

零担运输企业竞争合作博弈分析

刘云霞^{1,2}

(1. 浙江科技学院 经济与管理学院, 杭州 310023; 2. 新疆理工学院 机电系, 新疆 阿克苏 830000)

摘要: 竞争合作已成为当今经济发展的大趋势。以零担运输企业之间竞争合作为研究对象,分两阶段建立了价格竞争博弈模型和运输运作合作博弈模型,分析了零担运输企业竞争合作机制演变的动态过程。结果表明,零担运输企业在价格博弈时,合理竞争有利于提高收益,集中定价也能提高收益但存在对方背叛的风险因素;零担运输企业能否在运作上合作主要依赖于双方合作协调和信息处理成本的大小、合作运输成本节约值的大小等因素,而且服务水平越高的零担运输企业更倾向于运作方面的合作。从合作发展策略上看,合作更有利于零担运输企业市场的扩大和高服务水平零担运输企业规模的扩张。

关键词: 公路运输;竞争合作;演化博弈;零担;复制动态

中图分类号: F512.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-8798(2020)01-0071-05

Coopetition game analysis on less-than-truckload(LTL) transport enterprises

LIU Yunxia^{1,2}

(1. School of Economics and Management, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China; 2. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xinjiang Institute of Technology, Akesu 843000, Xinjiang, China)

Abstract: Coopetition has become a trend in today's economic development. This paper targeted coopetition among LTL(less-than-truckload) transport enterprises, established the price competition game model and transport operation cooperation game model in two stages and analyzed the dynamic evolution process of competition and cooperation mechanism. Results show that when duopoly LTL enterprises make price game, reasonable competition and joint pricing strategy are conducive to boosting earnings, but the latter is at the risk of betrayal. Whether LTL transport enterprises can cooperate with each other in operation mainly depends on values of some cost factors, such as cooperation coordination and information processing costs of both sides, and saving value of cooperation transportation cost, etc. Moreover, the LTL transport enterprise whose service level is higher, is more inclined to cooperate in operation. In

收稿日期: 2019-11-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(71201134);浙江省教育厅科研项目(Y201635633)

通信作者: 刘云霞(1975—),女,湖南省安乡人,副教授,博士研究生,主要从事运输合作博弈研究。E-mail: xiayunliu@

terms of cooperative development strategy, cooperation is more conducive to market expansion of LTL transport enterprises and scale expansion of LTL transport enterprise sat high service level.

Keywords: highway transportation; coopetition; evolutionary game; less-than-truckload (LTL); replicator dynamics

许多实践和研究表明了企业间合作的意义。近 10 年来,运输合作受到广泛的关注,其中在海运^[1-2]和航空运输^[3-4]方面取得了大量的研究成果。Alber 等^[5]对德国中小物流企业横向联盟组织设计的特征要素进行了描述;王琨等^[6]从市场博弈的角度分析了支线航空运输营运中合作与不合作的市场机构变化,对其利润进行了比较;常连玉等^[7]考虑到不同主体利益、运力资源分散的情况,建立了运力资源、货源和运输路线优化模型,利用专业的无车承运人对运力资源进行组织优化。在实践中,为了进一步达到运输规模经济,借助物联网、大数据、区块链技术,企业进行了一些有益的运输合作尝试,国内外已出现一些专门提供合作运输的网络平台,如 Transplace、uShip、菜鸟智能网、卡行天下等。公共运输网络平台通过整合承运人的车辆资源和运输线路来提高车辆利用率及对顾客的服务水平,如荷兰鲜花拍卖市场 40 家运输企业通过运输合作,可以节约 5%~15% 甚至更高的运输成本^[8]。同时在理论上,黄柯等^[9]分析和甄别了不同类型的“互联网+”物流创新平台商业模式;田仪顺等^[10]借助区块链技术研究了货运市场交易主体间的诚信机制建设及交易效率问题。

