基于规划模型的原材料订购与运输方案

摘　要

企业原料的订购与运输是每个生产企业都要考虑的问题。而如何在现有的原材料供应商和转运商的实际情况减少企业生产总成本和转运过程中原材料的损耗是一个难题。本文通过建立数学模型，利用计算机模拟的方法来制定生产企业订购与运输原材料的决策方案。

针对问题一，本文根据附件 1 对 402 家供应商的供货特征进行**量化分析**，选取了市场占比,供货率,订货次数,订单完成率,供货及时率五个指标。基于这五个指标，利用 **TOPSIS 综合评价**法建立反映保障企业生产重要性的数学模型。利用 MATLAB 对模型进行求解，得到 402 家企业的综合得分并对其进行了排名。取得分最高的 50 家供应商作为最终的选取结果，具体结果如表 2 所示。

针对问题二，本文以最原材料供应商的数量 n 最少为规划目标，是否选择该供应商为 0-1 决策变量，在此基础上满足企业生产需求为约束条件，建立了 **0-1 规划模型**。通过处理附件 1 的数据确定每家供应商每周的实际供货能力，利用 MATLAB 中 intlinprog 函数计算得到 n=23，其中 A 原料 9 家，B 原料 7 家，C 原料 7 家，具体选择的供应商如表 3 所示。针对该企业未来 24 周每周的订购方案，本文以企业订购原材料花费最少为优化目标，以每家供应商未来 24 周每周的供应能力和保证企业生产需求为约束条件，建立了**非线性 0-1 规划**模型。这里利用了**蒙特卡洛模拟**对模型进行了求解，从而得到每周的成本（具体结果见图 5）和订购方案，见支撑材料附件 A。针对该企业未来 24 周每周的转运方案，本文以每周原材料转运损耗最小为规划目标，以未来 24 周每周每家转运商的转运能力和转运量远大于损耗量为约束条件，建立了**非线性整数规划模型**。同样利用**蒙特卡洛模拟**对模型进行了求解，从而得到每周的损耗（具体结果见图 6）和转运方案，见支撑材料附件 A。最后对方案的实施结果进行了结果分析。

针对问题三：在问题二所建立的模型的基础上加入了多采购 A 类原料，少采购 C 类原料的限制条件，考虑到问题二已经对一般条件经行了规划，所以本问是对问题二所建模型的一个**优化问题**，为了让方案具有更多更优的选择，这里将不再对企业的数量进行要求，即企业的选择范围在问题一所选择 50 家企业内。对于优化后的订购方案，以企业订购原料的花费最少为规划目标，通过转运，仓储，订购原材料的花费最少为目标确定目标函数，以企业每周所规划的产能以及企业所要求的库存量为约束条件，建立了**非线性 0-1 规划模型**。利用**蒙特卡洛模拟**确定了每周企业对于供应商的选择以及相应的订货量，结果见支撑材料附件 A。而对于优化后的转运模型由于低的总转化率与问题二中低的转运量规划结果一致，所以本文仅改变了企业的范围，并利用问题二中所建立的模型得到了最终的转运方案，结果见支撑材料附件 B。最后对方案的实施结果进行了结果分析。

针对问题四：本文以产能提高率最高为规划目标，通过产能提高率的最大值确定目标函数，以企业每周 A,B,C 类原材料的订购量，以及产能提高率为约束条件，构建了 **0-1 规划模型**，利用 MATLA 中 **intlinprog 函数**求得最高的产提高率为 15.24%，即 4297.68m3，并得出了本周的订购方案。通过问题二中的转运模型得到了本问的转运方案。

关键词：TOPSIS 综合评价法；0-1 规划；蒙特卡洛模拟。

一、 问题重述

1.1 问题背景

企业原料的订购与运输是每个生产企业都要考虑的问题。由于原材料的特殊性，供应商不能保证严格按订货量供货， 在实际转运过程中，原材料也会有一定的损耗。为了在最短实践内获得最大利润，企业的订货量，供应商的供货量和转运商的运货量之间的协调关系是考虑的重点。为解决成本问题，首先应考量供应商的综合供货能力，其次根据所选择的供应商制定最优的转运方案。

1.2 问题提出

根据以上背景，以及给出的三个附件，解决以下问题：

（1）参考附件 1，对所给供应商的数据进行量化分析，建立相应的数学模型，确定出 50 家最重要的供应商。

（2）根据问题 1 的结果，对选出来的供应商再根据企业所需产能进行筛选；在二次筛选出的供应商的基础上，为企业预测未来 24 周每周最经济的订货方案和转运方案。

（3）企业为提高利润，要尽可能多地采购 A 类原材料并尽可能少地采购 C 类原材料，需制定新的订购及转运方案。

（4）根据现供应链的供应能力极限，确定企业产能的提高，并预测未来 24 周的订购和转运方案。

二、 问题分析

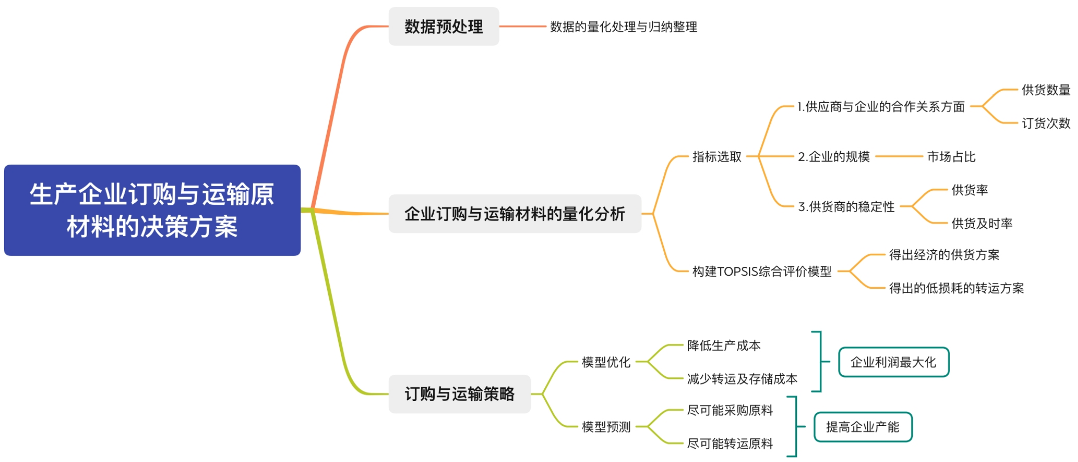

图 1 问题分析思维导图

2.1 问题一的分析

题目表明应根据附件 1 中的数据，推测供应商保证企业生产的能力，选出 50 家重要供应商。而重要供应商的选拔依据主要有：供应商与企业的合作关系、供应商的规模、供货的稳定性三个方面。首先，可以根据所给数据建立评价指标，对于第一个影响条件，可以计算出每位供应商的供货数量和订单次数，依次进行评判。对于第二个影响条件，通过整理供货量与同种货的供货总量的比值即可推断。对于第三个条件，应用供货总量与订货总量的比值，以及供货量与订货量每周的比值之和进行整理。其次，利用熵权法对五个指标进行客观赋权，查看各指标的重要程度。最后使用模糊综合矩阵对所有供应商打分，选出前 50 名即为重要供应商。

2.2 问题二的分析

题目要求对选出来的供应商根据企业所需产能进行筛选；在二次筛选出的供应商的基础上，为企业预测未来 24 周每周最经济的订货方案和转运方案。首先以最少原材料供应商的数量 n 为规划目标，是否选择该供应商为 0-1 决策变量，在此基础上满足企业生产需求为约束条件，建立了 0-1 规划模型。针对该企业未来 24 周每周的订购方案，本文以企业订购原材料花费最少为优化目标，以每家供应商未来 24 周每周的供应能力和保证企业生产需求为约束条件，建立了非线性 0-1 规划模型。针对该企业未来 24 周每周的转运方案，本文以每周原材料转运损耗最小为规划目标，以未来 24 周每周每家转运商的转运能力和转运量远大于损耗量为约束条件，建立了非线性整数规划模型。

