

基于模糊约束满意度的烟草配送模糊线性规划

郭宏斌^{1,2}, 陈建宏¹, 杨珊¹, 刘浪¹

1. 中南大学资源与安全工程学院, 长沙 410083
2. 常德烟草机械有限责任公司, 湖南常德 415000

摘要 为降低烟草配送成本, 采用一级配二级送模式进行烟草配送。对传统的烟草配送问题进行了改进, 应用最大覆盖模型对中转站进行选址, 然后提出了含有梯形模糊数的烟草配送优化模型。结合供应点的供应能力和需求点的需求量为模糊参数的约束条件, 提出了一种基于模糊约束满意度的求解方法。针对该模糊运输规划模型, 利用期望区间均值将不确定模型转化为区间线性规划模型, 然后分别对目标函数和约束条件进行处理, 将区间线性规划模型转化为确定性的线性规划模型进行求解。这样决策者就可以根据客观情况和主观判断, 得到不同的决策方案, 使得决策更具有柔性, 更加符合实际决策过程。应用该方法, 郴州某烟草公司的运输成本大幅下降, 比一级配一级送模式节约成本 5.37%, 验证了该模型的可行性和有效性。

关键词 卷烟配送; 最大覆盖模型; 模糊线性规划; 区间线性规划; 优化水平; 满意度

中图分类号 F25

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.19.007

Fuzzy Linear Programming for Tobacco Distribution Based on the Concept of Constraint Satisfactory Degree

GUO Hongbin^{1,2}, CHEN Jianhong¹, YANG Shan¹, LIU Lang¹

1. School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China
2. Changde Tobacco Machinery Co., LTD., Changde 415000, Hunan Province, China

Abstract A distribution model with two tobacco transfer stations is used to improve the tobacco distribution with the conventional cigarette transportation, and the maximal covering model is used to locate the transfer stations, then the transportation optimal model with a trapezoidal fuzzy parameter is proposed. Combined with the constraints of the suppliers' supply capacity and capability needs of demand points as fuzzy parameters, a new method of linear programming based on the concept of constraint satisfactory degree is proposed. In order to solve the problem of the transport planning model with fuzzy parameters, the interval-valued mean is used to transform the uncertain model into an interval number linear programming model, which is finally transformed into a deterministic linear programming model. With this method, the decision maker can obtain a corresponding satisfactory solution according to different conditions, so the decision process becomes more flexible and more adaptable to real situations. By adopting this method, the transportation costs of tobacco companies in this city are greatly reduced, saving 5.37% of the direct distribution model cost.

Keywords tobacco distribution; maximal covering model; fuzzy linear programming; interval number linear programming; optimal level; satisfactory degree

0 引言

随着中国烟草商业企业“电话订货、网上配货、电子结算、现代物流”的现代流通体制的建立, 烟草行业形成了国

家、省、地市 3 个层次协调运作的现代物流系统。一般来说, 卷烟配送问题涉及到一个配送中心、多个中转配送点, 配送任务比较复杂。如何选取中转点是物流选址中常研究的问

收稿日期: 2011-03-03; 修回日期: 2011-05-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(50774092); 全国优秀博士学位论文专项资金项目(200449); 湖南省博士生科研创新项目(CX2010B046)

作者简介: 郭宏斌(中国科协所属全国学会个人会员登记号:E534330625M), 博士研究生, 研究方向为精益生产管理及资源经济学, 电子信箱: yangshan1027@163.com; 陈建宏(通信作者), 教授, 研究方向为资源经济学与矿业系统工程, 电子信箱: cjh@263.com

题。烟草配送中的烟草合理规划研究比较深入,但大部分是确定性模型,即烟草的需求量和供给量是固定的^[1-2]。在实际中,由于信息的不对称,或者需求或供应的临时变化,造成数量不确定,因此,用模糊数研究烟草规划更具有实际意义。梯形模糊数可以很好地表达数据的分布情况,比三角模糊数等有较强的拟合性,所以用梯形模糊数研究烟草配送具有良好的数学建模效果。

