

文章编号: 1001-0920(2012)03-0468-05

基于提前订货折扣和延期支付策略下两零售商竞争问题研究

周永务, 郭金森, 钟远光

(华南理工大学工商管理学院, 广州 510640)

摘要: 在需求不确定的情况下, 构建了3个阶段中两零售商利用契约机制进行竞争的模型. 通过模型求解, 得出各阶段中两零售商各自的最优订货量及契约参数. 最后, 通过数值例子分析了模型的可行性及解的有效性, 并得出当单一零售商采用一种契约机制时, 两零售商的整体利润达到最大, 实现了优化协调; 当两零售商均采用契约机制时, 整体利润受损, 利润总和达到最小, 整体利润的优化协调作用失效.

关键词: 需求不确定; 提前订货折扣; 延期支付; 竞争

中图分类号: F272

文献标识码: A

Research on the two retailers' competition with the advanced booking discount and delay in payment

ZHOU Yong-wu, GUO Jin-sen, ZHONG Yuan-guang

(School of Business Administration, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China.

Correspondent: GUO Jin-sen, E-mail: 15902063276@163.com)

Abstract: In the uncertain market, three situations are discussed, solving the model, the optimal order quantity and contract parameters can be obtained. Furthermore, numerical examples and sensitivity are presented to illustrate the results of the proposed model and draw managerial insights. Only one retailer offering the contract, the whole profit is maximized. However, when both of the retailers provide the contract to attract the customers, the whole profit decline.

Key words: uncertain demand; advanced booking discount; delay in payment; competition

1 引言

20世纪80年代以来, 由于经济全球化的冲击及市场环境的急剧变化, 企业为了在激烈的市场竞争中占有一席之地, 除了不断压缩生产制造及销售过程中的成本, 同时也在积极寻求刺激下游顾客购买其产品的有效激励方式, 提升顾客服务水平, 从而获得更多的利润. 例如, 沃尔玛的“天天低价”策略, 家乐福的让顾客满意并追求超出顾客期望值的服务理念. 中国自加入WTO以来, 零售业取得了巨大的发展, 但是与零售巨头沃尔玛、家乐福、世纪联华等跨国企业相比仍有一定差距. 因此, 研究企业之间的竞争, 特别是我国零售商企业之间的竞争成为热点问题之一.

本文主要研究市场上都向上游同一供应商订货的两零售商竞争问题, 其实质是如何决策最优订货量和契约参数. 本文采取提前订货折扣和延期支付两

种契约机制. 提前订货折扣契约在实际企业运作中广泛运用, 是有效吸引顾客提前订货的方式, 特别是在当今企业新旧产品更新速度快, 生产周期相对较长、销售周期较短的市场情形下, 上游企业往往希望下游顾客能够提前订货, 以此来降低未来需求的不确定性, 同时增加其自身产品的需求量, 提高利润水平. 文献[1]研究指出, 在钢铁供应链中采用提前订货合同能够提高生产企业的配送效率. [2]运用博弈论方法研究了一个没有生产能力限制的寡头供应商和两个零售商之间的订货情形, 发现供应商能够利用提前订货折扣策略来影响下游企业之间的竞争, 并建议企业从战略的高度考虑提前订货策略. [3]进一步指出提前订货的零售商具有率先进入市场的优势, 研究了制造商在生产连续或存在中断情况下的最优行动策略. [4]讨论了单一供应商与多个零售商之间的协调

收稿日期: 2010-10-15; 修回日期: 2011-02-24.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70971041, 71072165); 广东省高校人文社科重点研究基地项目(08JDXM63003); 广东省自然科学基金项目(10151064101000003).

作者简介: 周永务(1964—), 男, 教授, 博士生导师, 从事物流与供应链管理、库存控制等研究; 郭金森(1986—), 男, 硕士生, 从事供应链协调的研究.

