第21卷 第11期 控 制 与 决 策 2006年11月
Vol 21 No. 11 Control and Decision Nov. 2006

文章编号: 1001-0920(2006)11-1229-05

基于期权与现货市场的供应链契约式协调的研究

郭 琼, 杨德礼
(大连理工大学 管理学院, 辽宁 大连 116024)

摘 要: 通过期权机制,建立了电子市场与传统契约市场共存下的供应链中各决策主体的决策模型,求得协调状况下供应商的最优价格政策、产能决策和零售商的最优购买决策,数值实例对各决策模型中的影响因素进行了敏感性分析,进一步验证了结论的有效性

关键词: 供应链; 供应链协调; 现货市场; 期权
中图分类号: F224 **文献标识码**: A

On Supply Chain Coordination with Contract Based on Option and Spot Markets

GUO Qiong, YANG De-li
(School of Management, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China. Correspondent: GUO Qiong, E-mail: guoqiongvip@163.com)

Abstract: Supply chain coordination with option contracts based on option and spot markets is studied. Based on the decision models which are set up for different members, the supplier's optimal pricing and capacity policy are discussed, as well as the retailer's ordering strategy. According to different contract factors, the sensitivity of the decision models is simulated. The simulation result shows that option contracts can make the supply chain coordination realize.

Key words: Supply chain; Supply chain coordination; Spot markets; Option

1 引 言

期权源于金融领域, Ritchken 和 Tapiero[1]最早在库存研究中引入期权机制以对冲产品价格和数量波动的风险 此后,随着供应链研究的发展,期权则因其弹性被越来越多的学者所青睐而被应用到供应链协调的研究中 例如: Cachon 等人[2]通过期权契约以实现供应链中的信息共享; Seifert 等人[3]研究了期权价格为外生变量时具有风险偏好的买方的最优订购决策; Barnes-Schuster 等人[4]则通过期权契约研究了两阶段需求具有相关性下的供应链协作过程; 马士华[5]等研究了利用期权机制预定供应商生产能力的情况; 潘景铭[6]等则通过实物期权方法研究了供应链中的能力决策问题,并得到了柔性条件下的能力决策策略

上述的研究主要是通过期权契约以提高供应链的弹性,均忽略了现货市场对期权市场的影响 然而,随着网络技术的发展,以电子市场为平台的现货市场因其灵活和便捷被越来越多的企业所采用,这为满足买卖双方需求提供一种新渠道的同时也同期权市场形成了较大的竞争,因此研究期权契约市场和电子市场共存下的供应链协作方式显得更具有普遍意义 但是,电子交易市场因其价格波动大而导致交易稳定性差,而契约市场则因其刚性而使买卖双方无法从价格波动的变化中获利(例如由于契约的限制,当产品市场价格上升时,供应商不能享受到高价出售的好处; 当产品市场价格下跌时,零售商也无

收稿日期: 2005-09-05; **修回日期**: 2005-12-09.
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(70031020).
作者简介: 郭琼(1975—),男,江西萍乡人,博士生,从事供应链研究; 杨德礼(1939—),男,河北北戴河人,教授,博士生导师,从事供应链、电子商务与物流等研究

法享受到低价采购的好处). 因此, 存在电子市场的产业中采用固定契约的合作方式往往无法使买卖双方的决策更富于弹性, 使双方的利润因此而降低. 对此, Wu[7]研究了契约市场与现货市场共存下的供应链的最优定价和订购策略, 但其在论文中假定价格为唯一的外生变量, 最优需求为与价格无关给定的量, 这一假设使其研究与实际情况并不一致. 所以, 论文在假定现货市场价格、市场需求量和产品成本均为与市场状态相关变量的基础上, 试图通过引入期权机制, 研究供应商和零售商在电子市场和合约市场下的最优决策. 研究发现, 供应商根据现货市场的状况, 合理地制定其价格和产能政策, 增加其收益的同时激励零售商产生协作的愿望, 使其在电子市场与契约市场中的产品订购量为最优, 从而充分利用两个市场的优势, 达到供应链的协作, 并求得了均衡状况下供应商和零售商的最优决策. 最后, 对上述模型进行了仿真分析, 验证了期权契约的有效性.