零担运输企业把客户不够装一车的货物与其他几批甚至上百批货物,共享一辆货车来降低运输成本。对于零担运输合作,Dai 等^[11]讨论了零担运输承运人合作集中框架下不同费用的分配机制,Krajewska 等^[12]提出通过 CAI(collaboration-advantage-index)对货运代理人分配合作利润,曾银莲等^[13]探讨了零担运输承运人在集中合作框架下基于时间策略和数量策略的合作效率,Hernandez 等^[14]研究了中小承运人零担运输中动态容量时平衡运输成本和库存成本的合作问题。运输企业合作可以通过提高装载率达到规模经济以降低运输成本,同时由于存在市场竞争,同类企业需平衡竞争与合作之间的关系,尹会娟等^[15]将企业决策风格引入企业竞争合作演化博弈中,李森等^[16]对相同企业不同的竞争与合作策略的收益和风险进行了比较。与以上研究不同,考虑到零担运输企业群体大、竞争激烈、成本高的特点,本文分两个阶段研究零担运输企业的竞争合作过程,建立零担运输企业的价格竞争博弈模型,分析影响竞争的主要因素;再构建不同零担运输企业的运作合作博弈模型,并进行演化博弈分析,讨论不同类型的零担运输企业合作演化博弈的稳定性及其发展趋势。

1 第一阶段竞争博弈分析

假设在一个运输市场中有 2 个零担运输企业提供服务,其提供的服务有一些差异(服务水平不同)但具有较强的替代性,替代性关系通常用 $\theta(0 < \theta < 1)$ 表示, θ 越大表示替代性越强,竞争越激烈。借鉴 Bertrand 模型,零担运输企业 1 和零担运输企业 2 的运输市场需求份额 q_1, q_2 和最大化收益可以表示为

$$q_i = q_i(p_i, p_j) = D - p_i + \theta p_j; \quad (1)$$

$$\max_{p_i} \pi_i = (p_i - c_i)q_i - F_i. \quad (2)$$

式(1)~(2)中: q_i 为零担运输企业 i 的市场份额, $i = 1, 2$; p_i, p_j 为零担运输企业 i, j 的价格, $j = 3 - i$; D 为零担运输市场规模; c_i 为企业 i 运作的边际成本; F_i 为零担运输企业 i 的固定成本; π_i 为零担运输企业 i 的收益函数,通常最大化。

两个企业独立决策博弈的纳什均衡 $p_{i独}^*$ (Nash equilibrium, NE)和收益 $\pi_{i独}$ 为

$$p_{i独}^* = \frac{\theta}{4 - \theta^2}(D + c_j) + \frac{2}{4 - \theta^2}(D + c_i);$$

$$\pi_{i独} = (p_i - c_i)q_i - F_i = \frac{[(\theta + 2)D - (2 - \theta^2)c_i + \theta c_j]^2}{(4 - \theta^2)^2} - F_i.$$

由上述竞争博弈结果可知,影响零担运输企业 i 收益的主要因素有 c_i, c_j, F_i 和 θ ;合理的竞争有利于

增加零担运输企业的收益, θ 值越大, 收益越高; 竞争对手的 c_j 增加有助于增加零担运输企业 i 的收益; 降低 c_i 和 F_i 是提高零担运输企业收益的一个重要途径。

当两个企业集中决策时, 整体收益最大化,

$$\max_{p_1, p_2} (\pi_1 + \pi_2) = (p_1 - c_1)q_1 - F_1 + (p_2 - c_2)q_2 - F_2,$$

得到集中决策价格

$$p_{i\text{合}}^* = \frac{D}{2(1-\theta)} + \frac{c_i}{2},$$

则集中决策价格与竞争博弈均衡价格的差值为

$$p_{i\text{合}}^* - p_{i\text{独}}^* = \left(\frac{1}{2-2\theta} - \frac{1}{2-\theta} \right) D - \frac{\theta^2 c_i + 2\theta c_j}{2(4-\theta^2)}.$$

当零担市场规模 D 足够大, 且 2 个零担运输企业之间不是“你死我活”的对抗性竞争, 即不具有完全替代性 ($\theta \neq 1$) 时, 显然 $p_{i\text{合}}^* - p_{i\text{独}}^* > 0$, 合作后零担运输市场价格提高, 在原有市场规模情况下, 其收益提高, 企业 i 收益为

$$\pi_{i\text{合}} = \frac{(D - c_i + \theta c_j)[D - (1-\theta)c_i]}{4(1-\theta)} - F_i.$$

零担运输企业 i 参与合作的收益空间为 $[0, \Delta\pi_i]$, $\Delta\pi_i = \pi_{i\text{合}} - \pi_{i\text{独}}$, 虽然集中决策时合作博弈价格所得收益比竞争博弈的大, 但也存在风险。若某方单独改变合作制定的价格而制定更利己的运输价格, 则会使遵守合作协议的企业蒙受损失。因此, 如果没有强制性的约束力, 合作博弈价格难以实施。

