汽车生产厂家定价策略研究*

陈修素,汪　婧

(重庆工商大学 统计学院,重庆 400067)

摘　要:讨论了汽车行业中厂商一般的定价方法,并引入具体例子,利用统计学中的多元线性回归模型导出两种不同型号汽车的销售量和价格的经验关系式,检验了此模型的拟合优度,讨论了其整体显著性的F检验;讨论了两寡头垄断企业的产品的需求函数为二元函数的伯特兰德模型的纳什均衡解,并给出了某两型号汽车的定价博弈问题的均衡结果。

关键词:寡头垄断;线性回归;伯特兰德模型;纳什均衡

中图分类号:F224.0　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-6439(2007)05-0084-04

Research into pricing strategy of auto manufacturers

CHEN Xiu-su, WANG Jing

(*School of Statistics, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China*)

Abstract: This paper discusses the general pricing methods of auto manufacturers, uses practical examples and multivariate linear regression model to deduce empirical relation between sale quantity and prices of different types of autos, tests the goodness of fit of this model, discusses F-test of the whole significance and Nash Equilibrium solution of Bertrand Model of duopoly enterprises products when demand function is binary function, and gives equilibrium results of pricing game for two types of autos.

Key words: oligopoly; linear regression; Bertrand Model; Nash Equilibrium

价格是现代市场营销组合的一个重要变数,也是最复杂、最敏感的一个市场因素。由于市场结构不同,企业定价行为具有不同的特征。汽车产业属于寡占型市场结构,行业内各厂商在进行价格的制定时,必须考虑行业所处的市场环境。本文把汽车所处的市场环境作为研究对象,研究其对各厂商汽车销量、价格以及利润的影响,进而深入分析汽车行业中各厂商在追求利润最大化下的定价策略。

一、汽车厂商在寡头垄断市场下的定价

市场经济中企业定价原则很多,有侧重需求的、侧重成本的和侧重竞争的,其中侧重竞争的定价原则是吸收了侧重需求、侧重成本定价方法长处的较为全面的定价方法,总的说来,就是以市场上竞争者如何定价作为自己制定价格的主要依据。实行这种定价策略的企业,往往根据自身条件和经营目标,制定和竞争者相同或相近的价格。中国汽车行业中的厂商通常采用这种定价方法。

(一)汽车行业所处的市场环境分析

首先,我们对汽车行业所处的市场进行分析。我们可以看到汽车行业符合寡头垄断的特征。寡头垄断又称寡头、寡占,指为数不多的销售者。在寡头垄断市场上,只有少数几家厂商供给该行业全部或大部分产品,每个厂家的产量占市场总量的相当份额,对市场价格和产量有举足轻重的影响。它是处于完全竞争和完全垄断之间的一种市场结构;同垄断竞争市场一样,都是中间形态的市场,但偏向于完全垄断;与完全垄断市场比,二者都有垄断的因素,但垄断程度小于完全垄断。

