

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2009.04.023

基于 Hotelling 模型的港口企业价格比较

周 鑫^{1,2} 季建华¹

(1.上海交通大学安泰经济与管理学院 ,上海 200030 ; 2.上海海事大学交通运输学院 ,上海 200135)

摘要 :为了研究多港口的均衡价格 ,利用 Hotelling 模型导出了利润最大时的港口均衡价格函数 ,并以 3 个港口为例 ,对不同条件下各港口的价格进行了比较 .结果表明 :当港口服务水平相同时 ,地理位置处于中间的港口的均衡价格比较低 ;当港口服务水平不同时 ,地理位置和服务水平等因素都会对均衡价格产生影响 .

关键词 :港口 均衡价格 服务水平 Hotelling 模型
中图分类号 :F505 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2009)04-0478-05

随着近年来我国经济和进出口贸易的发展 ,港口货运吞吐量也快速增长 .由于我国幅员辽阔 ,往往相同腹地内就存在多个港口 ,为了争取更多的货源 ,同一腹地内的港口常采用价格战的竞争策略 .而为了取得竞争优势 ,各港口将大力投资软、硬件设施 ,改善服务水平 .

近年来 ,一些学者对港口的竞争策略进行了研究 .吉阿兵^[1]对集装箱港口的竞争策略的设计进行了研究 .施欣^[2]研究了 2 种不同类型的港口竞争的市场结构 ,对不同市场结构下的港口竞争行为进行了分析 .此外 ,施欣^[3]构建了一个双寡头竞争的进入/遏制模型 ,并对港口竞争过程中的进入/遏制策略进行了研究 .封学军等^[4]运用 Bertrand 寡头竞争模型对建立港口物流企业联盟的效益进行了分析 ,通过一系列获益矩阵对港口物流企业在价格战中的策略选择进行了研究 .周慧等^[5]在港口服务质量差异化和地理位置差异化的前提下 ,结合港口产业非完全竞争的市场结构性质 ,构建了港口双寡头两阶段博弈模型 .郑士源等^[6]运用产业组织理论和博弈论方法对当前中国内支线集装箱运输市场恶性竞争的现象进行了分析 .李南等^[7]以圆周模型为基础 ,讨论了港口区域垄断与竞争问题 .另外 ,在多个企业竞争的研究中 ,Nicholas^[8]在传统的 Hotelling 模型基础上 ,进行了多个企业竞争策略的研究 .Steffert^[9]分析了二次运输成本函数下多个企业竞争的问题 .Takatoshi^[10]运用 Hotelling 模型研究了不同策略下企业的定价及社会福利问题 .

本文利用 Hotelling 模型导出了利润最大时的港口均衡价格函数 ,并以 3 个港口为例 ,对不同条件下各港口的价格进行了比较 .

1 基本模型

假定在同一区域内存在 n 个港口完全竞争 .港口分布在 x 轴 $[0, 1]$ 区间内 ,港口 i 位于 x 轴上的 a_i 位置 ,且各港口的的位置不重叠 ,即 $1 \geq a_n > a_{n-1} > \dots > a_i > \dots > a_2 > a_1 \geq 0$.港口用户(发货人)对港口服务有单位需求 .假设发货人均匀分布在点 $(0, 0)$ $(0, 1)$ $(1, 0)$ 和 $(1, 1)$ 组成的矩形腹地范围内 ,如图 1 所示^[1] .

