

生产企业原材料的订购与运输方案研究

摘要

在具有明显分工的企业合作背景下，将企业合作伙伴分为供应以及转运两方面，根据给出的五年的数据，对供应商进行量化评价，并以此为基础来规划订购方案。根据过去五年的转运的损耗率来制定相关的转运方案。两个方面不是毫无联系，而是紧紧相关层次递进的，必须综合考虑才能得出最好的原材料订购、运输方案。

针对问题一：我们选取供应商信誉度、供给能力、供给率作为指标，利用五年的供给量进行量化指标，并且给出了计算公式。之后根据多篇论文决定了指标之间的判断矩阵，使用 AHP 层次分析法，利用量化的客观数据对于 402 家供货商进行判断矩阵求解，得出前 50 家最好的供应商，列在表？

针对问题二：**对于满足生产需求的最少供给商的数量**：在问题一的基础上先选出 50 家最重要的供应商，之后对数据进行周期性挖掘及 FTT 法周期性证明，得到可信周期为 24 周。以历史 24 周内同比最大供货量作为 50 家优秀供给商的供货能力。尽可能保证每周都满足 $2.82 \text{ 万 } m^3$ 产能的条件下，进行 0-1 整数规划，得到最少满足产能的供货商数量为 23 家。**对于未来 24 周每周最经济的订货方案**：针对上文 23 个商家，因为制定未来策略，故据其季节性，进行时间序列的季节性分析和预测，使用 ARIMA 模型，进行了 24 周内的供应量的数值预测。对于因为波动性过大导致季节性预测不准的情况，使用 24 周同比期望值作为预测值的估计。有了预测值后，每周进行一个最经济的方案选择。根据原料的特性，制定了经济准则算法如图???. 最后依照这个准则，从中分别制定出了每周的最经济方案填入答案。**对于转运损耗最小的方案**：本文在上述订购方案的基础上，以损耗最少为主要目标，以尽量一个供应商选择一家转运商为次要目标进行多目标规划，使用了基于序列求法结合贪心的多目标规划求解方法。首先根据整数规划求出一个满足以损耗最小的为目标的转运方案，之后在此转运方案基础上给出贪心算法，以此求出满足次要指标的全局最优解，并且发现求解效果非常好。

针对问题三：我们将尽量多采购 A，尽量少采购 C，转化为单目标 A-C 最值问题，次要目标看作转运损耗率最小，分别采用整数规划以及贪心准则给出了订购方案以及转运方案。并且分析

针对问题四：限制其产能的因素为供应商的最大供应能力，转运商的最大转运能力，并将这两项作为限定条件，尽可能多的订购原材料，

关键字： AHP 分层评价 0-1 整数规划 FFT 周期分析 时间序列季节性预测 多目标规划 贪婪算法

一、 问题重述

1.1 问题背景

在一个多种类型的多个企业合作背景下，从经营企业的角度出发，对生产经营活动进行有规划性的制定方案，以此达到不同的目标，有时甚至是多目标、非线性目标。除此之外，还要对合作的角度，根据数据对其他企业进行一个评价，从而更好地制定方案。

某企业,生产建筑和装饰板材，企业所用原材料总体可分为 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。

1.2 问题提出

问题一：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。

问题二：参考问题 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。

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。

二、 问题分析

2.1 问题一分析

要求量化分析 402 家供应商的供货特征，并且以保障企业生产为重要目标建立评价模型。对此，首先根据企业订货量以及供应商的供货量进行数据预处理，并且根据题目信息发现每次订货与供货存在误差，而此误差则会影响企业生产稳定性，所以企业需要

关注供货稳定度。

基于供货稳定特征，定义了供应商信誉度，并且按信誉度粗排序，发现信誉度前 50 的供应商的供货数量占据 95% 的总供货数量，说明对于企业生产，信誉度和供货量大致正相关，同等重要。而对于订货但完全没供货的行为，则是更加不可忍受的，故据此给出供给率。所以我们选取信誉度、供货能力、以及供货率作为供货特征。

在这三个指标基础上，我们采用 AHP 层次分析法，对于供货特征量化处理，并且计算出最后的得分，按得分给出排名，确定前 50 个名为最重要的供应商。这样即可以考虑企业对于这些供应商供货特征的重视程度，同时也利用量化数据对同一指标内的供应商给出优劣之分。

2.2 问题二分析

企业按照每年 48 周安排生产，提前 24 周定制订购计划，因此企业的订购计划以 24 周为一计划周期，通过作图也发现，呈现一定的周期性规律。

对于 2-1 问： 要求企业选择的供货商数量尽可能地少，且要满足企业的 2.82 万立方米的产能需求。本文统计了以 24 周为一计划周期，每一家供货商的每一周历史上同比最大供货值作为供货商的最大可能供货量。为了到达选择最少供货商的目标，应使得每个被选择的商家在每周都尽可能进行供货。依据供货商的最大可能供货量，尽可能满足 2.82 万 m^3 的产能。如果存在特殊情况，则按照假设 1 进行处理。最后进行 0-1 整数规划，求出满足产能的最小供货商数量。

对于 2-2 问： 企业制定最经济的原材料订购方案，也应考虑供货企业供给的稳定性，才能保证企业生产的平稳运行。依据以往的历史数据，通过时间序列预测未来 24 周内，每周各个供货商的供应量，作为最稳定的供货依据，并且尽可能依据此进行订货。并且，由于订购 A 和 C 类货物生产单位产量产品的成本最少，因此应尽可能的订购 A 和 C 类商品。

