文章编号:0253-2778(2015)08-0692-10

基于消费者购买前后感知价值差异下的卖方最优订货量与定价分析

陈 灿,刘 杰

(中国科学技术大学管理学院,安徽合肥 230026)

摘要:网络购物中,消费者购买前后对产品的感知价值常出现有偏差的现象,这会影响消费者需求并会导致退货行为.消费者购买前后感知价值可以分为两种关系:购买前后感知价值互相独立,和购买前后感知价值互相依赖.针对这两种关系分别建模,构建了相应的卖方期望利润函数,给出了最优订货量解析解;分析了这两种模型下的最优决策和期望利润的大小关系,发现每种模型的期望利润只可能是条件最优,并给出了判断条件;最后结合算例分析了当价格内生时,消费者感知价值分布特点对卖方最优定价、订货量和利润的影响.

关键词:网络购物;感知价值偏差;最优决策;不确定性需求

中图分类号:F274 **文献标识码**:A doi:10.3969/j.issn.0253-2778.2015.08.011

引用格式:Chen Can, Liu Jie. Seller's optimal ordering quantity and pricing when considering consumer valuation bias[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2015,45(8):692-701.
陈灿,刘杰. 基于消费者购买前后感知价值差异下的卖方最优订货量与定价分析[J]. 中国科学技术大学学报,2015,45(8):692-701.

Seller's optimal ordering quantity and pricing when considering consumer valuation bias

CHEN Can, LIU Jie

(*The School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China*)

Abstract: Valuation bias, i. e., sonsumers' initial valuation before purchasing that is different from the true valuation after purchasing, often occurs in online shopping and will lead to consumers' returns and further affect sellers' selling strategies. Two relationships between consumers' initial valuation and the true valuation are considered: the mutual independence between the initial valuation and the true valuation, or their mutual dependence. First, based on these relationships, two corresponding models were built and optimal ordering quantity were given; then, the optimal decisions and expected profits are analyzed in the two models, and it was found that each model can only be conditionally optimal and the benchmark of the two models was given; finally, through numerical study, the effect of the characteristics of consumers' valuation distribution on sellers' optimal pricing, ordering quantity and profit was analyzed.

Key words: Online shopping; valuation bias; optimal decision; demand uncertainty

收稿日期:2015-01-06;**修回日期**:2015-06-02

基金项目:高等学校博士学科点专项科研基金(20113402120005),国家自然科学基金(11101394,71471168),国家杰出青年科学基金(71225002),国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目(71520107002)资助.

作者简介:陈灿,男,1992年生,硕士生. 研究方向:供应链管理与消费者行为. E-mail:cchen12@mail.ustc.edu.cn

通讯作者:刘杰,博士/副教授. E-mail:jiel@ustc.edu.cn

0 引言

随着电子商务的成熟与普及,网上销售已成为一种主要的销售渠道,消费者可以通过网上搜索,方便迅捷地买到他们想要的产品.我国 2012 年网络购物交易金额就已达到 12594 亿元,较 2011 年增长 66.5%[1].现在网络消费有一种常见的现象:消费者购买前对产品价值的初始感知与购买后对产品价值的真实感知常常存在差异性,并由此导致消费者的退货行为出现,从而进一步影响到卖方的决策与收益.比如我们选择购买创新型产品(如 iPhone 手机)、媒体型产品(如书、音乐 CD)等难以在购买前完全了解的产品时,这种前后感知价值差异的现象尤其明显.Lawton[4] 曾调查表明:在电子工业产品中,只有大约 5% 的消费者选择退货是因为产品本身质量的问题,而消费者退货的最主要原因是购买后发现产品与预期不同.

关于消费者感知价值的概念,许多学者从不同角度给出了定义.比如 Zeithaml[2] 定义为:消费者通过对感知所得与感知付出的比较,而对产品效用产生的整体感知.在总结其他研究的基础上,Sweeney 等[3] 通过实证研究又从几个维度将感知价值进行了分解.一般来说,感知价值包括得与失两个维度[14].钟凯等[15] 从感知价值的功能价值、情感价值和社会价值三个方面,探究其与消费者网络购买意愿的关系,结果表明,对网络消费者而言,感知价值与消费者购买意愿之间的确存在正向的关系.许统邦等[16] 研究了电子商务 B2C 模式下的消费者感知价值.刘刚等[17] 设计构建了一套顾客感知价值测量模型.本文基于这些研究结果,以变化的报童模型为基础,将消费者感知价值定义为愿意为产品所付的价钱,进行了量化探讨.

实际上,零售商或制造商一系列主动行为也促成了购买前后产品感知价值差异的现象.李小华等[5] 通过实验的方法验证了品牌、服务等因素的确能够对产品感知价值产生影响,例如通过在广告中夸张地描述某产品的特点,给消费者留下好的印象是提升了购买前消费者的产品感知价值,即增加了消费者愿意付的价钱,从而达到增加产品销售量的目的;相反的,有时卖方也可以通过消费者预先的产品体验(如样品试用),来减少产品感知价值的购买前后差异.总而言之,消费者产品感知价值差异主要是因购买前对产品所获得的不充分信息造成的.随着电子商务的发展,我们越来越多地依赖于网络购物,这使得感知价值前后差异现象已变得越来越普遍,因此针对消费者购买前后感知价值的不同关系,卖方该如何调整自己的定价、订货量是一个极具实际意义的问题.

现有文献较多是探讨由于前后感知差异导致的退货策略问题.Su[6] 讨论了当消费者对产品价值完全不确定下的最优退货策略,并比较全额退款政策和部分退款政策对供应链的影响;Swinney[7] 讨论了在消费者感知价值不确定时,是否应付额外成本使需求与供给一致,进而消除需求的不确定性;李勇建等[8] 比较了两种针对消费者退货行为的策略,即预售策略和无缺陷退货策略.但这些文献对于退货的主要原因之一,前后感知价值的关系却很少涉及.也有少量文献讨论了与购买前后感知价值相关的情况.Bhargava 等[9] 研究了市场上消费者前后感知均值不变时卖方的定价与利润.叶德珠[10] 发现消费者认知偏差可能会导致过度消费.何勇等[11-12] 在报童模型的基础上,考虑了需求与价格的相关性.Chen[13] 进一步研究了当卖方处于异质性消费者的市场时的最优销售策略,初步涉及了消费者购买前感知价值和购买后感知价值的差异,着重考虑了相应的退货行为.

