基于历史数据对企业订货的决策问题

摘要

本文依据题目提供的附件信息，对数据进行处理，对供货商和转运商的特征进行分析和评估，制定出符合生产企业自身利益的最优预定和转运原材料策略。

在模型建立方面，对于问题一，本文建立了三级九类的供货商重要性综合评价体系，并建立了基于熵权-TOPSIS 方法的综合评价模型，对于问题二，本文依据题目的约束条件构建了合理的多目标线性规划模型，制定出最优决策方案。对于问题三，我们更改了线性规划的目标函数和部分约束条件，求解了新的最优方案。对于问题四，对企业每周订货总额进行时间序列分析，通过订货总量变化趋势预测产能，并沿用二，三问方法。

针对问题一的供应商重要性综合评价模型，我们运用 MATLAB 编程进行熵权法客观赋权和 TOPSIS 程序，计算出各家供应商的综合评价得分并进行排序，科学判断出了各家供应商的供应能力和重要程度。

针对问题二，利用第一问得到的供应商供货能力评分，设立合理的目标函数和约束条件，利用 MATLAB 软件编程得到生产企业订货和转运的最优决策，同时通过时间序列预测供应商和转运商未来 24 周可能的供货能力和转运损耗率，将此数据代入线性规划模型中进行求解，获得最优决策并利用蒙特卡罗方法进行方案实施效果的拟合。

针对问题三, 其建立在问题二基础之上并加入新的约束条件, 则参照问题二, 对模型进行部分调整改良并利用 MATLAB 软件进行编程得到最终结果，同样利用蒙特卡洛方法预测方案实施效果。问题四沿用之前方法。

关键词：topsis　熵权法　整数规划　非线性规划　多目标规划

1 问题重述

1.1 问题背景

自改革开放以来，国家大力推进制造强国战略，制造业企业在我国经济社会中承担着至关重要的作用，各类制造业企业的的良好发展，是我国国民经济和社会稳定运行的重要基石，也是扩大就业，改善民生，促进经济增长和产业创新的中坚力量，其重要性毋庸置疑。

在当今社会，影响制造业企业稳定良好发展的重要因素，即为企业生产商品原材料的稳定供给和运输。因此，科学合理地制定原材料订购和转运计划，以确保原料的供给和企业产能，企业经营发展情况相适配，原料来源的稳定性，确保材料供给的充足性，是制造业企业得以长远稳定发展的重要手段。因此，制造业企业需要对对口的原材料供货商和转运商制定科学完善的评价和选择体系，以根据自身情况制定最佳订货转运策略。

1.2 问题提出

现某建筑和装饰板材制造企业需根据自身情况，提前制定未来 24 周的原材料订购和转运计划。此外企业提供了两个附件，分别是：附件一（企业近五年 402 家供货商的订货量和供货量数据），附件二（八家转运商的运输损耗率数据）

基于上述背景和附件信息，我们需要建立数学模型解决以下问题：

（1）从 402 家供应商的供货数据中提取信息，分析其对企业进货可能产生的影响，并进行量化，在此基础上确定 50 家最为重要的供货商。

（2）在问题（1）的基础上，确定能够满足企业生产需求的最小供货商数目，并为企业制定未来二十四周每周最经济的订货方案和损耗最小的转运方案且评估方案的实施效果。

（3）进一步改进模型，使企业尽量多采购 A 类材料，减少采购 C 类，以减少转运和仓储成本。同时在模型中加入对尽可能减少转运损耗率的考量，制定新的进货和转运方案并评估方案的实施效果。

（4）根据现有数据，确定企业每周产能的提升能力，并在此基础上制定新的未来 24 周订购和转运方案。

2 问题分析

2.1 总体分析

稳定货源，保证产能是制造业企业得以稳定运行的重要基石，对企业的进货和转运来源的评估体系建立以及订购转运方案决策进行研究有着至关重要的意义。为确定未来的定转运方案，企业需从过往对接的订货转运商的表现情况中提炼信息并进行分析，由此确定最终方案。因此本文的主要目的是充分分析该家具制造企业合作的供货商和转运商的数据，从中提炼出有用的变量，并利用这些变量建立起一套科学有效的供货转运商表现的评价体系，并根据企业自身的经营准则构建最优订货转运决策模型，实现操作低风险性和盈利性的统一。并且在此基础上考虑企业升级和产能扩充之后的情况，进一步优化模型，做出最优决策。

2.2 问题一的分析

本问要求对 402 家供货商的供货能力进行量化分析，并确定出其中表现最佳的 50 家企业。对供货商的重要性分析，可以从供应商层面和生产企业层面入手，在供应商自身层面上，其重要性与各家供货商的供货规模，供应商可靠程度直接相关，在企业层面则与生产企业对供应商的信任程度有关。因此我们主要分析以上三个层面以确定供货商的重要性。本文根据以上维度，提取包括供应商供货能力，企业订货均衡性等 9 个指标，利用熵权法对以上指标进行客观赋权，最终采用 TOPSIS 综合评价方法量化了各个原材料供应商的重要程度。

2.3 问题二的分析

本问要求参照第一问的结果，在对各个供货商进行综合评价之后，确定能够满足商家生产需求的最少供货商数量，在第一问的基础上，本问需要考虑转运损耗率和企业运输和储存原材料的成本以为企业制定最为经济和损耗率最低的订货和转运方案，因此首先采用模拟退火算法计算最少供货商数量，并利用线性规划，构造目标函数，求解在一定限制条件下的最优订货和转运方案。

2.4 问题三的分析

问题三总体解题方向与问题二一致，需要在一定约束条件下求解题目要求的决策变量的值，因此第二问中已经建立的约束条件在第三问中仍然可以沿用，并且在此基础之上加入题目要求的新的约束条件，改变此时的目标函数，即可求得决策变量的解。制定好的订货转运方案利用蒙特卡洛算法模拟效果。

2.5 问题四的分析

问题四是二，三问的延申，关键在于根据企业过去五年内每周订货总量所能提供的产能变化趋势，确定出未来的可能产能，并将该数值替换第三问模型中的企业产能数值，用同样方法求解线性规划问题即可。

3 符号说明及名词解释

variables	defintion
M	C 类原材料每 m^3 的单价
1.2M	A 类原材料每 m^3 的单价
1.1M	B 类原材料每 m^3 的单价
T	公司购买原材料，运输和仓储的总费用
I_{iA}	第 i 周 A 类材料剩余的数目
I_{iB}	第 i 周 B 类材料剩余的数目
I_{iC}	第 i 周 C 类材料剩余的数目
v	单位原材料的运输费用
m	单位原材料的仓储费用
u_{ijA}	第 i 周企业向第 j 家供应商订购的 A 类原料数
u_{ijB}	第 i 周企业向第 j 家供应商订购的 B 类原料数
u_{ijC}	第 i 周企业向第 j 家供应商订购的 C 类原料数
X_{iA}	第 i 周消耗的 A 类原料数
X_{iB}	第 i 周消耗的 B 类原料数
X_{iC}	第 i 周消耗的 C 类原料数
d_{ijA}	第 i 周第 j 家转运商转运的 A 类原材料数
d_{ijB}	第 i 周第 j 家转运商转运的 B 类原材料数
d_{ijC}	第 i 周第 j 家转运商转运的 C 类原材料数

4 模型的建立与求解

4.1 问题一的分析和求解

4.1.1 问题一的分析思路

第一问为综合评价类问题，解决问题的关键在于从附件一提供的数据中提炼出不同种类原材料供应商的具体特征。本文分别从企业对供货商的信任程度和企业本身的供货体量，供货可靠程度三个方面提取了企业订货总额，供货商供货达标率，供货商周平均供货能力等九个指标，对各家供货商进行综合评估，并采用熵权法对各项指标进行赋权，最后利用 TOPSIS 方法量化了各家供应商的重要程度并给出重要程度的排序，以选出