2 模型描述

考虑由单供应商和单零售商以及以电子市场为交易平台的现货市场与契约市场组成的供应链, 生产和销售一种具有较长交货提前期、较高产品成本、较短销售季节和价格下跌较快的具有随机市场需求的产品. 在产品的生产和销售过程中, 供应商是领导者, 零售商是追随者, 供应商给定一套契约参数, 零售商据此确定它的最优产品订购量. 供应链中信息对称, 供应商能够根据其所获得信息, 推断零售商的产品订购量, 并据此制定最佳决策. 在契约交易日, 零售商可以从现货市场获得其他厂商供应的同种产品, 并根据现货市场的产品价格和期权的执行价格决定其期权执行量和现货市场的产品购买量, 供应商也可以将其过剩产能在现货市场进行销售. 但是, 在契约签订之前, 供应商和零售商均无法获得现货市场的价格信息. 假设供应商和零售商是风险中性和完全理性的.

供应商在第 1 阶段发布产品的期权价格和执行价格, 零售商根据供应商的价格政策和市场预期收益确定期权购买量, 零售商所购买的期权使其在下一阶段可以根据市场的需求情况按照预定的执行价格, 购买不超过其期权总量的产品的权力, 无需承担额外的义务. 第 2 阶段零售商则根据市场需求和期权执行价格以及现货市场价格, 确定其期权执行量和现货市场的产品购买量, 供应商根据零售商的订购量组织产能并采用准时供应的生产方式.

为了便于讨论, 在文中作如下假定: 假设单位产品的期权价格、执行价格和现货市场价格分别为 c_0, c_e 和 c_s. 假设 $c_s = cH(w)$ 为外生变量, 完全由市场经济状况 w 决定且关于 w 单调递增, 即随着市场经济状况的改善(w 增大), 市场对该产品的需求也会相应的增加, 从而导致市场中该产品价格的上涨. 假设市场经济状况 w 的分布函数和概率密度函数分别为 $G(w)$ 和 $g(w)$. 零售商的期权购买量、期权执行量和现货市场的产品购买量分别为 Q, q_e 和 q_s. 市场需求 D 为 c_s 的函数, 零售商的市场期望收益 $f(D)$ 为 D 的函数, 用 $f(D) = Z(D)\Phi(w)$ 来表示. 由经济学中的效用理论可知, 零售商的边际期望收益关于市场需求 D 单调递减, 因此假设 $Z(D)$ 关于市场需求 D 递增且为凹函数. 另外假设 $\Phi(w)$ 关于 w 递增, 以表示零售商的期望收益随着市场经济状况 w 的改善而增大. 所以根据假定可知 $f(D)$ 为增函数且二阶可微, $f'(D)$ 则表示零售商的支付能力, 由需求理论可知 $D(c_s) = f'^{-1}(c_s)$[8], 在合作过程中只有当 $f(D)$ 大于零售商的所有成本支出时, 零售商才会签订合约, 否则拒绝签订合约. 令 $\theta = \Phi(w)/H(w)$, 且 $\theta' < 0$, 即随着 w 的增加, c_s 的增长速度要快于零售商期望收益的增长速度. 另外零售商为风险中性和完全理性, 所以其期权订购量 Q 不会超过现货市场价格为 c_e 时其所期望的市场需求量 D, 即 $Q \leq D(c_e)$, 从而有 $f'(Q) \geq c_e$. 供应商的产能为 K, 单位产能成本为 c_k.

3 零售商的决策

零售商首先根据供应商的期权价格政策 $[c_o\ \ c_e]$, 决定其期权购买量 Q. 在契约交易日, 零售商根据 c_e 和 c_s 的大小确定其产品购买量, 当 $c_s > c_e$ 时, 零售商将全部执行期权; 一旦现货市场的价格低于期权执行价时, 即 $c_s < c_e$, 为了收益最大化, 零售商则完全从现货市场购买产品. 由上述假定可将零售商的利润表示为

$$\Pi_r = f(D) - c_0 Q - c_s D + (c_s - c_e)^+ [D \wedge Q]. \tag{1}$$

其中: $[D \wedge Q]$ 表示在 D 和 Q 之间取小; $D = \max[D(c_s), Q]$.