一般地,不确定参数运输问题可以划分为3种类型:含模糊目标和模糊约束的运输问题、含模糊参数的运输问题和综合型的模糊运输问题。含模糊参数的运输问题一般要转化为确定的问题来进行求解。Mohammad^[3]和Chalam^[4]对随机运输问题提出了模糊目标规划法,Luhandjula^[5]和Ramik^[6]研究了单目标问题区间数规划的求解问题。本文在此基础上,扩展了模糊线性规划的求解方法,引入区间均值和优化水平,提出了区间数可能度度量模糊约束条件满意度的求解方法,将模糊线性规划模型转化为两目标线性规划模型进行求解,并将其引入到烟草配送行业,取得了良好的优化效果。

1 模糊数理论基础体系

1.1 梯形模糊数预备知识

定义1 设 $\tilde{A}$ 是LR梯形模糊数,记作 $\tilde{A}=(a_l, a_u, c, d)_{LR}$,其中 a_l, a_u 为 $\tilde{A}$ 的下界和上界; c, d 为梯形模糊数的模糊程度, c, d 越大说明模糊程度越强。其隶属度函数为

$$\mu_{\tilde{A}} = \begin{cases} \frac{x-a_l+c}{c} & x \in [a_l-c, a_l) \\ 1 & x \in [a_l, a_u) \\ \frac{a_u+d-x}{d} & x \in [a_u, a_u+d) \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

相应地,对 $\forall \alpha \in (0, 1]$,由 α 水平截集定义可得

$$\tilde{A}_\alpha = [x | \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha] = [a_l - (1-\alpha)c, a_u + (1-\alpha)d]$$

则有

$$E(\tilde{A}) = [a_l - \frac{c}{2}, a_u + \frac{d}{2}] \quad (2)$$

$$M(\tilde{A}) = [a_l - \frac{c}{3}, a_u + \frac{d}{3}] \quad (3)$$

1.2 区间数预备知识

设 $a=[a^-, a^+], b=[b^-, b^+]$,则 $a-b=[a^--b^+, a^+-b^-]$ 。

区间数 $a-b=[a^--b^+, a^+-b^-]$ 可以看作来自于随机采样的结果^[7],因此区间数 $a-b$ 是一个随机区间,被估计值以99.74%的概率把区间数盖住(即遵循 3σ 原则)。而评价值被哪一点覆盖是随机的,可以认为区间不动,评价值 X 随机落在区间的某一点处,服从区间中点为均值的正态分布 $X \sim N(\mu_{a-b}, \sigma_{a-b})$ 。

记

$$m(a) = \frac{a^-+a^+}{2} \quad m(b) = \frac{b^-+b^+}{2} \quad l(a) = a^+-a^- \quad l(b) = b^+-b^-$$

由于 $(a^+-b^-)-(a^--b^+)=6\sigma$,则

$$\mu_{a-b} = \frac{a^--b^++a^+-b^-}{2} = m(a)-m(b)$$

$$\sigma_{a-b} = \frac{a^+-a^-+b^+-b^-}{6} = \frac{l(a)+l(b)}{6}$$

则概率密度函数 $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, -\infty < x < +\infty$ 。

定义2 当 a 和 b 均为区间数时,

$$p(a \geq b) = \begin{cases} 0 & a^+ \leq b^- \\ 1 & a^- \geq b^+ \\ \int_0^{+\infty} f(x) dx & (a^-, a^+) \cap (b^-, b^+) \neq \emptyset \end{cases} \quad (4)$$

2 烟草运输配送中的模糊线性规划模型分析

由于中国幅员辽阔,各地地形情况、交通情况、经济发展状况、人口情况和货源情况各不相同,同时,卷烟配送具有量大、频度高、范围广的特点,目前的烟草配送主要采用两种模式:一级配一级送和一级配二级送,如图1所示。一级配一级送模式主要适用于一些小型城市,以及一些自然条件较好、地处平原地区或交通比较便利的城市。一级配二级送常常用于一些大中型城区,或者是一些地理条件不好、道路和交通均不方便的落后山区。