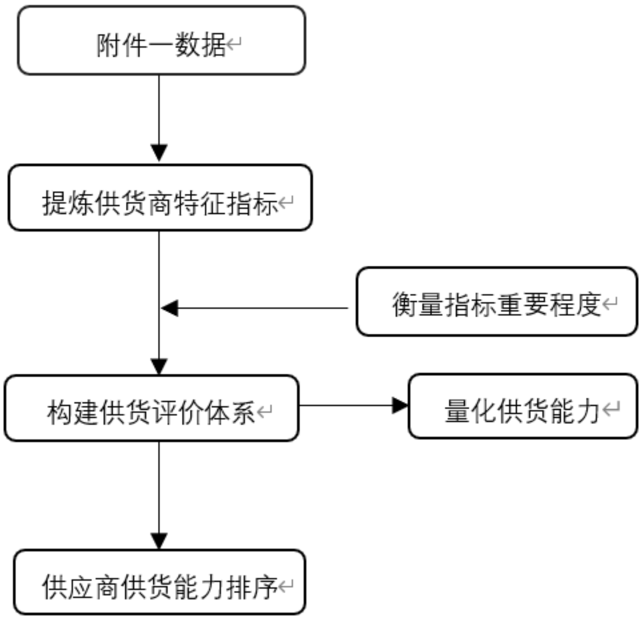

图 1: 第一题解题思路

最重要的 50 家企业，其具体解题思路如下图.

4.1.2 数据分析与处理

本文将基于附件一提供的数据进行分析处理。附件一包含了供应 A,B,C 三类材料共 402 家企业在五年共 240 周内的具体数据，其中供应 A 类材料的供应商 146 家，供应 B 类材料的供应商 134 家，供应 C 类材料的供应商 122 家。具体数据包含两个层面，企业过去五年共 240 周向供应商订货量的数据以及供应商实际供应量的数据。

为初步判断数据特征，以便于进一步数据分析和模型建立，本文首先对 402 家 240 周企业订货量和供应商供货量的数据进行描述性统计，并分别对供应 A,B,C 三类不同原材料的供货商的相应数据进行描述性统计，结果如下两表。

表 1: 企业订货量描述性统计

种类	观测数	均值	标准差	最小值	最大值
all	96480	60.42	568.05	0	36970
A	35040	58.70	623.30	0	36970
B	32160	59.61	602.90	0	21290
C	29280	63.36	446.22	0	23690

表 2: 供货商供货量描述性统计

种类	观测数	均值	标准差	最小值	最大值
all	96480	45.60	392.67	0	36972
A	35040	41.46	364.25	0	36972
B	32160	46.60	476.20	0	21293
C	29280	49.46	316.55	0	23695

表格数据显示，总体和 A,B,C 类原材料企业的订货量和供应商的实际发货数量的均值均较为接近，说明制造企业对三类材料并无明显的偏向性。数据整体标准差和均值差距较大且其极差较大，说明不同供货商供货量和企业对不同订货商的订货量存在波动较大的情况。

。

4.1.3 特征原料供应商指标选取与指标评价体系构建

本文的重点在于如何根据企业订货数据和原材料供应商的实际供应数据提炼出衡量供应商重要程度的具体特征，然后根据这些特征来量化分析原料供应商的供货能力。根据题意，供货商能否正常供货以满足制造业企业的正常需要，通常和企业对供货商家的信任程度，供货商家本身的供货能力有关，因此本文将依据这两个方面进行指标选取，并构建合理的指标评价体系对供货商家的重要性进行综合评价。

（1）**供应商供货规模**

供应商的供应规模可以根据最大供货能力和平均供货能力来衡量，本文选取供货企业的单次最大供货能力和一周平均供货能力进行作为衡量企业的供货规模的两个重要变量，其具体计算公式分别为

$$AVER_i = \frac{tp_i}{tw} \tag{1}$$

$$MAX_i = \max(p_i) \times prod \tag{2}$$

其中，$AVER_i$ 表示供货商的一周平均供货能力，tp_i 为过去五年内第 i 家供货商对企业的所有供货数量，tw 为总周数，MAX_i 表示供货商的最大供货能力，$\max(p_i)$ 表示第 i 家供货商在过去五年内对企业供货的最大值，prod 表示该供货商提供一单位原材料能为制造企业创造的产能。

（2）**供应商可靠程度**

供应商的可靠程度体现为供应商是否可以较好完成企业订单，以及企业是否在较多周数上选择该供应商。若供应商的供货额可以较大程度上覆盖企业的订单数目，并且企业选择该家供应商的次数越多，则说明供应商更为可靠。除此之外，供应商每周供货的数目和在时间序列上的变化趋势也能反映其可靠程度，若供应商供货数目随着时间呈现上升趋势，则说明其可靠程度较高，反之则说明其可靠程度较低。

因此，本文选取供货周数完成率，供货总额完成率，供货达标率和供货稳定性作为供货商可靠程度方向下的四个子指标。

① 供货周数完成率是指企业向供货商订货的周数和供货商实际供货周数的比值，该值越大说明供货商供货的周数占比越大，供货商供货可靠性越强，具体计算公式如下

$$WR_i = \frac{bw_i}{fw_i} \tag{3}$$

其中 WR_i 为第 i 家供货商的供货周数完成率，bw_i 为企业在第 i 家供应商处订货周数，fw_i 为供货商供应货物的周数。

② 供货总额完成率

供货总额完成率指的是供货商五年内实际供货总额和生产企业五年内向供货商订货总额的比例，该值越大，则说明供货商供应量和企业订购量的差值更小，说明供货商的完成度更高。其具体计算公式为

$$PR_i = \frac{bp_i}{sp_i} \tag{4}$$

其中 PR_i 为第 i 家供应商供货总额完成率，bp_i 和 sp_i 分别为企业在第 i 家供应商处订货总额和供应商供应总额。

③ 供货达标率是由 1 减去供应商供货不达标周数和总周数的比值得到，该数值越大，说明企业供货的达标率越高。其具体计算公式如下

$$SR_i = 1 - \frac{sw_i}{bw_i} \tag{5}$$

其中 SR_i 为第 i 家供货商的供货达标率，sw_i 为第 i 家供货商的供货不达标周数，bw_i 为生产企业在第 i 家供货商处的订货总周数。

供货不达标周数计算公式如下

$$sw=\sum_{k=1}^{n}\sigma_k^{'} \tag{6}$$

$$\sigma_k^{'}=\begin{cases}1, & \mathrm{S}_k<B_k\\ 0, & \mathrm{S}_k\geq \mathrm{B}_k\end{cases}$$

其中 S_k 为第 k 周供应商的供货量，B_k 为第 k 周生产企业的订货量。

④ 供货稳定性是从平均误差与均值之比出发（这个比值越接近于 0 越稳定），经倒数运算由极小型指标转换为极大型指标，再经对数运算线性化与非负化而来，该数值越大，说明供货商的供货越平稳。其计算公式如下：

$$STB_i=\ln(1+[\frac{\frac{\sum_{i=1}^{tw}\|sp_i-bp_i\|}{tw}}{\overline{sp}}]^{-1}) \tag{7}$$

其中 STB_i 为第 i 家供应商供货稳定性，sp_i 为其供货数，bp_i 为订货数，$\overline{sp}$ 为平均供货数，tw 为总周数。

（3）**企业信任程度**

企业信任程度是指企业和供货商形成稳定的原材料采购合作关系的程度大小。可以从生产企业在不同时间向供应商订购原材料数目的波动程度上来衡量，波动越小，则说明企业和供应商之间的原材料采购合作关系越稳定。除此之外，企业向每家供应商订货的总量大小和周数也可以直观体现出企业对供应商的信任程度。因此本文选取生产企业向供应商订货总量，订货总周数以及企业订货的稳定性三个指标来衡量企业对供应商的信任程度和合作的稳定性。

