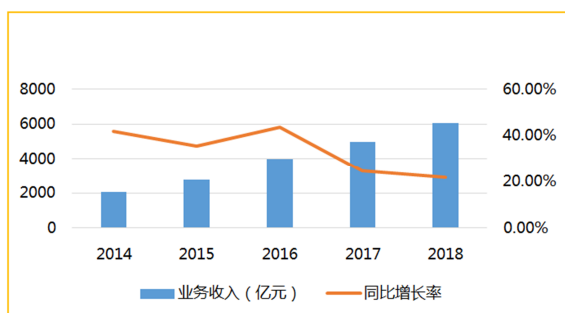


图3 2014年—2018年快递业务收入及同比增速。

国内学界的许多学者对我国的物流以及电商的深度发展进行了深入的调查研究,并给出了合理的意见及建议,这对我国的电商及物流更有效的发展具有重要的参考价值.骆温平[1]等人基于商业生态视角探索了电商物流平台企业与合作伙伴的演化规律,并且根据演化过程为传统企业的转型升级提出了建议;田培琪[2]基于生态学与信息生态学的理论与方法,通过研究电子商务不同节点之间的博弈模型,得到了影响电子商务生态链之间的合作竞争策略的影响因素;张月[3]针对当前我国互联网行业中巨头企业与小型企业的竞争局面,着重讨论了两种不同的演化博弈均衡对互联网行业发展的长期影响,并且分析了模型中各个变量对均衡结果产生影响的机制;杜志平[4]等人运用演化博弈模型分析了影响国内电商企业与国外物流企业合作策略选择的因素,并通过模型计算,使企业清楚的看到双方在不同条件下的合作意愿值,并运用数值计算的方式验证了模型的可行性,根据分析结果给出了相关建议;王蓓[5]等人基于演化博弈视角,构建并分析了跨境电商物流结构策略选择的博弈模型,并以唯品会跨境电商物流结构策略布局为例,发现跨境电商物流结构策略选择不仅与其策略的收益有关,而且与其学习能力等因素有关;王清华[6]运用演化博弈理论和数值仿真方法,研究了小型企业电商物流与快递企业关系的演化路径以及各因素对演化路径的影响;

从以上文献的综述我们可以看出,多数文献偏重于研究物流与电商之间的博弈,而对物流与物流之间的竞争疏于考虑.本文将在现有研究的基础上,以大型电商企业是否构建地下运输物流网(以下简称“地网”)、小型电商企业是否与其他快递企业合作为基础,建立大型电商企业与小型电商企业之间的演化博弈模型,并求解演化稳定策略(ESS),通过对相位图以及相关参数的分析给出合理及有效的建议.

2. 电商物流企业竞争的演化模型

2.1. 模型假设

假设小型电商企业不与其他的物流企业合作独立运营时的收益为 I_1 ,与其他快递企业合作时的超额收益为 E_1 ,与其他快递企业合作的成本为 P_1 ,与其他快递企业不合作的损失为 L_1 ;假设大型电商企业不构建地网时的收益为 I_2 ,构建地网的超额收益为 E_2 ,构建地网的成本为 P_2 ,不构建地网的损失为 L_2 .当小型电商企业与其他快递企业合作时,相应的会对大型电商企业的收益产生一定的影响,假设小型电商企业与其他快递企业合作对大型电商企业的影响为 D_1 ,假设大型电商企业构建地网对小型电商企业的影响为 D_2 .

通过对以上基本量的假设我们可以得到:小型电商企业与其他快递企业合作时,大型电商企业构建地网的情况下,大型电商企业所得的收益为 $I_2 + E_2 - P_2 - D_1$,小型电商企业所得的收益为 $I_1 + E_1 - P_1 - D_2$;大型电商企业不构建地网的情况下,大型电商企业所得的收益为 $I_2 - D_1 - L_2$,小型电商企业所得的收益为 $I_1 + E_1 - P_1$.小型电商企业不与其他快递企业合作时,大型电商企业构建地网的情况下,大型电商企业所得的收益为 $I_2 + E_2 - P_2$,小型电商企业所得的收益为 $I_1 - D_2 - L_1$;大型电商企业不构建地网的情况下,大型电商企业所得的收益为 I_2 ,小型电商企业所得的收益为 I_1 .