为了求解零售商的订购决策, 将零售商的问题分为两阶段来进行求解, 首先求解在 Q 和 c_s 给定情况下零售商的期权执行量 q_e 和现货市场的产品购买量 q_s, 即下述优化问题:

$$\max_{q_e, q_s} \Pi_r(q_e, q_s),$$
$$\text{s.t.}\quad q_s \geq 0, Q \geq q_e \geq 0. \tag{2}$$

随之根据式(2) 中所得的 q_e 和 q_s 求解最优期权订购量 Q^*, 即

$$\max_{Q^*} \Pi_r(Q^*),\quad \text{s.t.}\quad Q \geq 0. \tag{3}$$

由上述假定, 可求得式(2) 中的期权执行量 q_e

为

$$q_e = \begin{cases} Q, & c_s > c_e; \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \tag{4}$$

式(4) 说明当现货市场价格大于期权的执行价格时, 零售商将完全执行期权, 反之则放弃执行期权

式(2) 中现货市场的产品购买量 q_s 可表示为

$$q_s = \begin{cases} D(c_s), & c_s < c_e; \\ D(c_s) - Q, & c_e < c_s < f'(Q); \\ 0, & c_s \geq f'(Q). \end{cases} \tag{5}$$

因此当现货市场产品价格小于期权执行价格时, 即 $c_s < c_e$, 零售商则完全从现货市场购买其所需的产品量 $D(c_s)$; 如果 c_s 大于 c_e 却小于零售商的支付能力 $f'(Q)$, 零售商则完全执行其期权购买量 Q, 并从现货市场购买剩余的需求量 $D(c_s) - Q$; 一旦现货市场的产品价格 c_s 高于零售商的支付能力 $f'(Q)$ 时, 零售商则不购买任何产品

由式(4) 和式(5), 可求得式(3) 中零售商的最优期权订购量 Q^*.

定理 1　在供应商期权价格政策 $[c_o \quad c_e]$ 下的零售商的最优期权订购量 Q^* 可以表示为

$$c_o = \int_{c_e}^{f'(Q^*)} (1 - h(c_s))\,\mathrm{d}c_s \tag{6}$$

证明　根据式(1), (4), (5), 零售商的期望利润可表示为

$$\begin{aligned}
\mathrm{E}\Pi_r = & \int_0^{\infty} \{f(D) - c_oQ - c_sD + (c_s - c_e)^+ [D \wedge Q]\} h(c_s)\,\mathrm{d}c_s = \\
& - c_oQ + \int_0^{\infty} (c_s - c_e)^+ [D \wedge Q] h(c_s)\,\mathrm{d}c_s + \int_0^{\infty} [f(D) - c_sD] h(c_s)\,\mathrm{d}c_s = \\
& - c_oQ + \int_{c_e}^{\infty} (c_s - c_e) [D \wedge Q] h(c_s)\,\mathrm{d}c_s + \int_0^{\infty} [f(D) - c_sD] h(c_s)\,\mathrm{d}c_s = \\
& - c_oQ + \int_{c_e}^{\infty} (c_s - c_e) Q\,\mathrm{d}H(c_s) + \int_0^{f'(Q)} [f[D(c_s)] - c_sD(c_s)]\,\mathrm{d}H(c_s) + \\
& \int_{f'(Q)}^{\infty} [f(Q) - c_sQ]\,\mathrm{d}H(c_s).
\end{aligned} \tag{7}$$

