

文章编号: 1001-0920(2005)09-0992-04

基于二层规划的供应链定价决策研究

张铁柱^{1,2}, 刘志勇², 滕春贤², 胡运权¹

(1. 哈尔滨工业大学 管理学院, 哈尔滨 150001; 2. 哈尔滨理工大学 经济管理学院, 哈尔滨 150080)

摘要: 针对一个单一制造商与多个零售商构成的分布控制型供应链, 其中制造商作为主导者确定批发价, 零售商确定各自的零售价, 市场需求量由零售价格决定的问题, 利用二层规划模型研究了具有 Stackelberg 博弈特征的定价决策, 并给出了混沌搜索求解算法, 同时给出供应链成员合作的条件. 研究结论表明, 分布控制型供应链虽然不能保证系统最优, 但却能实现成员利益最大化, 因而均衡状态下的价格是稳定的. 最后通过实例验证了给出的结论.

关键词: 供应链; 定价决策; Stackelberg 博弈; 二层规划; 混沌搜索

中图分类号: F224.1; C931.1 文献标识码: A

Study on the Supply Chain's Pricing Decision Based on Bilevel Programming

ZHANG Tie-zhu^{1,2}, LIU Zhi-yong², TENG Chun-xian², HU Yun-quan¹

(1. Management School, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 2. Economic and Management School, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China. Correspondent: ZHANG Tie-zhu, E-mail: zhangtiezhu@hrbust.edu.cn)

Abstract: A decentralized supply chain with a single manufacture and some retailers is considered. The manufacture sets the wholesale price and then each retailer determines its retail price that the demand depends on. Based on this supply chain, the pricing decision problem with Stackelberg type game is reformulated as a bilevel programming model. A chaos search algorithm is presented. Moreover, the condition of cooperation among supply chain members is studied. The results show that although the decentralized system optimization cannot be achieved, the profit of supply chain member can be maximized and therefore the equilibrium price is stationary. A numerical example confirms the results.

Key words: Supply chain; Pricing decision; Stackelberg game; Bilevel programming; Chaos search

1 引言

供应链成员通过销售产品获取利益, 而市场对产品的需求量一般与产品价格有直接关系, 顾客购买行为受到零售商定价策略的影响. 当售价过高时顾客购买意愿会降低, 结果将造成零售商的库存负担; 售价过低时, 零售商会因利润微薄而无法参与竞争. 另外, 零售商的高价政策也将使制造商受到影响, 因为高价会导致销售情况不佳, 零售商在下次做订购决策时将出现减少订购的情况, 这对于制造商

而言是严重的损失, 因此, 产品定价决策对供应链伙伴的影响很大, 制订出合理的产品定价策略是非常必要和重要的.

Hau L^[1]等首先研究了供需双方的数量折扣定价模型, 但只是从供应商角度出发, 使其确定合适的价格折扣以激励零售商扩大产品订购量而获得更大利益, 并未研究零售商应确定怎样的零售价. 而 Parlar M 等^[2]则研究的是一个卖方向一组多个同质买方销售一种产品的情况. 以上对价格折扣的研究

收稿日期: 2004-10-15; 修回日期: 2004-12-31.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70471067); 黑龙江省自然科学基金项目(A0306); 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(10541069).

作者简介: 张铁柱(1972—), 男, 黑龙江嘉荫人, 副教授, 博士后, 从事系统建模与优化、供应链管理的研究; 胡运权(1937—), 男, 浙江平湖人, 教授, 博士生导师, 从事管理科学与工程的研究.

均从供应商角度考虑,在假定现有零售价格不变和市场需求确定的情况下,使供应商适当调整批发价格来激励零售商加大订购量。如果从供应链的整体利润出发,即追求制造商与零售商的利润之和最大,以确定最优价格,这时直接影响市场需求的是零售价,因而一般只能确定最优零售价格^[3]。无论是从单一制造商、零售商还是整个供应链的利润最大研究定价时,一般只适用于集中控制型供应链,这种类型的供应链一般存在一个绝对控制者,或供应链所有成员在完全信息共享、相互信任的基础上集中决策,而当前的供应链结构已逐渐从集中控制型转变为分布控制型。