问题, 供应商采用基于提前订货时段的折扣方法引导零售商提前订货. [5]在假定制造商的单位生产成本是关于提前期的减函数的前提下, 研究了提前期压缩对于供应链及其成员收益的影响, 并利用由回购和回扣/惩罚所组成的联合契约实现了供应链的协调. 以上研究均是供应链企业间的提前订货问题. [6]首次研究了零售商在向下游顾客提供提前订货折扣时的最优订货量和最优折扣率问题. [7]研究了传统的报童问题, 其模型主要分析单个零售商的情况, 零售商提供一个发生在季前的提前订货折扣价可以吸引部分本来不会到该零售商处购买商品的顾客前来购买, 因此, 零售商通过提前订购折扣策略可以提高其总的商品需求量. [8]在[7]的基础上研究了供货商与零售商间采用收益共享契约、零售商利用提前订购折扣计划诱使顾客提前订货的问题, 并发现联合运用合约机制比单独采用一种合约机制具有更好的效果. 延期支付作为一种信用机制同样被很多企业所采用. [9]首次提出了EOQ形式下的延期支付模型, 随后很多学者对模型进行了拓展, 如[10-12]指出[6-8]均是在EOQ框架下研究延期支付问题, 且需求几乎均是确定的, [13]应用动态规划的方法研究了随机需求下延期支付的最优库存策略.

本文在提前订货折扣和延期支付契约机制的基础上, 研究了需求不确定情形下两零售商间的竞争问题. 首先, 通过建模分析得到了3个阶段零售商的最优订货量及契约参数; 通过数值分析研究了市场波动程度和零售商市场产品占有率大小对于订货、协调策略和利润的影响; 最后得出当单一零售商采用一种契约机制时, 两零售商整体利润达到最大, 实现了优化协调, 但当两零售商均采用契约机制时, 其整体利润受损, 利润总和达到最小, 整体利润的优化协调作用失效.

2 模型描述与分析求解

2.1 模型描述

本文考虑需求不确定下两个零售商间采用契约机制进行竞争, 零售商A和零售商B在市场上销售同类的产品, 其市场需求量 D_A 和 D_B 分别服从正态分布 $N \sim (\mu_A, \sigma_A)$ 和 $N \sim (\mu_B, \sigma_B)$, 且有相同的变差系数 $\theta = \sigma_A/\mu_A = \sigma_B/\mu_B$, 总的期望市场需求量为 $\mu = \mu_A + \mu_B$. A零售商的产品需求量占总市场产品需求量的比例系数为 α , 其中 $\alpha \in (0, 1)$.

由以上定义可以得到: $\mu_A = \alpha\mu$, $\mu_B = (1 - \alpha)\mu$, $\sigma_A = \theta\alpha\mu$, $\sigma_B = \theta(1 - \alpha)\mu$. $\phi(\cdot)$ 和 $\Phi(\cdot)$ 分别为产品需求量的标准正态概率密度函数和分布函数. 零售商产品的销售价格为 p , 残值为 s , 批发价为 w , $s < w < p$.

2.2 模型建立

情形1 两零售商均不提供契约机制时的分散决策报童模型.

零售商A的收益为

$$\Pi_{rA}^1(D_A, Q) = p \min(D_A, Q) + s(Q - D_A)^+ - wQ. \quad (1)$$

所以零售商A的最优订货量为

$$Q_{1rA}^* = \mu_A + k\sigma_A = (1 + k\theta)\alpha\mu, \quad (2)$$

其中 $k = \Phi^{-1}(p - w)/(p - s)$. 易得到零售商A最优的期望利润为

$$E[\Pi_{rA}^1(Q_{1rA}^*)] = (p - w)\mu_A - (p - s)\varphi(k)\sigma_A = [(p - w) - (p - s)\theta\varphi(k)]\alpha\mu. \quad (3)$$