对于 2-3 问： 制定损耗最少的转运方案，观察转运商损耗率统计数据，发现损耗率存在周期性，可以看作 24 周一周期，通过求一个周期内各个周的平均值来作为其转运损耗率的预期值进行线性规划进行求解。

2.3 问题三分析

对于订购方案：由于企业计划尽可能多的采购 A 类，尽量少的采购 C 类原材料，则可以将此条件转化为寻求 A 类原材料的订购量减去 C 类原材料的订购量差值最大的订购方法。企业在制定计划时还应考虑满足企业产能需求的约束条件，和各个供应商每周供应能力存在上限的约束条件，和转运商承载能力上限。企业向供货商进行订购时，应避免超出供货商的供应能力，并且尽可能地满足产能需求，即满足 2.82 万 m^3 的产能，

据此建立整数规划模型。制定损耗率最少的转运方案，依旧利用每个转运商一个周期内各个周的转运损耗率的平均值来进行线性规划的求解。

2.4 问题四分析

企业已经具备了提高产能的能力，限制其产能的因素为供应商的最大供应能力，转运商的最大转运能力，并将这两项作为限定条件，尽可能多的订购原材料，才能提高产能。进行线性规划，读出企业新得订购策略，得出企业的新产能，与企业各周历史最大产能相比，得出企业产能提高多少。依据此前相似的求解转运方案的线性规划模型，对于企业的订购方案制定转运方案。

三、模型假设

假设 1 企业连续生产，大部分时间能保持不少于满足两周生产需求的原材料库存量；对于周期内第 4、7、8 周，即使所有商家使用历史该周最大值进行供货，也无法达到产能 2.82 万 m^3 ，则假设其使用库存能够满足产能需求或者约束。

假设 2 供应商的供给不会超过历史最大值。

假设 3 企业的订货量与供应商的供货量存在稳定误差，与转运商的损耗率等其他因素有关，故制作订单方案时，应加上误差再制定。

四、符号说明

表 1 符号表

变量	说明	量纲
λ	供应商的信誉度	%
μ	供应商的供应能力	m^3/week
ν	供应商供应率	%
Buy	已知数据中的订货量矩阵	m^3
$Offer$	已知数据中的供货量矩阵	%

五、模型的建立与求解

5.1 问题一

整体思路：首先通过数据整体性挖掘去给出能够保障企业生产重要性的指标，并给出量化计算方法；需要以及这些指标进行评价，从而得出排名。采用 AHP 分层评价法，能够反应这些指标对于企业生产的贡献度，并且能根据量化数据给出 AHP 的判断矩阵，最后得出排名结果。

5.1.1 指标选择及量化

指标选择：首先大致处理数据发现，240 周内平均每周订货量与供货量存在误差，为： $4343.98m^3$ ，如果没达到，则会影响企业生产，所以定义供应商 i 信誉度为 λ_i 为一个供货特征。信誉度指标反应了供应商的供应态度合作价值，企业生产除了看重信誉度(供给稳定度)还应该看重供应能力，如果以信誉度排名，前 50 名供货总量占据总供货量的 95%，所以对于优秀的供应商应该是两者具备的，所以我们定义供应商 i 供应能力为 μ_i 为一个供货特征。最后，对于影响程度，发现存在订货但是完全不供货的情况，所以这是严重损害企业生产的行为，对于供给率：订货次数与供货次数百分比，也是一个供货特征指标。至此，指标选择完成，即供应商信誉度 λ ，供应商供应能力 μ 以及供应商供给率 ν 。

选择指标后，进行量化计算。但是对于数据，因为存在供货类别不同的问题，可以使用表 2? 将数据统一化，把不同类别的订货、供货量都统一成这些供货率能够产生的产品量。即把矩阵 $Offer$ 、 Buy 换算出新矩阵 $Product_{offer}$ 、 $Product_{buy}$ 分别代表订购、供货原料换算后的产品产量。

表 2 原材料量化分析

产品类别	价格比	单位生产消耗量
A	1.2	0.6
B	1.1	0.66
C	1	0.72

根据上述换算后的两个矩阵对第 i 家供货商进行指标量化计算：对于信誉度，采用差值均值量化，计算如公式 (1); 对于供应能力，采用 240 周均值量化，计算如公式 (2); 对于供给率，采用订单履行百分比量化，计算如公式 (3);

$$\lambda_i = \frac{\sum_{j=1}^{240} |Product_{offer} - Product_{buy}|}{240} \quad (1)$$

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^{240} Product_{offer}}{240} \quad (2)$$

$$\nu_i = \frac{\text{供应商 i 供给总次数}}{\text{供应商 i 被订购总次数}} \quad (3)$$

5.1.2 AHP 评价模型量化得分

因为需要确定供应商排名，即有明确目标：选择更好的商家；而评价的准则就是三个指标，根据量化值可以得到各个商家的客观比较，就有客观评价依据。AHP 的方案层则是选择某一家供应商作为最好的商家。得出层次结构图如图 1：

