

# 随机需求下构建供应商数量选择模型

黄越(教授) 曹雨薇

(西安工业大学建筑工程学院 西安 710032 西安工业大学经济管理学院 西安 710032)

**【摘要】** 由于市场需求的随机性,为减少采购商临时改变采购量造成的损失,供应商通常会设定一定的罚金来约束采购商。本文以总成本最小为目标,在采购商可接受风险范围内建立供应商数量选择模型,并结合实例进行验证。结果表明,所构建的供应商数量选择模型可有效避免采购商选择过多供应商带来成本增加和选择过少供应商带来较高采购风险。

**【关键词】** 需求随机 罚金 总成本 采购风险 供应商数量

## 一、引言

供应商数量选择问题是目前学术界研究的核心问题之一。供应商数量对企业的成本和采购风险有重要影响,因此在确定供应商数量时考虑这两方面的因素具有重要意义。在市场需求随机情况下,供应商为减少采购商临时改变采购量对其造成的损失,通常会设定一定的罚金作为对采购商的约束。因此,采购商在可接受的风险范围内,考虑采购成本的同时还要考虑由于市场的随机性带来的供应商制定的罚金问题。

现有供应商数量选择问题的研究多从采购风险角度出发,通过决策树模型对共同风险事件和个体风险事件的发生概率、由此而带来的经济损失,以及企业管理多个供应商的管理成本得到一个企业最优供应商数量的计算公式。或从采购总成本角度出发,采用两种求解方法:一种是以“单价×数量+合作成本”表示采购总成本,并以此最小为目标建立模型;另一种是以“订货成本+库存成本+产品总价格+交易成本”表示采购总成本,并以此最小为目标建立模型。

以上研究缺乏对采购风险和成本相结合的综合考虑。基于此,本文在充分考虑市场随机的情形下,通过以总成本最小为目标,建立在采购商可接受风险范围内供应商数量选择模型,并举实例进行分析,验证模型的有效性和可行性。

## 二、问题描述

已知有  $N$  家待选供应商,且  $N$  家供应商存在两种自然状态:供应商全部中断供货或供应商全部正常供货。采购商从  $N$  家供应商处采购同种产品,在市场需求随机情况下,采购商有权临时改变采购量,供应商对采购商可能的行为制定罚金为  $F_{(n)}$ ,那么采购商究竟要选择多少家提供同种产品的供应商进行供货,才能使总成本最小呢?此处,总成本=采购成本+罚金=物料成本  $U_{(n)}$ +合作成本  $V_{(n)}$ +罚金  $F_{(n)}$ 。

为了便于讨论,本文提出以下假设:

(1)采购总成本假设:①供应商生产能力有限;②不考虑价格折扣。

(2)采购风险假设:①假设系统事件  $P_c$  (指影响整个国家甚至全世界、使所有供应商同时中断供货的事件,如大规模自然灾害和金融风暴等)和个体事件  $P_{di}$  (指只影响某一个供应商,使其不能供货的事件,如意外事件和机器故障等)是独立事件;②每个个体事件相互独立且每个供应商中断不能供货的概率相等,即:  $P_{d1}=P_{d2}=\dots=P_{dx}=P_{di}$ 。

## 三、模型构建

1. 模型相关参数说明:  $i$  为供应商序号,  $i=1, 2, \dots, N$ ;  $N$  为可选供应商数;  $D$  为商品的需求量,是随机函数服从正态分布  $N(\mu, \sigma^2)$ ;  $p_i$  为从供应商  $i$  处采购产品的单价;  $q_i$  为从供应商  $i$  处采购产品的数量;  $c_i$  为供应商  $i$  供应产品的最大数量;  $r_0$  为固定费用;  $k_0$  为边际合作成本;  $\alpha$  为限制机会约束条件成立的概率大小的置信水平;  $\epsilon_i$  为数量增加罚金系数;  $\beta_i$  为数量减少罚金系数;  $QMIN_i$  为从供应商  $i$  订购产品的最小数量;  $QMAX_i$  为从供应商  $i$  定购产品的最大数量。