通过上述的假设与分析,我们可以构建博弈策略及支付矩阵如下:

表2 博弈策略及支付矩阵。

		小型电商企业	
		与其它快递企业合作	与其它快递企业不合作
大型电商企业	构建地网	$I_2 + E_2 - P_2 - D_1, I_1 + E_1 - P_1 - D_2$	$I_2 + E_2 - P_2, I_1 - D_2 - L_1$
	不构建地网	$I_2 - D_1 - L_2, I_1 + E_1 - P_1$	I_2, I_1

2.2. 模型建立

假设在自然状态下,小型电商企业独立运营时的收益 I_1 和大型电商企业不构建地网时的收益 I_2 是保持不变的,因此表2可以简化为表3

由表3的支付矩阵可以建立复制者动态方程,假定大型电商企业构建地网的概率为 $x(0 < x < 1)$,则大型电商企业不构建地网的概率为 $1 - x$;小型电商企业与其他快递企

业合作的概率为 $y(0 < y < 1)$,则小型电商企业不与其他快递企业合作的概率为 $1 - y$.

小型电商企业选择与其他快递企业合作的期望收益为:

$$u_1 = x(E_1 - P_1 - D_2) + (1 - x)(E_1 - P_1) = E_1 - xD_2 - P_1 \quad (1)$$

小型电商企业选择不与其他快递企业合作的期望收益为:

$$u_2 = x(-D_2 - L_1) = -xD_2 - xL_1 \quad (2)$$

表3 博弈策略及支付矩阵。

		小型电商企业	
		与其它快递企业合作	与其它快递企业不合作
大型电商企业	构建地网	$E_2 - P_2 - D_1, E_1 - P_1 - D_2$	$E_2 - P_2, -D_2 - L_1$
	不构建地网	$-D_1 - L_2, E_1 - P_1$	$0, 0$

小型电商企业的平均收益为:

$$\bar{u} = yu_1 + (1 - y)u_2 = yE_1 - yP_1 - xD_2 - xL_1 + xyL_1 \quad (3)$$

大型电商企业选择构建地网的期望收益为:

$$v_1 = y(E_2 - P_2 - D_1) + (1 - y)(E_2 - P_2) = E_2 - yD_1 - P_2 \quad (4)$$

大型电商企业选择不构建地网的期望收益为:

$$v_2 = y(-D_1 - L_2) = -yD_1 - yL_2 \quad (5)$$

大型电商企业的平均收益为:

$$\bar{v} = xv_1 + (1 - x)v_2 = xE_2 - xP_2 - yD_1 - yL_2 + xyL_2 \quad (6)$$

由此我们可以建立复制者动态方程

$$\frac{y}{y} = u_1 - \bar{u} = (1 - y)(E_1 - P_1 + xL_1) \quad (7)$$

$$\frac{x}{x} = v_1 - \bar{v} = (1 - x)(E_2 - P_2 + yL_2) \quad (8)$$

令

$$F(y) = \dot{y} = y(u_1 - \bar{u}) \quad (9)$$

$$G(x) = \dot{x} = x(v_1 - \bar{v}) \quad (10)$$

则此方程组有五个不动点:

$$(0,0), (0,1), (1,0), (1,1), (x^*, y^*), \text{其中 } x^* = \frac{P_1 - E_1}{L_1}, y^* = \frac{P_2 - E_2}{L_2}$$

该系统的雅可比矩阵 J 为:

$$J = \begin{bmatrix} (1-2y)(E_1 - P_1 + xL_1) & y(1-2y)L_1 \\ x(1-2x)L_2 & (1-2x)(E_2 - P_2 + yL_2) \end{bmatrix} \quad (11)$$

雅可比矩阵 J 的行列式

$$\text{Det}J = (1-2x)(1-2y)(A + xL_1)(B + yL_2) - xy(1-x)(1-y)L_1L_2 \quad (12)$$

雅可比矩阵 J 的迹

$$\text{tr}J = (1-2y)(A + xL_1) + (1-2x)(B + yL_2) \quad (13)$$

令 $A = E_1 - P_1$, $B = E_2 - P_2$, $C = E_1 - P_1 + L_1$, $D = E_2 - P_2 + L_2$. 则当 $A > 0$ 时, 必有 $C > 0$; 当 $B > 0$ 时, 必有 $D > 0$.