分布控制型的供应链从经济学中的经济人假设出发,各方均以追求自身利益最大化为目标,是具有独立决策权的决策者,成员之间存在博弈关系,Stackelberg 博弈就是其中的一类动态博弈。研究具有独立决策权的自主实体构成的供应链,应该运用博弈论的方法,在博弈论中个体的效用不仅依赖于自身的选择而且依赖于其他实体的选择,个体的最后选择是其他实体选择的函数^[4]。目前已有文献对供应链中 Stackelberg 博弈问题的研究^[5,6],大多考虑在价格不变的情况下,制造商与零售商之间的产品订购决策问题。而在分布式供应链的定价决策中,制造商与零售商之间却具有 Stackelberg 博弈特征。陶文源^[7]研究了一个制造商与一个零售商所构成的供应链模型中制造商与零售商合作与不合作时的定价策略,证明了合作可以达到双赢的结果,但模型中以假设制造商与零售商满足市场需求为目标,可自由指定产品价格,即批发价与零售价不受任何限制,而且制造商没有生产能力限制,这些假设对于实际供应链条件太强。

本文主要以一个制造商与多零售商组成的供应链结构为背景,针对制造商与零售商之间在定价时表现出的 Stackelberg 博弈特征,首先对一主多从供应链的基本特征和决策过程进行描述,然后建立一主多从二层规划模型,并给出求解该模型的混沌搜索算法。

2 问题的描述

本文研究的供应链由一个制造商与多个零售商构成,制造商确定批发价,零售商确定零售价,市场需求符合市场需求函数。即需求量是零售价格的单减函数,多个零售商面对不同的需求市场因存在地域等方面的影响,其零售价格和需求量有所不同,为研究问题方便,给定如下的假设条件:

- 1) 需求稳定不考虑需求变动的情况;
- 2) 从经济学的经济人假设出发,认为供应链成

员都追求自身利益(经济利益)最大化,都有自己的决策权力,相应的供应链类型为分布控制型;

- 3) 仅考虑单一产品定价,不考虑价格随时间变化所出现的变动。

供应链定价决策过程如下:制造商率先给定各零售商的产品批发价格,各零售商根据批发价,从实现自身利益最优出发,确定零售价。由于需求满足需求函数,便可确定此零售价下对应的市场需求量,零售商将需求量信息反馈给制造商,制造商再确定一个对其最优的批发价格,这样的重复动态博弈过程称为 Stackelberg 博弈。制造商作为博弈中的主导者,零售商为跟随者,制造商可观察到零售商的决策行为,在博弈中处于有利地位,但它并不能控制零售商的决策行为,零售商各自追求自身利益最大化,这正是典型的分布控制型供应链。

对于 Stackelberg 博弈的研究可采用多层规划方法。本文采用的是一主多从的二层规划方法,即上层一个决策者对应一个目标;下层多个决策者,每一决策者对应一个目标,这多个决策者之间存在竞争关系。二层规划的基本模型如下:

$$\begin{aligned} \max_x & f_1(x, y), \\ \max_y & f_2(x, y), \\ \text{s. t. } & g(x, y) = 0, h(x, y) = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

模型中上层决策变量 x , 下层根据上层给定的 x 求解优化问题得到 y , 再将 y 反馈给上层目标,从而上层决策者可在多个 x 中选择对其最优的一个,其求解过程恰好符合博弈特征。可见利用二层规划研究分布式供应链的定价决策是适宜的。

3 供应链定价决策的二层规划模型

根据第2节对具有 Stackelberg 博弈特征供应链定价问题的描述,制造商与零售商定价决策过程,可采用二层规划方法建模。首先给出模型参数及变量说明:零售商共 m 个, $i = 1, 2, \dots, m$; q_i 和 c_i 分别为制造商配送给第 i 个零售商的产品数量和产品的单位运输成本; c_0 为制造商生产产品的单位制造成本; w_i 为制造商给第 i 个零售商的产品批发价; p_i 为制造商 i 的零售价格; 零售商 i 对应的需求市场需求量为

$$D_i = D_i(p_i, p_{-i}),$$

其中 p_{-i} 指除零售商 i 之外的其他零售商。

基本约束如下:制造商的最大生产量限制 Q ; 制造商批发价格限制 $w_i \leq \bar{w}_i$; 零售商 i 要获得利润,一般要求其零售价格应高于产品批发价 $p_i > w_i$, 本文设定零售价是在批发价的基础上调整,是批发价的倍数比,即 $p_i = K w_i, 1 < K < K_i$; 制

