

文章编号: 1001-0920(2006)12-1397-05

## 连锁门店选址与配送中心选择联合决策的f-M IGP模型

关志民, 陈兆春

(东北大学 工商管理学院, 沈阳 110004)

**摘要:** 建立了连锁门店选址和配送中心选择联合决策问题的模糊多目标混合整数规划模型。针对该模型的特殊结构, 提出一种适用的求解策略: 首先确定每个模糊目标的隶属度函数; 然后将模糊多目标混合整数规划模型转化为等价的清晰多目标混合整数规划模型, 通过最大最小算子求出目标值; 最后借助于两阶段算法, 求出问题的最优解。通过应用算例进一步说明了该模型的有效性和可行性。

**关键词:** 连锁门店选址; 配送中心选择; 联合决策; 模糊混合整数规划; 两阶段算法

中图分类号: F287.4

文献标识码: A

## f-M IGP Model for Joint Decision-making of Chain Store Location and Distribution Center Selection

GUAN Zhimin, CHEN Zhao-chun

(College of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China Correspondent: GUAN Zhimin, E-mail: guanzm168@126.com)

**Abstract:** The joint decision-making problem for chain store location and distribution center selection is formulated as a fuzzy multi-objective mixed-integer programming model. According to the special features of the model, an appropriate solution strategy is proposed. It involves three steps: (1) a membership function for every fuzzy objective is set up; (2) the fuzzy multi-objective mixed-integer programming model is converted into an equivalent crisp multi-objective mixed-integer programming model using the membership function obtained, by means of maximum operator, objective values of the model are obtained; (3) the optimal solution for the joint decision-making problem of chain store location and distribution center selection is derived based on two-phase approach. An application example is also given to show the feasibility and effectiveness of the proposed method.

**Key words:** Chain store location; Distribution center selection; Joint decision-making; Fuzzy mixed-integer programming; Two-phase approach

### 1 引言

寻找最佳零售位置是连锁门店或超市获得成功的重要条件, 因为它可使投资者有限的人、财、物资源发挥最大的潜能。对于连锁企业而言, 科学合理的选择连锁门店地址具有重要的现实意义。

众多学者已发表了许多相关论文。文献[1]利用元胞自动机模拟技术对连锁门店的选址问题进行研

究, 找出了区域市场零售业连锁网络扩张的规律; [2]基于GIS对连锁超市空间布局进行分析; [3]给出了基于遗传算法的竞争性连锁门店选址模型; [4]采用多目标整数规划方法, 对竞争环境下的特许经营店选址问题进行研究; [5]对连锁品牌零售商的选址策略进行实证分析; [6]通过启发式算法解决两个门店选址的优化决策问题; [7]研究了不同销售税情

收稿日期: 2005-12-18; 修回日期: 2006-03-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(70572104)。

作者简介: 关志民(1957—), 男(锡伯族), 辽宁开原人, 教授, 博士, 从事供应链与物流系统、生产运作管理等研究; 陈兆春(1981—), 男, 沈阳人, 硕士生, 从事供应链与物流系统优化决策的研究。

况下的分销中心选址问题

有关连锁门店选址和配送中心选择联合优化决策问题, 目前尚无人涉猎 随着连锁经营的迅速发展, 连锁门店选址和配送中心选择联合优化决策的重要性也日显突出 为此, 本文在建立该联合决策问题的模糊多目标混合整数规划模型的基础上, 给出了相应的求解算法, 并对算例中的参数求出了问题的最优解, 验证了所建立模型的有效性和可行性