R 表示发货人的保留效用(即发货人所获得的利润) , t 表示发货人将货物运到港口的陆上运费率($t > 0$) , S_i 表示港口 i ($i = 1, 2, \dots, n$) 的服务水平 , S 越大表明服务水平越高 , θ 表示服务水平系数($\theta > 0$) , U_i 表示发货人选择港口 i 的效用 , D_i 表示港口 i 的出口货运量 , p_i 表

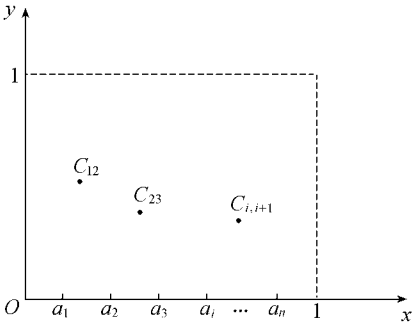


图 1 港口及发货人布局
Fig. 1 Locations of ports and consignors

示港口 i 为 1 单位货物提供服务收取的费用(包括装卸、堆存、保管费等,是一种综合性价格), $f(S_i)$ 表示港口 i 的成本函数.

假设发货人 $C_{i,i+1}(x_{i,i+1}, y_{i,i+1})$ $x_{i,i+1} \in (a_i, a_{i+1})$, $y_{i,i+1} \in [0, 1]$ 位于港口 i 和港口 $i+1$ 之间, 则发货人 C_{i2} 选择港口 1 或港口 2 的效用函数分别为(本文假定运输成本为二次函数)

$$U_{1,i2} = R + \theta S_1 - k[(x_{12} - a_1)^2 + y_{12}^2] - p_1 \tag{1}$$

$$U_{2,i2} = R + \theta S_2 - k[(a_2 - x_{12})^2 + y_{12}^2] - p_2 \tag{2}$$

假设发货人对选择 2 个港口的效用无差异, 即 $U_{1,i2} = U_{2,i2}$. 解得

$$x_{12} = \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{p_2 - p_1}{2k(a_2 - a_1)} - \frac{\theta(S_2 - S_1)}{2k(a_2 - a_1)} \tag{3}$$

同理, 发货人 $C_{i,i+1}$ 选择港口 i 或港口 $i+1$ 效用无差异时, 其位置是

$$x_{i,i+1} = \frac{a_i + a_{i+1}}{2} + \frac{p_{i+1} - p_i}{2k(a_{i+1} - a_i)} - \frac{\theta(S_{i+1} - S_i)}{2k(a_{i+1} - a_i)} \quad (i = 2, \dots, n-1) \tag{4}$$

因此, 港口 1, i 和 n 的需求函数可分别表示为

$$D_1 = \int_0^1 \int_0^{x_{12}} dx dy = \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{p_2 - p_1}{2k(a_2 - a_1)} - \frac{\theta(S_2 - S_1)}{2k(a_2 - a_1)} \tag{5}$$

$$D_i = \int_0^1 \int_0^{x_{i,i+1}} dx dy - \int_0^1 \int_0^{x_{i-1,i}} dx dy = x_{i,i+1} - x_{i-1,i} = \frac{a_{i+1} - a_{i-1}}{2} + \frac{p_{i+1} - p_i}{2k(a_{i+1} - a_i)} - \frac{p_i - p_{i-1}}{2k(a_i - a_{i-1})} - \frac{\theta(S_{i+1} - S_i)}{2k(a_{i+1} - a_i)} + \frac{\theta(S_i - S_{i-1})}{2k(a_i - a_{i-1})} \quad (i = 2, 3, \dots, n-1) \tag{6}$$

$$D_n = 1 - \int_0^1 \int_0^{x_{n-1,n}} dx dy = 1 - x_{n-1,n} = 1 - \frac{a_{n-1} + a_n}{2} - \frac{p_n - p_{n-1}}{2k(a_n - a_{n-1})} + \frac{\theta(S_n - S_{n-1})}{2k(a_n - a_{n-1})} \tag{7}$$

显然, D_i 与 p_i, S_i 线性相关, 且 $\frac{\partial D_i}{\partial p_i} < 0, \frac{\partial D_i}{\partial S_i} > 0$. 这说明 D_i 是关于 p_i 的减函数, 是关于 S_i 的增函数. 因此, 港口降低服务价格, 提高服务水平, 可以吸引更多的货源, 从而可使港口提高自身地位(目前国内外对港口的排名是按港口吞吐量的大小进行的). 但是, 港口的经营已趋向市场化, 吞吐量大并不完全说明该港口是成功经营的港口, 它的运作也应与一般的企业一样, 追求利润的最大化. 例如, 长三角地区苏州港的太仓港区和张家港港区, 位置相邻, 腹地相同, 虽然太仓港区的货运吞吐量高于张家港港区的货运吞吐量, 但是张家港港区在众多长三角港口中利润率是比较高的.