造商为保持与零售商的长期供需关系, 制造商对零售商 i 应给予最低配送量 q_i 。本文考虑零库存的情况, 因而配送量等于需求量即 $q_i = D_i$ 。

制造商的利润

$$0(w_i) = (w_i - c_i - c_0)q_i;$$

零售商 i 的利润

$$0_i(p_i) = (p_i - w_i)D_i(p_i, p_{-i}).$$

根据以上变量及参数说明, 建立二层规划模型如下:

$$\begin{aligned} \max_{w_i} 0(w_i) &= \sum_{i=1}^m (w_i - c_i - c_0)q_i, \\ \max_{p_i} 0_i(p_i) &= (p_i - w_i)D_i(p_i, p_{-i}), \\ \text{s. t.} \quad \sum_{i=1}^m q_i &\leq \bar{Q}, \underline{w}_i \leq w_i \leq \bar{w}_i, \\ q_i &\leq \underline{q}_i, p_i = Kw_i, 1 < K < \bar{K}. \end{aligned} \quad (2)$$

本模型中需求量 D_i 由所有零售价格共同决定, 即 $D_i = D_i(p_i, p_{-i})$, 则式(2) 是下层多人有关联的二层规划问题; 如果零售商 i 对应的需求市场需求量 D_i 只与 p_i 有关, 即 $D_i = D_i(p_i)$, 则式(2) 就是下层多人无关联的二层规划问题。这两类问题的下层目标虽然有多个, 但并不构成多目标规划, 因为各自有自己的控制变量, 彼此没有信息共享, 是完全非合作的状态。

由于二层规划中即使是最简单的二层线形规划也是 NP 问题, 不存在多项式时间求解算法, 目前有极点算法、分支定界法、下降算法和智能优化算法等, 其中前两种算法主要应用于二层线形规划形式; 下降算法一般需要了解梯度信息, 求解较为困难; 启发式智能优化算法研究较为活跃, 它尤其对于大规模问题求解很有效率, 因此本文采用混沌搜索的智能优化算法来求解模型。

混沌搜索算法具有遍历性, 可以不重复地搜索区间的每一个点, 当循环次数足够大时将保证收敛到最优点, 因而该算法能以概率 1 收敛到全局最优解。另外它不需要知道下层反馈函数的具体形式, 对上层目标函数也没有限制, 可以是凸的或是非凸的, 变量可以是离散或连续的, 只需要已知变量的取值区间。式(2) 中下层问题多个目标, 反馈函数形式不能确定, 而上层变量 w_i 的范围已知, 因而适合采用混沌搜索算法。而二层规划的混沌搜索算法基本思想是将上层决策变量作为混沌变量, 传递给下层, 下层再运用传统的单层问题求解算法, 本文采用的方法为 Chaos-SQP 法^[8]。

算法的基本求解步骤:

Step1: 初始混沌变量产生。利用 $y_{i,n+1} =$

$4y_{i,n}(1 - y_{i,n})$ 分别赋予 m 个相异的初始值 $y_{i,0}$, 注意 $y_{i,0}$ 不能为 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 产生 m 个不同轨迹区间 $[0, 1]$ 内的混沌变量 $\{y_{i,n}\}$;

Step2: 载波。将二层规划中的上层变量(即本模型中) w_i , 设 $w_i \in [a_i, b_i]$, 转化成 $[0, 1]$ 的混沌变量 $x_{i,n}$ 。具体变换方法为: $x_{i,n} = c_i + d_i y_{i,n}$, 其中 c_i, d_i 为常数, 相当于放大倍数。 $c_i = a_i - E$, $d_i = b_i - a_i + E$, 其中 E 和 E 为非常小的正数, 且 $E < E$;

Step3: 置 $k = 0$, 迭代步数为 N , 赋予上层目标一个很小的数 F^* ;

Step4: 将 Step2 得到的上层参数值 $x_{i,k}$ 代入下层规划, 利用 SQP 方法求解下层规划问题, 得到当前的最优解 $y_{i,k}$, 将 $y_{i,k}$ 返回上层目标, 得到上层目标函数值 F_k ;

