

基于主成分分析法的企业订货优化分析

摘 要

针对生产企业原材料的订购与运输问题，本文运用主成分分析法、拟合、转运分配等方法，对企业订货、转运方案进行优化。

针对问题一，首先对企业订货量和 402 家原材料供应商供货量进行可视化分析，然后将 5 年即 240 周的订货划分为 10 个周期，每个周期 24 周。接着定义了供货总量、供应商交货能力、供应商交货能力稳定性、企业与供应商的合作时间和二者合作时间的稳定性五个指标，依据此五项指标，来反映保障企业生产重要性。针对订货总量，本文将每一个订货商的供货量求和处理。每一个指标都按照周期衡量，并计算 5 个指标在 10 个周期的均值。随后，运用**主成分分析方法**，给五个指标排序，得出保障企业生产的重要性因素为供应商交货能力，最终确定 50 家最重要的供应商。

针对问题二，优化方案分为**两个层次**进行。第一层次以选取最少的供应商为目标，从企业和供应商两个角度出发，暂不考虑转运商的损失率。企业角度为定性分析角度，计算能满足不同产能的周期的个数，并预估其订货量；供应商角度为定量分析角度，以第一问供应商的评分排序为依据，计算每家供货量的平均值。最终得到 32 家供应商。第二层次考虑经济效益，考虑损失率和企业订货量，从有关转运商损失量计算和拟合损失周期波动性两个角度出发，给出转运商的评分，挑选出 3 家转运商。最后，从订货成本和损耗率两个角度与过去 5 年作比较对实施方案进行分析。

针对问题三，为满足尽量多采购 A 少采购 C，更少采购 B 的要求，可以在问题一给出的对企业生产最重要的 50 家供应商进行**重新赋值评分**排序后，最终为满足生产需求得到了 28 家供应商，且未对转运商的评分有新的要求，可以继续沿用 3 家供应商。

针对问题四，沿用了问题三效果较好的重新赋值评分方法，先将供应商进行了重新排序。由于没有对成本的限制，所以考虑从供应商和转运商两个方面进行约束条件分析，供应商方面用最大供货量作为供货量，在转运商方面以最大转运 4.8 万原材料每周作为限制，使用第二问的求解模型。最终得到订购方案需要重新排序后的前 7 家供应最大供货量，并给前 7 家转运商**分配转运任务**，而企业的产能可以提升至 42461。

关键词：主成分分析 拟合 两层优化 分配

一、问题重述

1.1 问题背景

某建筑和装饰板生产企业所需要的木质纤维和其他植物纤维原材料总体可以分为 A, B, C 三种类型。为满足该企业生产需求每年按 48 周生产, 该企业需要提前制定 24 周原材料订购与转运。已知信息如下:

(1) 订购和转运计划为: 依次确定供应商及供应商提供的供货量、订货量和转运商。其中供应商供货量不稳定, 实际供货量可能多于或者少于订货量; 为保证企业库存, 企业要存储生产需求的原材料不少于两周, 故收购所有供应商原材料; 每家转运商运输能力为 6000 立方米/周, 中途存在原材量损耗。

(2) 企业生产情况为: 该企业每周的产能为 2.82 万立方米, 每立方米需要 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。

(3) 原材料采购成本: A 类和 B 类原材料价格分别比 C 类原材料价格高 20% 和 10%。三类原材料运输和储存的单位费用相同。

1.2 需解决的问题

(1) 依据附件 1, 量化分析 402 家供应商的供货特征, 描述供货特征, 建立数学模型体现保障企业生产重要性的特征, 筛选 50 家最重要的供应商;

(2) 根据问题 1 的结论, 首先, 从 50 家供应商中选出供应商, 以最少的供应商满足生产需求。接着, 针对这些供应商制定未来 24 周内最经济的原材料订购方案和损耗率最低的转运方案。最后, 对方案的实施进行分析。

