Advances in Social Sciences 社会科学前沿, 2018, 7(9), 1634-1640
Published Online September 2018 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/ass
https://doi.org/10.12677/ass.2018.79243

Research on the Strategy of Port Evolution Stability Based on Bertrand Model

Min Wang

School of Business, Qingdao University, Qingdao Shandong
Email: 15764231074@163.com

Received: Sep. 5th, 2018; accepted: Sep. 19th, 2018; published: Sep. 26th, 2018

Abstract

This paper derives the demand function and profit function of the port's cost function through the Bertrand model, and establishes the model of the cooperation competition of the ports, it also studies the evolutionary stabilization strategy under the circumstances of different cooperative competition combinations. It is concluded that: if the two ports' competition is too strong or too small, it won't be adopted. Only when the strength of the competition is satisfied for $0<\theta<\frac{\sqrt{5}+1}{2}$, will the two ports have a stable state of Nash equilibrium for a long time. Under this circumstance, the port 1 will choose the cooperation strategy and the port 2 will choose the competition strategy, this is the most favorable decision for both sides in the long run. Therefore, the ports should not stop in the traditional development. In the new market competition environment, we should further consider how to maximize the long-term profit and the overall optimization and stability through different degrees of competition and cooperation.

Keywords

Bertrand Model, Port Evolution, Research on Stability Strategy

基于Bertrand模型的港口演化稳定策略研究

王　敏

青岛大学商学院，山东 青岛
Email: 15764231074@163.com

收稿日期：2018年9月5日；录用日期：2018年9月19日；发布日期：2018年9月26日

摘　要

本文通过Bertrand模型推导出港口的成本函数，需求函数和利润函数，据此建立了港口的合作竞争的模

文章引用: 王敏. 基于 Bertrand 模型的港口演化稳定策略研究[J]. 社会科学前沿, 2018, 7(9): 1634-1640.
DOI: 10.12677/ass.2018.79243

型，研究了不同合作竞争组合情况下的演化稳定策略。得出：当两港口竞争强度过大或过小均不可取，只有在竞争强度满足$0<\theta<\frac{\sqrt{5}+1}{2}$时，两港口存在长期稳定的Nash均衡状态，此时港口1选择合作策略，港口2选择竞争策略，长期来看这是最有利于双方的决策。因而港口与港口之间不应止步于传统的各自发展，在新的市场竞争环境中，应进一步考虑如何通过不同程度的竞争合作实现长期收益最大化及整体最优与稳定。

关键词

Bertrand模型，港口演化，稳定策略研究

1. 引言

随着经济全球化的发展，港口在交通运输中发挥着非常重要的作用。它是陆运和海运连接点和各式物流的中心，又是当前我国经济活动重要基地和城市发展的带动点，它能积极地带动社会经济的发展。在此情形下，港口的发展演化对社会发展和全球经济更是具有至关重要的意义。各大港口为了应对全球性的竞争、获取更大利润，进而来满足全球港口物流市场需求，它们都采取提升服务和加大投资规模的方式。在这个基础上，港口与港口之间也会进行双方博弈，寻求港口竞争合作长期演变发展趋势的稳定策略。

