

doi:10.16055/j.issn.1672-058X.2022.0004.008

生产商、批发商和销售商信息合作行为的演化博弈

王华辉¹, 张成堂²

(1. 安徽农业大学 经济管理学院, 合肥 230036;

2. 安徽农业大学 理学院, 合肥 230036)

摘要:针对低碳农产品供应链信息共享机制不完全与合作商之间存在博弈的现象,提出生产商、批发商和销售商信息合作演化路径,为了探究供应商信息合作的因素和利益关系,构建 3 种信息合作演化博弈模型;首先,求解出生产商与批发商合作模型和批发商与销售商合作模型以及 3 方信息合作模型下的演化博弈均衡解,通过对模型稳定性的分析,得到在供应链成员行为决策和期望利润驱使下系统整体随时间变化的动态趋势;然后,将不同信息合作下的决策行为进行仿真分析,并对比 3 种模型,探索得出均衡策略和影响因素的作用原理;最后研究结论表明:选择合作收益大于非合作情况下的收益,并且演化博弈系统最终趋向于合作博弈策略,使总体和个体达到收益最大化。

关键词:信息合作;演化博弈;供应链管理;均衡策略

中图分类号:F274

文献标志码:A

文章编号:1672-058X(2022)04-0060-12

0 引言

在农产品供应链中,如何决策选择才能获取最大利益是各企业十分关注的话题,亦是供应链管理中的难题。在农产品市场中,由于部分农业企业的技术革新,使得市场竞争上升至供应链水平。以大小农户、农场等为主的农产品生产商给予市场丰富的资源供给;在责任日益细化的市场,为了扩大市场供给范围,批发商提供了农产品中转服务;销售商处在供应链的下游,直接接触广大消费者,是获取市场需求较为直接的一方。农产品传统的流通和销售模式难以和高速发展的农业生产相匹配。这种上下游供应链信息不匹配现象,会打击农户与农场的生产

积极性,不利于农业的振兴。

目前关于农产品供应链信息共享的研究,大多数学者从机制、行为决策和影响因素等方面着手。徐生菊等^[1]以 MOA 理论为基础,将信息共享的因素归纳为能力、机遇和动机三方面,构建模型并实证,提出建议与对策;王元卓等^[2]研究了群体合作行为的稳定维持和演化,总结了网络群体行为和随机演化博弈模型的若干研究和分析方法,探讨了应用随机演化博弈模型进行网络群体行为研究的可行性;吴洁等^[3]构建了政府引导、高校牵头、企业参与的协同创新演化博弈模型,分析了三方在协同创新过程中的策略选择,并用仿真分析研究了政产学研协同创新策略选择的影响因素;孙春吉等^[4]以计划行为理论为基础,将影响供应链信息共享的因素

收稿日期:2021-06-07;修回日期:2021-07-14.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71771003,71802004);安徽省自然科学基金资助项目(1808085MG215,1808085QG231,1908085MG228);安徽农业大学引进与稳定人才项目(WD2018-11).

作者简介:王华辉(1991—),男,安徽阜阳人,硕士研究生,从事农业管理、农业工程与供应链研究.

通讯作者:张成堂(1976—),男,安徽合肥人,教授,博士,从事运筹与决策、供应链管理研究. Email:zct@ahau.edu.cn.

归纳为态度、主观行为规范、行为控制等三方面;徐升华等^[5]在总结前人研究的基础上,提出农产品供应链信息合作的概念模型,引用系统动力学的方法模拟信息共享的演化过程,提出管理对策;邱洪全^[6]以生鲜农产品供应链知识共享为例,运用Stackelberg构建博弈模型,并从共享的前提和条件、共享的激励机制及共享的渠道和平台来探讨决策行为。

上述研究均从静态角度分析研究,所研究的供应链节点有限,而供应链节点之间的信息合作是一个动态变化的过程。基于此,本文采用演化博弈方法对低碳农产品供应链信息合作的演化过程与影响因素进行判断,构建演化博弈模型,分析各个因素及其产生的变化对博弈过程的影响,丰富了低碳农产品供应链信息合作理论,促进了供应链各节点之间的信息合作。

1 模型假设与符号设定

1.1 模型假设

生产商、批发商与销售商合作程度不同,影响演化博弈系统的稳定性,有以下规定:

假设1 合作方包括生产商(M)、批发商(D)与销售商(R),三方都是有限理性的,由于牵涉到利益关系,三方中,生产商与批发商、批发商与销售商合作,生产商不能直接与销售商合作,其决策分为两种:合作类型与不合作类型。

假设2 如果三方采用合作策略,生产商、批发商和销售商的利润分别为 W_1, W_2 和 W_3 ;反之分别为 W_4, W_5 和 W_6 ,其期望利润为 $\overline{W}_{14}, \overline{W}_{25}$ 和 \overline{W}_{36} 。

假设3 假设 X 为生产商选择合作策略的概率,反之为 $1-X$; Y 为批发商选择合作策略的概率,反之为 $1-Y$; Z 为销售商选择合作策略的概率,反之为 $1-Z$ 。可用 $[0,1] \times [0,1]$ 区域上的点 (X, Y) 和 (Y, Z) 表示在演化博弈系统上的状态。

假设4 通过综合考虑收益和成本来决定生产商、批发商和销售商的选择策略,合作行为是一个不完全合作下的动态决策过程。

1.2 符号设定

$A_i (i=1,2,3)$ 表示参与主体合作前的收益,其中 $i=1$ 时,表示生产商是博弈主体; $i=2$ 时,表示批

发商是博弈主体; $i=3$ 时,表示销售商是博弈主体。

$B_i (i=1,2,3)$ 表示参与主体的信息储备量。当双方采用合作博弈策略,其中一方的信息储备量越多,则另外一方所获得的直接信息收益就会越多。

$\delta_i (i=1,2,3)$ 表示生产商、批发商与销售商三方信息共享系数。

$\lambda_i (i=1,2,3)$ 表示三方信息转化能力系数。

$\lambda_i \delta_i B_i$ 表明制造商、批发商和销售商选择合作,以获得直接利益,这是在博弈中双方采用信息共享从对方接收信息带来的收益。

$S_i (i=1,2,3)$ 表示在生产商、批发商与销售商三方中,其中一方或几方信息有泄漏,从整体信息泄漏中获得的溢出收益;一般情况下, $\lambda_i \delta_i B_i > S_i$ 。

C_1 表示生产商和批发商进行信息共享时产生的信息合作成本(β 表示生产商分担信息成本比例, $1-\beta$ 表示批发商分担信息成本比例)。

C_2 表示批发商与销售商选择信息共享时的信息合作成本(α 表示销售商分担信息成本比例, $1-\alpha$ 表示批发商分担信息成本比例)。

当生产商、批发商和销售商三方选择合作时,生产商、批发商和销售商三者合作的总成本是 $C=C_1+C_2$ 。

2 演化博弈模型建立与求解

生产商、批发商和销售商之间的合作分为两段,第一段为生产商与批发商,第二段为批发商与销售商,每段分为合作与不合作二种行为决策。三方决策行为集合大致有 $(MUDUR), (MUD \cap R), (M \cap D \cap R)$,大致有以下情况,如表1。根据模型假设,双方的收支情况包括以下几方面:合作前的原始收益;信息合作时获得的直接收益;由于信息泄露获得的溢出收益;合作需要承担的成本。由此可以推导出生产商、批发商和销售商实行合作共享时的收益,以下建立演化博弈支付矩阵,如表2和表3。

