

# 生产企业原材料的订购与运输

胡本海

黑龙江八一农垦大学 黑龙江大庆市 163319

**摘要:** 就生产企业原材料的订购和运输问题运用相应方法来进行求解和建立模型。对402家供货商的供货能力进行分析,以240周的总供货量、总订货量、大额订货次数、小额订货次数、出货完成次数百分比为指标,进行模型建立。

由问题一得到各供应商平均每周供应原材料的数量,并对题中所给数据进行分类统计,引入0-1变量,构建起选择供 应商家最少的0-1规划模型,以企业每周的原材料需求为约束条件,得出最少应选择三家供应商进行生产;供应商分别为S031、S189、S268。

由问题二得到各原材料采购量与总成本之间的关系,同时又知道8家转运商每周平均损耗率,由此构建以生产总成本及转运损耗率为多目标函数的规划模型,对其求解得到新的订购方案及转运方案,从而进行新的最优化。

在考虑产能最大的同时也要考虑成本最小,并且企业已经通过技术改造获得了更高的产能,根据原材料的供应商和转运商的实际情况进行分析,得出企业产能的数值,从而得到未来的订购及转运计划方案。

最后,我们合理地评价了模型的所得到的结果,发现模型与实际生活相符;且所建立的模型易于实现,容易推广应用到其他的领域,如医院的排队问题、制造企业的产业链问题等等,并且在最后还对模型进行了改良和完善,使模型更具有精确性。

**关键词:** 0-1规划; Lingo; 层次分析法; 多目标规划; MATLAB

## 1、问题重述

生产原材料总体可分为A, B, C三种类型。该企业每年按12个月,每个月4周,则共48周安排生产,但是我们要将生产线提前二十四周进行订货,定制好24周的原材料和转运商转至企业计划,即根据企业产能需求,从而确定需要订购的原材料供应商,并且相应的确定每周的原材料订购数量,还需要确定第三方物流公司进行委托将其供应商每周的原材料供货量进行转运到企业仓库。

企业每周的产能为 $2.82Wm^3$ , 每 $m^3$ 产品需消耗A:  $0.6m^3$ 或B:  $0.66m^3$ 或C:  $0.72m^3$ 。由于原材料具有不确定性,供应商不能严格按照订货量进行满足供应商,实际供货量可能多于或少于订货量。为了保证连续生产的需要或利益最大化的需要,该企业要尽可能的保持大于等于接下来两周生产需求的原材料库存量,为此该企业对供应商实际提供的原材料总是全部收购,即供应量 $>$ 订货量时,企业也总是全额收购。在实际转运过程中,原材料总会发生一定的损耗。每家转运商的运输能力固定为 $6000m^3/周$ 。一般情况下,一家供应商每周供应的原材料尽量应由一家转运商运输,否则不仅成本会变高,而且还会发生丢失货物的可能。原材料的采购成本将会直接影响到企业的生产效益,实际中的A类的采购单价比

C类原材料采购单价高20%; B类原材料的采购单价比C类原材料采购单价搞10%。三类原材料运输和储存的单位费用相同。

为此需要解决如下问题:

问题一, 将402家供应商的供货特征进行量化分析,建立反映保障企业生产重要性的数学模型,在此基础上确定50家最重要的供应商,并在论文中列表给出结果。

问题二, 参考问题1的结果,该企业应至少选择多少家供应商供应原材料才可能满足生产的需求? 针对这些供应商,为企业制定未来24周每周最经济的原材料订购方案,并据此制定损耗最少的转运方案。试对订购方案和转运方案的实施效果进行分析,从而得到优化模型。

问题三, 该企业为了压缩生产成本,现计划尽量多地采购A类原材料和尽量少地采购C类原材料,以减少转运及仓储的成本,同时希望转运商的转运损耗率尽量少。请制定新的订购方案及转运方案,并分析方案的实施效果。

问题四, 该企业通过技术改造已具备了提高产能的潜力。根据现有原材料的供应商和转运商的实际情况,确定该企业每周的产能可以提高多少,并给出未来24周的订购和转运方案。

## 2、符号说明

A 材料供应商的比例 B 材料供应商的比例 C 材料供应商的比例 P 订购原料使用的总量  $P_{\text{总}}$  最小成本  $\mu$  转运公司的损耗率 H 实际产能 W 产能提高的百分比 d 总供应商数 h 各种材料的单价 G 仓库储存的费用