2.3 问题三的分析

题目要求尽量多采购 A 类原材料少采购 B 类原材料，减少转运及仓储成本的同时有较少的转运损耗率。减少转运及仓储成本就是在问题二的基础上继续让企业的成本最小化，并且在此基础上多购入 A 类原材料。通过以企业成本达到最优来经行优化，并增加 A 类，C 类原材料的数量的限制，最终确定了最低成本下的订购方案。低的转运损耗率与总的转运量效果一致可利用问题二当中的转运模型求得。

2.4 问题四的分析

题目四要求在现有数据的实际情况下分析企业每周的产能提高量以及未来的订购以及转运方案。产能的提升将直接影响原材料的购入，以求得最大产能提高率为目标，通过原材料数量的限制以及限制企业产能提高率可求得订购方案。转运模型可利用问题二当中的转运模型求得。

三、 模型假设

1. 假设供应商的生产能力不会骤然升高或降低，企业的产能在短期内不会突然提高或骤然下降。
2. 数据处理过程中，在求数据平均值时，不考虑数据为 0 的情况。
3. 企业第一周的库存量为 0，并且企业在每周消耗原材料的速度是均匀稳定的，忽略外来条件的影响。

四、 符号说明

符号	说明	单位
n_{in}	供应商达到预期的次数	次
n_{all}	企业的总订货次数	次
x_{in}	供应商总供货量	m^3
x_{od}	企业总订货量	m^3
x_n	供货量	m^3
D_x	供应商的订单完成率	\
P	供应商的供货率	\
O	供应商供货的及时率	\

T	供应商所供的货与此类货物总市场的比值	\
I	企业收购原材料的花费	元
S	企业在某一周因运输所损耗的原材料量	m^3

五、 模型的建立与求解

5.1 数据预处理

原题共给出 2 个附件，附件中的数据提供了供应商与转运商的相关数据。对于众多供应商和转运商的相关数据，在这里对数据进行量化处理并归纳整理。

对于附件 1，为了观察数据整体趋势，了解订货量与供货量的数据分布情况，通过使用 EXCEL 软件对数据进行了预处理，并通过图 2 结果展示：

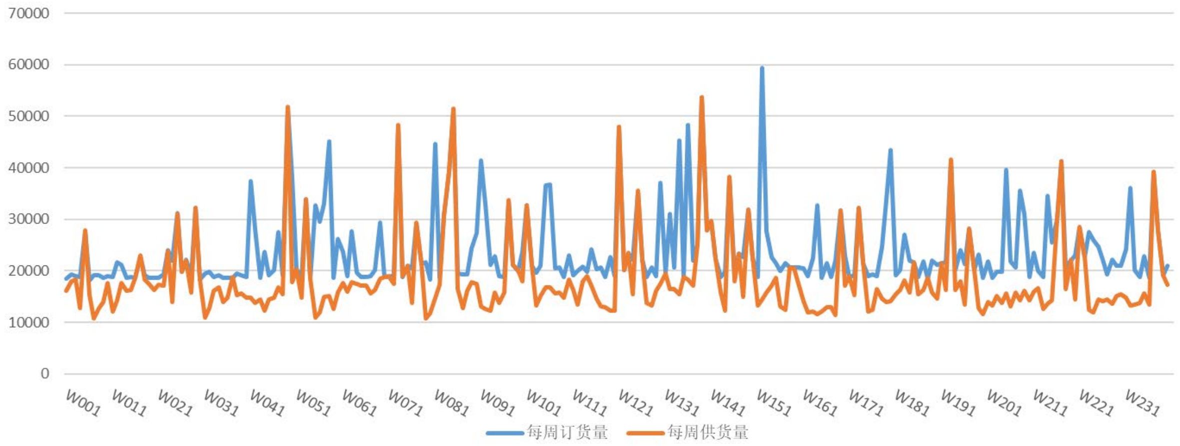

图 2 订货量与供货量数据分布图

根据图 2 可知，每周企业的订货量和供应商的供应量基本平衡，但部分时间段供不应求，影响了企业的正常生产。此外，对于数据中订货量和供货量为 0 的数据进行排除，并对除 0 数据求平均值。

对附件 2，为直观地了解转运商在运输过程中的损耗，查看哪家转运商更稳定、可靠，在此先进行去 0 处理，排除没有订货与供货情况的影响，然后再进行运输损耗率进行求平均，取得可视化的图像如下：

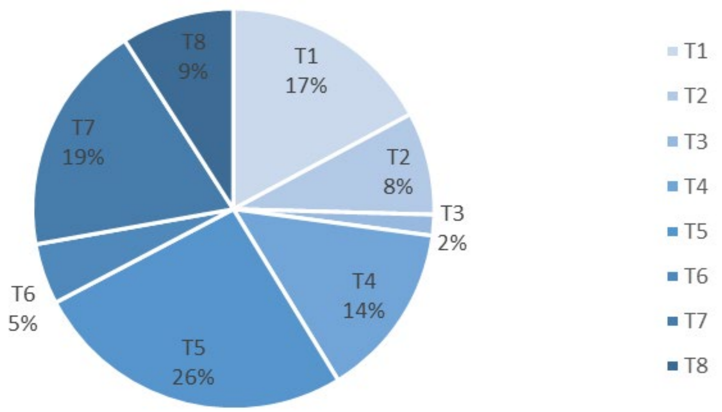

图 3 平均运输损耗统计图

由图 3 可知，T2、T3、T6、T8 这四家转运商平均运输损耗较小，在后面的模型建立与求解中，优先考虑这四家企业。

5.2 问题一模型的建立与求解

5.2.1 指标选取

每个企业在经营的过程中，优质的供应链是不可或缺的，从原材料的采购，到转运商的运输再到企业手中，这个流程是传统的供应流程。其中，在供应商与企业中间就存在着互相选择的现象。企业为了保障自身产能并获取最大利益，会依据供应商的产量，供货稳定性等方面对供应商做出评估[1]。结合附件 1 可知，供应商的产能可以由供货量的多少推断出，供应商的稳定性则体现在订货量与供货量的比值，供应商与企业合作关系的好与坏可以通过此供应商所提供的货物占此类货物采购总和的比例的多与少来判断。通过对附件 1 已知数据进行分析。最终选取：订货次数、订单完成率、供货率、及时率、市场占比 5 个指标来构建供应商综合供货能力评价体系。其中：

（1）市场占比T： 此指标指某种类的供应商 5 年内的供货量占此种类总供货量的百分比，n_Z为某种材料供应商 5 年内供货总量，N为某种材料的总供货量：

$$T=\frac{n_Z}{N}(Z=A,B,C) \tag{5.1}$$

T 的数值与企业和供应商的合作关系有密切联系，T 值越大，证明企业与该供应商的合作关系越紧密。

（2）供货率 P： 5 年内的供货总量与订货总量的比值：

$$P=\frac{x_{in}}{x_{od}} \tag{5.2}$$

该指标反应了供应商的产能多少，表明供应商的规模，证明其可靠性。

（3）订货次数n_{all}： 在 240 周中，通过把有订货量的周次相加，来具体计算某企业在 5 年之内共几个周次有订单。订货次数越大，代表企业与该供应商合作频率越高，供应商综合供货能力越强。