本文主要考虑了在消费者感知价值购买前后存在不同关系下的卖方最优定价和订货量,并未限制消费者感知价值的均值是不变的,同时也考虑了价格和消费者购买前后的感知价值关系对需求的影响.本文将消费者购买前后感知价值的关系分为了两种情形进行研究:①消费者购买之前和之后对产品感知价值是互相独立的,在此情形中我们建立了模型Ⅰ;②消费者购买之前和之后的感知价值存在特定的关联关系,在此情形中我们建立了模型Ⅱ.考虑到消费者对产品有一定了解时,若在买之前感知较高,买之后的真实产品价值通常也会在较高的层次,故而采用线性关系刻画前后感知价值的相互依存关系.通过线性关系中的参数选择,我们既可以刻画正向的购买前后变化,即:购买前感知价值较大,购买后的真实感知价值也较高;同理也能够刻画逆向的变化关系.此外,根据模型Ⅱ可延伸出一个基准模型,即感知价值前后不变的情形.

基于模型Ⅰ和Ⅱ,本文综合探究各情形下卖方的定价和订货量将需如何决策,通过与没有前后感知价值差异进行对比,发现了最优定价和订货量的

变化趋势；同时讨论在前后感知差异由小变大时，将会对卖方产生怎样的影响. 本文研究和结论从一个新的角度，为卖方的决策提出了较具有实用性的指导和启示.

1 卖方期望利润函数模型的构建

考虑一个单寡头垄断市场，共有两类参与方：一个卖方和 X 个顾客. 卖方的订货量为 q，产品的销售价格为 p，顾客数量 X 是一个随机变量，服从分布 $F(\cdot)$，密度函数为 $f(\cdot)$. 在购买前，市场上不同消费者的初始感知价值不同，假设市场上所有消费者购买前的初始感知价值 V_1 服从一个连续的分布函数 $G_1(\cdot)$，密度函数为 $g_1(\cdot)$；在消费者购买收货之后，将会知道各自所购产品的真实感知价值，假设市场上所有消费者真实的感知价值 V_2 服从一个连续的分布函数 $G_2(\cdot)$，密度函数为 $g_2(\cdot)$.

当卖方给定价格为 p 时，初始感知价值大于 p 的消费者将会选择购买，则此时消费者的数量是

$$X\cdot\int_p^{\infty} g_1(v_1)\mathrm{d}v_1 = X\cdot\overline{G}_1(p) \tag{1}$$

当这些消费者购买并收到产品之后，他们将获取他们真实的对该产品的感知价值. 鉴于前后感知价值的差异，消费者会对退货或保留产品进行选择，假设消费者退货获得的退款为 r，为避免消费者故意地退货，则应有 $p\geqslant r$. 当某个消费者购买之后的真实感知价值 $v_2<r$ 时，会选择退货. 被退货的产品或卖不出去的产品的残值设为 s，单位产品成本是 c，并参考以往文献设定，令 $s<c$，即剩余产品会给卖方带来损失. 下面我们就根据消费者购买前后感知价值关系，在不同情形下分别建立卖方的利润函数.

1.1 模型Ⅰ：消费者购买前后感知价值互相独立时的卖方利润函数

假设消费者购买产品后的真实感知价值与其购买前初始感知价值是相互独立的，即 V_1 与 V_2 独立，这种情形适用于卖方将某一新型产品投入市场时，消费者购买前获得的产品相关信息较少，导致其真实感知价值与购买前的感知价值没有关联. 我们称该情形下的模型为模型Ⅰ.

易见，卖方卖出产品的期望数量是 $E\min[\overline{G}_1(p)\cdot X,q]$，由于消费者购买后的真实感知价值不依赖于购买前的感知价值，所以这些选择购买的消费者真实感知价值分布仍为 $V_2\sim G_2(\cdot)$，可得购买并选择保留产品的消费者比例为 $\overline{G}_2(r)$，购买但选择退货的消费者比例为 $G_2(r)$. 于是我们有，购买并保留产品的消费者数量为 $E\min[\overline{G}_1(p)\cdot X,q]\cdot\overline{G}_2(r)$，卖方从这部分消费者身上得到的收益是售价 p；购买但退货的消费者数量为 $E\min[\overline{G}_1(p)\cdot X,q]\cdot G_2(r)$，卖方从这部分消费者身上得到的收益为 $p-r+s$；没有卖出的产品数量为 $q-E\min[\overline{G}_1(p)X,q]$，每个卖不出的产品的残值为 s. 因此在定理1中，我们给出了消费者购买前后感知价值互相独立时的卖方期望利润函数.

定理1 当消费者购买前后感知价值互相独立时，卖方期望利润函数为

$$\begin{aligned}\Pi_1 &= p\cdot E\min[\overline{G}_1(p)X,q]\cdot\overline{G}_2(r)+\\&\quad(p-r+s)\cdot E\min[\overline{G}_1(p)X,q]\cdot G_2(r)+\\&\quad s\cdot\{q-E\min[\overline{G}_1(p)X,q]\}-c\cdot q=\\&\quad[(p-s)+(s-r)G_2(r)]\cdot\\&\quad E\min[\overline{G}_1(p)X,q]-(c-s)q\end{aligned} \tag{2}$$

1.2 模型Ⅱ：消费者购买前后感知价值互相依赖时的卖方利润函数

不同于模型Ⅰ，在模型Ⅱ中，我们考虑的是当购买前我们对产品有一定的了解时，购买后的真实感知与购买前的感知具有一定的关联关系，例如：买之前感知较高时，一般买之后的真实产品价值也会在较高的层次. 在文献[13]中，消费者购买后的感知价值与购买前感知价值只是一个差值的关系，而本文考虑采用更为一般化的线性关系刻画购买前后感知价值的依赖关系. 若某一消费者初始感知价值为 v_1，其购买后的真实感知价值 v_2 为

$$v_2=\beta\cdot v_1-\alpha \tag{3}$$

并假设市场中每一个消费者变化系数都是 β 和 α，即假设每个消费者购买前后服从的关系是相同的. 事实上，网络消费对于消费者和买方来说，通常是信息不对称的，由于这种信息不完整导致的消费者感知价值在购买前后的差异也很自然，而且市场上每个消费者所获得的信息不完整性也通常是一致的. 基于这种线性关系，我们可以得到市场上“买后退货”、“买后不退货”和“不购买”的消费者数量：

（Ⅰ）买后退货

易见买后退货的消费者的感知价值应满足：初始感知价值 $v_1\geqslant p$，购买后的真实感知价值 $v_2=\beta\cdot v_1-\alpha<r$，即 $v_1<\frac{r+\alpha}{\beta}$. 再结合消费者的数量以及感

知价值的分布函数可以得到买后退货消费者的数量为

$$X\cdot\max\{G_1(\frac{r+\alpha}{\beta})-G_1(p),0\} \tag{4}$$

(Ⅱ)买后不退货

同理,买后不退货的消费者的初始感知价值与真实感知价值应满足:$v_1\geqslant p$ 和 $v_2=\beta\cdot v_1-\alpha\geqslant r$,故买后不退货的消费者数量为

$$X\cdot\overline{G}_1\left[\max\left\{\frac{r+\alpha}{\beta},p\right\}\right] \tag{5}$$

(Ⅲ)不购买

当消费者的初始感知价值低于卖方给出的价格时,消费者不会购买,所以不购买产品的消费者数量为 $X\cdot G_1(p)$.