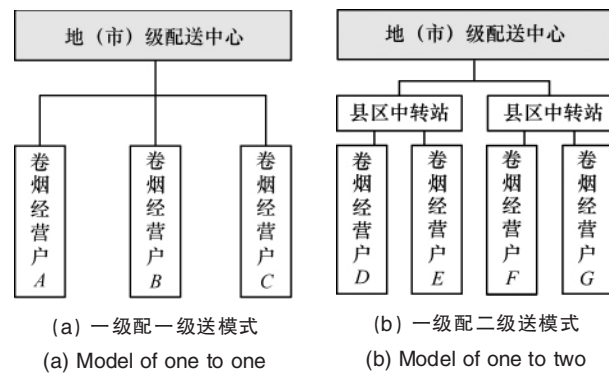


图1 烟草配送模式

Fig. 1 Distribution patterns of tobacco

2.1 基于最大覆盖模型的县区中转点选址

最大覆盖问题^[7](Maximum Covering Location Problem, MCLP)由Church和ReVelle提出,在实际选址决策中,覆盖全部需求点可能会导致过高的财政支出,如果由于资金预算的限制,无法覆盖全部所有的需求点,只能确定 p 个地址,最大覆盖模型的目标是选择 p 个地址的位置,使覆盖的需求点的价值总和(人口或其他指标)最大。

设 y_i 是二元值变量,当第 i 烟草需求点被覆盖时, $y_i=1$,否则, $y_i=0$ 。再设 x_j 是二元值变量,当候选的县区中转站 j 被选中时, $x_j=1$,否则, $x_j=0$ 。记所有能覆盖县区烟草需求点 i 的候选设施点的集合为 $N_i=\{j | d_{ij} \leq S\}$, S 表示需求点的最大覆盖距离。

最大覆盖模型为

$$\max z = \sum_{i \in I} w_i y_i \quad (5)$$

$$\text{st} \quad \sum_{j \in N_i} x_j - y_i \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (6)$$

$$\sum_{j \in N_i} x_j = p \quad (7)$$

$$x_j, y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (8)$$

其中, I 为需求点集合, J 为供应点集合; 约束(6)保证选定的县区内中转站覆盖烟草需求点 i , 约束(7)指定被选择的县区内中转站数为 p , 约束(8)约束决策变量 x_j 和 y_i 为(0,1)整数变量, 目标函数(5)使被覆盖的县区需求点的需求量总和最大。

受车辆条件和时间所限, 设车辆辐射半径为 80km, 采用将模糊数近似取中点值的处理方法对选址模型进行求解^[8]。不断变化 p 值, 直到覆盖所有县区, 此时 $p=2, x_3=x_8, y_1=y_2=y_3=y_4=y_5=y_6=y_7=y_8=1$, 因此, 选址在 w_3 和 w_8 两个县区设立中转站。

2.2 烟草配送模糊规划模型的建立

2.2.1 模型假设

为构建烟草配送模糊规划模型, 假设以下条件: (1) 市烟草配送中心到各县城烟草公司配送点的运输距离是一个模糊数值; (2) 市烟草公司烟草供应量和各县城烟草需求量均不固定, 用模糊数表示; (3) 目标是使配送成本最低; (4) 在车辆配送过程中, 不考虑天气恶化和车辆故障等突发因素的影响; (5) 不考虑节假日商品需求量突然增大的因素。

2.2.2 模型建立

根据前面的分析, 建立烟草配送模糊规划模型 I:

$$\min f = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^8 \tilde{d}_{ij} q_{ij} x_{ij} \quad (9)$$

$$\text{st} \quad \sum_{j=1}^h x_{ij} \leq \tilde{x}_i \quad i=1, 2 \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq \tilde{y}_j \quad j=1, 2, \dots, 8 \quad (11)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i=1, 2; j=1, 2, \dots, 8 \quad (12)$$

其中, $\tilde{d}_{ij}$ 为市烟草公司 A_i 到县烟草公司 B_j 的距离, 为梯形模糊参数; q_{ij} 为每单位烟草在单位里程的运费; $\tilde{x}_i$ 为第 i 个县区内中转站 A_i 可提供的卷烟供应量, 用梯形模糊参数表示; $\tilde{y}_j$ 为第 j 个县城烟草需求点 B_j 对卷烟的需求量, 用梯形模糊参数表示。式(10)为生产能力约束, 式(11)表示需求点不允许缺货, 式(12)为决策变量 x_{ij} 的非负约束。