2 关于模型的符号说明

- IPV: 连锁门店的销售收入;
- CM P: 连锁门店的货物成本;
- CM T: 连锁门店货物的运输成本;
- CSO: 连锁门店的日常运营成本;
- CSI: 连锁门店的固定成本折旧额;
- $P_n$ : 选址在地点  $n$  处的连锁门店单位面积销售收入;
- $c$ : 连锁门店货物成本占销售收入的比率;
- $r_i$ : 每公里运输成本占货物成本的比率;
- $I_{nk}$ :  $n$  处门店到  $k$  处配送中心的距离;
- $u_s$ : 规模  $s$  连锁门店运营成本率, 即单位销售收入运营成本;
- $x_{ns}$ : 地点  $n$  处设置的规模为  $s$  的连锁门店;
- $f_{ns}$ : 地点  $n$  处设置的规模为  $s$  的连锁门店固定费用, 主要包括土地租金、店铺建设和装修费用、营业设施费用等;
- $d_k$ : 配送中心  $k$  交货产品中延迟交货产品所占的百分比;
- $\theta_k$ : 配送中心  $k$  向连锁门店  $n$  供货百分比;
- $m$ : 选择连锁门店地址的个数;
- $cap_s$ : 规模为  $s$  的连锁门店的面积;
- $A_n$ : 广域内待选地点  $n$  处的潜在需求面积;
- $H_n$ : 商圈范围内的人口数量;
- $E_n$ : 人均年消费额;
- $F_n$ : 商圈范围内现有营业面积;
- $\alpha$ : 市场饱和度;
- $\beta$ : 连锁门店的品牌影响力所能抢占的市场份额;
- $h_s$ : 规模  $s$  连锁门店的货物库存持有成本率;
- $r_k$ : 目前配送中心  $k$  剩余的供货能力(以剩余的能配送的金额表示);
- $r$ : 连锁门店固定成本折旧率;
- $q_k$ : 配送中心  $k$  交货产品中废品所占的百分比;
- $l_k$ : 配送中心  $k$  的售后服务水平;
- $l_s$ : 连锁门店要求的最低售后服务水平;
- $f_k$ : 配送中心  $k$  的供应配额柔性;

- $f$ : 连锁门店要求的最低配额柔性;
- $g_k$ : 配送中心  $k$  获得的评价等级;
- $g$ : 连锁门店要求配送中心具备的最低评价等级

级

3 模型建立与求解

3.1 多目标混合整数规划模型

连锁门店选址是一个目标相互冲突的多准则决策问题 例如, 较高的利润可能导致交货可靠性和质量降低, 决策者必须权衡这些冲突的目标, 确定最佳连锁门店地址, 选择合适的配送中心, 在各配送中心之间合理分配采购数量

本文针对连锁门店选址及为其供货的配送中心的选择和采购量分配这一组合优化决策问题, 以利润、交货期、质量 3 个准则为目标函数, 以其他目标为约束条件, 建立了如下多目标混合整数规划模型 在广域范围内采用零售饱和理论<sup>[8]</sup>, 对初选地点进行预分析, 去除不适合选址的备选地点, 以减少最后模型的求解难度

$$\begin{aligned} \max Z_1 = & (IPV - CM P) - CM T - CSO - CSI = \\ & (1 - c) \sum_{n,s} (x_{ns} p_n cap_s) - \\ & c \sum_{n,s} (h_s x_{ns} p_n cap_s) - \\ & \sum_{n,k,s} I_{nk} \theta_k C r_i x_{ns} p_n cap_s - \\ & \sum_{n,s} (x_{ns} p_n u_s cap_s) - r \sum_{n,s} (x_{ns} f_{ns}), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\min Z_2 = \frac{c \sum_k d_k \theta_k p_n x_{ns} cap_s}{c \sum_n p_n x_{ns} cap_s}, \quad (2)$$

$$\min Z_3 = \frac{c \sum_k q_k \theta_k p_n x_{ns} cap_s}{c \sum_n p_n x_{ns} cap_s}, \quad (3)$$

$$s.t. \sum_{n=1}^N \sum_{s=1}^S x_{ns} = m, \quad (4)$$

$$\sum_{n,s} x_{ns} cap_s \leq A_n, \quad (5)$$

$$\sum_{n,s} x_{ns} p_n cap_s \leq H_n E_n (1 - \alpha_n + \beta), \quad (6)$$

$$\theta_k = 1, \forall n, \quad (7)$$

$$x_{ns} \leq 1, \forall n, \quad (8)$$

$$c \sum_{n,s} \theta_k x_{ns} p_n cap_s \leq r_k, \forall k, \quad (9)$$

$$\frac{f^k \theta_{ik} p_n x_{ns} \text{cap}_s}{p_n x_{ns} \text{cap}_s} f, \quad (10)$$

$$\frac{g^k \theta_{ik} p_n x_{ns} \text{cap}_s}{p_n x_{ns} \text{cap}_s} g, \quad (11)$$

$$\frac{l^k \theta_{ik} p_n x_{ns} \text{cap}_s}{p_n x_{ns} \text{cap}_s} l_s \quad (12)$$