(3) 制定新的订购方案和转运方案, 尽可能多采购 A 类原料、少采购 C 类原料以降低生产成本、转运成本、储藏成本和转运商转运损耗率并分析方案实施效果。

(4) 企业进行技术改造。根据已有供应商和转运商的实际情况, 确定产能提高量, 并制定未来 24 周订购和转运方案。

二、问题分析

2.1 问题一的分析

本文首先依据数据将数据可视化, 绘制图像反映企业订货量需求, 以及不同供应

商对企业订货量需求的满足，进而对 402 家原材料供应商供货量进行量化分析。本文将 5 年即 240 周的订货划分为 10 个周期，每个周期 24 周。

接着，本文依据数据定义了反映供应商供货特征的五个指标，分别是：供货总量、供应商交货能力、供应商交货能力稳定性、企业与供应商的合作时间、企业与供应商合作时间的稳定性。依据此五项指标，来反映保障企业生产重要性的因素。针对订货总量，本文将每一个供应商的供货量求和处理。针对交货能力，本文用供应商实际供货量与企业对供应商的订货量之比来衡量；针对合作时间，本文用供应商在一个周期 24 周内收到企业订单的次数来衡量；而供应商交货能力的稳定性以及企业与供应商合作时间的稳定性本文用方差来衡量。每一个指标按周期进行计算衡量，并取均值。随后，对得出的五个均值运用主成分分析方法，分析五个指标与供应商特征的相关度，并将五个指标排序，得出保障企业生产重要性的因素，最终得出最值得信赖的 50 个供应商。

2.2 问题二的分析

本问本质上是一个优化问题。本文将按照层次，分两层优化方案。

第一层次以选取最少的供应商为目标，从企业和供应商两个角度出发，暂不考虑转运商的损失率。企业角度为定性分析角度，计算能满足不同产能的周期的个数，并预估其订货量；供应商角度为定量分析角度，以第一问供应商的评分排序为依据，计算每家供货量的平均值。最终从定性和定量两个角度进行分析，分析供应商对企业订货量的满足以及供货的总量，最终确定供应商数量。

第二层次考虑经济效益，并且将损失率纳入考虑范围，以企业订货量为限制条件，计算转运商转运过程中的损失量，并且拟合出转运商损失率的周期性波动，选出损失量尽可能小并且波动尽可能小的转运商，人为定义评分，给出转运商的评分，并分析第一层与第二层即供货量和损失之间的关系。

最后结合第一层与第二层结论，从优化前后的订货成本的比较和优化前后损耗带来的成本的比较对实施方案进行分析。

2.3 问题三的分析

首先在问题一中，根据构建的五个指标可以得出 402 家供应商的评分，据此得出为保障企业生产最重要的 50 家供应商，所以在新的订购方案中从最重要的 50 家再次

选出符合条件的并给出新的订购方案具有一定的合理性和高效性；由题目给出的生产每单位产品需要消耗的 A、B、C 三类原材料的数量以及三种原材料对应的单价，可以计算得出，每生产一立方米产品对应需要的成本费用，且 A 与 C 相等均比 B 要少，因此从题目中需要满足 A 尽量多，C 尽量少 B 更少的条件考虑，对供应 A.C 的供应商进行赋权再次计算得分，则可以在最重要的 50 家厂商中进行二次评分排序，然后根据得出的评分以及新的供应商评分排序，结合需求可给出新的订购方案，由于转运商对转运的原材料类别并无要求，因此得出订购方案之后，参照问题二已给出转运损耗率尽可能少的转运方案最后得出新的转运方案。

2.4 问题四的分析

企业已具备了提高产能的潜力，因此提高产能只需考虑供应商和转运商的这些外部因素，且无需考虑成本问题，所以要考虑产能可以提升多少，综合考虑供应商的供应原材料的最大值以及转运商能够转运原材料的最大数额即可，根据现有原材料的供应商和转运商的实际情况，可将供应商所能供应的最大数值定为供应货物的常量，将八家转运商全部用于转运货物，通过对这两个限制条件的综合考虑即可给出未来 24 周的订购和转运方案。

三、模型假设

1. 假设该企业只会订购 A，B，C 这三类原料；
2. 假设原料损耗只存在于运输过程中，其它人为因素即外界因素不会导致原料损耗；
3. 假设题目中的企业对供应商的选择和供应商供货绝对理性，只考虑经济因素；
4. 假设企业所有未知情况都相等。