决策变量为:  $x_i = \begin{cases} 0, & \text{第 } i \text{ 个供应商不供货时} \\ 1, & \text{第 } i \text{ 个供应商供货时} \end{cases}$

2. 构建的模型如下:

$$\begin{aligned} \min TC &= \min(U_{(x)} + V_{(x)} + F_{(x)}) \\ &= \sum_{i=1}^N x_i p_i q_i + \sum_{i=1}^N (r_0 + k_0 x_i) + \sum_{i=1}^N x_i \max[(QMIN_i - q_i), 0] \\ &\quad \times \beta_i + \sum_{i=1}^N x_i \max[(q_i - QMAX_i), 0] \times \epsilon_i \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)中:  $U_{(x)} = \sum_{i=1}^N x_i p_i q_i$ , 供应商数量越多,物料成本越大。 $V_{(x)} = \sum_{i=1}^N (r_0 + k_0 x_i)$  代表制造商与供应商的合作交易成本,它随着供应商数量的增多而增大。

式(1)中,  $F_{(x)} = \sum_{i=1}^N x_i \max[(QMIN_i - q_i), 0] \times \beta_i + \sum_{i=1}^N x_i \max[(q_i - QMAX_i), 0] \times \epsilon_i$ , 其中,  $\sum_{i=1}^N x_i \max[(QMIN_i - q_i), 0] \times \beta_i$

$\beta_i$ 代表需求数量减少罚金,指  $q_i$  小于供应商在一次生产计划中的最小量(因为剩余部分会给供应商带来存储成本)。因此,供应商根据各自情况制定不同数量减少的罚金系数  $\beta_i$  和最小订货量水平  $QMIN_i$ , 如果采购商从供应商  $i$  采购产品的数量  $q_i \leq QMIN_i$ , 则采购商向供应商  $i$  支付数量减少罚金  $(QMIN_i - q_i) \times \beta_i$ , 随着供应商数量增加, 采购商在各供应商处采购越分散, 需求数量减少罚金增加。

式(1)中,  $\sum_{i=1}^N x_i \max[(q_i - QMAX_i), 0] \times \varepsilon_i$  代表需求数量

增加罚金,是指每个供应商会向多个采购商提供产品,因此会为每个可能的采购商制定基于生产能力的最大供货数量计划,如果  $q_i > c_i$ , 那么供应商将会更改生产计划以完成采购商要求, 因此会要求一定的罚金;  $\varepsilon_i$  是数量增加罚金系数, 是当  $q_i > QMAX_i$  且  $q_i = c_i$  时, 采购商应支付的罚金, 随着供应商数量增加, 制造商在各供应商处采购越集中, 需求数量罚金增加越多。

$$s.t. \quad q_i \leq c_i \quad (2)$$

$$\Pr\left[\sum_{i=1}^N q_i \geq d_i\right] \geq \alpha \quad (3)$$

$$q_i \geq 0 \text{ 且为整数} \quad (4)$$

$$P_x \leq p_0 \quad (5)$$

式(2)表示对每个提供该采购项目需求的供应商的供应能力的限制。式(3)表示采购量应该满足需求的机会约束。式(4)表示采购量的约束。式(5)是采购商可接受的风险水平指标上界  $p_0$ , 其中  $P_x = P_c + (1 - P_c)P_d^x$ , 即  $x$  个供应商同时中断的概率。

#### 四、案例分析

假设  $N$  公司计划从 5 家供应商采购 1.5 万个产品, 且每一家采购数量相同(3 000 个), 且  $N$  公司与每一家供应商的合作成本均为 1 500 元, 所有供应商同时中断的系统事件发生的概率  $p_c = 0.005$ , 第  $i$  个供应商中断, 不能供货的单独事件发生的概率  $p_d = 0.1, p_0 = 0.01$ 。

