基于供应中断风险的模糊多目标订单分配模型①

潘 伟
(武汉大学经济与管理学院，武汉 430072)

摘要: 采购是影响企业生存和发展的关键因素之一，正确的订单分配则是企业成功实行采购管理的关键.但影响订单分配的许多信息并不是确定的，存在着供应中断的风险.文章在考虑供应中断风险的基础上，结合不确定性的信息和线性/非线性的隶属度函数，构建并分析了包含模糊目标、随机约束和情景分析的多产品线性/非线性订单分配模型.然后，通过数值算例比较了不同情景下企业的最优决策，得到了管理上的一些启示.

关键词: 情景分析; 模糊目标; 供应中断; 随机需求
中图分类号: F275 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2015)03-0045-07

0 引 言

20 世纪 90 年代以来，随着供应链管理思想逐步地被接受和采用，企业与供应商的关系演变为合作伙伴，比以价格为导向的传统模式要复杂得多.在供应链中，一般工业企业采购成本约占总成本的 70%，在高新技术产品中，采购成本与服务费用则达到总成本的 80%左右.所以采购是影响企业生存和发展的关键因素之一.而科学、简单、实用的订单分配方法则是企业成功实行采购的关键.

订单分配问题有诸多的影响因素，选择最佳的分配方案就要在各种各样的因素之间进行权衡[1-2].Pan 等[3]建立了关于信息服务企业的多目标线性订单分配模型，它以折扣成本最小化为目标，同时考虑供应商的供应能力和价格随需求而变化等. Basnet 和 Leung[4]构建了多周期多目标线性订单分配模型，它考虑存储费用和需求的满足.Balan 等[5]发展了多目标线性订单分配模型，该模型中供应商提供价格折扣给采购者，以鼓励采购者下大订单.

供应中断风险是种潜在的威胁，它会利用供应链系统的脆弱性，破坏供应链系统，给上下游企业以及整个供应链带来损害和损失.Pan 等[6]建立了供应商选择模型，考虑供应中断风险; 吴军等[7]评述了有关供应链风险管理定量分析的一些主要工作; 张煜等[8]研究了在零售商对供应商安全状态信息未知的情况下，零售商如何向供应商提供两种不同性质的契约.

当然，其它的影响因素也不容忽视，当前，订单分配已经成为增强企业竞争力的必不可少的要素，订单分配的正确与否，在产品质量、库存、生产等诸多方面都对企业产生越来越大的影响.然而其中包含大量的不确定和模糊因素，针对这些，国内外研究者做出了许多卓有成效的研究工作.Balan 等[5]建立了多目标模糊订单分配模型，其中主要有 3 个目标函数: 最小的成本、最小的货物中的废品率、最小的延迟交付，限制条件为满足顾客需求及供应商的供应能力，但在这个模型中 3 个目标的权重被假设为相同; Amid 等[9]提出了考虑折扣价格的模糊供应商选择模型，但其假设需

① 收稿日期: 2011-12-23; 修订日期: 2013-08-15.
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71231007; 71103135); 2012 年武汉大学高水平国际期刊论文培育项目(2012GSP028); 武汉大学 2010 年度自主科研资助项目(自然科学部分)(1101012); 武汉大学人文社会科学“70 后”学者学术发展团队资助项目.
作者简介: 潘 伟(1976—)，男，吉林扶余人，博士，副教授.Email: mrpanwei2000@163.com

求为定值; 潘伟等[10-11] 研究了信息不确定条件下,多目标供应商选择问题.然而,这些模型都没有充分考虑供应中断和信息不确定等情况,所以为了提供更加符合现实情况的订单分配法案,本文建立基于供应中断风险角度的模糊多目标订单分配模型,不仅将模糊集合论的思想和方法[12-17]引入其中,并且结合供应风险管理的理念,提出考虑供应中断风险的订单分配模糊综合决策方法.