将式(7) 对 Q 求偏导, 可得

$$\begin{aligned}
& \partial \mathrm{E}\Pi_r / \partial Q = \\
& - c_o + \int_{c_e}^{\infty} (c_s - c_e)\,\mathrm{d}H(c_s) + \int_{f'(Q)}^{\infty} [f'(Q) - c_s]\,\mathrm{d}H(c_s) = \\
& - c_o - \int_0^{c_e} c_s\,\mathrm{d}H(c_s) - c_e[1 - H(c_e)] + \int_0^{f'(Q)} c_s\,\mathrm{d}\Psi(c_s) + f'(Q)[1 - H(f'(Q))] = \\
& - c_o - \int_0^{c_e} (1 - h(c_s))\,\mathrm{d}c_s + \int_0^{f'(Q)} (1 - h(c_s))\,\mathrm{d}c_s = \\
& - c_o + \int_{c_e}^{f'(Q)} (1 - h(c_s))\,\mathrm{d}c_s,
\end{aligned}$$

而

$$\partial^2 \mathrm{E}\Pi_r / \partial Q^2 = [1 - H(f'(Q))] f''(Q) < 0,$$

因此 $\mathrm{E}\Pi_r$ 为关于 Q 的凹函数, 令 $\partial \mathrm{E}\Pi_r / \partial Q = 0$, 则可得到式(6), Q^* 即为零售商的最优期权订购量 □

推论 1　Q^* 关于 c_o 和 c_e 严格单调递减

证明　因为

$$\frac{\partial Q^*}{\partial c_e} = \frac{1 - H(c_e)}{f''(Q^*)[1 - H(f'(Q^*))]} < 0,$$

$$\frac{\partial Q^*}{\partial c_o} = \frac{1}{f''(Q^*)[1 - H(f'(Q^*))]} < 0,$$

所以 Q^* 关于 c_o 和 c_e 严格单调递减 □

由推论 1 可知, 零售商的最优期权订购量为 c_o 和 c_e 的减函数, 因此当供应商提高其价格时, 零售商将减少其产品订购量

4　供应商的决策

供应商首先按照零售商的期权购买量组织生产, 当零售商的期权执行量小于其期权订购量时, 供应商可以将其过剩的产能在现货市场销售 由于市场的不确定性较强, 假定供应商的剩余产品在现货市场找到相应买家的概率为 $m(c_s)$, $0 \leq m \leq 1$ 且关于 c_s 递减, 即随着现货市场价格的上涨, 供应商找到相应买家的可能性越小 将供应商的产品成本分为长期生产成本 b_c 和短期生产成本 b_s, 其中长期生产成本为供应商满足零售商契约需求的单位产品成本, 而短期生产成本则为供应商将其剩余产能在现货市场销售的单位产品成本 假设 $b_c \leq b_s$, 且只有当 $c_s > b_s$ 时, 供应商才可能在现货市场获益, 从而将其剩余产能在现货市场进行销售 根据上述假定, 供应商的期望利润可表示

$$\begin{aligned}
\Pi_s = & \mathrm{E}[c_oQ^* + q_e^*(c_e - b_c) + \\
& m(K - q_e^*)(c_s - b_s)^+ - c_kK].
\end{aligned} \tag{8}$$

定理 2　供应商的最优期权执行价格为

$$c_e^* = b_c(w), \tag{9}$$

其中

$$w = H^{-1}(c_e^* / c_s).$$

证明　因为

$$\frac{\mathrm{d}\Pi_s}{\mathrm{d}c_e} = \frac{\partial \Pi_s}{\partial c_e} + \frac{\partial \Pi_s}{\partial c_o}\frac{\mathrm{d}c_o}{\mathrm{d}c_e} = c_e - b_c(w) - m(w)[c_s(w) - b_s(w)]^+,$$

令 $\mathrm{d}\Pi_s / \mathrm{d}c_e = 0$, 分为下述两种情况进行讨论:

1) 当 $c_e \leq b_s(w)$ 时, 可以得到 $c_e^* = b_c(w)$.

