

# 生产企业原材料的订购与运输

## 摘要

本文通过深入探索生产企业原材料的订购与运输，挖掘材料订购、供应和转运数据，建立了供应商和转运商的评价模型、整数规划模型、多目标决策模型以及多元回归模型，并基于此确定了在不同实际情况的条件下企业每周的订购方案及转运方案，具有现实意义。

问题一：为更加直观地体现供应商供货特征量化的结果，本文引入“供应商评分” $y_j$ 作为最终评判标准。在已知各个供应商中企业的订货量和供货量的情况下，本文通过挖掘数据，寻找出的评价指标为供应差值、供应稳定性、供应弹性、供应积极性和供应能力，并以次建立供应商的评价模型。选取好评价指标后，应通过层次分析法构造判断矩阵、检验判断矩阵的一致性，最终确定各指标的权重，算得402家供应商的评分，评分位列前50位的则为所求的50家最重要的供应商。求解结果见支撑材料。

问题二：本文问题二分解为三个子问题进行分析求解。

针对子问题一，确定最少供应商数目，本文引入概念“完成率=某供应商实际供货量/应供量”。将某供应商的完成率与最大供应值的乘积认定为此供应商理论供应值从而建立整数规划。为简化运算提高效率本题利用蒙特卡洛算法求出最少供应商数目为40家，其中供应A、B、C类材料的供应商数目分别为0、0、40家。

针对子问题二，本文分为四个步骤进行解题。第一，确定企业每周对生产A、B、C材料的供应商的计划订货量。通过挖掘数据，寻找影响因素对其进行层次分析。第二，计算经济条件最优下A、B、C材料的实际供应量。以采购成本最低为目标函数建立整数规划模型，求出A、B、C类材料应供量分别为12938、1547、3091立方米。第三，依据题目给定的正常生产要求确定企业对A、B、C材料订购总量与经济条件最优下A、B、C材料的实际供应量的关系。最后，依据企业对A、B、C材料订购总量与企业每周对生产A、B、C材料的供应商的计划订货量确定每周的订购方案。从可靠性的角度出发，应将各类供应商按照其评分由大到小依次排序，采用枚举法确定订购方案。具体订购方案数据见支撑材料。通过订购方案数值，本文可以得出以下两点：其一，绝大多数企业选择订货的供应商数量总和大于40家，即满足生产需求的最少选择供应商数。其二，优先选择评价分数高的企业进行订货，经济性最佳。

针对子问题三，确定运输方案，依据附件2中内容，借助从层次分析法建立评价模型对转运商进行评价；采用灰色预测模型对中短时期内各转运商未来的损耗率进行预测，基于其评分及估测损耗率可确定转运方案，结果进行分析得：企业优先选择评价较高的转运商进行转运使得材料总损耗率最低。本题具体转运方案数据见支撑材料。

问题三：问题三为一个多目标规划问题。企业在原基础上新增两目标：1.压缩生产成本，尽量多地采购A类和尽量少地采购C类原材料，以减少转运及仓储的成本；2.希望转运商的转运损耗率尽量少。由此可建立多目标规划模型，进行优化得A、B、C类材料应供量分别为42075,22699,3089立方米时比较合适。在此基础上沿用第二问中的订购及转运模型求解即可得到本题新的订购方案及转运方案。本题具体结果详见支撑材料。

问题四：经过之前的求解，可得企业产能主要受供应与转运两方面的影响，这两方面均受多种因素影响，由此可建立多元回归方程求解。因总体订购量与总体损耗率之间的联系较复杂，为简化运算，先求解总体订购量，在此基础上再结合灰色预测求总体损耗率，从而求解，产能增加量表已放入文中。本题同样沿用第二问中的订购及转运模型求解得到本题新的订购方案及转运方案。

**关键词:**企业对原材料的订购与转运方案；层次分析法；整数规划模型；灰色预测法

# 1 问题重述

## 1.1 问题背景

某建筑和装饰板材的生产企业所用原材料主要是木质纤维和其他植物素纤维材料,总体可分为A, B, C三种类型。该企业每年按48周安排生产, 需要提前制定24周的原材料订购和转运计划, 即根据产能要求确定需要订购的原材料供应商(称为“供应商”)和相应每周的原材料订购数量(称为“订货量”), 确定第三方物流公司(称为“转运商”)并委托其将供应商每周的原材料供货数量(称为“供货量”)转运到企业仓库。

该企业每周的产能为2.82万立方米, 每立方米产品需消耗A类原材料0.6立方米, 或B类原材料0.66立方米, 或C类原材料0.72立方米。由于原材料的特殊性, 供应商不能保证严格按订货量供货, 实际供货量可能多于或少于订货量。为了保证正常生产的需要, 该企业要尽可能保持不少于满足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。

在实际转运过程中, 原材料会有一定的损耗(损耗量占供货量的百分比称为“损耗率”), 转运商实际运送到企业仓库的原材料数量称为“接收量”。每家转运商的运输能力为6000立方米/周。通常情况下, 一家供应商每周供应的原材料尽量由一家转运商运输。

原材料的采购成本直接影响到企业的生产效益, 实际中A类和B类原材料的采购单价分别比C类原材料高20%和10%。三类原材料运输和储存的单位费用相同。

## 1.2 相关数据说明

1.附件1: 该企业近5年402家原材料供应商的订货量和供货量数据。数据说明如下:

(a)企业的订货量: 第一列为供应商的名称; 第二列为供应商供应原材料的类别; 第三列及以后共240列为企业向各供应商每周的订货量(单位: 立方米); 数值“0”表示相应的周(所在列)没有向供应商(所在行)订货。

(b)供应商的供货量: 第一列为供应商的名称; 第二列为供应商供应原材料的类别; 第三列及以后共240列为各供应商每周的供货量(单位: 立方米); 数值“0”表示相应的周(所在列)供应商(所在行)没有供货。

2.附件2: 某8家转运商的运输损耗率数据。数据说明如下:

(a)第一列为转运商的名称; 第二列及以后共240列为每周各转运商的运输损耗率(%), 即损耗率=(供货量-接收量)/供货量; 数值“0”表示没有运送。

## 1.3 问题清单

1. 根据附件1, 对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。

2. 参考问题1, 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。

3. 该企业为了压缩生产成本, 现计划尽量多地采购A类和尽量少地采购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。

4. 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 模型假设

1. 假设采购成本仅由供应商实际供应量决定。若企业订货而供应量不足，企业只承担实际供应量对应成本，无需承担除此以外费用；
2. 假设企业订购原材料时已有满足一周生产需求的原材料库存量；
3. 假设原材料的供货及转运可以快速完成，时间成本降至最低；
4. 假设企业负责人均为理性人，在确定供应商与转运商时仅参考评分；
5. 假设问题三中每家转运商尽可能满载。

## 3 符号说明

符号	符号说明
$x_i$	选定的第i个供应商评价指标
$x'_i$	第i个供应商评价指标归一化后的数据
$x'_{i_j}$	归一化后第j个供应商第i个指标的数据
$y_j$	第j个供应商的评分
$z_{order}(i)$	第i周供应商受到企业的订货量
$z_{supply}(i)$	第i周供应商的实际供货量
$z'_{order}(k)$	第k月供应商受到企业的订货量
$z'_{supply}(k)$	第k月供应商的实际供货量
$a_i$	第i个供应商评价指标的权重
$\alpha$	供应商的满足率
$\beta$	问题二中的随机取样最小损耗率
$b_i$	第i个转运商评价指标的权重
$w_i$	转运商第i个评价指标
$e_{i-j}$	第i周第j家转运商的评分为
$S_h(h = A, B, C)$	A、B、C 材料的实际供货总量
$t_h(h = A, B, C)$	A、B、C材料的实际供应量
$S_{h.i.j}(h = A, B, C; i = 1, \dots, 24; j = 1, \dots, n_h)$	企业每周对每家供应商的计划订货量
$cp_0$	原产能

## 4 模型建立与求解

通过题目，我们可以归纳出供应商、转运商与企业三者的关系如下图：

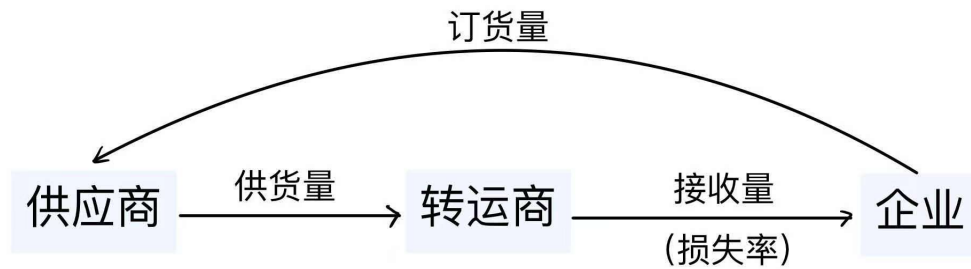


图1：供应商、转运商与企业关系

以此关系为基础，我们建立了以下模型：

#### 4.1 问题一模型的建立与求解

##### 4.1.1 问题一分析：

问题一要求我们根据附件1对402家供应商的供货特征进行量化分析，并对供应商进行重要性程度评价。为更加直观地体现供应商供货特征量化的结果，本题引入“供应商评分” $y_j$ 作为最终评判标准。在已知各个供应商中企业的订货量和供货量的情况下，需通过挖掘数据，寻找评价指标以建立供应商的评价模型。选取好评价指标后，应通过层次分析法构造判断矩阵、检验判断矩阵的一致性，最终确定各指标的权重，算得402家供应商的评分，评分位列前50位的则为所求的50家最重要的供应商。本题思路流程图如下：