表1 生产商、批发商和销售商合作情况表

Table 1 Cooperation between manufacturers, wholesalers and sellers

决策情况	批发商-销售商		
	合作 C	不合作 N	
生产商-批发商	合作 C	(C, C)	(C, N)
	不合作 N	(N, C)	(N, N)

表 2 生产商与批发商合作演化博弈支付矩阵

Table 2 Payment matrix of evolutionary game for cooperation between manufacturers and wholesalers

概 率		批发商	
		合作 Y	不合作(1-Y)
生产商	合作 X	$(A_1 + \lambda_1 \delta_2 B_2 - \beta C_1, A_2 + \lambda_1 \delta_2 B_1 - (1-\beta) C_1)$	$(A_1 - \beta C_1, A_2 + S_2)$
	不合作(1-X)	$(A_1 + S_1, A_2 - (1-\beta) C_1)$	(A_1, A_2)

表 3 批发商与销售商合作演化博弈支付矩阵

Table 3 Payment matrix of evolutionary game for cooperation between wholesalers and sellers

概 率		销售商	
		合作 Z	不合作(1-Z)
批发商	合作 Y	$(A_2 + \lambda_2 \delta_3 B_3 - (1-\alpha) C_2, A_3 + \lambda_3 \delta_2 B_2 - \alpha C_2)$	$(A_2 - (1-\alpha) C_2, A_3 + S_3)$
	不合作(1-Y)	$(A_2 + S_2, A_3 - \alpha C_2)$	(A_2, A_3)

2.1 生产商与批发商信息合作模型($M \cap D \cup R$)

2.1.1 模型构建

根据表 2, 生产商采用合作与不合作的平均收益分别为 $W_1 = Y\lambda_1\delta_2B_2 - \beta C_1 + A_1$, $W_4 = A_1 + YS_1$; 于是生产商的期望收益为 $\overline{W}_{14} = XW_1 + (1-X)W_4$ 。

在与生产商的博弈中, 批发商采取合作与不合作的平均收益分别为 $W_2 = X\lambda_2\delta_1B_1 - (1-\beta)C_1 + A_2$, $W_5 = A_2 + XS_2$; 于是批发商的期望收益为 $\overline{W}_{25} = YW_2 + (1-Y)W_5$ 。

生产商与批发商之间动态博弈方程为

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = X(1-X) [Y(\lambda_1\delta_2B_2 - S_1) - \beta C_1] = \mu(X, Y) \\ \frac{dY}{dt} = Y(1-Y) [X(\lambda_2\delta_1B_1 - S_2) - (1-\beta)C_1] = \nu(X, Y) \end{cases}$$

令 $\frac{dX}{dt} = 0$, $\frac{dY}{dt} = 0$, 得到方程 5 个可能的平衡点:

$(0, 0)$, $(0, 1)$, $(1, 0)$, $(1, 1)$, (X^*, Y^*) , 其中,

$$X^* = \frac{(1-\beta)C_1}{\lambda_2\delta_1B_1 - S_2}, Y^* = \frac{\beta C_1}{\lambda_1\delta_2B_2 - S_1}$$

令 $H = \lambda_2\delta_1B_1 - S_2$, $G = \lambda_1\delta_2B_2 - S_1$, $M = (1-\beta)C_1$, $N = \beta C_1$, 得到雅克比矩阵为

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial \mu}{\partial X} & \frac{\partial \mu}{\partial Y} \\ \frac{\partial \nu}{\partial X} & \frac{\partial \nu}{\partial Y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (1-2X)(YG-N), X(1-X)G \\ Y(1-Y)H, (1-2Y)(XH-M) \end{pmatrix}$$

故有

$$\text{tr } J = (1-2X)(YG-N) + (1-2Y)(XH-M)$$

$$\det J = (1-2X)(1-2Y)(YG-N)(XH-M) - XY(1-X)(1-Y)GH$$

根据基本数学知识知演化博弈平衡点满足 $\text{tr } J < 0$, 且 $\det J > 0$ 时, 所得平衡点则演化为博弈平衡点, 就是演化博弈稳定策略。

因为

$$X^* = \frac{(1-\beta)C_1}{\lambda_2\delta_1B_1 - S_2} = \frac{M}{H} \in (0, 1) \quad (1)$$

$$Y^* = \frac{\beta C_1}{\lambda_1\delta_2B_2 - S_1} = \frac{N}{G} \in (0, 1) \quad (2)$$

$0 < \frac{M}{H} < 1$, $0 < \frac{N}{G} < 1$, 且 $M, N > 0$, 所以 $H, G > 0$ 。即得出当 $H > 0$ 且 $G > 0$ 时, $0 < M < H$, $0 < N < G$ 。

2.1.2 稳定性分析

为方便起见, 对系统的稳定性进行分析, 将按照 H, G, M, N 的相对大小, 对部分具有代表性的情况进行计算分析, 且列出结果, 如表 4 所示。

表 4 平衡点的局部平衡稳定分析($0 < M < H, 0 < N < G$)Table 4 Local equilibrium stability analysis of equilibrium points($0 < M < H, 0 < N < G$)

平衡点	$\text{tr } J$	符 号	$\det J$	符 号	稳定性判断
$O(0, 0)$	$-N-M$	-	MN	+	ESS
$A(0, 1)$	$G+M-N$	+	$M(G-N)$	+	不稳定点
$C(1, 0)$	$H+N-M$	+	$N(H-M)$	+	不稳定点
$B(1, 1)$	$N-G+M-H$	-	$(G-N)(H-M)$	+	ESS
$D(X^*, Y^*)$	0		$-MN\left(1-\frac{N}{G}\right)\left(1-\frac{M}{H}\right)$	-	鞍点

通过表 4 不难发现(表 6 结果相同,不赘述):在 5 个可能局部均衡点中, $O(0,0)$ 和 $B(1,1)$ 具有局部稳定均衡性,即生产商和批发商分别选择不合作策略与合作策略,本文称之为演化稳定策略 ESS。同时有 $A(0,1)$ 和 $C(1,0)$ 是两个不稳定的平衡点及鞍点 D 。该演化系统的相位图描绘出双方动态博弈的演化过程,如图 1 和图 2 所示。

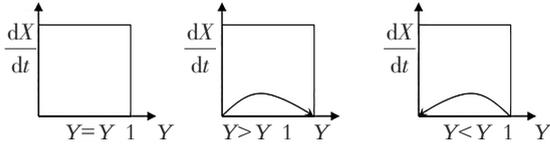


图 1 信息共享合作过程中生产商的复制动态相位图

Fig. 1 The replication dynamic phase diagram of manufacturers in the process of information sharing and cooperation

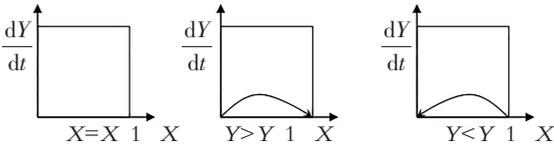


图 2 信息共享合作过程中批发商的复制动态相位图

Fig. 2 The replication dynamic phase diagram of wholesalers in the process of information sharing and cooperation