所要解决的问题是如何给出一个调运方案, 从而确定各个供应点向各个需求点供应的卷烟数量, 使各个需求点的卷烟需求尽量得到满足且所产生的总运输成本最小。

2.2.3 模型求解

梯形模糊数具有良好的信息积聚性, 但其隶属度函数复杂, 运算起来不太方便, 运用定义 1 中的期望区间均值对梯形模糊数进行处理, 将梯形模糊数转化为区间数, 则模型 I 可

转化为模型 II:

$$\min f = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^8 [d_{ij}^-, d_{ij}^+] q_{ij} x_{ij} \quad (13)$$

$$\text{st} \quad \sum_{j=1}^h x_{ij} \leq [x_i^-, x_i^+] \quad i=1, 2 \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq [y_j^-, y_j^+] \quad j=1, 2, \dots, 8 \quad (15)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i=1, 2; j=1, 2, \dots, 8 \quad (16)$$

其中, $[d_{ij}^-, d_{ij}^+]$ 为市烟草公司 A_i 到县烟草公司 B_j 的距离, 为区间模糊参数; q_{ij} 为每单位烟草在单位里程的运费; $[x_i^-, x_i^+]$ 为第 i 个县区内中转站 A_i 可提供的卷烟供应量, 用区间模糊参数表示; $[y_j^-, y_j^+]$ 为第 j 个县城烟草需求点 B_j 对卷烟的需求量, 用区间模糊参数表示。式(14)为生产能力约束, 式(15)表示需求点不允许缺货, 式(16)为决策变量 x_{ij} 的非负约束。

定义 3 设 $x^0 \in X$ 是模型 II 的有效解, 如果不存在另外一个 $x^* \in X$, 使得

$$f(x^*) \leq f(x^0)$$

此时, 有效解的概念与最优解等价。

因为区间线性规划与目标规划的形式相同, 所以称之为有效解而非最优解, 在可行域确定的条件下, 模型 II 可转化为一辅助的两目标线性规划问题^[9-10]。

定理 1 两目标规划问题^[9]

$$\begin{aligned} \min f &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^8 \tilde{d}_{ij} q_{ij} x_{ij} \\ \text{st} \quad x_{ij} &\in \Omega \\ \min f &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^8 \tilde{d}_{ij}^* q_{ij} x_{ij} \\ \text{st} \quad x_{ij} &\in \Omega \end{aligned} \quad (17)$$

其中, Ω 为决策变量 x_{ij} 的可行域, 式(17)中每个 Pateto 最优解都是模型 II 的有效解, 反之亦然。

定理 2 参数线性规划问题^[10]

$$\min f = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^8 [d_{ij}^- + \alpha(d_{ij}^+ - d_{ij}^-)] q_{ij} x_{ij} \quad (18)$$

式(18)中每一个解都是式(17)的 Pateto 最优解。

因此在不考虑约束条件模糊化的情况下, 模型 II 可以转化为一般的参数规划问题。

定义 4 目标函数 $f = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^8 [d_{ij}^- + \alpha(d_{ij}^+ - d_{ij}^-)] q_{ij} x_{ij}$ 的线性规划的解为模型 II 的 α 水平解。

模糊目标函数与模糊约束条件有着不同的含义, 因此有必要对模糊约束条件进行定义。

定义 5 根据定义 2 中区间数可能度的比较方法, 对区间线性规划模型 II 的任一个解, 称 $p(\sum_{j=1}^h x_{ij} \leq \tilde{x}_i)$ 为约束条件 i 的优化水平。

根据区间数比较可能度的定义, 可以通过定义优化水平

表 2 烟草点之间的距离(对称矩阵,单位:km)

Table 2 Distance between tobacco companies (symmetric matrix, unit: km)

节点	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8
w_1	0	(30,32.5)	(69.5,78.5)	(125,136.5)	(80,85.5)	(118.5,132)	(197.5,226)	(153,180)
w_2		0	(39.5,46)	(95,104)	(50,53.5)	(88.5,100)	(167.5,194)	(123,148)
w_3			0	(69,77)	(44.5,51)	(83,97.5)	(162,191.5)	(117.5,145.5)
w_4				0	(45,50.5)	(83.5,97)	(162.5,191)	(118,145)
w_5					0	(38.5,46.5)	(117.5,140.5)	(73,94.5)
w_6						0	(79,94)	(34.5,48)
w_7							0	(50,60)
w_8								0
需求量/件	(69,82.5)	(60,65.5)	(49,57.5)	(80,90.5)	(89,97)	(84.5,97.5)	(32.5,45)	(44,57.5)