相互依存是寡头垄断市场的基本特征。由于厂商数目少而且占据市场份额大,不管怎样,一个厂商

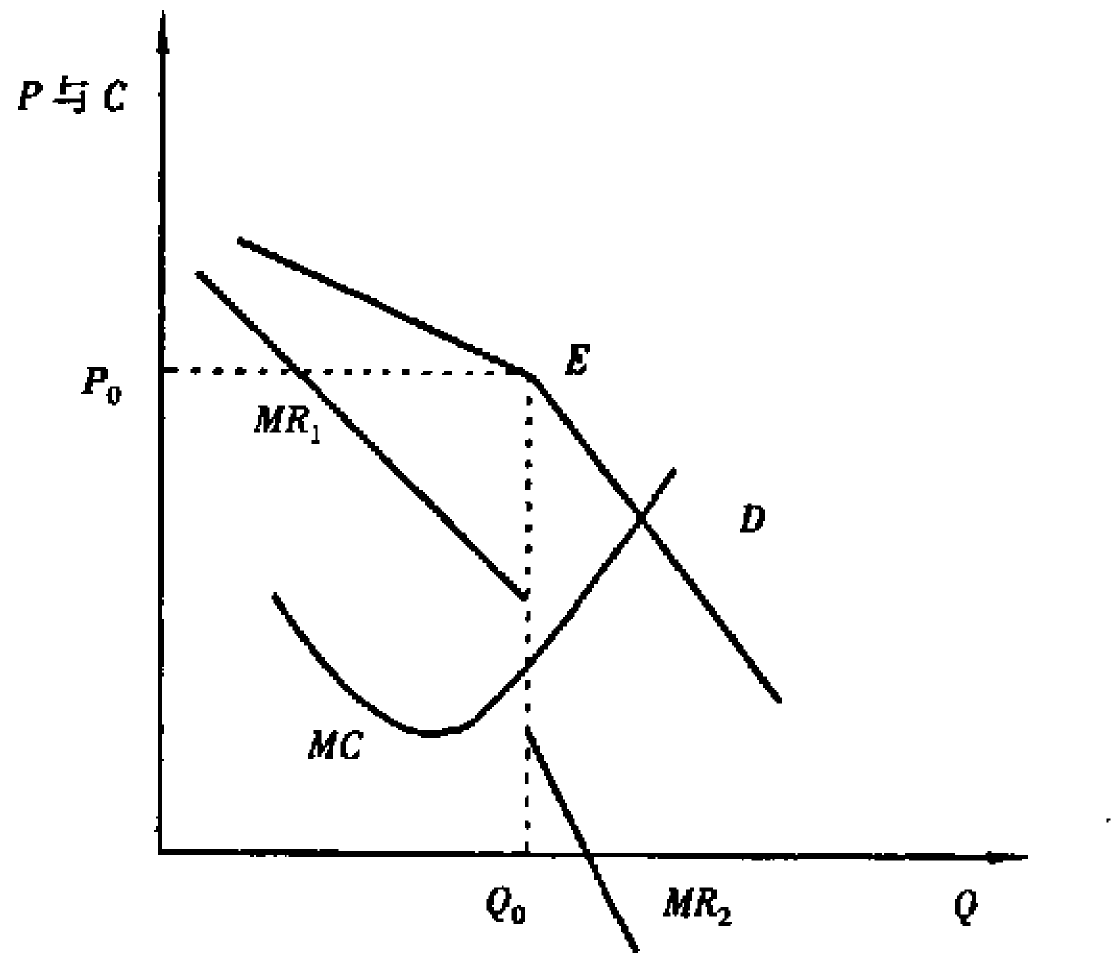
* 收稿日期:2007-07-22

作者简介:陈修素(1964—),男,四川大竹人,重庆工商大学统计学院,教授,从事应用统计、博弈论与信息经济学研究。

的行为都会影响对手的行为,进而影响整个市场。所以,每个寡头在决定自己的策略和政策时,都非常重视对手对自己这一策略和政策的态度和反应。作为寡头垄断者的厂商是独立自主的经营单位,具有独立的特点,但是他们的行为又互相影响、互相依存。这样,寡头厂商可以达成共谋或协作,形式多种多样,可以签订协议,可以暗中默契。

(二)厂商在所处环境下的定价方法

中国汽车产业市场的一般定价方法,可用折曲的需求曲线诠释,如下图:



若需求曲线是线性的,可令反需求函数为:$p = a - bq$,其中,b 是需求曲线的斜率。边际收益曲线为:$MR = \frac{dTR}{dq} = \frac{d(pq)}{dq} = \frac{d(aq - bq^2)}{dq} = a - 2bq$。即边际收益曲线的斜率是需求曲线斜率的 2 倍,因此,当需求曲线出现折角的时候,边际收益(MR)曲线会出现断口,根据利润最大化原则,即 $MC = MR$,只要边际成本曲线通过断口,价格和数量就会稳定在 E 点。只要汽车企业的边际成本通过断口,就可以按 E 点价格销售产品而获利。此时,一个企业单独调整价格的可能性较小,因为汽车市场竞争激烈,某个企业降价会使其它企业也随之降价,导致需求价格弹性变小而无利可图。因此,汽车市场中同类、同档次产品趋于实行侧重竞争的定价策略。

二、需求模型的分析与计算

西方经济学中,对需求数量的确定做了详尽的讲解,这其中定义了需求数量是由许多因素共同决定的。其中的主要因素有:该商品的价格、消费者的偏好、消费者的收入水平、相关商品的价格和消费者对这种商品的价格预期等。而在这里,我们主要研究汽车的价格与其销量的关系以及在同一时间点两种车型销量的相互影响,并利用统计学中的多元线性回归模型导出汽车价格与其销量的数学表达式。

(一)两类汽车的有关需求数据及需求关系

下面我们探讨具体的例子。下表是重庆某汽车销售公司六个月内对长安之星 *SC6371A* 车型和长安新星 *SC6350C* 车型在某区域内的销售数据:

	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
长安之星价格 P_{1i}/万元	4.5	4.4	3.9	4.8	4.0	4.2
长安之星销售量 Q_{1i}/辆	10	15	30	8	25	20
长安新星价格 P_{2i}/万元	3.6	3.5	3.0	3.8	3.2	3.3
长安新星销售量 Q_{2i}/辆	15	20	40	12	30	25

我们研究的是在同时期内两种车型的价格对销量的相互影响,设两种车型的销量与价格的关系式为:

$$Q_{1i} = a_1 - b_1 p_{1i} + c_1 p_{2i} + u_{1i}$$

$$Q = a_2 - b_2 p_{2i} + c_2 p_{1i} + u_{2i}$$

i 表示的是第 i 个月($i = 1,2,\cdots,6$),目前我们的目的是求出参数 $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$,根据计量经济学中多元线性回归模型的参数估计理论,应用最小二乘估计法确定样本估计值。

(二)二元线性回归模型的推导

二元线性回归总体模型为:$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + u_i$

样本回归模型为:$Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \hat{\beta}_2 X_{2i} + e_i$

样本回归直线方程为:$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \hat{\beta}_2 X_{2i}$

根据回归估计值与实际值 Y 之间的离差平方和达到最小,即:$\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum e_i^2 \rightarrow$ 最小

设: $Q = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum e_i^2$

亦即: $MinQ = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum e_i^2$

代入: $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \hat{\beta}_2 X_{2i}$

即是求:$MinQ = \sum (Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_{1i} - \hat{\beta}_2 X_{2i})^2$

要对函数 Q 求极小值,我们利用微积分中极值

原理：

$$\frac{\partial Q}{\partial \hat{\beta}_0}=0 \quad \frac{\partial Q}{\partial \hat{\beta}_1}=0 \quad \frac{\partial Q}{\partial \hat{\beta}_2}=0$$

$$2\sum(Y_i-\hat{\beta}_0-\hat{\beta}_1X_{1i}-\hat{\beta}_2X_{2i})=0$$

$$2\sum(Y_i-\hat{\beta}_0-\hat{\beta}_1X_{1i}-\hat{\beta}_2X_{2i})X_{1i}=0$$

$$2\sum(Y_i-\hat{\beta}_0-\hat{\beta}_1X_{1i}-\hat{\beta}_2X_{2i})X_{2i}=0$$

$$\sum Y_i=n\hat{\beta}_0+\hat{\beta}_1X_{1i}+\hat{\beta}_2X_{2i}$$

$$\sum Y_iX_{1i}=\hat{\beta}_0\sum X_{1i}+\hat{\beta}_1\sum X_{1i}^2+\hat{\beta}_2\sum X_{1i}X_{2i}$$

$$\sum Y_iX_{2i}=\hat{\beta}_0\sum X_{2i}+\hat{\beta}_1\sum X_{1i}X_{2i}+\hat{\beta}_2\sum X_{2i}^2$$

（这一方程组被称为二元线性回归模型的正规方程组）

令：$x_{1i}=X_{1i}-\overline{X}_1 \quad x_{2i}=X_{2i}-\overline{X}_2 \quad y_i=Y_i-\overline{Y}$

解此正规方程组得：

$$\hat{\beta}_0=\overline{Y}-\hat{\beta}_1\overline{X}_1-\hat{\beta}_2\overline{X}_2$$

$$\hat{\beta}_1=\frac{\sum y_ix_{1i}\cdot\sum x_{2i}^2-\sum y_ix_{2i}\cdot\sum x_{1i}x_{2i}}{\sum x_{1i}^2\cdot\sum x_{2i}^2-(\sum x_{1i}x_{2i})^2}$$

$$\hat{\beta}_2=\frac{\sum y_ix_{2i}\cdot\sum x_{1i}^2-\sum y_ix_{1i}\cdot\sum x_{1i}x_{2i}}{\sum x_{1i}^2\cdot\sum x_{2i}^2-(\sum x_{1i}x_{2i})^2}$$

（三）两类汽车需求关系的回归经验公式

根据上面表格中的数据及推出的公式，可以算出两种车型的销量与其价格的回归关系式，从而在关系式中得出在同一销售时间内两种车型价格与销量的相互影响。

下面先计算长安之星 *SC6371A* 的销量与价格的关系，根据上述公式：

$p_{1i}=P_{1i}-\overline{P_1} \quad p_{2i}=P_{2i}-\overline{P_2} \quad q_{1i}=Q_{1i}-\overline{Q}_1$

$$\hat{\beta}_{11}=\frac{\sum p_{1i}q_{1i}\sum p_{2i}^2-\sum p_{2i}q_{1i}\sum p_{1i}p_{2i}}{\sum p_{1i}^2\sum p_{2i}^2-(\sum p_{1i}p_{2i})^2}=-15.5$$

$$\hat{\beta}_{12}=\frac{\sum p_{2i}q_{1i}\sum p_{1i}^2-\sum p_{1i}q_{1i}\sum p_{1i}p_{2i}}{\sum p_{1i}^2\sum p_{2i}^2-(\sum p_{1i}p_{2i})^2}=8$$

$$\beta_0=\overline{Q_1}-\hat{\beta}_{11}\overline{P}_{1i}-\hat{\beta}_{12}\overline{P}_{2i}=55.4$$