2) 当 $c_e > b_s(w)$ 时, 根据上述假定, 零售商的期

权订购量 Q 不会超过在现货市场价格为 c_e 时其所期望的市场需求量, 得 $\mathrm{d}\Pi_s/\mathrm{d}c_e > 0$, 与上述假定矛盾, 不成立. 而 $b_c \le b_s$, 故 $c_e^* = b_c(w)$ 成立. 因 $c_s H(w) = c_e^*$, 则 $w = H^{-1}(c_e^*/c_s)$. □

由式(4) 可知当 $c_s > c_e$, 即 $w > H^{-1}(c_e^*/c_s)$ 时零售商才执行期权, 因此由定理 2 可知供应商的期权执行价格等于或低于其长期生产成本 b_c, 以增加其在现货市场的竞争优势, 并通过设定合理的期权价格 c_o 来补偿其损失. 下面研究供应商如何设定最优的期权价格 c_o^*.

假设 $\epsilon_o(Q)$ 为期权订购量对期权价格 c_o 的弹性, 记为

$$\epsilon_o(Q) = -\frac{\partial Q}{\partial c_o}\frac{c_o}{Q}.$$

定理 3 供应商的最佳期权定价 c_o^* 为

$$c_o^* = \begin{cases} \dfrac{\mathrm{E}[(b_c - c_e^*)^+] + \mathrm{E}[m(c_s - b_s)^+]}{1 - \dfrac{1}{\epsilon_o(Q^*)}}, & Q^* < K; \\ \mathrm{E}[[c_s \wedge f'(k)]] - \mathrm{E}[[c_s \wedge c_e^*]], & Q^* \ge K. \end{cases} \tag{10}$$

证明 将 $c_e^* = b_c(H^{-1}(c_e^*/c_s))$ 代入式(8), 并对其求导得

$$\frac{\mathrm{d}\Pi}{\mathrm{d}c_o} = Q + \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}c_o}(c_o - \mathrm{E}[m(c_s - b_s)^+] - \mathrm{E}[(b_c - c_e^*)]). \tag{11}$$

由式(11) 和上述定理及假设, 可得到: 当 $Q^* < K$ 时, 有

$$c_o^* = [\mathrm{E}[(b_c - c_e^*)^+] + \mathrm{E}[m(c_s - b_s)^+]]/[1 - (1/\epsilon_o(Q^*))]. \tag{12}$$

联合定理 1 与式(11), 则可得到当 $Q^* \ge K$ 时有

$$c_o^* = \mathrm{E}[[c_s \wedge f'(k)]] - \mathrm{E}[[c_s \wedge c_e^*]]. \tag{13}$$

唯一性证明: 因为 $\Pi(c_o, c_e^*)$ 关于 c_o 连续, 且为凹函数, 所以可得

$$\frac{\mathrm{d}^2\Pi}{\mathrm{d}c_o^2} = 2\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}c_o} + \frac{\mathrm{d}^2Q}{\mathrm{d}c_o^2}(c_o - \mathrm{E}[m(c_s - b_s)] - \mathrm{E}[(b_c - c_e^*)]^+).$$

联立式(11), 可得

$$2 + Q\int_{1(c_s/Z(Q))}^{\infty} f'''(Q)\,\mathrm{d}G(w) > 0,$$

所以等式(12), (13) 为其唯一解和最优解. □

由定理 2 和定理 3 可知, 期权执行价格根据市场状态的不同等于或者是低于单位产品的生产成本, 供应商主要通过期权价格获取利润, 以弥补其因保证零售商的期权订购量而无法在现货市场销售其产品所损失的机会成本((12) 的分母所示). 因为只有当现货市场的价格高于期权执行价时, 零售商才执行期权, 提高执行价格比提高期权价格使契约对零售商的期望价值下降的更快. 增加执行价格将增加零售商的成本, 从而使其更有可能转向现货市场, 所以供应商可根据定理 2 和定理 3 来设定其价格, 从而使其收益最优.

5 均衡状况下的最优决策

根据上述结论, 可以得到均衡状况下的零售商的最优期权订购量、供应商的最优产能及其最优的定价策略.