## 3、问题分析与模型建立

### 3.1 问题分析

#### 3.1.1 问题一

通过对402家供货商的供货能力进行分析,以240周的总供货量,240周的总订货量,240周大额订货次数,240周小额订货次数,240周内出货完成次数比例为指标,对402家供应商进行分析比较,为了建立反映保障企业生产重要性的数学模型,我们对402家供应商进行层次分析法,将这些得出处理的数据进行多元层次化的相关分析,从而选出一个影响企业生产的重要性指标,再根据这个指标选出符合要求的50家重要供应商。

#### 3.1.2 问题二

由问题一可得各个供应商平均每周供应原材料的数量对附件一所提供的的数据进行分类统计,引入0-1变量,构建起选择供应商家最少的0-1规划模型,该企业每周对原料需求为约束条件,使用LINGO软件进行求解。

通过上述整数规划模型可以得到需提供产品的供应商信息,分别以各家供应商每周实际供应数量为未知量,以采购成本目标,从而构建相应的规划模型,进行求解可以得到各供应商的订购计划。

对上述所产生的订购方案,分别选择8家转运商,首先求出8家转运商的平均损耗,将转运商平均损耗由小到大依次排序即可。

#### 3.1.3 问题三

由问题2可以得到各原材料采购量与总成本之间的关系,同时又知道8家转运商每周平均损耗率,由此可以构建以生产总成本及转运损耗率为目标函数的目标规划,对其求解可以得到心得订购方案及转运方案。

#### 3.1.4 问题四

令所有转运商的实际情况在考虑产能最大的同时也要考虑成本最小。

### 3.2 模型建立

#### 3.2.1 问题一

人们定性区分事物的能力习惯用5个属性来表示,即同样重要、稍微重要、较强重要、强烈重要、绝对重要,当需要较高精度时,可以取两个相邻属性之间的值,这样就得到9个数值,即9个标度。为了便于将比较判断

定量化,引入1~9比率标度方法,规定用1、3、5、7、9分别表示根据经验判断,要素与要素j相比:同样重要、稍微重要、较强重要、强烈重要、绝对重要,而2、4、6、8表示上述两判断级之间的折衷值。

注:  $a_{ij}$  表示要素i与j相对重要度之比,且有以下关系:

$$a_{ij} = 1/a_{ji}, a_{ii} = 1, i, j=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

显然,比值越大,则要素i的重要度就越高用层次分析法对五个指标进行重要性评估

#### 3.2.2 问题二

由问题1求解可得分别对402家供应商计算每周平均供应量对附件1数据分别按照A、B、C三种原材料分类,得到对应的每周平均供应量为  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ , 其中

$$A_1 = \begin{pmatrix} A_{11} \\ A_{21} \\ A_{31} \\ A_{41} \\ \vdots \\ A_{w1} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$B_1 = \begin{pmatrix} B_{11} \\ B_{21} \\ B_{31} \\ B_{41} \\ \vdots \\ B_{u1} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$C_1 = \begin{pmatrix} C_{11} \\ C_{21} \\ C_{31} \\ C_{41} \\ \vdots \\ C_{s1} \end{pmatrix} \quad (4)$$

令:

$$\begin{aligned} a &= [a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad \dots \quad a_w] \\ b &= [b_1 \quad b_2 \quad b_3 \quad \dots \quad b_u] \\ c &= [c_1 \quad c_2 \quad c_3 \quad \dots \quad c_s] \end{aligned} \quad (5)$$

由题意得每周供应数量大于等于最大生产能力,则:

$$\begin{aligned} a \times A_1 &\geq (2.82W_1/0.6 \times 10^4) \\ b \times B_1 &\geq (2.82W_2/0.66 \times 10^4) \\ c \times C_1 &\geq (2.82W_3/0.72 \times 10^4) \end{aligned} \quad (6)$$