所以长安之星 *SC6371A* 的销量与价格的关系为：$Q_1=55.45-15.5p_1+8p_2$

同理可得，长安新星 SC6350C 的销量与价格的关系为：$Q_2=66.6-19p_2+6p_1$

（四）需求关系回归模型的检验

多元线性回归模型的参数估计出来以后，还需要进一步对该回归函数进行统计检验，以判定估计的可靠度，在这里用我们拟合优度检验其可靠性，并用 F 检验其显著性。先给出估计可靠度的检验公式：

记 $TSS=\sum(y_i-Y_{平均})^2$ 为总离差平方和，$ESS=\sum(\hat{Y}_i-Y_{平均})^2$ 为回归平方和，$RSS=\sum(Y_i-\hat{Y}_i)^2$ 为残差平方和，则有 $TSS=RSS+ESS$。

即总离差平方和可分解为回归平方和与残差平方和两部分。回归平方和反映了总离差平方和中可由样本回归线解释的部分，它越大，残差平方和越小，表明样本回归线与样本观测值的拟合程度越高。因此，可用回归平方和占总离差平方和的比重来衡量样本回归线对样本观测值的拟合程度：$R^2=\frac{ESS}{TSS}=1-\frac{RSS}{TSS}$。该统计量越接近于1，模型的拟合优度越高。

接下来我把刚才所推出的两个关系式的数据带人公式，以检验其可靠度。长安之星 SC6371A 车型销量与价格关系的可靠度：$R^2=86.48\%$；长安新星 SC6350C 车型的销量与价格的关系的可靠度：$R^2=98.69\%$

可见，回归方程对于样本观测点拟合良好，也就是说 Q_1、Q_2 的变化分别有 86.48% 和 98.69% 由价格 P_1、P_2 决定。

再给出回归模型的整体显著性检验的决策规则：

(1) 原假设 H_0：$\beta_2=\beta_3=\cdots=\beta_k=0$

备择假设 H_1：β_j 不全为 0，$j=2,3,\cdots,k$

(2) 计算 F 统计量：$F=\frac{R^2/(k-1)}{(1-R^2)/(n-k)}$

(3) 在给定显著性水平 α 的条件下，查 F 分布表得临界值 $F_\alpha(k-1,n-k)$。

(4) 判断：如果 $F>F_\alpha(k-1,n-k)$，则拒绝 H_0，接受备择假设 H_1；如果 $F<F_\alpha(k-1,n-k)$，则不拒绝 H_0。

下面先对长安之星 *SC6371A* 车型进行显著性检验：$R^2=0.865$，$n=6$，$k=3$，$F_1=9.6$。

$F_1=9.6>F_{0.05}(2,3)=9.55$。因此长安之星 *SC6371A* 车型销量与价格关系模型是整体显著性的，销量与价格关系模型成立。

对长安新星 *SC6350C* 车型进行显著性检验：

$R^2=0.987$，$n=6$，$k=3$，$F_2=114.77$。

$F_2 = 114.77 > F_{0.05}(2,3) = 9.55$。因此长安新星 $SC6350C$ 车型销量与价格关系模型是整体显著性的，销量与价格关系模型成立。

三、汽车厂商的定价博弈模型及求解

在前面部分我们已经对汽车行业所处的市场进行了分析，我们可以看到汽车行业符合寡头垄断的特征。而现在我们主要研究的是行业内各厂商以价格进行的博弈，根据此行业产品的特征，我们用伯特兰德模型进行探讨，先简述此模型的基本假定：(1)假定市场上只有两家企业，企业1和企业2；(2)生产有差异的同类相互替代产品；(3)双方同时确定各自产品的价格；(4)成本函数结构相同，边际成本等于单位成本，分别为 d_1 和 d_2，固定成本为0；(5)两家企业产品的价格分别为 p_1 和 p_2。另外，没有串谋行为。