四、符号说明

符号	符号说明
C_{1k}	第 k 个供应商供货总量
C_{2k}^i	第 k 个供应商在第 i 个计划周期的供货能力
G_k^j	第 k 个供应商第 j 周的实际供货量
D_k^j	企业对第 k 个供应商第 j 周的订货量
C_{3k}^i	第 k 个供货商交货能力的稳定性
C_{4k}^i	与第 k 个供应商的合作时间
T_k^j	第 k 个供应商在第 j 周是否有企业订单
C_{5k}^i	第 k 个供应商合作时间的稳定性
β	损失率
P	企业订购产品的总成本
\bar{P}	企业订购产品的平均总成本

五、模型的建立与求解

5.1 问题一模型的建立与求解

5.1.1 数据的处理

(1) 订货量与供货量的可视化

本文在本问中企业对这 402 家供应商的订货量以及 402 家供应商 5 年内的供货量进行可视化分析（见图 1、图 2）。

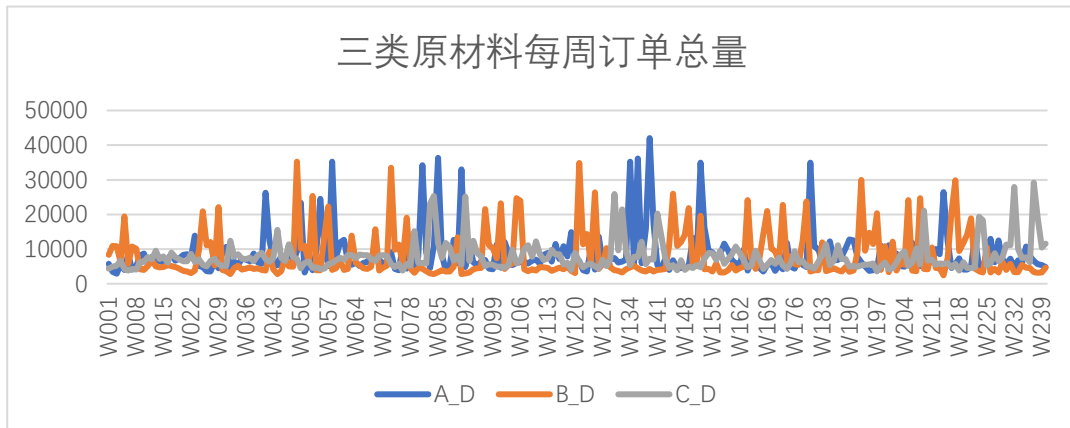


图 1:三类原材料每周订单总量

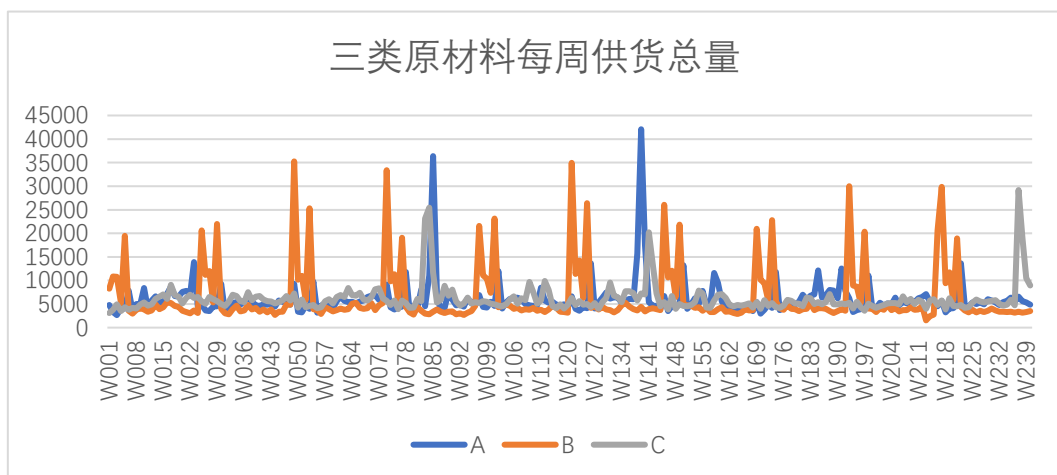


图 2:三类原材料每周供货总量

总体来讲可以观察出，企业对 A，B，C 三种原材料的订单的需求总量要大于供应商的供应总量，并且不同供应商提供对企业的需求或多或少，故为了更清晰地衡量供应商的供货特点，我们还需要建立指标，对数据进行量化分析。