综上,我们可以根据前后感知价值将消费者分为3部分,再结合卖方供给是否能够满足需求,我们可以分两种情况分别构建卖方的利润函数,如下:

① 若 $X\cdot P\{V_1\geqslant p\}<q$,即市场供给 q 大于市场需求 $X\cdot P\{V_1\geqslant p\}$,可以算出不缺货发生的概率为 $F\left[\frac{q}{\overline{G}_1(p)}\right]$.此时会有剩余的卖不出的产品,卖方利润应为

$$\Pi_{\text{seller}}=p\cdot X\cdot\overline{G}_1\left[\max\left\{\frac{r+\alpha}{\beta},p\right\}\right]+(p-r+s)\cdot X\cdot\max\left\{G_1\left[\frac{r+\alpha}{\beta}\right]-G_1(p),0\right\}+s\cdot(q-X\cdot\overline{G}_1(p))-cq \tag{6}$$

② 若 $X\cdot P\{V_1\geqslant p\}\geqslant q$,即市场供给 q 不大于市场需求 $X\cdot P\{V_1\geqslant p\}$,同理可得缺货发生的概率为 $\overline{F}\left[\frac{q}{\overline{G}_1(p)}\right]$.此时卖方不会有卖不出的剩余产品,但由于此时市场需求超过了市场供给,会有部分愿意购买的消费者的需求无法得到满足.这里我们假设所有愿意购买的消费者等可能的实现其需求,同上类似可得卖方的利润应为

$$\Pi_{\text{seller}}=p\cdot\frac{\overline{G}_1\left[\max\left\{\frac{r+\alpha}{\beta},p\right\}\right]}{\overline{G}_1(p)}\cdot q+(p-r+s)\cdot\frac{\max\left\{G_1\left[\frac{r+\alpha}{\beta}\right]-G_1(p),0\right\}}{\overline{G}_1(p)}\cdot q-cq \tag{7}$$

综合上述两种缺货和不缺货的卖方利润,并结合缺货和不缺货的发生概率,我们在定理2中给出了消费者购买前后感知价值互相依赖时的卖方利润函数.

定理2 当消费者购买前后感知价值互相依赖时,卖方期望利润函数为

$$\begin{aligned}\Pi_2&=p\cdot\frac{\overline{G}_1\left[\max\left\{\frac{r+\alpha}{\beta},p\right\}\right]}{\overline{G}_1(p)}E\min(\overline{G}_1(p)X,q)+\\&(p-r+s)\cdot\frac{\max\left\{G_1\left[\frac{r+\alpha}{\beta}\right]-G_1(p),0\right\}}{\overline{G}_1(p)}\cdot\\&E\min(\overline{G}_1(p)X,q)+\\&s\cdot(q-E\min(\overline{G}_1(p)X,q))-c\cdot q=\\&\left[(p-s)+(s-r)\cdot\frac{\max\left\{G_1\left[\frac{r+\alpha}{\beta}\right]-G_1(p),0\right\}}{\overline{G}_1(p)}\right]\cdot\\&E\min(\overline{G}_1(p)X,q)+(s-c)\cdot q\end{aligned} \tag{8}$$

为方便表示及后面的讨论,记

$$A(p)=(s-r)\cdot\frac{\max\left\{G_1\left[\frac{r+\alpha}{\beta}\right]-G_1(p),0\right\}}{\overline{G}_1(p)},$$

表示卖方从单位退还产品的收益;记

$$R(p)=\frac{\max\left\{G_1\left[\frac{r+\alpha}{\beta}\right]-G_1(p),0\right\}}{\overline{G}_1(p)},$$

表示消费者退货率.

1.3 基准模型:消费者感知价值前后不变时的卖方利润函数

事实上,当 $\alpha=0,\beta=1$ 时,即为消费者购买前后感知价值不变的情形,我们称之为基准模型.如果是我们极其熟知的产品(如日用品),购买前后的感知价值通常是一样的,即属于基准模型.在这种情形下,由于不存在消费者购买前后的感知价值差异,所以不会有退货行为,这也是以往一些文献经常考虑的情形.将 $\alpha=0,\beta=1$ 带入到利润方程可得基准模型的卖方利润函数如下.

推论1 当市场上消费者购买前后感知价值不存在差异时,卖方期望利润函数为

$$\begin{aligned}\Pi_B&=p\cdot E\min[\overline{G}_1(p)X,q]+\\&s\cdot\{q-E\min[\overline{G}_1(p)X,q]\}-c\cdot q=\\&(p-s)\cdot E\min[\overline{G}_1(p)X,q]-(c-s)q\end{aligned} \tag{9}$$

2 价格外生时的卖方最优决策与利润比较分析

在上一节中,我们分两种情形考虑了消费者初始感知价值与真实感知价值间的关系,并分别构建

了相应的卖方期望利润函数，即模型Ⅰ和模型Ⅱ. 而基准模型是模型Ⅱ的一种特殊情况，即消费者前后感知价值没有差异. 本节中，我们讨论当价格外生时，模型Ⅰ、模型Ⅱ和基准模型中的卖方最优订货量及相应利润的大小关系.

2.1 不同模型的卖方最优订货量

由 Π_1 关于 q 求偏导可得

$$\frac{\partial \Pi_1(q)}{\partial q}=[p-s+(s-r)\cdot G_2(r)]\cdot \overline{F}\left(\frac{q}{\overline{G}_1(p)}\right)-(c-s) \tag{10}$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_1(q)}{\partial q^2}=[p-s+(s-r)\cdot G_2(r)]\cdot \left[-\frac{1}{\overline{G}_1(p)}\cdot f\left(\frac{q}{\overline{G}_1(p)}\right)\right] \tag{11}$$

因为 $p-s+(s-r)\cdot G_2(r)>0$，所以式(11)小于 0. 因此利润函数为凹函数，有唯一最优解，由式(10)可求得最优订货量为

$$q_1^*(p)=\overline{G}_1(p)\overline{F}^{-1}\left(\frac{c-s}{p-s+(s-r)\cdot G_2(r)}\right).$$

同理，由二阶偏导小于零，我们可以继续得到模型Ⅱ和基准模型的最优订货量，如定理 3 所示.

定理 3 当价格为外生变量时，卖方有唯一最优订货量，其中模型Ⅰ下的最优订货量为

$$q_1^*=\overline{G}_1(p)\overline{F}^{-1}\left(\frac{c-s}{p-s+(s-r)\cdot G_2(r)}\right) \tag{12}$$

模型Ⅱ下的最优订货量为

$$q_2^*=\overline{G}_1(p)\overline{F}^{-1}\left(\frac{c-s}{p-s+A(p)}\right) \tag{13}$$

基准模型下的最优订货量为

$$q_B^*=\overline{G}_1(p)\overline{F}^{-1}\left(\frac{c-s}{p-s}\right) \tag{14}$$

由在定理 3 得到的模型Ⅰ、模型Ⅱ和基准模型下最优订货量和市场价格的关系，我们进一步得到如图 1 所示的最优订货量随价格的变化情况.