通过计算可以得到, 在每一个不动点处雅可比矩阵的行列式和迹的值, 如表4所示:

表4 不同不动点的雅可比矩阵行列式取值。

均衡点	DetJ	TrJ
(0,0)	AB	A+B
(0,1)	-AD	D-A
(1,0)	-BC	C-B
(1,1)	CD	-C-D
(x*, y*)	$-\frac{ABCD}{L_1L_2}$	0

2.3. 模型分析

2.3.1. 演化情况分类讨论

(1) 群体策略演化一致的情况有六种, 在此我们只讨论其中的两种情形, 其余的四种情形的分析方法类似, 我们不再讨论. 对应的动力系统局部演化状态分析如表5所示:

表5 群体策略演化一致的稳定性分析。

(a)				(b)		
取值 情况	$A, B, C, D < 0$			$A, B, C, D > 0$		
平衡点	DetJ	TrJ	稳定性	DetJ	TrJ	稳定性
(0,0)	+	-	ESS	+	+	不稳定
(0,1)	-	N	鞍点	-	N	鞍点
(1,0)	-	N	鞍点	-	N	鞍点
(1,1)	+	+	不稳定	+	-	ESS

【注】当迹的正负无法确定时用“N”表示, 下同.

表5相应情形下所对应的相位图如图 (a)、图 (b) 所示:

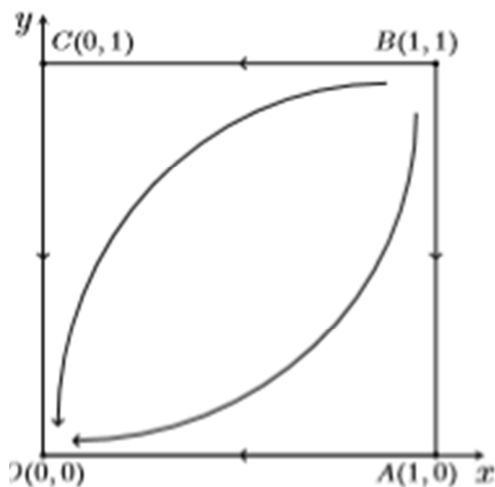


图 (a)

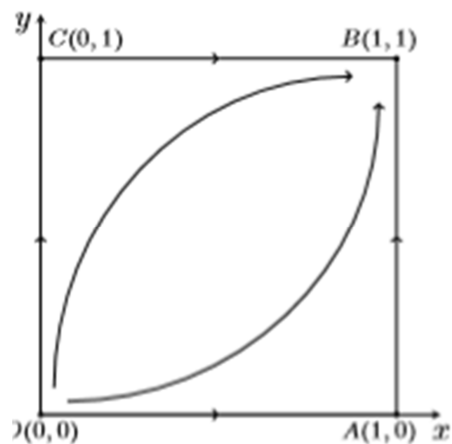


图 (b)

图4 群体策略一致情况下动力系统的演化相位图。

在情形(a)中, 群体的策略将演化为(不构建, 不合作). 因为 $A, B < 0$, 即对于大型电商企业与小型电商企业来说, 超额收益均小于所付出的成本. 此时, 参与博弈双方均存在严格占优策略: 大型电商企业不构建地下运输物流网, 小型电商企业不与其他物流企业合作. 虽然大型电商企业

不构建地下运输网或者小型电商企业不与其他物流合作会对自身造成一定的损失,但是在不构建或者不合作时的损失面前,不行动将会使得自身的损失最小化.故 $(0,0)$ 为最终的稳定状态.