Step5: 判别。如果 $F_k \leq F^*$, 则令 $F^* = F_k, x_i^* = x_{i,k}, y_j^* = y_{j,k}$; 否则, $k = k + 1$, 返回 Step4;

Step6: 如果满足终止判据搜索结果, 即 $k = N$ 时, 输出最优解 x^*, y^* , 和最优值 F^* ; 否则, $k = k + 1$, 返回 Step4。

二层规划模型得到的是均衡解, 在均衡状态下没有利益驱动任何一方单方面改变自己的决策, 也就是说如果改变策略, 价格变动会使得其收益减少。但一般来说, 均衡状态并不一定是 Pareto 最优的, 对整个系统而言均衡解也不是最优的, 但是如果成员之间相互合作和信任, 收益会得到改进, 因此合作的基本前提应该是合作后的收益比不合作收益大。对于式(2), 设求得制造商利润 0^* , 零售商的最优利润为 0_i^* , 那么零售商可与制造商合作的条件为存在 w_i 和 p_i 使得如下模型存在最优解:

$$\begin{aligned} \max_{w_i, p_i} 0(w_i, p_i) &= \\ &= \sum_{i=1}^m [(w_i - c_i - c_0)q_i + (p_i - w_i)q_i], \\ \text{s. t.} \quad 0_0 > 0_0^*, 0_i(p_i) &\leq 0_i^*, \\ q_i &\leq \bar{Q}, \underline{w}_i \leq w_i \leq \bar{w}_i, \\ q_i &\leq \underline{q}_i, p_i = Kw_i, 1 < K < \bar{K}. \end{aligned} \quad (3)$$

式(3) 得到的最优解对于制造商和零售商是可以实现共赢的方案, 不过此时的状态一般是不稳定的, 因为供应链成员作为理性经济人, 在追求自身利益最大化前提下有退出合作的倾向, 一旦一方不合作, 则会损害其他成员的利益, 对整个系统都是不利的。

4 实例

本文以一个由一个制造商和 3 个零售商组成的供应链作为实例研究, $i = 1, 2, 3$, 为简单起见仅考虑 3 个零售商是独立无关联的情况, 因而该实例考

建的模型为一主三从多人无关联的二层规划模型。

设制造商配送产品给3个零售商的单位运输费用分别为 $c_1 = 5, c_2 = 7, c_3 = 8$, 制造商的产品生产成本为 $c_0 = 10$, 制造商配送给零售商的产品最低配送量分别为 $q_1 = 20, q_2 = 20, q_3 = 30$, 制造商的最大生产量 $Q = 300$, 制造商给各零售商的批发价范围:

20 w_1 30, 20 w_2 35, 20 w_3 35.

零售商对应需求市场的需求函数分别为 $D_1 = 200 - 4p_1, D_2 = 250 - 5p_2, D_3 = 300 - 6p_3$.

零售商零售价对批发价格比 $K_i \in [1.1, 1.5]$.

该实例对应的二层规划模型如下:

$$\begin{aligned} & \max_{w_1, w_2, w_3} (w_1 - 15)(200 - 4p_1) + \\ & (w_2 - 17)(250 - 5p_2) + \\ & (w_3 - 18)(300 - 6p_3), \\ & \max_{p_1} w_1(K_1 - 1)(200 - 4p_1), \\ & \max_{p_2} w_2(K_2 - 1)(250 - 5p_2), \\ & \max_{p_3} w_3(K_3 - 1)(300 - 6p_3), \\ & \text{s. t. } 20 \leq w_1 \leq 30, 20 \leq w_2 \leq 35, \\ & 20 \leq w_3 \leq 35, q_i \leq 300, \\ & q_1 \leq 20, q_2 \leq 20, q_3 \leq 30, \\ & 1.1 \leq K_i \leq 1.5. \end{aligned} \quad (4)$$

应用混沌搜索优化算法, 取迭代步数 $N = 5000$, 并将结果进行处理(价格变量取小数点后一位)后得到最优解如下:

$$\begin{aligned} w_1 &= 30.0, w_2 = 33.5, w_3 = 34.0; \\ K_1 &= 1.333, K_2 = 1.246, K_3 = 1.235; \\ p_1 &= 40.0, p_2 = 41.8, p_3 = 42.0; \\ D_1 &= 40, D_2 = 41.3, D_3 = 48. \end{aligned}$$

制造商与零售商的利润分别为

$$\begin{aligned} \pi(w_i) &= 2050.4, \pi_1(p_1) = 400, \\ \pi_2(p_2) &= 340.3, \pi_3(p_3) = 384. \end{aligned}$$

供应链的总利润为 $\pi = 3174.7$.