上述模型中,  $n = 1, 2, \dots, N; s = 1, 2, \dots, S; k = 1, 2, \dots, K; x_{ns}$  是 0-1 变量;  $\theta_{ik} \in [0, 1]$

式(1)表示连锁门店利润最大化; 式(2)表示连锁门店采购产品延迟交货率最小化; 式(3)表示采购产品废品率最小化; 式(4)表示需选址连锁门店的数目; 式(5)表示连锁门店规模应不大于区域内潜在的总需求; 式(6)表示连锁门店年销售额应不大于当地剩余的市场容量加上本连锁门店的品牌效应所能带来的市场份额; 式(7)表示每个连锁门店应从  $k$  个配送中心采购; 式(8)表示每一地点只能选择一种规模; 式(9)表示每个配送中心供应能力上限约束; 式(10)表示配送中心满足连锁门店柔性配额要求; 式(11)表示配送中心满足连锁门店评价等级要求; 式(12)表示配送中心满足连锁门店售后服务要求

### 3.2 模糊多目标混合整数规划模型及其求解方法

经典的多目标规划的一般模型为

$$\begin{cases} \min [Z_1(x), Z_2(x), \dots, Z_L(x)], \\ a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n = b_1, \\ x_1, x_2, \dots, x_n = 0, i = 1, 2, \dots, m. \end{cases} \quad (13)$$

其中:  $x$  为  $n$  维决策向量;  $Z_1(x), Z_2(x), \dots, Z_L(x)$  为  $L$  个目标函数;  $a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n = b_i (i = 1, 2, \dots, m)$  为  $m$  个不等式约束

若上述模型的目标函数或约束条件之一具有模糊性, 则称为多目标模糊规划。多目标规划中的目标一般是矛盾的, 在实际求解时, 常常要求各个目标尽可能达到最优即可。解决这类问题的一种有效方法是多目标模糊规划模型, 典型的多目标模糊混合整数规划模型 (f-M IGP) 如下:

$$\begin{cases} Z_l(x) \cong \tilde{Z}_l, l = 1, 2, \dots, L, \\ h_m(x) \leq b_m, m = 1, 2, \dots, M. \end{cases} \quad (14)$$

其中:  $x_i = 0$  且为整数,  $i = 1, 2, \dots, n$

上述模型中,  $Z_l(x)$  是第  $l$  个目标函数,  $h_m(x) \leq b_m$  是第  $m$  个不等式约束,  $\tilde{Z}_l$  是第  $l$  个目标值,  $b_m$  是关于第  $m$  个不等式约束的可获资源上限。符号“ $\cong$ ”表示目标的模糊性, 意为  $Z_l(x)$  应在一定范围内取最优值。第  $l$  个模糊目标  $Z_l(x) \cong \tilde{Z}_l$ , 表示即使  $x$  的取

值使  $Z_l(x)$  稍大于或小于  $\tilde{Z}_l$ , 只要在以容差界限为标志的既定公差范围内, 那么它仍是决策者所期望的满意解

对该模型的求解就是设法找到满足上述模型要求的那些  $x_i$  的过程,  $i = 1, 2, \dots, n$ 。根据本文给定的假设条件, 对式(14)加以具体化, 在论域  $X$  内满足以下目标, 可得到用于连锁门店选址和配送中心选择的模糊多目标混合整数规划模型

$$\begin{aligned} & (1 - c) \frac{(x_{ns} p_n \text{cap}_s)}{p_n x_{ns} \text{cap}_s} - \\ & c \frac{(h_s x_{ns} p_n \text{cap}_s)}{p_n x_{ns} \text{cap}_s} - \\ & I_{nk} \theta_{ik} c r_i x_{ns} p_n \text{cap}_s - \\ & (x_{ns} p_n u_s \text{cap}_s) - r_{ns} (x_{ns} f_{ns}) \cong \tilde{Z}_1, \end{aligned} \quad (15)$$

$$\frac{c d_k \theta_{ik} p_n x_{ns} \text{cap}_s}{c p_n x_{ns} \text{cap}_s} \cong \tilde{Z}_2, \quad (16)$$

$$\frac{c q_k \theta_{ik} p_n x_{ns} \text{cap}_s}{c p_n x_{ns} \text{cap}_s} \cong \tilde{Z}_3 \quad (17)$$