供应商供应能力参数值如表 1 所示。供应商基本要求参数值如表 2 所示。

表 1 供应商供应能力参数值

供应商	$P_i$	$QMIN_i$	$\beta_i$ (元/件)	$QMAX_i$	$\varepsilon_i$ (元/件)	$q_i$	$r_0$	$k_0$	$c_i$
1	1.6	3 500	150	7 000	50	3 000	0	1 500	8 000
2	1.5	1 500	200	2 500	60	3 000	0	1 500	3 000
3	1.7	3 000	300	4 500	80	3 000	0	1 500	5 000
4	2.0	1 500	400	4 500	150	3 000	0	1 500	5 000
5	1.9	500	500	2 500	120	3 000	0	1 500	3 000

表 2 供应商基本要求参数

$\mu_i$	$\sigma_i^2$	$\alpha$	$\varphi^{-1}(\alpha)$
2 500	400	0.9	1.28

1. 计算采购总成本。计算过程略, 结果见表 3。

表 3 采购总成本

$x$	1	2	3	4	5
$U(x)$	4 800	9 300	14 400	20 400	26 100
$V(x)$	1 500	3 000	4 500	6 000	7 500
$F(x)$	75 000	75 000	150 000	150 000	150 000
	0	30 000	30 000	30 000	30 000
TC	81 300	117 300	198 900	206 400	213 600

2. 将机会约束根据给定的置信水平(式(3))转换成确定

约束, 即:  $\sum_{i=1}^N q_i \geq \mu + \Phi^{-1}(\alpha)\sigma$ 。

依据题设  $\alpha = 0.9, \Phi^{-1}(\alpha) = 1.28$ , 从而将随机单目标模型转换成确定约束单目标模型。

3. 计算  $x$  个供应商同时中断的概率:

$$P_1 = P_c + (1 - P_c)P_d^1 = 0.005 + 0.995 \times 0.1 = 0.104 5$$

$$P_2 = P_c + (1 - P_c)P_d^2 = 0.005 + 0.995 \times 0.1^2 = 0.014 95$$

$$P_3 = P_c + (1 - P_c)P_d^3 = 0.005 + 0.995 \times 0.1^3 = 0.005 99$$

$$P_4 = P_c + (1 - P_c)P_d^4 = 0.005 + 0.995 \times 0.1^4 = 0.005 1$$

$$P_5 = P_c + (1 - P_c)P_d^5 = 0.005 + 0.995 \times 0.1^5 = 0.005 01$$

4. 计算最优供应商数量  $x$ : 因为  $P_x \leq p_0, p_0 = 0.01$ , 所以  $x \geq 3$ ; 又因为  $x \geq 3$  时,  $\min TC = 198 900 = TC_3$ , 所以最优供应商数量  $x = 3$ 。

#### 五、结论

本文针对市场需求随机且供应商生产能力有限的单产品采购的实际情形, 研究采购商可接受风险水平下, 以总成本最小为目标, 建立在采购商可接受风险范围内供应商数量选择模型, 并结合实例进行验证。结果表明, 在构建的供应商数量选择模型下, 可有效避免采购商选择过多供应商带来成本增加和选择过少供应商带来较高采购风险的情形。

【注】本文系陕西省教育厅项目“基于目标成本管理视角下的西安市装备制造业成本控制研究”(项目编号: 12JK0029)的研究成果。

#### 主要参考文献

1. 钟德强等. 合作竞争下的供应商数量优化问题研究. 管理科学学报, 2003; 6
2. 商学娜, 郑建国. 基于风险防范的供应商数量优化决策. 工业工程, 2008; 11
3. 张婧. 基于全球采购环境下的供应商选择与数量优化研究. 同济大学硕士论文, 2009
4. 闵雄军. 基于成本与风险因素的供应商和零售商数量优化. 复旦大学硕士论文, 2006
5. Pan A.. Allocation of Order Quantity Among Suppliers. Journal of Purchasing and Materials Management, 1989; 10
6. 蒋琦玮, 秦进, 史峰. 考虑风险控制的最优供应商数量确定方法. 系统工程, 2008; 2