

文章编号: 1001-0920(2011)07-0991-07

基于不同交货期决策权下的供应链交货期和定价决策研究

周颖, 陈旭

(电子科技大学 经济与管理学院, 成都 610054)

摘要: 基于对价格和交货期敏感的需求, 针对一个制造商与一个零售商构成的两阶段供应链, 以最大化期望利润为目标, 分别建立供应链交货期由制造商和零售商控制的决策模型, 以得到相应的最优解和最大期望利润. 通过比较, 探讨了不同交货期决策权对供应链最优交货期和最大期望利润的影响, 得到了为实现期望利润最大化, 针对顾客需求特性, 供应链系统应在保证一定交货期服务水平的基础上选择由制造商控制供应链交货期的结论.

关键词: 交货期; 定价; 期望利润; 供应链; 决策权

中图分类号: TP274

文献标识码: A

Study on delivery date and pricing decision in supply chain based on different delivery date decision-maker

ZHOU Ying, CHEN Xu

(School of Management and Economics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China. Correspondent: ZHOU Ying, E-mail: zhouying2008@uestc.edu.cn)

Abstract: Based on price and delivery time sensitive demand, in a single-manufacturer-single-retailer's two-echelon supply chain system, with the objective of maximizing the expected profit, models of both the delivery date controlled by manufacturer and controlled by retailer are built, and the optimal solutions and the maximum expected profit are obtained. By comparison, the impact of different decision-making power of the delivery date on the optimal time of delivery date and the maximum expected profit of supply chain is discussed. In order to achieve the maximization of expected profit, based on customer demand characteristics and the guaranteed service level of delivery date, the supply chain should select the manufacturer to control the supply chain delivery date.

Key words: delivery date; pricing; expected profit; supply chain; decision-making power

1 引言

在基于时间竞争的市场环境中, 对于按订单生产(MTO)的供应链系统, 交货期与价格一样影响着市场需求, 并影响着企业运作成本及完成订单的能力. 因此, 交货期与定价决策便成为决定MTO供应链获利的关键. 产品从供应链各节点企业到顾客手中的时间, 主要由订单处理和运输时间决定. 然而, 与顾客直接接触者是供应链的终端企业, 因此供应链作为由多个决策主体构成的分布式决策系统, 各决策主体分别基于各自的利益作出决策, 供应链交货期有些由上游企业决定, 有些由下游企业决定, 并且各决策主体所作出的决策影响着供应链上其他企业的利益. 基于时间和价格敏感需求, 不同供应链交货期的决策权对供应链决策和利益的影响是研究的重点.

20世纪90年代后期, 很多学者针对单阶段环境, 基于价格、时间敏感需求, 根据自身特点以及市场需求特点对定价和交货期优化问题展开了研究. Li等人^[1]分析了两个企业的价格和交货期竞争问题, 并根据交货期敏感型的消费者决定供应商选择; So等人^[2]通过满足一定服务水平约束选择合适的决策变量, 使单位时间的利润达到最大化; Palaka等人^[3]在考虑拥挤成本和延迟惩罚的情况下, 研究了同样的问题; 文献[4]扩展了So等人的工作, 研究了多企业竞争环境下产品价格与交货期决策问题; Boyaci等人^[5]结合可替代性和差异化, 分析了在能力成本下产品区别、价格与时间敏感型需求间的交互影响. Ray等人^[6]建立了价格和需求对交货期都敏感的决策模型; Pekgun等人^[7]研究了价格和承诺交货期如何在企业营销部门

收稿日期: 2010-04-21; 修回日期: 2010-09-10.

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金课题(20070614003).

作者简介: 周颖(1980—), 女, 博士生, 从事供应链管理、收益管理的研究; 陈旭(1973—), 男, 教授, 博士生导师, 从事供应链管理、服务管理等研究.

与生产部门之间分别进行决策;林勇等人^[8]分析了生产制造企业如何结合生产能力在产品价格与交货期之间权衡;邵建军等人^[9]考虑不同市场间的替代性及企业的产能制约,研究了如何进行产品价格与交货期决策;杨文胜等人^[10]研究了网络营销企业的交货期定价决策问题;倪卫涛等人^[11]构建了交货期决策模型,分析了承诺交货期与平均交货期的关系.同时,许多学者基于供应链结构研究了价格和交货期的决策问题.Weng等人^[12]和Hsu等人^[13]认为,制造商与分销商合作可以缩短产品交货期,增加供应链系统的整体利润;Liu等人^[14]研究了离散供应链中的定价和交货期决策问题;马士华等人^[15-16]从多阶段供应链的角度研究了时间价格敏感型需求下供应链分散决策和集中决策两种模式;魏晨等人^[17]研究了多个供应商基于瓶颈资源约束的供应链协调问题;杨文胜^[18]在两阶段供应链系统中,基于响应时间的不确定性分析了不同契约对供应链协同的影响,并在收益共享契约下,考虑了节点企业风险偏好度对供应链渠道总体收益分配比例的影响;赵明等人^[19]研究了两阶段环境下需求依赖价格和交货期的供应链协调模型.