本文主要通过对供应商供货的质量、价格、服务等因素的评价指标进行模糊描述,运用模糊评判的方法,建立订单分配体系,实现对订单进行智能化的选择与评价.扩展了模糊多目标订单分配模型,其主要创新点有以下 4 点: 1) 从确定约束扩展到随机约束; 2) 添加了情境分析, 定义了不同情景下的供应中断损失函数; 3) 将隶属度函数从线性扩展为一般形式即包含线性和非线性; 4) 考虑价格折扣.

1 模糊多目标订单分配模型

1.1 多目标订单分配模型

一般形式的多目标定单分配模型可以表示成如下形式

目标函数

$$\min f(1),\cdots,f(k) \tag{1}$$

$$\max f(k+1),\cdots,f(q) \tag{2}$$

约束条件

$$x \in g_i(x), g_i(x) = \left\{\Pr\left(\sum_{t=1}^{n} a_{it}x_t \geqslant b_i\right) \geqslant \beta_i, i=1,\cdots,m\right\} \tag{3}$$

这里:$f(1),\cdots,f(k)$ 是极小化目标或标准,例如价格、前值期等;$f(k+1),\cdots,f(q)$ 是极大化目标或标准,例如质量、服务等;$g_i(x)$ 是满足约束条件的可行解集合;$x_t, t=1,\cdots,n$ 是非负的决策变量;$b_i, i=1,\cdots,m$ 是给定分布函数的独立连续随机变量;a_{it} 代表 $i-th$ 约束条件第 $t-th$ 决策变量的相关系数;β_i 是 $i-th$ 约束条件满足的概率水平,$0<\beta_i \leqslant 1$, $i=1,\cdots,m$.

典型的订单分配问题,其采购决策影响因素主要包括成本、质量及配送情况.同时,每个供应商作为独立的个体,都有他自己独特的产品价格、配送历史、产品合格率及其产品供应能力.在现存的关于订单分配模型中,研究者们很少在一个模型中将随机需求、供应中断风险及价格折扣等联合起来思考订单分配问题,可是这些现象往往却是同时存在的.为了解决这个实际问题,本文建立了下面的模糊多目标订单分配模型.

在这个订单分配问题中,公司拥有多个供应商,其产品采购都是从其选择的供应商中进行.下面将详细地对模型进行讨论.

假设 1) 不同的情景仅仅影响供应中断损失函数;

2) 根据供应商列表,公司选择产品提供者;

3) 公司对不同产品的需求都是服从正态分布的随机变量;

4) 每种产品的价格都是随采购量而变化的.

以下列出模型中的一些变量和参数:

D_t $t-th$ 产品的市场需求($t=1,2,\cdots,q$);

V_{tij} $i-th$ 供应商在 $j-th$ 价格水平时提供 $t-th$ 产品的最大供应量;

V_{tij}^{*} 稍小于 V_{tij}($V_{tij}^{*}=V_{tij}-1$);

m_{ti} $i-th$ 供应商的 $t-th$ 产品价格变化数目;

n_t $t-th$ 产品的供应商数目;

X_{tij} 在 $j-th$ 价格水平时从 $i-th$ 供应商采购的 $t-th$ 产品数量;

Y_{tij} $i-th$ 供应商($Y_{tij}=1$: 在 $j-th$ 价格水平时从 $i-th$ 供应商采购 $t-th$ 产品; 否则 $Y_{tij}=0$);

P_{tij} $i-th$ 供应商在 $j-th$ 价格水平时单位 $t-th$ 产品价格;

C_{ti} $i-th$ 供应商的 $t-th$ 产品供应能力;

F_{ti} $i-th$ 供应商 $t-th$ 产品的延迟交付率;

S_{ti} $i-th$ 供应商 $t-th$ 产品中的次品率;

N_t $t-th$ 产品供应商的数目;

$dp_{ti}(X_{tij})$ $i-th$ 供应商的 $t-th$ 产品供应中断出现概率;

$dC_s(X_{tij})$ 在 s 情景下 $t-th$ 产品的中断损失函数;

Z 目标函数.