约束条件仍为式(4) ~ (12), 其中  $x \in X$ 。

### 3.3 隶属函数及问题的解

在论域  $X$  内, 两个隶属函数分别为  $\mu_A(x)$  和  $\mu_B(x)$  的模糊集  $A$  和  $B$  的交集可定义为模糊集  $C$ , 其隶属函数为

$$\mu_C(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)], x \in X. \quad (18)$$

在式(14)描述的模糊多目标混合整数规划 (f-M IGP) 模型中, 第  $l$  个模糊目标可取作梯型的隶属函数。梯形隶属函数  $\mu_{[Z_l(x)]}$  定义为:

当所求目标为最大时:

$$\mu_{[Z_l(x)]} = \begin{cases} 1, Z_l(x) > Z_l^{\max}; \\ \left[ \frac{Z_l(x) - Z_l^{\min}}{Z_l^{\max} - Z_l^{\min}} \right], \\ Z_l^{\min} \leq Z_l(x) \leq Z_l^{\max}; \\ 0, Z_l(x) < Z_l^{\min}. \end{cases} \quad (19)$$

当所求目标为最小时:

$$\mu_{[Z_l(x)]} = \begin{cases} 0, Z_l(x) > Z_l^{\max}; \\ \left[ \frac{Z_l^{\max} - Z_l(x)}{Z_l^{\max} - Z_l^{\min}} \right], \\ Z_l^{\min} \leq Z_l(x) \leq Z_l^{\max}; \\ 1, Z_l(x) < Z_l^{\min}. \end{cases} \quad (20)$$

与其相对应的函数曲线如图 1 所示

在式(19)和(20)中,  $Z_l^{\min}$  是  $Z_l(x)$  的最小值, 即  $\min Z_l(x)$ , 表示目标  $Z_l(x)$  可以达到最小值;  $Z_l^{\max}$  是

$Z_l(x)$  的最大值, 即  $\max Z_l(x)$ , 表示目标  $Z_l(x)$  可以达到最大值. 由图 1 可知,  $\mu_{Z_l(x)}$  是分段严格单调增加(左)或减少(右)的连续函数.

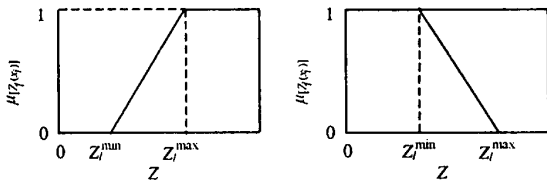


图 1  $Z_l(x)$  的隶属函数

根据最大最小算子法<sup>[9]</sup>, 一个模糊决策的最优解指的是所选择的集合元素( $x^*$ )对于模糊决策集具有最高的隶属度. 如果通过论域  $X = \{h_m(x) | b_m, x \in X, 0 \leq \mu_{Z_l(x)} \leq 1\}$  上的隶属函数  $\mu_{Z_l(x)}$  来描述目标, 则最优解( $x^*$ )的隶属函数如下:

$$\lambda = \mu_X(x^*) = \max_x \mu_X(x) = \max_x \min [\mu_{Z_1}(x), \dots, \mu_{Z_L}(x)] \quad (21)$$

### 3.4 等价的清晰多目标混合整数规划模型

对模糊模型进行清晰化处理时, 首先使用式(19)和(20)给出的梯形隶属函数, 对模糊目标加以定义. 在这一过程中, 模糊目标的隶属函数  $\mu_{Z_l}(x)$  的表达式一经确定, 模糊优化模型公式(fM IGP)便可转化成等价的清晰化模型公式(cM IGP), 用它即可求得模型的最优解.

这里通过对式(15)~(17)表示的模糊多目标混合整数规划模型进行清晰化处理, 得到与之等价的清晰混合整数规划模型:

$$\max \lambda \quad (22)$$

$$\text{s.t. } \lambda \leq \mu_{Z_l}(x), x \in X, l = 1, 2, \dots, L. \quad (23)$$

### 3.5 两阶段算法

本文采用两阶段算法改进最大最小算子方法的解. 如果解还有进一步改进的空间, 则两阶段算法会使每个函数的隶属度都有所提高, 至少能保证与最大最小算子法产生的解一样大.