推论 2 均衡状况下零售商的最优期权订购量为

$$Q^*\int_{1(c_s/Z_I(Q^*))}^{\infty} f''(Q^*)\,\mathrm{d}G(w) + \mathrm{E}[[c_s \wedge f'(Q^*)]] - \mathrm{E}[c_s \wedge b_c] - \mathrm{E}[m(c_s - b_s)^+] = 0. \tag{14}$$

证明 由定理 1～ 定理 3 可得推论 2. □

假定 K^* 为均衡状况下供应商的最优产能投资, 则可得如下推论:

推论 3 均衡状况下供应商的最优的产能投资和价格政策可分别表示为

$$K^* = Q(c_o^*, c_e^*),$$
$$c_o^* = [\beta/[1 - (1/(\epsilon_o(K^*)))]],$$
$$c_e^* = b_c(w),$$

其中 $w = H^{-1}(c_e^*/c_s)$.

证明 由定理 2 和定理 3 易得推论 3. □

6 算例分析

某半导体芯片厂商为市场的主要芯片供应商, 在市场中占有主导地位. 该供应商在销售季节开始之前, 发布其芯片的期权价格政策, 零售商根据供应商的价格政策和市场预期, 购买一定量的期权. 在契约交易日, 存在供应同类产品的现货市场. 根据上述假定, 假设在市场经济状况 w 为 x 的情况下, 现货市场的价格 c_s 服从分布

$$h(x) = 10/(\Gamma(2))x\mathrm{e}^{-2x},$$

零售商的市场预期收益 $f(D)$ 表示为

$$f(x) = 1\,000(1 - \mathrm{e}^{10x}),$$

生产成本 $b_s = b_c = 30$, 产能 $k = 100$, 单位产能成本为 $c_k = 2$. 根据上述假定和结论, 将零售商的最优期权订购量对供应商的价格政策进行敏感性分析, 结果如表 1 所示.

从表 1 可以得出: 在期权价格给定的情况下, 零售商的期权订购量随着期权执行价格的减少而增加; 在期权执行价格给定的情况下, 零售商的期权订购量关于期权价格单调递减, 这与推论 1 的结论一致.

根据供应商在市场上找到相应买家可能性大

表 1　零售商的最优期权订购量对期权价格政策的敏感性分析

$c_o=4$		$c_e=10$	
c_e	Q^*	c_o	Q^*
22	9.46	12	6.18
18	14.96	10	10.96
14	16.27	8	14.07
10	19.11	6	16.66
6	24.23	4	19.11
2	30.06	2	21.79

小的不同(即不同的 m 值), 计算供应商的价格政策及其收益和零售商的最优期权订购量分别如下:

当 $m=0$ 时, 可得零售商的最优期权订购量 $Q^*=67.71$, 供应商的价格政策和收益分别为: $(c_o^*;c_e^*)=(4.41;38.96)$, $\Pi_{max}=705.28$.

当 $m=0.15$ 时, 可得零售商的最优期权订购量 $Q^*=61.20$, 供应商的价格政策和收益分别为: $(c_o^*;c_e^*)=(6.19;36.24)$, $\Pi_{max}=860.72$. 其中契约收益 $\Pi_c=632.74$, 现货市场的收益 $\Pi_s=227.98$.

由上述结果可知, 随着供应商的接近现货市场可能性的增加(从 $m=0$ 到 $m=0.15$), 其剩余产品在现货市场销售的几率也越来越大, 因此供应商将提高其期权价格以弥补其丧失在现货市场销售的机会成本, 而期权的执行价格则降低, 以增强其产品与现货市场同类产品的竞争力. 供应商因期权契约而得到的收益也逐渐降低($632.74<705.28$), 但供应商通过在现货市场销售其剩余产能而获得了相应的收益补偿 ($\Pi_s=227.98$), 且其总收益要递增 ($860.72>705.28$). 对于零售商而言, 最优期权订购量则随着 m 的增加而逐渐减少(如 $61.20<67.71$), 上述结果验证了定理 2 和定理 3 所得结论.