类似地, 零售商B的收益为

$$\Pi_{rB}^1(D_B, Q) = p \min(D_B, Q) + s(Q - D_B)^+ - wQ. \quad (4)$$

所以零售商B的最优订货量为

$$Q_{1rB}^* = \mu_B + k\sigma_B = (1 + k\theta)(1 - \alpha)\mu, \quad (5)$$

其中 $k = \Phi^{-1}(p - w)/(p - s)$. 易得到零售商B最优的期望利润为

$$E[\Pi_{rB}^1(Q_{1rB}^*)] = (p - w)\mu_B - (p - s)\varphi(k)\sigma_B = [(p - w) - (p - s)\theta\varphi(k)](1 - \alpha)\mu. \quad (6)$$

从零售商A和B的最优期望利润函数可知, 在市场需求量一定的情形下, 市场利润的分配由零售商所占的市场份额确定. 因此, 在当今激烈的市场竞争中, 企业间为了争夺其产品销售的市场份额, 往往会采取各种激励机制来吸引顾客, 从而使自身利润最大化. 情形2和情形3将分析处于相同市场的零售商A和B如何采取相应的激励机制来争取更多的顾客资源.

情形2 零售商A采用提前订货折扣机制, 零售商B不采用任何契约机制.

在此情形下, 分析零售商A通过投入一部分营销费用 L 来宣传提前订货的优惠政策. 假设顾客提前订货将享受价格折扣系数 d 的优惠, 即销售价为 dp , $d \in (0, 1]$, 并且在销售期到来时能够保证顾客及时拿到产品. 如果顾客不提前订货, 则顾客在销售期到来时必须支付 p 的单位价来购买产品, 且可能有缺货的危险. 在此设零售商A原有顾客中将有 $R_A(d)$ 比例的顾客选择提前订货, $R_A(d) \in [0, 1]$, 同时有 R_B 比例的顾客由原来购买零售商B的产品转向购买零售商A的产品, $R_B(d) \in [0, 1]$. 由于采用提前订货策略, 提前购买A产品的顾客为 $D_1(d) = R_A(d)D_A + R_B(d)D_B$, 销售期间购买A产品的顾客为 $D_2(d) = [1 - R_A(d)]D_A$, 此时购买零售商B的产品的顾客为 $D_3(d) = [1 -$

$R_B(d)]D_B$.

零售商 A 的收益为

$$\begin{aligned} \Pi_{rA}^2(Q_2, d) = & -L + (dp - w)D_1(d) + \\ & p \min[D_2(d), Q_2] - wQ_2 + \\ & s[Q_2 - D_2(d)]^+. \end{aligned} \quad (7)$$

易得零售商 A 在销售期间的第 2 次最优订货量为

$$Q_{2rA}^* = \mu_2 + k\sigma_2 = (1 + k\theta)[1 - R_A(d)]\alpha\mu, \quad (8)$$

其中 $k = \Phi^{-1}(p - w)/(p - s)$. 所以零售商 A 最优的期望利润为

$$\begin{aligned} E[\Pi_{rA}^2(Q_{2rA}^*, d)] = & -L + (dp - w)[\alpha R_A(d) + (1 - \alpha)R_B(d)]\mu + \\ & [(p - w) - (p - s)\theta\varphi(k)][1 - R_A(d)]\alpha\mu. \end{aligned} \quad (9)$$

为了处理方便, 本文令 $R_A = 1 - ad$, $R_B = 1 - bd$. 零售商 A 的最优折扣系数为

$$d_1^* = ((1 + a\alpha)p + [a\alpha + (1 - \alpha)b]w - a\alpha w - (p - s)\theta\varphi(k)a\alpha) / (2[a\alpha + (1 - \alpha)b]p).$$

零售商 B 的收益为

$$\begin{aligned} \Pi_{rB}^2(D_3, Q_3) = & p \min(D_3, Q_3) + s(Q_3 - D_3)^+ - wQ_3. \end{aligned} \quad (10)$$