(2) 周期划分

为便于讨论生产商特性，本文将 5 年（240 周）时间，分成 10 个周期，即每个周期有 24 周，逐个周期对供应商行为进行分析。

5.1.2 模型的建立

要确定 50 家最重要的供应商，首先要明确企业选择供应商的原因。

接下来，本文建立供货总量、供应商交货能力、供应商交货能力稳定性、企业与供应商的合作时间、企业与供应商合作时间的稳定性五个指标来衡量供应商特征，并

寻找保障企业生产重要性的因素。

(1) 供货总量

供货总量为第 k 个供应商第 j 周的实际供货量在 24 个周期内三种原材料 A, B, C 的供应量之和, 即:

$$C_{1k} = \frac{\sum_{i=1}^{24} \sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} G_k^j}{24} \quad (1)$$

(2) 交货能力

交货能力表示的是供应商满足企业需求的能力, 即首先计算出一个周期内 (24 周) 第 k 个供应商第 j 周的实际供货量与企业对第 k 个供应商第 j 周的订货量之比, 并对 10 个周期得到的结果求和并取平均值, 即:

$$C_{2k} = \frac{1}{24} \frac{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} G_k^j}{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} D_k^j} \quad (2)$$

(3) 交货能力的稳定性

交货能力的稳定性由交货能力的方差体现, 即

$$C_{3k} = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} G_k^j}{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} D_k^j} - C_{2k} \right)^2 = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} G_k^j}{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} D_k^j} - \frac{1}{24} \frac{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} G_k^j}{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} D_k^j} \right)^2 \quad (3)$$

其中为第 k 个供应商第 j 周的实际供货量, 为企业对第 k 个供应商第 j 周的订货量。

(4) 合作时间

合作时间表示企业和原材料供应商在一个周期 (24 周) 内交易的次数, 即第 k

个供应商在第 j 周是否有企业订单次数的和占一个周期（24 周）的比例求和并且取均值，即：

$$C_{4k} = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} T_k^j}{24} \right) \quad (4)$$

其中：

$$T_k^j = \begin{cases} 1, & \text{有订单} \\ 0, & \text{无订单} \end{cases} \quad (5)$$

（5）合作时间的稳定性

合作时间的稳定性由合作时间的方差体现。其中为第 k 个供应商在第 j 周是否有企业订单。

$$C_{5k} = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} T_k^j}{24} - C_{4k} \right)^2 = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \left[\frac{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} T_k^j}{24} - \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{\sum_{j=(i-1) \times 24}^{i \times 24} T_k^j}{24} \right) \right]^2 \quad (6)$$

5.1.3 模型的求解

5.1.3.1 供货总量

对企业对 A, B, C 三类原材料需求的数据和供应商对 A, B, C 三类原材料的供给进行加总，得到企业在不同供应商对三类原材料的需求和相应供应商对三类原材料的供给，因篇幅有限，部分结果展示如表 1，剩下结果将以附件的形式展示。

供应商 编号	企业对原料的需求量			供应商对原料的供应量			总需求 量	总供给 量
	A 类	B 类	C 类	A 类	B 类	C 类		
S001	5745	8322	4385	4818	8229	3089	18452	16136
S002	3476	10937	4888	3314	10833	3750	19301	17897
S003	2902	10827	5162	2657	10769	4902	18891	18328
S004	5550	6303	6706	4108	5184	3511	18559	12803
S005	4031	19435	4240	4083	19485	4310	27706	27878
S006	8566	5786	3854	7871	3582	3796	18206	15249

表 1:企业对各供应商订货量以及各供应商的供应量

可以看出部分供应商可以满足企业对原材料的需求，甚至会多供给一部分预防运输造成的损耗，而一部分供应商不能满足企业对原材料的需求。故我们需要寻找多个指标同时对供应商供货量的影响。

5.3.1.2 供应商特征分析

定性分析反映供应商供货特点的 5 个评价指标，可以看出指标与指标之间存在着较强的相关性。比如供应商交货能力与供应商交货能力稳定性，企业与供应商的合作时间与企业与供应商合作时间的稳定性，上述四个指标两两之间存在着较强的相关性。