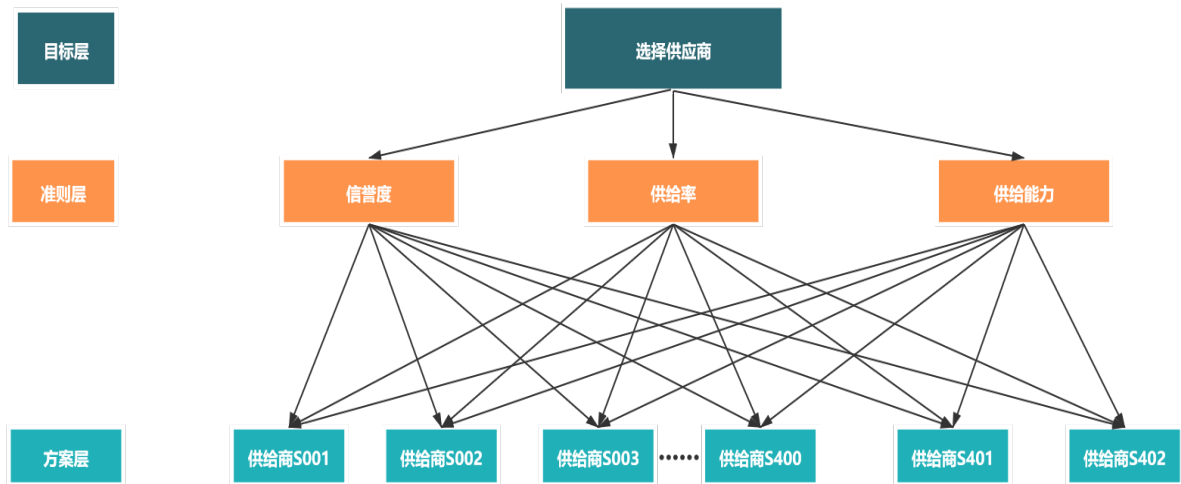


图 1 AHP 层次结构图

根据目标层给出准则层的权重判断矩阵，从企业自身生产稳定性以及产能出发，对于指标重要性进行两两对比^[7]，给出判断矩阵如图??：

选择供应商	信誉度	供给率	供给能力
信誉度	1	8	1
供给率	1/8	1	1/8
供给能力	1	8	1

图 2 准则层决策矩阵

对于准则层决定的方案曾判断矩阵，因为已经对于各个指标进行量化处理，所以对于某指标的判断矩阵，使用两两量化值的比值来客观给出。例如，对于信誉度判断矩阵确定算法流程如 Algorithm1, 经过 Algorithm1 后得到一个 402*402 维度的评价矩阵。

依照上述算法，得到三个指标的判断矩阵。因为算法过程中已经按照一致性进行计算的矩阵，所以一致性以及正反矩阵要求都是满足的。

接着使用算术平均法分别求权重，得到指标之间的权重关系，算术平均法求得的权重向量为: [0.4706 0.0588 0.4706], 分别对应表示信誉度、供给率、供应能力的权重。

同样算术平均法计算对于 402 家供货商之间对于指标的权重矩阵，分别填充进去，最终得到一个 3*403 维度的加权矩阵，每一行代表一个指标下的每个供应商的得分权重，最终计算最后的得分，并且按此得分进行排名，分数情况已经存入附件“第一间供应商得分.xlsx”，前五十排名情况如表 3:

5.2 问题二

5.2.1 周期性说明

由可视化图像直观观测出历年订购方案和供给量存在周期性变化规律。

Algorithm 1 得到指标判断矩阵 (Power,n)

Input: $n * 1$ 的量化指标向量

Output: $n * n$ 的指标判断矩阵 G

```
for  $i \leftarrow 1$  to  $n$  do
    for  $j \leftarrow i$  to  $n$  do
        if  $Power[i] \geq Power[j]$  then
             $Judge[i][j] = Power[i]/Power[j]$ 
        end if
        if  $Power[i] < Power[j]$  then
             $Judge[j][i] = Power[j]/Power[i]$ 
        end if
    end for
end for

 $dismax = \max(Judge) - \min(Judge)$  % 获得比值最大差值
 $dismax$ 分为 9 个区间因为判断矩阵赋值为 1 – 9

for  $i \leftarrow 1$  to  $n$  do
    for  $j \leftarrow 1$  to  $n$  do
         $G[i][j] = \text{区间}[num]$  % 得到最终判断矩阵  $G$ 
    end for
end for

return  $G$ 
```

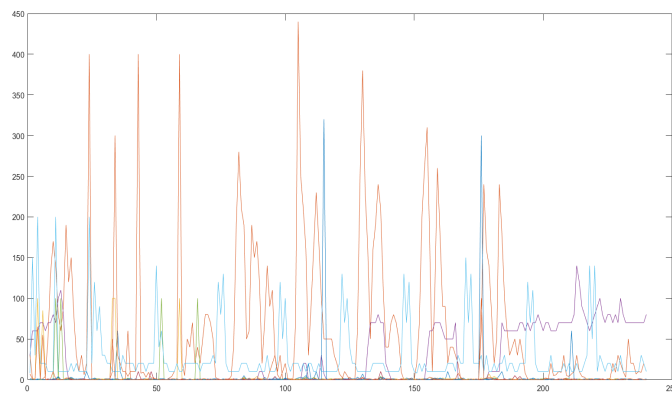


图 3 S001-S010 供货量图像

为验证周期性规律，使用 FFT 分析数据周期性。对于对于具备时间周期性的序列，序列本身接近正弦波。使用 `fft` 函数获取数据的傅里叶变换，将时序数据展开成三角函

表 3 前 50 名商家排名

排名	供应商	排名	供应商	排名	供应商	排名	供应商	排名	供应商
1	S229	11	S330	21	S395	31	S364	41	S273
2	S361	12	S308	22	S307	32	S367	42	S78
3	S140	13	S139	23	S201	33	S55	43	S3
4	S108	14	S268	24	S247	34	S218	44	S123
5	S282	15	S356	25	S365	35	S80	45	S37
6	S275	16	S306	26	S31	36	S244	46	S397
7	S151	17	S352	27	S284	37	S388	47	S270
8	S329	18	S194	28	S40	38	S189	48	S126
9	S340	19	S348	29	S294	39	S362	49	S180
10	S131	20	S143	30	S346	40	S555	50	S266