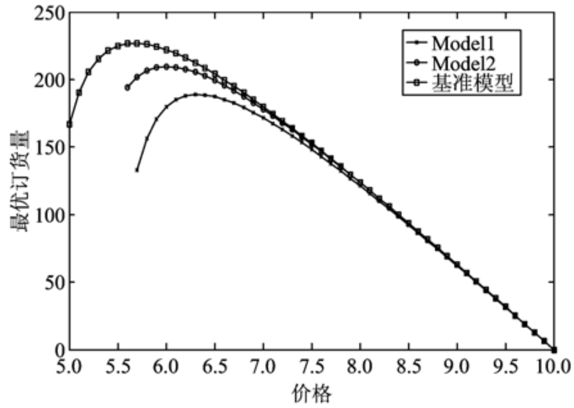


图 1 最优订货量随价格的变化

Fig. 1 Optimal ordering quantity change with price

由图 1 可知，在 3 种模型下，最优订货量并不是关于市场价格单调减的，而是呈现出一种非单调的趋势，由算例可以明显地看出，随着价格的增加，订货量呈现出一种先增后减的趋势.

2.2 不同模型的最优利润大小对比

首先，我们对比和深入分析 3 个模型的利润函数，可以得到 3 种模型的最优利润大小关系，如引理 1 所示.

引理 1 ① 若 $(s-r)\cdot G_2(r)\leqslant 0$，则 $\mathrm{opt}\{\Pi_1\}\leqslant \mathrm{opt}\{\Pi_B\}$；若 $(s-r)\cdot G_2(r)>0$，则 $\mathrm{opt}\{\Pi_1\}>\mathrm{opt}\{\Pi_B\}$.

② 若 $A(p)\leqslant 0$，则 $\mathrm{opt}\{\Pi_2\}\leqslant \mathrm{opt}\{\Pi_B\}$；若 $A(p)>0$，则 $\mathrm{opt}\{\Pi_2\}>\mathrm{opt}\{\Pi_B\}$.

③ 若 $A(p)\leqslant (s-r)\cdot G_2(r)$，则 $\mathrm{opt}\{\Pi_2\}\leqslant \mathrm{opt}\{\Pi_1\}$；若 $A(p)>(s-r)\cdot G_2(r)$，则 $\mathrm{opt}\{\Pi_2\}>\mathrm{opt}\{\Pi_1\}$.

证明 由卖方期望利润函数(2)，(8)和(9)，可得模型Ⅰ、模型Ⅱ和基准模型整理后的利润函数如下：

$$\Pi_1(q)=[(p-s)+(s-r)G_2(r)]\cdot E\min[\overline{G}_1(p)X,q]-(c-s)q.$$

$$\Pi_2(q)=[p-s+A(p)]\cdot E\min[\overline{G}_1(p)X,q]-(c-s)\cdot q.$$

$$\Pi_B(q)=(p-s)\cdot E\min[\overline{G}_1(p)X,q]-(c-s)q.$$

所以 3 个模型的利润函数仅仅是 $(s-r)\cdot G_2(r)$，$A(p)$和 0 部分的不同.

我们先证明引理 1①部分：$\mathrm{opt}\{\Pi_1\}$与 $\mathrm{opt}\{\Pi_B\}$的大小关系. 令 q_1^* 为 $\Pi_1(q)$的最优解，q_B^* 为 $\Pi_B(q)$的最优解. 当$(s-r)\cdot G_2(r)\leqslant 0$ 时，则

$$\begin{aligned}\mathrm{opt}\{\Pi_1\}&=\Pi_1(q_1^*)=\\&[(p-s)+(s-r)G_2(r)]\cdot\\&E\min[\overline{G}_1(p)X,q_1^*]-(c-s)q_1^*\leqslant\\&\Pi_B(q_1^*)=\\&(p-s)\cdot E\min[\overline{G}_1(p)X,q_1^*]-(c-s)q_1^*,\end{aligned}$$

又因为 $\mathrm{opt}\{\Pi_B\}=\Pi_B(q_B^*)\geqslant \Pi_B(q_1^*)$，所以有 $\mathrm{opt}\{\Pi_1\}\leqslant \mathrm{opt}\{\Pi_B\}$.

当$(s-r)\cdot G_2(r)>0$ 时，则

$$\begin{aligned}\mathrm{opt}\{\Pi_B\}&=\Pi_B(q_B^*)=\\&(p-s)\cdot E\min[\overline{G}_1(p)X,q_B^*]-(c-s)q_B^*<\end{aligned}$$

$$\Pi_1(q_B^*)=[(p-s)+(s-r)G_2(r)]\cdot$$
$$E\min[\overline{G}_1(p)X,q_B^*]-(c-s)q_B^*,$$

又因为 $\mathrm{opt}\{\Pi_1\}=\Pi_1(q_1^*)\geqslant\Pi_1(q_B^*)$，所以有 $\mathrm{opt}\{\Pi_1\}>\mathrm{opt}\{\Pi_B\}$. 引理 1①证明完成.

按照引理 1①的证明方法，同理可得②和③的结论.

根据引理 1，我们进一步分析当有消费者感知价值偏差时，卖方相对于无感知价值偏差时的利润变化情况，即将模型Ⅰ和模型Ⅱ的最优利润分别与基准模型的最优利润相比较.

① 当 $s<r$ 时，有 $(s-r)\cdot G_2(r)\leqslant 0$ 和 $A(p)\leqslant 0$，由引理 1 可知

$$\mathrm{opt}\{\Pi_B\}\geqslant\mathrm{opt}\{\Pi_1\}\text{ 和 }\mathrm{opt}\{\Pi_B\}\geqslant\mathrm{opt}\{\Pi_2\}.$$

由式(12)，(13)和(14)，可以得到 $q_B^*\geqslant q_1^*$ 和 $q_B^*\geqslant q_2^*$，故 3 种模型下的期望销售量的大小关系为

$$\left.\begin{array}{l}E\min[\overline{G}_1(p)X,q_B^*]\geqslant E\min[\overline{G}_1(p)X,q_1^*],\\ E\min[\overline{G}_1(p)X,q_B^*]\geqslant E\min[\overline{G}_1(p)X,q_2^*]\end{array}\right\}\tag{15}$$

② 当 $s>r$ 时，有 $(s-r)\cdot G_2(r)\geqslant 0$ 和 $A(p)\geqslant 0$，由引理 1 可知

$$\mathrm{opt}\{\Pi_B\}\leqslant\mathrm{opt}\{\Pi_1\}\text{ 和 }\mathrm{opt}\{\Pi_B\}\leqslant\mathrm{opt}\{\Pi_2\}.$$

特别的，若产品价格 p 为外生变量时，类似可得 $q_B^*\leqslant q_1^*$ 和 $q_B^*\leqslant q_2^*$，故 3 种模型下的期望销售量大小关系为

$$\left.\begin{array}{l}E\min[\overline{G}_1(p)X,q_B^*]\leqslant E\min[\overline{G}_1(p)X,q_1^*],\\ E\min[\overline{G}_1(p)X,q_B^*]\leqslant E\min[\overline{G}_1(p)X,q_2^*]\end{array}\right\}\tag{16}$$

③ 当 $s=r$ 时，此时实际上由于卖方从退货或不退货的消费者身上获得的收益都是价格 p，所以此时不论消费者感知价值存不存在差异，卖方的期望利润是相同的，即：3 种模型下的最优订货量和定价相同，期望利润相同，期望销量相同.