为验证上述想法，本文计算了指标之间的相关性系数，发现某些指标之间存在较强相关性。为了使评价结果变得客观，本文采用主成分分析法进行综合评价。最终得到各成分特征根及贡献率见下表（表 2）。

	主成分	主成分	主成分	主成分	主成分
特征根	1.8269	1.3997	0.9799	0.6822	0.1113
贡献率（%）	36.5373	27.9949	19.5982	13.6445	2.2251

表 2:各成分贡献率表

可见前四种主成分贡献率较高，四种主成分贡献率之和达到 90%以上，故选取前四种成分作为新的衡量指标。

进而得到主成分对应各指标的特征向量。（表 3）

主成分 指标	X_1	X_2	X_3	X_4
C_1	0.2106	0.0520	0.9750	0.0485
C_2	0.6521	0.3965	-0.1311	0.6275
C_3	0.7748	-0.5875	-0.0816	0.0405
C_4	0.1602	0.9450	-0.0470	-0.2202
C_5	0.8552	0.0401	-0.0574	-0.4858

表 3:主成分对应各指标的特征向量

由此得出 4 个主成分分别为：

$$\begin{aligned}
 X_1 &= 0.2106C_1 + 0.6521C_2 + 0.7728C_3 + 0.1602C_4 + 0.8552C_5 \\
 X_2 &= 0.0520C_1 + 0.3965C_2 - 0.5875C_3 + 0.9450C_4 + 0.0401C_5 \\
 X_3 &= 0.9750C_1 - 0.1311C_2 - 0.0816C_3 - 0.0470C_4 - 0.0574C_5 \\
 X_4 &= 0.0485C_1 + 0.6275C_2 + 0.0405C_3 - 0.2202C_4 - 0.4858C_5
 \end{aligned} \tag{7}$$

通过主成分对各指标的贡献率，可以看出主成分与供应商交货能力、供应商交货能力的稳定性和企业与供应商合作时间的稳定性三个指标相关性最大；主成分与供应商交货能力和企业与供应商合作时间的相关性最大；主成分与供应商供货量相关度最大；主成分与供应商交货能力相关度最大。

分别以 4 个主成分的贡献率为权重，构建用主成分评价供应商的综合评价模型，即：

$$Z = 1.8269C_1 + 1.3997C_2 + 0.9799C_3 + 0.6822C_4 \tag{8}$$

最终得出结论：

(1) 保障企业生产的重要性的首要因素是供应商的交货能力，即供应商面对企业订购量满足的供应量；

(2) 其次供应商需要满足供货总量较大、供应商交货能力稳定性好、企业与供

应商的合作时间长、企业与供应商合作时间的稳定性好这几个因素。

本文综合以上结论，对供应商进行综合评估，得到最满意的 50 家供应商。

5.3.1.3 结果展示

排名	供应商 ID	得分	排名	供应商 ID	得分
1	S003	3.260361198	26	S395	0.737499805
2	S007	3.161335206	27	S006	0.724339102
3	S361	2.367997608	28	S374	0.704464199
4	S229	2.206696223	29	S365	0.660684842
5	S140	2.194691749	30	S367	0.625880842
6	S005	2.163307003	31	S194	0.573801729
7	S008	2.026394086	32	S307	0.570275761
8	S151	1.594593505	33	S364	0.544490773
9	S108	1.482045552	34	S284	0.433929451
10	S340	1.336515882	35	S152	0.430692149
11	S282	1.174106451	36	S368	0.42148213
12	S275	1.161728756	37	S369	0.404017726
13	S139	1.080985854	38	S154	0.402201439
14	S330	1.073325861	39	S366	0.396769543
15	S329	1.072394119	40	S370	0.394666058
16	S308	1.071284701	41	S376	0.391964791
17	S356	1.053246767	42	S377	0.389377412
18	S131	0.974863983	43	S379	0.384182957
19	S004	0.965450314	44	S381	0.380078774
20	S268	0.868660675	45	S153	0.3797861
21	S306	0.84881088	46	S371	0.374958459
22	S143	0.804603317	47	S378	0.368053952
23	S009	0.777157614	48	S375	0.367209259
24	S352	0.774480783	49	S380	0.366612423