2 第二阶段合作博弈分析

为了获得更多的收益, 零担运输企业之间的竞争是不可避免的, 比如通过提供不同的价格和服务水平来获得更多的运输市场份额。然而, 它们在同一市场提供类似的服务, 为了获得更多的收益也存在合作的可能性, 比如在运作过程中通过车辆、中转站、集散点等的共用提高资源利用率, 达到规模经济, 降低运输成本。

假设市场中有两类零担运输企业, 高服务水平的零担运输企业和低服务水平的零担运输企业, 服务价格分别为 p_1 和 p_2 , 当单独运营时, 收益分别为 π_1 和 π_2 。这两类企业在同一零担运输市场竞争时又存在合作型与不合作型两种关系。对于寻求合作的零担运输企业, 需要付出合作协调和信息处理成本 s_1 和 s_2 ; 合作成功时, 可以节约的成本值为 Δc_1 和 Δc_2 。博弈支付矩阵见表 1。

由表 1 可知: 1) 当 $\Delta c_1 - s_1 > 0$ 且 $\Delta c_2 - s_2 > 0$ 时, 该博弈模型属于协调博弈, 有(合作、合作)与(不合作, 不合作)两个均衡结果; 当 $\Delta c_1 - s_1 > 0$ 且 $\Delta c_2 - s_2 > 0$ 时, 纳什均衡(合作、合作)优于(不合作、不合作), 经过反复的博弈, 合作偏好不同、服务水平不同的零担运输企业生存趋势会有所演变。2) 当 $\Delta c_1 - s_1 > 0$ 且 $\Delta c_2 - s_2 < 0$ 或 $\Delta c_1 - s_1 < 0$ 且 $\Delta c_2 - s_2 > 0$ 时, 均衡结果为(不合作, 不合作); 当 $\Delta c_1 - s_1 + \Delta c_2 - s_2 > 0$ 时, 合作决策(合作、合作)优于(不合作, 不合作)均衡结果, 可以通过成本节约值的再分配使零担运输企业的合作策略收益优于不合作策略的收益; 当 $\Delta c_1 - s_1 + \Delta c_2 - s_2 < 0$ 时, 均衡结果为(不合作, 不合作)。3) 当 $\Delta c_1 - s_1 < 0$ 且 $\Delta c_2 - s_2 < 0$ 时, 均衡结果为(不合作, 不合作)。

表 1 零担运输企业合作博弈支付矩阵

Table 1 Payoff matrix of game between LTL transport enterprises

零担运输 企业类型 1	零担运输企业类型 2	
	合作	不合作
合作	$\pi_1 + \Delta c_1 - s_1, \pi_2 + \Delta c_2 - s_2$	$\pi_1 - s_1, \pi_2$
不合作	$\pi_1, \pi_2 - s_2$	π_1, π_2

2.1 进化稳定策略(ESS)分析

假设在高价的零担运输企业中, 采用合作策略的零担运输企业比例为 x , 则采用不合作策略的比例为 $1-x$; 同时假设在低价的零担运输企业中, 采用合作策略的零担运输企业比例为 y , 则采用不合作策略的比例为 $1-y$ 。这样, 在低价零担运输企业位置, 存在合作与不合作两种策略, 博弈方的期望收益 U_{1c} 、 U_{1n} 和群体平均收益 \bar{U}_1 分别为

$$U_{1c} = y(\pi_1 + \Delta c_1 - s_1) + (1-y)(\pi_1 - s_1) = \pi_1 + \Delta c_1 y - s_1;$$

$$U_{1n} = y\pi_1 + (1-y)\pi_1 = \pi_1;$$

$$\bar{U}_1 = xU_{1c} + (1-x)U_{1n} = \pi_1 - s_1x + \Delta c_1xy。$$

在低价零担运输企业位置,也存在合作与不合作两种策略,博弈方的期望收益 U_{2c} 、 U_{2n} 和群体平均收益 \bar{U}_2 分别为

$$U_{2c} = x(\pi_2 + \Delta c_2 - s_2) + (1-x)(\pi_2 - s_2) = \pi_2 + \Delta c_2x - s_2;$$