近年来，一些学者从不同方面进行了港口演化稳定策略研究。如于璐基于种群生态学的这个视角，分析并研究了我国港口产业的演化发展过程，探究得出中国港口产业发展演化的内在机制和港口之间的竞争关系[1]；陈航运用 Logistic 方程，设置了演化模型来模拟港口增长情况，得出港口规划中，必须要建设合理的规模，防止工业化结束后浪费了港口资源[2]；闫俊霞从第四方物流的核心业务开始，研究提出需要加大力度建设港口 4PL 信息平台、寻找有利的伙伴合作、优化港口运输路线、进行合适的奖励惩罚等来使战略联盟达到一个均衡稳定性[3]。但这些学者只是就某一方面对港口的演化进行了策略研究，未涉及到港口之间的博弈。以下文献则对港口之间的博弈进行了应用研究：谢奔一对港口群竞争合作演化进行博弈分析，基于此，研究得出错位统筹发展并扩大业务范畴有助于于实现港口群中合作策略的稳定性[4]；张成考运用演化博弈论研究了生态型港口活动园区中的政府和物流企业的博弈过程，港口之间会有稳定的演化策略，而且港口物流企业施行生态化物流管理的成本与收益会对博弈结果有深度影响[5]；周鑫采用演化博弈的理论方法，在完全信息条件下的竞争合作静态博弈模型基础上剖析了港口竞争合作长期演变发展的趋势[6]；张成考继而基于进化博弈的角度探究了生态型港口物流园区的演化机理，提出进化稳定策略可在生态型港口物流园区演化过程中出现[7]；吴宏涛对区域港口群演化的路径模式和动力机制进行了深入的研究，并经过设定区域港口群的演化博弈模型对区域港口群演化过程中的合作竞争实施了动态的分析[8]。

文献[1] [2] [3]仅是从不同方面进行了港口演化稳定策略研究，对港口之间博弈情况未进行考量；文献[4] [5] [6] [7] [8]则运用博弈论的方法研究了港口演化的稳定策略，然而未涉及到有效便捷的 Bertrand 模型。综上不足，本文基于 Bertrand 模型对港口进行演化稳定策略研究，探讨了不同竞争合作模式下如何更有利于双方的稳定持续发展。

2. 模型描述及基本假设

首先，两港口符合基于价格竞争的 Bertrand 模型，即两港口企业是完全理性与信息完全对称的，两港口对对方的行动选择有准确的了解，并且均以利润最大化原则输出自己的策略；其次，设两港口企业具有相同的变动成本 v，固定成本分别为 f_1，f_2，则两港口的成本函数分别为：$C_1 = vD_1 + f_1$ 和 $C_2 = vD_2 + f_2$；最后，设两个港口之间存在着合作和竞争，因此在博弈过程中，会有以下几个结果竞争－竞争，竞争－合作，合作－竞争，合作－合作。港口收益主要与两个港口收取的服务价格和港口需求函数以及港口的固定成本和变动成本有关。假设两港口需求函数为线性：

$$D_1 = a - p_1 + \theta\left(p_2 - p_1\right) = a - p_1 + \theta p_2 - \theta p_1,\quad D_2 = a - p_2 + \theta\left(p_1 - p_2\right) = a - p_2 + \theta p_1 - \theta p_2$$

因此，两个港口的利润函数为：

$$\pi_1 = \left(p_1 - v\right)D_1 = \left(p_1 - v\right)\left(a - p_1 + \theta p_2 - \theta p_1\right) - f_1,\quad \pi_2 = \left(p_2 - v\right)D_2 = \left(p_2 - v\right)\left(a - p_2 + \theta p_1 - \theta p_2\right) - f_2$$

假设两寡头港口之间完全信息竞争，没有一方处于领导者地位，同时做出竞争或者合作的决定，因此两港口四种策略组合为竞争－竞争，竞争－合作，合作－竞争，合作－合作。

2.1. 基于 Bertrand 模型的港口竞争合作策略下的收益

1) 在竞争-竞争策略下，两港口以实现各自利润最大化为目标，均衡条件为$\begin{cases}\dfrac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = 0\\ \dfrac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = 0\end{cases}$，可求得均衡价格为：

$$p_1^* = p_2^* = \frac{a + v\left(1+\theta\right)}{2+\theta},\quad p_2^* = \frac{2b_1\left(a_2 + vb_2\right) + c_2\left(a_1 + vb_1\right)}{4b_1b_2 - c_1c_2}$$

则港口收益分别为：

$$\pi_{jj}^1 = \frac{\left(a-v\right)^2\left(1+\theta\right)}{\left(2+\theta\right)^2} - f_1,\quad \pi_{jj}^2 = \frac{\left(a-v\right)^2\left(1+\theta\right)}{\left(2+\theta\right)^2} - f_2$$