根据上述假设, 港口 i 的利润函数可表示为

$$\Pi_i = p_i D_i - f(S_i) \tag{8}$$

于是可得

$$\Pi_1 = p_1 D_1 - f(S_1) = p_1 \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{p_2 - p_1}{2k(a_2 - a_1)} - \frac{\theta(S_2 - S_1)}{2k(a_2 - a_1)} \right] - f(S_1) \tag{9}$$

$$\Pi_i = p_i D_i - f(S_i) = p_i \left[\frac{a_{i+1} - a_{i-1}}{2} + \frac{p_{i+1} - p_i}{2k(a_{i+1} - a_i)} - \frac{p_i - p_{i-1}}{2k(a_i - a_{i-1})} - \frac{\theta(S_{i+1} - S_i)}{2k(a_{i+1} - a_i)} + \frac{\theta(S_i - S_{i-1})}{2k(a_i - a_{i-1})} \right] - f(S_i) \quad (i = 2, 3, \dots, n-1) \tag{10}$$

$$\Pi_n = p_n D_n - f(S_n) = p_n \left[1 - \frac{a_{n-1} + a_n}{2} - \frac{p_n - p_{n-1}}{2k(a_n - a_{n-1})} + \frac{\theta(S_n - S_{n-1})}{2k(a_n - a_{n-1})} \right] - f(S_n) \tag{11}$$

由于各港口之间完全竞争, 每个港口均考虑自身利润最大化, 令 $\frac{\partial \Pi_i}{\partial p_i} = 0$. 经计算, 可得

$$\frac{\partial^2 \Pi_1}{\partial p_1^2} = -\frac{1}{k(a_2 - a_1)} < 0 \quad \frac{\partial^2 \Pi_i}{\partial p_i^2} = -\frac{1}{k(a_{i+1} - a_i)} - \frac{1}{k(a_i - a_{i-1})} < 0 \quad (i = 2, 3, \dots, n-1)$$

这说明利润函数存在最大值. 下面求解利润最大时港口的均衡价格. 为了方便求解, 令

$$m_{i,i+1} = a_i + a_{i+1} \quad d_{i+1,i} = a_{i+1} - a_i \quad S_{i+1,i} = S_{i+1} - S_i$$

$$\mathbf{p}^* = (p_1, p_2, \dots, p_n)^T$$
$$A = \begin{bmatrix} -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ d_{32} & -\alpha(d_{21} + d_{32}) & d_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & d_{43} & -\alpha(d_{32} + d_{43}) & d_{32} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & d_{54} & -\alpha(d_{43} + d_{54}) & d_{43} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d_{i+1,i} & -\alpha(d_{i,i-1} + d_{i+1,i}) & d_{i,i-1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 & 0 \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{b} = ((tm_{12}d_{21} - \theta S_{21}), \dots, (td_{i,i-1}d_{i+1,i}(\alpha(d_{i-1,i} + d_{i+1,i})) - \theta S_{i+1,i}d_{i,i-1} + \theta S_{i,i-1}d_{i+1,i}), \dots, (-td_{n,n-1}m_{n,n-1} + 2td_{n,n-1} + \theta S_{n,n-1}))^T$$