25	S348	0.7442462	50	S382	0.365896322
----	------	-----------	----	------	-------------

表 4:最重要的 50 家供应商

5.2 问题二模型的建立与求解

本文第一层次以选取最少的供应商为目标，从企业和供应商两个角度出发，暂不考虑转运商的损失率。第二层次在第一层次的基础上考虑经济效益，确定转运商数量。本文在该层次将损失率纳入考虑范围，以企业订货量为限制条件，计算转运商转运过程中的损失量，并且拟合出转运商损失率的周期性波动。

5.2.1 优化供应商

(1) 企业订购量估计

本文通过过去 5 年内企业的订货量，计算出企业能满足不同产能周期的个数（见图 3），并预估未来企业的订货量。

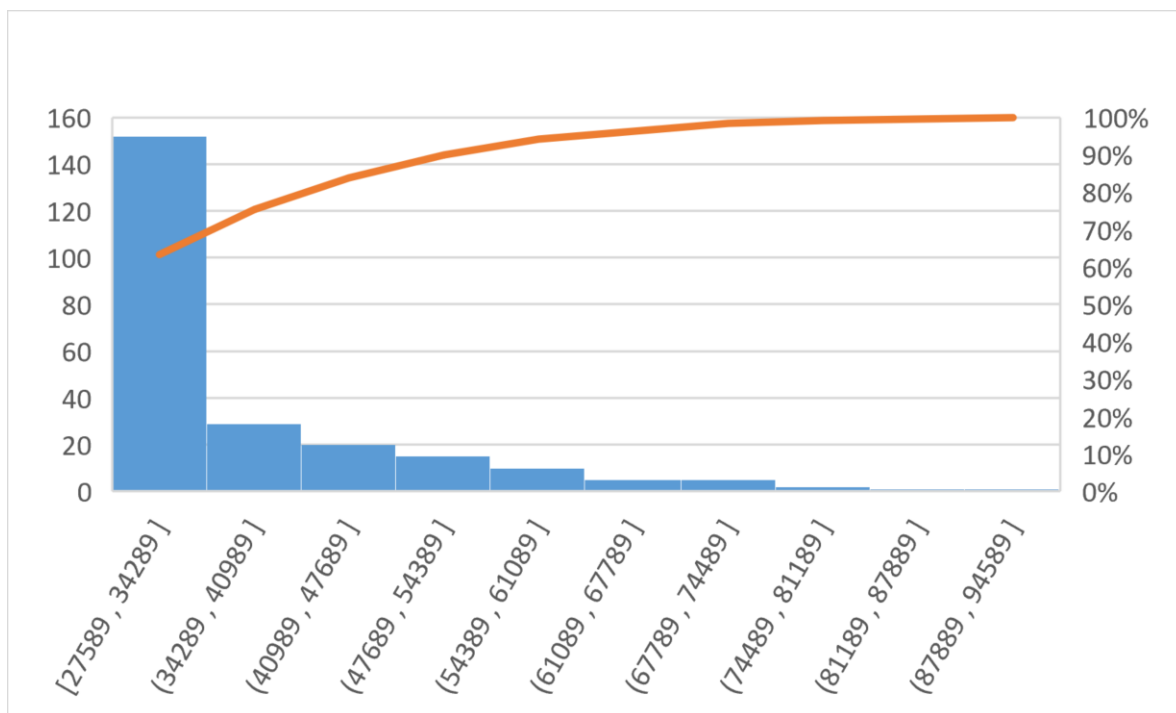


图 3: 订货量粗略转换为产能

(2) 供应商供货量的计算

由于图像的显示不完全准确，只是将订货量粗略转换为产能，故本文接下来根据

第一问得出的对各个供应商的评分，计算出每家供应商的平均供货量（见表 5），衡量过去产能。因篇幅限制，本文仅展示前 7 家供应商数据，剩下的以附件形式展示。

供应商 ID	得分	材料分类	供货能力	平均供货 量	最大供货 量
S003	3.260361198	C	0.757516667	71.75377	440
S007	3.161335206	A	0.705414624	27.98333	200
S361	2.367997608	C	0.631001914	1389.383	2810
S229	2.206696223	A	0.627587545	1499.521	3200
S140	2.194691749	B	0.63513303	2186.832	21290
S005	2.163307003	A	0.698860359	57.35088	140
S008	2.026394086	C	0.664722915	1.678571	10