2) 在合作－竞争策略下，港口 1 以共同收益最大化为目标，港口 2 以实现自身利润最大化为目标，因此均衡条件为$\begin{cases}\dfrac{\partial \pi_{1+2}}{\partial p_1} = 0\\ \dfrac{\partial \pi_1}{\partial p_2} = 0\end{cases}$，可求得均衡价格为：

$$p_1^* = \frac{a\left(1+2\theta\right) + v\left(1+\theta\right)^2}{2\left(1+\theta\right)^2},\quad p_2^* = \frac{a\left(2+3\theta\right) + v\left(2+\theta\right)\left(1+2\theta\right)}{2\left(2+4\theta+\theta^2\right)}$$

则两港口的收益分别为：

$$\pi_{hj}^1 = \frac{\left(a-v\right)^2\left(1+2\theta\right)}{2\left(2+4\theta+\theta^2\right)} - f_1,\quad \pi_{hj}^2 = \frac{\left(a-v\right)^2\left(1+\theta\right)\left(2+3\theta\right)^2}{4\left(2+4\theta+\theta^2\right)^2} - f_2$$

3) 在竞争－合作策略下，港口 1 以实现自身利润最大化为目标，港口 2 以共同收益最大化为目标，因此均衡条件为$\begin{cases}\dfrac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = 0\\ \dfrac{\partial \pi_{1+2}}{\partial p_2} = 0\end{cases}$，可求得均衡价格为：

$$p_1^* = \frac{a(2+3\theta)+v(2+\theta)(1+2\theta)}{2(2+4\theta+\theta^2)}，\quad p_2^* = \frac{a(1+2\theta)+v(1+\theta)^2}{2(1+\theta)^2}$$

则两港口的收益分别为：

$$\pi_{jh}^1 = \frac{(a-v)^2(1+\theta)(2+3\theta)^2}{4(2+4\theta+\theta^2)^2} - f_1，\quad \pi_{jh}^2 = \frac{(a-v)^2(1+2\theta)}{2(2+4\theta+\theta^2)} - f_2$$

4) 在合作－合作策略下，两港口均以共同收益最大化为目标，均衡条件为$\begin{cases} \dfrac{\partial \pi_{1+2}}{\partial p_1} = 0 \\ \dfrac{\partial \pi_{1+2}}{\partial p_2} = 0 \end{cases}$，可求得均衡价格为：

$$p_1^* = p_2^* = \frac{a+v}{2}$$

则两港口的收益分别为：

$$\pi_{hh}^1 = \frac{(a-v)^2}{4} - f_1，\quad \pi_{hh}^2 = \frac{(a-v)^2}{4} - f_2$$

可得两港口的收益支付矩阵如表 1 所示。

2.2. 两港口竞争合作的演化稳定策略

设港口 1 选择竞争的概率为 x，则选择合作的概率为 $1-x$，设港口 2 选择竞争的概率为 y，则选择合作的概率为 $1-y$。可得港口 1 和港口 2 的复制动态微分方程为：

$$\begin{cases} F(x) = \dfrac{dx}{dt} = x(1-x)\left[y\left(\pi_{jj}^1 - \pi_{hj}^1\right) + (1-y)\left(\pi_{jh}^1 - \pi_{hh}^1\right)\right] \\ F(y) = \dfrac{dy}{dt} = y(1-y)\left[x\left(\pi_{jj}^2 - \pi_{jh}^2\right) + (1-x)\left(\pi_{hj}^2 - \pi_{hh}^2\right)\right] \end{cases}$$