求解 n 个港口的均衡价格的方程组可表示为 $A\mathbf{p}^* + \mathbf{b} = 0 \Rightarrow \mathbf{p}^* = -A^{-1}\mathbf{b}$,得

$$\mathbf{p}^* = \begin{bmatrix} -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ d_{32} & -\alpha(d_{21} + d_{32}) & d_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & d_{43} & -\alpha(d_{32} + d_{43}) & d_{32} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & d_{54} & -\alpha(d_{43} + d_{54}) & d_{43} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d_{i+1,i} & -\alpha(d_{i,i-1} + d_{i+1,i}) & d_{i,i-1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 & 0 \end{bmatrix}^{-1} \mathbf{b}$$

(12)

式 (12)说明每个港口的均衡价格与自身和其他港口的位置、服务水平以及陆上运费率等因素有关. 因此, 在同一区域内的港口数量越多, 影响均衡价格的因素就越多, 制定价格就越复杂.

2 价格比较

不失一般性, 本文以同一腹地范围内存在 3 个港口为例, 比较它们的均衡价格. 假设同上, 根据前面的推导, 可解得均衡价格分别为

$$p_1^* = \frac{td_{21}[d_{32}(d_{31} + 2) + 3m_{12}d_{31}] + \theta d_{32}S_{21} - \theta d_{21}S_{32} - 3\theta d_{31}S_{21}}{6d_{31}}$$

(13)

$$p_2^* = \frac{td_{21}d_{32}(d_{31} + 2) + \theta d_{32}S_{21} - \theta d_{21}S_{32}}{3d_{31}}$$

(14)

$$p_3^* = \frac{td_{32}[d_{21}(d_{31} + 2) - 3m_{12}d_{31} + 6d_{31}] + \theta d_{32}S_{21} - \theta d_{21}S_{32} + 3\theta d_{31}S_{32}}{6d_{31}}$$

(15)

式 (13)~(15)说明每个港口的均衡定价与该区域内所有港口的位置、服务水平和陆上运费率相关. 由于

$$\frac{\partial p_1^*}{\partial S_1} = \frac{\alpha(3d_{31} - d_{32})}{6d_{31}} > 0 \quad \frac{\partial p_2^*}{\partial S_2} = \frac{\theta}{3} > 0 \quad \frac{\partial p_3^*}{\partial S_3} = \frac{\alpha(3d_{31} - d_{21})}{6d_{31}} > 0$$
$$\frac{\partial p_1^*}{\partial S_2} = -\frac{\theta}{3} < 0 \quad \frac{\partial p_1^*}{\partial S_3} = -\frac{\theta d_{21}}{6d_{31}} < 0 \quad \frac{\partial p_2^*}{\partial S_1} = -\frac{\theta d_{32}}{3d_{31}} < 0$$
$$\frac{\partial p_2^*}{\partial S_3} = -\frac{\theta d_{21}}{3d_{31}} < 0 \quad \frac{\partial p_3^*}{\partial S_1} = -\frac{\theta d_{32}}{6d_{31}} < 0 \quad \frac{\partial p_3^*}{\partial S_3} = -\frac{\theta}{3} < 0$$

所以港口的均衡价格随着自身服务水平的提高而提高, 随着其他港口服务水平的提高而降低. 由于港口位置是固定的, 所以港口均衡价格中由各港口位置所决定的一部分就可以固定下来, 而改变服务水平就可以调整价格.

例如, 环渤海港口群的大连港、天津港和青岛港 3 个港口的腹地相互交叉, 彼此之间竞争十分激烈. 天津

港拥有全国最大的保税港区——东疆保税港区,优惠的政策、完备的配套设施、显著的区位优势、高效的通关流程使得天津港的服务水平得到很大的提高.青岛港是中国少有的天然良港,依靠科学管理、创新管理,强力推进装卸生产的‘秒’时代,因此,青岛港被誉为中国创新型港口.相比之下,大连港近年来的发展有些滞后,但大连港也意识到了这一情况,正加紧对港口进行组合布局.所以,影响港口价格的主要因素是地理位置和港口服务水平.

2.1 服务水平相同时的价格比较

当 3 个港口服务水平相同时,港口的均衡价格仅与港口的位置和陆上运费率相关.