$$U_{2n} = x\pi_2 + (1-x)\pi_2 = \pi_2;$$

$$\bar{U}_2 = yU_{2c} + (1-y)U_{2n} = \pi_2 - s_2y + \Delta c_2xy。$$

可以认为零担运输企业的学习速度较慢、理论层次较低,把复制动态方程用于高价、低价零担运输企业两个位置,得到其复制动态方程为

$$\frac{dx}{dt} = x(U_{1c} - \bar{U}_1) = x(1-x)(\Delta c_1y - s_1);$$

$$\frac{dy}{dt} = y(U_{2c} - \bar{U}_2) = y(1-y)(\Delta c_2x - s_2)。$$

当 $y = s_1/\Delta c_1$ 时, dx/dt 始终为 0, 即所有 x 都是稳定状态; 当 $y > s_1/\Delta c_1$ 时, $x^* = 1$ 和 $x^* = 0$ 是两个稳定状态, 但只有 $x^* = 1$ 是进化稳定策略; 当 $y < s_1/\Delta c_1$ 时, $x^* = 1$ 和 $x^* = 0$ 是两个稳定状态, 但只有 $x^* = 0$ 是进化稳定策略。当 $x = s_2/\Delta c_2$ 时, dy/dt 始终为 0, 即所有 y 都是稳定状态; 当 $x > s_2/\Delta c_2$ 时, $y^* = 1$ 和 $y^* = 0$ 是两个稳定状态, 但只有 $y^* = 1$ 是进化稳定策略; 当 $x < s_2/\Delta c_2$ 时, $y^* = 1$ 和 $y^* = 0$ 是两个稳定状态, 但只有 $y^* = 0$ 是进化稳定策略。

零担运输企业的动态演化过程如图 1 所示。 $E_1(0,0)$ 、 $E_3(1,1)$ 是这个博弈的进化稳定策略, 演化情况视系统的初始状态。当初始状态在 A 区域时, 系统会演化到 $E_3(1,1)$ 这个稳定状态; 当初始状态在 B 区域时, 系统会演化到 $E_1(0,0)$ 这个稳定状态; 当初始状态在 C 或 D 区域时, 系统演化的方向是不确定的, 可能进入 B 区域到 $E_1(0,0)$ 状态, 也可能进入 A 区域到 $E_3(1,1)$ 状态。

2.2 合作影响因素分析

影响零担运输企业合作的积极性和稳定性的因素主要取决于合作对其收益的影响, 主要有三个因素: 合作后运输成本的节约值 Δc_i , 合作协调和信息处理成本 s_i , 以及合作运输成本节约值平衡程度 $(\Delta c_1 - \Delta c_2) \rightarrow 0$ 。

2.2.1 合作运输成本的节约值

合作运输成本的节约值, 与零担运输企业合作伙伴的运输需求分布区域有关, 需求重叠程度越高, 其运输规模经济越明显, 运输成本节约值越高; 与零担运输企业合作伙伴的运输资源配置情况有关, 资源配置互补性越高, 其资源利用率越高, 运输成本节约值越高; 与零担运输企业合作伙伴的服务水平有关, 服务水平越高, 其运输成本节约值越高。

2.2.2 合作协调及信息处理成本

合作协调及信息处理成本, 与零担运输企业信息化程度有关, 同信息化程度高的企业进行运输合作, 其成本较低, 因此在互联网化程度高, 信息技术普及度高的环境下进行运输合作, 其合作协调和信息处理成本低; 与零担运输企业合作偏好的程度有关, 如果偏好合作, 其协调沟通的复杂程度降低, 则有利于合作较快达成, 其合作协调和信息处理成本较低。

2.2.3 合作运输成本节约值平衡程度

合作零担运输企业的规模不同、需求分布不同、服务水平不同, 其成本节约值也就不同。在单纯零担运输合作过程中, 当零担运输企业的规模相近, 需求分布类似, 服务水平相差不大时, 其成本节约值平衡程度高, 合作策略与不合作策略的稳定性都较高。