令 $F(x)=0, F(y)=0$，得到系统的局部演化均衡点为：$(0,0)$，$(0,1)$，$(1,0)$，$(1,1)$ 和 $\left(\dfrac{\pi_{hh}^2 - \pi_{hj}^2}{\pi_{jj}^2 + \pi_{hh}^2 - \pi_{hj}^2 - \pi_{jh}^2}, \dfrac{\pi_{hh}^1 - \pi_{jh}^1}{\pi_{jj}^1 + \pi_{hh}^1 - \pi_{jh}^1 - \pi_{hj}^1}\right)$，根据雅克比矩阵

$$J = \begin{bmatrix} (1-2x)\left[y\left(\pi_{jj}^1 - \pi_{hj}^1\right) + (1-y)\left(\pi_{jh}^1 - \pi_{hh}^1\right)\right] & x(1-x)\left(\pi_{jj}^1 + \pi_{hh}^1 - \pi_{jh}^1 - \pi_{hj}^1\right) \\ y(1-y)\left(\pi_{jj}^2 + \pi_{hh}^2 - \pi_{jh}^2 - \pi_{hj}^2\right) & (1-2y)\left[x\left(\pi_{jj}^2 - \pi_{jh}^2\right) + (1-x)\left(\pi_{hj}^2 - \pi_{hh}^2\right)\right] \end{bmatrix}$$，当满足 $\det(J) > 0, tr(J) < 0$ 时为 ESS 点。

Table1. Payment matrix for two ports
表 1. 两港口的收益支付矩阵

		港口 2	
		竞争	合作
港口 1	竞争	π_{jj}^1, π_{jj}^2	π_{jh}^1, π_{jh}^2
	合作	π_{hj}^1, π_{hj}^2	π_{hh}^1, π_{hh}^2

将各函数表达式代入可得结果如表2。

设 $\Delta=(a-v)^2>0$， $A=2\left(2+4\theta+\theta^2\right)>0$，可得两港口的竞争合作策略收益矩阵之差如图 1 所示。

1) 当 $\theta>\frac{\sqrt{5}+1}{2}$ 时， $\pi_{jh}^1-\pi_{hh}^1<0,\pi_{hj}^2-\pi_{hh}^2<0$； $\pi_{jj}^1-\pi_{hj}^1>0,\pi_{hh}^2-\pi_{hj}^2>0$； $\pi_{hh}^1-\pi_{jh}^1>0,\pi_{jj}^2-\pi_{jh}^2>0$； $\pi_{hj}^1-\pi_{jj}^1<0,\pi_{jh}^2-\pi_{jj}^2<0$。在这种情况下，系统不存在 Nash 均衡点，如表 3 所示。

2) 当 $0<\theta<\frac{\sqrt{5}+1}{2}$ 时，$\pi_{jh}^1-\pi_{hh}^1>0,\pi_{hj}^2-\pi_{hh}^2>0$；$\pi_{jj}^1-\pi_{hj}^1>0,\pi_{hh}^2-\pi_{hj}^2>0$；$\pi_{hh}^1-\pi_{jh}^1<0,\pi_{jj}^2-\pi_{jh}^2>0$； $\pi_{hj}^1-\pi_{jj}^1<0,\pi_{jh}^2-\pi_{jj}^2<0$。此时存在唯一纯策略的 Nash 稳定点 $(0,1)$，即港口 1 选择合作策略，港口 2 选择竞争策略，如表 4 所示。

2.3. 数值算例

1、设 $a_1=100,a_2=88,b_2=2,c_1=2,c_2=3,v=10,f_1=f_2=500$，分别分析港口 1 需求量受自身价格影响参数 b_1 的取值在 $[2,3]$ 上变化时港口 1 和港口 2 收益之差，据此判断是否满足系统的稳定条件，如图 2 所示。

2、设 $a_1=100,a_2=88,b_1=2,b_2=3,c_2=2,v=10,f_1=f_2=500$，由于港口 1 市场容量稍大，受港口 2 价格竞争影响稍小，分析港口 1 和港口 2 的收益随 c_1 的变化趋势如图 1 所示。

通过两个数值算例的比较得到，不管港口 1 相对于港口 2 来说对自身价格是否更敏感，两港口利润大小都满足 $\pi_{jh}^1>\pi_{hh}^1,\pi_{hj}^2>\pi_{hh}^2$， 以此类推，对竞争的两寡头港口来说，(合作，竞争)是双方演化策略的 Nash 均衡点，从长期来说更有利于双方的稳定持续发。