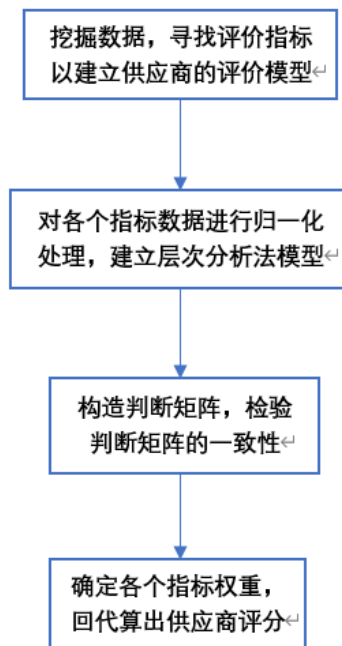


图2：问题一思路流程图

##### 4.1.2 模型准备：

###### 1.评价指标的选取：

(a) 指标一：供应差值 $x_1$ ：

供应差值是指供应商在240周内供货量与其受到企业订货量差值的总和。供应差值越大，说明供应商越能满足企业需求，供应商的评分也越高。其计算方式如下：

$$x_1 = \sum_{i=1}^{240} (z_{supply}(i) - z_{order}(i)) \quad (1)$$

(b)指标二：供应稳定性 $x_2$ ：

供应稳定性是指供应商在240周内供货量少于订货量情况下供货量与订购量差值的方差的负值。供应稳定性反映了供应商供货不足的稳定情况。供应稳定性越低，说明供应商供货越不稳定，供应商的评分也越低。其计算方式如下：

$$x_2 = -\frac{\sum_{i=1}^n (z_{supply}(i) - z_{order}(i))^2}{n-1} \quad (2)$$

其中n代表供货量少于订货量的情况总数。

(c)指标三：供应弹性 $x_3$ ：

供应弹性为供货量与订货量的差值与订货量的比，其反映了企业对于供货的调动能力。如在一定的订货量范围内，供货商均能保证正常供货（无论订货量大小），则认为该供货商的供应弹性好。供应弹性越好，供应商的评分越高。供应弹性的计算方式如下：

$$x_3(i) = \begin{cases} 0, & \frac{z_{supply}(i) - z_{order}(i)}{z_{order}(i)} > 0.5 \\ 1, & \frac{z_{supply}(i) - z_{order}(i)}{z_{order}(i)} \leq 0.5 \end{cases} \quad (3)$$

$$x_3 = \sum_{i=1}^{240} x_3(i) \quad (4)$$

上式中， $x_3(i)$ 为供应商的第i周的供应弹性，其每周的总和 $x_3$ 即为总供应弹性。对于边界问题，根据MATLAB的计算显示，当 $\frac{z_{supply}(i) - z_{order}(i)}{z_{order}(i)}$ 的边界取为0.5时，各个企业的供应弹性区分度较高，利于模型的建立。

(d)指标四：供应积极性 $x_4$ ：

供应积极性是指供应商的供应差值按月份的增长率的均值。供应积极性反映了供应商随月份变化其供应满足率的变化。供应积极性越高，说明供应商随时间推移越来越能满足企业订货需求，供应商的评分也越高。某供应商的供应积极性计算方式如下：

$$x_4 = \frac{\sum_{k=1}^{59} \left( \frac{z'_{supply}(k+1) - z'_{order}(k+1)}{z'_{supply}(k) - z'_{order}(k)} - 1 \right)}{59} \quad (5)$$

上式中，k为月份， $z'_{supply}(k)$ 表示企业第k个月的供应量， $z'_{order}(k)$ 表示企业第k个月的收到的订货量。

(e)指标五：供应能力 $x_5$ ：

供应能力是指供应商的最大供货量。供应商单次供货量越大说明供应商的供应能力越强，供应商的评分越高。其计算方法如下：

$$x_5 = \max\{z_{supply}(i)\} (i = 1, 2, 3, \dots, 240) \quad (6)$$

#### 4.1.3 问题一供应商评价模型的建立：

##### 1.评价指标权重的层次模型：

根据上述评价指标的确立，我们运用层次分析法建立评价指标权重的层次模型，层次分析结构图如下：

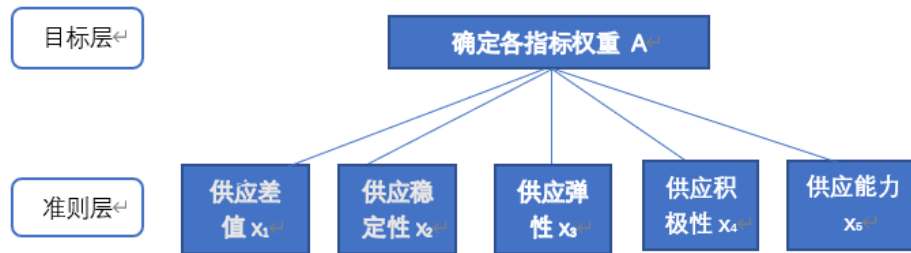


图2：评价指标权重层次分析结构图

##### 2.评价指标权重层次模型矩阵的构造：

建立层次分析模型后，我们就可以在各元素中进行两两比较，构造出判断矩阵。我们所运用的标度方法如下图所示：

表 九级标度表	
标度	含义
1	表示两因素 <i>i</i> 、 <i>j</i> 相比， <i>i</i> 因素与 <i>j</i> 因素相同重要
3	表示两因素 <i>i</i> 、 <i>j</i> 相比， <i>i</i> 因素比 <i>j</i> 因素略微重要
5	表示两因素 <i>i</i> 、 <i>j</i> 相比， <i>i</i> 因素比 <i>j</i> 因素明显重要
7	表示两因素 <i>i</i> 、 <i>j</i> 相比， <i>i</i> 因素比 <i>j</i> 因素强烈重要
9	表示两因素 <i>i</i> 、 <i>j</i> 相比， <i>i</i> 因素比 <i>j</i> 因素极端重要
2, 4, 6, 7, 8	上述两相邻判断的中值
倒数	表示两因素 <i>j</i> 、 <i>i</i> 相比， <i>j</i> 因素与 <i>i</i> 因素的重要性标度

图3：常用的1-9标度方法

考虑到供应商的供应能力收到外部主观条件影响较大、供应的满足率对企业生产的重要性，我们通过权衡构造如下判断矩阵：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 & 5 & 7 \\ \frac{1}{3} & 1 & 2 & 2 & 5 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 3 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}$$

##### 3.评价指标权重层次模型矩阵的一致性检验：

我们建立判断矩阵的时候对于实际问题建立起来的判断矩阵往往满足不了一致性。造成这种原因是多种多样的，故我们必须对判断矩阵进行一致性检验以保证应用层次分析法分析得到的结论合理。在层次分析法中引入判断矩阵最大特征根以外的其余特征根的负平均值，作为度量判断矩阵偏离一致性的指标，即用不相容度CI：

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (n=5)$$

来检验判断思维的一致性。CI越大表明判断矩阵偏离完全一致性的程度就越大；CI越小，越接近0，则表明判断矩阵的一致性越好。上式中的 $\lambda$ 为对应矩阵的最大特征根，其特征向量（归一化后）作为权向量 $\omega$ ，即 $\omega$ 满足：

$$C\omega = \lambda\omega \quad (\lambda \geq n = 5)$$

但对于不同阶判断的一致误差不同，其CI值的要求也不同。为衡量不同阶判断矩阵是否具有 consistency，我们引入了判断矩阵的随机一致性指标RI值，对于1-9阶判断矩阵，RI值分别列于下表：

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

本题中的 $n=5$ ， $RI=1.12$ 。现在我们引入最终判断指标CR：

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

当CR小于0.1时即认为判断矩阵具有满意的一致性。不一致程度在容许范围内，可用其特征根作为权向量从而得到各准则权重，否则就需要调整判断矩阵，使之具有一致性。

上述的特征向量均经过归一化处理，我们设各评价指标归一化后的指标数据为 $x'_1, x'_2, x'_3, x'_4, x'_5$ ，归一化后第j个供应商第i个指标的数据为 $x'_{ij}$ ，各评价指标的权重分别为 $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ ，则供应商的评分为：

$$y_j = a_1 x'_{1j} + a_2 x'_{2j} + a_3 x'_{3j} + a_4 x'_{4j} + a_5 x'_{5j} \quad (7)$$

#### 4.1.4 问题一供应商评价模型的求解：

##### 1.预数据处理：

由于附件1中企业订货量与供货量同时为0的周数是相等的，且这些数据对于上述评价指标的计算无影响，因此为了简化运算、提高运算效率，我们将这些数据进行剔除。为了检验我们预处理的正确性，我们运用MATLAB进行检验，检验代码如下：

```
Ding=xlsread('附件 1 近 5 年 402 家供应商的相关数据','企业的订货量 (m³)','C2:IH403');
Gong=xlsread('附件 1 近 5 年 402 家供应商的相关数据','供应商的供货量 (m³)',
'C2:IH403');
Company_Num=402;
Week_Num=240;
sum1=0;
sum2=0;
for i=1:Company_Num
    for j=1:Week_Num
        if Ding(i,j)==0 && Gong(i,j)==0
            sum2=sum2+1;
        end
        if Ding(i,j)==0
            sum1=sum1+1;
        end
    end
end
end
```

图4：预数据处理检验代码

运行代码后结果为sum1=sum2，这说明企业订货量与供货量同时为0的的周数是相等的，数据处理简化过程未出现错误。

## 2.求解过程：

首先,我们对各个评价指标进行归一化处理，归一化公式如下：

$$x'_{1n} = \frac{x_{1n} - x_1^{min}}{x_1^{max} - x_1^{min}}$$

各个指标归一化的全部结果可见支撑材料。

其次，我们对评价指标的层次分析模型进行求解。MATLAB详细代码见附件。通过求解可得：

$$\begin{cases} \lambda_{max} = 5.0830 \\ CI = 0.02076 \\ RI = 1.12 \\ CR = 0.01854 < 0.1 \end{cases}$$

分析数据可知该矩阵满足一致性。我们无需重新调整判断矩阵。在对各个指标进行归一化处理的条件下，由最大特征根求出特征向量，即因素权重的权向量 $\omega$ 为：

$$\omega = \begin{bmatrix} 0.4976 \\ 0.2173 \\ 0.1404 \\ 0.0938 \\ 0.0510 \end{bmatrix}$$

故 $a_1 = 0.4976, a_2 = 0.2173, a_3 = 0.1404, a_4 = 0.0938, a_5 = 0.0510$ 。供应商的评分 $y_j = 0.4976x'_{1j} + 0.2173x'_{2j} + 0.1404x'_{3j} + 0.0938x'_{4j} + 0.0510x'_{5j}$ 。