最优订购量为

$$Q_{3rB}^* = \mu_B + k\sigma_B = (1 + k\theta)[1 - R_B(d)](1 - \alpha)\mu. \quad (11)$$

所以零售商 B 的最优期望利润为

$$\begin{aligned} E[\Pi_{rB}^2(Q_{3rB}^*)] = & (p - w)\mu_B - (p - s)\varphi(k)\sigma_B = \\ & [1 - R_B(d)][(p - w) - (p - s)\theta\varphi(k)](1 - \alpha)\mu. \end{aligned} \quad (12)$$

由式 (6) 和 (12) 可知

$$\begin{aligned} E[\Pi_{rB}^2(Q_{3rB}^*)] - E[\Pi_{rB}^1(Q_{1rB}^*)] = & -R_B(d)[(p - w) - (p - s)\theta\varphi(k)](1 - \alpha)\mu < 0. \end{aligned}$$

由于零售商 A 采用了提前订货折扣策略, 将零售商 B 的一部分顾客吸引过去, 直接导致零售商 B 的利润下降. 以下分析零售商 B 为了在竞争的市场中建立优势, 如何利用延期支付契约机制与零售商 A 竞争.

情形 3 零售商 A 采用提前订货折扣策略, 零售商 B 采用延期支付策略.

在此情形下, 零售商 A 仍采用提前订货策略, 宣传其提前订货优惠政策的营销费用为 L , 采用此策略的顾客为 $D_1(d) = R_A(d)D_A + R_B(d)D_B$. 当正常销售时, 由于零售商 B 提供延期支付策略, 剩余的未采用提前订货策略的客户在零售商 B 提供的延期支付时间 M 达到或超过一个 M_t 值时, 将全部转移到零售

商 B 处订货 (当零售商 B 提供的延期支付时间 M 达不到一个 M_t 值时, 零售商 A 的顾客没有转移, 此时与情形 2 情况相同, 零售商 B 不再提供延期支付策略). 此时, 零售商 B 的顾客为 $D_2(d) = [1 - R_A(d)]D_A + [1 - R_B(d)]D_B$. 假设零售商 B 允许顾客延期支付的时间为 M , 机会成本为 I_e , 则零售商 B 采用延期支付机制后, 零售价为 $p - pI_eM$. 所以, 易得到零售商 A 的最优订货量为

$$Q_{3rA}^* = [(1 - ad)\alpha + (1 - bd)(1 - \alpha)]\mu. \quad (13)$$

零售商 A 的最优利润函数为

$$\begin{aligned} E[\Pi_{rA}^3(Q_{3rA}^*)] = & -L + (dp - w)[(1 - ad)\alpha + \\ & (1 - bd)(1 - \alpha)]\mu. \end{aligned} \quad (14)$$

此时零售商 A 的最优折扣系数为

$$d_2^* = \frac{a\alpha w - b\alpha w + bw + p}{2a\alpha p + 2bp - 2\alpha bp}.$$

定理 1 当零售商 B 采取延期支付机制将未提前订货的顾客都吸引过去后, 零售商 A 的最优折扣系数与市场波动系数 θ 无关.

定理 1 表明, 由于未提前订货的顾客全部被零售商 B 的延期支付激励机制吸引, 市场的波动性不再影响零售商 A 的提前订货策略. 这表明当市场上存在同质的两零售商时, 其中某一零售商 (如零售商 A) 先采取提前订货机制吸引顾客, 若不采取相应的后续保障措施, 则很可能会被竞争对手采取更为优越的激励机制将剩余顾客吸引过去, 进而导致提前订货折扣契约机制不仅未能给零售商 A 带来利润的增加, 反而加剧了顾客的流失.