以往关于价格和交货期决策问题的相关文献大都假定供应链中的主导企业已经确定.然而,在基于时间竞争的市场环境中,供应链作为由多个决策主体构成的分布式决策系统,由不同节点企业控制供应链交货期决策权所作出的决策影响着供应链上各节点企业的利益.为此,本文考虑在两阶段供应链结构中,以期望利润最大化为目标,研究当制造商与零售商分别控制供应链交货期时得到的最优决策以及对供应链上各节点企业及供应链整体期望利润的影响.

2 问题描述

考虑由一个制造商和一个零售商组成的两阶段供应链结构.两个企业都按照MTO的模式运作,如图1所示.

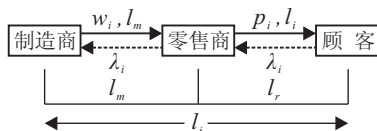


图1 两阶段供应链结构

在此供应链结构中,制造商根据订单需求 λ_i 按MTO方式进行生产,并按承诺的交货期 l_m 和批发价格 w_i 向零售商交货,零售商以承诺的供应链交货期 l_i 和零售价格 p_i 卖给顾客.其中供应链交货期 l_i 由制造商交货期 l_m 和零售商交货期 l_r 组成,即 $l_i = l_m + l_r$.然而,相对制造商交货期而言,零售商自身的交货期可以忽略,所以整个供应链交货期等于制造商交货期,即 $l_i = l_m$.在此两阶段供应链中,供应链交货期决

策权可能由制造商控制($i=1$),也有可能由零售商控制($i=2$),即存在两种情况:1) 制造商控制供应链交货期 l_1 和批发价格 w_1 ,零售商控制零售价格 p_1 ;2) 制造商控制批发价格 w_2 ,零售商控制供应链交货期 l_2 和零售价格 p_2 .在这两种情况下,制造商和零售商分别以实现各自期望利润最大化为目标进行决策.

首先,假设顾客需求 λ_i 对产品零售价格 p_i 和供应链交货期 l_i 都具有敏感性,满足

$$\lambda_i = a - bp_i - vl_i, \quad b > 0, v > 0.$$

其中: b 为价格敏感系数, v 为交货期敏感系数, a 为最大需求.另外,根据Shanthikumar^[20]以及Karmarkar等人^[21]的实证研究结果(实际交货期 x 服从渐近指数分布,累计概率分布为 $F(x) = 1 - e^{-\theta x} (\theta > 0)$),概率密度函数为

$$f(x) = \begin{cases} \theta e^{-\theta x}, & x > 0, \theta > 0; \\ 0, & x \leq 0. \end{cases}$$

其中 $1/\theta$ 为实际完成订单的平均交货期.

另外,在此两阶段供应链中,对于制造商,只考虑生产成本、持有成本和延迟成本;对于零售商,若制造商的延期交货使零售商也产生延期成本,则应考虑采购成本、销售成本和延迟成本.

相关符号说明:

i : 表示供应链交货期分别由制造商和零售商控制($i=1$ 时供应链交货期由制造商控制, $i=2$ 时供应链交货期由零售商控制);

λ_i : 第 i 种情况下顾客的需求;

l_i : 第 i 种情况下的供应链交货期;

p_i : 第 i 种情况下单位产品的零售价格;

w_i : 第 i 种情况下单位产品的批发价格;

Π_{m_i} : 第 i 种情况下制造商的期望利润;

Π_{r_i} : 第 i 种情况下零售商的期望利润;

Π_i : 第 i 种情况下供应链整体期望利润;

x : 供应链实际交货期, $F(x)$ 为其分布函数, $f(x)$ 为其密度函数,平均交货期为 $1/\theta, \theta > 0$;

b : 价格敏感系数;

v : 交货期敏感系数;

a : 市场的最大需求;

l_m : 制造商交货期($l_i = l_m$);

l_r : 零售商交货期($l_r = 0$);

c_m : 制造商单位产品的生产成本;

c_r : 零售商单位产品的销售成本;

α : 制造商提前完工时单位时间单位产品的持有成本(不允许提前交货);

β : 制造商延期交货时单位时间单位产品的惩罚成本;

δ : 零售商延期交货支付给顾客的单位时间单位产品的惩罚成本。

不失一般性, 满足 $\delta > \beta > \alpha > 0$ 。

3 制造商控制供应链交货期时供应链决策

考虑制造商在供应链交货期决策中占主导地位。此时, 供应链的决策顺序为:

1) 制造商率先作出供应链交货期 l_1 和产品的批发价 w_1 决策;

2) 零售商观测到 l_1 和 w_1 之后, 确定产品的零售价 p_1 。

制造商的期望利润为

$$\begin{aligned} \Pi_{m_1} = & \\ & (a - bp_1 - vl_1) \left[w_1 - c_m - \alpha \int_0^{l_1} (l_1 - x)f(x)dx - \right. \\ & \left. \beta \int_{l_1}^{+\infty} (x - l_1)f(x)dx \right]; \end{aligned} \quad (1)$$

零售商的期望利润为

$$\begin{aligned} \Pi_{r_1} = & (a - bp_1 - vl_1) \left[p_1 - w_1 - c_r - \right. \\ & \left. \delta \int_{l_1}^{+\infty} (x - l_1)f(x)dx \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