7　结　　语

由于电子市场的迅速发展, 厂商获得产品的条件越来越便利, 这对传统合作较为固定的契约市场形成了较大的冲击, 因此如何协调传统契约市场与电子市场双重影响下的供应链的运营策略成为供应链研究领域中的难点和新的热点. 本文通过期权机制研究了契约市场与电子市场为平台的现货市场共存下的供应链协作过程, 研究发现, 供应商通过设定合理的期权执行价格以提高其与现货市场的竞争力, 而通过期权价格来获取相应的利润; 零售商则根据供应商的价格政策和现货市场的价格状况及预期收益, 合理地安排其期权购买量、期权执行量和现货市场的产品购买量, 从而使其收益最优. 本文最后得到了均衡状况下供应商的生产和定价策略以及零售商的产品订购量.

当然, 本文的一些结果是在一些假设条件下所得到的, 推广时还需要进一步的验证, 但通过量化的方法为实践中的决策者提供了一种管理的视点: 在供应链的协作过程中, 通过合理地分析电子市场与传统契约市场共同影响下的厂商的市场行为, 可以为企业的决策者提供理论依据和决策参考, 从而提高供应链效率, 节约生产成本, 实现社会性的帕累托最优. 另外, 将作为金融衍生工具的期权机制引入到供应链的协作过程中, 可以进一步拓展供应链的研究思路. 本文的研究是基于单供应商和单零售商假定的基础上, 然而在实践当中, 多供应商和多零售商在实际中更为广泛存在, 因此网状结构下的供应链协作过程是进一步的研究方向.

参考文献(References)

[1] Ritchken Peter, Tapiero Charles. Contingent Claims Contracting for Purchasing Decision in Inventory Management[J]. *Operation Research*, 1986, 34(6): 864-870.

[2] Cachon G, Lariviere M. Contracting to Assure Supply: How to Share Demand Forecasts in a Supply Chain[J]. *Management Science*, 2001, 47(5): 629-646.

[3] Seifert, Ralf W, Thonemann, Ulrich W, Hausman, et al. Optimal Procurement Strategies for Online Spot Markets[J]. *European J of Operational Research*, 2004, 152(3): 781-799.

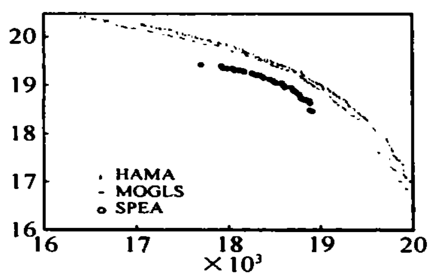
[4] Barnes-Schuster D, Bassok Y, Anupindi R. Coordination and Flexibility in Supply Contracts with Options[J]. *Manufacturing and Services Operations Management*, 2002, 4(3): 171-207.

[5] 马士华, 胡剑阳, 林勇. 一种基于期权的供应商能力预定模型[J]. *管理工程学报*, 2004, 18(1): 8-11.
(Ma S H, Hu J Y, Lin Y. A Model for Supplier's Capacity Ordering with Options[J]. *J of Industrial Engineering/Engineering Management*, 2004, 18(1): 8-11.)

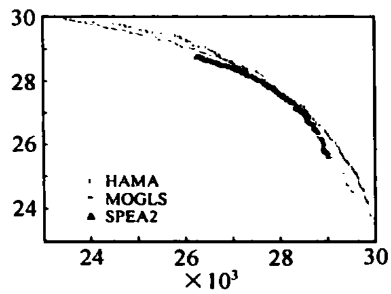
[6] 潘景铭, 唐小我, 倪得兵. 基于实物期权的供应链能力柔性决策研究[J]. *电子科技大学学报*, 2005, 34(2): 285-288.
(Pan J M, Tang X W, Ni D B. A Study on the Supply Chain Capacity Decision with Flexibility Based on the Real Option[J]. *J of UEST of China*, 2005, 34(2): 285-288.)

[7] 郭琼, 杨德礼, 迟国泰. 基于期权的供应链契约式协调模型[J]. *系统工程*, 2005, 23(10): 1-6.
(Guo Q, Yang D L, Chi G T. Supply Chain Coordination with Option Contract[J]. *Systems Engineering*, 2005, 23(10): 1-6.)