该解为二层规划的最优解, 其中每一目标都实现了最优, 在均衡价格下, 任何一方都没有利益驱动它单方面再改变自己的价格, 因而该价格是稳定的, 可是如果成员之间完全信息共享、相互合作, 则各方的收益均有可能得到提高, 根据制造商与零售商的合作条件即式(3), 将参数值带入其中, 可求得最优解如下:

$$\begin{aligned} w_1 &= 26.6, w_2 = 29.2, w_3 = 22.7; \\ K_1 &= 1.22, K_2 = 1.15, K_3 = 1.5; \\ p_1 &= 32.5, p_2 = 33.5, p_3 = 34.0; \\ D_1 &= 70.0, D_2 = 82.5, D_3 = 96.0. \end{aligned}$$

此时制造商与零售商的利润分别是:

$$\begin{aligned} \pi(w_i) &= 2266.8, \pi_1(p_1) = 413, \\ \pi_2(p_2) &= 354.7, \pi_3(p_3) = 1088. \end{aligned}$$

供应链的总利润为 $\pi = 4122.25$.

显然, 此时供应链中无论是制造商、零售商还是供应链总利润均得到很大的提高, 实现共赢. 但是这种状态下对于供应链尤其是制造商具有一定的风险, 可以验证, 如果上层决策者制定价格, $w_1 = 26.6, w_2 = 29.2, w_3 = 22.7$ 后, 而下层多个零售商不与供应商完全合作, 下层决策者作为理性经济人, 求解各自优化问题得到零售价格为: $p_1 = 38.3, p_2 = 39.6, p_3 = 34$, 零售商利润分别为 $\pi_1(p_1) = 547.6, \pi_2(p_2) = 540.8, \pi_3(p_3) = 1088$, 零售商的利润均有所提高, 因而他们有不合作的倾向. 而此时制造商的利润 $\pi(w_i) = 1625.6$, 小于主从博弈均衡时的利润 2050.4, 显然此时对制造商而言是极为不利的. 可见, 制造商认识到零售商符合理性经济人假设时, 制造商选择不与零售商合作, 保持主导者的地位时收益更大, 因为制造商获得的信息要多于零售商, 而要使得整个供应链实现收益最大, 实现共赢, 就应该制定一些政策使得供应链成员能够彼此合作, 互惠互利.

5 结 论

供应链系统中制造商与零售商在产品定价时追求自身利益最大化, 往往会表现出博弈关系, Stackelberg 博弈是典型情况之一. 本文主要对一个制造商与多个零售商构成的供应链模型, 运用多层规划建模来研究定价决策. 通过具体的实例, 能够发现分布控制型的供应链虽然总利润不能实现最优, 但却能够保证每个成员的利益最大化, 如果供应链的成员完全信息共享, 相互信任的基础上进行合作则能使得各自的收益有所提高, 但这与理性经济人假设相矛盾, 任何一方不合作会损害其他成员的利益, 这正好验证了博弈论中的均衡状态并不一定是 Pareto 最优的, 但却是稳定的.

本文模型未考虑时间变量的影响, 也未考虑到需求的不确定性因素, 这是以后研究中需进一步改进的问题.

参考文献(References)

- [1] Hau L Lee, Meir J Rosenblatt. A Generalized Quantity Discount Pricing Model to Increase Supplier's Profits [J]. Management Science, 1986, 32(9): 1177-1185.
- [2] Parlar M, Wang Q H. Discounting Decisions in a Supplier-Buyer Relationship with a Linear Buyer's Demand[J]. IIE Trans, 1994, 26(2): 34-41.