① 企业订货总周数越大，说明企业和供应商合作越多，对供应商的信任程度也相对越高。用 bw_i 表示企业在第 i 家订货商处的订货总周数

②企业在某一订货上处订货总量越多，同理说明对其信任度越高，用 bp_i 表示企业在第 i 家订货商处的订货总量。

③订货均衡性是从标准差与均值之比出发（这个比值越接近于 0 越稳定），经倒数运算由极小型指标转换为极大型指标，再经对数运算线性化与非负化而来，该数值越大，

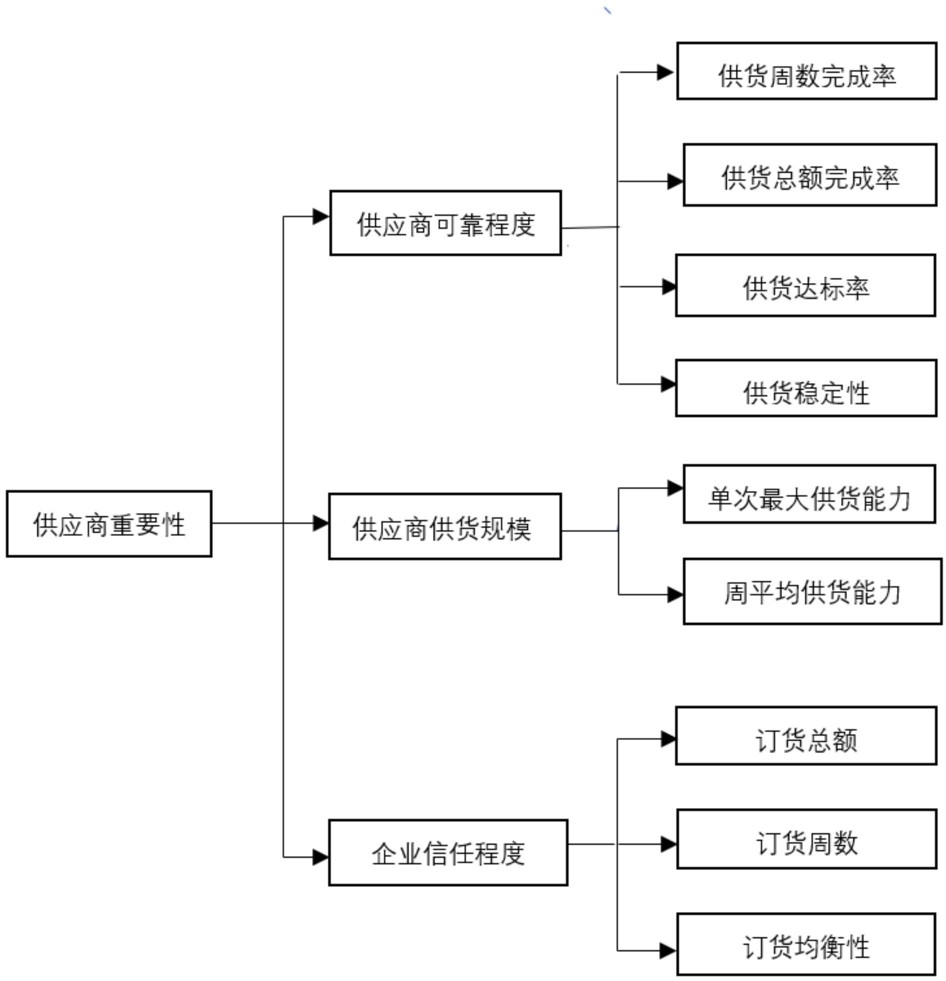

图 2: 供货商重要性评价体系

说明其与供货商的合作越稳定，信任程度越高。其计算公式如下：

$$\ln(1+[\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{tw}(bp_i-\overline{bp})^2}{tw}}}{\overline{bp}}]^{-1}) \tag{8}$$

其中 BTB_i 为企业对第 i 家供货商订货的均衡性，bp_i 为其订货数，$\overline{bp}$ 为平均订货数，tw 为总周数。

由此本文可以构建出原材料供应商的重要性评价体系，如图所示

4.1.4 量化供货商重要性

测算出上文所给出的各个指标具体数值以后，依据建立好的评价体系，我们可以对 402 家不同供应商的供货能力及其对生产企业的重要性进行量化。首先需要确定赋给各

个指标的权重。为尽可能避免主观赋权造成的评价结果偏差，本文采用由数据驱动的权重计算方法熵权法对三个维度共九个指标进行赋权，在得到每个指标对应的权重之后采用 TOPSIS 方法对每家供应商能力和重要性进行最终量化。

（1）**熵权法计算权重**

熵权法是一种客观赋权方法，其利用信息熵值来判断指标的离散程度，熵值越小则指标离散程度越大，则对综合评价结果影响越大，即赋予更高权重。

首先需要对各个指标数据进行标准化处理，保证数据非负性。

$$y_{ij}=\frac{x_{ij}-\min\left(x_{i}\right)}{\max\left(x_{i}\right)-\min\left(x_{i}\right)} \tag{9}$$

其中 y_{ij} 为标准化处理之后的变量，$\max\left(x_{i}\right)$ 和 $\min x_{i}$ 分别为各个指标的最小值和最大值。

标准化后便可计算各个指标的信息熵 E_j，并据此求出九个指标对应的熵权 W_j，信息熵计算方法如下：

$$E_{j}=-\ln n^{-1}\sum_{i=1}^{n}s_{ij}\ln s_{ij}$$

其中:

$$s_{ij}=\frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}y_{ij}}$$

据此得到每一个供应商重要性指标的熵权 W_j

$$W_{j}=\frac{1-E_{j}}{k-\sum_{j=1}^{k}E_{j}} \tag{10}$$

最终得到九个指标的权重分别如下图所示:

（2）**TOPSIS 方法量化供货商重要性**

本文采用 TOPSIS 方法对各家原材料供应商的重要性和供货能力进行量化。TOP-

指标	订货周数	订货总额	供货周数完成度	供货总额完成度
权重	0.02446	0.24147	0.01417	0.04086

图 3: 各个指标权重（1）

指标	供货达标率	周平均供货能力	单次最大供货能力	订货均衡性	供货稳定性
权重	0.01037	0.26998	0.32331	0.01448	0.06089

图 4: 各个指标权重（2）

SIS 方法是基于已有数据对样本进行排序的一种方法，其基本思想为依托已有的多属性决策方案集合构造出正负向的理想解。例如本问中的正向理想解为各个方面重要性指标都达到最优的一家供货商，反之负向理想解即为各个方面指标均最劣等的企业，然后测算实际供应商和正向理想解的接近程度，越接近则说明其重要性越高，排序越靠前。求出每个供货商能力评价指标的最大值，记为 $C_i^+(i=1,2,...,m)$，组成向量

$$C^+=\{c_1^+,c_2^+,...,c_m^+\}$$

该向量代表评价最为理想的供应商。同理，求出每个供应商能力评价指标的最小值 $C_i^-(i=1,2,...,m)$，组成向量

$$C^-=\{c_1^-,c_2^-,...,c_m^-\}$$

该向量代表评价最不理想的供应商，即每个指标的数值均为最劣。以上即为构造出的两个正负理想解。

求出理想解之后，则分别计算各家供货商到正负理想解之间的距离，定义各个样本到正理想解之间的距离为 S_i^+，计算公式为

$$S_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^{m}(c_j^+-c_{ij})^2}$$

定义各个样本到负理想解的距离为 S_i^-，计算公式为

$$S_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{m}(c_j-c_{ij})^2}$$

企业	排名	综合评价得分
S140	1	3.0680
S201	2	2.8990
S348	3	2.8255
S229	4	2.3042
S151	5	2.2231
S361	6	1.9423
S108	7	1.8810
S374	8	1.6937
S139	9	1.4866
S330	10	1.3998

图 5: 综合评价前十排名

定义第 i 家供应商的综合评价得分为 $SCORE_i$, 计算公式为

$$SCORE_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \tag{11}$$

则 $SCORE_i$ 位于 [0,1] 之间，其越接近于 1，则说明第 i 家供应商距离正向理想解的距离 S_i^+ 越小，其综合供货能力更强，重要性更大。反之若 $SCORE_i$ 越接近于 0，则说明供应商 i 距负向理想解的距离更小，其重要性更小。