这里,产品的需求 D_t 是正态分布的随机变量; X_{tij} 是在 $j-th$ 价格水平时从 $i-th$ 供应商采购的 $t-th$ 产品数量;

$$P\left[\sum_{i=1}^{n_t}\sum_{j=1}^{m_{ti}}X_{tij} \geqslant D_t\right] \geqslant \alpha_t \tag{4}$$

是 $i-th$ 供应商能够提供 C_{ti} 单位的产品，这表明，$\sum_{j=1}^{m_{ti}}X_{tij} \leqslant C_{ti}$，因为其实际供应的产品数量要受其供应能力约束.

在情景分析中，假设有3种场景，每个不同的场景中供应中断损失函数分别为

1）$t-th$ 产品市场的供应能力远大于需求

$$dC_1(X_{tij}) = dp_{ti}(X_{tij}) \cdot 0 = 0 \tag{5}$$

2）$t-th$ 产品市场的供应与需求基本平衡

$$dC_2(X_{tij}) = dp_{ti}(X_{tij})\theta_t X_{tij},\ \theta_t > 0 \tag{6}$$

3）$t-th$ 产品市场的供应能力远小于需求

$$dC_3(X_{tij}) = dp_{ti}(X_{tij})\gamma_t X_{tij}^{\beta_t},\ \gamma_t,\beta_t > 0 \tag{7}$$

成本目标函数为

$$\sum_{\zeta\in E}\mathrm{Prob}(\zeta)\sum_{t=1}^{q}\sum_{i=1}^{n_t}\left[\sum_{j=1}^{m_{ti}}\left[P_{tij}X_{tij}+dC_\zeta(X_{tij})\right]\right] \tag{8}$$

在这里要最小化采购成本.

质量目标函数，即次品率目标能够被表达为

$$\sum_{t=1}^{q}\sum_{i=1}^{n_t}\sum_{j=1}^{m_{ti}}S_{ti}X_{tij} \tag{9}$$

在这里要最小化次品率.

配送目标函数，即延迟交付率目标能够被表达为

$$\sum_{t=1}^{q}\sum_{i=1}^{n_t}\sum_{j=1}^{m_{ti}}F_{ti}X_{tij} \tag{10}$$

在这里要最小化延迟交付率.

最终，从多个供应商中采购多种产品的整数多目标线性／非线性规划模型为

$$Z_1 = \min\sum_{\zeta\in E}\mathrm{Pr}\,ob(\zeta)\sum_{t=1}^{q}\sum_{i=1}^{n_t}\left[\sum_{j=1}^{m_{ti}}\left[P_{tij}X_{tij}+dC_\zeta(X_{tij})\right]\right] \quad (\text{成本}) \tag{11}$$

$$Z_2 = \min\sum_{t=1}^{q}\sum_{i=1}^{n_t}\sum_{j=1}^{m_{ti}}S_{ti}X_{tij} \quad (\text{次品率}) \tag{12}$$

$$Z_3 = \min\sum_{t=1}^{q}\sum_{i=1}^{n_t}\sum_{j=1}^{m_{ti}}F_{ti}X_{tij} \quad (\text{延迟交付率}) \tag{13}$$

$$\text{s.t.}\ \sum_{t=1}^{q}\sum_{j=1}^{m_{ti}}X_{tij} \leqslant C_{ti},\ i=1,\cdots,n_t \quad (\text{供应能力}) \tag{14}$$

$$P\left[\sum_{i=1}^{n_t}\sum_{j=1}^{m_{ti}}X_{tij} \geqslant D_t\right] \geqslant \alpha_t \quad (\text{需求约束}) \tag{15}$$

$$V_{t,i,j-1}Y_{tij} \leqslant X_{t,i,j} \leqslant V^*_{t,i,j}Y_{tij},t=1,\ldots,q;\ i=1,\ldots,n_t;\ j=1,\ldots,m_{ti} \tag{16}$$

$$\sum_{j=1}^{m_{ti}}Y_{tij} \leqslant 1,\ t=1,\ldots,q;\ i=1,\ldots,n_t \tag{17}$$

$$X_{tij} \geqslant 0,\ t=1,\ldots,q;\ i=1,\ldots,n_t;\ j=1,\ldots,m_{ti} \tag{18}$$

$$Y_{tij} \in \{0,1\},t=1,\ldots,q;\ i=1,\ldots,n_t;\ j=1,\ldots,m_{ti} \tag{19}$$