综合以上关于残值 s 和退货价格 r 的讨论，得到关于卖方最优利润的推论 2.

推论 2　① 若 $s<r$：$\mathrm{opt}\{\Pi_B\}\geqslant\mathrm{opt}\{\Pi_1\}$，$\mathrm{opt}\{\Pi_B\}\geqslant\mathrm{opt}\{\Pi_2\}$，$q_B^*\geqslant q_1^*$，$q_B^*\geqslant q_2^*$ 和

$$\left.\begin{array}{l}E\min[\overline{G}_1(p)X,q_B^*]\geqslant E\min[\overline{G}_1(p)X,q_1^*],\\ E\min[\overline{G}_1(p)X,q_B^*]\geqslant E\min[\overline{G}_1(p)X,q_2^*].\end{array}\right\}$$

② 若 $s>r$：$\mathrm{opt}\{\Pi_B\}\leqslant\mathrm{opt}\{\Pi_1\}$，$\mathrm{opt}\{\Pi_B\}\leqslant\mathrm{opt}\{\Pi_2\}$，$q_B^*\leqslant q_1^*$，$q_B^*\leqslant q_2^*$ 和

$$\left.\begin{array}{l}E\min[\overline{G}_1(p)X,q_B^*]\leqslant E\min[\overline{G}_1(p)X,q_1^*],\\ E\min[\overline{G}_1(p)X,q_B^*]\leqslant E\min[\overline{G}_1(p)X,q_2^*].\end{array}\right\}$$

③ 若 $s=r$，则消费者感知价值的差异性不对卖方的决策产生影响.

推论 2 表明，当市场价格已定，初始感知价值分布相同时，退款与产品残值的大小关系决定了模型Ⅰ、模型Ⅱ和基准模型的最优订货量和产品销售量间的大小关系.

2.3　消费者感知价值分布特点及前后感知价值差异程度对卖方利润的影响

（Ⅰ）消费者真实感知价值分布特点对模型Ⅰ最优利润的影响

由定理 4.1 可知，市场上消费者真实感知价值的分布特点只影响到期望利润函数的 $(s-r)G(r)$ 部分. 特别的，若 $G(x)=\dfrac{x-\mu+\Delta}{2\Delta}$（即真实感知价值服从 $[\mu-\Delta,\mu+\Delta]$ 上的均匀分布），则下面的定理 4 给出了消费者真实感知价值分布特点（Δ 和 μ）对模型Ⅰ下最优期望利润的影响.

定理 4　在模型Ⅰ下，当消费者真实感知价值服从 $[\mu-\Delta,\mu+\Delta]$ 上的均匀分布时：

① 若 $(s-r)\cdot(r-\mu)\geqslant 0$，则 $\dfrac{\partial\Pi_1^*}{\partial\Delta}\leqslant 0$；若 $(s-r)\cdot(r-\mu)\leqslant 0$ 时，则 $\dfrac{\partial\Pi_1^*}{\partial\Delta}\geqslant 0$.

② 若 $s-r\geqslant 0$，则 $\dfrac{\partial\Pi_1^*}{\partial\mu}\leqslant 0$；若 $s-r\leqslant 0$，则 $\dfrac{\partial\Pi_1^*}{\partial\mu}\geqslant 0$.

证明　首先我们容易得知 Π_1^* 是随着 $(s-r)G_2(r)$ 单调增的，因此只要求出 $\dfrac{\partial[(s-r)G_2(r)]}{\partial\Delta}$ 和 $\dfrac{\partial[(s-r)G_2(r)]}{\partial\mu}$ 的正负性即可. 此时：

$$(s-r)G_2(r)=\frac{(s-r)}{2}\cdot\left(1+\frac{r-\mu}{\Delta}\right).$$

将上式分别对 Δ 和 μ 求偏导即可得出.　□

（Ⅱ）消费者前后感知价值差异对模型Ⅱ最优期望利润的影响

首先由模型Ⅱ下的退货率

$$R=\frac{\max\left\{G_1\left(\dfrac{r+\alpha}{\beta}\right)-G_1(p),0\right\}}{\overline{G}_1(p)}$$

表达式容易得出 $\dfrac{\partial R}{\partial\alpha}\geqslant 0$ 和 $\dfrac{\partial R}{\partial\beta}\leqslant 0$，即表示消费者前后感知价值差异越大（这里指的是买后感知价值变小的情形），消费者退货率越高.

根据卖方利润函数表达式，在消费者初始感知价值 V_1 固定时，我们可以得到：①当消费者退货会给卖方带来损失时（$s<r$），前后感知差异越大，越会增加退货率，从而减少卖方最优期望利润；②当消费者退货反而给卖方带来更多收益时（$s>r$），则前后感知差异越大，越会增加卖方最优期望利润.

但若是消费者的真实感知价值 V_2 固定时，则消费者前后感知价值差异会有更复杂的变化：①当消费者退货会给卖方带来损失时，随前后感知差异增大，退货率的增加会给卖方带来损失，但同时也会增加市场期望需求，故这种情况是复杂的；②当消费者退货反而给卖方带来更多收益时，则前后感知差异越大，卖方最优期望利润越高.

在图 2 中，我们给出了在消费者真实感知价值固定且 $s<r$ 时，卖方最优利润随感知价值偏差的增加而呈现出先增后减的复杂变化情形. 其中在增加阶段，退货率为 0，感知价值偏差的增加提高了市场需求，因而最优利润随感知价值偏差增加而增加；当 α 超过 1 时，此时退货率不为 0，由于此时退货率随感知价值偏差的增加而增加，且退货率对利润的影响高于需求增加的影响，因此最优利润随感知价值偏差的增加而减少. 其中参数为：$p=7$，$r=6$，$s=1$，$V_2\sim U(6,10)$，$X\sim U(200,400)$，$c=5$，$\beta=1$. α 从 0 到 3.5，步长为 0.1.