两阶段算法是在最大最小算子法与平均算子法<sup>[10]</sup>有机融合的基础上得出的, 平均算子法如下:

$$\begin{cases} \max \lambda = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \lambda_k, \\ \lambda_k \leq \mu_k(x), x \in X. \end{cases} \quad (24)$$

其中:  $\lambda_k$  为决策者指定的第  $k$  个目标函数的最小满意度,  $\lambda_k \leq \lambda, 1, k = 1, 2, \dots, K$ .

某个目标函数的提高, 意味着可能使该目标函数值更接近于最优值, 但也可能使其他目标函数值远离最优值. 所以当决策者指定目标函数的最小满

意度过大时, 式(24)可能无解, 这就需要适当调小  $\lambda_k$ , 以使问题有解.

综合上述最大最小算子法和平均算子法, 本文采用两阶段算法<sup>[11]</sup>来求解多目标混合整数规划问题. 两阶段算法如下:

第 1 阶段: 使用最大最小算子产生一个最优解  $x^*$ ;

第 2 阶段: 求解模型

$$\begin{cases} \max \lambda, \\ \mu_{Z_l}(x^*) \leq \lambda \leq \mu_{Z_l}(x), \\ x \in X, l = 1, 2, \dots, L. \end{cases} \quad (25)$$

可得出两阶段算法所产生的最优解  $x^{**}$ . 两阶段算法产生的最优解  $x^{**}$  是模糊有效解, 文献[11]已有证明.

在建立起给定问题的清晰混合整数规划模型的基础上, 采用这里给出的两阶段算法, 通过 Lingo 软件即可求出问题的最优解. 下面通过一个算例来说明其详细求解过程.

## 4 应用算例

假定某连锁企业为新设立的连锁门店, 面临在广域内确定最佳地址和选择供货的配送中心的联合决策问题. 目前广域内可供选择的地址有 5 个, 即  $L_1, L_2, L_3, L_4$  和  $L_5$ ; 可向其供货的配送中心有 3 家, 即  $D_1, D_2$  和  $D_3$ . 每个可选地点销售收入、成本等参数如表 1 所示, 每个配送中心服务质量、供货能力等参数如表 2 所示, 可选择规模的参数如表 3 所示, 整体选址环境的参数如表 4 所示, 选址的固定成本参数如表 5 所示. 现要求作出门店选址和配送中心选择的联合优化决策.

表 1 可选地点销售收入和成本等参数

	$P_n/\text{万元}$	$A_n/\text{m}^2$	$I_{n1}/\text{km}$	$I_{n2}/\text{km}$	$I_{n3}/\text{km}$
$L_1$	2.3	1 500	18	15	38
$L_2$	2.0	3 000	26	18	16
$L_3$	2.6	2 500	5	13	15
$L_4$	2.4	1 700	17	20	8
$L_5$	2.2	2 800	13	2	10

	$H_n/\text{人}$	$E_n/\text{万元}$	$F_n/\text{m}^2$	$\alpha_k/\%$	$c/\%$
$L_1$	85 000	0.5	20 000	75	81
$L_2$	100 000	0.55	25 000	83	81
$L_3$	110 000	0.53	22 500	84	81
$L_4$	140 000	0.6	50 020	78	81
$L_5$	120 000	0.65	23 000	80	81

表 2 配送中心服务质量和供货能力等参数

	$r_k/\text{万元}$	$q_k/\%$	$d_k/\%$	$f_k/\%$	$g_k/\%$	$l_k/\%$
$D_1$	9 500	5	4	2	88	92
$D_2$	9 000	4	5	1	91	98
$D_3$	9 000	4	8	6	97	95

表 3 门店可选择规模参数

待选门店规模	1	2	3	4
cap <sub>s</sub> /m <sup>2</sup>	3 000	4 000	5 000	6 000
u <sub>s</sub> /%	12.26	12.00	11.81	11.50
h <sub>s</sub> /%	3	2.5	2.2	2

表 4 门店通用参数

r <sub>i</sub> /%	m/个	β/%	r/%	f/%	g/%	l <sub>s</sub> /%
0.03	2	5	15	3	90	95

表 5 待选址门店的固定成本参数 万元

f <sub>ns</sub>	cap <sub>1</sub>	cap <sub>2</sub>	cap <sub>3</sub>	cap <sub>4</sub>
L <sub>1</sub>	700	850	950	1 000
L <sub>2</sub>	800	900	970	1 030
L <sub>3</sub>	800	920	960	1 000
L <sub>4</sub>	750	850	900	920
L <sub>5</sub>	700	800	870	910