最后，我们将权重与供应商的评价指标数据带入供应商的评分方程进行求解，MATLAB详细代码见附件。求解出评分前50名的供应商结果如下：

各个供应商的评分（前50名）表 （完整表格见附件）



排名	供应商ID	供应商评分
1	S374	0.70677922
2	S348	0.657122689
3	S284	0.649937731
4	S282	0.647963913
5	S275	0.644714045
6	S306	0.644577934
7	S329	0.644289811
8	S268	0.643854075
9	S340	0.643289795
10	S365	0.643019962
11	S247	0.642901617
12	S194	0.642562934
13	S031	0.642137582
14	S356	0.642045049
15	S294	0.641908507
16	S229	0.641907767
17	S266	0.641796339
18	S352	0.641659977
19	S364	0.641375459
20	S218	0.641217097
21	S361	0.639955363
22	S040	0.639562009
23	S080	0.63906943
24	S131	0.639012746
25	S367	0.637971057
26	S346	0.636666049
27	S244	0.635445469
28	S123	0.635154213
29	S055	0.626645946
30	S143	0.624617172
31	S151	0.624373847
32	S150	0.618257299
33	S108	0.616560646
34	S330	0.615962678
35	S314	0.615951611
36	S114	0.615819683
37	S003	0.613487673
38	S291	0.606583689
39	S139	0.606330943
40	S007	0.606201652
41	S189	0.603587063
42	S338	0.598427574
43	S067	0.591948507
44	S307	0.59085377
45	S129	0.590370142
46	S005	0.587619928
47	S098	0.587351283
48	S037	0.585586702
49	S086	0.584554217
50	S213	0.584150796

## 4.2 问题二模型的建立与求解

### 4.2.1 问题二分析：

问题二分为三个小问题。子问题一要求选择出最少且能够满足生产需求的供应商数量，子问题二则要求基于此给该企业制定未来24周每周最经济的原材料订购方案，子问题三要求制定相应的损耗最少的转运方案。

针对子问题一，首先需确认的是满足生产需求的临界条件是实际供货量算得产能不小于2.82万立方米。由于所求的生产A、B、C三种类型的原材料的供应商均为整数，故本题可建立整数线性规划模型，利用限制条件求出最优结果。

针对子问题二，重点一在于确定企业对各个供应商的计划订货量；重点二在于以节约成本为目标建立整数规划求出A、B、C材料的实际供应量的最优解；重点三在于确定企业对A、B、C类型材料总订货量与在最经济条件下实际供货量的关系；以上可求出企业对各个供应商的计划订货量和企业对A、B、C类型材料订货总量的边界值，最后按照供应商分数顺序利用枚举法制定每周的订货方案。

针对子问题三，相比子问题二先应确定各个转运商的评分，后用子问题二中求出的企业对A、B、C类型材料总订货量加上题目中的限制条件按照转运商分数顺序利用枚举法制定每周的转运方案。

### 4.2.2 模型的建立与求解：

#### 1.子问题一模型的建立：

由于所求的生产A、B、C三种类型的原材料的供应商均为整数，我们设供应A、B、C类型的供应商分别有 $m_A, m_B, m_C$ 家，而我们选取的供应A、B、C类型的供应商分别有 $m_1, m_2, m_3$ 家。故本题可建立整数线性规划模型，目标函数为：

$$\min \quad z = m_1 + m_2 + m_3$$

而要求解出最优解我们还需确立本题的限制条件，三种类型的供应商数量我们可以从附件中数得，下文将聚焦于A、B、C三种类型产品的实际供应值的计算。

为了算出A、B、C三种类型产品的实际供应值，我们先是引入定义供应商的满足率 $\alpha$ ， $\alpha$ =实际总供货量/总订货量 $\times 100\%$ 。已知供应商的最大供应量为 $x_{5_j}$ ，我们取 $\alpha_j x_{5_j}$ 代表每家供应商的理论供应值。则生产A类型的供应商理论供应值为 $\frac{\sum_{j=1}^{m_A} \alpha_j x_{5_j}}{m_A}$ ，但是在运输过程中会出现损耗，当损耗越小时，我们得出的最优解才会越小，因此我们的目标是求出最小损耗率。我们运用MATLAB将附件2中的损耗率进行随机取样后即可得到当中最小损耗率为 $\beta$ 。

综上所述，子问题一建立的整数规划模型为：

$$\min \quad w = m_1 + m_2 + m_3 \quad (8)$$

$$s.t. \quad \begin{cases} \left( \frac{m_1 \sum_{j=1}^{m_A} \alpha_j x_{5_j}}{0.6m_A} + \frac{m_2 \sum_{j=1}^{m_B} \alpha_j x_{5_j}}{0.66m_B} + \frac{m_3 \sum_{j=1}^{m_C} \alpha_j x_{5_j}}{0.6m_C} \right) (1 - \beta) \geq 28200 \\ 0 \leq m_1 \leq 146 \\ 0 \leq m_2 \leq 134 \\ 0 \leq m_3 \leq 122 \end{cases} \quad (9)$$

#### 2.子问题一模型的求解：

针对最小损耗率 $\beta$ 的求解，我们先将附件2中0的数据进行剔除（0表示没有运送），后利用MATLAB中

的random函数随机抽样出附件2中的80%的损耗率数据，取其中最小的值作为最小损耗率，求得 $\beta = 0.0011\%$ 。我们将损耗率的集合进行随机抽样是为了体现转运的偶然性，而且考虑到题中要求我们求出选择供应商的最小值，我们因此取抽样最小损耗率进行计算。

之后我们对整数规划模型进行求解。如果我们运用枚举法试探，则共需计算 $146 \times 134 \times 122 = 2.386808 \times 10^6$ ，计算量较大。因此我们本题模型求解利用蒙特卡洛法随机计算 $10^6$ 个点，便可找到满意解，还简化了运算。本题蒙特卡洛算法代码如下：

```
format compact;
rand('state',sum(clock)); % 初始化随机数发生器
p0=-10000;
m0=[];
tic % 计时开始
for i=1:10^6
    m=[randi([0,146],1,1);randi([0,134],1,1);randi([0,122],1,1)];
    [f,g]=mengte(m,XAver_a,XAver_b,XAver_c,Sunhao_min);
    if all(g<=0)
        if p0<f
            m0=m;p0=f; % 记录下当前较好的解
        end
    end
end
toc % 计时结束
```

图4： 本题蒙特卡洛算法代码

运行代码解得：

$$\begin{cases} m_1 = 0 \\ m_2 = 0 \\ m_3 = 40 \\ w = 40 \end{cases}$$

故企业应至少选择40家供应商供应原材料才可能满足生产的需求。

### 3.子问题二模型的建立：

子问题二流程图如下所示：

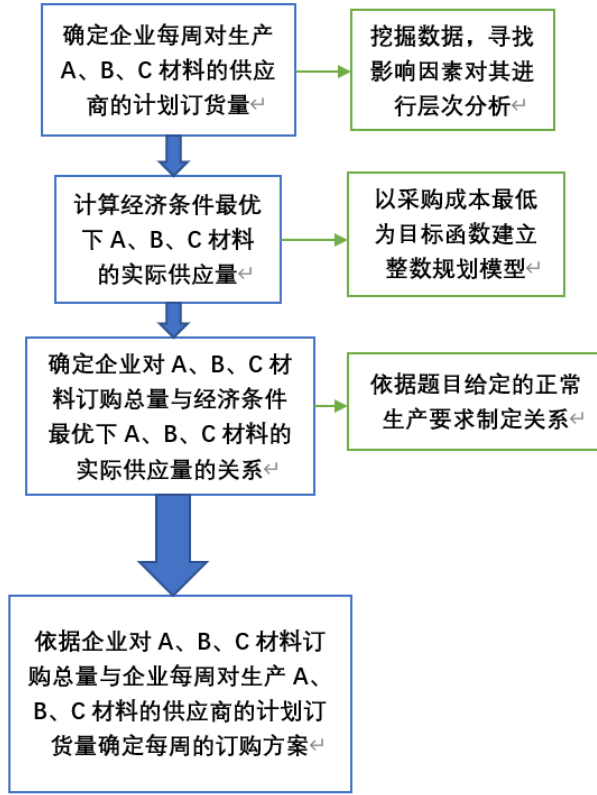


图5：子问题二流程图

(a)确定企业每周对供应商的计划订货量：

由于我们需从供应商中订货一定的A、B、C三种类型的材料，故我们先将附件1的供应商按照供应材料的类别进行分类排序，以便运算。其次，我们设企业每周对每家供应商的计划订货量为 $S_{h,i,j}$  ( $h = A, B, C; i = 1, 2, \dots, 24; j = 1, 2, \dots, n_h$ )。上式中 $i$ 代表周数； $h$ 代表供应商生产的材料类型； $j$ 为生产材料为 $h$ 型的供应商数量。在假设采购成本仅由供应商实际供应量决定下，我们将每一类的供应商依据其评分 $y_j$ 从高到低排序，即优先选择向高分的供应商订货来保证一定的供货量。

对于 $S_{h,i,j}$ 的确定，我们主要考虑了在过去240周中供应商供货量、供应商供货能力以及企业对供应商的订货量的影响。因为我们所要求的企业对各个供应商的订货量应当比供货量要大（保证生产的稳定性）、企业在订货会考虑到供应商的最大供应能力和平均供应能力、企业对供应商的订货量体现了企业对供应商的偏好，故我们基于附件1的数据考虑此三者因素的影响。

为了探究时间对供应商供货的影响，我们以24周为大单位将数据时间分为10个时间段，算出10个时间段中第 $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 24$ )周第 $j$ 家供应商供货能力的平均值，我们设其为 $aver_{i,j}$ ，则：

$$aver_{i,j} = \frac{\sum_{g=1}^{10} x_{5j}(i + 24(g-1))}{10} \quad (10)$$

其中 $x_{5j}(i + 24(g-1))$ 表示每个时间段每周供应商的供应能力。

从企业对供应商的订货量数据来说，其受时间推移的影响，我们同样以24周为大单位将数据时间分为10个时间段，算出10个时间段中第 $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 24$ )周第 $j$ 个供应商收到的订货量平均值，我们设其

为 $ord_{i-j}$ ，则：

$$ord_{i-j} = \frac{\sum_{g=1}^{10} z_{order}(i + 24(g - 1))}{10} \quad (11)$$

其中 $z_{supply}(i + 24(g - 1))$ 表示每个时间段每周的企业订货量。

从供应商最大供货能力来说，其不受时间的影响，第 $j$ 家供应商的最大供货能力为 $x_{5j}$ 。

综合考虑上面三个因素，由于本题主要考虑时间对订货方案的影响，故我们运用层次分析法来确定各个因素的权重。故我们建立企业每周对各个供应商的计划订货量如下：

$$S_{h.i-j} = d_1 aver'_{i-j} + d_2 ord'_{i-j} + d_3 x'_{5j} \quad (12)$$

我们认为本体当中重点在于研究24周的时间内订货量的变化，所以最大供货能力因素在这个层次分析中权重最小，而平均供货能力和订货量平均值能体现时间的影响，我们提高其权重。最终我们列得判断矩阵为：

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 9 \\ \frac{1}{2} & 1 & 8 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{8} & 1 \end{bmatrix}$$