（4）订单完成率 D_x： 在 240 周中，订单标额或超额完成的周次比上总订单次数：

$$\mathrm{Dx}=\frac{n_{in}}{n_{all}} \tag{5.3}$$

通过订单完成率，可以判断供应商的可靠程度，订单完成率越高，说明此供应商越可靠。

（5）供货及时率O： 排除没有订单的周，通过把供应商有订货的周中的供货量与订货量的比值求和再计算平均值来反映供应商的供货能力。此式中x_i为某周的供货量；y_i为某周的订货量：（若x_i/y_i的数值大于 1 时，按等于 1 处理）

$$O=\frac{\sum({}^{x_i}/{}_{y_i})}{n} \tag{5.4}$$

当O值越大，表明供应商能满足企业需求的可能性越高。

5.2.2 基于 TOPSIS 综合评价的模型建立

Step1：

标准化的目的是消除不同指标量纲的影响，为了保证评价体系的准确性更高，这里对矩阵进行标准化处理。由于所设模型指标都为极大型指标，因此不再进行正向化处理。

设有 402 个要评价的对象，5 个要评价的指标，构成的正向化矩阵如下：

$$X=\begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \tag{5.5}$$

标准化后的矩阵记作 Z，对 Z 中的每一个元素进行如下处理：

$$z_{ij}=x_{ij}/\sum_{i=1}^{n} {x_{ij}}^{2} \tag{5.6}$$

这样使评价结果更有准确性。

Step2：

假设有 n 个待评价的对象（这里指要选定的供应商），m 个评价指标,构成的正向矩阵如下：

$$X=\begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{pmatrix} \tag{5.7}$$

将标准化的矩阵记为 Z, Z 中的每一个元素满足如下条件：

$$z_{ij}=\frac{\mathrm{xij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^{2}}} \tag{5.8}$$

假设有 n 个要评价的供应商，m 个评价指标（均为非负元素），得到的非负矩阵如下：

$$\tilde{Z}=\begin{pmatrix} \tilde{z}_{11} & \cdots & \tilde{z}_{1\mathrm{m}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{\mathrm{n}1} & \cdots & \tilde{z}_{\mathrm{nm}} \end{pmatrix} \tag{5.9}$$

计算第 j 项指标下第 i 个供应商所占的比重，并将其看作相对熵计算中用到的概率。计算概率矩阵 p, 其中 p 中每一个元素p_{ij}的计算公式如下：

$$p_{ij}=\frac{\tilde{z}_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} \tilde{z}_{ij}} \tag{5.10}$$

容易验证：$\sum_{i=1}^{n} p_{ij}=1$ 即保证了每一个指标所对应的概率和为 1。

对于第 j 个指标而言，其信息熵的计算公式为：

$$e_{j}=\frac{-1}{\ln n}\sum_{i=1}^{n} \ln\left(p_{ij}\right)(j=1,2 \ldots m) \tag{5.11}$$

令信息效用值$d_{j}=1-e_{j}$，

将d_j归一化，能够得到每个指标的熵权：

$$w_{j}=\frac{d_{j}}{\sum_{j=1}^{m} d_{j}} \tag{5.12}$$

Step3：

设有 402 个要评价的对象，5 个评价指标。标准化矩阵如下：

$$Z=\begin{bmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \cdots & z_{nm} \end{bmatrix} \tag{5.13}$$

定义最大值 $z^+=(z_1^+, z_2^+, \ldots z_m^+)=(\max\{z_{11}, z_{21},\ldots, z_{n1}\}, \max\{z_{12}, z_{22},\ldots, z_{n2}\},\ldots, \max\{z_{1m}, z_{2m},\ldots, z_{nm}\})$。这个向量表示求出每一个指标的最大值

定义最小值 $z^-=(z_1^-, z_2^-, \ldots z_m^-)=(\max\{z_{11}, z_{21},\ldots, z_{n1}\}, \max\{z_{12}, z_{22},\ldots, z_{n2}\},\ldots, \max\{z_{1m}, z_{2m},\ldots, z_{nm}\})$。这个向量表示求出每一个指标的最小值，$w_j$是 step2 中的熵权。

定义第 i（i=1，2，…，n）评价对象与最大值的距离

$$D_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^{m} w_j\left(z_j^+-z_{ij}\right)^2} \tag{5.14}$$

这里表示，每一个供应商的每一个指标与该指标最大值之间的欧氏距离之和。

定义第 i（i=1，2，…，n）个评价对象与最小值的距离：

$$D_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{m} w_j\left(z_j^--z_{ij}\right)^2} \tag{5.15}$$

这里表示，每一个供应商的每一个指标与该指标最小值之间的欧氏距离之和。

计算得出第 i（i=1，2，…，n）个供应商与未归一化的得分：

$$S=\frac{D_i^-}{D_i^++D_i^-} \tag{5.16}$$

将得分归一化处理：

$$s_i^{\sim}=s_i/\sum_{i=1}^{n} s_{i=1}^{\sim} \tag{5.17}$$

即可得到所需的数据。

5.2.3 供应商综合供货能力评价体系模型的求解

利用熵权法对五个指标：订货次数、完成率、总供货能力、及时率、市场占比进行赋权，结果见表 1：

表 1 权重

指标	权重
市场占比	0.20
供货率	0.11
订货次数	0.19
完成率	0.35
及时率	0.15

将赋得的值代入评价矩阵中得到了对于 402 家供应商的评价结果，根据离最优解的距离的结果选取了得分最高的 50 家供应商作为最终的选取结果。如表 2 所示：

表 2 评价结果

供应商 ID	材料分类	得分	供应商 ID	材料分类	得分
S229	A	322.79	S037	C	55.32
S361	C	305.81	S365	C	53.69
S140	B	271.57	S031	B	51.59
S108	B	218.59	S126	C	50.26
S151	C	183.06	S040	B	47.58
S282	A	160.14	S364	B	44.21
S340	B	157.25	S367	B	42.67
S275	A	150.33	S338	B	40.84
S329	A	148.48	S346	B	39.96
S139	B	139.63	S080	C	39.04
S131	B	127.55	S294	C	38.33
S308	B	126.49	S055	B	38.33
S330	B	126.31	S218	C	37.91
S356	C	125.28	S244	C	37.40
S268	C	124.85	S266	A	36.56
S306	C	121.58	S076	C	35.73
S194	C	99.70	S098	B	35.63
S348	A	89.36	S007	A	34.46
S352	A	88.72	S123	A	34.34
S143	A	82.86	S213	C	34.17
S307	A	77.21	S067	C	33.70
S201	A	76.58	S175	B	33.50
S395	A	73.38	S174	B	33.25
S247	C	62.57	S221	A	33.20
S374	C	57.13	S284	C	32.58