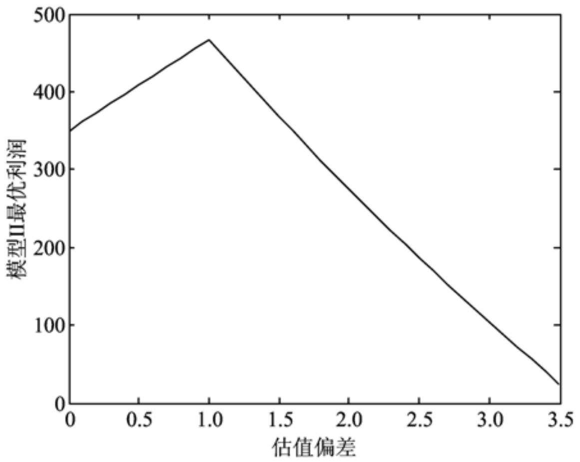


图 2 最优利润随感知价值偏差的变化

Fig. 2 Optimal profit change with valuation bias

3 价格内生时的卖方最优决策与利润比较分析

这节我们探讨当卖方需同时决策订货量和价格时，卖方的最优决策及不同模型下的利润对比.

3.1 卖方最优定价及订货量分析

在模型Ⅰ中，将卖方最优订货量 $q_1^*(p)=\overline{G}_1(p)\overline{F}^{-1}\left[\frac{c-s}{p-s+(s-r)\cdot G_2(r)}\right]$ 代入卖方期望利润函数，即可得到卖方只关于价格的利润函数：

$$\Pi_1(p)=[(p-s)+(s-r)G_2(r)]\cdot$$
$$E\min[\overline{G}_1(p)X,q_1^*(p)]-(c-s)q_1^*(p).$$

则模型Ⅰ下的最优定价 p_1^* 应满足

$$p_1^*=\operatorname{argmax}\{\Pi_1(p)\}.$$

同样的，对于模型Ⅱ和基准模型，其对应最优定价应满足 $p_2^*=\operatorname{argmax}\{\Pi_2(p)\}$ 和 $p_B^*=\operatorname{argmax}\{\Pi_B(p)\}$. 由于此时函数形式极为复杂，我们难以从理论上证明卖方最优定价的唯一性. 但通过算例，我们发现当消费者初始感知价值和市场规模都为均匀分布且 $\frac{\partial(p+A(p))}{\partial p}\geqslant 0$ 时，在模型Ⅰ，Ⅱ和基准模型下卖方有唯一最优定价和订货量，如图 3 所示. 其中算例参数设置如下：$N\sim U(200,400)$，$V_1\sim U(4,10)$，

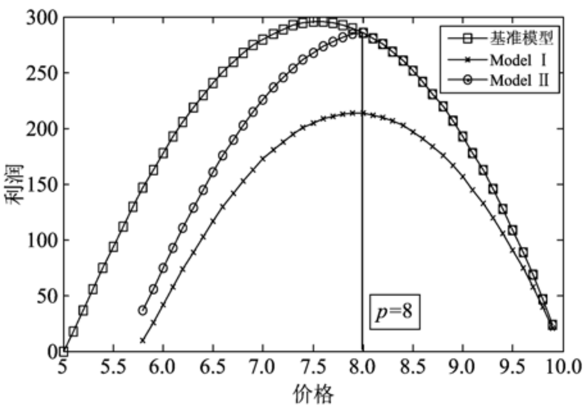


图 3 卖方利润随价格的变化

Fig. 3 Sellers' profit change with price

$V_2\sim U(2.8,7)$，$c=5$，$s=4.5$，$r=5.6$，$\alpha=0$，$\beta=0.7$. 此时卖方的最优定价、最优订货量及相应利润见表 1.

表 1 三种模型下的卖方最优决策和利润

Tab. 1 Sellers' optimal decisions and profits under the three models

决策变量	基准模型	模型Ⅰ	模型Ⅱ
最优定价	7.56	7.92	8
最优进货	149.38	125.76	124
期望利润	295.31	213.31	285.71

3.2 模型Ⅰ和Ⅱ的利润大小关系比较

当产品价格为内生变量时，根据引理 1 中的③，我们类似地进一步分 $s<r$ 和 $s>r$（$s=r$ 时，模型Ⅰ

和Ⅱ等价)两种情况分析模型Ⅰ和模型Ⅱ的最优期望利润的大小关系.

(Ⅰ) 若 $s<r$

① 当 $c\leqslant p\leqslant\frac{r+\alpha}{\beta}$时,

$$(s-r)\cdot G_2(r)\leqslant \min A(p)\Leftrightarrow$$

$$(s-r)\cdot G_2(r)\leqslant$$

$$\min\left\{(s-r)\cdot\left[1-\frac{\overline{G}_1((r+\alpha)/\beta)}{\overline{G}_1(p)}\right]\right\}\Leftrightarrow$$

$$(s-r)\cdot G_2(r)\leqslant$$

$$(s-r)\cdot\left[1-\frac{\overline{G}_1((r+\alpha)/\beta)}{\max\overline{G}_1(p)}\right]\Leftrightarrow$$

$$G_2(r)\geqslant 1-\frac{\overline{G}_1((r+\alpha)/\beta)}{\overline{G}_1(c)}\Leftrightarrow$$

$$\overline{G}_2(r)\leqslant\frac{\overline{G}_1((r+\alpha)/\beta)}{\overline{G}_1(c)}\tag{17}$$

② 当$\frac{r+\alpha}{\beta}<p$时,有 $A(p)=0$,又因为$(s-r)\cdot G_2(r)\leqslant 0$,故有

$$(s-r)\cdot G_2(r)\leqslant \min A(p)=0.$$

(Ⅱ) 若 $s>r$

① 当 $c\leqslant p\leqslant\frac{r+\alpha}{\beta}$时,

$$(s-r)\cdot G_2(r)\geqslant \max A(p)\Leftrightarrow$$

$$(s-r)\cdot G_2(r)\geqslant$$

$$\max\left\{(s-r)\cdot\left[1-\frac{\overline{G}_1((r+\alpha)/\beta)}{\overline{G}_1(p)}\right]\right\}\Leftrightarrow$$

$$(s-r)\cdot G_2(r)\geqslant$$

$$(s-r)\cdot\left[1-\frac{\overline{G}_1((r+\alpha)/\beta)}{\max\overline{G}_1(p)}\right]\Leftrightarrow$$

$$G_2(r)\geqslant 1-\frac{\overline{G}_1((r+\alpha)/\beta)}{\overline{G}_1(c)}\Leftrightarrow$$

$$\frac{\overline{G}_1((r+\alpha)/\beta)}{\overline{G}_1(c)}\geqslant\overline{G}_2(r)\tag{18}$$

② 当$\frac{r+\alpha}{\beta}<p$时,$A(p)=0$,而$(s-r)\cdot G_2(r)\geqslant 0$,固有

$$(s-r)\cdot G_2(r)\geqslant \max A(p)=0.$$

综合上述分析,我们得到如下推论.