数的组合。傅里叶系数越大，表明所对应的正弦波周期越可能是这份数据的周期。同时，当序列存在周期性时，遍历足够多的相位差，可以找到足够大的自相关系数，而它对应的相位差就是周期。对于排名前五十的供应商进行 FFT 分析，得到近一半以上的周期为 24 周、接近 24 周或为 24 周倍数，部分效果如表？且该公司提前 24 周制定原材料订购和转运计划，可以充分确定订购与供应数据存在周期性变化。

表 4 FFT 预测效果

排名	周期	置信度
9	24	0.5437
11	24	0.8785
14	24	0.8849
29	24	0.8262
48	24	0.4526

5.2.2 问题 2-1 求解

为求最少可能的供应商，依据近 5 年供应商的供货量，获取每家供应商在各个周期内每个周的历史供货量的最大值，作为可能的最大供货能力，才可以求取最少商家数。参考问题一结论，供货能力越大的对于企业来说也就越重要，同时基于随机事件也要考虑信誉度，所以从问题一已选择的 50 家出发，求最少供应商的数量，这样能更好的保障原材料供应量需求和供应的稳定性。

即把问题转化成以供应商总个数最少为目标，以满足每周生产需求为限制条件。题中信息指出：为保证不少于两周生产库存，对提供的原材料是全部收购，所以对每个商家的选择是：如果订购则订购所有，否则直接不进行订购。也就变成了 0-1 整数规划问题。

定义变量：设矩阵 X 为决策矩阵 (0-1 变量)，维度为 50×1 ， X_i 代表第 i 个供应商是否需要供货才能满足企业每周产能需要。

目标函数：总供应商个数最少： $\min Z = \sum C_i$

约束条件：供应量限制：要满足生产需求，则 $\sum_{n=1}^{50} C_{ij} * X_{ij} \geq 28200$
对于符合假设 1 的特殊情况，该周则不做产能约束。

综上所述，给出 2-1 问的数学模型如下：

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1}^{50} X_i \\ \text{s.t.} \quad & X_i = 0 \quad \text{or} \quad 1, \quad i = 1 \quad \text{to} \quad 50 \\ & X \cdot C_i \geq 28200 \quad i = 1 \quad \text{to} \quad 24 \end{aligned}$$

求解出得出至少需要 23 家供货商，才能满足每周的生产需求。

5.2.3 问题 2-2 求解

基于 ARIMA 的季节性序列分析及预测

从时间序列的角度看，该数据变化具有季节性 (周期性)、非平稳性，并且需要制定未来 24 周的方案，所以应该使用一个季节性模型的预测值来作为未来供应商的供应能力，这是符合数据特征的。