零售商 B 的利润为

$$\begin{aligned} \Pi_{rB}^3(D_B, Q) = & \begin{cases} (p - pI_eM) \min(D_2, Q) + s(Q - D_2)^+ - wQ, \\ \quad M \geq M_t; \\ p \min(D_3, Q_3) + s(Q_3 - D_3)^+ - wQ_3, \quad M < M_t. \end{cases} \end{aligned} \quad (15)$$

当 $M \geq M_t$ 时, 利用以下方法分析最优解: 零售商 B 的最优订货量为

$$\begin{aligned} Q_{4rB}^* = & \mu_B + k_1\sigma_B = \\ & (1 + k_1\theta)\{[1 - R_B(d)](1 - \alpha) + [1 - R_A(d)]\alpha\}\mu, \end{aligned} \quad (16)$$

其中 $k_1 = \Phi^{-1}(p - pI_eM - w)/(p - pI_eM - s)$. 所以零售商 B 最优的期望利润为

$$\begin{aligned} E[\Pi_{rB}^3(Q_{4rB}^*, M)] = & \{[1 - R_B(d)](1 - \alpha) + [1 - R_A(d)]\alpha\} \times \\ & [(p - pI_eM - w) - (p - pI_eM - s)\theta\varphi(k_1)]\mu. \end{aligned} \quad (17)$$

M 值需满足 $M_t \leq M \leq M_s$, 其中

表1 α, θ, a 对两零售商最优化决策的影响

参数	情形1				情形2				情形3									
	零售商A		零售商B		零售商A				零售商B		零售商A				零售商B			
	Q_1^*	Π_1^*	Q_1^*	Π_1^*	d_2	Q_q^*	Q_2^*	Π_2^*	Q_3^*	Π_2^*	d_3	Q_3^*	Π_3^*	M_s	M^*	Q_4^*	Π_3^*	
θ	0.45	269	20673	220	16914	0.969	95	221	27593	174	13385	0.899	125	11183	0.61	1.56	367	23617
	0.50	268	19304	219	15794	0.964	97	220	26468	173	12438	0.899	125	11183	0.59	1.54	366	21970
	0.55	267	17934	218	14673	0.960	99	218	25348	171	11500	0.899	125	11183	0.57	1.53	365	21017
α	0.5	244	17549	244	17549	0.947	98	196	24278	196	14122	0.888	123	10593	0.58	1.54	368	21998
	0.55	268	19304	219	15794	0.964	97	220	26468	173	12438	0.899	125	11183	0.59	1.54	366	21982
	0.6	292	21058	195	14039	0.982	97	244	28737	148	10690	0.910	127	11802	0.60	1.54	364	22551
a	0.85	268	19304	219	15794	0.964	97	220	26468	173	12438	0.899	125	11183	0.58	1.54	366	21867
	0.90	268	19304	219	15794	0.927	88	224	24687	178	12850	0.862	117	9150	0.59	1.54	374	22465
	0.95	268	19304	219	15794	0.894	78	228	23238	184	13254	0.829	108	7440	0.60	1.54	382	23685

$$M_s = \frac{p - w - (p - s)\theta\varphi(k_1)}{pI_e(1 - \theta\varphi(k_1))}$$

当 $M > M_t > M_s$ 时, 零售商B的利润为负, 此时零售商B不提供延期支付优惠。

通过式(17), 易求得

$$\frac{d^2E[\Pi_{rB}^3(Q_1^*, M)]}{dM^2} = \frac{\sqrt{2\pi}\theta p^2 I^2 (s - w)^2 e^{k_1^2/2}}{(p - pI_e M - s)^3} > 0,$$

所以存在唯一最小值点

$$M^* = \frac{[\theta\varphi(k_1) - 1](p - s) - \theta k_1(w - s)}{pI_e[\theta\varphi(k_1) - 1]}$$

分3种情况进行讨论:

1) 当 $M^* < M_t$ 时, 零售商B将允许下游顾客延期 M_s 时间支付资金;