最终得到 402 家供应商的供货能力和重要性综合评价得分，由于篇幅限制，此处仅展示排名前十的供应商综合评价得分，完整结果见附录。

4.2 问题二的分析与求解

4.2.1 问题二的分析思路

问题二首先需要结合第一问供应商综合评价的得分结果，求解能够满足生产企业生产需求的供应商数目最小值，并依据此最小值，综合考虑转运费用企业自身采购费用，制定出最为经济合理的，损耗率最低的方案，再加入损耗率的变量，制定最优转运方案。因此本问本质上是最优化问题，但是由于题目中给出的数据较少，所以约束中需要我们预设一些重要的参数。

本文首先运用模拟退火算法计算出所需最小的转运商数目，并将该数目作为已知参

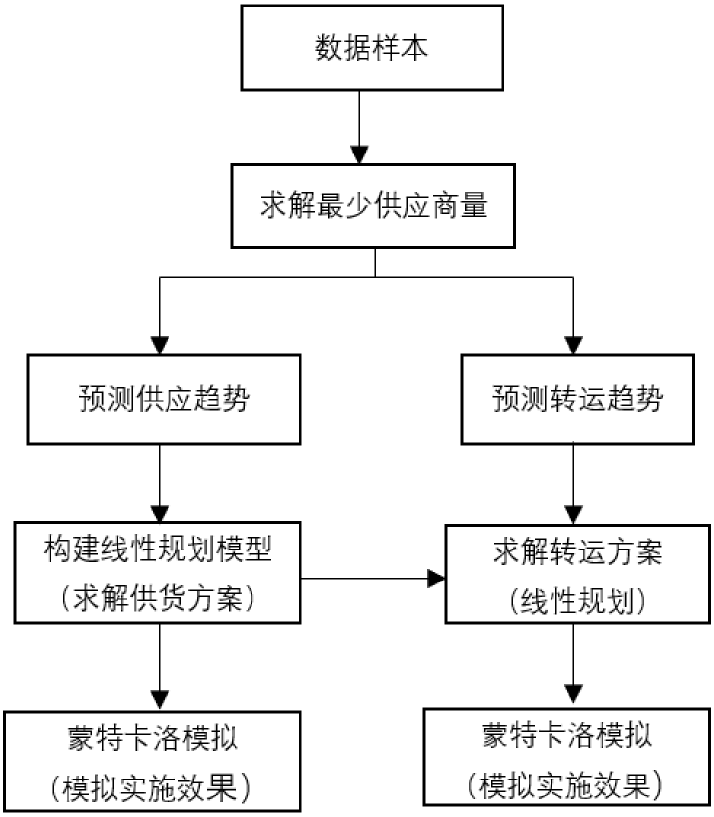

图 6: 第二题思路

数，加入运输和仓储费用等变量，构建线性规划模型以求解最优化的进货方案。其中约束条件的设置需要我们综合考虑公司和供货商进行合作的实际情况，设置合理且完备的约束。在求出线性规划的可行解后，利用蒙特卡罗方法模拟方案的评估效果。本文具体分析思路图如下：

4.2.2 使用整数规划预测最小供货商数目

在构建 0，1 整数规划模型之前，需要对模型作一定假设：

(1) 在初始时刻，即刚开始时，生产企业剩余有满足三周生产需求的原材料库存量的 90% 。

做出该假设的原因在于，每周生产量完全达到产能的 100% 并不合理，因此我们认为在每周生产企业均令工厂生产最大产能的 90% 的情况下，还能保有两周 90% 产能的原料库存量，则可满足生产的需要。

基于此假设，可构建 0，1 整数规划模型。

首先引入虚拟变量 e_j, j=1,...,402, e_j=1 表示为满足生产需求，与之对应的供货商

i 是需要的，e_j=0 表示为满足生产需求，与之对应的供应商 i 是不需要的。

因此本问的目标函数为

$$min\sum_{j=1}^{402} e_j \tag{12}$$

即为最小化需要的供货商数量。

该整数规划的约束条件由下列式子定义：

第 i 周第 j 家供应商则对应 $e_{j-1}\times 24+i$, 若该供应商在第 i 周供应的原材料为 A 类材料, 则可创造的产能为 $P_{ij}=\frac{G_{ij}}{0.6}$，若该供应商在第 i 周供应的原材料为 B 类材料，则可创造的产能为 $P_{ij}=\frac{G_{ij}}{0.66}$, 若该供应商供应的为 C 类材料，则可创造的产能为 $P_{ij}=\frac{G_{ij}}{0.72}$, 则可构造出新的矩阵 $P_{i\times j}$。

因此模型的约束条件为

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \cdots & 0 \\ 1 & \cdots & 1 & \vdots \\ 1 & \cdots & 1 & 1 \end{pmatrix} \times P \times \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_{402} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1\times 2.82 \\ 2\times 2.82 \\ \vdots \\ 24\times 2.82 \end{pmatrix} \times 0.9 \geq \begin{pmatrix} 2.82 \\ 2.82 \\ \vdots \\ 2.82 \end{pmatrix} \times 1.8 \tag{13}$$

则该最优化问题可以写成：

$$min \quad \sum_{j=1}^{402} e_j$$

$$\text{s.t.} \quad \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \cdots & 0 \\ 1 & \cdots & 1 & \vdots \\ 1 & \cdots & 1 & 1 \end{pmatrix} \times P \times \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_{402} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1\times 2.82 \\ 2\times 2.82 \\ \vdots \\ 24\times 2.82 \end{pmatrix} \times 0.9 \geq \begin{pmatrix} 2.82 \\ 2.82 \\ \vdots \\ 2.82 \end{pmatrix} \times 1.8 \tag{14}$$

参考第一问，并带入附件一中的数据，可以解得最少需要的供应商数目，结果已填入 excel 表格中。

4.2.3 运用线性规划求解最优进货策略

在已经确定了保证企业正常生产的最小供货商数目 k 之后，通过线性规划模型，以合理的约束条件和目标函数来决定未来 24 周最经济的原材料订购方案。

首先就模型做出如下几点假设：

(1) 供货商的供货数等于企业供货量，即供货商可完成企业所有订单。

(2) 不考虑在转运过程中的损耗。

在此假设之下，本问需要求得的决策变量为该企业第 i 周向第 j 个供应商的订货数 u_{ij} 和该企业在第 i 周所使用的 A，B，C 原材料数 X_{iA}，X_{iB}，X_{iC}

该线性规划问题的目标函数主要由三个部分组成：

①: 购买原材料费用 F

具体公式如下：

$$F = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{24}(1.2M \times u_{ijA} + 1.1M \times u_{ijB} + M \times u_{ijC}) \tag{15}$$

②: 原料运输费用 R

具体费用公式如下：

$$R = (\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{24} u_{ij}) \times v \tag{16}$$

③剩余材料存储费用 S

具体费用公式如下：

$$S = \sum_{n=1}^{24}\{\sum_{i=1}^{n}[(\sum_{j=1}^{k} u_{ij}) - X_{iA} - X_{iB} - X_{iC}]\} \tag{17}$$

因此模型的目标函数为

$$min \quad T = S + F + R \tag{18}$$

该线性规划的约束条件包括以下几个部分：

① 未来二十四周估计的订货数目 X_{ij} 小于或等于预测得到的对应时间供货量 G_{ij}，其具体表达式如下：

$$X_{ij} \le G_{ij}, \quad i \ge 1 \tag{19}$$

② 从第 min 周开始，保有至少足够两周产能的原材料库存。这里没有直接取从第一周开始的原因在于第一周刚开始进货，可能无法保证进货量得以支撑三周的企业生产产能。min 为小于等于 4 的正整数。其具体表达式如下：

$$(\frac{I_{iA}}{0.6} + \frac{I_{iB}}{0.66} + \frac{I_{iC}}{0.72}) \ge 5.64 \times 10^4, \quad i \ge min \tag{20}$$