在情形 (b) 中,群体的策略将演化为 (构建,合作). 因为 $A, B, C, D > 0$, 即对于大型电商企业与小型电商企业来说,超额收益均大于所付出的成本.此时,参与博弈

双方均存在严格占优策略: 大型电商企业构建地下运输物流网,小型电商企业与其他物流公司合作.故 $(1,1)$ 为最终的稳定状态.

(2)当群体演化策略分化时,即演化为 $(0,1)$ 或 $(1,0)$ 时,对应的动力系统局部演化状态分析如表6所示:

表6 群体策略演化分化情况的稳定性分析。

(c)				(d)		
取值	$A, C < 0$			$A, C > 0$		
情况	$B, D > 0$			$B, D < 0$		
平衡点	$DetJ$	TrJ	稳定性	$DetJ$	TrJ	稳定性
$(0,0)$	-	N	鞍点	-	N	鞍点
$(0,1)$	+	+	不稳定	+	-	ESS
$(1,0)$	+	-	ESS	+	+	不稳定
$(1,1)$	-	N	鞍点	-	N	鞍点

表6相应情形下所对应的相位图如图 (c)、图 (d) 所示:

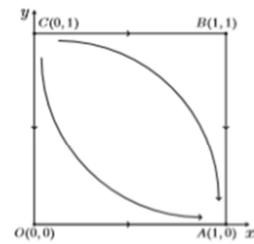


图 (c)

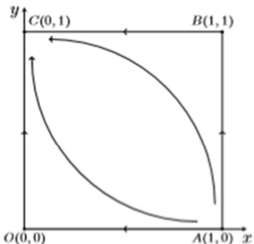


图 (d)

图5 群体策略分化情况下动力系统的演化相位图。

在情形 (c) 中,群体的策略将演化为 (构建,不合作). $A, C < 0$ 表明小型电商企业的超额收益小于所付出的成本,如果小型电商企业改为与其他快递合作不但没有利润,还将自身的损失增大. $B > 0$, 表明大型电商企业的超额收益大于所付出的成本.所以, (构建,不合作) 为博弈演化的结果.情形 (d) 的分析过程与上述过程类似.

(3)当群体演化策略取决于初始情况时,对应的动力系统局部演化状态分析如表7所示:

表7 群体策略演化依赖于初始状态的稳定性分析。

(e)			
取值情况	$A, B < 0$	$C, D > 0$	
平衡点	$DetJ$	TrJ	稳定性
$(0,0)$	+	-	ESS
$(0,1)$	+	+	不稳定
$(1,0)$	+	+	不稳定
$(1,1)$	+	-	ESS
(x^*, y^*)	-	0	鞍点

表7相应情形下所对应的相位图如图 (e) 所示:

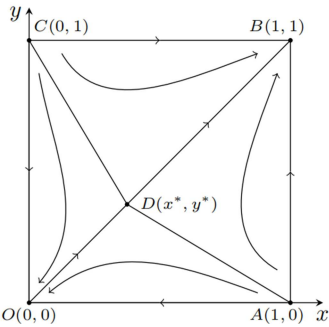


图 (e)

图6 群体策略依赖于初始条件的动力系统演化相位图。

在情形 (e) 中,对于博弈双方来说,存在 (构建,合作)、 (不构建,不合作) 两个均衡情况,而系统最终达到那种结果,依赖于群体初始状态时的选择 (x^*, y^*) . 当博弈双方初始状态的概率落在BADC内时,群体的演化结果将变为 (构建,合作); 当博弈双方初始状态的比例落在OADC内时,群体的演化结果将变为 (不构建,不合作).

2.3.2. 参数分析

通过以上分析我们可以看到,大型电商企业与小型电商企业竞争的博弈,最后演化的结果有多种可能性,但是最终的结果依赖于初始状态的选择,初始状态的不同促使博弈向不同的方向发展.下面,我们对模型中不同变量的变化进行讨论.

其他条件不变的情况下,各企业的成本 P_i 降低,随着鞍点D的移动,区域BADC的面积增大,OADC的面积减小,系统将演化为 (构建,合作); 其他条件不变的情况下,各企业的超额收益 E_i 增高,随着鞍点D的移动,区域BADC的面积增大,OADC的面积减小,系统将演化为 (构建,合作); 类似的,当不合作的损失 L_i 降低时,鞍点D将向下移动,区域BADC的面积减小,OADC的面积增大,系统的结果将稳定于 (不构建,不合作).