2) 当 $M_t \leq M^* \leq M_s$ 时, 如果 $E[\Pi_{rB}^3(Q_1^*, M_t)] \geq E[\Pi_{rB}^3(Q_1^*, M_s)]$, 则零售商B提供延期支付 M_t 与零售商A竞争; 否则零售商B将允许下游顾客延期 M_s 的时间支付资金, 吸引顾客前来购买。

3) 当 $M_s < M^*$ 时, 零售商B提供 M_t 延期支付政策与零售商A竞争。

定理2 零售商B的延期支付长度 M 与产品的市场占有率 α 无关, 而与机会成本 I_e 成反比。

定理2表明, 零售商B为了与竞争对手(零售商A)进行竞争, 无论其市场占有率高低, 都将采取有利于吸引顾客的有效措施, 从而使得自身利润最大化。同时也表明, 零售商提供的延期支付长度与资金机会成本成负相关, 当资金的机会成本增加, 即竞争成本增加时, 零售商B提供给顾客的延期支付长度会相应降低。

3 数值分析

假设某种季节性产品的各项参数如下: $p = 300$ 元/件, $w = 180$ 元/件, $s = 50$ 元/件, $L = 0$ 元, $a = 0.9$, $b = 1 - (1 - a)\alpha/(1 - \alpha)$, $\mu = 500$ 件, $\alpha = 0.55$, $\theta = 0.5$, $M_t = 0.1$ 。按本文建立的模型对 α, θ, a 进行灵敏

度分析, 结果如表1所示。

由表1可见, 对于零售商A而言, 随着市场需求波动性 θ 的增大, 给予顾客的提前订货价格折扣系数 d 相应地降低(除定理1外), 从而吸引更多顾客提前订货, 提高自身利润。随着市场占有率 α 的增加, 提前订货折扣系数 d 增大, 这是由于零售商市场份额越大, 其市场的主导能力越强, 零售商A就越能够通过更大的折扣系数来吸引顾客提前订货。另外, 随着零售商通过价格折扣吸引顾客提前订货的能力 $R_A = (1 - ad)$ 减小, a 值增大, 提前订货折扣系数 d 也减小。对于零售商B而言, 随着市场需求波动性 θ , 产品市场占有率 α 和 a 的变化, 零售商B对顾客始终提供延期支付, 且利润得到大幅度提高, 这主要是由于零售商B面临的市场不确定性导致资金损失的风险可以通过延期支付策略中其顾客的增多来弥补。但是, 无论 α, θ, a 如何变化, 从表1都可以得出, 若市场上仅零售商A采用提前订货折扣契约机制, 则零售商A吸引的顾客增多, 订货量增大, 自身利润增加, 但会损害零售商B的利润, 此时两零售商利润总和大于其均不采用任何契约机制时的利润总和。因此, 单一零售商的契约机制对于两零售商整体利润而言具有优化协调作用。若此时零售商B也采用契约机制与零售商A竞争, 则两零售商的利润总和低于不采用任何机制时的利润总和, 两零售商整体利润受损, 优化协调作用消失。

4 结论

本文针对需求不确定情况下供应链中两零售商通过契约机制进行竞争来建模研究, 分析得到了3个阶段零售商的最优订货量及契约参数。通过数值分析研究了市场波动程度和零售商市场产品占有率大小对其订货、协调策略和利润的影响, 并得到如下结论: 当单一零售商采用一种契约机制时, 其利润总和达到最大, 两零售商整体利润实现了优化协调; 当两零售商均采用契约机制时, 其利润总和达到最小, 整体利

润的优化协调作用消失.