③ A,B.C 三种原材料在前 i 周的累计剩余数 ≥ 0, 具体表达式如下：

$$I_{iA} \ge 0, \quad I_{iB} \ge 0, \quad I_{iC} \ge 0, \quad i \ge 1 \tag{21}$$

④ 第 min 周开始产能稳定在 2.82×10^4 以上，同约束条件 ② 类似，min 为小于等于 4 的正整数。其具体表达式如下：

$$\frac{X_{iA}}{0.6} + \frac{X_{iB}}{0.66} + \frac{X_{iC}}{0.72} \ge 2.82 \times 10^4, \quad i \ge min \tag{22}$$

由此该线性规划问题可以最终写为：

$$min \quad T = S + F + R$$

$$\begin{aligned}
\text{s.t.} \quad & X_{ij} \le G_{ij}, && i \ge 1 \\
& (\frac{I_{iA}}{0.6} + \frac{I_{iB}}{0.66} + \frac{I_{iC}}{0.72}) \ge 5.64 \times 10^4, && i \ge min \\
& I_{iA} \ge 0, \quad I_{iB} \ge 0, \quad I_{iC} \ge 0, && i \ge 1 \\
& \frac{X_{iA}}{0.6} + \frac{X_{iB}}{0.66} + \frac{X_{iC}}{0.72} \ge 2.82 \times 10^4, && i \ge min
\end{aligned} \tag{23}$$

为求解企业的最优方案，需将原料价格，运输费用和仓储费用带入线性规划模型，

供应商	周数	预测供应量	供应商	周数	预测供应量
S055	1	166.0834	S055	13	202.7712
S055	2	200.1933	S055	14	187.5284
S055	3	192.5974	S055	15	161.3367
S055	4	156.3565	S055	16	133.7984
S055	5	110.4229	S055	17	113.8146
S055	6	73.4614	S055	18	106.8759
S055	7	58.33974	S055	19	113.7306
S055	8	68.97704	S055	20	130.6931
S055	9	100.2987	S055	21	151.3092
S055	10	140.9767	S055	22	168.702
S055	11	177.7901	S055	23	177.7835
S055	12	200.0614	S055	24	176.6521

图 7: 供应商未来 24 周供货量预测

在以上费用的实际确定方法上，本文参考顺丰公司货运和外包仓储公开报价，得到每立方米原材料运输费用和每立方米原材料一周储藏费用基本相同，约为 10 元每立方米。同时，参考造价网对装饰板材生产所需木制原材料的官方报价，得到木制纤维板的价格为 1000 元每立方米，故单位原材料的运输和仓储费用约为其原料单价的 1%, 带入模型中求解。

同时模型中的 G_{ij} 为未来第 i 周供应商 j 预估可以供应的原材料数目, 由时间序列分析预测得到，也应带入模型中。由于篇幅限制，此处只展示一家供应商未来二十四周预估可能供应的原材料数, 如图所示：

4.2.4 求解最优转运策略

在预测出各家转运商的未来二十四周转运损耗率后，由于第 4，5 家转运商在后期有较多周数未能转运原材料，则不再考虑此两家转运公司进行原材料运输。而第三家转运商运输的次数不稳定，不能和生产企业产生稳定的合作关系，则反映出企业对其信任较低，因此考虑剩下五家转运商并据此制定最优的转运策略。

4.2.5 蒙特卡洛模拟方案实施效果

蒙特卡洛方法是以概率和统计理论为基础的计算方法，通过生成随机数将所求解的问题和一定的概率模型联系起来，并利用计算机进行模拟抽样，以求得问题的近似解，通过迭代次数的增加，可以提高模拟结果的精度和准确性。

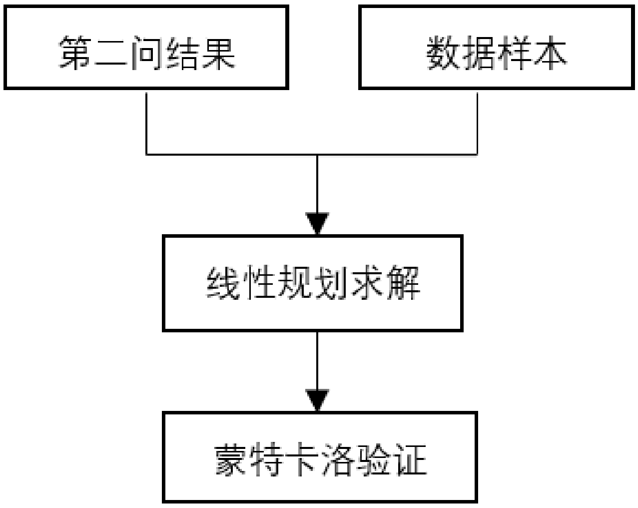

图 8: 第三题思路

4.3 问题三的分析与求解

4.3.1 问题三的分析思路

该问要求在制定订购和转运计划的过程中尽可能多地选择 A 材料，少选择 C 材料，减少仓储转运成本并保证转运商的损耗率尽可能低。沿用第二问的线性规划思想，且继续沿用第二问的变量和约束条件，并再添加反映转运商指标作为新的变量。以时间序列分析预测出未来的二十四周供应商供货量和转运商转运损耗率走势，以此作为参照，并得出新的约束条件和新的目标函数，将问题转化为多目标线性规划问题。求出最优解后，同样利用蒙特卡罗方法对方案实际实施效果进行模拟。问题三具体思路流程见图。

4.3.2 线性规划求解最优订购转运方案

此问继续沿用第二问的变量，并新增转运商的损耗率变量，W 为各家转运商在未来 24 周内的转运损耗率矩阵, 记 $W=(W_1^T,W_2^T,..,W_{24}^T)^T$。其中元素 W_{ij} 表示第 i 周第 j 家转运商的转运损耗率。本问相较于第二问，新增添的决策变量为第 i 周第 j 个转运商所分别转运的 A,B,C 原材料数 d_{ijA},d_{ijB},d_{ijC} 在此基础上可以构建此问的目标函数。

目标函数由两个部分组成：

① 转运仓储的总成本最小，其具体表达式如下：

$$p_1=\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{24}u_{ij}\times v$$

$$p_2 = \sum_{n=1}^{24}\{\sum_{i=1}^{n}[(d_{i1A}+d_{i1B}+d_{i1C},\ldots d_{i24A}+d_{i24B}+d_{i24C})\times(1-W_i)]$$
$$-X_{nA}-X_{nB}-X_{nC}\}$$

$$f_1 = p_1 + p_2 \tag{24}$$

其中，p_1 为转运总成本，p_2 为剩余原材料仓储总成本，f_1 为二者之和。
在求出转运仓储总费用 f_1 之后，需要对其进行标准化，得到

$$f_1^{'} = \frac{f_1}{mean_1} \tag{25}$$

其中 $f_1^{'}$ 为标准化后的数据，$mean_1$ 为转运和仓储的平均成本。

② 总转运损耗率最少，其具体公式如下：

$$f_2 = \sum_{i=1}^{24}(d_{i1A}+d_{i1B}+d_{i1C},\ldots d_{i24A}+d_{i24B}+d_{i24C})\times {W_i}^T \tag{26}$$

其中 f_2 为总转运的损耗率，对 f_2 进行标准化处理得到:

$$f_2^{'} = \frac{f_2}{mean_2} \tag{27}$$

其中 $f_2^{'}$ 为标准化后的转运损耗率，$mean_2$ 为平均损耗率

则该多目标规划问题的目标函数可以表示为:

$$min \quad f = (f_1^{'} + f_2^{'}) \tag{28}$$

该最优化问题的约束条件需要在第二问的基础之上加入新的限制:

① 为确保生产企业在订购的过程中尽可能多订购 A 类原材料而少订购 C 类原材料，则假定在第 i 周对 A 类原材料的订货量为第 i 周所有供应商可以提供的 A 类材料总量，其具体表达式如下：

$$\sum_{j=1}^{k} u_{ijA} = \sum_{j=1}^{k} G_{ijA}, \quad i \geq 1 \tag{30}$$

其中 G_{ijA} 为第 i 周第 j 家供应商可以供应的 A 类原材料总数,u_{ijA} 为第 i 周在第 j 家供应商处订购的 A 类原材料总数。

② 假定转运商所转运的 A,B,C 货物数和生产企业向供货商订购的 A,B,C 货物数相同。其具体表达式如下

$$\begin{cases} u_{ijA} = d_{ijA}, \quad i \geq 1 \\ u_{ijB} = d_{ijB}, \quad i \geq 1 \\ u_{ijC} = d_{ijC}, \quad i \geq 1 \end{cases} \tag{31}$$