其中  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  为问题一中的占比数值

$$a_i=0, 1 \quad b_i=0, 1 \quad c_i=0, 1 \quad (7)$$

#### 3.2.3 问题三

本问所使用的数据均为问题二中最终所选择的商家数据

令A类采购量为

$$(x_1 \ x_2 \ x_3 \ \dots \ x_n) \quad (8)$$

B类采购量为

$$(y_1 \ y_2 \ y_3 \ \dots \ y_m) \quad (9)$$

C类采购量为

$$(z_1 \ z_2 \ z_3 \ \dots \ z_y) \quad (10)$$

$$\text{则采购成本为A类 } h(1+20\%) \sum_{i=1}^n x_i \quad (11)$$

$$\text{B类 } h(1+10\%) \sum_{i=1}^m y_i \quad (12)$$

$$\text{C类 } h \sum_{i=1}^y z_i \quad (13)$$

令转运费为  $f$ 元/ $m^3$

仓储费用为  $y$ 元/ $m^3$ /周

$$\text{则转运费 } F = f \left( \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^m y_i + \sum_{i=1}^y z_i \right)$$

$$\text{仓储费用 } G = 2g \left( \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^m y_i + \sum_{i=1}^y z_i \right)$$

则企业生产总成本

$$P_{\text{总}} \min p_{\text{总}} = [h(1+20\%) + f + g] \sum_{i=1}^n x_i + [h(1+10\%) + f + g] \sum_{i=1}^m y_i + [h + f + g] \sum_{i=1}^y z_i$$

#### 4.2.4问题四

令所有转运商的实际情况在考虑产能最大的同时即又需要考虑成本最小

成本  $P_{\text{总}}$

$$p_{\text{总}} = [h(1+20\%) + f + g] \sum_{i=1}^n x_i + [h(1+10\%) + f + g] \sum_{i=1}^m y_i + [h + f + g] \sum_{i=1}^y z_i$$

在新的约束条件下使用多目标规划模型求得最小值，进而求出提高的产能比率。

### 4、模型求解

#### 4.1问题1的求解

构建判断矩阵A

判断矩阵是层次分析法的基本信息，也是进行权重计算的重要依据。根据结构模型，将图中各因素两两进行判断与比较，构造判断矩阵：判断矩阵A-B B1-C B2-C B3-C B4-C B5-C的一致性检验使用MATLAB软件求得一致性  $cr1=0.0161$   $cr2=0.0053$   $cr3=0.0015$   $cr4=0.0000$   $cr5=0.0089$   $cr6=0.0000$

经过分析得  $cr5$ 值最大，因此以240周小额订货次数为指标，选出排名前50的供应商。

#### 4.2问题2的求解

$W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ 为问题一中的占比数值

$$a_i=0, 1 \quad b_i=0, 1 \quad c_i=0, 1$$

要使得供应商家数量最少，则总供应商加数量为  $d$ ，则：

$$\min d = \sum_{i=1}^{i=w} a_i + \sum_{i=1}^{i=u} b_i$$

$$+ \sum_{i=1}^{i=x} c_i \text{ s.t. } \begin{cases} [a_1 \ a_2 \ a_3 \ \dots \ a_w] * A_1 \geq 2.82W_1/0.6 \\ [b_1 \ b_2 \ b_3 \ \dots \ b_u] * B_1 \geq 2.82W_1/0.66 \\ [c_1 \ c_2 \ c_3 \ \dots \ c_x] * C_1 \geq 2.82W_1/0.72 \\ W_1, W_2, W_3 \text{ 为 A, B, C 二种原材料的占比} \\ a_i = 0, 1 \\ b_i = 0, 1 \\ c_i = 0, 1 \end{cases}$$

通过使用LINGO求解上述0-1规划可得到所选供应商商家数选择供应商商家数为三个，分别为S031、S189、S268。它们的周平均供货量、订货百分比、供货百分比、供货量与订货量的差值、供货大于订货周数、供货大于订货周数、周供货量极差、周供货量方差

要使得得到24周每周最经济的原料订购方案，首先令：

供应A原料的供应商供应量为  $(x_1 \ x_2 \ x_3 \ \dots \ x_n)$

供应B原料的供应商供应量为  $(y_1 \ y_2 \ y_3 \ \dots \ y_m)$

供应C原料的供应商供应量为  $(z_1 \ z_2 \ z_3 \ \dots \ z_y)$

则A原料总数为  $\sum_{i=1}^n x_i$

B原料总数为  $\sum_{i=1}^m y_i$

C原料总数为  $\sum_{i=1}^y z_i$

令订购原料使用的总量为  $P$ ，则

$$P = h(1+20\%) \sum_{i=1}^n x_i + h(1+10\%) \sum_{i=1}^m y_i + h \sum_{i=1}^y z_i$$