供应链的总体期望利润为

$$\Pi_1 = \Pi_{m_1} + \Pi_{r_1}. \quad (3)$$

根据以上分析, 可以得到当供应链交货期由制造商控制时供应链的最优决策。

命题 1 当供应链交货期由制造商控制时, 最优交货期、最优批发价格、最优零售价格分别为

$$l_1^* = F^{-1} \left[\frac{b(\beta + \delta) - v}{b(\alpha + \beta + \delta)} \right], \quad (4)$$

$$\begin{aligned} w_1^* = & \\ & \frac{1}{2b} \left[a - bc_r - vl_1^* + bc_m + b\alpha \int_0^{l_1^*} (l_1^* - x)f(x)dx + \right. \\ & \left. b\beta \int_{l_1^*}^{+\infty} (x - l_1^*)f(x)dx - b\delta \int_{l_1^*}^{+\infty} (x - l_1^*)f(x)dx \right], \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} p_1^* = & \\ & \frac{1}{4b} \left[3a + bc_r - 3vl_1^* + bc_m + b\alpha \int_0^{l_1^*} (l_1^* - x)f(x)dx + \right. \\ & \left. b(\beta + \delta) \int_{l_1^*}^{+\infty} (x - l_1^*)f(x)dx \right]; \end{aligned} \quad (6)$$

制造商和零售商的最大期望利润为

$$\begin{aligned} \Pi_{m_1}^* = & \\ & \frac{1}{8b} \left[a - bc_r - vl_1^* - bc_m - b\alpha \int_0^{l_1^*} (l_1^* - x)f(x)dx - \right. \\ & \left. b(\beta + \delta) \int_{l_1^*}^{+\infty} (x - l_1^*)f(x)dx \right]^2, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{r_1}^* = & \\ & \frac{1}{16b} \left[a - bc_r - vl_1^* - bc_m - b\alpha \int_0^{l_1^*} (l_1^* - x)f(x)dx - \right. \end{aligned}$$

$$\left. b\beta \int_{l_1^*}^{+\infty} (x - l_1^*)f(x)dx - b\delta \int_{l_1^*}^{+\infty} (x - l_1^*)f(x)dx \right]^2; \quad (8)$$

供应链总体的最大期望利润为

$$\begin{aligned} \Pi_1^* = & \\ & \frac{3}{16b} \left[a - bc_r - vl_1^* - bc_m - b\alpha \int_0^{l_1^*} (l_1^* - x)f(x)dx - \right. \\ & \left. b(\beta + \delta) \int_{l_1^*}^{+\infty} (x - l_1^*)f(x)dx \right]^2. \end{aligned} \quad (9)$$

证明 1) 假设 w_1 和 l_1 给定, 式(2)对 p_1 进行一阶和二阶求导可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_{r_1}}{\partial p_1} = & -2bp_1 + bw_1 + bc_r + \\ & b\delta \int_{l_1}^{+\infty} (x - l_1)f(x)dx + a - vl_1, \\ \frac{\partial^2 \Pi_{r_1}}{\partial p_1^2} = & -2b < 0. \end{aligned}$$

由上可知, 当制造商产品批发价格 w_1 和交货期 l_1 给定时, 零售商期望利润函数 Π_{r_1} 是关于零售价格 p_1 的凹函数。令 $\partial \Pi_{r_1} / \partial p_1 = 0$, 可得

$$p_1^* = \frac{a - vl_1 + bw_1 + bc_r + b\delta \int_{l_1}^{+\infty} (x - l_1)f(x)dx}{2b}. \quad (10)$$

2) 计算制造商的最优批发价格和最优交货期。首先假定 l_1 固定, 求解制造商的最优批发价格 w_1^* 。将式(10)代入(1), 对 Π_{m_1} 求 w_1 的一阶和二阶导数, 可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_{m_1}}{\partial w_1} = & \\ & \frac{1}{2} \left[-2bw_1 + a - vl - bc_r + bc_m + \right. \\ & b\alpha \int_0^{l_1} (l_1 - x)f(x)dx + b\beta \int_{l_1}^{+\infty} (x - l_1)f(x)dx - \\ & \left. b\delta \int_{l_1}^{+\infty} (x - l_1)f(x)dx \right], \\ \frac{\partial^2 \Pi_{m_1}}{\partial w_1^2} = & -b < 0. \end{aligned}$$

由上可知, 制造商期望利润函数 Π_{m_1} 是关于批发价格 w_1 的凹函数。令 $\partial \Pi_{m_1} / \partial w_1 = 0$, 可得

$$\begin{aligned} w_1^* = & \\ & \frac{1}{2b} \left[a - bc_r - vl + bc_m + b\alpha \int_0^l (l - x)f(x)dx + \right. \\ & \left. b\beta \int_l^{+\infty} (x - l)f(x)dx - b\delta \int_l^{+\infty} (x - l)f(x)dx \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

3) 计算最优的制造商交货期 l_1 。将式(10)代入 $\lambda(p_1, l_1)$, 得到

$$\begin{aligned} \lambda_1 = & \\ & \frac{a - vl_1 - bw_1 - bc_r - b\delta \int_{l_1}^{+\infty} (x - l_1)f(x)dx}{2}. \end{aligned} \quad (12)$$