在现实中，决策者并不知道关于目标函数和约束条件完全和准确的信息，下面通过定义 $k-th$ 模糊目标的隶属度函数 $\mu(Z_k(X))$，建立将模糊决策和数学规划相结合的订单分配模型.

1.2　模糊多目标订单分配模型

模糊数学是研究和处理模糊性现象的数学方法.众所周知，经典数学是以精确性为特征的.然而，与精确形相悖的模糊性并不完全是消极的、没有价值的.甚至可以这样说，有时模糊性比精确性还要好.

在订单分配问题中，带有模糊的目标和约束条件的线性模型1）和2）可以被表示为[18]

对于向量 $\boldsymbol{x}^{\mathrm{T}} = [x_1,x_2,\cdots,x_n]$

$$\tilde{Z}_k \leqslant Z_k^0,\ k=1,\cdots,p \tag{20}$$

约束条件为

$$\tilde{g}_r(x) \leqslant b_r,r=1,\cdots,h \quad (\text{模糊约束}) \tag{21}$$

$$g_q(x) \leqslant b_q,q=h+1,\cdots,m \quad (\text{确定约束}) \tag{22}$$

$$x_i \geqslant 0,i=1,\cdots,n \tag{23}$$

在该模型中，符号 ~ 表示模糊环境，在目标函数和约束条件中的符号 ≥ 表示大于或者等于，

相反 $\leqslant$ 表示小于或者等于. Z_k^0 是决策者对于目标 Z_k 的预期,即想要达到的程度.

Zimmermann[18] 扩展了他的模糊线性模型到模糊多目标线性模型,并且目标函数 Z_k, $k = 1, \cdots, p$ 与约束条件分别都由它们对应的隶属度函数决定,并且其取值范围为 [0,1]. 为了得到隶属度函数,分别求目标函数的极大极小值. 对于最小化目标函数 Z_k 的线性隶属度函数为

$$\mu_{Z_k}(x) = \begin{cases} 1, Z_k \leqslant \min Z_k(x) \\ f_{\mu_{Z_k}}, \min Z_k(x) \leqslant Z_k(x) \leqslant \max Z_k(x) \\ 0, Z_k(x) \geqslant \max Z_k(x) \end{cases} \tag{24}$$

式中

$$f_{\mu_{Z_k}} = \left[\frac{\max Z_k - Z_k}{\max Z_k - \min Z_k}\right]^{\phi}, \phi > 0$$

在满足约束条件下,每次仅对多目标中的 1 个目标进行求解,可以求得 $\min Z_k(x)$, $\max Z_k(x)$. 因为每个目标 $Z_k(x)$ $(k = 1, \cdots, p)$ 的取值范围从 $\min Z_k(x)$ 到 $\max Z_k(x)$,目标函数的隶属度函数 $\mu_{Z_k}(x)$ 如图 1[19-20].

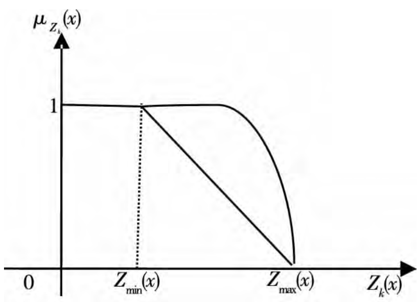

图 1　隶属度函数

Fig.1 Membership function

反映模糊约束条件的隶属度函数为

$$\mu_{g_r}(x) = \begin{cases} 1, P\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i} a_r X_{ij} \geqslant b_r\right] \geqslant \alpha_r \\ f_{\mu_{g_r}}(x), \sigma_r \leqslant P\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i} a_r X_{ij} \geqslant b_r\right] \leqslant \alpha_r \\ 0, P\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i} a_r X_{ij} \geqslant b_r\right] \leqslant \sigma_r \end{cases} \tag{25}$$