(下转第 1238 页)



(a) 求解2-500



(b) 求解2-750

图4 不同算法得到的近似集比较

5 结 语

本文提出一种混合自适应多目标Memetic 算法(HAMA). 为了实现全局搜索, 算法混合使用了基于模拟退火的加权法和基于Pareto 主导关系的进化算子, 并采用网格微扰动算子增强局部搜索能力. 同时, 算法可随改善率进行自适应调整以改善特别是计算后期的优化进度. 实例计算表明HAMA 能有效地解决多目标优化问题, 具有良好的应用前景.

参考文献(References)

[1] Zitzler E, Thiele L. Multiobjective Evolutionary Algorithms: A Comparative Case Study and the Strength Pareto Approach [J]. *IEEE Trans on Evolutionary Computation*, 1999, 3(4): 257-271.

[2] Knowles J, Corne D. M-PAES a Memetic Slgorithm for Multiobjective Optimization[A]. *Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation* [C]. La Jolla, 2000: 325-332.

[3] Jaszkiewicz A. Brief Papers on the Performance of Multiple-objective Genetic Local Search on the 0/1 Knapsack Problem-a Comparative Experiment [J]. *IEEE Trans on Evolutionary Computation*, 2002, 6(4): 402-412.

[4] Deb K, Pratap A, Agarwal S, et al. A Fast and Elitist Multi-objective Genetic Algorithm: NSGA-II [J]. *IEEE Trans on Evolutionary Computation*, 2002, 6(2): 182-197.

[5] Zitzler E, Laumanns M, Thiele L. Spea2: Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm [R]. *Zurich*, 2001.

[6] Jaszkiewicz A. Genetic Local Search for Multiple Objective Combinatorial Optimization [J]. *European J of Operational Research*, 2002, 137(1): 50-71.

[7] Ishibuchi H, Yoshida T, Murata T. Balance Between Genetic Search and Local Search in Memetic Algorithms for Multiobjective Permutation Flowshop Scheduling [J]. *IEEE Trans on Evolutionary Computation*, 2003, 7(2): 204-223.

[8] Yen G, Haiming L. Dynamic Multiobjective Evolutionary Algorithm: Adaptive Cell-based Rank and Density Estimation [J]. *IEEE Trans on Evolutionary Computation*, 2003, 7(3): 253-274.

[9] Tan K, Lee T, Khor E. Evolutionary Algorithms with Dynamic Population Size and Local Exploration for Multiobjective Optimization [J]. *IEEE Trans on Evolutionary Computation*, 2001, 7(3): 565-588.

[10] Zitzler E. SPEA [EB/OL]. http://www.tik.ee.ethz.ch/ziztler/testdata.html, 2005-09-01.

[11] Jaszkiewicz A. MOGLS [EB/OL]. http://www-idss.cs.put.poznan.pl/jaszkiewicz/mokp, 2005-09-01.

[12] Fieldsend J, Everson R, Singh S. Using Unconstrained Elite Archives for Multiobjective Optimization [J]. *IEEE Trans on Evolutionary Computation*, 2003, 7(3): 305-323.

[13] Bosman P, D Thierens. The Balance Between Proximity and Diversity in Multiobjective Evolutionary Algorithms [J]. *IEEE Trans on Evolutionary Computation*, 2003, 7(2): 174-188.

(上接第1233 页)

[8] Wu D J, Kleindorfer P R. Competitive Option, Supply Contracting, and Electronic Markets[J]. *Management Science*, 2005, 51(3): 462-466.

[9] Wu D J, Kleindorfer P R, Zhang Jin E. Optimal Bidding and Contracting Strategies for Capital-intensive Goods[J]. *European J of Operational Research*, 2002, 137(3): 657-676.

[10] Kandel E. The Right to Return [J]. *J of Law and Economics*, 1996, 39(1): 329-356.

[11] 范龙振, 胡畏. *金融工程学*[M]. 上海: 上海人民出版社, 2003: 2-3.
(Fan L Z, Hu W. *Financial Engineering* [M]. Shanghai: Shanghai People Press, 2003: 2-3.)

[12] Varian H. *Microeconomic Analysis*[M]. 3rd ed. New York: W W Norton and Company, 1993: 465-480.