命题 在均衡条件下,处于中间位置的港口的均衡价格低于其两端的其中 1 个港口的均衡价格,即 $p_2^* < p_1^*$ 或 $p_2^* < p_3^*$.

证明 根据以上求得的均衡价格,可得

$$p_1^* - p_2^* = \frac{td_{21}[-d_{32}(d_{31} + 2) + 3m_{12}d_{31}]}{6d_{31}} \tag{16}$$

$$p_3^* - p_2^* = \frac{td_{32}[-d_{21}(d_{31} + 2) - 3m_{12}d_{31} + 6d_{31}]}{6d_{31}} \tag{17}$$

若 $p_1^* > p_2^*$, 则有 $3m_{12}d_{31} - d_{32}(d_{31} + 2) > 0$. 若 $p_3^* > p_2^*$, 则有 $6d_{31} - 3m_{12}d_{31} - d_{21}(d_{31} + 2) > 0$. 如果以上 2 个不等式均不成立,即 $p_1^* \leq p_2^*$ 和 $p_3^* \leq p_2^*$, 则有

$$3m_{12}d_{31} - d_{32}(d_{31} + 2) \leq 0 \tag{18}$$

$$6d_{31} - 3m_{12}d_{31} - d_{21}(d_{31} + 2) \leq 0 \tag{19}$$

式(18)+式(19),得

$$6d_{31} - d_{31}(d_{31} + 2) \leq 0 \Rightarrow d_{31}(4 - d_{31}) \leq 0 \Rightarrow d_{31} \geq 4 \tag{20}$$

又因为 $0 < d_{31} \leq 1$, 所以式(20)不成立. 因此, $p_2^* < p_1^*$ 或 $p_2^* < p_3^*$ 命题成立.

这说明处于中间位置的港口的定价相对较低. 当 3 个港口的服务水平相同时,它们所处的地理位置就起到决定性作用,处于中间位置的港口既要与左端的港口 1 进行竞争,又要和右端的港口 3 进行竞争,所以它不得不通过降低价格来吸引货源.

2.2 服务水平不相同时的价格比较

当 3 个港口服务水平不不同时,由式(13)~(15)可得

$$p_1^* - p_2^* = \frac{td_{21}[-d_{32}(d_{31} + 2) + 3m_{12}d_{31}] - \theta d_{32}S_{21} + \theta d_{21}S_{32} - 3\theta d_{31}S_{21}}{6d_{31}} \tag{21}$$

$$p_3^* - p_2^* = \frac{td_{32}[-d_{21}(d_{31} + 2) - 3m_{12}d_{31} + 6d_{31}] - \theta d_{32}S_{21} + \theta d_{21}S_{32} + 3\theta d_{31}S_{32}}{6d_{31}} \tag{22}$$

式(21)(22)说明港口的均衡价格与港口位置、港口服务水平差异、陆上运费率等因素有关. 因此, $p_1^* - p_2^*$ 与 $p_3^* - p_2^*$ 之间的关系较难确定. 由于决定各港口均衡价格的参数涉及相邻 2 个港口的服务水平差异,即 S_{21}, S_{32} , 因此,可以判断服务水平差异对均衡价格的影响.

假定 3 个港口的的位置已知,令 $a_1 = 0.2, a_2 = 0.4, a_3 = 0.6, t = 1, \theta = 1$, 则 $d_{21} = 0.2, d_{32} = 0.2, d_{31} = 0.4, m_{12} = 0.6, m_{23} = 1$, 代入式(13)~(15)可以得出 3 个港口均衡价格与 S_{21}, S_{32} 的关系式. 从这 3 个关系式可以得出以下结论:

港口 1 的均衡价格是关于 S_{21}, S_{32} 的减函数. 这说明港口 2 的服务水平逐渐高于港口 1 的服务水平时,港口 1 的均衡价格将会降低. 港口 3 的服务水平逐渐高于港口 2 的服务水平时,港口 1 的均衡价格也会降低. 且 S_{21} 对它的影响大于 S_{32} . 这也进一步说明港口 1 的均衡价格受到与之相邻的港口服务水平的影响较大.