县区中转站的配送能力见表 3, 县区中转站距离其他烟草点的单位运费见表 4。

表 3 县区中转站的配送能力

Table 3 Distribution ability of the transfer station in the county

中转站	w_3 配送能力/件	w_8 配送能力/件
梯形模糊数表示	(400, 420, 5, 20)	(120, 130, 5, 10)
区间数表示	(397.5, 430)	(117.5, 135)

表 4 单位运费

Table 4 Unit freight

单位运费 $I(\text{元} \cdot \text{件}^{-1} \cdot \text{km}^{-1})$	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8
w_3	890	923	980	910	920	830	720	750
w_8	690	710	890	850	900	950	900	980

3.2 模型计算

烟草公司根据客观情况,采取折中方案,决定目标函数以及约束条件的优化水平取中间值,即 $\alpha=0.5, \lambda=0.5, \rho=0.5$, 利用优化软件 lingo 9.0 编程对模型进行求解,优化的调配方案见表 5。烟草最小运输成本为 24635545 元。

表 5 烟草优化调配方案

Table 5 Optimal allocation programs between tobacco companies

配送 量/件	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8
w_3	75.75	62.75	53.25	85.25	93	54.25	0	0
w_8	0	0	0	0	0	36.75	38.75	50.75

3.3 约束水平模拟及优化结果对比分析

目标函数中只有距离为模糊参数,一般说来与决策者的

心态没有太大关联,因此取优化水平 $\alpha=0.5$ 。约束条件中烟草公司的供应量时大时小,决策者对供应量持有中庸心态,取优化水平或心态指标 $\lambda=0.5$ 。然而用户的需求量在不同的时间是一个变化的量,烟草公司无法准确估算用户需求量,因此让优化水平或心态指标 ρ 从 0 到 1 不断变化,其对应的运输成本走势见图 3。

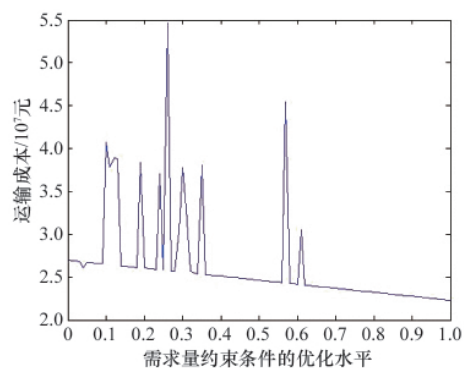


图3 不同心态指标下的运输成本

Fig. 3 Transport costs under the different attitude indice

从图 3 可以看出,当决策者的心态指标从 0 递增到 1 时,各方案的综合属性值在发生变化。当 $\rho=0.27$ 时,即决策者对用户需求量持比较悲观心态时,运输的成本最大,达到 54602808 元;当 $\rho=1$ 时,即决策者对用户需求量持完全乐观心态时运输成本最小,达到 22297369 元。优化计算中烟草最小运输成本为 24635545 元,近似于 $\rho=0.55$,所以这个最优方案是可行的,符合实际情况。

该烟草公司原来采用的是一级配一级送模式,在 w_5 只保留一个仓库,建设了一个规模比较大的配送中心,由配送中心直接安排车辆运输至各县区需求点。根据当地的地理条件和交通条件,采用一级配二级送模式后,配送成本为 24635545 元,降为原来(26034525 元)的 94.63%,节约成本 5.37%,节约成本 1398980 元,大大降低了配送成本,为公司创造了效益。

4 结论

对传统的烟草配送问题进行了改进,应用最大覆盖模型对中转站进行选址,构建含有梯形模糊数的烟草配送优化模型,并进行相应分析研究,得到以下结论。

(1) 运用最大覆盖模型研究了县区中转站的选址问题,对传统的确定性最大覆盖模型进行改进,引入梯形模糊数,采用均值面积度量法度量两个模糊数的大小,进而得出模型的约束条件,并运用模糊数的运算法则求得中转站的位置。