根据零售饱和理论, 利用算例中给出的相关数据计算 RS 值, 可求得

$$RS_1 = 2.125, RS_2 = 2.2, RS_3 = 2.591, RS_4 = 1.679, RS_5 = 3.391.$$

可见 RS<sub>4</sub> 明显偏小, 由零售饱和理论知, 此地不适合进行投资, 不再列入模型计算。

根据前述方法对算例中描述的选址问题进行求解, 首先根据式(15)~(17), 对 3 个目标分别计算能达到的最大最小值, 通过 Lingo 计算得出

$$Z_1^{max} = 1.186851, Z_1^{min} = 235.199, Z_2^{max} = 0.071, Z_2^{min} = 0.057, Z_3^{max} = 0.043, Z_3^{min} = 0.040$$

然后根据式(19)和式(20)得出

$$\mu_{[Z_1(x)]} = \begin{cases} 1, Z_1(x) > 1.186851; \\ \left[ \frac{Z_1(x) - 235.199}{1.186851 - 235.199} \right], \\ 0, Z_1(x) < 235.199. \end{cases}$$

$$\mu_{[Z_2(x)]} = \begin{cases} 0, Z_2(x) > 0.071; \\ \left[ \frac{0.071 - Z_2(x)}{0.071 - 0.057} \right], \\ 0.057, Z_2(x) < 0.057. \end{cases}$$

$$\mu_{[Z_3(x)]} = \begin{cases} 0, Z_3(x) > 0.043; \\ \left[ \frac{0.043 - Z_3(x)}{0.043 - 0.040} \right], \\ 0.040, Z_3(x) < 0.040. \end{cases}$$

再后把上面得到的算式代入式(22)和(23), 通过最大最小算子法求得第 1 阶段的优化解

$$\lambda = 0.592, x_{24} = 1, x_{52} = 1, \theta_{21} = 0.233, \theta_{22} = 0.017, \theta_{23} = 0.750, \theta_{24} = 1.$$

最后在第 1 阶段优化的基础上, 利用式(25)进

行第 2 阶段的优化结果改善计算, 所求得的最终优化结果如下:

$$\lambda = 0.628, \lambda_1 = 0.651, \lambda_2 = 0.697, \lambda_3 = 0.537, x_{22} = 1, x_{54} = 1, \theta_{23} = 1, \theta_{31} = 0.245, \theta_{32} = 0.682, \theta_{33} = 0.073$$

比较第 1 和第 2 两个阶段, 可以看出在解空间允许的范围, λ 的隶属度有所提高, x<sup>\*\*</sup> 与 x<sup>\*</sup> 相比有较大的变化, 配送中心的采购金额分配随之变化, 即第 2 阶段计算产生了更有效的解。此时, 最优决策为地点 2, 规模为 4 000 m<sup>2</sup>, 从配送中心 3 进货。选择地点 5, 规模为 6 000 m<sup>2</sup>, 从配送中心 1, 2, 3 的最优进货比例分别为 24.5%, 68.2%, 7.3%。

### 5 结 语

本文针对连锁门店选址和配送中心选择的联合决策问题, 提出一种能有效解决该类问题的模糊多目标混合整数规划模型, 同时给出了以清晰化处理的两阶段算法为核心的求解过程和步骤, 最后通过一个应用算例的建模和求解过程, 说明了所提出方法的有效性和可行性。

本文所研究的连锁门店选址和配送中心选择的联合决策问题, 并未涉及连锁门店的需求模式和配送中心给予的价格折扣的内容。如何将此模糊多目标混合整数规划模型扩展到更为复杂条件下的连锁门店选址和配送中心选择的联合决策问题, 将是今后进一步努力的研究方向。

### 参考文献 (References)

[1] 田志友, 王浣尘, 吴瑞明. 区域市场连锁经营选址与布局的元胞自动机模拟[J]. 系统工程理论方法应用, 2005, 14(1): 50-54.  
(Tian Z Y, Wang H C, Wu R M. Study on the Layout and Position Simulation of Retail Chain-stores in a Regional Market Based on Cellular Automata [J]. System Engineering Theory Methodology Applications, 2005, 14(1): 50-54.)