Table 2. Two port competition cooperation strategy revenue matrix
表 2. 两港口的竞争合作策略收益矩阵

港口1竞合策略收益之差	港口2竞合策略收益之差
$\pi_{jh}^1-\pi_{hh}^1=\frac{-\Delta\theta\left[\left(\theta-\frac{1}{2}\right)^2-\frac{5}{4}\right]}{2A^2}$	$\pi_{hj}^2-\pi_{hh}^2=\frac{-\Delta\theta\left[\left(\theta-\frac{1}{2}\right)^2-\frac{5}{4}\right]}{2A^2}$
$\pi_{jj}^1-\pi_{hj}^1=\frac{\Delta\theta^2}{A(2+\theta)^2}$	$\pi_{hh}^2-\pi_{hj}^2=\frac{\Delta\theta\left[\left(\theta-\frac{1}{2}\right)^2-\frac{5}{4}\right]}{2A^2}$
$\pi_{hh}^1-\pi_{jh}^1=\frac{\Delta\theta\left[\left(\theta-\frac{1}{2}\right)^2-\frac{5}{4}\right]}{2A^2}$	$\pi_{jj}^2-\pi_{jh}^2=\frac{\Delta\theta^2}{A(2+\theta)^2}$
$\pi_{hj}^1-\pi_{jj}^1=\frac{-\Delta\theta^2}{A(2+\theta)^2}$	$\pi_{jh}^2-\pi_{jj}^2=\frac{-\Delta\theta^2}{A(2+\theta)^2}$

Table 3. Stability conditions of equilibrium points
表 3. 各均衡点的稳定条件

均衡点 (x,y)	稳定条件	是否满足
$(0,0)$	$\pi_{jh}^1-\pi_{hh}^1<0,\pi_{hj}^2-\pi_{hh}^2<0$	否
$(0,1)$	$\pi_{jj}^1-\pi_{hj}^1<0,\pi_{hh}^2-\pi_{hj}^2<0$	否
$(1,0)$	$\pi_{hh}^1-\pi_{jh}^1<0,\pi_{jj}^2-\pi_{jh}^2<0$	否
$(1,1)$	$\pi_{hj}^1-\pi_{jj}^1<0,\pi_{jh}^2-\pi_{jj}^2<0$	否
$\left(\frac{\pi_{hh}^2-\pi_{hj}^2}{\pi_{jj}^2+\pi_{hh}^2-\pi_{hj}^2-\pi_{jh}^2},\frac{\pi_{hh}^1-\pi_{jh}^1}{\pi_{jj}^1+\pi_{hh}^1-\pi_{jh}^1-\pi_{hj}^1}\right)$	不稳定	-----

3. 结论

1) 本文假设两港口是完全理性与信息完全对称的，建立了基于价格竞争的 Bertrand 模型，结果表明：在港口博弈过程中，港口各方的收益函数会受到固定成本，变动成本等参数变化的影响，从而导致选择不同的合作竞争组合方式时，其收益情况不同，进而导致双方均衡条件不同、是否处于稳定状态也不同。当两港口竞争强度过大或过小均不可取，只有在竞争强度满足 $0<\theta<\frac{\sqrt{5}+1}{2}$ 时，两港口存在长期稳定的 Nash 均衡状态，此时港口 1 选择合作策略，港口 2 选择竞争策略，长期来看这是最有利于双方的决策。