其中  $h$ 为C的单价对于每周所供原材料必须满足生

$$\text{产所需，则： } \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{0.6} + \frac{\sum_{i=1}^m y_i}{0.66} + \frac{\sum_{i=1}^y z_i}{0.72} \geq 2.82 * 10^4$$

综上所述：

$$\min P = h(1+20\%) \sum_{i=1}^n x_i + h(1+10\%) \sum_{i=1}^m y_i + h \sum_{i=1}^y z_i$$

$$\begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{0.6} + \frac{\sum_{i=1}^m y_i}{0.66} + \frac{\sum_{i=1}^y z_i}{0.72} \geq 2.82 * 10^4 \\ x_i \geq 0 \\ y_i \geq 0 \\ z_i \geq 0 \end{cases}$$

进行求解得：订购原料使用的总量为24364万立方米。

对于以上求解所得数据整理得到最优化订货方案，对附件2中8家转运商方案平均每个周期损耗率统计优先满足损耗较少的运转公司，每家的运转量不超过6000立方米。

#### 4.3问题3的求解

由模型得知企业生产总成本

$$P_{\text{总}} \min p_{\text{总}} = [h(1+20\%) + f + g] \sum_{i=1}^n x_i + [h(1+10\%) + f + g] \sum_{i=1}^m y_i + [h + f + g] \sum_{i=1}^y z_i$$

令转运商的转运损耗率为  $\mu$ ，则由问题而得到：

$$\min \mu = \frac{\sum_{j=1}^8 u_{1j} \mu_j + \sum_{j=1}^8 u_{2j} \mu_j + \sum_{j=1}^8 u_{3j} \mu_j}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^m y_i + \sum_{i=1}^y z_i}$$

其中，约束条件为：

$$\text{s. t.} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{j=3} u_{i,j} \leq 6000 \\ u_{ij} \geq 0 \\ \sum_{j=1}^8 u_{1j} = \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{j=1}^8 u_{2j} = \sum_{i=1}^m y_i \\ \sum_{j=1}^8 u_{3j} = \sum_{i=1}^y z_i \\ \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{0.6} + \frac{\sum_{i=1}^m y_i}{0.66} + \frac{\sum_{i=1}^y z_i}{0.72} \geq 2.82 * 10^4 \\ x_i \geq 0 \\ y_i \geq 0 \\ z_i \geq 0 \end{array} \right.$$

由最小成本及最小损耗率进行构建得到目标函数，并且根据约束条件，利用LINGO18.0进行求解得：

若到下一周期时

$$k = \frac{\sum_{j=1}^8 u_{1j} \mu_j}{0.6} + \frac{\sum_{j=1}^8 u_{2j} \mu_j}{0.66} + \frac{\sum_{j=1}^8 u_{3j} \mu_j}{0.72}$$

将约束条件中一式变为

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{0.6} + \frac{\sum_{i=1}^m y_i}{0.66} + \frac{\sum_{i=1}^y z_i}{0.72} \geq 2.82 * 10^4 * k$$

循环计算分别得到24周的计划及调运方案。

#### 参考文献：

- [1]焦光虹,王希连,张云飞,尚寿亭.数学实验[M].黑龙江:哈尔滨工业大学出版社,2005.
- [2]沈继红,施久玉,高振滨,张晓威.数学建模(修正版)[M].黑龙江:哈尔滨工业大学出版社,1996.
- [3]《运筹学》教材编写组.运筹学(第三版)[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [4]吴建国,汪名杰,李虎军,刘仁云.数学建模案例精编[M].北京:中国水利水电出版社,2005,42-66.
- [5]茆诗松,程依明,濮晓龙.概率论余数理统计教程[M].北京:高等教育出版社,2004,285-287,315-328.
- [6]谭浩强.C++面向对象程序设计[M].北京:清华大学出版社,2006:111-123.
- [7]阎小妍,孟虹,汤明新.美国医院质量评价体系及评价方法[J].中华医院管理杂志,2006,22(4):285-288.
- [8]王坤,马谢民.基于国际医疗质量指标体系的医院医疗质量评价[J].中国医院管理,2008,28(5):20-21.