表 5: 供应商供货量与供货能力展示

（3）供应商数量的确定

根据货物需求量的满足情况，即企业订货量和供应商平均供货量的对应程度，最终选出供应商数量为 32 家，依次为 S003、S007、S361、S229、S140、S005、S008、S151、S108、S340、S282、S275、S139、S330、S329、S308、S356、S131、S004、S268、S306、S143、S009、S352、S348、S395、S006、S374、S365、S367、S194 和 S307。

5. 2. 2 优化转运商

（1）转运商损失率衡量

针对 8 家转运商，本文分别计算每一家转运商的平均损失率，并对转运商进行排名（见表 6）。

排名	转运商	平均损失率
1	T3	0.186056
2	T6	0.543761
3	T2	0.921370
4	T8	1.010283
5	T4	1.570482

6	T1	1.904769
7	T7	2.078833
8	T5	2.889825

表 6:转运商平均损失率及排名表

(2) 转运商损失率波动性衡量

针对转运商损失率的波动性，本文采用拟合的方法，拟合出了每一家转运商损失率的波动曲线来衡量不同转运商转运货物的稳定性。因篇幅限制，本文仅展示评分第一名 T3（图 4）和最后一名 T5（图 5）转运商的损失率波动曲线。

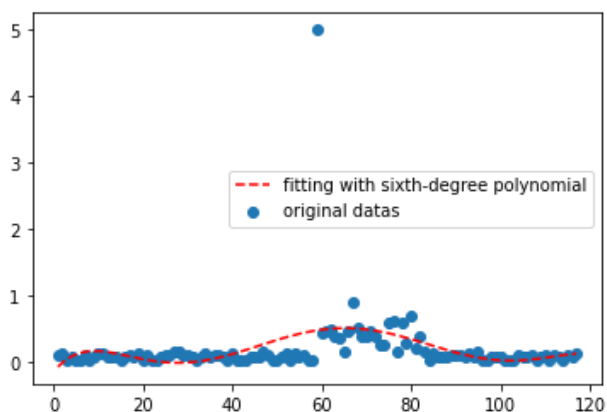


图 4:转运商 T3

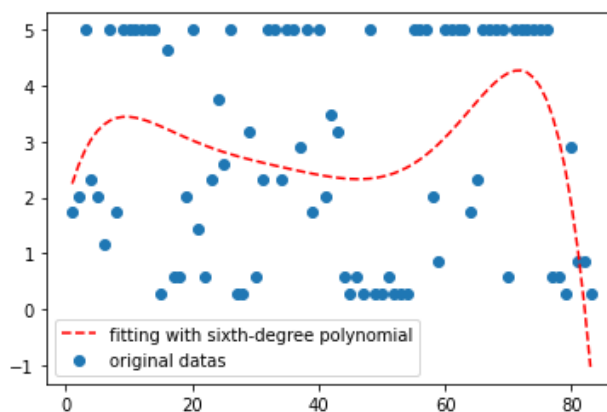


图 5:转运商 T5

(3) 转运商的确定

人为定义评分，来评价已被衡量过平均损失率和损失率波动性的转运商，最终得到的排名如下表所示（表 7）。

假定评分	转运商	平均损失率
7	T3	0.186056
6	T2	0.921370
5	T6	0.543761
4	T1	1.904769
3	T8	1.010283
2	T7	2.078833
1	T4	1.570482
0	T5	2.889825

表 7:各转运商评分

5.2.3 供货量与损失率关系的建立

两个层次分步骤优化完毕后，本文观察到两个层次之间关系较弱，使得评价缺少客观性，故建立两层之间的关系，及供货量与损失率之间的关系。根据上文得出结论：可以通过企业第 j 周订货量与第 k 个供应商在第 i 个计划周期的交货能力的乘积预估供货量，而订货量要满足供应商供货量与第 i 个转运商 V 未损失部分的平均值的乘积，即令订货量满足：

$$\sum_j \sum_k D_k^j C_{2k}^i (1 - bV)^3 \geq 28200 \quad (9)$$

其中转运商 V 的损失部分每超过 6000 则换为下一家转运商 ($V+1$)。

5.3.4 订购方案和转运方案的确定和分析

5.3.4.1 订购方案和转运方案的确定

根据以上步骤，最终本文确定最经济的原材料订购方案为选择评分在前 32 位的 32 家供应商以及评分排名在前 4 位的转运商。并且根据本模型具有动态性的特点，企业可以根据订货量随时对供应商和转运商数量进行调整。