3. 结论及建议

3.1. 结论

本文基于演化博弈的视角,通过构建演化博弈模型,分析了大型电商企业是否构建地网以及小型电商企业是否与其他企业合作的策略性选择问题.根据博弈模型分析我们可以看出,大型电商企业构建地网是可以极大的有利于提高市场份额的占比和增加营业额收入,而小型电商企业与其他快递合作,可以延长企业活性,并可防止大型企业垄断物流资源,从而使企业继续生存.基于博弈模型的数据分析,我们可以清楚的看到,物流是影响电商企业的获利因素,但不是决定电商企业获利的决定因素.在此基础上,电商企业除了注重物流的影响因素外,更应该在企业本身的产业结构、资源配置、人力调配、产品优化方面进行全方位谋划和布局,将其电商本身的优势进一步扩大,增加电商的活性力度,更好的与市场需求匹配,这样才能保证电商企业的和谐健康发展.

3.2. 建议

综上所述,结合实际情况以及本文提出的影响因素,给出以下几点建议:

- 1) 小型电商企业物流要进一步获得更高的利润,首先要与优质的电商及优质的物流合作,从而提高双方的超额收益;
- 2) 企业可以出台一些优惠政策,从而降低合作成本来提高发展自身利益;
- 3) 企业要增强平台的保密机制.

基金项目

国家自然科学基金项目(71761031)。

参考文献

- [1] 骆温平,房冕,刘宗沅,潘巧虹.商业生态视角下电商物流平台企业合作演化研究——以菜鸟网络物流平台为例[J].中国流通经济,2019,33(10):3-12.
- [2] 田培琪.电子商务生态链协同竞争博弈模型构建[J].商业经济研究,2018(20):70-73.
- [3] 张月.网络内容服务商竞争行为的演化博弈分析[D].黑龙江大学,2014.
- [4] 杜志平,郭承丽,鲁文豪,付帅帅.基于演化博弈的跨境电商物流联盟合作分析[J].数学的实践与认识,2019,49(10):22-32.
- [5] 王蓓,李平,聂剑平.基于演化博弈理论情境的跨境电商物流结构策略探析——以唯品会为例[J].商业经济研究,2018(15):107-110.
- [6] 王清华.基于博弈论的菜鸟物流与快递企业的合作关系研究[D].西南石油大学,2017.
- [7] 王清华,何山,何文胜.菜鸟物流与快递企业合作关系的演化博弈研究[J].物流科技,2017,40(03):29-31.
- [8] 张维迎.博弈论与信息经济学[M].上海人民出版社,2005.
- [9] Daniel Friedman.On economic applications of evolutionary game theory [J]. Journal of Evolutionary Economics, 1998, Vol8 (1), pp15-43.
- [10] Weibull J. W. Evolutionary game theory.Cambridge: MIT Press, 1998, 32-48.
- [11] Friedman D. Evolutionary games in economics.Econometric, 1991, (3): 327-666.
- [12] 付帅帅.基于系统动力学的跨境电商物流联盟运作风险演化博弈[D].北京物资学院,2019.
- [13] 王世磊,严广乐,李贞.逆向物流的演化博弈分析[J].系统工程学报,2010,25(04):520-525.
- [14] 李显琴.演化博弈论视角下总承包商对第三方物流的选择[D].西华大学,2019.
- [15] 徐耀群,于骐嘉,郑艺.网购模式下生鲜农产品冷链物流演化博弈分析[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2019,35(06):753-757.
- [16] 冀雪娟,冀巨海.“互联网+”下我国B2C电子商务物流配送模式研究[J].黑龙江畜牧兽医,2017(08):280-282.
- [17] 李艳茹.电商平台自营物流下终端配送模式创新[J].现代经济信息,2019(19):327+332.
- [18] 李艳梅.电商企业的物流成本控制研究[J].中国商论,2019(21):11-12.