推论 3 当 $\overline{G}_2(r)\cdot\overline{G}_1(c)\leqslant\overline{G}_1((r+\alpha)/\beta)$时,模型Ⅰ和模型Ⅱ的利润大小关系为:

$$\left.\begin{array}{l}\text{若 } s<r,\text{则 } \mathrm{opt}\{\Pi_1\}\leqslant\mathrm{opt}\{\Pi_2\};\\ \text{若 } s>r,\text{则 } \mathrm{opt}\{\Pi_1\}\geqslant\mathrm{opt}\{\Pi_2\}.\end{array}\right\}$$

推论 3 表明:若消费者获得了产品的部分信息导致其前后感知价值存在联系时,当满足一定条件时,此时卖方的最优利润也会高于消费者前后感知价值互相独立时的卖方最优利润,即在消费者获得较多的信息的情况下,反而也能增加卖方的利润.

3.3 消费者感知分布特点对最优定价、订货量和利润的影响

我们通过算例探讨分析消费者初始感知价值和真实感知价值分散程度对卖方最优定价、订货量和相应期望利润的影响. 为确保各模型的期望利润能大于 0,我们在算例中有 $p\in(c,\bar{v}_1]$,且在模型Ⅰ中 $p-s+(s-r)G_2(r)>c-s$,模型Ⅱ中 $p-s+A(p)>c-s$.

(Ⅰ) 消费者初始感知价值分散程度对最优定价和利润的影响

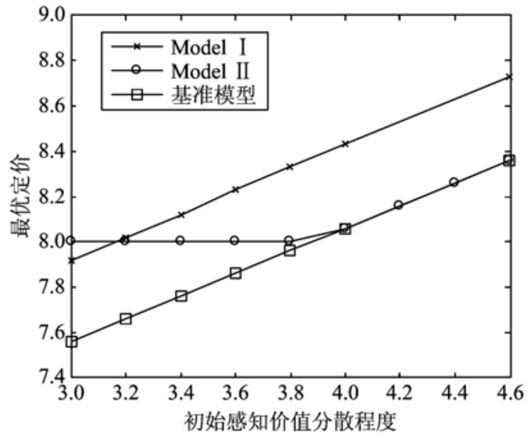
我们考虑消费者的初始感知价值 V_1 为某个区间均匀分布,其均值不变,分布区间长度改变,其他参数都不改变时,对三个模型的最优定价、订货量和利润的影响. 我们的算例参数设置为:$N\sim U(200,400)$,$V_2\sim U(2.8,7)$,$c=5$,$s=4.5$,$r=5.6$. 我们令 $V_1\sim U(7-\Delta,7+\Delta)$,$\Delta$ 表示初始价值分布分散程度,取值从 3 到 4.6,步长 0.1.

由图 4 可知,卖方的最优利润随初始感知价值分散程度的增加而增加. 在模型Ⅰ和基准模型中,初始感知价值分布的分散程度增大,则卖方的最优定价增加,而最优订货量减少. 这符合以往的研究结果,即分散程度越高,则需求浮动越高,这时卖方倾向于定较少的货物,定较高的价格减少风险. 但有意思的是,在模型Ⅱ中,当初始感知价值分散程度增加时,订货量呈现出先增后减的变化趋势. 这是因为在模型Ⅱ的最优订货量处于上升阶段时,其最优定价保持不变,但初始感知价值分散程度的增加带来了更多需求,因此相应的最优订货量则会增加.

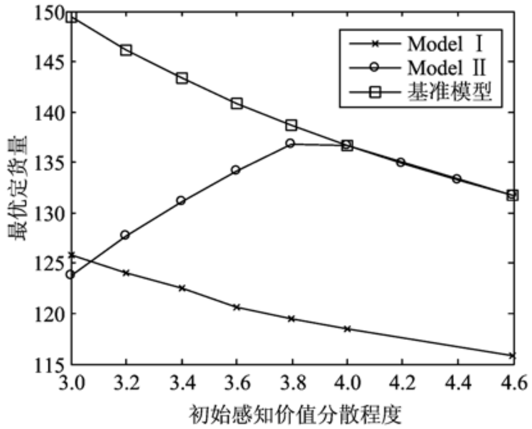
另外,由图 4(a)和(b)比较可知,当初始感知价值分散程度超过一定临界值时,模型Ⅱ的最优定价较高使得退货率为 0,从而其最优决策与基准模型相同.

(Ⅱ) 消费者真实感知价值分散程度对最优定价和利润的影响

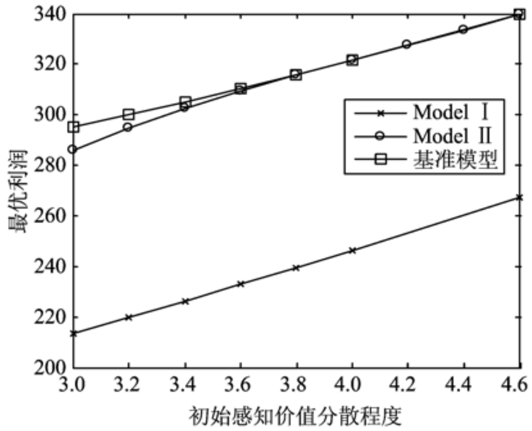
由于在模型Ⅱ和基准模型中消费者真实感知价值分布与感知价值分布相互依赖,因此消费者真实感知价值分散程度对卖方最优决策及利润的影响趋势与节 3.3(Ⅰ)的分析相同. 这里我们只需要分析模型Ⅰ中消费者真实感知价值 V_2 的分散程度对决策的影响. 参数设置如下:$V_2\sim U(4.9-\Delta,4.9+$