需求的知识网自动生成方法, 重点解决了知识网多重集表达式优化的难点问题. 应用实例的有效运行充分说明, 利用文中的方法即可根据用户的需求从已有的知识网中自重构和生成新的知识网. 这样企业就可根据自身需要随时随地构建合适的制造系统, 从而避免了重复研发, 为企业节约了大量的人力和物力.

参考文献(References)

- [1] 严洪森, 刘飞. 知识化制造系统——新一代先进制造系统[J]. 计算机集成制造系统, 2001, 7(8): 7-11.
(Yan H S, Liu F. Knowledgeable Manufacturing System —— A New Kind of Advanced Manufacturing System [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2001, 7(8): 7-11.)
- [2] 范玉顺. 中国运用现代集成制造技术改造传统产业的经验和前景[J]. 制造业自动化, 2002, 24(4): 1-8.
(Fan Y H. Experience and Prospect of Using CIMS to Promote Conventional Enterprise of China [J]. Manufacturing Automation, 2002, 24(4): 1-8.)
- [3] 黄琛, 范玉顺. 基于知识的企业CIMS 框架及关键技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2003, 9(10): 830-833.
(Huang C, Fan Y S. An Architecture of Knowledge-based CIMS and Its Key Technologies [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2003, 9(10): 830-

833.)

- [4] 薛朝改, 严洪森. 基于 Agent 网的知识网的自重构研究[J]. 计算机集成制造系统, 2003, 9(11): 995-1000.
(Xue C G, Yan H S. The Study on Self-reconfiguration of Knowledge Webs Based on Agent Webs [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2003, 9(11): 995-1000.)
- [5] Sannomiya N, Iima H. Genetic Algorithm Approach to An Optimal Scheduling Problem for A Large-scale Complex Manufacturing System[A]. Proc of the IEEE Int Conf on Systems, Man and Cybernetics[C]. Tokyo, 1999: 622-627.
- [6] 张晓东, 严洪森. 一类Job-shop 车间生产计划和调度的集成优化[J]. 控制与决策, 2003, 18(5): 581-584.
(Zhang X D, Yan H S. Integrated Optimization of Production Planning and Scheduling for a Kind of Job-shop [J]. Control and Decision, 2003, 18(5): 581-584.)
- [7] 薛朝改, 严洪森, 王艳斌. 基于组件技术的知识化制造系统自重构的实现[J]. 计算机集成制造系统, 2004, 12(10): 39-45.
(Xue C G, Yan H S, Wang Y B. The Realization of the Self-reconfiguration of Knowledgeable Manufacturing Systems Based on COM [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2004, 12(10): 39-45.)

(上接第995页)

- [3] AilawadiKusum, Farris Paul. Trade Promotion: Essential to Selling Through Resellers [J]. Sloan Management Review, 1999, 41(1): 83-92.
- [4] 索寒生, 金以慧. 两阶段供需链企业间的博弈分析[J]. 计算机集成制造系统-CIMS, 2003, 9(7): 546-550.
(Suo H S, Jin Y H. Research on Game in Two-stage Supply Chain Enterprises [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems—CIMS, 2003, 9(7): 546-550.)
- [5] 常良峰, 黄小原, 胡建忠. 一类供应链订货的Stackelberg 主从对策[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2002, 24(2): 174-177.
(Chang L F, Huang X Y, Huang J Z. Stackelberg Game in Supply Chain Ordering[J]. J of Northeastern University(Natural Science), 2002, 24(2): 174-177.)
- [6] 常良峰, 卢震, 黄小原. 供应链渠道协调中的Stackelberg

主从对策[J]. 控制与决策, 2003, 18(6): 651-660.

- (Chang L F, Lu Z, Huang X Y. Stackelberg Game in Supply Chain Channel Coordination [J]. Control and Decision, 2003, 18(6): 651-660.)
- [7] 陶文源. 基于供应链伙伴关系的产品定价问题研究[J]. 武汉理工大学学报, 2003, 25(1): 107-110.
(Tao W Y. Research on Pricing Problems Based on Supply Chain Partnership [J]. J of WUT(Information and Management Engineering), 2003, 25(1): 107-110.)
- [8] 滕春贤, 李智慧. 二层规划的理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 84-91.
(Teng C X, Li Z H. The Theory and Application of Bilevel Programming [M]. Beijing: Science Press, 2002: 84-91.)