经过数据归一化和矩阵一致性的判断后，我们就可以得到企业每周对每家供应商的订货量的方程，求出企业某周对生产A、B、C材料的某家企业的计划订货量 $S_{A.i-j}, S_{B.i-j}, S_{C.i-j}$ 。

(b)在最优经济条件下A、B、C材料的实际供应量：

我们设最优经济条件下A、B、C材料的实际供应量为 $t_h (h = A, B, C)$ ， $c$ 为材料单位采购成本。因此我们可以建立一下整数规划模型：

$$\min \quad v = 1.2ct_A + 1.1ct_B + ct_C \quad (13)$$

$$\begin{cases} -(\frac{t_A}{0.6} + \frac{t_B}{0.66} + \frac{t_C}{0.72})(1 - \beta) \leq -28200 \\ 2657 \leq t_A \leq 42075 \\ 1547 \leq t_B \leq 35257 \\ 3089 \leq t_C \leq 29182 \end{cases} \quad (14)$$

上式中 $t_A$ 的最小值是240周内生产A材料供应商供应量总和的最小值，最大值是240周内生产A材料供应商供应量总和的最大值，根据历史数据和实际情况的分析，我们认为A材料的总供应量不应小于往年最小值，也不应大于往年最大值，其应当在此区间内。B、C材料的供应量最值同理可得出。

(c)确定企业对A、B、C类型材料订货总量与在最经济条件下实际供货量的关系：

设A、B、C材料的实际供货总量为 $S_A, S_B, S_C$ 。我们假设订货时已有一周的原材料库存量，因此为保证正常生产，我们要尽量让 $S_A, S_B, S_C$ 靠近两倍的 $t_A, t_B, t_C$ 。企业对A、B、C类型材料订货量与在最经济条件下实际供货量的关系如下：

$$\begin{cases} t_A < S_A \rightarrow 2t_A \\ t_B < S_B \rightarrow 2t_B \\ t_C < S_C \rightarrow 2t_C \end{cases}$$

对于已求出的 $S_{A.i-j}, S_{B.i-j}, S_{C.i-j}$ （代表企业某周对生产A、B、C材料的某家供应商的计划订货量），我们按照生产这三类材料的供应商的评分顺序利用枚举法进行订货，直到A、B、C材料的实际供货总量为 $S_A, S_B, S_C$ 接近于两倍的 $t_A, t_B, t_C$ ，最终即可得到订货的方案。

#### 4.子问题二模型的求解:

在确定企业每周对供应商的订货量时，我们运用MATLAB求解 $aver_{i-j}, ord_{i-j}$ 和层次分析模型，层次分析模型运算结果为：

$$\begin{cases} \lambda_{max} = 3.0369 \\ CI = 0.0184 \\ RI = 0.58 \\ CR = 0.0318 < 0.1 \end{cases}$$

分析数据可知该矩阵满足一致性。我们无需重新调整判断矩阵。在对各个指标进行归一化处理的条件下，由最大特征根求出特征向量，即因素权重的权向量 $\omega$ 为：

$$\omega = \begin{bmatrix} 0.5891 \\ 0.3568 \\ 0.0540 \end{bmatrix}$$

因此 $S_{h-i-j} = 0.5891aver'_{i-j} + 0.3568ord'_{i-j} + 0.0540x'_{5j}$ ， $aver'_{i-j}, ord'_{i-j}, x'_{5j}$ 为归一化后指标的数据。随后，我们运用MATLAB计算出供应商每周的 $aver_{i-j}, ord_{i-j}$ ，求得企业第i周对生产A、B、C材料的供应商的计划订货量。由于数据繁多，详细结果放于支撑材料。

之后在确定最优经济条件下A、B、C材料的实际供应量，我们通过Lingo软件求解整数规划的模型方程（详细代码见支撑材料），求得结果为：

$$\begin{cases} t_A = 12938 \\ t_B = 1547 \\ t_C = 3091 \end{cases}$$

因此：

$$\begin{cases} S_A \rightarrow 2t_A = 25876 \\ S_B \rightarrow 2t_B = 3094 \\ S_C \rightarrow 2t_C = 6182 \end{cases}$$

在此前求得企业第i周对生产A、B、C材料的供应商的计划订货量的情况下，我们将生产这三类的供应商分开按平评价分数排序，按照生产这三类材料的供应商的评分顺序利用枚举法进行以周为单位的订货，直到A、B、C材料的实际供货总量为 $S_A, S_B, S_C$ 接近于两倍的 $t_A, t_B, t_C$ 结束，最终我们获得了未来24周的订购方案。方案具体数值已填入附件A，此处将不再展示。

通过对订购方案数值的分析，我们可以得出以下两点：其一，绝大多数企业选择订货的供应商数量总和大于40家，即满足生产的需求的最少选择供应商数。其二，本题优先选择评价分数高的企业进行订货，更为经济。通过对转运方案数值的分析，我们可得企业优先选择评价较高的转运商进行转运，使得材料总损耗率最低。

### 5.子问题三模型的建立:

#### (a)转运商评分模型的建立:

我们设第*i*周第*j*家转运商的评分为 $e_{i-j}$ ，其表示转运商的优良程度，其值越高，转运商越优秀。我们以每周为研究对象，则：

$$e_{i-j} = b_1w_1 + b_2w_2 + b_3w_3 + b_4w_4 \quad (15)$$

上式中 $b_i$ 为各个评价指标的权重， $w_i$ 则为各个指标。

本小题的指标确定思路类似于问题一：

1.指标一——平均损耗率负值 $w_1$ ：平均损耗率表示5年中第*i*周的损耗率的值（不计损耗为0的情况），其值越大，说明运输中平均损耗越大，评分越低；

2.指标二——运输稳定性负值 $w_2$ ：运输稳定性表示5年中第*i*周损耗率的方差，方差越大，说明运输中损耗量越不稳定，评分越低；

3.指标三——预期损耗率负值 $w_3$ ：预期损耗率表示通过近5年的数据对未来短时间内的损耗率进行预测。预测方法为灰色预测法。

4.指标四——运输率 $w_4$ ：运输率指的是转运商在240周内的运输次数。我们假设企业考虑理性，则运输次数越多的转运商其优秀程度越高。

下文将详细阐述灰色预测法来求出 $w_3$ 。

**灰色预测法：**灰色预测法的核心是灰色模型，即对原始数据做累加生成得到近似的指数规律再进行建模的方法。其优点为不需要很多数据就能解决历史数据少、序列的完整性及可靠性低的问题；能利用微分方程挖掘系统，精度高；能将无规律的原始数据进行生成得到规律性较强的生成序列，运算简便、易于检验；其缺点为只适用于中短期的预测，但这正符合题意。

#### 3.1GM(1,1)预测模型:

GM(1,1)表示模型是一阶微分方程，且只含有一个变量。

首先，我们本题已知参考数据列 $\beta^{(0)} = (\beta^{(0)}(1), \beta^{(0)}(2), \dots, \beta^{(0)}(240))$ ，为了保证建模方法的可行性，我们需要对已知数据列作必要的检验处理。我们计算序列的级比为：

$$\lambda(k) = \frac{\beta^{(0)}(k-1)}{\beta^{(0)}(k)}, k = 2, 3, \dots, 240$$

如果所有的级比都落在可容覆盖 $(e^{-\frac{2}{240+1}}, e^{-\frac{2}{240+2}})$ 内，则序列 $\beta^{(0)}$ 可作为模型GM(1,1)的数据进行灰色预测。否则需对其做变换处理，让原序列加上一常数，使其落到可容覆盖内。

检验数据后，我们便可建立灰色预测模型。本题参考数据列一次累加生成序列为：

$$\beta^{(1)} = (\beta^{(1)}(1), \beta^{(1)}(2), \dots, \beta^{(1)}(240))$$

式中 $\beta^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k \beta^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, 240$ 。  $\beta^{(0)}$ 的均值生成序列为：

$$\delta^{(1)} = (\delta^{(1)}(2), \delta^{(1)}(3), \dots, \delta^{(1)}(n))$$

式中 $\delta^{(1)}(k) = 0.5\beta^{(1)}(k) + 0.5\beta^{(1)}(k-1), k = 2, 3, \dots, n$ 。建立灰微分方程：

$$\beta^{(0)}(k) + a\delta^{(1)}(k) = r, k = 2, 3, \dots, 240,$$

相应的白微分方程为：

$$\frac{d\beta^{(1)}}{dt} + a\beta^{(1)}(t) = r \quad (16)$$

记  $\mathbf{u} = [a, r]^T$ ,  $\mathbf{Y} = [\beta^{(0)}(2), \beta^{(0)}(3), \dots, \beta^{(0)}(n)]^T$ ,  $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} -\delta^{(1)}(2) & 1 \\ -\delta^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\delta^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}$  则由最小二乘法求得使  $\mathbf{J}(\mathbf{u}) = (\mathbf{Y} - \mathbf{B}\mathbf{u})^T(\mathbf{Y} - \mathbf{B}\mathbf{u})$  达到最小值的  $\mathbf{u}$  的估计值为:

$$\hat{\mathbf{u}} = [\hat{a}, \hat{r}]^T = (\mathbf{B}^T \mathbf{B})^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{Y}$$

于是求解方程 (15), 得:

$$\hat{\beta}^{(1)}(k+1) = (\beta^{(0)}(1) - \frac{\hat{r}}{\hat{a}})e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{r}}{\hat{a}}, k = 0, 1, \dots, 24 \quad (17)$$

$\hat{\beta}^{(1)}(k+1)$  则对应着不同周数转运商的  $w_3$  值。模型建立后, 我们要进行残差检验和级比偏差值检验。对于残差检验, 令残差为  $\varepsilon(k)$ , 计算

$$\varepsilon(k) = \frac{\beta^{(0)}(k) - x^{(0)}(1)}{\beta^{(0)}(k)}, k = 1, 2, \dots, 240$$

如果  $\varepsilon(k) < 0.2$ , 则可认为达一般要求; 如果  $\varepsilon(k) < 0.1$ , 则认为达到较高要求。对于级比偏差值检验。我们在计算出级比  $\lambda(k)$  的情况下, 利用发展系数  $a$  求出相应的级比偏差

$$\rho(k) = 1 - \left( \frac{1 - 0.5a}{1 + 0.5a} \right) \lambda(k)$$

如果  $\rho(k) < 0.2$ , 则可认为达一般要求; 如果  $\rho(k) < 0.1$ , 则认为达到较高要求。综上, 我们可以预测接下来24周的预期损耗率为  $\hat{\beta}^{(1)}(k+1), k = 0, 1, \dots, 24$ 。