可视化结果如图 4 所示：

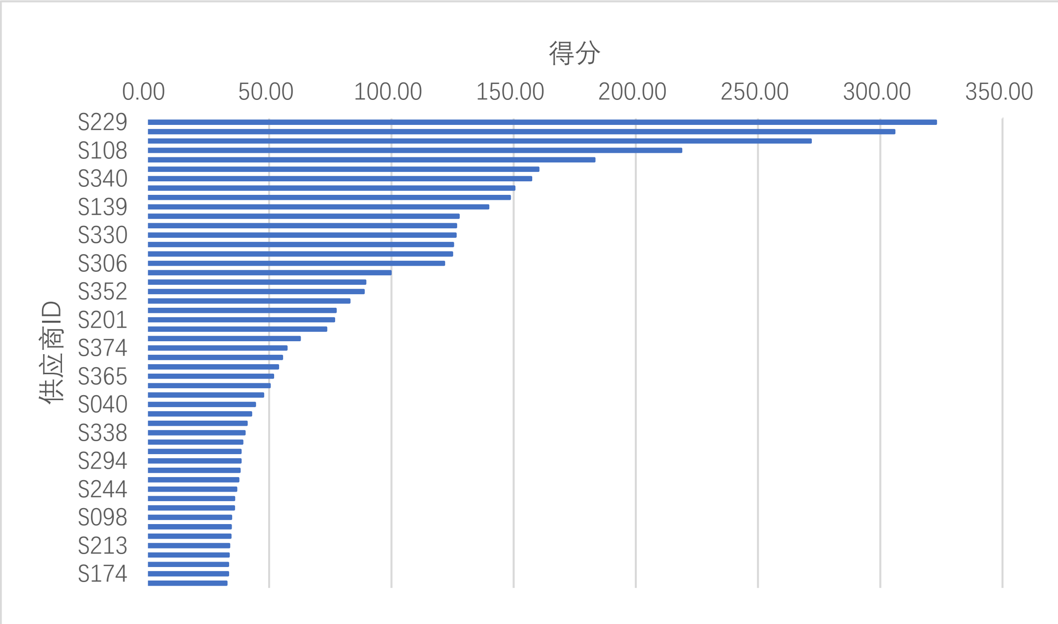

图 4 供应商得分可视化结果图

所选取的 50 家企业中，除市场占比、供货率有明显优势外，各供应商订货次数大多都很高、完成率基本都控制在 90%以上甚至及时率大多数供应商可以做到 97%以上，故此模型结果较为理想。

5.3 问题二模型的建立与求解

5.3.1 供应商数量的选择模型的建立

企业为了满足每周规定的正常的产能，对于供应商所供应的量都有明确的数值要求，而不同的供应商的供应能力是不一样的，并且大多数供应商由于产能，生产方向等原因很难全部满足企业的要求，所以对于供应商数量的选取就成了每个企业所要面临的难题。选择供应商可以看为两个状态，选择或是不选择，好比开关的亮暗，因此：

$$记x_{\mathrm{i}} = \begin{cases} 1, & 第\ \mathrm{i}\ 家供应商在本周进行供货 \\ 0, & 第\ \mathrm{i}\ 家供应商在本周没有进行供货 \end{cases}, \quad \mathrm{i} = (1,2,\cdots,50)$$

分析所得到的目标函数 n，n 为至少选择供应商供应原材料满足生产的需求的最少企业数量。该函数式为线性函数式，在这里将采用正整数规划中线性 0-1 规划的方式寻求 n 的最优方案，目标函数为：

$$min\ n = \sum_{i=0}^{50} x_i \tag{5.19}$$

对于问题 1 评价模型所得到的 50 家最重要的企业，结合附件 1 中所给出的该企业近 5 年 402 家原材料供应商的订货量以及供货量的数据，可以得出这 50 家企业近 5 年的订货量以及供货量的数据。由于该企业每年按 48 周安排生产，需要提前制定 24 周的原料订购计划，那么对于 240 周的数据，以 24 周为一个周期，可以得到该企业每次计划的供应商的选择以及供货安排。

通过将近 5 年这 50 家供应商的订货量以及供货量数据进行周期划分并按照每 1-24 周的顺序逐列比较，不难发现，该企业每周选取的供应商是不同的并且同一供应商在不同周的供货量是不同的，甚至有的供应商出现订货量与供货量为 0 的情况，对于

这些情况，可能是由于不同供应商由于材料，或是生产方式等的原因，每周的生产能力是不一样的，或是采购部为了最低价格，频繁更换供应商[2]等。为了更好的判别不同供应商的供货能力，因此在这里忽略订货量与供货量为 0 的情况。

通过表 2 的数据可以知道该 50 家供应商的确切编号以及所对应生产的具体原材料，每周企业计划的产能为 2.82 万立方米，每立方米产品消耗的 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。即满足：

$$\frac{A类原材料总量}{0.6}+\frac{B类原材料总量}{0.66}+\frac{C类原材料总量}{0.72}=28200 \tag{5.20}$$

因此每周企业选择的供应商的供应总量应当不小于计划的产能数量。为了方便计算，在这里将表二当中的供应商按照生产 A,B,C 类原材料进行划分，并得到如下的约束条件：

$$s.t.\begin{cases}\sum_{i=1}^{14}\frac{w_i^* x_i}{0.6}+\sum_{i=15}^{31}\frac{w_i^* x_i}{0.66}+\sum_{i=32}^{50}\frac{w_i^* x_i}{0.72}\geq 28200 \\ x_i*(x_i-1)=0\end{cases} \tag{5.21}$$

其中，w_i^*为供应商的供应数量。所以公式5.21和公式5.20是供应商数量的规划模型。

5.3.2 基于 0-1 规划的供应商数量的选则模型的求解

Step 1:规划模型系数的确定：

w_i^*：将每一周期所对应位置的供货量，消去供货量为 0 的情况后所求得的平均值，由于企业在短期时间内的生产规模不会突变，因此近 5 年同一供应商的供货能力是趋于一定的，因此用平均值反应供应商的供货数量。

Step2：

将初始系数和约束条件代入 MATLAB 中$intlinprog$求解得到最少企业数量 n 为 23。选择的企业编号和对应的材料类型如表 3 所示。

表 3 供应商规划数量与结果

供应商 ID	材料分类	供应商 ID	材料分类	供应商 ID	材料分类
S229	A	S140	B	S361	C
S282	A	S108	B	S151	C
S275	A	S340	B	S356	C
S329	A	S139	B	S268	C
S348	A	S131	B	S306	C
S352	A	S308	B	S194	C
S307	A	S330	B	S126	C
S201	A				
S395	A				

5.3.3 最经济的原材料订购方案的建立

在市场经济环境下，寻求好的经济效益是企业生存的根本。通常企业寻求良好的经济效益，一般是从源头入手，控制企业各项工作以及生产的成本，在总收入一定的情况下，投入的越少，利用率越高，经济效益最好[3]。为得到未来 24 周每周最经济方案，在这里可以从企业所投入的生产成本入手，当忽略转运以及存储的因素下，通过

减少购买原材料的花费可实现方案经济化。

依照供应商数量的选择模型中所筛选出的 23 家供应商，由于供应商在每一周的生产能力是不同的，如何合理选择供应商，合理分配不同供应商的生产量将直接影响着企业所能获得的效益。

$$记决策变量x_{\mathrm{i}} = \begin{cases} 1， & 第\ \mathrm{i}\ 家供应商在本周进行供货 \\ 0， & 第\ \mathrm{i}\ 家供应商在本周没有进行供货 \end{cases}，\mathrm{i} = (1,2,\cdots,23)$$

令 C 类原材料的采购价格为 c 元/ m^3，由于实际中 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%，因此 A 类原材料的采购价格为 1.2c 元/ m^3，B 类原材料的采购价格为 1.1c 元/ m^3；而第 i 家供应商在某一周的供应量为w_i

依照表三可以看出，23 家供应商中生产 A 类原材料的企业有 9 家，生产 B 类原材料的企业有 7 家，生产 C 类原材料的企业有 7 家，为了方便运算，在这里将 23 家企业按照 A、B、C 三类经行划分并按照生产 A,B,C 类原材料的顺序对供应商经行排序。则企业购买计划规定产能所需原材料的总投资量I为企业在本周 A 类原材料总量*A 类原材料的采购价格+B 类原材料总量*B 类原材料的采购价格+C 类原材料总量*C 类原材料的采购价格，分析所得到的目标函数 I，该函数式为非线性函数式，这里将采用正整数规划中非线性 0-1 规划的方式寻求 I 的最优方案：

$$min\ I = \sum_{i=1}^{9} 1.2c * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{i=10}^{16} 1.1c * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{i=17}^{23} c * w_i * x_{\mathrm{i}} \tag{5.23}$$