2) 港口与港口之间不应止步于传统的各自发展，在新的市场竞争环境中，应进一步考虑如何通过不同程度的竞争合作实现长期收益最大化及整体最优稳定。

3) 当不同港口的竞争实力不同时，综合实力弱的港口定价低一些，综合实力强的港口定价高一些，

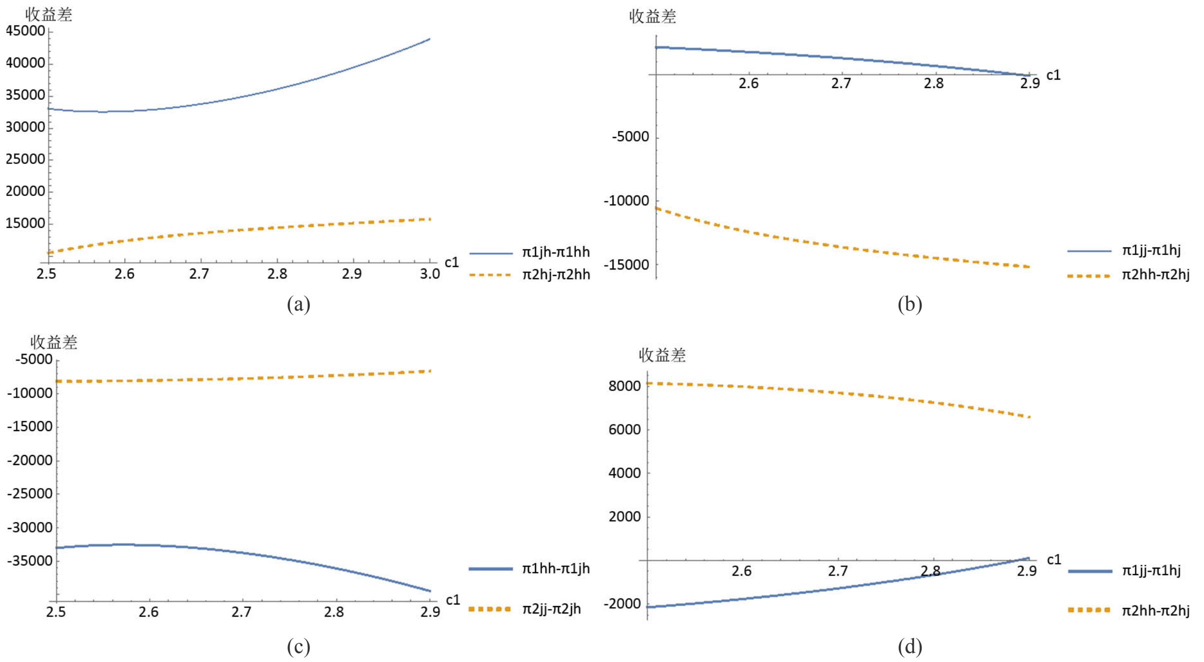

Figure 1. Stability of four equilibrium points in Situation 2
图 1. 情形 2 下四个均衡点的稳定情况

Table 4. Stability conditions of equilibrium points
表 4. 各均衡点的稳定条件

均衡点 (x,y)	稳定条件	是否满足
$(0,0)$	$\pi^1_{jh}-\pi^1_{hh}<0,\pi^2_{hj}-\pi^2_{hh}<0$	否
$(0,1)$	$\pi^1_{jj}-\pi^1_{hj}<0,\pi^2_{hh}-\pi^2_{hj}<0$	是
$(1,0)$	$\pi^1_{hh}-\pi^1_{jh}<0,\pi^2_{jj}-\pi^2_{jh}<0$	否
$(1,1)$	$\pi^1_{hj}-\pi^1_{jj}<0,\pi^2_{jh}-\pi^2_{jj}<0$	否
$\left(\frac{\pi^2_{hh}-\pi^2_{hj}}{\pi^2_{jj}+\pi^2_{hh}-\pi^2_{hj}-\pi^2_{jh}},\frac{\pi^1_{hh}-\pi^1_{jh}}{\pi^1_{jj}+\pi^1_{hh}-\pi^1_{jh}-\pi^1_{hj}}\right)$	不稳定	----