因此, 我们确定四个既定指标后便可运用层次分析法建立本小题层次模型。由于灰色预测较为精确, 其权重应最大, 损耗量稳定性其次, 经过权衡, 我们所得的判断矩阵为:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 \\ 2 & 1 & \frac{1}{2} & 2 \\ 3 & 2 & 1 & 3 \\ 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}$$

经过同问题一对各个指标归一化、对判断矩阵进行一致性检验之后, 我们便可以得到转运商的评分方程, 便可算出在不同周数下转运商的排名情况。

依据题意, 我们可设有  $l_k$  家供应商的转运选取了第  $k$  家的转运商, 共有  $p$  家供应商,  $q$  家转运商, 则由题目所给数据可得:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{l_k} S_{h-i-j} \leq 6000 \\ \sum_{k=1}^q l_k = p \\ 0 \leq q \leq 8 \end{cases} \quad (18)$$

将上述条件作为本题的约束条件, 结合我们在子问题二中求得的 A、B、C 材料的实际供货总量为  $S_A, S_B, S_C$  和转运商的评分, 类似于子问题二, 我们按照转运商评分顺序同样利用枚举法进行材料的转运。直到 A、B、C 材料的实际供货总量  $S_A, S_B, S_C$  接近于两倍的  $t_A, t_B, t_C$ , 最终即可得到转运的方案。

**6. 子问题三模型的求解:**



针对可以直接求的指标 $w_1, w_2, w_4$ ，我们运用MATLAB进行求解。而对于利用灰色预测模型求出的 $w_3$ ，我们首先对已知的损耗率数据列进行检验处理。我们发现序列的级比 $\lambda(k)$ 未全部落在可容覆盖 $(e^{-\frac{2}{240+1}}, e^{-\frac{2}{240+2}})$ 内，故我们将序列进行的平移变换使得其满足条件。其次，我们对灰色预测模型进行了MATLAB 求解，其结果放于支撑材料。求解后，我们对模型进行相对误差检验。我们计算出序列相对误差 $\delta(k)$ 后，利用Excel软件中的COUNTIFS函数检验其大小，我们将标准定位0.2 COUNTIFS 函数会将表格中大于0.2的数据进行计数。最终多数序列误差值小于0.2，达到一般的要求。对于级别偏差检验我们同样运用Excel软件中的COUNTIFS函数对数据进行检验，结果显示级别偏差绝对值 $|\rho(k)|$ 均小于0.1，达较高要求。

针对转运商评价的层次模型我们运用MATLAB对其求解可得：

$$\begin{cases} \lambda_{max} = 5.0830 \\ CI = 0.0035 \\ RI = 0.90 \\ CR = 0.0038 < 0.1 \end{cases}$$

分析数据可知该矩阵满足一致性。我们无需重新调整判断矩阵。在对各个指标进行归一化处理的条件下，由最大特征根求出特征向量，即因素权重的权向量 $\omega$ 为：

$$\omega = \begin{bmatrix} 0.1409 \\ 0.2628 \\ 0.4554 \\ 0.1409 \end{bmatrix}$$

因此转运商的评分方程为： $e_{i-j} = 0.1409w'_1 + 0.2628w'_2 + 0.4554w'_3 + 0.1409w'_4$ ， $w'_i$ 为归一化后指标的数据。

我们运用MATLAB对八家转运商每周的评分进行了运算，下表展示了前三周八家转运商的评价排名（总表见支撑材料）：

前三周八家转运商的评价排名表

转运商ID和周数	week1	week2	week3
T1	1	5	5
T2	5	7	7
T3	7	1	1
T4	2	4	4
T5	4	2	2
T6	8	8	8
T7	6	6	6
T8	3	3	3

在求得转运商每月评价排名和子问题二中的A、B、C 材料的实际供货总量 $S_A, S_B, S_C$ ，我们结合本题约束条件，按照每周转运商评分顺序同样利用枚举法进行材料的转运。直到A、B、C 材料的实际供货总量 $S_A, S_B, S_C$  接近于两倍的 $t_A, t_B, t_C$ ，最终即可得到每周的转运的方案。方案结果已填入附件B。

通过对订购方案数值的分析，我们同样发现绝大多数企业选择订货的供应商数量总和大于40家；企业优先选择评价分数高的企业进行订货，更为经济。通过对转运方案数值的分析，我们也可得企业优先选择评价较高的转运商进行转运，使得材料总损耗率最低。

### 4.3 问题三模型的建立与求解

#### 4.3.1 问题三分析：

问题三很明显是一个多目标规划问题，企业增加的目标为：压缩成本，尽量多地采购A类和尽量少地采购C类原材料；让转运损耗率达到最小。据此建立多目标函数，在限制条件下算出A、B、C材料的实际供应量 $t_A, t_B, t_C$ ，利用问题二中的订购和转运方法即可确定新的订购方案及转运方案。

#### 4.3.2 模型的建立与求解：

依题意，企业增加的目标为：压缩成本，尽量多地采购A类和尽量少地采购C类原材料；让转运损耗率达到最小。尽量多地采购A类和尽量少地采购C类原材料，即让 $t_C - t_A$ 最小；为了让转运损耗率达到最小，我们需要求出每周转运商运输货物的总体积损耗率，我们设其为 $\beta'_i$ 。我们利用问题二最终灰色预测模型可以算出第k家转运商第i周的预期损耗率为 $\hat{\beta}_k(i)$ ，因此，我们分析得第i周周转运商的总体积损耗率为：

$$\beta'_i = \frac{6000\hat{\beta}_1(i) + 6000\hat{\beta}_2(i) + \cdots + \hat{\beta}_{n+1}(i)(t_A + t_B + t_C - 6000n)}{t_A + t_B + t_C}$$

上式中，n表示参与运输的转运商数量。

因此，我们建立多目标函数如下：

$$\min \begin{cases} \beta'_i = \frac{6000\hat{\beta}_1(i) + 6000\hat{\beta}_2(i) + \cdots + \hat{\beta}_{n+1}(i)(t_A + t_B + t_C - 6000n)}{t_A + t_B + t_C} \\ t_C - t_A \end{cases} \quad (19)$$

限制条件类似问题二：

$$s.t. \begin{cases} -(\frac{t_A}{0.6} + \frac{t_B}{0.66} + \frac{t_C}{0.72})(1 - \beta'_i) \leq -28200 \\ 2657 \leq t_A \leq 42075 \\ 1547 \leq t_B \leq 35257 \\ 3089 \leq t_C \leq 29182 \end{cases} \quad (20)$$

我们运用MATLAB对该多目标规划模型进行求解，求解出 $t_A, t_B, t_C$ 的值为：

$$\begin{cases} t_A = 42075 \\ t_B = 22699 \\ t_C = 3089 \end{cases}$$

最后，我们按照问题二的枚举法得到新的订购和转运方案。方案具体数据分别放于附件1、2。

### 4.4 问题四模型的建立与求解

#### 4.4.1 问题四分析：

问题四中要求确定产能的提高量，由于企业产能受供应与转运两方面影响，而这两方面均包含部分内部因素，故本题可建立多元回归方程，在问题二子问题一模型的基础下求出A、B、C材料的实际供应量 $t_A, t_B, t_C$ 和在问题三中求得的每周转运商运输货物的总体积损耗率 $\beta'_i$ 情况下，求解出最大的产能cp。最后根据问题二确定订购和转运方案的方法求出本题中新的订购和转运方案。

#### 4.4.2 模型的建立与求解：

企业的产能公式为：

$$cp = (\frac{t_A}{0.6} + \frac{t_B}{0.66} + \frac{t_C}{0.72})(1 - \beta'_i) \quad (21)$$

上述公式中， $t_A, t_B, t_C, \beta'_i$  均未知。对  $t_h (h = A, B, C)$  的求解，由于题目中阐明该企业通过技术改造已具备了提高产能的潜力，故我们利用问题二子问题一模型求出  $t_h = \sum_{j=1}^{m_h} \alpha_j x_{5j}, (h = A, B, C)$ 。 $\alpha_j x_{5j}$  表示的是第  $j$  家供应商供应其生产材料的最大供应值， $t_A$  则为其累加值。对于每周转运商运输货物的总体积损耗率  $\beta'_i$ ，我们延续问题三中通过灰色预测法得到的总体积损耗率  $\beta'_i$ ，即可求出企业的新产能。

综上，本题的模型为：

$$\begin{cases} cp = (\frac{t_A}{0.6} + \frac{t_B}{0.66} + \frac{t_C}{0.72})(1 - \beta'_i) \\ t_h = \sum_{j=1}^{m_h} \alpha_j x_{5j}, (h = A, B, C) \\ \beta'_i = \frac{6000\hat{\beta}_1(i) + 6000\hat{\beta}_2(i) + \cdots + \hat{\beta}_{n+1}(i)(t_A + t_B + t_C - 6000n)}{t_A + t_B + t_C} \end{cases} \quad (22)$$

我们运用MATLAB对模型求解得到24周的新产能与原产能的差值——产能增加量  $cp - cp_0$  表如下：

24周的产能增加量表（单位：立方米）

周数	产能增加量	周数	产能增加量
1	11123.89146	2	25594.82526
3	98149.43859	4	81926.32537
5	96035.53732	6	28962.89555
7	71006.1048	8	39811.09058
9	111928.6076	10	29776.80988
11	60228.47661	12	33444.00448
13	86077.45275	14	78250.53636
15	108343.072	16	31276.7305
17	62870.5175	18	34438.08304
19	106863.5096	20	28527.23686
21	58495.09764	22	31321.50607
23	93238.00672	24	77495.44072

同样的，在本题  $t_A, t_B, t_C$  算得的情况下，我们按照问题二的枚举法得到新的订购和转运方案。方案具体数据分别放于附件1、2。

## 5 模型的评价与改进

### 5.1 模型的优点

1. 综合运用了多种模型及算法，对供应商及转运商建立了合适的评价模型，衡量指标多，考虑较为周全，可以全面有效地量化并评价各供应商与转运商；

2. 与实际情况联系紧密，结合实际交易中交易量常为整数建立整数规划，对最小供应商数目、最经济材料供应量进行求解；同时由题意，考虑到所用原材料主要是木质纤维和其他植物素纤维材料，其需求量与供

应量均随时间波动，在确定订购方案与预测损耗率时均引入与时间有关变量；

3.在确定最小供应商数目、最经济材料供应量时，对损耗率进行随机取样，既简化了运算又很好地模拟了实际情况；

4.灰色预测法不需要很多数据就能解决历史数据少、序列的完整性及可靠性低的问题；能利用微分方程挖掘系统，精度高；能将无规律的原始数据进行生成得到规律性较强的生成序列，运算简便、易于检验；本题灰色预测模型误差值符合一般要求，灰色模型优度较好。