[2] 李振宇, 周敏. 连锁超市空间布局分析的 GIS 方法研究[J]. 物流科技, 2004, 27(5): 56-58.  
(Li Z Y, Zhou M. GIS Method Study in Location Analysis of Chain Supermarket [J]. Logistics Science and Technology, 2004, 27(5): 56-58.)

[3] 孙元欣, 黄培清. 竞争型连锁经营网点选址模型与遗传算法求解[J]. 科学与科学技术管理, 2001, 10: 60-63.  
(Sun Y X, Huang P Q. Location Model of Competitive Chain Store and Solve of Heuristic Arithmetic [J]. Science and Management of Science and Technology, 2001, 10: 60-63.)

(下转第 1406 页)

图2为系统控制输入,由图可以看出回滞对系统的影响。本文设计的控制器能有效抑制回滞的影响,并保证期望的跟踪效果。

## 6 结 语

在实际应用中,由于回滞的存在,使得物理系统的控制性能受到影响。本文针对带有回滞驱动连续线性系统,提出一种鲁棒自适应控制策略,其控制器的设计保证了闭环系统的全局稳定性,并有效抑制了回滞的影响,保证了理想的跟踪精度。仿真结果证明了控制算法的正确性和有效性。

## 参考文献(References)

- [1] Mayergoyz I D. *Mathematical Models of Hysteresis* [M]. New York: Springer-Verlag, 1991.
- [2] Tao G, Kokotovic P V. Adaptive Control of Plants with Unknown Hysteresis[J]. *IEEE Trans on Automatic Control*, 1995, 40(2): 200-212.
- [3] KrasnoselM A, PokrovskiiA V. *System with Hysteresis* [M]. New York: Springer-Verlag, 1989.
- [4] Augusto Visintin. *Differential Models of Hysteresis* [M]. New York: Springer-Verlag, 1994.
- [5] Martin Brokate, Jurgen Sprekels. *Hysteresis and Phase Transitions* [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1996.
- [6] Wang X S, Hong H, Su C Y. Model Reference Adaptive Control of Continuous-time Systems with an Unknown Input Dead-zone[A]. *IEEE Proc on Control Theory and Applications* [C]. Houston, 2003: 261-266.
- [7] Annaswamy A M, Skantze F P, Loh A P. Adaptive Control of Continuous Time System with Convex/Concave Parameterization[J]. *Automatica*, 1998, 34(1): 33-49.
- [8] Cannon R H, Schmitz E J. Initial Experiments on the Endpoint Control of a Flexible One-link Robot[J]. *Int J of Robotics Research*, 1984, 3(3): 325-338.
- [4] Sai Kolli, Gerald W Evans. A Multiple Objective Integer Programming Approach for Planning Franchise Expansion [J]. *Computers and Industrial Engineering*, 1999, 37(3): 543-561.
- [5] Kiran Karande, John R Lombard. Location Strategies of Broad-line Retailers: An Empirical Investigation [J]. *J of Business Research*, 2005, 58(5): 687-695.
- [6] Joaquin A Pacheco, Silvia Casado. Solving Two Location Models with Few Facilities by Using a Hybrid Heuristic: A Real Health Resources Case [J]. *Computers and Operations Research*, 2005, 32(12): 3075-3091.
- [7] Balram Avittathur, Janat Shah, Omprakash K Gupta. Distribution Centre Location Modelling for Differential Sales Tax Structure [J]. *European J of Operational Research*, 2005, 162(1): 191-205.
- [8] 侯丽敏, 郭毅. 连锁便利店商圈特性的实证研究 [J]. *上海财经大学学报*, 2004, 6(4): 16-22.
- (Hou L M, Guo Y. An Empirical Research on the Features of Trade Area of Chain Convenience Store [J]. *J of Shanghai University of Finance and Economics*, 2004, 6(4): 16-22.)
- [9] Zimmermann H J. Fuzzy Programming and Linear Programming with Several Objective Functions [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1978, 1(1): 45-55.
- [10] Lee E S, Li R J. Fuzzy Multiple Objective Programming and Compromise Programming with Pareto Optimum [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1993, 53(3): 275-288.
- [11] Guu S M, Wu Y K. Two-phase Approach for Solving the Fuzzy Linear Programming Problems [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1999, 107(2): 191-195.

(上接第1401页)