任何优化后的订购方案都应在企业每周能完成既定的产量下，这就要求本周负责供货的供应商的供货量应当达到企业的要求，即提供的所有原材料应当满足生产 28200m^3 的产品，即：

$$\sum_{i=1}^{9} \frac{w_i x_i}{0.6} + \sum_{i=10}^{16} \frac{w_i x_i}{0.66} + \sum_{i=17}^{23} \frac{w_i x_i}{0.72} \geq 28200 \tag{5.24}$$

由于供应商的产能有限，因此对于结果得出的供应量w_i的值，需要一定的条件来限制从而得到一个合理的结果。不同企业在不同周的生产能力不同，但在不同周期的同一周当中，应当有同样的水平。因此将 10 个周期下的每周对应的值的平均值作为衡量不同企业在该周的供应量。（对于含 0 量参考参考 5.3.2 中对于该问题的解释）

$$\bar{w}_i = \frac{\sum_{i=1}^{10} w_i}{\sum_{i=1}^{10} i} \tag{5.25}$$

在实际调用的过程中，由于企业要尽可能的保持不少于满足两周生产需求的原料库存量。这里均以第一家供应商考虑，对于第 1 周，w_1应当为第一周与第二周供应量所求得的平均值之和来反应第一周的供应能力，而第 2 周的w_1应当用近五年数据中的第 3 周的供应量的平均值来代替。如此递归，直到第 24 周的w_1可以用抛弃第一个周期的第一周的供应量的平均值来代替。

由于需要对供应量经行总的限制，在这里选取所求$\bar{w}_i$中的最大值作为区间上限来对wi进行约束。其中决策变量w_i是在该规划下的最优解，即最优订购方案。

$$0 < w_i < \bar{w}_{i\ max}$$

最终：

$$min\ I=\sum_{i=1}^{9}1.2c*w_i*x_i+\sum_{i=10}^{16}1.1c*w_i*x_i+\sum_{i=17}^{23}c*w_i*x_i$$

$$s.t.\begin{cases}\sum_{i=1}^{9}\frac{w_ix_i}{0.6}+\sum_{i=10}^{16}\frac{w_ix_i}{0.66}+\sum_{i=17}^{23}\frac{w_ix_i}{0.72}\geq 28200\\ 0<w_i<\overline{w}_{i\ max}\\ x_i*(x_i-1)=0\end{cases}\tag{5.26}$$

5.3.4 最经济的原材料订购方案的求解

在非线性整数规划很难直接求出目标函数最小值，所以这里利用 MATLAB 采用蒙特卡罗模拟来对目标函数进行求解。

Step1：根据上面约束条件中求得每个变量所能承受的大致范围：

Step2：在该范围下，用随机数生成若干组实验点，并验证它们是否满足所有的约束条件，将所有满足的实验点划分到可行组内。

Step3：设置迭代次数为 10^7 次，从可行组中找到所对应的最小值，即为所需的非线性 0-1 规划的最优解。

Step4：为得到每一周的订购方案，改变每一周的$\overline{w}_{i\ max}$得到每一周的最优订购方案w_i和采购成本I。

具体每周的订购方案见支撑材料附件 A。

5.3.5 转运模型的建立

在供应商生产，处理好原材料后，需要交付给相应的转运公司转运。在转运的过程中，由于原材料的特殊性导致转运过程中会出现正常的损耗，并且在运输过程中不可避免的碰撞等事件，甚至是突发意外导致的材料的部分损失等都会使交付到客户手上的接收量的值小于供货量，这一损失称为损耗率。对于企业来说，通过数据来判断哪家转运公司的转运损耗率低，可靠性强，选择哪几家转运商运输原材料时损耗的量最少，以此来提高企业利润是必要的。

依照附件 2 中所给出的 8 家转运商的运输损耗数据，在这里对附件 2 的数据进行与附件 1 相似的周期划分，可以发现转运商在每一周的损耗率是不同的，因此如何合理选择转运商，合理分配不同转运商的转运量将直接影响着企业的利益。

记

$$x_{\mathrm{i}}=\begin{cases}1，第\ \mathrm{i}\ 家供应商在本周进行供货\\ 0，第\ \mathrm{i}\ 家供应商在本周没有进行供货\end{cases}，\mathrm{i}=(1,2,\cdots,23)$$

$$y_{\mathrm{j}}=\begin{cases}1，第\ \mathrm{i}\ 家选择此转运商进行运输\\ 0，第\ \mathrm{i}\ 家没有选择此转运商进行运输\end{cases}，\mathrm{j}=(1,2,\cdots,8)$$

在这里需要注意的是转运方案应当在订购方案的基础下进行，x_{i}的取值应当取决于每周 i 值所对应的供货商是否供货。并且在此基础下可以得出这些供应商的供货量w_{i}。

由损耗量=转运量*损耗率,可以得出企业在某一周因运输所损耗的原材料量,故而当损耗的原材料量最少时所对应的运输策略即为所需。分析所得到的目标函数 S，该

函数式为非线性函数式，这里将采用正整数规划中非线性 0-1 规划的方式寻求 S 的最优方案：

$$min\ S=\sum_{i=1}^{23}x_i*\sum_{j=1}^{8}y_j*t_i*\beta_i \tag{5.28}$$

在这里已表中所给转运商的顺序对转运商进行标号，令第 i 个转运商在某周的损耗率为β_i,这周该供应商所应负责的转运量为决策变量t_i，最优订购方案为该规划下的最优解t_i。通过附件 2，可以得出每周转运商的转运损耗率，按照附件 1 的处理方式，在这里对附件 2 的数据经行周期划分，并用不同周下的平均值反应该周转运商的靠谱程度，并通过此来衡量不同周下转运商的损耗率。

对于每一家供应商，选择转运商时所运输的损耗量之和应当远小于原料订购方案时所规划的应提供的原材料的量，即：

$$\sum_{i=1}^{23}x_i\sum_{j=1}^{8}y_j*t_i*\beta_i\le 10*\sum_{i=1}^{23}x_i*w_i \tag{5.29}$$

$$0<t_i<6000$$

最终可以确定转运模型：

$$min\ S=\sum_{i=1}^{23}x_i*\sum_{j=1}^{8}y_j*t_i*\beta_i$$

$$s.t.\begin{cases}\sum_{i=1}^{23}x_i\sum_{j=1}^{8}y_j*t_i*\beta_i\le 10*\sum_{i=1}^{23}x_i*w_i\\ 0<t_i<6000\\ x_i*(x_i-1)=0\end{cases} \tag{5.30}$$

5.3.6 转运模型的求解

由于是非线性 0-1 规划，所以同样采用蒙特卡洛模拟进行求解。

Step1：系数x_{i}，β_{i}，w_{i}的确定见 5.3.5。

Step2：根据上面约束条件中求得每个变量所能承受的大致范围.