式中

$$f_{\mu_{g_r}}(x) = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i} a_r X_{ij} - P^{-1}(\sigma_r)}{P^{-1}(\alpha_r) - P^{-1}(\sigma_r)}\right]^{\phi}, \phi > 0$$

决策前被管理者提前赋值的参数 σ 是一个需求约束被满足程度的限制条件,即决策者可接受范围. 当需求被完全满足,其值为 1; 而超出接受范围,则为 0.

加权累加模型被广泛地应用在向量目标优化,其基本方法是用一个独立的效应函数来表达出决策者对每个目标的重视程度差异[12]. 在这种情况中,通过把相应的权重值乘以对应的模糊目标,最后将它们相加就得到线性累加效应函数.

将模糊模型[15-16] 和加权累加模型[17] 相结合,得到

$$\mu_D(x) = \sum_{k=1}^{p} w_k \mu_{Z_k} + \sum_{r=1}^{h} \beta_r \mu_{g_r} \tag{26}$$

$$\sum_{k=1}^{q} w_k + \sum_{r=1}^{h} \beta_r = 1, 0 \leqslant w_k, \beta_r \leqslant 1 \tag{27}$$

式中 w_k 和 β_r 分别代表模糊目标和约束相对重要性,即其相应的权重值,可以得到下面的表达式

$$\max \sum_{k=1}^{p} w_k \eta_k + \sum_{r=1}^{h} \beta_r \lambda_r \tag{28}$$

约束条件为

$$\eta_k \leqslant f_{\mu_{Z_k}}(x), k = 1, \cdots, p$$

$$\lambda_r \leqslant f_{\mu_{g_r}}(x), r = 1, \cdots, h$$

$$g_q(x) \leqslant b_q, q = h + 1, \cdots, m$$

$$\eta_k, \lambda_r \in [0,1]$$

$$X_{ij} \geqslant 0, i = 1, \cdots, n; \ j = 1, \cdots, m_i$$

$$\sum_{k=1}^{p} w_k + \sum_{r=1}^{h} \beta_r = 1, 0 \leqslant w_k, \beta_r \leqslant 1$$

为了得到目标的权重,过去研究者提供了一些好的方法[13]. 下面用一个数值计算例子分析本文提出的模糊多目标订单分配模型.

2　算例分析

假设

1) 公司计划要从 3 个供应商中采购 1 种产品.

2) 公司对该种产品的需求是服从正态分布

的随机变量,它服从正态分布均值和标准差分别为 30 000 与 1 000.同时,每个供应商的供应能力都是有限的.

3) 本文取成本、次品率和延迟交付率为目标函数,约束条件为供应与需求恰好平衡.

4) 表格 1 对模型中参数赋值,提供了每个供应商的折扣价格 p_{tij}、次品率 S_{ti}、延迟交付率 F_{ti} 和供应商供应能力 C_{ti}.

在本算例中,模型由 3 个模糊目标函数和 1 个随机约束构成,其具体求解过程如下.

根据方程(11) 到(19) ,建立混合整数线性模型.同时,根据方程(24) 和(25) 构建非线性隶属度函数($\phi = 2$) ,利用它们来建立求解模糊目标和正态需求约束条件时的供应商选择及订单分配问题的前提条件.

在算例中,目标函数 Z_1,Z_2 和 Z_3 分别代表成本、次品率和延迟交付率;X_{tij} 是在价格水平 $j-th$ 下从 $i-th$ 供应商采购的 $t-th$ 产品量;w_k($k=1$,2,3) 和 β_1 分别表示第 $k-th$ 目标和需求约束条件的权重.