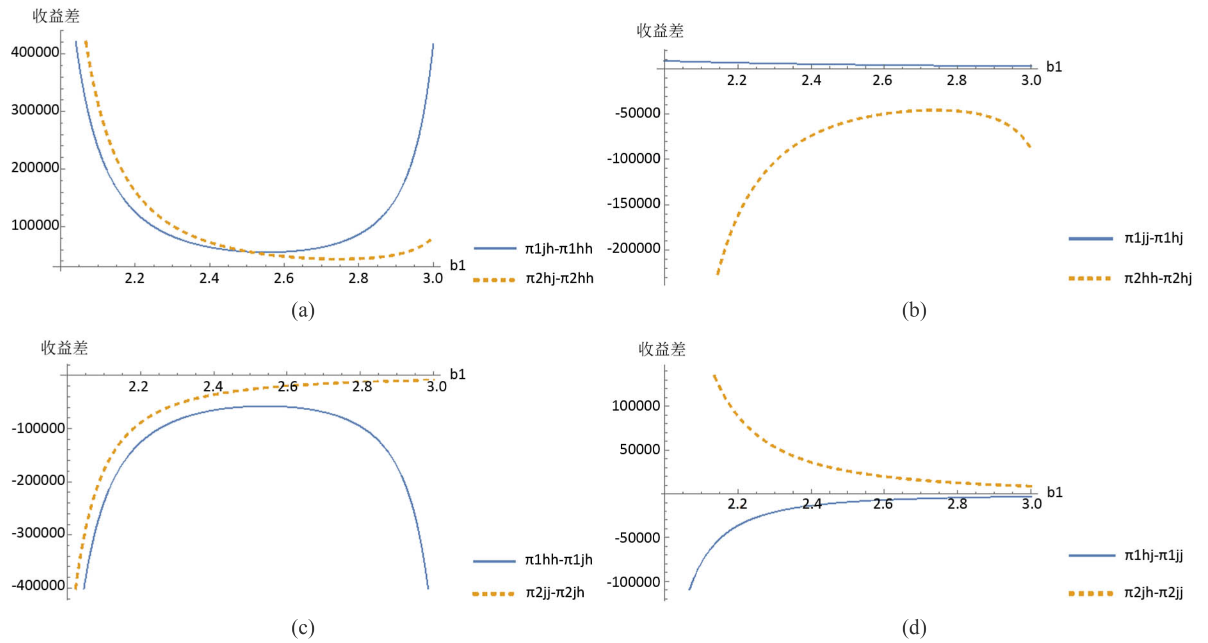

Figure 2. Stability of four equilibrium points in Situation 1
图 2. 情形 1 下四个均衡点的稳定情况

这种情况下，在共同的纳什均衡点时双方可以达到各自均衡利润的最大程度。

综上，各港口需要综合各方面因素来选择与其它港口通过合作还是竞争的方式实现自身收益的最优以及整体的最优。

基金项目

教育部人文社会科学研究项目(17YJC630130)；山东省自然科学基金(ZR2017MG015)；中国博士后科学基金资助项目(2016M592150)。

参考文献

[1] 于璐. 基于种群生态理论的中国港品业演化分析[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
[2] 陈航, 栾维新, 王跃伟. 港口增长的演化模型与实证分析[J]. 港工技术, 2009, 46(2): 41-44.
[3] 闫俊霞. 港口第四方物流核心企业与合作企业的演化博弈研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江财经大学, 2014.
[4] 谢奔一. 基于生态位适宜度的港口群竞合演化博弈分析[J]. 中外交流, 2017(20): 32-35.
[5] 张成考. 生态型港口物流园区的演化博弈模型研究[J]. 淮海工学院学报: 自然科学版, 2014(3): 18-21.
[6] 周鑫, 季建华. 港口竞争合作策略的演化博弈分析[J]. 中国航海, 2008, 31(3): 185-185.
[7] 张成考. 进化博弈视角下生态型港口物流园区演化机理研究[J]. 淮海工学院学报: 自然科学版, 2013(4): 67-72.
[8] 吴宏涛. 区域港口群演化问题研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.

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：2169-2556，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：ass@hanspub.org