在生产商与销售商的合作过程中,由于合作程度不同而有的博弈演化,将生产商和批发商的合作共享复制动态相位图放在一个坐标系中,可得图 3。

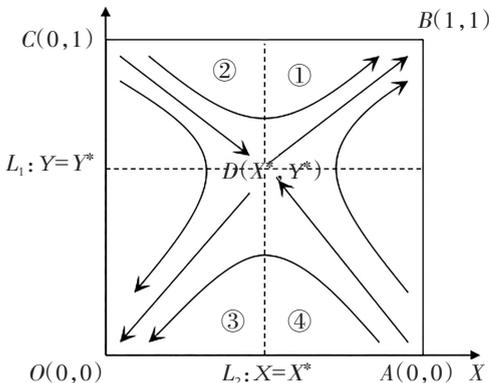


图 3 生产商与批发商合作的复制动态相位图

Fig. 3 The replication dynamic phase diagram of cooperation between manufacturer and wholesaler

从图 3 可观察到,演化博弈系统最终趋向于 $O(0,0)$ 和 $B(1,1)$ 两点,这分别是两个演化博弈系统稳定点,是两种演化博弈策略,分别趋向于合作和不合作。整个系统平面被虚线 $L_1: Y = Y^*$ 和 $L_2: X = X^*$ 划分成 4 个象限,在系统中,不同的初始位置决定了不同的结果,具体情况如下文所述。

如果当演化博弈系统初始位置处于第三象限③

时,生产商与批发商采用合作策略概率小于 X^* 和 Y^* ,演化稳定策略 ESS 趋向于 $X=0$ 和 $Y=0$,即生产商和批发商都将采取不合作策略,合作收益无法获得。

当演化博弈系统初始位置位于第一象限①时,生产商与批发商采用合作策略的概率大于 X^* 和 Y^* ,演化博弈系统 ESS 趋向于 $X=1, Y=1$,即生产商和批发商将采取合作策略,这时合作收益逐渐增加,并且整体效益有所提升。

如果当演化博弈系统初始位置处于第三象限③和第四象限④时,演化博弈将产生两种可能的结果,其中一种可能结果是趋向于原点 $O(0,0)$,另一种可能结果是趋向于 $B(1,1)$,最终演化均衡与有关方的政策调整有关,调整越快,趋于稳定越快。当演化博弈系统初始位置处于第二象限时,如果动态演化博弈通过虚线 $L_2: X = X^*$ 进入第一象限,则最终的均衡结果趋向于 $X=1, Y=1$ 。如果动态演化博弈通过虚线 $L_1: Y = Y^*$ 进入第三象限,则最终的均衡结果趋向于 $X=1, Y=1$ 。如若演化博弈系统初始位置处于第四象限,其结果恰恰与第二象限相反。

2.1.3 演化博弈模型分析

从模型可以看出,生产商与批发商之间的合作博弈结果稳定与博弈矩阵有密切的关系,在复制动态博弈图中,若要动态博弈趋向 $B(1,1)$ 的概率增加,就需要面积 S_{ABCD} 增加, S_{ABCD} 增加时,其在整个相位图中的比重也相应增加,即趋向 $B(1,1)$ 的概率增加。有 $\gamma, \beta, B_i, \delta_i, \lambda_i, S_i, C_i > 0, \lambda_2 \delta_1 B_1 > S_2, \lambda_1 \delta_2 B_2 > S_1, S_{ABCD}$ 公式如下:

$$S_{ABCD} = \frac{1}{2} \times 1 \times (1 - X^*) + \frac{1}{2} \times 1 \times (1 - Y^*) = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{(1-\beta)C_1}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2} + \frac{\beta C_1}{\lambda_1 \delta_2 B_2 - S_1} \right)$$

(1) 合作成本 C_1 。将面积 S_{ABCD} 对 C_1 求偏导,得 $\frac{dS}{dC_1} = -\frac{1}{2} \times \left(\frac{1-\beta}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2} + \frac{\beta}{\lambda_1 \delta_2 B_2 - S_1} \right)$,随着 C_1 的增大, S_{ABCD} 在减少,可见若要使 S_{ABCD} 增大,需要降低合作双方的合作成本,合作双方应加大合作力度,提高自身的能力,则系统收敛于 $B(1,1)$ 的概率增加。

(2) 信息转化能力 λ_i 。对于 $S_{ABCD} = 1 - \frac{1}{2} \times \left(\frac{(1-\beta)C_1}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2} + \frac{\beta C_1}{\lambda_1 \delta_2 B_2 - S_1} \right)$,将 S_{ABCD} 对于 λ_i 求偏导,可以得到

$$\frac{dS}{d\lambda_1} = \frac{\beta C_1 \delta_2 B_2}{2(\lambda_1 \delta_2 B_2 - S_1)^2} > 0$$

$$\frac{dS}{d\lambda_2} = \frac{(1-\beta) C_1 \delta_1 B_1}{2(\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2)^2} > 0$$

随着自身信息转化能力 λ_i 的提高,面积 S_{ABCD} 随之增加,系统趋于 $B(1,1)$ 的可能性提升。因此,要提高自身科技水平,增强信息转化能力和运营管理水平。

(3) 参与主体信息储备量 B_i 。将 S_{ABCD} 对于 B_i 求偏导,可以得到

$$\frac{dS}{dB_1} = \frac{(1-\beta) C_1 \lambda_2 \delta_1}{2(\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2)^2} > 0$$

$$\frac{dS}{dB_2} = \frac{\beta C_1 \lambda_1 \delta_2}{2(\lambda_1 \delta_2 B_2 - S_1)^2} > 0$$

随着参与主体信息储备量 B_i 的增加, S_{ABCD} 也随之增加。因此,参与主体要多收集信息,提高信息储备量,增加 S_{ABCD} 在整个演化系统所占的比重。

(4) 溢出收益 S_i 。将 S_{ABCD} 对溢出收益 S_i ($i=1,2,3$) 求偏导,得到

$$\frac{dS}{dS_1} = \frac{-\beta C_1}{2(\lambda_1 \delta_2 B_2 - S_1)^2} < 0$$

$$\frac{dS}{dS_2} = \frac{-(1-\beta) C_1}{2(\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2)^2} < 0$$

表示在生产商、批发商与销售商三方中,其中一方或几方信息有泄漏时,从整体信息泄漏中获得的溢出收益。当溢出收益增加时,批发商和生产商将趋于不合作,整体的收益将减少, S_{ABCD} 在演化系统中的概率将减少。所以要促进生产商和批发商之间的合作,减少因信息泄漏产生的投机行为,否则不利于整体利益的提高,无法促进 S_{ABCD} 的概率在演化博弈系统中整体提升。

2.2 批发商与销售商信息合作模型 ($M \cup D \cap R$)

2.2.1 模型构建

当批发商与销售商合作时,根据表 3,批发商采用合作与不合作的平均收益分别为 $W_2 = Z\lambda_2\delta_3B_3 - (1-\alpha)C_2 + A_2$, $W_5 = A_2 + ZS_2$; 于是批发商的期望收益

为 $\overline{W}_{25} = YW_2 - (1-Y)W_5$ 。

销售商采用合作与不合作的平均收益分别为 $W_3 = Y\lambda_3\delta_2B_2 - \alpha C_2 + A_2$, $W_6 = A_3 + YS_3$; 于是销售商的期望收益为 $\overline{W}_{36} = ZW_3 + (1-Z)W_6$ 。