对于季节性模型，可以使用一类疏系数 ARIMA 模型去描述。预测以及估计算法流程如图 4。

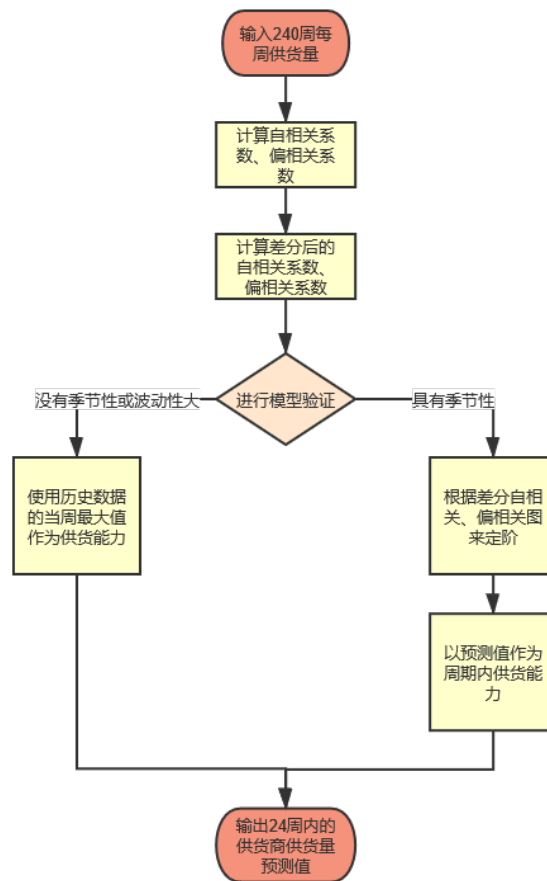


图4 ARIMA 季节性分析算法流程图

基于此算法流程，对于 23 家选出的供应商进行时间序列季节性预测，发现仅存在 4 组因波动性太大导致预测一个周期内存在负值的情况，如图 5。

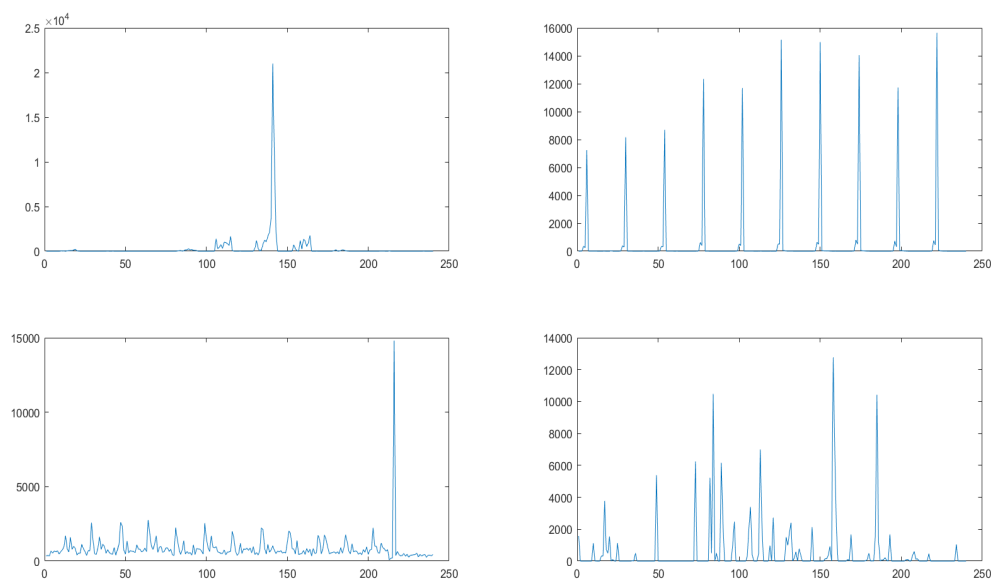


图5 过大波动性数据

除此之外，绝大部分数据做自相关关系、偏相关以及 Q-Q 图分析，效果都较好, 如图 6 所示。并且根据阶数分析，给定 ARIMA 模型中的 $p = 1$ ， $q = 1$ 。

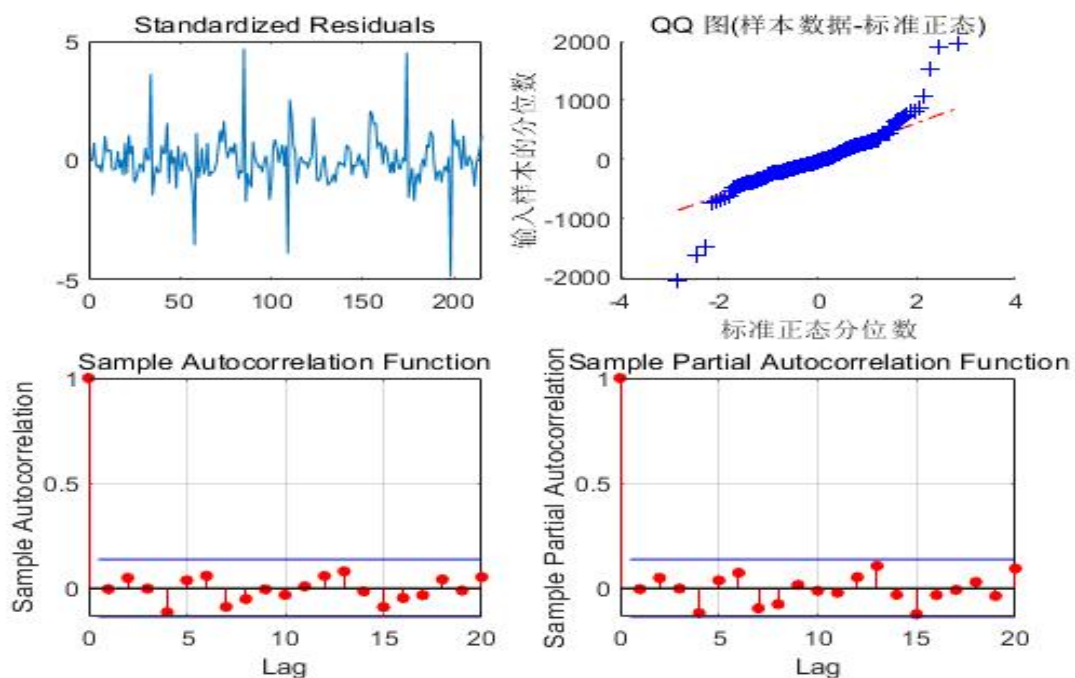


图6 相关性及阶数分析

在给定 ARIMA 的 p, q 之后可以进行季节性预测，得到的效果图如图 7、8 所示。预测了未来 24 周的每周的供货量，给出的第 241-265 周的预测数值，然后用红色单列在

下一个周期效果更加明显。对于预测值存在负数的供货商，选择使用平均数作为代替，至此得到了 23 家未来 24 周内每周的原料供给量。

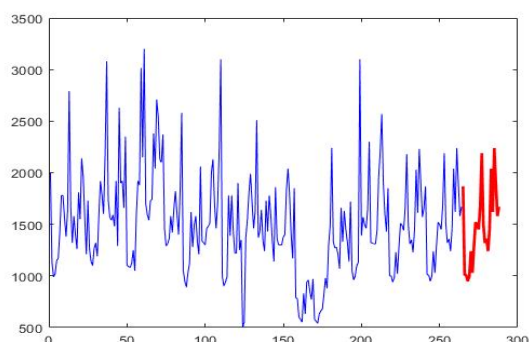


图 7 S229 预测趋势

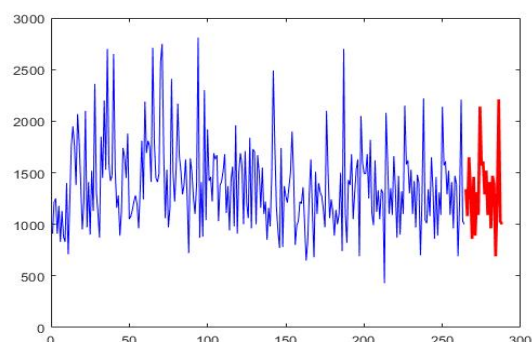


图 8 S361 预测趋势

最经济原材料订购方案的求解

定性分析最经济，发现生产单位产品只使用 A、B、C 的价格比为：1 : 1.0083 : 1，所以如果在满足生产的条件下尽可能多地订购 A、C 类产品尽可能少地竞购 B 类产品，则是成本较低也就是更经济的方案。故经济准则是：优先订购 A 与 C，若 A 与 C 不能够满足产能，则需要考虑订购 B。具体的判断方案如下图几？所示??