表 1 数值分析的数据

Table 1 Data of analysis

供应商	数量水平	价格 / $	供应中断率	次品率	延迟交付率	供应能力
s.1	$Q < 5\,000$	15	0.16	0.25	0.2	26 000
	$5\,000 \leqslant Q < 8\,000$	14				
	$8\,000 \leqslant Q$	12				
s.2	$Q < 6\,000$	16	0.13	0.1	0.1	25 000
	$6\,000 \leqslant Q < 10\,000$	14.5				
	$15\,000 \leqslant Q$	13				
s.3	$Q < 5\,000$	13	0.2	0.35	0.25	27 000
	$5\,000 \leqslant Q < 12\,000$	12				
	$12\,000 \leqslant Q$	10				

表 2 每个目标函数的上下限值

Table 2 Pre-set lows or pre-set highs of every objective

μ	0	1
Z_1(没有供应中断)	414 640	328 800
Z_1(线性中断损失函数)	433 612	347 888
Z_1(非线性中断损失函数)	$0.444\,882\,7 \times 10^9$	$0.165\,116\,1 \times 10^9$
Z_2(次品率)	10 520	4 070
Z_3(延迟交付率)	7 606	3 756
需求	31 280	30 840

表 3 目标函数与约束条件的权重值

Table 3 Weights about objectives

w_1	w_2	w_3
0.35	0.4	0.25

在目标函数中本文是以 3 个目标函数,即成本、次品率和延迟交付率,权重累加值最小为总目标.这个模糊多目标订单分配问题如下.

这里,利用解决线性/非线性问题的经典软件 LINDO/LINGO,解决本文提出的订单分配问题,在数值计算例子中,假设其目标的权重分别为:$w_1 = 0.35$,$w_2 = 0.4$,$w_3 = 0.25$.

情况 1 不考虑中断损失时,数值例子的结果如下

$X_{112} = 6\,406$,$X_{122} = 7\,662$,$X_{133} = 17\,213$

情况 2 考虑供应中断损失,并且假设其中断损失函数为线性时,数值例子的结果为

$X_{112} = 6\,406$,$X_{122} = 7\,662$,$X_{13j} = 17\,213$

情况 3 考虑在 3 种不同情景下,具有的中断损失函数表达形式不同,数值例子结果 w 为

$X_{112} = 5\,000$,$X_{123} = 10\,002$,$X_{133} = 16\,279$

在上面的分析中发现，不同的供应中断损失函数能够改变最优订单分配的构成. 而现实中，不同的市场情况，也一定会对企业造成不同的中断损失. 本文的数值算例也从侧面证实如果想更好地反映现实的情况，必须对不同的情景进行分析，因为不同情景下的算例结果有较大的差异.

3 结束语

随着供货中断案例的不断涌现，使得风险管理在采购供应部门的应用备受瞩目. 而在供应链管理中，基于供应中断风险的订单分配正确与否，不但直接影响采购成本的高低，而且对企业的产品成本、柔性以及竞争能力等都将产生重要的影响. 由此可见，科学合理地选择供应商和分配订单，对企业具有极为重要的现实意义.

关于供应商选择及订单分配已有很多研究，但是同时，考虑模糊目标和随机需求的线性非线性订单分配模型还没有在文献中提到. 本文首次建立该问题的模糊目标规划模型，并给出了该模型的求解过程.

参 考 文 献:

[1] Adhitya A, Srinivasan R, Karimi I A. A model-based rescheduling framework for managing abnormal supply chain events [J]. Computers and Chemical Engineering, 2007, 31(5): 496-518.

[2] Demirtas E A, ÖdenÜ. An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation [J]. Omega, 2008, 36(1): 76-90.

[3] Pan Wei, Yu Lean, Wang Shouyang, et al. A fuzzy multi-objective model for capacity allocation and pricing policy of provider in data communication service with different QoS levels [J]. International Journal of Systems Science, 2012, 43(6): 1054-1063.

[4] Basnet C, Leung J M Y. Inventory lot-sizing with supplier selection [J]. Computers and Operations Research, 2005, 32: 1-14.