据上述假设，两个企业的市场需求取决于其定价，各自的需求函数分别为：

$$Q_1 = a_1 - b_1p_1 + c_1p_2; Q_2 = a_2 - b_2p_2 + c_2p_1$$

在该博弈中，他们各自的策略空间是 $S_1 = [0, P_{1max}]$ 和 $S_2 = [0, P_{2max}]$，其中 P_{1max} 和 P_{2max} 是厂商1和厂商2能卖出产品的最高价格；两博弈方的收益就是各自的利润，是双方的策略，即双方产品价格的函数：

$$U_1 = p_1q_1 - d_1q_1 = (p_1 - d_1)(a_1 - b_1p_1 + c_1p_2)$$

$$U_2 = p_2q_2 - d_2q_2 = (p_2 - d_2)(a_2 - b_2p_2 + c_2p_1)$$

接下来求使利润最大时的 p_1, p_2：

求 u_1 对 p_1 一阶偏导并令其等于0得：

$$\frac{\partial u_1}{\partial p_1} = = a_1 - 2p_1b_1 + c_1p_2 + b_1d_1 = 0$$

再求 u_2 对 P_2 一阶偏导并令其等于0得：

$$\frac{\partial u_2}{\partial p_2} = a_2 - 2p_2b_2 + c_2p_1 + b_2d_2 = 0$$

联立上述两式，解得：

$$p_1 = \frac{c_1(a_2 + b_2d_2) + 2b_2(a_1 + b_1d_1)}{4b_1b_2 - c_1c_2};$$

$$p_2 = \frac{c_2(a_1 + b_1d_1) + 2b_1(a_2 + b_2d_2)}{4b_1b_2 - c_1c_2}$$

这样我们就得到了伯特兰德博弈的唯一纳什均衡解 (p_1, p_2)，将 p_1, p_2 代入两利润函数则可得到两厂商的均衡利润分别为：

$$U_1 = \frac{2a_1b_2 + c_1(a_2 + b_2d_2) - d_1(2b_1b_2 - c_1c_2)}{(4b_1b_2 - c_1c_2)^2} \times [N_1 - M(a_1 + b_1d_1)]$$

$$U_2 = \frac{2a_2b_1 + c_2(a_1 + b_1d_1) - d_2(2b_2b_1 - c_1c_2)}{(4b_1b_2 - c_1c_2)^2} \times [N_2 - M(a_2 + b_2d_2)]$$

其中：

$N_1 = a_1(4b_1b_2 - c_1c_2) + b_1c_1(a_2 + b_2d_2)$，

$M = (2b_1b_2 - c_1c_2)$

$N_2 = a_2(4b_1b_2 - c_1c_2) + b_2c_2(a_1 + b_1d_1)$，

我们利用前面回归所得长安之星 $SC6371A$ 车型和长安新星 $SC6350C$ 车型的需求函数经验公式的 a_1、b_1、c_1、a_2、b_2、c_2 的具体数字，并假设两种车型的边际成本相等，都为 d，代人上述模型的纳什均衡的各式，即可得到如下具体的结果：

$$p_1 = 1.39 + 0.39d$$

$$p_2 = 1.53 + 0.44d$$

将其带人利润函数：

$$U_1 = 64.14155 - 31.6582d + 1.54025d^2$$

$$U_2 = 70.1811 - 34.8978d + 3.3712d^2$$

以上是基于伯特兰德价格博弈下汽车的定价与所获得的均衡利润。

由上述纳什均衡利润易知，当 $M = (2b_1b_2 - c_1c_2) > 0$ 时，随着企业 i 生产的边际成本 d_i 的增加，其均衡利润 U_i 将减少。因此，企业应充分地挖掘自身潜力，改进技术，降低生产成本，获得竞争优势，增加均衡利润。

参考文献：

[1] 微观经济学理论与应用[M]. 中国金融出版社，2000.
[2] 李子奈，潘文卿. 计量经济学[M]. 3版. 北京：高等教育出版社，2002.
[3] 苏东水. 产业经济学[M]. 2版. 北京：高等教育出版社.
[4] 黄亚钧，郁义鸿. 微观经济学[M]. 高等教育出版社.
[5] 高鸿业. 西方经济学[M]. 3版. 北京：中国人民大学出版.
[6] 盛骤. 概率论与数理统计[M]. 3版. 杭州：浙江大学出版社.
[7] 靳俊喜. 中国汽车产业与汽车市场发展前瞻分析[J]. 重庆工商大学学报(西部论坛)，2005，15(5)：63-66.
[8] 罗伯特. 吉本斯. 博弈论基础[M]. 高峰，译. 北京：中国社会科学出版社，1999.

(责任编校：夏　冬)