Step3：在该范围下，用随机数生成若干组实验点，并验证它们是否满足所有的约束条件，将所有满足的实验点划分到可行组内。

Step4：设置迭代次数为 10^7 次，从可行组中找到所对应的最小值，即为所需的非线性 0-1 规划的最优解。

Step5：为得到每一周的转运方案，改变每一周的x_{i}，β_{i}，w_{i}得到每一周的最优转运方案和最小损耗S。

具体转运方案t_i见支撑材料附件 B。

5.3.7 方案实施效果分析

图 5 为规划后企业未来 24 周每周采购量的可视化，

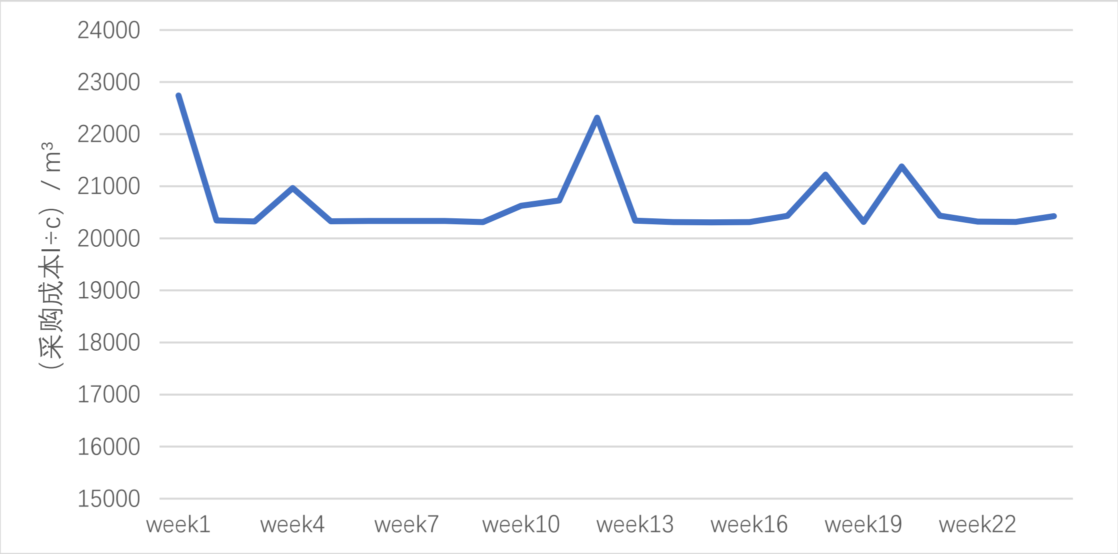

图 5：采购量

图 6 为规划后企业未来 24 周每周损耗量 S 的可视化，

图 6：损耗量 S

根据订购方案以及转运方案的可视化结果分析发现企业采购量均满足每周所需的产能，并且在第一周订购量两个周的量，在后期的订购中均满足仓库内的库存满足两周的生产需要。而在运输的过程中，难免会有不同程度的损失，相比于附件 2 已知的 10 周期下的 24 周的损耗率，经过计算发现，经规划下，损耗量最高时的总损耗量为 1600m^3，折算成损耗率为 0.056，明显有大幅度的降低。所以在一定程度上，订购方案，运输方案均有一个较为好的结果。

5.4 问题三模型的建立与求解

企业为了减少转运以及仓储成本，现计划尽量多地采购 A 类和尽量少地采购 C 类原材料；同时希望转运商的损耗率尽可能的低，因此重新需要制定一个新的订购以及转运方案来满足需求。相比与问题二，该问题在最经济的订购方案以及运输损耗最少的转运方案基础上，首先限定了 A,B,C 类原材料的订购量问题，其次需要满足转运以及仓储的成本问题。为得到在限定条件下更优化的方案，在这里对问题二中所规划的模型进行优化。

5.4.1 供应商选择模型的优化与求解

企业为了减少转运以及仓储成本，现计划尽量多地采购 A 类和尽量少地采购 C 类

原材料；同时希望转运商的损耗率尽可能的低，因此重新需要制定一个新的订购以及转运方案来满足需求。相比与问题二，该问题在最经济的订购方案以及运输损耗最少的转运方案基础上，首先限定了 A,B,C 类原材料的订购量问题，其次需要满足转运以及仓储的成本问题。为得到在限定条件下更优化的方案，在这里对问题二中所规划的模型进行优化。

对于供应商，将直接对 50 家供应商经行方案的排列，不再优先经行供货商的选取。将该 50 家企业按照生产 A,B,C 类原材料为范围按照 ABC 的顺序对企业经行了排序（该排序不分先后）。其中生产 A 类原材料的企业有 14 家，生产 B 类原材料的企业有 17 家，生产 C 类原材料的企业有 19 家。

5.4.2 原材料订购方案的优化

问题二在考虑原材料方案订购时，为了得到最经济的订购方案，仅仅从原料的订购所消耗的费用为出发点，忽视了运输成本以及转运成本所带来的影响，因此在这里将沿用第二问所创立的原材料订购方案模型，并对模型进行了完善。

$$I=\sum_{i=1}^{9}1.2c*w_i*x_{\mathrm{i}}+\sum_{i=10}^{16}1.1c*w_i*x_{\mathrm{i}}+\sum_{i=17}^{23}c*w_i*x_{\mathrm{i}} \tag{5.29}$$

公式 5.29 为第二问所确立的规划模型的目标函数，该式为保证参数 I 即企业收购原材料的花费最少时，仅仅从源头出发，减少了原料订购的花费，而忽视了中间过程所造成的花费。对于仓储问题这里涉及到了时间的问题，对于第一周的存储，将企业消耗的过程理想化，即每天的消耗量为定值，且每周的消耗量不变，消耗的过程符合一个均匀分布，那么这周的消耗量为这周总的订购量的一半。图 7 显示了此关系：

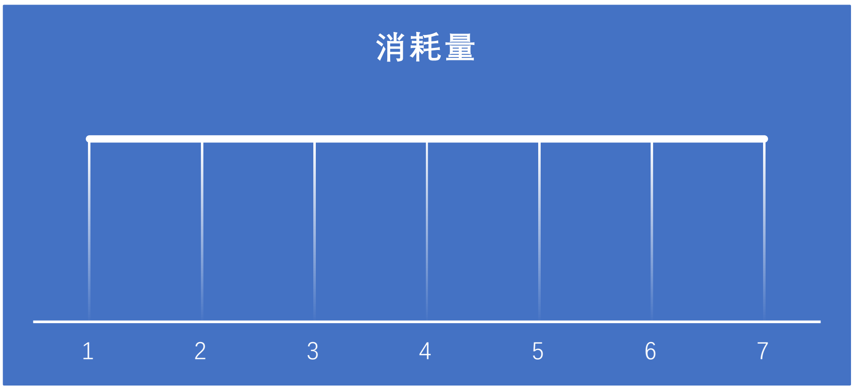

图 7：消耗量与天数的关系

而对于第二周之后不仅仅要考虑第二周运送进来的新的原材料的存储问题还要考虑上一周剩余的原材料的存储问题。为了保证企业的原材料库存始终保持为两周的生产需求，并且方便模型的求解，在这里将该模型拆为两个部分，第一个部分为第一周的花费，第二部分为剩余 23 周的花费。

运输的量为每周的订购量不需要考虑上周所带来的影响。

由于三类原材料运输进和储存的单位费用相同，假设该费用为 k 元。

Step1：第一周的花费

这里考虑企业在此次 24 周计划的时候，库存已经消耗完，所以为了保证企业能够维持两周的生产需求，在此次订购的时候需要直接购入两周的货运量，并且在存储的过程中只需要存储一周的量即可，考虑到每周的消耗量，在这里消耗的过程理想化，那么他所需要存储的过程为订购量的一半。

订购与转运的费用即为：

$$I' = \sum_{1}^{14}\left(k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{15}^{31}\left(k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{32}^{50}\left(k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \quad (5.30)$$

结合第二问原材料购入时的花费，最终可得第一周的花费为：

$$\begin{aligned} I_1 = &\sum_{1}^{14}\left(1.2c + k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{15}^{31}\left(1.1c + k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \\ &+ \sum_{32}^{50}\left(c + k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \end{aligned} \quad (5.31)$$

需要注意的是w_i为第一周与第二周总的供货量。

Step2:剩余几周的花费：

后几周不同于第一周的关键在于，企业的仓库始终保持两周的原材料的数量，那么对于第二周开始，存储花费不仅仅需要考虑本周新进入的原材料，还有上周剩余的一半原材料的存储。那么总的存储量为

$$\frac{3}{2} * w_i * x_{\mathrm{i}}$$

故而总的转运，存储消耗为：

$$I' = \sum_{1}^{14}\left(k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{15}^{31}\left(k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{32}^{50}\left(k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \quad (5.32)$$