由式(12), 可得

$$w_1 = \frac{1}{b} \left[a - vl_1 - bc_r - b\delta \int_{l_1}^{+\infty} (x - l_1)f(x)dx - 2\lambda_1 \right]. \quad (13)$$

将式(13)代入(1),当市场的需求率 λ_1 确定时,对 Π_{m_1} 求 l_1 的一阶和二阶导数,可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_{m_1}}{\partial l_1} &= \lambda_1 \left[\frac{-v}{b} + \beta + \delta - (\delta + \alpha + \beta)F(l_1) \right], \\ \frac{\partial^2 \Pi_{m_1}}{\partial l_1^2} &= \lambda_1 [-(\delta + \alpha + \beta)f(l_1)] < 0. \end{aligned}$$

由上可知,当市场需求率 λ_1 确定时,制造商期望利润函数的 Π_{m_1} 是关于承诺交货期 l_1 的凹函数. 令 $\partial \Pi_{m_1} / \partial l_1 = 0$, 可得到

$$l_1^* = F^{-1} \left[\frac{b(\beta + \delta) - v}{b(\alpha + \beta + \delta)} \right]. \quad (14)$$

综合式(10),(11)和(14)可以得到,由制造商控制交货期时,供应链的最优解为 w_1^* , l_1^* 和 p_1^* . 将 w_1^* , l_1^* 和 p_1^* 代回式(1)~(3), 便得 $\Pi_{m_1}^*$, $\Pi_{r_1}^*$ 和 Π_1^* . \square

4 零售商控制供应链交货期时供应链决策

考虑零售商在供应链交货期决策中占主导地位. 此时,供应链的决策顺序如下:

1) 制造商决定产品的批发价 w_2 ;

2) 零售商根据批发价格 w_2 制定产品的零售价 p_2 和交货期 l_2 .

制造商的期望利润为

$$\begin{aligned} \Pi_{m_2} = & \\ & (a - bp_2 - vl_2) \left[w_2 - c_m - \alpha \int_0^{l_2} (l_2 - x)f(x)dx - \beta \int_{l_2}^{+\infty} (x - l_2)f(x)dx \right]; \quad (15) \end{aligned}$$

零售商的期望利润为

$$\begin{aligned} \Pi_{r_2} = & (a - bp_2 - vl_2) \left[p_2 - w_2 - c_r - \delta \int_{l_2}^{+\infty} (x - l_2)f(x)dx \right]; \quad (16) \end{aligned}$$

供应链的总体期望利润为

$$\Pi_2 = \Pi_{m_2} + \Pi_{r_2}. \quad (17)$$

根据以上分析,可以得到当供应链交货期由制造商控制时供应链的最优决策.

命题 2 当供应链交货期由零售商控制时,最优交货期、最优批发价格、最优零售价格分别为

$$l_2^* = F^{-1} \left(\frac{b\delta - v}{b\delta} \right), \quad (18)$$

$$\begin{aligned} w_2^* = & \\ & \frac{1}{2b} \left[a - vl_2^* - bc_r + bc_m + b\alpha \int_0^{l_2^*} (l_2^* - x)f(x)dx + b\beta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx - b\delta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx \right], \quad (19) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_2^* = & \\ & \frac{1}{4b} \left[3a - 3vl_2^* + bc_r + bc_m + b\alpha \int_0^{l_2^*} (l_2^* - x)f(x)dx + b\beta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx + b\delta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx \right]; \quad (20) \end{aligned}$$

制造商和零售商的最大期望利润为

$$\begin{aligned} \Pi_{m_2}^* = & \\ & \frac{1}{8b} \left[a - vl_2^* - bc_r - bc_m - b\alpha \int_0^{l_2^*} (l_2^* - x)f(x)dx - b\beta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx - b\delta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx \right]^2, \quad (21) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Pi_{r_2}^* = & \\ & \frac{1}{16b} \left[a - vl_2^* - bc_r - bc_m - b\alpha \int_0^{l_2^*} (l_2^* - x)f(x)dx - b\beta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx - b\delta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx \right]^2; \quad (22) \end{aligned}$$

供应链总体的最大期望利润为

$$\begin{aligned} \Pi_2^* = & \\ & \frac{3}{16b} \left[a - vl_2^* - bc_m - bc_r - b\alpha \int_0^{l_2^*} (l_2^* - x)f(x)dx - b\beta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx - b\delta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx \right]^2. \quad (23) \end{aligned}$$

证明 假定 w_2 给定,由式(16),可得到

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_{r_2}}{\partial p_2} = & \\ & -bp_2 + bw_2 + bc_r + b\delta \int_{l_2}^{+\infty} (x - l_2)f(x)dx + a - bp_2 - vl_2, \\ \frac{\partial \Pi_{r_2}}{\partial l_2} = & \\ & -vp_2 + vw_2 + vc_r + v\delta \int_{l_2}^{+\infty} (x - l_2)f(x)dx + \end{aligned}$$

$$(a - bp_2 - vl_2)\delta \int_{l_2}^{+\infty} f(x)dx,$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_{r_2}}{\partial p_2 \partial l_2} = \frac{\partial^2 \Pi_{r_2}}{\partial l_2 \partial p_2} = -b\delta \int_{l_2}^{+\infty} f(x)dx - v,$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_{r_2}^2}{\partial p_2^2} = -2b,$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Pi_{r_2}}{\partial l_2^2} = & \\ & -2v\delta \int_{l_2}^{+\infty} f(x)dx - (a - bp_2 - vl_2)\delta f(l_2). \end{aligned}$$