参考文献(References)

- [1] Gilbert Sm, Rh Ballou. Supply chain benefits from advanced customer commitments[J]. *J of Operations Management*, 1999, 18(1): 61-73.
- [2] Cvsa V, Sm Gilbert. Strategic commitment versus postponement in a two-tier supply chain[J]. *European J of Operational Research*, 2002, 141(3): 526-543.
- [3] 浦徐进, 石琴, 凌六一. 鼓励零售商提前订货策略的进一步研究[J]. *管理科学*, 2005, 18(6): 6-11.
(Pu X J, Shi Q, Ling L Y. Further study on policies to encourage retailers to make early purchases[J]. *Management Sciences in China*, 2005, 18(6): 6-11.)
- [4] 谢金星, 王淼. 单供应商多零售商供应链中的最优提前订货折扣[J]. *系统工程理论与实践*, 2009, 29(1): 1-5.
(Xie J X, Wang M. Optimal early order commitment discount in a supply chain with one supplier and multiple retailers[J]. *Systems Engineering Theory & Practice*, 2009, 29(1): 1-5.)
- [5] 王圣东, 周永务. 考虑提前期压缩的Newsvendor型产品供应链协调模型[J]. *控制与决策*, 2010, 25(9): 1292-1296.
(Wang S D, Zhou Y W. Supply chain coordination model for Newsvendor-type products with lead-time compression[J]. *Control and Decision*, 2010, 25(9): 1292-1296.)
- [6] Weng Z K, Parlar M. Integrating early sales with production decisions: Analysis and insights[J]. *IIE Trans*, 1999, 31(11): 1051-1060.
- [7] Tang C, Rajaram K, Lu A A, et al. The benefits of advance booking discount programs: Model and analysis[J]. *Management Science*, 2004, 50(4): 465-478.
- [8] Bellantuono N, Giannoccaro I, Pontrandolfo P, et al. The implications of joint adoption of revenue sharing and advance booking discount programs[J]. *Int J of Production Economics*, 2009, 121(2): 383-394.
- [9] Goyal S K. Economic order quantity under conditions of permissible delay in payments[J]. *J of the Operational Research Society*, 1985, 36: 335-338.
- [10] 周永务. 购买费用的滞后支付对库存系统最优订货策略的影响[J]. *系统工程理论与实践*, 1997, 17(4): 116-120.
(Zhou Y W. The effect of the delayed payment for purchasing cost on the optimal order policy of inventory system[J]. *Systems Engineering Theory & Practice*, 1997, 17(4): 116-120.)
- [11] Huang Y F. Economic order quantity under conditionally permissible delay in payments[J]. *European J of Operational Research*, 2007, 176(2): 911-924.
- [12] Maddah B S, Jaher M Y, Abbood N E. Periodic review(S, s) inventory model with permissible delay in payments[J]. *J of the Operational Research Society*, 2004, 55: 147-159.
- [13] Diwaksr G, Wang L. A stochastic inventory model with trade-credit[R]. University of Minnesota: Graduate Program in Industrial Engineering, 2005.
- [9] 胡方明, 简琴, 张秀君. 基于BP神经网络的车型分类器[J]. *西安电子科技大学学报*, 2005, 32(3): 439-442.
(Hu F M, Jian Q, Zhang X J. The classifier of car types using BP neural networks[J]. *J of Xidian University*, 2005, 32(3): 439-442.)
- [10] 于江波, 陈后金. PCNN模型的改进及其在医学图像处理中的应用[J]. *电子与信息学报*, 2007, 29(10): 2316-2320.
(Yu J B, Chen H J. Improvement of PCNN model and its application to medical image processing[J]. *J of Electronics & Information Technology*, 2007, 29(10): 2316-2320.)
- [11] Shih A C, Liao H M, Lu C S. A new iterated two band diffusion equation: Theory and its application[J]. *IEEE Trans on Image Processing*, 2003, 12(4): 466-476.
- [12] 彭真明, 蒋彪, 肖峻, 等. 基于并行点火PCNN模型的图像分割新方法[J]. *自动化学报*, 2008, 34(9): 1169-1173.
(Peng Z M, Jiang B, Xiao J, et al. A novel method of image segmentation based on parallelized firing PCNN[J]. *Acta Automatica Sinica*, 2008, 34(9): 1169-1173.)

(上接第467页)