③若对转运商未来二十四周损耗率的预测矩阵 W 中,W_{ij}=0, 则, 第 i 周企业委托给第 j 家转运商转运的 A,B,C 类货物数目均为 0, 其具体表达式如下:

$$d_{ijA} = d_{ijB} = d_{ijC} = 0, \qquad W_{ij} = 0 \tag{32}$$

④ 每个转运商在每周转运的原材料总额不超过 6000, 其具体表达式如下:

$$d_{ijA} + d_{ijB} + d_{ijC} \leq 6000, \quad i \geq 1 \tag{33}$$

由此该线性规划问题可最终写为:

$$
\begin{aligned}
min \quad & f=(f_1^{'}+f_2^{'}) \\
\text{s.t.} \quad & X_{ij}\le G_{ij}, && i\ge 1 \\
& (\frac{I_{iA}}{0.6}+\frac{I_{iB}}{0.66}+\frac{I_{iC}}{0.72})\ge 5.64\times 10^4, && i\ge min \\
& I_{iA}\ge 0,\quad I_{iB}\ge 0,\quad I_{iC}\ge 0, && i\ge 1 \\
& \frac{X_{iA}}{0.6}+\frac{X_{iB}}{0.66}+\frac{X_{iC}}{0.72}\ge 2.82\times 10^4, && i\ge min \\
& \sum_{j=1}^{k}u_{ijA}=\sum_{j=1}^{k}G_{ijA}, && i\ge 1 \\
& \begin{cases} u_{ijA}=d_{ijA}, i\ge 1 \\ u_{ijB}=d_{ijB}, i\ge 1 \\ u_{ijC}=d_{ijC}, i\ge 1 \end{cases} && i\ge 1 \\
& d_{ijA}=d_{ijB}=d_{ijC}=0, \qquad W_{ij}=0, && i\ge 1 \\
& d_{ijA}+d_{ijB}+d_{ijC}\le 6000, && i\ge 1
\end{aligned} \tag{34}
$$

与第二问类似，通过带入数据样本，并利用 matlab 的内置函数进行编程求解该最优化问题，结果已填入表格中。

4.3.3 蒙特卡洛模拟方案实施效果

由 matlab 对上述选中供应商的历史供货误差进行分析可知，各供应商的历史误差全部满足高斯分布。记线性规划目标函数为 f，自变量为 X，模拟的误差矩阵为 ΔX，则由上述函数的线性性可知 $\Delta f=f(X+\Delta X)-f(X)=f(\Delta X)$，对此值进行 1000 次蒙特卡洛随机模拟，并除以上述目标函数最小值，可得到如下图表：由该图可知，所产生的 98.8% 的误差都将降低目标函数的函数值，因此可以有很大的把握判断，此种选择为最优解。

4.4 问题四分析与求解

问题四本质为工厂产能提升后的多目标线性规划问题求解。确定产能提升程度的逻辑为，通过时间序列分析预测企业过去五年内每周在总共 402 家供货商处的总订货数，通过总订货数的增长趋势预测，得到企业每周可以提高的产能为 800，由于篇幅原因不再展示预测过程。将变化后的产能代入第三问的多目标线性规划模型中，求解出最终结果，已填入附件。

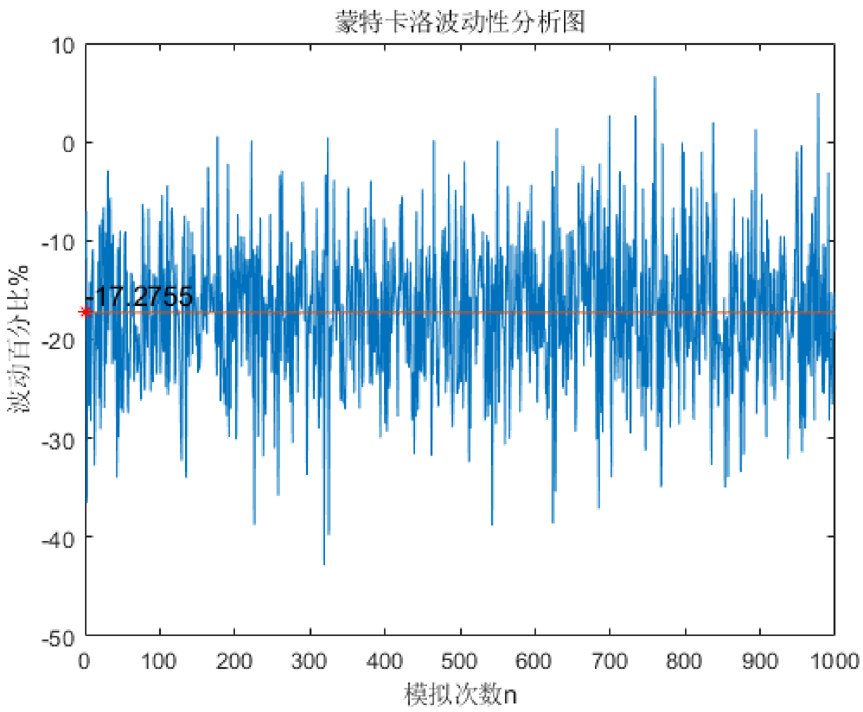

图 9: 蒙特卡洛波动性分析图

5 模型评价

5.1 模型优点

(1) 从多个维度选取不同指标对供应商能力进行量化，体系科学。同时采用熵权结合 TOPSIS 的综合评价方法，极大降低了综合评价的误差，确保了评价结果的准确性。

(2) 第二题运用了整数规划和线性规划，第三题运用了多目标规划，通过给予不同的约束调节，所找到的解是全局最优解。

5.2 模型缺点

(1) 使用规划所算出的结果虽然是最优解，但不一定是唯一解，可能会有其他的最优解被遗漏。

参考文献

[1] 陈强. 高级计量经济学及 stata 应用 [M]. 高等教育出版社，2010.

[2] 柯文进，王军. 基于熵权 TOPSIS 模型的城市高等教育资源承载力评价 [J] 统计与决策，2020.

[3] 张雨，许学军. 基于 ARMA 模型预测我国货币供应量 M1[J] 经济研究导刊，2020(6).

企业	排名	得分	企业	排名	得分
S140	1	3.0680	S037	26	0.6046
S201	2	2.8990	S247	27	0.5593
S348	3	2.8256	S284	28	0.5444
S229	4	2.3042	S031	29	0.4900
S151	5	2.2231	S365	30	0.4820
S361	6	1.9423	S040	31	0.4113
S108	7	1.8811	S364	32	0.3968
S374	8	1.6937	S338	33	0.3868
S139	9	1.4866	S294	34	0.3690
S330	10	1.3999	S367	35	0.3669
S282	11	1.3622	S080	36	0.3588
S308	12	1.3537	S218	37	0.3493
S275	13	1.2739	S346	38	0.3490
S126	14	1.2592	S055	39	0.3295
S329	15	1.2587	S266	40	0.3219
S340	16	1.2531	S005	41	0.3197
S307	17	1.1331	S244	42	0.3172
S131	18	1.0444	S189	43	0.3028
S395	19	1.0166	S067	44	0.2955
S268	20	0.9487	S123	45	0.2954
S356	21	0.9469	S076	46	0.2925
S306	22	0.9302	S003	47	0.2878
S352	23	0.8095	S213	48	0.2863
S143	24	0.7903	S362	49	0.2844
S194	25	0.7864	S007	50	0.2823