令 $\frac{\partial \Pi_{r_2}}{\partial p_2} = 0$, $\frac{\partial \Pi_{r_2}}{\partial l_2} = 0$, 得唯一驻点 (p_2^*, l_2^*) 如下:

$$l_2^* = F^{-1} \left(\frac{b\delta - v}{b\delta} \right), \quad (24)$$

$$p_2^* =$$

$$\frac{a - vl_2 + bw_2 + bc_r + b\delta \int_{l_2}^{+\infty} (x - l_2)f(x)dx}{2b} \quad (25)$$

且在 (p_2^*, l_2^*) 处满足

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Pi_{r_2}}{\partial p_2^2} &= -2b < 0, \\ \frac{\partial^2 \Pi_{r_2}}{\partial p_2^2} \cdot \frac{\partial^2 \Pi_{r_2}}{\partial l_2^2} - \frac{\partial^2 \Pi_{r_2}}{\partial l_2 \partial p_2} \cdot \frac{\partial^2 \Pi_{r_2}}{\partial p_2 \partial l_2} &= \\ 2b(a - bp_2^* - vl_2^*)\delta f(l_2^*) &> 0. \end{aligned}$$

因此, Π_{r_2} 在 (p_2^*, l_2^*) 处取得最大值 $\Pi_{r_2}^*$.

将 (p_2^*, l_2^*) 代入式 (15), 对 Π_{m_2} 求 w_2 的一阶和二阶导数, 得

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_{m_2}}{\partial w_2} &= \\ \frac{1}{2} \left[a - vl_2^* - bc_r - 2bw_2 + bc_m + \right. \\ b\alpha \int_0^{l_2^*} (l_2^* - x)f(x)dx + b\beta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx - \\ b\delta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx \left. \right], \\ \frac{\partial^2 \Pi_{m_2}}{\partial w_2^2} &= -b < 0. \end{aligned}$$

由上可知, 制造商期望利润函数的 Π_{m_2} 是关于批发价格 w_2 的凹函数. 令 $\partial \Pi_{m_2} / \partial w_2 = 0$, 可得到

$$w_2^* =$$

$$\frac{1}{2b} \left[a - vl_2^* - bc_r + bc_m + b\alpha \int_0^{l_2^*} (l_2^* - x)f(x)dx + b\beta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx - b\delta \int_{l_2^*}^{+\infty} (x - l_2^*)f(x)dx \right]. \quad (26)$$

综合式 (24)~(26) 可以得到, 由零售商控制交货期时, 供应链的最优解为 w_2^*, l_2^* 和 p_2^* . 将 w_2^*, l_2^* 和 p_2^* 代入式 (15)~(17), 便得到 $\Pi_{m_2}^*, \Pi_{r_2}^*$ 和 Π_2^* . \square

综合命题 1 和命题 2, 可得到表 1. 其中

$$\begin{aligned} A_i &= \\ a - bc_m - bc_r - vl_i^* - b\alpha \int_0^{l_i^*} (l_i^* - x)f(x)dx - \\ b\beta \int_{l_i^*}^{+\infty} (x - l_i^*)f(x)dx - b\delta \int_{l_i^*}^{+\infty} (x - l_i^*)f(x)dx, \\ B_i &= \\ 3a + bc_r + bc_m - 3vl_i^* + b\alpha \int_0^{l_i^*} (l_i^* - x)f(x)dx + \\ b\beta \int_{l_i^*}^{+\infty} (x - l_i^*)f(x)dx + b\delta \int_{l_i^*}^{+\infty} (x - l_i^*)f(x)dx, \\ C_i &= \\ a - bc_r + bc_m - vl_i^* + b\alpha \int_0^{l_i^*} (l_i^* - x)f(x)dx + \\ b\beta \int_{l_i^*}^{+\infty} (x - l_i^*)f(x)dx - b\delta \int_{l_i^*}^{+\infty} (x - l_i^*)f(x)dx. \end{aligned}$$

表 1 供应链交货期在不同方控制下的决策结果比较

	l_i^*	w_i^*	p_i^*	$\Pi_{m_i}^*$	$\Pi_{r_i}^*$	Π_i^*
制造商控制交货期 ($i = 1$)	$F^{-1} \left[\frac{b(\beta + \delta) - v}{b(\alpha + \beta + \delta)} \right]$	$\frac{1}{2b} C_1$	$\frac{1}{4b} B_1$	$\frac{1}{8b} A_1^2$	$\frac{1}{16b} A_1^2$	$\frac{3}{16b} A_1^2$
零售商控制交货期 ($i = 2$)	$F^{-1} \left(\frac{b\delta - v}{b\delta} \right)$	$\frac{1}{2b} C_2$	$\frac{1}{4b} B_2$	$\frac{1}{8b} A_2^2$	$\frac{1}{16b} A_2^2$	$\frac{3}{16b} A_2^2$

由表 1 可以看出, 供应链最优交货期与制造商、零售商的生产和销售成本无关. 制造商控制供应链交货期时, 供应链最优交货期与价格和交货期敏感系数以及整个供应链涉及的提前和延迟交货成本都有关; 零售商控制供应链交货期时, 供应链最优交货期只与价格和交货期敏感系数以及自身的延迟交货成本有关. 通过对比可以看出, 当供应链交货期由不同决策主体控制时, 最优批发价格、最优零售价格和最大期望利润随最优交货期的改变而改变.