## 5.2 模型的缺点

1.采用层次分析法确定评价模型中各指标的权重，不能做到完全客观，带有一定的主观性；

2.企业与供应商、转运商的合作时间可能会影响企业的选择，本文未考虑合作时间对企业选择的影响；

3.在为压缩生产成本而增加A的订购量，减小C的订购量时，进行转运的转运商转运量未知，解决时为简化运算假设其满载，对准确度造成了一定的影响。

## 5.3 模型的改进

1.建立供应商评价模型时，还可考虑“履约率”这一指标，考察供应商订单的履约情况，作为对各供应商信誉的判别；（改进后各供应商评分见支撑材料）

2.在对未来损耗率进行预测时，还可建立神经网络预测模型，也可取得较为不错的预测效果。

## 6 参考文献

[1]. 司守奎, 孙兆亮等, 数学建模算法与应用, 北京:国防工业出版社,2016.1

[2]. 罗宇豪.基于熵权层次法和BP神经网络的A公司供应商选择与评估[D].广西大学,2020

[3]. 吴刚,张敬信等.数学建模与数学实验, 北京:中国商业出版社, 2017

[4]. 卓金武等.Matlab在数学建模中的应用, 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011

## 7 附件

1.附件 A 附件 A 订购方案数据结果；

2.附件 B 转运方案数据结果；

3.本题 MATLAB 代码汇总：

```
clc,clear;

Ding=xlsread('附件 1 近 5 年 402 家供应商的相关数据','企业的订货量 (m³) ','C2:IH403');
Gong=xlsread('附件 1 近 5 年 402 家供应商的相关数据','供应商的供货量 (m³) ','C2:IH403');

%% Problem1

%% 检验

sum1=0; sum2=0;

for i=1:402

    for j=1:240

        if Ding(i,j)==0 && Gong(i,j)==0

            sum2=sum2+1;

        end

        if Ding(i,j)==0

            sum1=sum1+1;

        end

    end

end

%% 计算供应差值

Sum_Ding=sum(Ding,2);

Sum_Gong=sum(Gong,2);

Gong_ChaZhi=Sum_Gong-Sum_Ding; %供应差值

%% 计算供应稳定性

ChaZhi=Gong-Ding;

ChaZhi_fu=[];

Gong_WenDing=[];

for i=1:402

    k=1;

    for j=1:240

        if ChaZhi(i,j)<0

            ChaZhi_fu(i,k)=ChaZhi(i,j);

            k=k+1;

        end

    end

end

Gong_WenDing=std(ChaZhi_fu,0,2).*std(ChaZhi_fu,0,2); %供应稳定性

%% 计算供应弹性

percent_ChaZhi=zeros(402,240);
```

```

decision=zeros(402,240);
for i=1:402
    for j=1:240
        if Ding(i,j)~=0
            percent_Chazhi(i,j)=abs(Gong(i,j)-Ding(i,j))/Ding(i,j);
            if percent_Chazhi(i,j)<0.5
                decision(i,j)=1;
            else
                decision(i,j)=0;
            end
        end
    end
end
Gong_TanXing=sum(decision,2); %供应弹性

```

%% 计算供货量与订货款差值的平均增长率，即供应积极性

Ding\_month=[]; %每月订货款

Gong\_month=[]; %每月供货量

```

for i=1:402
    temp1=0;
    temp2=0;
    for j=1:240
        temp1=temp1+Ding(i,j);
        temp2=temp2+Gong(i,j);
        if mod(j,4)==0
            Ding_month(i,j/4)=temp1;
            Gong_month(i,j/4)=temp2;
            temp1=0;
            temp2=0;
        end
    end
end
end

```

%每月供货量与订货量的差值

Chazhi\_month=[];

```

for i=1:402
    for j=1:60
        Chazhi_month(i,j)=Gong_month(i,j)-Ding_month(i,j);
    end
end
end

```

%供货量与订货款差值每月的增长率

Gong\_Chazhi\_Growth\_month=[];

```

for i=1:402
    for j=1:12

```

```

temp=0;
for k=1:4
    if ChaZhi_month(i,j+12*(k-1))==0
        continue;
    end
    temp=temp+(ChaZhi_month(i,j+12*k)-ChaZhi_month(i,j+12*(k-1)))/abs(CaZhi_month(i,j+12*(k-1)));
end
Gong_ChaZhi_Growth_month(i,j)=temp/4;
end
end
Gong_ChaZhi_Growth=mean(Gong_ChaZhi_Growth_month,2); %供货量与订货量差值的平均增长率

%% 计算供应能力
Ability=[];
[Ability,index_Gong]=max(Gong,[],2);

%% 归一化
NGong_ChaZhi=normalize(Gong_ChaZhi,'range');
NGong_WenDing=normalize(Gong_WenDing,'range');
NGong_TanXing=normalize(Gong_TanXing,'range');
NGong_ChaZhi_Growth=normalize(Gong_ChaZhi_Growth,'range');
NAbility=normalize(Ability,'range');

%% 构成对比矩阵并验证一致性
A=[ 1 3 5 7 4;
    1/3 1 2 5 2;
    1/5 1/2 1 2 1/2;
    1/7 1/5 1/2 1 1/3;
    1/4 1/2 2 3 1];
W=prod(A,2); % 计算每一行乘积
n=size(A,1); % 矩阵行数
W=nthroot(W,n); % 计算 n 次方根
W=W./sum(W); % 归一化处理, 计算特征向量, 即权重向量
Lmax=mean((A.*W)./W); % 计算最大特征值
n=5;
CI=(Lmax-n)/(n-1); % 计算一致性指标
RI=1.12;
CR=CI/RI;
if CR<0.1
    str='矩阵—满足一致性要求'
else
    str='矩阵—不满足一致性要求'
end

Gong_Grade=zeros(402,1);

```

```

for i=1:402

    Gong_Grade(i,1)=W(1)*NGong_ChaZhi(i,1)+W(2)*NGong_WenDing(i,1)+W(3)*NGong_TanXing(i,1)+W(4)*NGong_ChaZhi_Growth(i,1)+W(5)*NAbility(i,1);

end

Temp_Grade=Gong_Grade;

%% Problem2

%% 2.1 最小供货商数量

%% 求总完成度

Temp_Grade=Gong_Grade;

Sum_Ding=sum(Ding,2);

Sum_Gong=sum(Gong,2);

Finishment=zeros(402,1);

for i=1:402

    Finishment(i,1)=Sum_Gong(i,1)/Sum_Ding(i,1);

end

%% 求理想供应量与平均理想供应量

Gong_LiXiang=zeros(402,1);

for i=1:402

    [max_G,index]=max(Gong,[],2);

    Gong_LiXiang(i,1)=Finishment(i,1)*max_G(i,1);

end

%% 每种材料供应商的平均供货能力

[Fenpei_NUM,txt]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据','供应商的供货量 (m³) ');

Sum_a=0; Num_a=0; Sum_b=0; Num_b=0; Sum_c=0; Num_c=0;

for i=1:402

    if txt{i+1,2}=='A'

        Sum_a=Sum_a+Gong_LiXiang(i,1);

        Num_a=Num_a+1;

    end

    if txt{i+1,2}=='B'

        Sum_b=Sum_b+Gong_LiXiang(i,1);

        Num_b=Num_b+1;

    end

    if txt{i+1,2}=='C'

        Sum_c=Sum_c+Gong_LiXiang(i,1);

        Num_c=Num_c+1;

    end

end

XAver_a=Sum_a/Num_a;

XAver_b=Sum_b/Num_b;

XAver_c=Sum_c/Num_c;

%% 随机选取最小消耗率

```



```

Sunhao=xlsread('附件 2 近 5 年 8 家转运商的相关数据','B2:IG9');
Sunhao(find(Sunhao==0))=[];
random_Sunhao = Sunhao(randi(length(Sunhao(:)),1,floor(0.8*length(Sunhao(:)))));
Sunhao_min=min(min(Sunhao));

%% 求最小经济成本时的供应商分配情况(蒙特卡洛)
format compact;
rand('state',sum(clock)); % 初始化随机数发生器
p0=-10000;
m0=[];
tic % 计时开始
for i=1:10^6
    m=[randi([0,146],1,1);randi([0,134],1,1);randi([0,122],1,1)];
    [f,g]=mengte(m,XAver_a,XAver_b,XAver_c,Sunhao_min);
    if all(g<=0)
        if p0<f
            m0=m;p0=f; % 记录下当前较好的解
        end
    end
end
toc; % 计时结束

%% 2.2 供货模型
%% 供货商排名
Gong_index=(1:402)';
Temp_txt=txt(2:403,2);
tem=0;
for i=1:402
    for j=i+1:402
        if Temp_Grade(j,1)>Temp_Grade(i,1)
            tem=Gong_index(j,1);
            Gong_index(j,1)=Gong_index(i,1);
            Gong_index(i,1)=tem;
            tem=Temp_Grade(j,1);
            Temp_Grade(j,1)=Temp_Grade(i,1);
            Temp_Grade(i,1)=tem;
            te=Temp_txt{i,1};
            Temp_txt{i,1}=Temp_txt{j,1};
            Temp_txt{j,1}=te;
        end
    end
end

%% 计算 10 个时间段每周供货量/订货量平均值
Gong_aver=zeros(402,24);

```

```

Ding_aver=zeros(402,24);
temp1=0; temp2=0;
n1=0; n2=0;
for i=1:402
    for j=1:24
        for k=1:10
            if Gong(i,j+24*(k-1))~=0
                temp1=temp1+Gong(i,j+24*(k-1));
                n1=n1+1;
            end
            if Ding(i,j+24*(k-1))~=0
                temp2=temp2+Ding(i,j+24*(k-1));
                n2=n2+1;
            end
        end
        if n1~=0
            Gong_aver(i,j)=temp1/n1;
            n1=0;
            temp1=0;
        else
            Gong_aver(i,j)=0;
        end
        if n2~=0
            Ding_aver(i,j)=temp2/n2;
            n2=0;
            temp2=0;
        else
            Ding_aver(i,j)=0;
        end
    end
end

%%% 供货商能力权重
A=[1 2 9; 1/2 1 8; 1/9 1/8 1];
[V,D]=eig(A);
[Lmax,ind]=max(diag(D));    % 求最大特征值及其位置
W=V(:,ind)/sum(V(:,ind));    % 最大特征值对应的特征向量做归一化, 即权向量
n=size(A, 1);
CI=(Lmax - n) / (n - 1);    % 计算一致性指标
RI=[0.0 0.58 0.90 1.12 1.24 1.32 1.41 1.45 1.49 1.51];
CR=CI / RI(n);
if CR<0.1
    str='矩阵满足一致性要求'
else
    str='矩阵不满足一致性要求'
end