港口 2 的均衡价格是关于 S_{21} 的增函数,是关于 S_{32} 的减函数. 这说明港口 2 的服务水平逐渐高于港口 1 的服务水平时,港口 2 的均衡价格将会提高. 港口 3 的服务水平逐渐高于港口 2 的服务水平时,港口 2 的均衡价格将会降低. 且 S_{21}, S_{32} 对它的影响相同. 主要原因是港口 2 处于中间位置,相邻 2 个港口的服务水平都会对它产生影响.

港口3的价格是关于 S_{21} 、 S_{32} 的增函数. 这说明港口3的服务水平逐渐高于港口1的服务水平时, 港口3的均衡价格将会提高, 港口3的服务水平逐渐高于港口2的服务水平时, 港口3的均衡价格也会提高, 且 S_{32} 对它的影响大于 S_{21} . 这也进一步说明港口3的均衡价格受到与之相邻的港口服务水平的影响较大.

因此, 港口的价格不仅与地理位置有关, 而且还与港口服务水平有关. 这也验证了大多数情况下, 服务水平较高的港口收费也较高的事实.

3 结 语

本文利用 Hotelling 模型对相同腹地范围内存在竞争的多个港口的均衡价格进行了探讨. 结果表明 (a) 当港口服务水平相同时, 地理位置对港口均衡价格起到至关重要的作用; (b) 当服务水平不同时, 地理位置和服务水平等因素都会影响均衡价格, 任何一个港口的均衡价格都会受到其他竞争对手服务水平与其服务水平差异的影响, 并且相邻的竞争对手的服务水平对其影响更大.

参考文献:

- [1] 吉阿兵. 集装箱港口的竞争策略研究[D]. 上海: 复旦大学, 2006.
- [2] 施欣. 港口竞争的市场结构与竞争行为分析[J]. 中国航海, 1998, 43(2): 89-93.
- [3] 施欣. 港口双寡头竞争的进入/遏制策略分析[J]. 交通运输工程学报, 2001(2): 120-123.
- [4] 封学军, 严以新. 港口物流企业在价格战中的策略选择[J]. 交通运输工程学报, 2005(2): 113-116.
- [5] 周慧, 严以新. 港口企业双寡头价格质量博弈分析[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2004, 33(4): 470-473.
- [6] 郑士源, 王浣尘. 中国内支线集装箱运输市场恶性竞争原因及对策[J]. 大连海事大学学报, 2007, 33(2): 67-70.
- [7] 李南, 李文兴. 港口的区域垄断和竞争: 圆周模型[J]. 中国航海, 2007(1): 93-96.
- [8] NICHOLAS E. Hotelling's "main street" with more than two competitors[J]. Journal of Regional Science, 1993, 33(3): 303-319.
- [9] STEFFEN B. Hotelling games with three, four, and more players[J]. Journal of Regional Science, 2005, 45(4): 851-864.
- [10] TAKATOSHI T. Pricing policy in spatial competition[J]. Regional Science and Urban Economics, 1999, 29: 617-631.

Comparative research on prices of port enterprises based on Hotelling model

ZHOU Xin^{1,2}, JI Jian-hua¹

- (1. Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China;
2. College of Transport and Communications, Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China)

Abstract: In order to study the equilibrium price of various ports, the function for the equilibrium price with the maximum profit was derived based on the Hotelling model. The prices of three ports under different conditions were compared. The results of the theoretical studies indicate that when the service levels of the three ports are the same, the equilibrium price of the port located in the middle is the lowest, and when they are not the same, the geographical positions and service levels have certain effects on the equilibrium prices of the port enterprises.

Key words: port; equilibrium price; service level; Hotelling model