为比较批发商与销售商之间的关系,建立批发商与销售商之间的动态博弈矩阵为

$$\begin{cases} \frac{dY}{dt} = Y(1-Y) [Z(\lambda_2\delta_3B_3 - S_2) - (1-\alpha)C_2] = k(Y, Z) \\ \frac{dZ}{dt} = Z(1-Z) [Y(\lambda_3\delta_2B_2 - S_3) - \alpha C_2] = h(Y, Z) \end{cases}$$

令 $\frac{dY}{dt} = 0, \frac{dZ}{dt} = 0$, 得到方程 5 个可能的平衡点:

$(0,0), (0,1), (1,0), (1,1), (Y^*, Z^*)$, 其中

$$Y^* = \frac{\alpha C_2}{\lambda_2 \delta_2 B_2 - S_3} \quad (3)$$

$$Z^* = \frac{(1-\alpha) C_2}{\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2} \quad (4)$$

令 $K = (1-\alpha)C_2, F = \alpha C_2, E = \lambda_2\delta_3B_3 - S_2, D = \lambda_3\delta_2B_2 - S_3$, 则雅克比矩阵为

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial k}{\partial Y} & \frac{\partial k}{\partial Z} \\ \frac{\partial h}{\partial Y} & \frac{\partial h}{\partial Z} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (1-2Y)(ZE-K), Y(1-Y)E \\ Z(1-Z)D, (1-2Z)(YD-F) \end{pmatrix}$$

因此有

$$\text{tr } J = (1-2Y)(ZE-K) + (1-2Z)(YD-F)$$

$$\det J = (1-2Y)(1-2Z)(ZE-K)(YD-F) - YZ(1-Y)(1-Z)DE$$

2.2.2 稳定性分析

当满足 $\text{tr } J < 0$ 且 $\det J > 0$ 时,所得平衡点为演化博弈平衡点,即演化博弈稳定策略。因为 $C_2 > 0, \alpha \geq 0, 1-\alpha \geq 0, 0 < Y^* < 1, 0 < Z^* < 1$, 所以 $E = \lambda_2\delta_3B_3 - S_2 > 0, D = \lambda_3\delta_2B_2 - S_3 > 0, 0 < K < E, 0 < F < D$, 得到平衡点的局部平衡稳定分析(表 5)。

其演化分析结果如生产商与批发商模式,此处不再赘叙。

表 5 平衡点的局部平衡稳定分析 ($0 < K < E, 0 < F < D$)

Table 5 Local equilibrium stability analysis of equilibrium points ($0 < K < E, 0 < F < D$)

平衡点	$\text{tr } J$	符 号	$\det J$	符 号	稳定性判断
$O(0,0)$	$-K-F$	-	KF	+	ESS
$A(0,1)$	$E+F-K$	+	$F(E-K)$	+	不稳定点
$C(1,0)$	$K+D-F$	+	$K(D-F)$	+	不稳定点
$B(1,1)$	$K-E+F-D$	-	$(K-E)(F-D)$	+	ESS
$D(X^*, Y^*)$	0		$-KF \left(1 - \frac{F}{D}\right) \left(1 - \frac{K}{E}\right)$	-	鞍点

2.3 三方信息合作模型(M∩D∩R)

生产商-批发商与批发商-销售商合作演化博

2.3.1 模型构建

弈支付矩阵如表6所示。

表6 生产商-批发商与批发商-销售商合作演化博弈支付矩阵

Table 6 The payment matrix of evolutionary game for the cooperation between producer-wholesaler and wholesaler-seller

概 率		批发商-销售商	
		合作 YZ	不合作 (1-YZ)
生 产 商	合作	$Y\lambda_1\delta_2B_2 - \beta C_1 + A_1 + X\lambda_2\delta_1B_1 - (1-\beta)C_1 + A_2 + Z\lambda_2\delta_3B_3 - (1-\alpha)C_2$	$Y\lambda_1\delta_2B_2 - \beta C_1 + A_1 + X\lambda_2\delta_1B_1 - (1-\beta)C_1 + A_2 - (1-\alpha)C_2$
	XY	$Z\lambda_2\delta_3B_3 - (1-\alpha)C_2 + A_2 + Y\lambda_3\delta_2B_2 - \alpha C_2 + A_3 + X\lambda_2\delta_1B_1 - (1-\beta)C_1$	$X\lambda_2\delta_1B_1 - (1-\beta)C_1 - (1-\alpha)C_2 + A_2 + YS_3 + A_3$
批 发 商	不合作	$Z\lambda_2\delta_3B_3 - (1-\alpha)C_2 - (1-\beta)C_1 + A_2 + YS_1 + A_1$	$A_1 + A_2$
	(1-XY)	$Z\lambda_2\delta_3B_3 - (1-\alpha)C_2 + A_2 + Y\lambda_3\delta_2B_2 - \alpha C_2 + A_3 - (1-\beta)C_1$	$A_2 + A_3$

在生产商-批发商这一段上采用合作与不合作的平均收益:

$$W_{12} = YZ(Y\lambda_1\delta_2B_2 + X\lambda_2\delta_1B_1 + Z\lambda_2\delta_3B_3) - C_1 - (1-\alpha)C_2 + A_2 + A_1$$

$$W_{45} = YZ(Z\lambda_2\delta_3B_3 + YS_1) - (1-\alpha)C_2 - (1-\beta)C_1 + A_1 + A_2$$

于是生产商-批发商的期望收益为

$$\overline{W}_{12,45} = XYW_{12} + (1-XY)W_{45} = XY \left[\begin{array}{l} YZ(Y\lambda_1\delta_2B_2 + X\lambda_2\delta_1B_1 + Z\lambda_2\delta_3B_3) \\ -C_1 - (1-\alpha)C_2 + A_2 + A_1 \end{array} \right] + (1-XY) \left[\begin{array}{l} YZ(Z\lambda_2\delta_3B_3 + YS_1) \\ - (1-\beta)C_1 - (1-\alpha)C_2 + A_2 + A_1 \end{array} \right]$$

在批发商-销售商这一段上采用合作与不合作的平均收益为

$$W_{23} = XY(Z\lambda_2\delta_3B_3 + Y\lambda_3\delta_2B_2 + X\lambda_2\delta_1B_1) - C_2 - (1-\beta)C_1 + A_2 + A_3$$

$$W_{56} = XY(X\lambda_2\delta_1B_1 + YS_3) - (1-\beta)C_1 - (1-\alpha)C_2 + A_2 + A_3$$

于是批发商-销售商的期望收益为

$$\overline{W}_{23,56} = YZW_{23} + (1-YZ)W_{56} = YZ \left[\begin{array}{l} XY(Z\lambda_2\delta_3B_3 + Y\lambda_3\delta_2B_2 + X\lambda_2\delta_1B_1) \\ -C_2 - (1-\beta)C_1 + A_2 + A_3 \end{array} \right] + (1-YZ) \left[\begin{array}{l} XY(X\lambda_2\delta_1B_1 + YS_3) \\ - (1-\beta)C_1 - (1-\alpha)C_2 + A_2 + A_3 \end{array} \right]$$

为了比较生产商-批发商与批发商-销售商之间的关系,建立动态博弈方程为

$$\begin{cases} \frac{d(XY)}{dt} = XY(1-XY) [YZ(Y\lambda_1\delta_2B_2 + X\lambda_2\delta_1B_1 - YS_1) - \beta C_1] - \mu(XY, YZ) \\ \frac{d(YZ)}{dt} = YZ(1-YZ) [XY(Z\lambda_2\delta_3B_3 + Y\lambda_3\delta_2B_2 - YS_3) - \alpha C_2] - \nu(XY, YZ) \end{cases}$$