结合第二问原材料购入时的花费，最终可得第 n 周的花费为：

$$\begin{aligned} I_n = &\sum_{1}^{14}\left(1.2c + k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{15}^{31}\left(1.1c + k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \\ &+ \sum_{32}^{50}\left(c + k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \end{aligned} \quad (5.31)$$

需要注意的是w_i为 n+1 周的供货量。

所以对于这个新的规划模型，其目标方程为:

$$\begin{cases} I_1 = \sum_{1}^{14}\left(1.2c + k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{15}^{31}\left(1.1c + k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \\ \qquad + \sum_{32}^{50}\left(c + k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \ (第一周) \\ I_n = \sum_{1}^{14}\left(1.2c + k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{15}^{31}\left(1.1c + k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \\ \qquad + \sum_{32}^{50}\left(c + k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \ (第n周) \end{cases}$$

为了满足尽可能地采购 A 类和尽少量地采购 C 类，在这里参考工程上对于远大于的定义对 A 类企业,C 类企业的数量进行了约束：

$$\sum_{1}^{14} w_i * x_{\mathrm{i}} \geq \sum_{32}^{50} w_i * x_{\mathrm{i}} \tag{5.32}$$

参考问题二，最终确定所得模型为：

$$\begin{cases} I_1 = \sum_{1}^{14}\left(1.2c + k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{15}^{31}\left(1.1c + k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \\ \quad + \sum_{32}^{50}\left(c + k + \frac{1}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}}\,(第一周) \\ I_n = \sum_{1}^{14}\left(1.2c + k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} + \sum_{15}^{31}\left(1.1c + k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}} \\ \quad + \sum_{32}^{50}\left(c + k + \frac{3}{2}k\right) * w_i * x_{\mathrm{i}}\,(第n周) \end{cases}$$

$$s.t.\begin{cases} \sum_{1}^{14} w_i * x_{\mathrm{i}} \geq \sum_{32}^{50} w_i * x_{\mathrm{i}} \\ 0 < w_i < \bar{w}_{i\,max} \\ x_i * (x_i - 1) = 0 \end{cases}$$

5. 4. 3 原材料订购方案优化模型的求解及结果分析

由于是非线性 0-1 规划，所以同样采用蒙特卡洛模拟进行求解，具体步骤不再重复，具体订购方案见支撑材料附件 A 所示。本文将每周 A 类和 C 类原材料订购总量进行对比如图 8。发现通过模型的优化后，结果显示企业尽可能多采购 A 类原材料而少采购 C 类原材料，满足前提要求，并且也对仓库内原材料的限制有了要求。

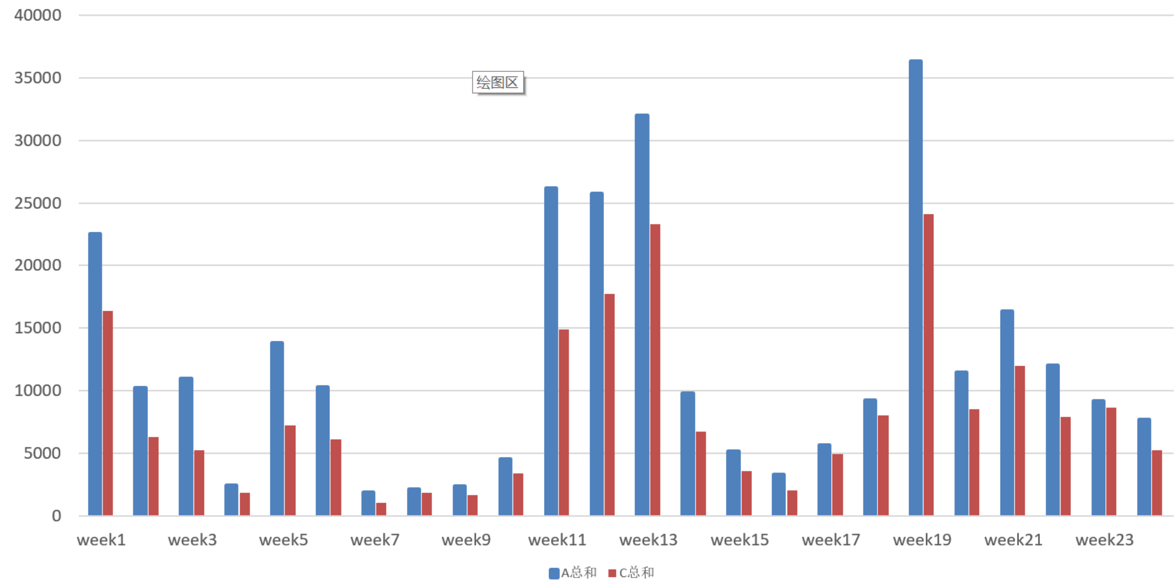

图 8:A,C 类原材料对比

5.4.4 转运模型的优化

为了转运的过程中的转运损耗率尽量的少，这里要求的是总的转运损耗率，而

$$转运损耗率 = 转运损耗总量/运输总量 \tag{5.33}$$

那么相比与问题二要求的转运损耗最少，第三问的要求与第二问的要求相似，那么这里仅仅需要改变第二问所建立的转运模型中参与转运的企业数量即可，即从 23 家企业上升为 50 家企业。此时转运模型为：

$$Min\ S = \sum_{i=1}^{50}(x_i * \sum_{j=1}^{8} y_j * t_i * \beta_i) \tag{5.34}$$

$$s.t.\begin{cases} \sum_{i=1}^{23} x_i \sum_{j=1}^{8} y_j * t_i * \beta_i \geq \sum_{i=1}^{23} x_i * w_i \\ 0 < t_i < 6000 \\ x_i * (x_i - 1) = 0 \end{cases}$$

5.4.5 优化后转运模型的求解及结果分析

由于模型如问题二的转运模型类似，这里省略求解过程，具体订购方案见支撑材料附件 B 所示。本文将转运模型优化前后每个周的损耗进行了对比如图？？。发现通过模型的优化后，每周的总损失量大致有一定程度的减少，进而说明优化后模型具有一定的可靠性。

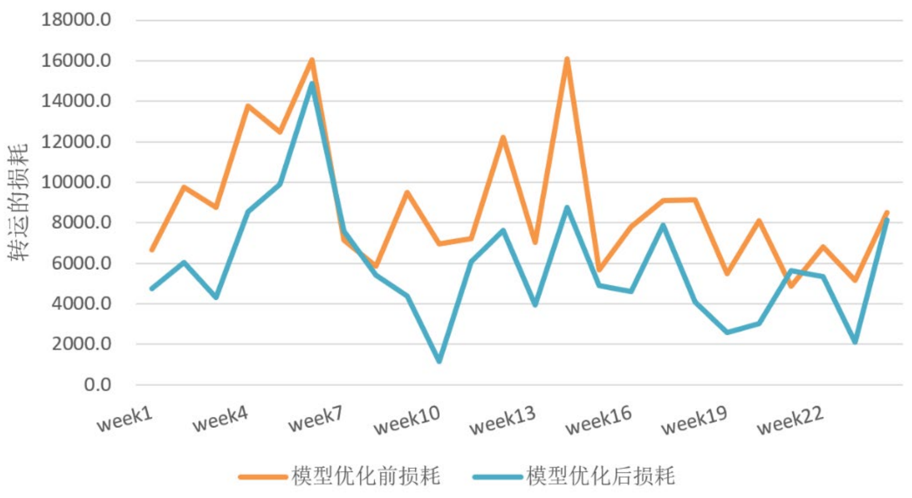

图 9：改进订购方案可视化

5.5 问题四模型的建立与求解

5.5.1 产能提高模型的建立

企业通过技术改造已经具备了提高产能的能力，产能不断的提高所对应的便是原材料消耗的上升，在现有的原材料供应商和转运商的情况下，忽略引入外来原料供应商，转运商的情况，那么针对这 402 家供应商，8 家转运商如何选取来满足产量的提高十分重要。在问题一当中已对 402 家供应商经行了重要度选取，所选取的 50 家供应商可以在一定程度上满足企业的需求，但是对于剩余的供应商，有些供应商近 5 年的数据并不能稳定的给予原材料给企业用于企业的生产。出于风险考虑，在这里仍是对所筛选的 50 家供应商进行订购方案的安排。