5 比较和分析

由命题 1 和命题 2 可得到

$$l_1^* = F^{-1} \left[\frac{b(\beta + \delta) - v}{b(\alpha + \beta + \delta)} \right], \quad l_2^* = F^{-1} \left(\frac{b\delta - v}{b\delta} \right).$$

根据分布函数特征: 1) 由 $0 \leq \frac{b(\beta + \delta) - v}{b(\alpha + \beta + \delta)} \leq 1$, 可得到 $\frac{v}{b} \leq \beta + \delta$; 2) 由 $0 \leq \frac{b\delta - v}{b\delta} \leq 1$, 可得到 $\frac{v}{b} \leq \delta$. 其中 $\frac{v}{b}$ 为顾客对交货期与顾客对价格敏感度之比, 代表了顾客

需求特征. 在基于时间竞争的市场环境中, 如果顾客对价格敏感性不变, 则 v/b 越大, 表示顾客对交货期的敏感性越强; v/b 越小, 表示顾客对交货期的敏感性越弱. 为进行两种不同交货期决策权下的比较, 必须满足 $v/b \leq \delta$.

5.1 交货期决策权对供应链交货期决策的影响

通过比较命题 1 和命题 2 中得到的在制造商控制供应链交货期和在零售商控制供应链交货期两种情况下的最优供应链交货期, 可以分析不同交货期控制权对供应链最优交货期决策的影响.

命题 3 当 $\frac{\alpha\delta}{\alpha + \beta} < \frac{v}{b} \leq \delta$ 时, 由制造商控制供应链交货期比由零售商控制供应链交货期得到的供应链交货期长, 即 $l_1^* > l_2^*$; 当 $\frac{\alpha\delta}{\alpha + \beta} > \frac{v}{b}$ 时, 由制造商控制供应链交货期比由零售商控制供应链交货期得到的供应链交货期短, 即 $l_1^* < l_2^*$; 当 $\frac{\alpha\delta}{\alpha + \beta} = \frac{v}{b}$ 时, 由制造商控制供应链交货期与由零售商控制供应链交货期得到的供应链交货期相等, 即 $l_1^* = l_2^*$.

证明 根据累积分布函数的几何意义(当 $F(l_1^*) > F(l_2^*)$ 时 $l_1^* > l_2^*$, 反之亦然), 又因为所有参数非负, 并满足 $v/b \leq \delta$, 故比较 l_1^* 和 l_2^* 可得到

$$\begin{cases} l_1^* > l_2^*, & \frac{\alpha\delta}{\alpha+\beta} < \frac{v}{b} \leq \delta; \\ l_1^* < l_2^*, & \frac{\alpha\delta}{\alpha+\beta} > \frac{v}{b}; \\ l_1^* = l_2^*, & \frac{\alpha\delta}{\alpha+\beta} = \frac{v}{b}. \end{cases} \quad (27)$$

由此, 命题 3 得证. \square

由命题 3 可知, 顾客对产品的交货期和价格的敏感性影响着供应链交货期的控制和决策, 并与各个决策主体的提前完工和延期交货成本有关. 当交货期与价格敏感性之比大于 $\alpha\delta/(\alpha+\beta)$ 时, 即当顾客的交货期敏感性增强到一定程度时, 由距离顾客最近的零售商决定交货期, 使最优交货期缩短, 服务水平提升, 稳定了顾客需求; 当交货期与价格敏感性之比小于 $\alpha\delta/(\alpha+\beta)$ 时, 由供应链上游的制造商同时控制订单生产和交货期, 最优交货期缩短; 当价格的交货期敏感性等于 $\alpha\delta/(\alpha+\beta)$ 时, 两种情况下的最优交货期相同. 因此, 单从最优交货期角度考虑, 在顾客需求的不同阶段, 应由不同决策主体决定供应链交货期长短.

5.2 交货期决策权对供应链期望利润的影响分析

通过比较命题 1 和命题 2 中得到的在制造商控制供应链交货期和在零售商控制供应链交货期两种情况下各节点企业以及供应链整体的最大期望利润, 可以分析不同交货期控制权对各节点企业以及供应链整体最大期望利润的影响.

命题 4 当 $\frac{\alpha\delta}{\alpha+\beta} = \frac{v}{b}$ 时, 由制造商控制供应链交货期与由零售商控制供应链交货期得到的各节点企业和供应链整体的最大期望利润相等, 即 $\Pi_{m_1}^* = \Pi_{m_2}^*$, $\Pi_{r_1}^* = \Pi_{r_2}^*$, $\Pi_1^* = \Pi_2^*$. 当 $\frac{\alpha\delta}{\alpha+\beta} < \frac{v}{b} \leq \delta$ 或 $\frac{\alpha\delta}{\alpha+\beta} > \frac{v}{b}$ 时, 由制造商控制供应链交货期比由零售商控制供应链交货期得到的各节点企业和供应链整体的最大期望利润多, 即 $\Pi_{m_1}^* > \Pi_{m_2}^*$, $\Pi_{r_1}^* > \Pi_{r_2}^*$, $\Pi_1^* > \Pi_2^*$.