(2) 在以往文献的基础上,进一步对卷烟的运输问题进行了研究。在烟草配送问题中,供应点的供应能力和需求点的需求往往具有不确定性。根据这一实际情况,研究了供应点的供应能力和需求点的需求量是模糊参数,构建该问题的模糊线性规划模型,并采用一种基于模糊约束满意度的求解方法,引入正态分布,提出了一种新的区间数排序方法,分别对目标函数和约束条件进行处理,将区间线性规划模型转化为确定型线性规划模型进行求解。这样决策者就可以根据客观情况和主观判断,对优化水平进行不同的取值,从而得到不同的决策方案,使得决策更具有柔性,更加符合实际决策过程。

(3) 烟草配送本质上是一个不确定性规划问题。与确定性规划方案相比,能较好地描述烟草配送中的不确定性因素,体现了信息的不对称性,反映了人们思维的模糊性。因此,从烟草配送的必要性理论上分析,模糊规划比确定性线性规划更加科学。实践也证明了它是一种行之有效的烟草配送规划方法,大大节约了运输成本,比一级配一级送模式节约成本 5.37%,为烟草公司创造了效益。该方法易于编程实现,在其他工程决策领域也有着广阔的应用前景。

参考文献 (References)

- [1] 赵丽. 基于 QPSO 算法的卷烟配送优化策略[J]. 物流技术, 2010, 29(8): 86-88.
Zhao Li. *Logistics Technology*, 2010, 29(8): 86-88.
- [2] 陈子侠, 方祖英, 陈颢, 等. 杭烟物流与送货线路优化 [J]. 物流技术, 2003(8): 38-40.

Chen Zixia, Fang Zuying, Chen Hao, et al. *Logistics Technology*, 2003(8): 38-40.

- [3] Mohammad L H. Complete solutions of multiple objective transportation problems with possibilistic coefficients[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1998, 93(3): 293-299.
- [4] Chalam G A. Fuzzy goal programming (FGP) approach to a stochastic transportation problem under budgetary constrain [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1994, 66(3): 293-299.
- [6] Luhandjula M K. Fuzzy optimization: An appraisal [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1989, 30(3): 257-282.
- [7] Church R L, ReVelle C. The maximal covering location problem [J]. *Papers of Regional Science Association*, 1974, 32: 101-118.
- [8] 赵丽. 基于粒子群算法的卷烟配送车辆路径问题研究 [D]. 西安: 长安大学, 2009.
Zhao Li. Study on the vehicle routing problem of cigarette distribution based on the particle swarm optimization[D]. Xi'an: Chang'an University, 2009.
- [9] Ramik J, Rommelfanger H. A single- and a multi-valued order on fuzzy numbers and its use in linear programming with fuzzy coefficients [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1993, 57(2): 203-208.
- [10] 徐玖平, 李军. 多目标决策的理论与方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
Xu Jiuping, Li Jun. Multiple objective decision making theory and methods[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
- [11] 江道琪, 何建坤, 陈松华. 实用线性规划方法及其支持系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
Jiang Daoqi, He Jiankun, Chen Songhua. Practical linear programming and its support system[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006.
- [12] 韩玉建, 陈建宏, 周智勇. 基于心态指标的煤矿瓦斯爆炸区间数模糊评价[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(2): 83-88.
Han Yujian, Chen Jianhong, Zhou Zhiyong. *China Safety Science Journal*, 2010, 20(2): 83-88.
- [13] 张吉军. 区间数线性规划问题的最优解 [J]. 系统工程与电子技术, 2001, 23(9): 53-55.
Zhang Jijun. *Systems Engineering and Electronics*, 2001, 23(9): 53-55.

(责任编辑 代丽)



《科技导报》“科技纵横捭阖”栏目征稿

“科技纵横捭阖”栏目收录对学术热点、前沿,学术争论、争端,科学与文化,科学人物介绍,海外科研、留学经历,科学史,科学渊源,科学决策、学术会议、科学活动,以及科研经费、科研项目申报、考试等方面的杂谈文章。每篇文章约 2200 字,要求求实、具体,行文深入浅出、言简意赅、逻辑清晰、有理有据、观点鲜明、切中要害,可读性强。栏目责任编辑:王芷,电子邮箱:wangzhi@cast.org.cn;在线投稿:www.kjdb.org。