令 $\frac{d(XY)}{dt} = 0, \frac{d(YZ)}{dt} = 0$, 得到方程可能的平衡点 $(XY, YZ): (0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1), ((XY)^*, (YZ)^*)$, 其中

$$(XY)^* = \frac{\alpha C_2}{Y(\lambda_3\delta_2B_2 - S_3) + Z\lambda_2\delta_3B_3} \quad (5)$$

$$(YZ)^* = \frac{\beta C_1}{Y(\lambda_1\delta_2B_2 - S_1) + X\lambda_2\delta_1B_1} \quad (6)$$

将式(1)和式(2)代入式(5),将式(3)和式(4)代入式(6), 所以得

$$(XY)^* = \frac{\alpha C_2}{\alpha C_2 + \frac{(1-\alpha)C_2}{\lambda_2\delta_3B_3 - S_2} \lambda_2\delta_3B_3} = \frac{\alpha(\lambda_2\delta_3B_3 - S_2)}{\lambda_2\delta_3B_3 - \alpha S_2} \quad (7)$$

$$(YZ)^* = \frac{\beta C_1}{\beta C_1 + \frac{(1-\beta)C_1}{\lambda_2\delta_1B_1 - S_2} \lambda_2\delta_1B_1} = \frac{\beta(\lambda_2\delta_1B_1 - S_2)}{\lambda_2\delta_1B_1 - \beta S_2} \quad (8)$$

将动态博弈方程进行代换得

$$\begin{cases} \mu(XY, YZ) = XY(1-XY) \left(YZ \frac{C_1(\lambda_2\delta_1B_1 - \beta S_2)}{\lambda_2\delta_1B_1 - S_2} - \beta C_1 \right) \\ \nu(XY, YZ) = YZ(1-YZ) \left(XY \frac{C_2(\lambda_2\delta_3B_3 - \alpha S_2)}{\lambda_2\delta_3B_3 - S_2} - \alpha C_2 \right) \end{cases}$$

则雅克比矩阵为

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial \mu}{\partial (XY)}, \frac{\partial \mu}{\partial (YZ)} \\ \frac{\partial \nu}{\partial (XY)}, \frac{\partial \nu}{\partial (YZ)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (1-2XY) \left(YZ \frac{C_1(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2)}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2} - \beta C_1 \right), \\ XY(1-XY) \frac{C_1(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2)}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2}, \\ YZ(1-YZ) \frac{C_2(\lambda_2 \delta_3 B_3 - \alpha S_2)}{\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2}, \\ (1-2YZ) \left(XY \frac{C_2(\lambda_2 \delta_3 B_3 - \alpha S_2)}{\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2} - \alpha C_2 \right) \end{pmatrix}$$

$$\det J = (1-2(XY)) \left[(YZ) \frac{C_1(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2)}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2} - \beta C_1 \right] \cdot (1-2(YZ)) \left[(XY) \frac{C_2(\lambda_2 \delta_3 B_3 - \alpha S_2)}{\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2} - \alpha C_2 \right] - (XY)(1-XY)(YZ)(1-YZ) \times \frac{C_1(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2) C_2(\lambda_2 \delta_3 B_3 - \alpha S_2)}{(\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2)(\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2)}$$

故有

$$\text{tr } J = (1-2(XY)) \left[(YZ) \frac{C_1(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2)}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2} - \beta C_1 \right] +$$

2.3.2 稳定性分析

满足 $\text{tr } J < 0$ 且 $\det J > 0$ 时, 所得平衡点为演化博弈平衡点, 即演化博弈稳定决策。

按照 $N, F, YG+X\theta, YD+Z\varphi$ 相对大小, 需要对稳定性进行分析, 为方便起见, 仅对部分具有代表性的情况进行计算分析, 且列出结果, 如表 7。

表 7 平衡点的局部平衡稳定分析 ($0 < N < YG+X\theta$ 和 $0 < F < YD+Z\varphi$)

Table 7 Local equilibrium stability analysis of equilibrium points ($0 < N < YG+X\theta$ & $0 < F < YD+Z\varphi$)

平衡点	$\text{tr } J$	符号	$\det J$	符号稳定性判断
$O(0,0)$	$-\beta C_1 - \alpha C_2$		$\alpha \beta C_1 C_2$	+ ESS
$A(0,1)$	$\frac{C_1 \lambda_2 \delta_1 B_1 (1-\beta)}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2} + \alpha C_2$	+	$\frac{\alpha C_1 C_2 \lambda_2 \delta_1 B_1 (1-\beta)}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2}$	+ 不稳定点
$C(1,0)$	$\frac{C_2 \lambda_2 \delta_3 B_3 (1-\alpha)}{\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2} + \beta C_1$	+	$\frac{\beta C_1 C_2 \lambda_2 \delta_3 B_3 (1-\alpha)}{\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2}$	+ 不稳定点
$B(1,1)$	$\frac{C_1 \lambda_2 \delta_1 B_1 (\beta-1)}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2} + \frac{C_2 \lambda_2 \delta_3 B_3 (\alpha-1)}{\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2}$	-	$\frac{(\alpha-1)(\beta-1) C_1 C_2 \lambda_2^2 \delta_1 \delta_3 B_1 B_3}{(\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2)(\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2)}$	+ ESS
$D((XY)^*, (YZ)^*)$	0		$\frac{\alpha \beta (1-\alpha)(1-\beta) C_1 C_2 \lambda_2^2 \delta_1 \delta_3 B_1 B_3}{(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2)}$	- 鞍点

在生产商与销售商的合作过程中, 由于合作程度不同而有的博弈演化, 将生产商和批发商的合作共享复制动态相位图放在一个坐标系中, 可得图 4。

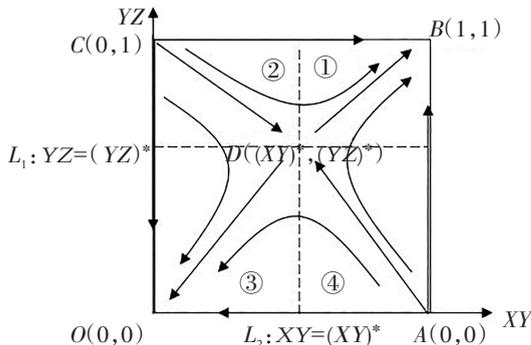


图 4 生产商-批发商和批发商-销售商合作的复制动态相位图

Fig. 4 The replication dynamic phase diagram of cooperation between manufacturer-wholesaler and wholesaler-seller

2.3.3 演化博弈模型分析

从模型可以看出, 生产商与批发商之间的合作博弈结果稳定与博弈矩阵有密切关系, 在复制动态博弈图中, 若要动态博弈趋向 $B(1,1)$ 的概率增加, 就需要面积 S_{ABCD} 增加, S_{ABCD} 增加时, 其在整个相位图中的比重也增加, 即趋向 $B(1,1)$ 的概率增加。其中, $\alpha, \beta, \lambda_2, \delta_1, \delta_2, \delta_3, B_1, B_2, S_2 > 0$, S_{ABCD} 公式如下:

$$S_{ABCD} = \frac{1}{2} \times 1 \times (1 - (YZ)^*) + \frac{1}{2} \times 1 \times (1 - (XY)^*) = 1 - \frac{\beta(\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2)}{2\lambda_2 \delta_1 B_1 - 2\beta S_2} - \frac{\alpha(\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2)}{2\lambda_2 \delta_3 B_3 - 2\alpha S_2}$$