证明 对表 1 中的 A_i 求关于 l_i^* 的一阶导数, 得

$$\frac{dA_i}{dl_i^*} = -v + b\beta + b\delta - b(\alpha + \beta + \delta)F(l_i^*),$$

则

$$\begin{cases} \frac{dA_i}{dl_i^*} > 0, & F(l_i^*) < \frac{-v + b\beta + b\delta}{b(\alpha + \beta + \delta)}; \\ \frac{dA_i}{dl_i^*} < 0, & F(l_i^*) > \frac{-v + b\beta + b\delta}{b(\alpha + \beta + \delta)}. \end{cases} \quad (28)$$

因为 $F(l_1^*) = \frac{b\beta + b\delta - v}{b(\alpha + \beta + \delta)}$, 所以式 (28) 可改写成

$$\begin{cases} dA_i/dl_i^* > 0, & F(l_i^*) < F(l_1^*); \\ dA_i/dl_i^* < 0, & F(l_i^*) > F(l_1^*). \end{cases} \quad (29)$$

由式 (29) 可知: 当 $F(l_i^*) < F(l_1^*)$ 时, A_i 关于 l_i^* 递增; 当 $F(l_i^*) > F(l_1^*)$ 时, A_i 关于 l_i^* 递减.

由命题 3 可知: 当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) < v/b \leq \delta$ 时, $F(l_2^*) < F(l_1^*)$; 当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) > v/b$ 时, $F(l_2^*) > F(l_1^*)$; 当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) = v/b$ 时, $F(l_2^*) = F(l_1^*)$. 结合累积分布函数的几何意义可以得到: 当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) < v/b \leq \delta$ 时, $l_2^* < l_1^*$ 且 A_i 关于 l_i^* 递增; 当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) > v/b$ 时, $l_2^* > l_1^*$ 且 A_i 关于 l_i^* 递减; 当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) = v/b$ 时, $l_1^* = l_2^*$, $A_1 = A_2$. 则当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) < v/b \leq \delta$ 或 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) > v/b$ 时, $A_1 > A_2$; 当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) = v/b$ 时, $A_1 = A_2$.

由表 1 可知

$$\Pi_{m_i}^* = \frac{1}{8b}A_i^2, \quad \Pi_{r_i}^* = \frac{1}{16b}A_i^2,$$

$$\Pi_i^* = \frac{3}{16b}A_i^2, \quad i = 1, 2.$$

因为 $A_i > 0$, $b > 0$, 所以 $\Pi_{m_i}^*$, $\Pi_{r_i}^*$, Π_i^* 是 A_i 的增函数, 从而得到: 当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) < v/b \leq \delta$ 或 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) > v/b$ 时, $\Pi_{m_1}^* > \Pi_{m_2}^*$, $\Pi_{r_1}^* > \Pi_{r_2}^*$, $\Pi_1^* > \Pi_2^*$; 当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) = v/b$ 时, $\Pi_{m_1}^* = \Pi_{m_2}^*$, $\Pi_{r_1}^* = \Pi_{r_2}^*$, $\Pi_1^* = \Pi_2^*$. \square

由命题 4 可知, 由制造商控制供应链交货期时, 各节点企业和供应链整体的最大期望利润大于由零售商控制供应链交货期时的最大期望利润, 当且仅当交货期和价格敏感性之比等于 $\alpha\delta/(\alpha+\beta)$ 时, 两种情况下期望利润相同. 因此, 从期望利润最大化的角度考虑, 无论顾客的需求特征怎样, 都应由制造商控制供应链的交货期.

综合命题 3 和命题 4 可知, 顾客对产品的交货期和价格的敏感性影响着供应链交货期的控制和决策, 并与各个决策主体的提前完工和延期交货成本有关.

1) 当 $v/b = \alpha\delta/(\alpha+\beta)$ 时, 由制造商或零售商控制供应链交货期两种情况下得到的各节点企业及供应链整体的最大期望利润和最优交货期相等.

2) 当 $\alpha\delta/(\alpha+\beta) < v/b$ 时, 由零售商控制供应链交货期比由制造商控制供应链交货期得到的最优供应链交货期缩短, 服务水平提高, 然而它是以牺牲制造商、零售商和供应链整体的最大期望利润为代价. 而由制造商控制供应链交货期则使最优供应链交货期延长, 服务水平降低, 各节点企业和供应链整体的最大期望利润都增加. 因此, 供应链必须在最大期望利润和服务水平之间进行平衡.

3) 当 $v/b < \alpha\delta/(\alpha+\beta)$ 时, 由零售商控制供应链交货期没有任何好处, 而由制造商控制供应链交货期得到的最优供应链交货期缩短且最大期望利润增加. 因此, 针对顾客需求特性, 供应链系统应在保证一定服务水平的基础上, 选择由制造商控制供应链交货期.