图 10: 前 50 名供应商重要性评分

图表附录

文件列表

xxx.m

xxxx.m

代码附录

描述性统计代码

```
import pandas as pd
import numpy as np
data=pd.read_excel("C:/Users/憨憨/Desktop/数模国赛/␣近5年402家
    供应商的相关数据.xlsx",'企业A类订货数量')
array=data.values
s=array.shape
newarray=array/0.6
newdata=pd.DataFrame(newarray)
newdata.to_excel("C:/Users/憨憨/Desktop/数模国赛/A类订货对应产
    能.xlsx",index=False)
newarray1=array.reshape((1,s[0]*s[1]))
newdata1=newarray1.flatten()
obv1=len(newdata1)
aver1=(sum(newdata1)/(len(newdata1)))
max1=max(newdata1)
min1=min(newdata1)
std1=np.std(newdata1,ddof=1)
dic={'obv':obv1,'mean':aver1,'std':std1,'min':min1,'max':max1}
print(dic)
```

熵权法代码-主体

```
        clear;
clc;

load M_Indicator.mat;          % 载入指标数据
[m, n] = size(indicator);          % 计算数据规模
indicator_std = indicator ./ repmat(sum(indicator.*indicator)
    .^0.5, m, 1); % 数据标准化

%% 赋予权重(Entropy Method)
weight_raw = zeros(1, n);          % 初始化
for i = 1:n                        % 循环求出各指标的信息熵
    x = indicator_std(:, i);
```

```
    y = x / sum(x);
    sectional_log = @(x)0 .* (x == 0) + log(x) .* (x ~= 0);
          % 使用匿名函数时遇到问题,暂无法解决
    entropy = -sum(y.*F_Sectional_Vector_Log(y)) / log(m);
           % 求出信息熵
    weight_raw(i) = 1 - entropy;
end
weight = weight_raw ./ sum(weight_raw); % 求出权重

%% TOPSIS IT
Z_P = max(indicator_std);          % 正理想解
Z_M = min(indicator_std);          % 负理想解
D_P = sqrt(sum(((indicator_std - repmat(Z_P, m, 1)).^2).*repmat
   (weight, m, 1), 2)); % 到正理想解的欧氏距离
D_M = sqrt(sum(((indicator_std - repmat(Z_M, m, 1)).^2).*repmat
   (weight, m, 1), 2)); % 到负理想解的欧氏距离
coefficient = D_M ./ (D_P + D_M);                  % 贴近程度系数
raw = 10000 * coefficient / sum(coefficient);     % 得分
[score, rank] = sort(raw, 'descend');             % 排序
```

熵权法代码-函数

```
        function [y] = F_Sectional_Vector_Log(x)
%F_Sectional_Vector_Log
%    定义一个分段向量函数,使得当x(i)取0时,对应函数值也取0
l = length(x);         % 向量x的模长
y = zeros(l, 1);          % 初始化函数值
for i = 1:l
    if x(i) == 0          % 当x(i)取0时,对应函数值也取0
        y(i) = 0;
    else                  % 当x(i)不取0时,对应函数值取自然对数
        y(i) = log(x(i));
    end
end
end
```

5.3 时间序列预测代码

```
gen date =date(time,"YMD")
format date %td
label variable date
tsset date
gen tim=_n
tsset tim
global list1 "S003     S005     S007     S031     S037     S040
    S055     S064     S066     S074     S080     S086     S108
  S113     S114     S123     S129     S131     S139     S140     S143
    S146     S150     S151     S194     S210     S218     S221
  S229     S239     S244     S247     S258     S266     S268     S275
    S282     S284     S291     S292     S294     S306     S307
  S308     S310     S314     S324     S329     S330     S338     S340
    S346     S348     S352     S356     S361     S364     S365
  S367     S374     S392     "


foreach i in $list1{
        display "`i'"
        dfuller `i'
        ac `i' ,lag(20)
        pac `i' ,lag(20)
        arima `i', arima(3 0 3)
        tsappend ,add(24)
        predict result`i'
}
```