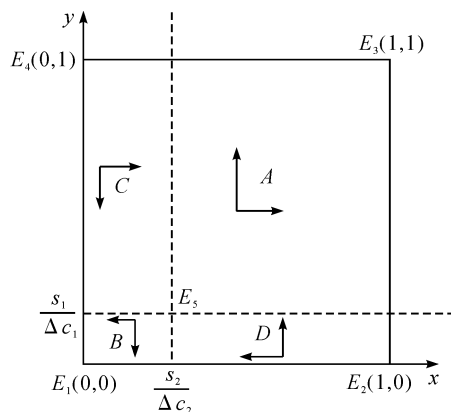


图 1 零担运输企业的合作演化

Fig. 1 Evolution of cooperative game between LTL transport enterprises

3 竞争合作分析

零担运输企业通过在运输价格和运输服务水平方面进行竞争来获得运输市场份额,在运输运作的某些区域和功能环节进行合作,以提高资源的利用率,降低成本。

3.1 对称性竞争合作分析

当零担运输企业具有对称性时,考虑到企业能力和运作成本几乎相同,第一阶段通过竞争博弈结果可确定运输价格和服务水平,设 $p_1 = p_2, c_1 = c_2$;第二阶段考虑在运输运作中合作博弈,其合作运输成本节约值平衡程度高,设 $\Delta c_1 = \Delta c_2$,通过合作可以降低边际可变成本 c_i 的值,边际成本降低为 $c'_i = c_i - (\Delta c_i - s_i)/q_i$ 。零担运输企业在长期运作过程中,有两种发展策略:服务水平不变,降低运输成本;运输价格不变,提高服务水平。

零担运输企业采用相同的发展策略:如双方服务水平不变,通过合作降低运输成本,由第一阶段竞争博弈可知,零担运输企业会降低运输价格,运输市场趋向于向低端市场延伸以扩大市场规模;如双方运输价格不变,把合作运输节约的成本用来提高服务水平等,运输市场趋向于向高端市场延伸以扩大市场规模。

合作零担运输企业采用不同的发展策略时,假设零担运输企业1服务水平不变,降低运输成本,零担运输企业2运输价格不变,提高服务水平。对企业1而言,服务水平不变时,在现有市场份额的基础上,由于降低运输成本使运输市场向低端需求延伸;同理,对企业2而言,运输价格不变时,在现有市场份额的基础上,由于服务水平的提高使运输市场向高端需求延伸,从而使整个运输市场得到繁荣。再者,由演化博弈结果可知,运输企业2由于服务水平高,运输频率高,其合作运输成本节约值 Δc_2 会逐渐增大,使其逐渐在规模、竞争力上超过零担运输企业1。

3.2 非对称性竞争合作分析

当零担运输企业具有非对称性时,即运输价格和服务水平不相同时,根据前面的假设,非对称性的零担运输企业进行竞争博弈时,设零担运输企业1的服务水平高于零担运输企业2的服务水平,有 $c_1 > c_2$,则第一阶段竞争博弈结果为 $p_1 > p_2$;第二阶段考虑运输运作合作博弈,其合作运输成本节约值平衡程度较低, $\Delta c_1 > \Delta c_2$,高价零担运输企业对低价零担运输企业选择合作的比例要求降低,即 $y > s_1/\Delta c_1$ 时,高价零担运输企业更容易演化的稳定状态是合作,即 $x^* = 1$ 是进化稳定策略。相比较而言,低价零担企业演化到合作稳定状态的速度低于高价零担运输企业,即高价零担运输企业寻求合作的积极性更大。在长期的运作过程中,高价零担运输企业在竞争博弈中更具价格和服务上的优势。

4 结 语

本文分两个阶段讨论了不同零担运输企业的竞争合作问题。第一阶段价格竞争博弈结果表明,可替代性竞争有利于提高运输企业的收益,合作定价策略虽有利于提高收益,但存在背叛的风险。第二阶段考虑到不同零担运输企业的规模经济效益,对零担运输企业运作建立演化博弈模型,分析结果表明,通过运输在运作方面合作可以降低运输成本,扩大零担运输市场的规模;高端市场的零担运输企业的合作偏好程度更高,更愿意把合作运输成本节约值投入到提高服务水平方面,更容易演化到稳定的合作状态,从而在演化过程中更具价格和竞争优势。当初始状态不在A区域时,零担运输企业难以演化到稳定的合作状态,如何设计成本节约值再分配机制,使零担运输企业的(合作,合作)策略成为唯一均衡结果,是需要进一步研究的问题。

参考文献:

- [1] AGARWAL R, ERGUN O. Network design and allocation mechanisms for carrier alliances in liner shipping[J]. Operations Research, 2010, 58(6): 1726.
- [2] 王文杰, 陈峰, 江志斌. 承运人联盟合作博弈机制设计[J]. 上海交通大学学报, 2011, 45(12): 1798.
- [3] CHEW E P, HUANG H C, JOHNSON E L, et al. Short-term booking of air cargo space[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 174(3): 1979.