6 结 论

本文研究了在由一个制造商与一个零售商构成

的两阶段供应链中,当供应链交货期分别由制造商和零售商控制时对供应链最优决策以及各节点企业和供应链整体期望利润的影响.得到了两种情况下的最优零售价格、最优批发价格、最优供应链交货期及最大期望利润,并通过比较分析得到如下结论:

1) 供应链最优交货期与制造商和零售商的生产及销售成本无关,并且当供应链交货期由不同方控制时,供应链的最优批发价格、最优零售价格以及制造商、零售商和供应链整体的最大期望利润因最优交货期的改变而改变.

2) 顾客需求对交货期和价格敏感性之比(即顾客的市场需求特征)影响着供应链交货期的控制和决策,并与各个决策主体的提前完工和延期交货成本有关.为了实现期望利润最大化,针对顾客需求特性,供应链系统应在保证一定交货期服务水平的基础上,选择由制造商控制供应链交货期.

本文关于需求的研究,假设是关于价格和交货期都敏感的确定的线性函数,后续的研究可对关于价格和交货期都敏感的随机函数以及更复杂的供应链结构进行深入探讨.

参考文献(References)

- [1] Li L, Lee Y. Pricing and delivery-time performance in a competitive environment[J]. *Management Science*, 1994, 40(5): 633-646.
- [2] So K C, Song J S. Price delivery time guarantees and capacity selection[J]. *European J of Operation Research*, 1998, 111(1): 28-49.
- [3] Palaka K, Erlebacher S, Kropp D H. Lead time setting, capacity utilization, and pricing decisions under lead time dependent demand[J]. *IIE Transactions*, 1998, 30(2): 151-163.
- [4] So K C. Price and time competition for service delivery[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2000, 2(4): 392-409.
- [5] Boyaci T, Ray S. Product differentiation and capacity cost interaction in time and price sensitive markets[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2003, 5(1): 18-36.
- [6] Ray S, Jewkes E M. Customer lead time management when both demand and price are lead time sensitive[J]. *European J of Operational Research*, 2004, 153(3): 769-781.
- [7] Pekgun P, Griffin P M, Keskinocak P. Coordination of marketing and production for price and leadtime decisions[J]. *IIE Transactions*, 2008, 40(1): 12-30.
- [8] 林勇, 乐晓娟, 于建红. 基于生产能力的价格与交货期协调决策模型[J]. *工业工程与管理*, 2006, 11(5): 18-22.
(Lin Y, Le X J, Yu J H. A study on delivery time and price coordination decision based on production capacity[J]. *Industrial Engineering and Management*, 2006, 11(5): 18-22.)
- [9] 邵建军, 柯大纲, 王军平. 价格-时间敏感需求下的价格与交付期竞争策略[J]. *系统工程*, 2007, 25(6): 12-18.
(Shao J J, Ke D G, Wang J P. Price and delivery time competition under demand sensitive to time and price[J]. *Systems Engineering*, 2007, 25(6): 12-18.)
- [10] 杨文胜, 李莉, 陈国华, 等. 电子市场中时间价格敏感需求下的交货期定价决策[J]. *管理工程学报*, 2008, 22(3): 90-99.
(Yang W S, Li L, Chen G H, et al. Delivery time pricing under time and price sensitive demand in electronic markets[J]. *J of Industrial Engineering/Engineering Management*, 2008, 22(3): 90-99.)
- [11] 倪卫涛, 周晶. MTO生产模式的交货期决策模型及其分析[J]. *工业工程*, 2008, 11(2): 54-57.
(Ni W T, Zhou J. Delivery time model and its analysis based on MTO manufacturing mode[J]. *Industrial Engineering J*, 2008, 11(2): 54-57.)
- [12] Weng Z K, McClurg T. Coordinated ordering decisions for short life cycle products with uncertainty in delivery time and demand[J]. *European J of Operational Research*, 2003, 151(1): 12-24.
- [13] Hsu P H, Teng H M, Jou Y T, et al. Coordinated ordering decisions for products with short lifecycle and variable selling price[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2008, 54(3): 602-612.
- [14] Liming Liu, Mahmut Parlar, Stuart X Zhu. Pricing and lead time decisions in decentralized supply chains[J]. *Management Science*, 2007, 53(5): 713-725.
- [15] 王福寿. 基于响应时间的供应链决策与监控研究[D]. 武汉: 华中科技大学管理学院, 2006.
(Wang F S. A study on supply chain decision and monitoring and controlling based on response time[D]. Wuhan: School of Management, Huazhong University of Science and Technology, 2006.)
- [16] 马士华, 王福寿. 时间价格敏感型需求下的供应链决策模式研究[J]. *中国管理科学*, 2006, 14(3): 13-19.
(Ma S H, Wang F S. Study on the decision mode of supply chain for time-sensitive and price-sensitive demand[J]. *Chinese J of Management Science*, 2006, 14(3): 13-19.)
- [17] 魏晨, 马士华. 基于瓶颈供应商提前期的供应链协同契约研究[J]. *中国管理科学*, 2008, 16(5): 50-56.
(Wei C, Ma S H. Research on supply chain collaboration contract based on bottleneck suppliers' lead time[J]. *Chinese J of Management Science*, 2008, 16(5): 50-56.)