因为 $\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2 > 0, 0 < \beta < 1, \lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2 > \lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2, 0 < \frac{\beta}{2} \frac{\lambda_2 \delta_1 B_1 - S_2}{\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2} < \frac{1}{2}, 0 < \frac{\alpha}{2} \frac{\lambda_2 \delta_3 B_3 - S_2}{\lambda_2 \delta_3 B_3 - \alpha S_2} < \frac{1}{2}$, 所以 $S_{ABCD} > 0$ 。

(1) 关于批发商信息转化能力系数 λ_2 。根据面积函数公式求偏导得:

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \lambda_2} = \frac{\beta \delta_1 B_1 S_2 (1+\beta)}{2(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2)^2} + \frac{\alpha \delta_3 B_3 S_2 (1+\alpha)}{2(\lambda_2 \delta_3 B_3 - \alpha S_2)^2} > 0$$

可以看出 S_{ABCD} 随着 λ_2 的增大而增大。如果要增加整体合作效益,批发商需要提高对生产商和销售商提供的信息进行转化的能力,从而将生产商的信息传递给销售商,并将销售商提供的信息转化给生产商,促进信息共享。批发商需要提升信息整合能力,做好生产商和批发商信息中介的角色。

(2) 关于批发商从整体信息泄漏中获得的溢出收益 S_2 。根据面积函数公式求偏导得:

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial S_2} = \frac{\beta \lambda_2 \delta_1 B_1 (1-\beta)}{2(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2)^2} + \frac{\alpha \lambda_2 \delta_3 B_3 (1-\alpha)}{2(\lambda_2 \delta_3 B_3 - \alpha S_2)^2} > 0$$

可见 S_{ABCD} 与 S_2 呈正相关关系,若要整体效益增加,批发商需要获得更多的溢出收益,若溢出收益增加,说明生产商和销售商的信息流出程度提高,益于整体经济效益。

(3) 关于生产商信息成本分担系数 β 。

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \beta} = \frac{(-\lambda_2 \delta_1 B_1 + S_2)(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2 + \beta^2)}{2(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2)^2}$$

因为 $-\lambda_2 \delta_1 B_1 + S_2 < 0$, $\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2 + \beta^2 > 0$ ($\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2 > 0$), 所以 $\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \beta} < 0$ 。由 $\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \beta} < 0$, 可知 S_{ABCD} 的大小随着 β 的增大而减少,如果 β 增大,说明生产商对信息成本分担比例增加,增加了生产商的支出。 β 越大,信息共享合作的概率就会降低,则整体收益随之降低,故需要合理分配成本分担比例,适当减少生产商的信息合作分担比例。

(4) 关于销售商信息成本分担系数 α 。

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \alpha} = \frac{2\lambda_2 \delta_3 B_3 (-\lambda_2 \delta_3 B_3 + S_2)}{(2\lambda_2 \delta_3 B_3 - 2\alpha S_2)^2}$$

由 $\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \alpha} < 0$, 可知 S_{ABCD} 随着 α 的增大而减少,

如果 α 增大,说明销售商对于信息成本分担比例增加,增加了销售商的支出。 α 越大,信息共享合作的概率就会越低,故需要合理分配成本分担比例,适当降低销售商的信息合作成本分担比例,提高合作商的信息合作兴趣。

(5) 关于生产商与销售商的信息共享系数

$\delta_i (i=1,3)$ 。

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \delta_1} = \frac{(\beta^2 - \beta) \lambda_2 S_2 B_1}{2(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2)^2} < 0$$

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial \delta_3} = \frac{(\alpha^2 - \alpha) \lambda_2 B_3 S_2}{2(\lambda_2 \delta_3 B_3 - \alpha S_2)^2} < 0$$

生产商与销售商信息共享系数 $\delta_i (i=1,3)$ 越大,整体的效益会越小, S_{ABCD} 随着 $\delta_i (i=1,3)$ 的增大趋向于减少,这需要生产商和销售商有所保留,不能主动公开相关信息,在一定的制度之下合作,否则产生更多的溢出收益,最终不利于多方合作。

(6) 关于参与主体的信息储备量 $B_i (i=1,3)$ 。

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial B_1} = \frac{(\beta^2 - \beta) \lambda_2 \delta_1 S_2}{2(\lambda_2 \delta_1 B_1 - \beta S_2)^2} < 0$$

$$\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial B_3} = \frac{(\alpha^2 - \alpha) \lambda_2 \delta_3 S_2}{(2\lambda_2 \delta_3 B_3 - 2\alpha S_2)^2} < 0$$

生产商和销售商的主要需求在信息吸收转化能力方面,而信息的来源最好是批发商。故生产商和销售商在三方合作的情况下,不需要自身努力收集相关信息,但对其他合作方的信息转化能力有重要的要求。

3 仿真分析

本文利用 Matlab 软件模拟其结论的演变,参数赋值如下: $A_1 = 1, A_2 = 1, A_3 = 1, B_1 = 2, B_2 = 4, B_3 = 2, \delta_1 = 0.3, \delta_2 = 0.6, \delta_3 = 0.2, \lambda_1 = 2, \lambda_2 = 9, \lambda_3 = 6, C_1 = 2, C_2 = 3$ 。

3.1 生产商与批发商信息合作模型

图5可知有两个演化博弈稳定策略,明显可以看出模型一在(0.4, 0.4)处存在一个鞍点,在(0, 1)和(0, 1)处为两处不稳定点,具有两个演化稳定策略(0, 0)和(1, 1)。当生产商信息合作的概率小于0.5,批发商信息合作的概率小于0.6时,由于双方合作的概率偏小,合作演化博弈逐渐趋向于不合作。当生产商信息合作的概率大于0.5,批发商信息合作的概率大于0.6时,由于双方合作有利可图,这时候合作收益高于不合作收益,复制动态相位图中趋向于合作策略的面积占据相位图的绝大部分,合作演化博弈系统逐渐趋向于合作。

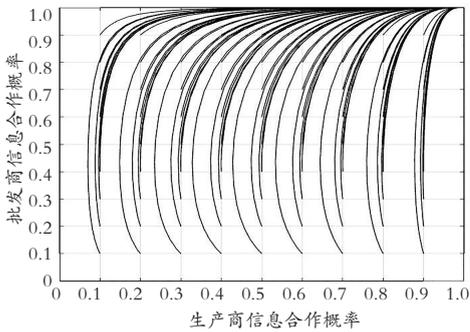


图 5 生产商与批发商合作的复制动态相位图

Fig. 5 The replication dynamic phase diagram of the cooperation between the manufacturer and the wholesaler

由图 6 可知,生产商信息合作趋势较为舒缓,但是合作概率增长的势头明显高于下降趋势,并且增长速度在后期较快,下降较慢,由合作带来的整体收益高于不合作状态下的收益。由图 7 可明显看出,批发商属于中间商,处于供应链的中间环节,对于信息合作依赖程度较高,故而增长速度在演化初期较快,下降频率较小,并且下降速度舒缓。由此可得演化博弈均衡策略为(1,1),即生产商与批发商趋向于选择信息合作策略。