```

```

end

%%% 供货商供货量
Abi=zeros(402,24);
Ability=[];
[Ability,index_Gong]=max(Gong,[],2);
for i=1:402
    for j=1:24
        Abi(i,j)=W(1)*Gong_aver(i,j)+W(2)*Ding_aver(i,j)+W(3)*Ability(i,1);
    end
end

%%% 供货商分类
S_a=zeros(Num_a,24); SNuma=[];
S_b=zeros(Num_b,24); SNumb=[];
S_c=zeros(Num_c,24); SNumc=[];
ka=0; kb=0; kc=0;
for i=1:402
    if Temp_txt{i,1}=='A'
        ka=ka+1;
        S_a(ka,:)=Abi(Gong_index(i,1),:);
        SNuma(end+1)=Gong_index(i,1);
    end
    if Temp_txt{i,1}=='B'
        kb=kb+1;
        S_b(kb,:)=Abi(Gong_index(i,1),:);
        SNumb(end+1)=Gong_index(i,1);
    end
    if Temp_txt{i,1}=='C'
        kc=kc+1;
        S_c(kc,:)=Abi(Gong_index(i,1),:);
        SNumc(end+1)=Gong_index(i,1);
    end
end

SNuma=SNuma'; SNumb=SNumb'; SNumc=SNumc';

%%% 随机选取最小消耗率
Sunhao=xlsread('附件 2 近 5 年 8 家转运商的相关数据','B2:IG9');
Sunhao_z=Sunhao;
Sunhao_z(find(Sunhao_z==0))=[];
random_Sunhao_z=Sunhao_z(randi(length(Sunhao_z(:)),1,floor(0.8*length(Sunhao_z(:)))));
Sunhao_min1=min(min(Sunhao_z));

%%% lingo 软件计算出最佳供货数量
t0=[12938.00 1547.000 3091.000];

```

```

%% 订货方案

Fenpei=num2cell(zeros(3,24));
Fenpei_NUM=num2cell(zeros(3,24));

Suma=0; Sumb=0; Sumc=0;
a=[]; b=[]; c=[];
an=[];bn=[]; cn=[];
for i=1:24
    for j=1:Num_a
        if S_a(j,i)>6000
            S_a(j,i)=6000;
        end
        Suma=Suma+S_a(j,i);
        a(end+1)=S_a(j,i);
        an(end+1)=SNuma(j,1);
        if Suma>2*t0(1)
            break;
        end
    end
    Fenpei{1,i}=a;
    Fenpei_NUM{1,i}=an;
    a=[];
    an=[];
    Suma=0;

    for j=1:Num_b
        if S_b(j,i)>6000
            S_b(j,i)=6000;
        end
        Sumb=Sumb+S_b(j,i);
        b(end+1)=S_b(j,i);
        bn(end+1)=SNumb(j,1);
        if Sumb>2*t0(2)
            break;
        end
    end
    Fenpei{2,i}=b;
    Fenpei_NUM{2,i}=bn;
    b=[];
    bn=[];
    Sumb=0;

    for j=1:Num_c
        if S_c(j,i)>6000

```

```

        S_c(j,i)=6000;

    end

    Sumc=Sumc+S_c(j,i);

    c(end+1)=S_c(j,i);

    cn(end+1)=SNumc(j,1);

    if Sumc>2*t0(3)

        break;

    end

end

Fenpei{3,i}=c;

Fenpei_NUM{3,i}=cn;

cn=[];

c=[];

Sumc=0;

end

%%% 2.3 转运模型

%%% 计算平均损耗率

Sunhao_aver=zeros(8,24);

temp=0;

n=0;

for i=1:8

    for j=1:24

        for k=1:10

            if Sunhao(i,j+24*(k-1))~=0

                temp=temp+Sunhao(i,j+24*(k-1));

                n=n+1;

            end

        end

        if n~=0

            Sunhao_aver(i,j)=temp/n;

            n=0;

            temp=0;

        else

            Sunhao_aver(i,j)=0;

        end

    end

end

end

%%% 计算运输稳定性

Week=num2cell(zeros(8,24)); %以 24 周为一组

temp=[];

for i=1:8

    for j=1:24

        for k=1:10

```

```

        if Sunhao(i,j+24*(k-1))~=0
            temp(end+1)=Sunhao(i,j+24*(k-1));
        end
    end
    Week{i,j}=temp;
    temp=[];
end
end
Sunhao_Fangcha=zeros(8,24);
Sum=0;
for i=1:8
    for j=1:24
        if length(Week{i,j})~=0
            Sunhao_Fangcha(i,j)=std(Week{i,j})*std(Week{i,j});
        else
            Sunhao_Fangcha(i,j)=0;
        end
    end
end
end

%%% 剔除损耗率为 0 的情况
Sunhao_new=[];
h=0; l=0;
for i=1:8
    l=0;
    h=h+1;
    for j=1:240
        if Sunhao(i,j)~=0
            l=l+1;
            Sunhao_new(h,l)=Sunhao(i,j);
        end
    end
end

%%% 计算预期损耗率(灰色预测模型)
Sunhao_Yuce=zeros(8,240);
E1=0.9917;
E2=1.0083;
sym1=0;
delta=zeros(8,240);
rho=zeros(8,240);
for i=1:8
    x0=Sunhao_new(i,:);
    n=length(x0);
    lamda=x0(1:n-1)./x0(2:n);

```

```

for j=1:n-1
    if lamda(j)<E1 || lamda(j)>E2
        sym1=1;
    end
end

if sym1==1
    for k=0:0.1:50
        x01=x0;
        x01=x01+k;
        n=length(x01);
        lamda=x01(1:n-1)./x01(2:n);
        for k1=1:n-1
            sym2=0;
            if lamda(k1)<E1 || lamda(k1)>E2
                sym2=1;
                break;
            end
        end
        if sym2==0
            x0=x01;
            break;
        end
    end
end

sym1=0;
range=minmax(lamda');
x1=cumsum(x0);
B=[-0.5*(x1(1:n-1)+x1(2:n)),ones(n-1,1)];
Y=x0(2:n);
u=B\Y;
syms x(t)
x=dsolve(diff(x)+u(1)*x==u(2),x(0)==x0(1));
xt=vpa(x,6);
yuce1=subs(x,t,[0:n-1]);
yuce1=double(yuce1);
yuce=[x0(1),diff(yuce1)];
epsilon=x0'-yuce;
delta(i,:)=abs(epsilon./x0') zeros(1,240-length(abs(epsilon./x0')));
rho(i,:)=1-(1-0.5*u(1))/(1+0.5*u(1))*lamda' zeros(1,240-length(1-(1-0.5*u(1))/(1+0.5*u(1))*lamda')));
Sunhao_Yuce(i,:)=yuce;
end

%% 计算完成周数

```

```

Sunhao_w=[240 240 117 102 83 216 240 203];
Sunhao_wancheng=Sunhao_w/240;

%% 归一化
NSunhao_aver=normalize(Sunhao_aver,'range');
NSunhao_Fangcha=normalize(Sunhao_Fangcha,'range');
NSunhao_Yuce=normalize(Sunhao_Yuce,'range');
NSunhao_wancheng=normalize(Sunhao_wancheng,'range');

%% 构成对比矩阵并验证一致性
A=[ 1 1/2 1/3 1;
    2 1 1/2 2
    3 2 1 3
    1 1/2 1/3 1];
W=prod(A,2); % 计算每一行乘积
n=size(A,1); % 矩阵行数
W=nthroot(W,n); % 计算n次方根
W=W./sum(W); % 归一化处理, 计算特征向量, 即权向量
Lmax=mean((A * W) ./ W); % 计算最大特征值
n=4;
CI=(Lmax - n) / (n - 1); % 计算一致性指标
RI=0.9;
CR=CI / RI;
if CR<0.1
    str='矩阵二满足一致性要求'
else
    str='矩阵二不满足一致性要求'
end
Yun_Grade=zeros(8,1);
for i=1:8
    for j=1:24
        Yun_Grade(i,j)=W(1)*NSunhao_aver(i,j)+W(2)*NSunhao_Fangcha(i,j)+W(3)*Sunhao_Yuce(i,j)+W(4)*NSunhao_wancheng(i,1);
    end
end

%% 转运商排名
YTemp_Grade=Yun_Grade;
Yun_pai=[1:8]*ones(1,24);
ytemp=0;
for i=1:24
    for j=1:8
        for k=j+1:8
            if YTemp_Grade(j,i)<YTemp_Grade(k,i)
                ytemp=YTemp_Grade(j,i);
                YTemp_Grade(j,i)=YTemp_Grade(k,i);
            end
        end
    end
end

```



```

        YTemp_Grade(k,i)=ytemp;

        ytemp=Yun_pai(j,i);

        Yun_pai(j,i)=Yun_pai(k,i);

        Yun_pai(k,i)=ytemp;

    end

end

end

end

end

%% 转运方案

Fenpei_yun=num2cell(zeros(3,24));

Fenpei_yun_num=num2cell(zeros(3,24));

FPN=Fenpei_NUM;

FP=Fenpei;

for i=1:24

    FP(1,i)=strcat(FP(1,i),FP(2,i),FP(3,i));

    FPN(1,i)=strcat(Fenpei_NUM(1,i),Fenpei_NUM(2,i),Fenpei_NUM(3,i));

end

FP=FP(1,:);

FPN=FPN(1,:);

%导出表二

%FP=Fenpei;

%FPN=Fenpei_NUM;

%for i=1:24

%    FP1(i,:)=FP{1,i} zeros(1,402-length(FP{1,i}));

%    FPN1(i,:)=FPN{1,i} zeros(1,402-length(FPN{1,i}));

%end

%写入表二

%number=xlsread('表二数据','供货商编号','B2:JR25');

%Gonghuo=xlsread('表二数据','供货量','B2:JR25');

%F=zeros(402,24);

%for i=1:24

%    for j=1:277

%        if number(i,j)~=0

%            F(number(i,j),i)=Gonghuo(i,j);

%        end

%    end

%end

%写入表三

%    F=zeros(402,24*8);

%    for i=1:24

%        for j=1:5

%            for k=1:length(FPNY{j,i})

%                F(FPNY{j,i}(1,k),j+8*(i-1))=FPY{j,i}(1,k);