(a) 初始感知价值分布分散程度对最优定价的影响



(b) 初始感知价值分布分散程度对最优订货量的影响

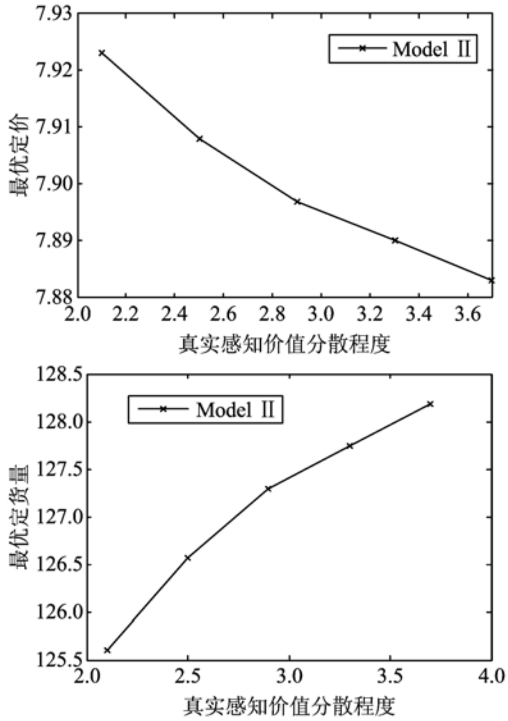


(c) 初始感知价值分布分散程度对最优利润的影响

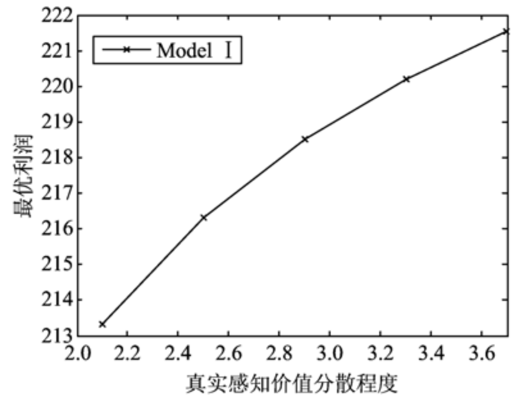
图 4　消费者初始感知价值分布分散程度对最优决策和利润的影响

Fig. 4　The effect of characteristics of initial valuation distribution on sellers' decisions and profit

Δ)，N～U(200，400)，V_1～U(4，10)，$c=5$，$s=4.5$，$r=5.6$. 其中 Δ 表示真实感知价值分布的分散程度，Δ 取值从 2.1 到 3.7，步长为 0.4. 算例结果如图 5 所示.



(a) 消费者真实感知价值分散程度对最优定价及订货量的影响



(b) 消费者真实感知价值分散程度对利润的影响

图 5　消费者真实感知价值分散程度对最优决策及利润的影响

Fig. 5　The effect of characteristics of true valuation distribution on sellers' decisions and profit

图 5 表明，当消费者感知价值前后独立时，随着真实感知价值分布的分散程度越大，$(s-r)\cdot G_2(r)$ 越大，即消费者退货造成的卖方退货收益越大(或退货损失越小)，导致最优价格越低，最优订货量越高，相应期望收益则增加，但是变化趋势是越来越平缓.

4　结论

本文研究了当消费者购买前的初始感知价值与购买后的真实感知价值有差异时的最优订货量及定

价问题.我们主要分两种情形进行讨论,即模型Ⅰ和模型Ⅱ,构建了每种情形下卖方期望利润函数.从模型Ⅱ中,我们又推出了一个前后感知价值不变的基准模型.

当价格为外生变量时,文章比较分析了 3 种模型下的最优订货量、期望利润的大小关系,发现每种情形只可能是条件最优,并给出了详细的判断条件.进一步,我们给出了消费者感知价值分布特点对卖方最优利润的影响,并表明当退货会给卖方带来损失时,消费者的感知价值偏差并非越高越好.这是因为更高的感知价值偏差带来更多需求的同时,也增加了退货率.

当价格为内生变量时,我们证明了当消费者获得更多的产品信息,使得初始感知价值与真实感知价值相互依赖时,对卖方并不总是有害的.通过算例,得到消费者感知价值分布分散程度对最优定价、订货量和利润影响的定性结论:①随着初始感知价值分布的分散程度变大,在模型Ⅰ和基准模型中卖方最优定价增加,最优订货量减少;在模型Ⅱ中卖方最优定价也应增加,但最优订货量先增后减.②当消费者前后感知独立时,随着真实感知价值分布分散程度越大而导致退货带给卖方的损失越小(或是收益越高),则最优定价应降低,最优订货量增加,相应最优利润增加.

由于本文的核心是基于消费者购买前后的感知价值与差异的模型,而常见的广告、产品预售等措施都会对消费者感知价值及差异产生影响,因此可以进一步拓展这方面的实证研究.

参考文献(References)

[1] 孟凡新. 中国网络购物市场研究报告[J]. 互联网天地, 2013(6): 85-90.

[2] Zeithaml V A. Consumer perceptions of price, quality, and value: A means-end model and synthesis of evidence[J]. The Journal of Marketing, 1988, 52(3): 2-22.

[3] Sweeney J C, Soutar G N. Consumer perceived value: The development of a multiple item scale[J]. Journal of Retailing, 2001, 77(2): 203-220.

[4] Lawton C. The war on returns[N]. The Wall Street Journal, 2008-05-08(D1).

[5] Li Xiaohua, He Daocun, Dong Jun. A research on consumers' product value perception [J]. Chinese Ergonomics, 2000(01): 15-18.
李小华, 何存道, 董军. 消费者产品价值知觉研究[J]. 人类工效学, 2000(01): 15-18.

[6] Su X M. Consumer returns policies and supply chain performance[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2009, 11(4): 595-612.

[7] Swinney R. Selling to strategic consumers when product value is uncertain: The value of matching supply and demand[J]. Management Science, 2011, 57(10): 1 737-1 751.

[8] Li Yongjian, Xu Lei, Yang Xiaoli. Advance selling, return policy and failure false return for a newsvendor retailer [J]. Nankai Business Review, 2012 (5): 105-113.
李勇建, 许磊, 杨晓丽. 产品预售、退货策略和消费者无缺陷退货行为[J]. 南开管理评论, 2012(5): 105-113.

[9] Bhargava H K, Chen R R. The benefit of information asymmetry: When to sell to informed customers? [J]. Decision Support Systems, 2012, 53(2): 345-356.

[10] Ye Dezhu. The cognitive bias of consumers and the policy adjustment for credit card industry in China[J]. Commercial Research, 2009(6): 145-147.
叶德珠. 消费者认知偏差与信用卡产业政策优化[J]. 商业研究, 2009(6): 145-147.

[11] He Yong. Yang Deli, Zhang Xingzhou. Modeling for return policy with price-dependent demand[J]. Systems Engineering, 2004(9): 27-30.
何勇, 杨德礼, 张醒洲. 需求与价格具有相关性下的退货政策模型研究[J]. 系统工程, 2004(9): 27-30.

[12] He Yong, Yang Deli. Study on quantity flexibility contract with price dependent demand[J]. Forecasting, 2005(2): 38-41.
何勇, 杨德礼. 需求与价格具有相关性下的弹性数量契约模型研究[J]. 预测, 2005(2): 38-41.

[13] Chen Y J. Optimal selling scheme for heterogeneous consumers with uncertain valuations[J]. Mathematics of Operations Research, 2011, 36(4): 695-720.

[14] 杨龙, 王永贵. 顾客价值及其驱动因素剖析[J]. 管理世界, 2002(6): 146-147.

[15] 钟凯, 张传庆. 消费者感知价值对网络购买意愿影响研究——以在线口碑为调节变量[J]. 社会科学辑刊, 2013(3): 125-131.

[16] 许统邦, 梁嘉成, 夏剑龙. B2C 模式下的顾客感知价值研究[J]. 商场现代化, 2006(21): 106-107.

[17] 刘刚, 拱晓波. 顾客感知价值构成型测量模型的构建[J]. 统计与决策, 2007(22): 131-133.