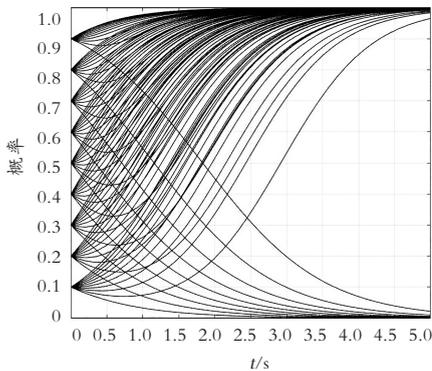


图 6 $\frac{dX}{dt}$ 演化仿真示意图

Fig. 6 Schematic diagram of $\frac{dX}{dt}$ evolution simulation

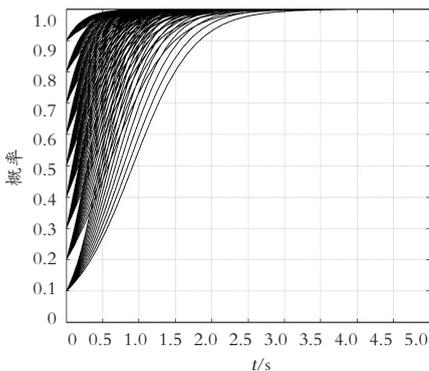


图 7 $\frac{dY}{dt}$ 演化仿真示意图

Fig. 7 Schematic diagram of $\frac{dY}{dt}$ evolution simulation

3.2 批发商与销售商信息合作模型

由图 8 可知有两个演化博弈稳定策略,为(0,0)和(1,1)。明显可以看出:当批发商信息合作概率小于 0.2 时,由于利润的驱使,销售商信息合作诉求较高,信息合作概率增速较快。当批发商信息合作概率大于 0.2 时,销售商溢出收益增加,合作之外的收益逐渐大于合作收益,销售商在短时期内倾向于适当降低合作概率。当批发商信息合作概率大于 0.3 时,合作收益逐渐大于不合作收益,销售商与批发商逐渐选择信息合作,并且增速极快。

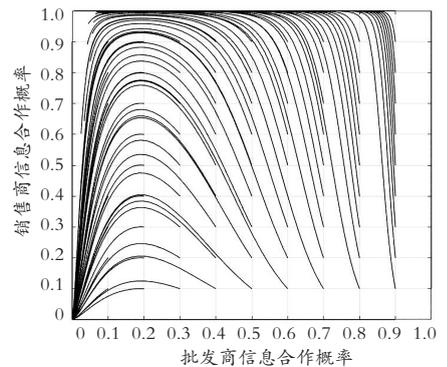


图 8 批发商与销售商合作的复制动态相位图

Fig. 8 The replication dynamic phase diagram of cooperation between wholesalers and sellers

由图 9 可看出,批发商信息合作概率前期增长缓慢,到演化博弈中期增长速度较快,并且信息合作下降的概率走势较为平缓。从图 10 可知,销售商在信息合作初期对合作依赖程度高,之前存在短暂波动下降的时间,而后合作概率快速增长。就图 10 演化仿真示意图来看,销售商整体呈现信息合作的演化趋势。

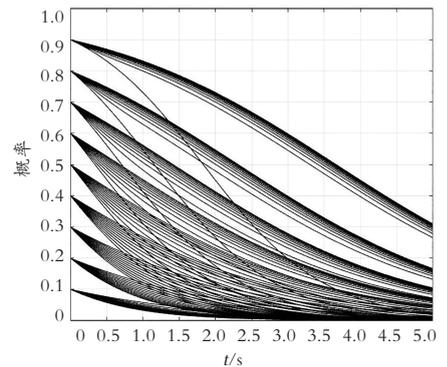


图 9 $\frac{dY}{dt}$ 演化仿真示意图

Fig. 9 Schematic diagram of $\frac{dY}{dt}$ evolution simulation

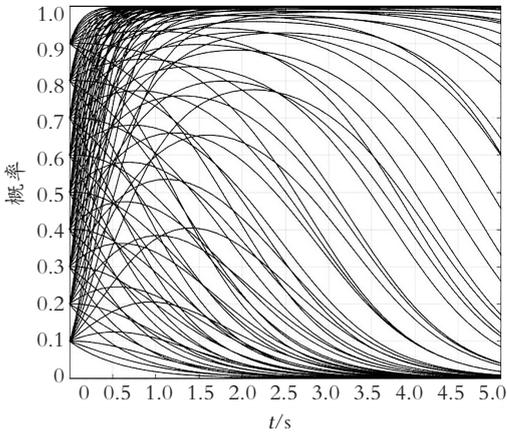


图 10 $\frac{dZ}{dt}$ 演化仿真示意图

Fig. 10 Schematic diagram of $\frac{dZ}{dt}$ evolution simulation

3.3 生产商-批发商与批发商-销售商信息合作模型

由图 11 可知有两个演化博弈稳定策略,分别为(0,0)和(1,1),明显可以看出(0.2,0.4)为演化博弈系统的鞍点,此点左下角部分,由于上游供应链主体与下游供应链主体合作概率较小,整体合作收益较少,系统倾向于(0,0),即供应链整体采取不合作策略。当合作概率位于(0.2,0.4)的左上角和右下角以及右上角时,由于上下游供应链合作的愿望逐渐增大,故而整体趋向合作策略(1,1),合作概率增速较快。在模型三中,趋向于不合作的策略占据整个相位图的面积较小,在合作后期几乎呈现直线上升趋势,可见合作带来的收益远远大于不合作的收益。从图 11 的相位图来看,模型三可能趋向演化博弈合作策略的范围比模型一和模型二要大多得多,可见三方合作更有益于提高整体收益和个体收益。

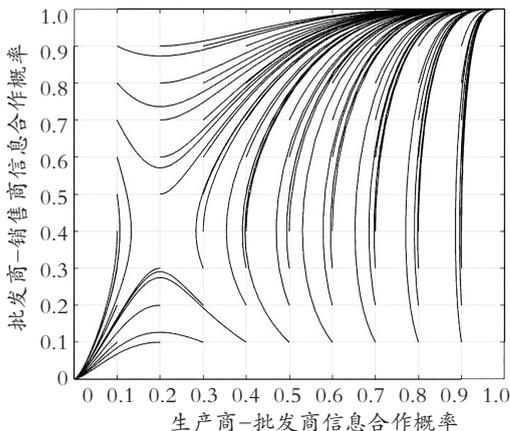


图 11 生产商-批发商与批发商-销售商合作的复制动态相位图

Fig. 11 The replication dynamic phase diagram of cooperation between manufacturer-wholesaler and wholesaler-seller

从图 12 和图 13 可以明显看出,生产商-批发商在整体供应链中大多呈合作趋势,且逐渐增长,出现下降概率的频率小,相对趋势较为平缓。而批发商-销售商信息合作概率在整体供应链中呈现快速增长趋势,下游供应链对于信息合作依赖程度高,在演化博弈初期即达到较高水平。从图 13 可看出当下游供应链信息合作概率在(0,0.2)之间时,出现短暂不合作状况,这与上游供应链初期不合作的状况密切相关,中后期则呈现信息合作趋势。