```

```

%           end

%           end

%           end

len=[];
for i=1:24
    len(end+1)=length(FP{1,i});
end
for i=1:24
    Sum=0; a=[]; k=1; an=[];
    for j=1:len(i)
        if FP{1,i}(1,j)>6000
            FP{1,i}(1,j)=6000;
        end
        Sum=Sum+FP{1,i}(1,j);
        a(end+1)=FP{1,i}(1,j);
        an(end+1)=FPN{1,i}(1,j);
        if Sum>6000
            Fenpei_yun{k,i}=a(1:end-1);
            Fenpei_yun_num{k,i}=an(1:end-1);
            a=[];
            an=[];
            a(end+1)=FP{1,i}(1,j);
            an(end+1)=FPN{1,i}(1,j);
            Sum=FP{1,i}(1,j);
            k=k+1;
            if k>8
                break;
            end
        end
    end
    end %for j=1:length(FP{1,i})
end %for i=1:24

%% problem3
%% 订货方案/供货方案
beta=[];
xt3=zeros(24,3);
for i=1:24
    beta(i,:)=[Sunhao_Yuce(Yun_pai(1,i),i) Sunhao_Yuce(Yun_pai(2,i),i) Sunhao_Yuce(Yun_pai(3,i),i) Sunhao_Yuce(Yun_pai(4,i),i)]/100;
    goal=[0,-38986];%T3_min-T1_max
    w=[1,1];
    a=[(0.000011-1)/0.6,(0.000011-1)/0.66,(0.000011-1)/0.72,-beta(i,3),-beta(i,3),-beta(i,3)];
    b=[-28200;beta(i,1)*6000+beta(i,2)*6000-beta(i,3)*12000];
    lb=[2657;1547;3089];
    ub=[42075;35257;29182];

```

```

        fun1=@(T) [(beta(i,1)*6000+beta(i,2)*6000+beta(i,3)*(T(1)+T(2)+T(3)-12000))/(T(1)+T(2)+T(3));T(3)-T(1)];
        [xt3(i,:),fval]=fgoalattain(fun1,[2657 1547 3089],goal,w,a,b,[],[],lb,ub);
    end

%%计算 betap
betap=[];
for i=1:24
    betap(end+1)=(beta(i,1)*6000+beta(i,2)*6000+beta(i,3)*(xt3(i,1)+xt3(i,2)+xt3(i,3)-12000))/(xt3(i,1)+xt3(i,2)+xt3(i,3));
end

%%% 分配供货商(p3)
Fenpei_3=num2cell(zeros(3,24));
Fenpei_NUM_3=num2cell(zeros(3,24));
Suma=0; Sumb=0; Sumc=0;
a=[]; b=[]; c=[];
an=[];bn=[]; cn=[];
for i=1:24
    for j=1:Num_a
        if S_a(j,i)>6000
            S_a(j,i)=6000;
        end
        Suma=Suma+S_a(j,i);
        a(end+1)=S_a(j,i);
        an(end+1)=SNuma(j,1);
        if Suma>2*xt3(i,1)
            break;
        end
    end
    Fenpei_3{1,i}=a;
    Fenpei_NUM_3{1,i}=an;
    a=[];
    an=[];
    Suma=0;

    for j=1:Num_b
        if S_b(j,i)>6000
            S_b(j,i)=6000;
        end
        Sumb=Sumb+S_b(j,i);
        b(end+1)=S_b(j,i);
        bn(end+1)=SNumb(j,1);
        if Sumb>2*xt3(i,2)
            break;
        end
    end
end
end

```

```

Fenpei_3{2,i}=b;
Fenpei_NUM_3{2,i}=bn;
b=[];
bn=[];
Sumb=0;

for j=1:Num_c
    if S_c(j,i)>6000
        S_c(j,i)=6000;
    end
    Sumc=Sumc+S_c(j,i);
    c(end+1)=S_c(j,i);
    cn(end+1)=SNumc(j,1);
    if Sumc>2*xt3(i,3)
        break;
    end
end
Fenpei_3{3,i}=c;
Fenpei_NUM_3{3,i}=cn;
cn=[];
c=[];
Sumc=0;
end

%%% 分配转运商(p3)
Fenpei_yun_3=num2cell(zeros(3,24));
Fenpei_yun_num_3=num2cell(zeros(3,24));
FPN_3=Fenpei_NUM_3;
FP_3=Fenpei_3;

for i=1:24
    FP_3(1,i)=strcat(FP_3(1,i),FP_3(2,i),FP_3(3,i));
    FPN_3(1,i)=strcat(Fenpei_NUM_3(1,i),Fenpei_NUM_3(2,i),Fenpei_NUM_3(3,i));
end
FP_3=FP_3(1,:);
FPN_3=FPN_3(1,:);

len=[];
for i=1:24
    len(end+1)=length(FPN_3{1,i});
end
for i=1:24
    Sum=0; a=[]; k=1; an=[];
    for j=1:len(i)
        if FP_3{1,i}(1,j)>6000

```

```

        FP_3{1,i}(1,j)=6000;

    end

    Sum=Sum+FP_3{1,i}(1,j);

    a(end+1)=FP_3{1,i}(1,j);

    an(end+1)=FPN_3{1,i}(1,j);

    if Sum>6000

        Fenpei_yun_3{k,i}=a(1:end-1);

        Fenpei_yun_num_3{k,i}=an(1:end-1);

        a=[];

        an=[];

        a(end+1)=FP_3{1,i}(1,j);

        an(end+1)=FPN_3{1,i}(1,j);

        Sum=FP_3{1,i}(1,j);

        k=k+1;

        if k>8

            break;

        end

    end

end %for j=1:length(FP_3{1,i})

end %for i=1:24

%% problem4

%% 生产能力

ChanNeng=[]; Ta=0; Tb=0; Tc=0;

[Fenpei_NUM,txt]=xlsread('附件 1 近 5 年 402 家供应商的相关数据','供应商的供货量 (m³) ');

txt4=txt(2:403,2);

%% 求 24 周在 10 个周期中的最大值

Gong_sum=sum(Gong);

Gong_max_24=zeros(1,24);

for i=1:24

    for j=1:10

        if Gong_sum(1,i+10*(j-1))>Gong_max_24(1,i)

            Gong_max_24(1,i)=Gong_sum(1,i+10*(j-1));

        end

    end

end

end

for i=1:24

    for j=1:402

        if txt4(j,1)=="A"

            Ta=Ta+Finishment(j,1)*Gong_max_24(1,i);

        end

        if txt4(j,1)=="B"

            Tb=Tb+Finishment(j,1)*Gong_max_24(1,i);

        end

    end

end

```

```

end

if txt4(j,1)=="C"

    Tc=Tc+Finishment(j,1)*Gong_max_24(1,i);

end

end

Ta=Ta/Num_a;

Tb=Tb/Num_b;

Tc=Tc/Num_c;

%% 订 货 (p4)

Fenpei_4=num2cell(zeros(3,24));

Fenpei_NUM_4=num2cell(zeros(3,24));

Suma=0; Sumb=0; Sumc=0;

a=[]; b=[]; c=[];

an=[]; bn=[]; cn=[];

for i=1:24

    for j=1:Num_a

        if S_a(j,i)>6000

            S_a(j,i)=6000;

        end

        Suma=Suma+S_a(j,i);

        a(end+1)=S_a(j,i);

        an(end+1)=SNuma(j,1);

        if Suma>2*Ta

            break;

        end

    end

    Fenpei_4{1,i}=a;

    Fenpei_NUM_4{1,i}=an;

    a=[];

    an=[];

    Suma=0;

    for j=1:Num_b

        if S_b(j,i)>6000

            S_b(j,i)=6000;

        end

        Sumb=Sumb+S_b(j,i);

        b(end+1)=S_b(j,i);

        bn(end+1)=SNumb(j,1);

        if Sumb>2*Tb

            break;

        end

    end

    Fenpei_4{2,i}=b;

```

```

Fenpei_NUM_4{2,i}=bn;

b=[];

bn=[];

Sumb=0;

for j=1:Num_c
    if S_c(j,i)>6000
        S_c(j,i)=6000;
    end
    Sumc=Sumc+S_c(j,i);
    c(end+1)=S_c(j,i);
    cn(end+1)=SNumc(j,1);
    if Sumc>2*Tc
        break;
    end
end

Fenpei_4{3,i}=c;
Fenpei_NUM_4{3,i}=cn;

cn=[];

c=[];

Sumc=0;

end

%% 转运 (p4)
Fenpei_yun_4=num2cell(zeros(3,24));
Fenpei_yun_num_4=num2cell(zeros(3,24));
FPN_4=Fenpei_NUM_4;
FP_4=Fenpei_4;

for i=1:24
    FP_4(1,i)=strcat(FP_4(1,i),FP_4(2,i),FP_4(3,i));
    FPN_4(1,i)=strcat(Fenpei_NUM_4(1,i),Fenpei_NUM_4(2,i),Fenpei_NUM_4(3,i));
end

FP_4=FP_4(1,:);
FPN_4=FPN_4(1,:);

len=[];

for i=1:24
    len(end+1)=length(FP_4{1,i});
end

for i=1:24
    Sum=0; a=[]; k=1; an=[];

    for j=1:len(i)
        if FP_4{1,i}(1,j)>6000
            FP_4{1,i}(1,j)=6000;

```

```

end

Sum=Sum+FP_4{1,i}(1,j);
a(end+1)=FP_4{1,i}(1,j);
an(end+1)=FPN_4{1,i}(1,j);
if Sum>6000
    Fenpei_yun_4{k,i}=a(1:end-1);
    Fenpei_yun_num_4{k,i}=an(1:end-1);
    a=[];
    an=[];
    a(end+1)=FP_4{1,i}(1,j);
    an(end+1)=FPN_4{1,i}(1,j);
    Sum=FP_4{1,i}(1,j);
    k=k+1;
    if k>8
        break;
    end
end
end

end %for j=1:length(FP{1,i})

end %for i=1:24

ChanNeng(end+1)=(Ta/0.6+Tb/0.66+Tc/0.72)*(1-betap(i)/100);

end

%%% 提高的产能
Gong_aver_total=sum(Gong_aver);
delta_ChanNeng=[];
for i=1:24
    delta_ChanNeng(end+1)=ChanNeng(i)-Gong_aver_total(i);
end

```

4. 供应商评价归一化数值；
5. 402 家供应商的评分；
6. 企业每周对生产 A、B、C 材料的供应商的计划订货量；
7. 每周八家转运商的评价排名；
8. 转运商预期损耗率——灰色预测模型求解结果。