最少供应商代码

最优转运策略代码

```
%在订货层面，统计出一个代表平均水平的损耗率，以此来决定订货的数
  量 记平均损耗率为error
%和第二问的规划模型相比增加了3*5*24个变量  q=5 f=24
%t=e*f+3*f
```

```
% 在第i周第j个转运商所转运的货物 A : x(t+(i-1)*3*q+3*(j-1)+1)
%                    转运的货物 B : x(t+(i-1)*3*q+3*(j-1)+2)
%                    转运的货物 C : x(t+(i-1)*3*q+3*j)
%在前一问的基础上建立多目标规划模型
clear;
clc;
error=0;        %平均损耗率
money=1;        %要修改值 平均花费



%基本假设: 订货量等于进货量
%x的前i*j个数代表了第i个供应商在第j周供应了多少
%第i,j个为x(j+24*(i-1))
%x(i*j+1),x(i*j+4),...x(i*j+1+24*(3))为第1..24周消耗的A原材料的
    数量
%同理x(i*j+2),........x(i*j+2+24*3)为第1...24周消耗的B原料的数
    量
load W.mat;
global u v e f
e=size(W,1);
f=size(W,2)-1;
t=e*f+3*f ;
q=5;
%G=rand(e,f+1);    %供选择的供应商,最后一列代表提供A, B,C哪种物品
load W.mat         %用W前五十组A最好的来实验
u=1;               %存储费用
v=u;               %认为运输费用和存储费用相同
K=W(:,f+1);
M=100;             %C的单价为M
                   %为了尽可能的少订购C 给目标函数定义一个惩罚项
                      将C的单价由M变化到1.05M
%下面的1, 2, 3代表A, B, C
c=zeros(1,e);
p=zeros(1,e);
for n=1:e
    if K(n)==1
```

```
            c(n)=1/0.6;
            p(n)=1.05;
        end
        if K(n)==2
            c(n)=1/0.66;
            p(n)=1.1;
        end
        if K(n)==3
            c(n)=1/0.72;
            p(n)=1;
        end
end
%c(n)矩阵处理产能 p(n)矩阵处理价格
for n=1:e
        if K(n)==1
            da(n)=1;
        else
            da(n)=0;
        end
end
for n=1:e
        if K(n)==2
            db(n)=1;
        else
            db(n)=0;
        end
end
for n=1:e
        if K(n)==3
            dc(n)=1;
        else
            dc(n)=0;
        end
end
%生成了新的矩阵 可用来计算单位原材料可变为单位产能的多少

b=zeros(e*f+4*f,1);
```

```
A=zeros(e*f+4*f,e*f+3*f+3*q*f);


%第一个约束条件x(i,j)<=W(i,j)
for i=1:e*f
    for j=1:e*f
        if i==j
            A(i,j)=1;
        end
    end
end
for i=1:f
    for j=1:e
    b((i-1)*e+j)=W(j,i);
    end
end



%第二个约束条件 从第min个星期开始保有两个星期的原材料
B=[1,1,1];
min=1+2;
for i=min:f
    A(e*f+i,:)=[repmat(-c,1,i)*(1-error),zeros(1,e*f-e*i),
        repmat(B,1,i),zeros(1,3*f+3*q*f-i*3)];
end
for i=(e*f+min):(e*f+f)
    b(i)=-28000*2;
end



%第三个约束条件 A, B, C三种材料大于等于0
Ta=[1,0,0];
for i=1:f
    A(e*f+f+i,:)=[(repmat(-da,1,i))*(1-error), zeros(1,e*f-e*i)
        ,repmat(Ta,1,i),zeros(1,3*f+3*q*f-i*3)];
```

```
end
Tb=[0,1,0];
for i=1:f
    A(e*f+2*f+i,:)=[(repmat(-db,1,i))*(1-error), zeros(1,e*f-e*
        i),repmat(Tb,1,i),zeros(1,3*f+3*q*f-i*3)];
end
Tc=[0,0,1];
for i=1:f
    A(e*f+3*f+i,:)=[(repmat(-dc,1,i))*(1-error), zeros(1,e*f-e*
        i),repmat(Tc,1,i),zeros(1,3*f+3*q*f-i*3)];
end



%第四个约束条件 从第mia周开始消耗额应该在28200和1.2*28200之间
H=[1/0.6,1/0.66,1/0.72];
Ae=zeros(f,e*f+3*f+3*q*f);
for i=1:f
    Ae(i,:)=[zeros(1,e*f),zeros(1,3*(i-1)),H,zeros(1,3*f+3*q*f-
        i*3)];
end
be=28200*1.2*(ones(f,1));
A=[A;Ae];
b=[b;be];
mia=4;%可能刚开始时由于库存不足达不到2.8万的产能
bq=28200*[zeros(mia,1);ones(f-mia,1)];
A=[A;-Ae];
b=[b;-bq];



%在优化层面,设定了3*q*f个变量,准确描述在引入损耗率后商家的花
    费;
%同时为了尽可能的减少损耗率,构造了计算总损耗多少的目标函数,将
    问题转化为多目标规划问题
```

```
load WW.mat %转运商的损耗率矩阵



%第五个约束条件  转运的A，B，C货品数与订货的A，B,C货品数相同
Aeq=zeros(3*f,t+3*q*f);
beq=zeros(3*f,1);
aa=[1,0,0];
for i=1:f
    Aeq(i,:)=[zeros(1,(i-1)*e),da,zeros(1,t-i*e),zeros(1,(i-1)
       *8*3),-repmat(aa,1,8),zeros(1,3*8*f-3*8*i)];
end
aaa=[0,1,0];
for i=f+1:2*f
    Aeq(i,:)=[zeros(1,(i-f-1)*e),da,zeros(1,t-(i-f)*e),zeros
       (1,(i-f-1)*8*3),-repmat(aaa,1,8),zeros(1,3*8*f-3*8*(i-f)
       )];
end
aaaa=[0,0,1];
for i=2*f+1:3*f
    Aeq(i,:)=[zeros(1,(i-2*f-1)*e),da,zeros(1,t-(i-2*f)*e),
       zeros(1,(i-2*f-1)*8*3),-repmat(aaaa,1,8),zeros(1,3*8*f
       -3*8*(i-2*f))];
end


%第六个约束条件  如果WW的第i行,第j列为零，则运转的A，B，C货物均
   为零
[line,row]=find(WW==0);%判断WW为零数所在的行数和列数
l=length(line);%有多少个为零
Ae=zeros(1,t+3*q*f);
for i=1:l
    Ae(t+(line(i)-1)*3*q+3*(row(i)-1)+1)=0;
    Ae(t+(line(i)-1)*3*q+3*(row(i)-1)+2)=0;
    Ae(t+(line(i)-1)*3*q+3*(row(i)-1)+3)=0;
```

```
end
Aeq=[Aeq;Ae];
beq=[beq;zeros(1,1)];
```

```
% 在第i周第j个供应商所转运的货物 A : x(t+(i-1)*3*q+3*(j-1)+1)
%                              转运的货物 B : x(t+(i-1)*3*q+3*(j-1)+2)
%                              转运的货物 C : x(t+(i-1)*3*q+3*j)
%第七个约束条件  单个转运商转运的货物不多于6000
be=6000*ones(q*f,1);
b=[b;be];
Ae=zeros(8,t+3*q*f);
aa=[1,1,1];
for i=1:q*f
    Ae(i,:)=[zeros(1,t),zeros(1,3*(i-1)),aa,zeros(1,3*q*f-3*i)
        ];
end
A=[A;Ae];
```

```
%因为要尽可能的多采购A类，少采购C类，那么认为把A类全部采购完
Ae=ones(f,t+3*q*f);
for i=1:f
    Ae(i,:)=[zeros(1,(i-1)*e),da,zeros(1,t+3*q*f-i*e)];
end
Aeq=[Aeq;Ae];
be=(da*W(:,1:end-1)).';
beq=[beq;be];
```

```
%下面是不考虑损耗率的主函数系数
o=[];
for i=f:-1:1
```

```
    o=[o,u*repmat(i,1,e)];
end
o=o+v*ones(1,e*f);
o=o+M*(repmat(p,1,f));
%前e*f个变量前的系数 购买原材料的系数
for i=-f:1:-1
    o=[o,u*repmat(i,1,3)];
end
%消耗量的系数 顺序为A B C A ...


%和不考虑损耗率的情况相比 因为运输价格和物品本身价格只和订货量
    有关 所以不会变化
%而存储物品由于损耗数量发生了变化 所以支付费用也发生了变化
%除此之外 对于后面新的变量也要进行处理 代表了损耗的多少 越少越
    好
%多目标线性规划问题


%前e*f均为1 消耗量前的系数相同
a=ones(1,e*f);
ab=o(:,e*f+1:e*f+3*f);
wwx=1-WW;
wwx=reshape(WW,1,q*24);
c=[];
for i=1:q*24
    c=[c,repmat(wwx(i),1,3)];
end
o=[a,ab,c];%第一个规划的系数矩阵
o=o/money;%标准化
wwx=reshape(WW,1,q*24);
c=[];
for i=1:q*24;
    c=[c,repmat(wwx(i),1,3)];
end
d=[zeros(1,t),c];%第二个规划的系数矩阵
d=d/(error+1);%标准化
```

```
o=o+d;%规划矩阵
```

```
lb=zeros(e*f+3*f+3*q*f,1);
ub=100000*ones(e*f+3*f+3*q*f,1);
[x,fval] = linprog(o,A,b,Aeq,beq,lb,ub)
```

蒙特卡洛波动性分析代码-主体

```
        n = 1000;
Min = 3.9361*10^7;
X = zeros(1,n);
for i = 1:n
    X(i) = F_Sensitivity(1, 1, 100);
end
Y = X/Min*100;
plot(Y);hold on;
z = sum(Y)/n;
x=[0:1:1000];
y = z*ones(1,1001);
plot(x,y);hold on;
xx=[0],yy=[-17.2755];
plot(xx,yy,'*r')
text(xx,yy,num2str(-17.2755),'FontSize',12,'HorizontalAlignment
    ',"left",'VerticalAlignment',"bottom",'Color','black')
xlabel('模拟次数n');
ylabel('波动百分比%');
title('蒙特卡洛波动性分析图');
sum(logical(Y(:)>0));
```

蒙特卡洛波动性分析代码-函数

```
        function [r] = F_Sensitivity(u, v, M)
%F_Sensitivity
%   敏感性分析
load M_O_Unconverted_All.mat;
```

```
load M_S_Unconverted_All.mat;
load M_Index.mat

O_All = O_All(M_Index, :);
S_All = S_All(M_Index, :);

[m, n] = size(O_All);
Mu = zeros(m, 1);
Sigma = zeros(m, 1);
KS = zeros(1, m);
for i = 1:m
    array = [O_All(i, :); S_All(i, :)];
    array(:, all(array == 0, 1)) = [];
    e = (array(2, :) - array(1, :));
    KS(1, i) = kstest(e);
    [mu, sigma, muci, sigmaci] = normfit(e);
    Mu(i, 1) = mu;
    Sigma(i, 1) = sigma;
end

p = 54;
q = 24;
fluctuation = zeros(p, q);
for i = 1:p
    fluctuation(i,:) = randn(1, q) * Sigma(i, 1) + Mu(i, 1);
end

load W.mat;
[e, f] = size(W);
K = W(:, f);
f = f - 1;
o = [];
p = zeros(1, e);
for n = 1:e
    if K(n) == 1
        p(n) = 1.05;
    end
```

```
    if K(n) == 2
        p(n) = 1.1;
    end
    if K(n) == 3
        p(n) = 1;
    end
end
for i = f:-1:1
    o = [o, u * repmat(i, 1, e)];
end
o = o + v * ones(1, e*f);
o = o + M * (repmat(p, 1, f));
for i = -f:1:-1
    o = [o, u * repmat(i, 1, 3)];
end
fluc = F_Generate_Fluctuation;
fluctuation = [reshape(fluc, 54*24, 1); zeros(3*24, 1)];
r = o * fluctuation;
end
```

6 xxxx

```
clear all
clc
```