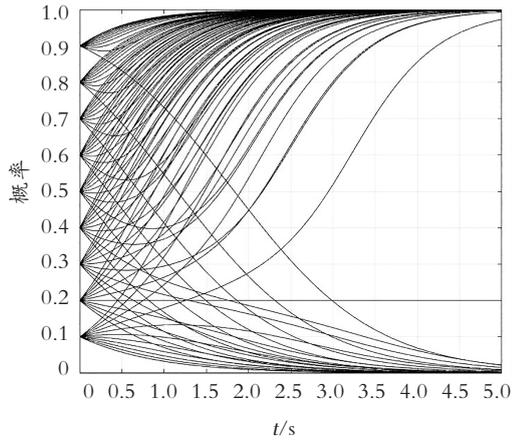


图 12 $\frac{dXY}{dt}$ 演化仿真示意图

Fig. 12 Schematic diagram of $\frac{dXY}{dt}$ evolution simulation

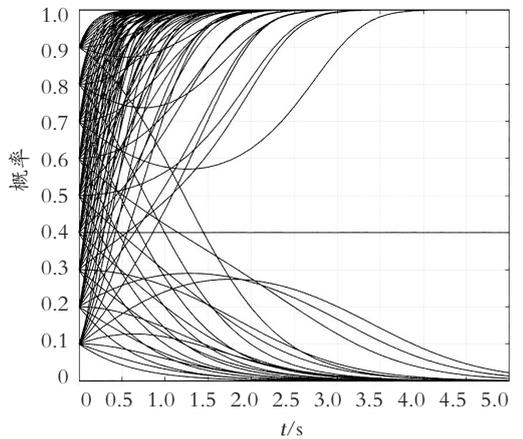


图 13 $\frac{dYZ}{dt}$ 演化仿真示意图

Fig. 13 Schematic diagram of $\frac{dYZ}{dt}$ evolution simulation

4 结束语

通过生产商、批发商与零售商之间的博弈,构造了生产商与批发商信息合作演化博弈模型、批发商与销售商信息合作演化博弈模型、生产商-批发商

与批发商-销售商三方信息合作演化博弈模型,分析了合作方进行博弈的因素。

4.1 生产商与批发商信息合作模型结论

生产商和批发商之间的合作,双方对合作成本比较敏感,随着合作成本的提高,双方之间的合作意愿大幅度下降,若想提高合作水平,双方应该降低合作成本,优化合作运营机制,调整合作模式和方法。在双方进行合作的时候,不同的信息处理能力带来不同的合作结果,合作方需要充实自身实力,在技术上要过硬,将信息转化为竞争力和生产力。各参与主体的信息储备量,对博弈系统整体的利益影响大,需要多收集信息,具备强大的数据共享基础。溢出收益会助长行业内部人员投机行为,长期发展不利于供应链整体效益提升。

4.2 批发商与销售商信息合作模型结论

批发商与销售商之间的合作,由于处在双方面合作之下,其模式和生产商与批发商信息合作模式相仿,其结果相差无几,也需要减少合作成本,提升合作兴趣,若是在高昂的合作成本压力之下,合作方会在某种适合的情况下不欢而散。在技术上,信息提取、转化、应用能力决定了合作方的竞争力与实力。溢出收益若是占比较大,会导致供应链合作走向决裂。

4.3 生产商与批发商和批发商与销售商信息合作模型结论

在三方信息合作的情况下,利益关系变得错综复杂。如要增加整体效益,批发商处于中间环节,承上启下的信息传递作用不可小觑,批发商应做好中介的角色。如果有供应商从非正规渠道获取信息资源,批发商的溢出收益将得到显著增加,这时,生产商与销售商的利益也有所增长,供应链整体效益也显著提升。在信息转化环节,成本负担应该有所倾向,根据模型得出:当生产商和销售商的合作成本提高时,供应链节点企业合作的意愿随之减小,故信息合作成本分担应该倾向于批发商。生产商和销售商的主要需求在信息吸收转化能力,而信息的来源最

好是批发商,故生产商和销售商在三方合作的情况下,不需要自身努力收集相关信息,但需要对其他方的信息转化能力有重要的要求。

参考文献(References):

- [1] 徐生菊,张浩.农产品供应链节点知识共享行为的影响因素——基于MOA理论的建模与实证[J].华东经济管理,2016,30(7):173—178.
XU Sheng-ju, ZHANG Hao. Influencing factors of knowledge sharing behavior of agricultural product supply chain nodes: modeling and empirical research based on MOA theory[J]. East China Economic Management, 2016,30(7):173—178.
- [2] 王元卓,于建业,邱雯,等.网络群体行为的演化博弈模型与分析方法[J].计算机学报,2015,38(2):282—300.
WANG Yuan-zhuo, YU Jian-ye, QIU Wen, et al. The evolutionary game model and analysis method of network group behavior[J]. Chinese Journal of Computers, 2015, 38(2):282—300.
- [3] 吴洁,车晓静,盛永祥,等.基于三方演化博弈的政产学研协同创新机制研究[J].中国管理科学,2019,27(1):162—173.
WU Jie, CHE Xiao-jing, SHENG Yong-xiang, et al. Study on government-industry-university-institute collaborative innovation based on tripartite evolutionary game[J]. Chinese Management Science, 2019,27(1):162—173.
- [4] 孙春吉,周欢.基于计划行为理论的农产品供应链知识共享影响因素分析[J].中国管理信息化,2014,17(14):104—105.
SUN Chun-ji, ZHOU Huan. Analysis of influencing factors of knowledge sharing in agricultural product supply chain based on the theory of planned behavior[J]. China Management Information Technology, 2014, 17(14):104—105.
- [5] 徐升华,徐生菊.农产品供应链知识共享系统的动力学建模与仿真[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2013,36(11):1381—1387.
XU Sheng-hua, XU Sheng-ju. Dynamic modeling and

simulation of knowledge sharing system in agricultural products supply chain[J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science Edition), 2013, 36(11): 1381—1387.

[6] 邱洪全. 知识共享视角下生鲜农产品供应链决策行为

研究[J]. 物流技术, 2016, 35(2): 129—132.

QIU Hong-quan. Study on decision-making behavior of fresh agricultural product supply chain from the perspective of knowledge sharing[J]. Logistics Technology, 2016, 35(2): 129—132.

Evolutionary Game of Information Cooperation Behavior of Manufacturers, Wholesalers and Sellers

WANG Hua-hui¹, ZHANG Cheng-tang²

(1. School of Economics and Management, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. School of Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: In view of the phenomenon that the information sharing mechanism of low-carbon agricultural supply chain is not complete and there is a game among cooperative partners, the evolutionary path of the information cooperation between producers, wholesalers and sellers is proposed. In order to explore the factors and interests of supplier information cooperation, three evolutionary game models of information cooperation are constructed. Firstly, the equilibrium solution of the evolutionary game of the manufacturer-wholesaler cooperation model, wholesaler-seller cooperation model, and tripartite information cooperation model is obtained. Through the analysis of model stability, the dynamic trend of the system as a whole changing with time driven by the behavioral decisions and expected profits of supply chain members is obtained. Then, the decision-making behavior under different information cooperation is simulated and analyzed, and the equilibrium strategy and the principle of influencing factors are explored by comparing the three models. Finally, the results show that the benefits of cooperation are greater than those of non-cooperation, and the evolutionary game system eventually tends to be a cooperative game strategy to maximize the overall and individual benefits.

Key words: information cooperation; evolutionary game; supply chain management; equilibrium strategy

责任编辑:李翠薇

引用本文/Cite this paper:

王华辉,张成堂. 生产商、批发商和销售商信息合作行为的演化博弈[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2022, 39(4): 60—71.

WANG Hua-hui, ZHANG Cheng-tang. Evolutionary game of information cooperation behavior of manufacturers, wholesalers and sellers[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2022, 39(4): 60—71.