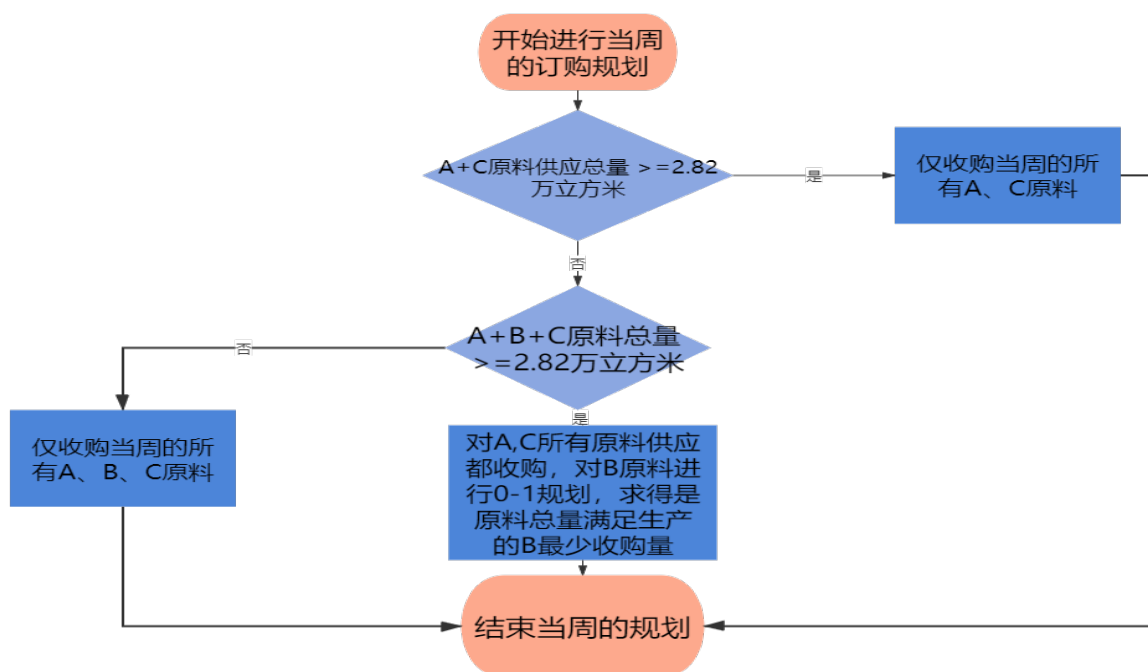


图 9 最经济准则下算法流程

根据此对于数据进行筛选，发现只有四周是 $A+B+C > 2.82$ 万 m^3 并且 A 与 C 不够 2.82 万 m^3 ，则需要考虑 B 的订购量问题，使用 0-1 整数规划得出刚满足产能且 B 最小

的方案，得出方案。因为要每周最经济的方案，所以单周分析，给出单周内的针对订购 B 的方案 0-1 整数规划如下：

变量定义：矩阵 X 为 B 的 0-1 决策变量，矩阵 Pb ，表示生产 B 的供应商的供货量。矩阵 Pa ，表示生产 A 的供应商的供货量。矩阵 Pc ，表示生产 C 的供应商的供货量。

针对 B 的 0-1 整数规划模型为：

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum X_i * Pb_i \\ \text{s.t.} \quad & \sum Pa + \sum Pc + \sum X_i * Pb_i, \quad i = 1 \quad \text{to} \quad \text{numof}(B) \end{aligned}$$

5.2.4 问题 2-3 求解

本问题要求，在此前指定的订购策略的基础上，制定损耗最少的转运方案。此外也要考虑到题目中要求的通常情况下，一家供应商的原材料尽量由一家转运商进行转运。则此问题为多目标规划问题，两个目标分别为转运过程中损耗最少，尽量保证一家供应商的原材料由一家转运商进行运输采用序贯解法优先求解第一目标，并采用整数规划的方法来进行求解。之后再利用贪心策略求解第二目标，这样使得求解结果达到多目标最优解。

可以明确的是，供货商要将自身的货物全额运出。在一周内，所有供货商需要运输货物的和是一定的。因此，在每个转运商每周转运量不超过 6000 的情况下，优先满足损耗率小的转运商的转运量达到 6000 可以保证最好的经济效益。通过整数规划模型，得到最经济策略（有很多组结果，且损耗相同，接下来通过题干要求进一步筛选）与一周内每个转运商转运货物的总数。数据结果中，若有 n 个商家进行转运，则有 $n-1$ 的商家的转运量为 6000。即优先满足损耗率小的转运商的转运量到达 6000，这也印证了上面的推理，证明了该思路的正确性。