[5] Balan S, Vrat P, Kumar P. RETRACTED: Information distortion in a supply chain and its mitigation using soft computing approach [J]. Omega, 2009, 37(2): 282-299.

[6] Pan Wei, Yu Lean, Wang Shouyang, et al. An integrated multi-objective decision model under stochastic demand, price breaks and disruption risk for order allocation in a multiple-supplier environment [C] // Advanced Materials Research, 2011: 387-390.

[7] 吴 军，李 健，汪寿阳. 供应链风险管理中的几个重要问题 [J]. 管理科学学报，2006，9(6): 1-12.
Wu Jun, Li Jian, Wang Shouyang. Some key problems in supply chain risk management [J]. Journal of Management Sciences in China, 2006, 9(6): 1-12. (in Chinese)

[8] 张 煜，汪寿阳. 不对称信息下供应商安全状态监控策略分析 [J]. 管理科学学报，2011，14(5): 11-18.
Zhang Yu, Wang Shouyang. Analysis of supplier's security state inspection strategy under asymmetric information [J]. Journal of Management Sciences in China, 2011, 14(5): 11-18. (in Chinese)

[9] Amid A, Ghodsypour S H, O'Brien C. A weighted additive fuzzy multiobjective model for the supplier selection problem under price breaks in a supply chain [J]. International Journal of Production Economics, 2007, doi: 10.1016/j.ijpe.02.040.

[10] 潘 伟，余乐安，张金隆，等. 模糊多目标订单分配模型 [J]. 武汉理工大学学报，2010，(3): 472-475.
Pan Wei, Yu Lean, Zhang Jinlong, et al. Fuzzy multi-objective model for order allocation [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2010, (3): 472-475. (in Chinese)

[11] 潘 伟，汪寿阳，华国伟，等. 基于模糊权重的多目标订单分配模型 [J]. 中国管理科学，2009，2: 80-85.
Pan Wei, Wang Shouyang, Hua Guowei, et al. Multi-objective order allocation model under fuzzy weight [J]. Chinese Journal of Management Science, 2009, 2: 80-85. (in Chinese)

[12] Bellman R G, Zadeh L A. Decision making a fuzzy environment [J] . Management Sciences, 1970, 17(4): B141-B164.

[13] Sakawa M. Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization [M] . New York: Plenum Press, 1993.

[14] Tiwari R N, Dharmahr S, Rao J R. Fuzzy goal programming-an additive model [J] . Fuzzy Sets and Systems, 1987, 24 (1), 27-34.

[15] Zimmermann H J. Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems [M] . Boston: Kluwer Academic Publishers, 1987.

[16] Zimmermann H J. Fuzzy Set Theory and Its Applications (fourth ed) [M] . Boston: Kluwer Academic Publishers, 1993.

[17] Zadeh L A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning [J] . Information Sciences, 1975, Ⅰ 8(3): 199-249; Ⅱ 8(4): 301-357; Ⅲ 9(1): 43-80.

[18] Zimmermann H J. Fuzzy programming and linear programming with several objective functions [J] . Fuzzy Sets and Systems, 1978, 1(1): 45-56.

[19] Lai Y J, Hwang C L. Fuzzy Multiple Objective Decision Making, Methods and Applications [M] . Berlin: Springer-Verlag, 1994.

[20] Hwang C L, Masud A S. Multiple Objective Decision Making Methods and Application: A State of Art Survey [M] . Berlin: Springer-Verlag, 1979.

Fuzzy multi-objective order allocation model with supply disruption

PAN Wei

School of Economics and Management of Wuhan University, Wuhan 430072, China

Abstract: Order allocation is one of the most critical activities in purchasing management in a supply chain. In real situations, order allocation includes much uncertain information and supply disruption. In order to solve the problem, a fuzzy linear/nonlinear programming and scenario analysis are developed. Finally, a numerical example is given to illustrate the proposed model.

Key words: scenario analysis; fuzzy objective; supply disruption; stochastic demand