针对那 50 家供应商在原产能的要求下，需满足如下公式：

$$\sum_{i=1}^{14}\frac{w_i x_i}{0.6}+\sum_{i=15}^{31}\frac{w_i x_i}{0.66}+\sum_{i=32}^{50}\frac{w_i x_i}{0.72}\geq 28200 \tag{5.35}$$

当产能上升后，所对应的原材料的量也将上升，在这里假定产能的上升率为 m%，那么此时企业的产能为 28200*（1+m），故而此时的产能，原材料需求的对应关系将变为：

$$\sum_{i=1}^{14}\frac{w_i x_i}{0.6}+\sum_{i=15}^{31}\frac{w_i x_i}{0.66}+\sum_{i=32}^{50}\frac{w_i x_i}{0.72}\geq 28200(1+m) \tag{5.36}$$

通常在一定的时间内企业的产能是一定的，通常企业的产能提高率为：

$$0\% < m\% < 1\%$$

为了求得最大的产能提高率，因此目标函数为

$$f_x = m \tag{5.37}$$

所以所构建的产能提高模型为：

$$Max\ \ f_x = m \tag{5.38}$$

$$s.t.\begin{cases}\sum_{i=1}^{14}\frac{w_i x_i}{0.6}+\sum_{i=15}^{31}\frac{w_i x_i}{0.66}+\sum_{i=32}^{50}\frac{w_i x_i}{0.72}\geq 28200(1+m)\\ 0\% < m\% < 1\%\\ x_i*(x_i-1)=0\end{cases}$$

5.5.2 产能提高模型的求解

Step 1:

w_i：将每一周期所对应位置的供货量，消去供货量为 0 的情况后所求得的平均值，由于企业在短期时间内的生产规模不会突变，因此近 5 年同一供应商的供货能力是趋于一定的，因此用平均值反应供应商的供货数量。

Step2：

将初始系数和约束条件代入 MATLAB 中$intlinprog$求解得到最打的茶能提高率 m 为 15.24%，即 4287.68m^3。结果列于附加 A。

对于转运模型，将仍用问题二中所建立的转运模型，结果列于附件 B。

六、 模型的评价、改进与推广

6.1 模型的优点

1.在利用模糊综合评价的过程中，采用了变异系数法获取指标的权重，来消除主观性，降低了多目标求解的难度。

2.模型比较严谨，对不同条件下订购方案以及转运方案都有相应的比较准确的求解， 建立的模型符合所给数据的要求，模型具有很好的通用性和推广性。

6.2 模型的缺点

1.本模型只使用于预测理想状态下的供货量与转运量，对于供应商或转运商出现某些抗拒因素发生时，无法预测其供货量与生产量。

2.本模型把没有供货量和转运量的数据进行归 0 处理，某些情况下会使样本减少导致数据普遍性较小。

6.3 模型的推广

生产企业可根据本模型作为参考，结合自身情况制定相应的供货与转运策略，从而减小企业运营风险，提高生产利润。

七、 参考文献

[1] 刘钧锋.供应商与企业之间的行为选择——基于完全信息动态博弈下的分析[J].河北企业,2020(06):121-122.10.19885/j.cnki.hbqy.2020.06.053.

[2] 黄天.SD 公司新产品开发供应商选择改善研究[D].华南理工大学.2019.

[3] 舒刚.提高企业经济效益的方法及路径分析[J].现代经济信息,2016(16):110.

附录

附录 1
介绍：支撑材料的文件列表
第一问 第二问 第三问 附件 A 订购方案数据结果 附件 B 转运方案数据结果

附录 2

介绍：第二问

求 n

```
c = ones(1,50);
intcon=[1:50];
w_A = w_ghnengli(1:14);
w_B = w_ghnengli(15:31);
w_C = w_ghnengli(32:50);
w_A_new = w_A/0.6;
w_B_new = w_B/0.66;
w_C_new = w_C/0.72;
w_real = [w_A_new;w_B_new;w_C_new];
A_ = -w_real;
A = A_';
b = -28200;
Aeq = []; beq =[];
lb = zeros(50,1);
ub = ones(50,1);
[x,fval]=intlinprog(c,intcon,A,b,Aeq,beq,lb,ub)
fval
x
```

求 I

```
rand('state',sum(clock));
p0=inf;
tic
global max

for i=1:10^5
    x1=randi([0,1],23,1);
    w =unifrnd(0,2360,23,1);%gaibian
    [f,g]=test(x1,w);
```

```
    if (g>=0)==1
        if p0>=f
            x0=x1;
            p0=f;
            w0 = w;
        end
    end
end

toc
p0
求 S
% rand('state',sum(clock));
% p0=inf;
% tic
%beta_not = []%%

global beta_1
%改变 xi，xi 表示第 i 周，用的公司 0|1
global xi%%xi 是上一问选出的公司，第 i 周选的公司
%改变 wi，wi 表示第 i 周，用的公司转运量
global wi%%w0 是上一任务的供货量，第 i 周的供应量
beta_not_T = beta_not';
%改变 beta_1 = beta_not_T(i!!！ ,:) i = 1：24，得到第 i 周的平均损耗率
beta_1 = beta_not_T(1,:);%%%改变第 i 行所有 ibeta_not_T(i,:)，i 表示周
beta_real = beta_1;
for i = 1:49
    beta_1(end+1,:)=beta_real;
end

rand('state',sum(clock));
pnew=10^9
tic

%global beta_1
for i=1:10^5
    yj=randi([0,1],1,8);
    t_ij =unifrnd(0,1300,50,8);%gaibian
    [f,g]=mbhs3(yj,t_ij);

    %end
    if ((g>=0))==1
        if pnew>=f
            y_new=yj;
```

```
                pnew=f;
                t_new = t_ij;
            end
        end
end

toc

t_new;%%是供货量的解
t_real = xi.*t_new.*y_new%%置零后的解
y_new%是选出的转运商
xi;%%是刚才定义选出的供应商.shuru
pnew%总损耗
```

附录 3
介绍：第三问

```
rand('state',sum(clock));
p0=Inf;
tic
x_real = []
w_real = []
total_chengben_real = []
global j

for j = 1:24

    for i=1:10^5
        x1=randi([0,1],50,24);
        w =unifrnd(0,w_range(j),50,24);%第 j 周的最大的平均的范围
        w_j_plus1 = unifrnd(0,w_range(j+1),50,24);%第 j+1 周最大的平均的范围
        [total_chengben,g,dasc]=Q3(x1,w,w_j_plus1);
        if ((g>=0)&(dasc>0))==1
            if p0>=(total_chengben*0.1)
                x0=x1(:,j);
                p0=total_chengben;
                w0 = w(:,j);
```

```
            end
        end
    end

    x_real = [x_real,x0];%拼接
    w_real = [w_real,w0];%拼接
    total_chengben_real = [total_chengben_real,p0];
end
toc
sim = x_real.*w_real*2
```