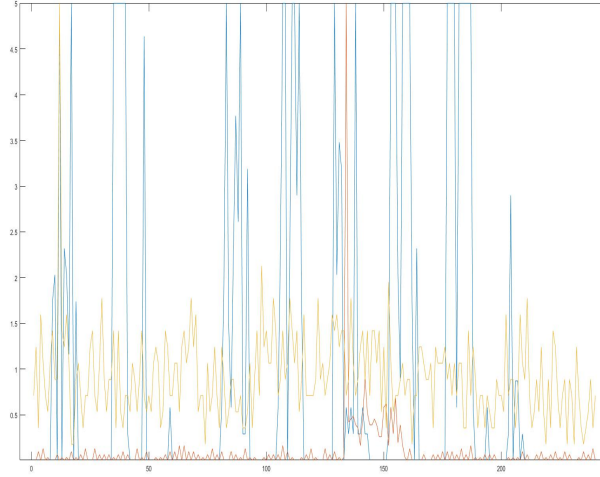


图 10 部分转运商损耗率统计图

确定损耗最少转运方案

在求解最小损耗时，我们通过观察部分转运商的损耗数据如图 5，可以观察到转运商的损耗率也存在周期性，且具有每 24 周为一个周期的特征。因此可以利用近五年转运商损耗率的数据，统计近十个周期中，各个转运商在每周期中每周的平均损耗率，并将各转运商的每周的平均损耗率作为每周损耗率期望。当该周损耗率的期望为 0 时，则认为在该周这家转运商不进行转运服务。

变量定义：矩阵 X ，维度为 8×23 ， X_{ij} 表示第 i 家转运商对第 j 家供应商的转运量；矩阵 T 表示第 i 家转运商本周的期望损耗率。矩阵 C, C_j 表示第 j 家供货商在本周的供货量。当 T_i 为 0 时，转运商 i 在本周不进行转运。为了能在问题中统一讨论，现引入 0-1 变量 y ，

$y_i = 1$, 表示第 i 家转运商在当周可以进行转运。 $y_i = 0$, 表示第 i 家转运商在当周不可以进行转运。

(4)

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \sum_{i=1}^8 \left(\sum_{j=1}^{23} X_{ij} * T_i \right) \\
 s.t. \quad & \sum_{j=1}^8 X_{ij} = C_{ij} \\
 & 0 \leq \sum_{j=1}^{402} X_{ij} \leq 6000 * Y_i, \quad i = 1, 2, 3 \dots 8 \\
 & Y_i = 1 \quad or \quad 0, \quad i = 1, 2, 3 \dots 8
 \end{aligned}$$

在保证损耗最小的情况下，应尽量满足每个供应商只选择一个转运商的要求。可将该问题转化为背包容量已知的背包问题，将转运商看作背包，转运商的转运量看作背包

容量。且在选择策略上使用贪心准则，考虑：越少的货物越容易一次放进一个背包中，因此先考虑货物量少的供货商。同时，为了最大程度保证剩下最多空间，供货商将选择能一次运送货物且运送能力余量最小的转运商。算法流程如下：

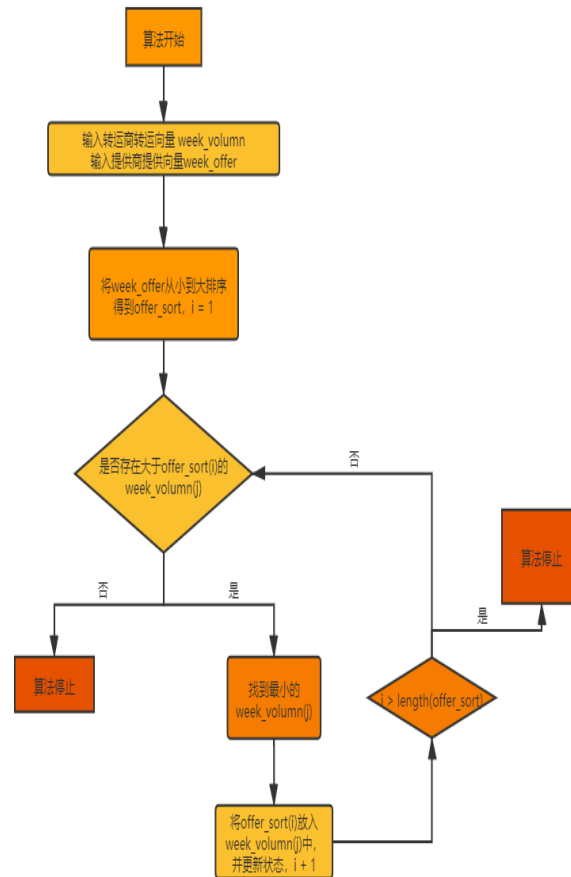


图 11 贪心算法流程图

结果显示，除第 15 周有两个供应商不能满足只选择一个转运商的要求之外，其余 23 周均只有一个供应商不能满足此要求，即所有数据均符合要求，因此认为本题算法取得较优结果。

5.3 问题三

5.3.1 问题 3-1

我们通过统计各个供应商的历史最大供应量，并对应累加计算出在每一周的可能最大供应量，发现在第 4 7 8 周，所有供应商即使按照最大生产能力也无法满足企业的产能，则可以认为企业的库存在此会发挥一定作用。企业可能拥有两周的库存，用于解决供货缺口，在 24 周的计划周期内，平均每周至少会获得 $2350m^3$ 的补充。

变量定义：定义 C_{ij} 表示第 i 家供货商在第 j 周的最大供货量。 X_{ij} 表示第 i 家供货

商在第 j 周的供货，可够企业生产的产品产量。 Y_{ij} 表示第 i 家供货商在第 j 周的从 X_{ij} 经过换算，可供应的原材料的量。

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \sum A - \sum C \\
 s.t. \quad & \sum_1^{402} X_{ij} \geq 28200, & j = 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10 \dots 24 \\
 & \sum_1^{402} X_{i4} \geq 25850 \\
 & \sum_1^{402} X_{i7} \geq 25850 \\
 & \sum_1^{402} X_{i8} \geq 25850 \\
 & X_{ij} \leq C_{ij}, & j = 1, 2, 3 \dots 24 \\
 & \sum_{i=1}^{402} Y_{ij} \leq 48000, & j = 1, 2, 3 \dots 24
 \end{aligned}$$

5.3.2 问题 3-2

制定损耗率最少的转运方案，依旧利用每个转运商一个周期内各个周的转运损耗率的平均值来进行线性规划的求解。

5.4 问题 4

企业已经具备了提高产能的能力，限制其产能的因素为供应商的最大供应能力，转运商的最大转运能力，并将这两项作为限定条件，尽可能多的订购原材料，才能提高产能。进行线性规划，读出企业新得订购策略，得出企业的新产能，与企业各周历史最大产能相比，得出企业产能提高多少。依据此前相似的求解转运方案的线性规划模型，对于企业的订购方案制定转运方案。模型为

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \sum X \\
 s.t. \quad & \sum_1^{402} X_{ij} \geq 28200, & j = 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10 \dots 24 \\
 & \sum_1^{402} X_{i4} \geq 25850 \\
 & \sum_1^{402} X_{i7} \geq 25850 \\
 & \sum_1^{402} X_{i8} \geq 25850 \\
 & X_{ij} \leq C_{ij}, & j = 1, 2, 3 \dots 24 \\
 & \sum_{i=1}^{402} Y_{ij} \leq 48000, & j = 1, 2, 3 \dots 24
 \end{aligned}$$

5.5 模型的综合评价

5.5.1 第二问评价

订购方案的制定依赖于两个指标。**第一：**尽可能多地选择 A 和 C，尽可能少地选择 B。**第二：**尽可能保证产量最大

通过历史 240 周数据发现，订货量与供货量总是不平衡的。为了尽可能体现二者之间的平均差异，首先得到 402 - by - 240 订购量与供货量差值矩阵 $dis = buy - offer$ ，然后再求出每个周期中相同周数的供货量平均值，依次作为未来 24 周对应周数的差值。再筛选出所需要的 23 个商家的值，最终得到 23 - by - 24 差值 dis 矩阵。

对于第一个指标。在定制完订货方案后，通过订货量 - dis = 供货量求得实际供货量。在实际供货量中，计算出每周 A 和 C 的供货量之和，发现 79.14% 的周数 $\frac{A+C}{A+B+C} > 0.7$ 。因此我们可以认为该模型满足优先选择更为经济的材料 A 和 C 的目标，即该订购方案满足第一个指标

对于第二个指标，由实验结果得知，按照订购方案取得的实际 24 周总供货量为 387878 立方米，过去 240 周，选择的 23 个供应商平均每个周期的供货量之和为 359270 立方米。可见按照订购方案获得的实际供货量具有较大产量满足最大化产量的需求。因此订购方案满足第二个指标 预测数据采用时间序列预测的方法，而不是直接利用最大值或最小值，具有稳定性。 转运方案的制定依赖于两个指标**第一：保证策略最经济。第二：尽可能满足一个供货商选择一个转运商。**

对于第一个指标，因为每周都要将所有供货商的货物全数转运，因此优先安排小损耗率的转运商转运最经济，所以此方案必定满足最经济。所以，转运方案满足第一个指标

对于第二个指标，按照当前转运方案，除第 15 周有两个供货商不能满足要求二之外，其他 23 周均只有一个供货商不满足要求二。24 周平均满足要求率为 97.28%。因此认为第二个要求也被很好地满足。 综上，该订购方案和转运方案均达到预期目标，此订购方案和转运方案可行。

5.5.2 第三问评价

订购方案的制定依赖于两个指标。**第一：尽可能多地选择 A，尽可能少地选择 C。**
第二：尽可能保证产量最大

首先对于第一个指标，订购方案选择的结果为，A 的供货量的 24 周之和减去 C 的供应量的 24 周之和等于 149095 立方米，这说明选择的 A 的数量远大于 C 的数量。因此，订购方案满足第一个指标

然后对于第二个指标，订购方案下，24 周获得的总供货量为 458570 立方米，历史 240 周平均每 24 周获得的总供货量为 440000 立方米。可见，订购方案下获得的供货量大于历史平均水平，因此其获得供货量的数目满足需求，即满足第二个指标。

对于转运方案要满足两个指标。**第一：保证策略最经济。第二：尽可能满足一个供货商选择一个转运商。**

对于第一个指标，因为每周都要将所有供货商的货物全数转运，因此优先安排小损耗率的转运商转运最经济，所以此方案必定满足最经济。所以，转运方案满足第一个指

标

对于第二个指标，在此转运方案下，未来 24 周每周都只有一个供货商不能只选择一个转运商进行转运，且未来 24 周满足第二个指标的程度为 99.75%。因此，认为转运方案满足第二个指标。

综上，该订购方案和转运方案满足预定指标，此订购方案和转运方案可行。

六、参考文献

参考文献

[1] 李斌. 基于 AHP 法的 L 医疗器械公司供应商选择与考评研究 [D]. 电子科技大学,2020.

七、附录

问题一: 计算 C++ 程序:

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
```

问题二: 故障检测函数

```
function [F1] = TopoErrorDetect(R,T,F)
%Inputs:
    %R: 规则矩阵
    %T: 警告信息向量
    %F: 可能故障元件向量
%Outputs:
    %F1: 检测结果
T1 = logical(R' * T');%依据输入信息，逆推可能各章的元件
F1 = logical(F' .* T1);%依据实际，筛选故障元件
end
```

```
#include <bits/stdc++.h>
#include <algorithm>
#include "queue"
```