5.3.4.2 订购方案和转运方案的结果和分析

最终的优化方案在供应商和转运商都减少的情况下没有减少供货量，保证了企业生产，说明该优化方案是可行的。

接着，本文将从两个角度分析该方案的可行性：

(1) 评估降低订购成本 P 的可行性

首先进行成本定性分析。如果设原料 C 的成本为 1，则原料 A 的成本为 1.2，原料 B 的成本为 1.1。将各原料的成本与各原料需求量相乘则得到 A 原料的经济效益等于 C 原料的经济效益大于 B 原料的经济效益。故本文建议企业尽可能多的选购原料 A 和原料 C，少选购 B。

由于本文在对 402 家供应商进行排名时，根据评估指标，供应原料 B 的企业会在评分中取得较为靠后的名次，故在本方案中对于供应原料 B 的供应商选取较少，自然降低了成本。

接下来对成本定量分析。设 C 类原材料的费用为 1，则使用 A、B、C 三类原料生产每单位产品的费用为：

$$A\text{类}: 0.6 * (1 + 20\%) = 0.72$$

$$B\text{类}: 0.66 * (1 + 10\%) = 0.726$$

$$C\text{类}: 0.72 * 1 = 0.72$$

订购成本 P 为 A 原料成本与 A 订购总量 $(D_k^j)_A$ 乘积、B 原料成本与 B 的订购总量 $(D_k^j)_B$ 和 C 原料成本和 C 的订购总量 $(D_k^j)_C$ ，即：

$$P = 1.2 * (D_k^j)_A + 1.1 * (D_k^j)_B + 1 * (D_k^j)_C \quad (10)$$

设订货总量为 $D\text{c}$ ，则满足产能计算的订购总量为 A、B、C 三种原材料各自的订货总量除以各自的成本得到的三个值之和，即：

$$D\text{c} = \frac{(D_k^j)_A}{0.6} + \frac{(D_k^j)_B}{0.66} + \frac{(D_k^j)_C}{0.72} \quad (11)$$

则平均订购成本为订购总成本 P 与订购总数 $D\text{c}$ 之比，即：

$$\bar{P} = \frac{P}{D_0} = \frac{1.2 \left(D_k^j \right)_A + 1.1 \left(D_k^j \right)_B + 1 \left(D_k^j \right)_C}{\frac{\left(D_k^j \right)_A}{0.6} + \frac{\left(D_k^j \right)_B}{0.66} + \frac{\left(D_k^j \right)_C}{0.72}} \quad (12)$$

不考虑损耗率，用平均订货量求最少需要的供应商结果为：A 供应商 10 家，B 供应商 11 家，C 供应商 10 家，总共 31 家。

不考虑损耗率，用最大订货量求最少需要的供应商结果为：A 供应商 2 家，B 供应商 1 家，C 供应商 2 家，总共 5 家。但是考虑到用最大供货量过于极端，不适用日常情况，故仅考虑通过平均供货量得到的结果。

结合定性分析和定量分析，本文得出对全部供应商范围内订购的平均成本为 0.7215501355678909，优化后为 0.7221796931008165，成本基本保持不变。

(2) 评价降低运输损耗率的可行性

优化后平均损失率为：0.8889890624999782%，优化前全部平均损失率为：1.3881724995124438%。可见平均损失率降低。

最终经过评估和分析，结合订购成本和运输损耗率之间的关系，本文得出结论：企业申请 32 家供应商供货和 6 家转运商运输货物不仅可以满足企业的生产需求，还将 402 家转运商减少为 32 家，并成本基本不变和降低运输损失率，该方案较为可行。

5.3 问题三模型的建立与求解

5.3.1 优化供应条件

首先根据题目给的数据我们可以分别计算出生产一单位产品分别需要 A BC 三类原材料的成本对比，A 类和 C 类需 0.72 单位，B 类需 0.726 单位，由此可见，生产一单位产品，A、C 这两种原材料的成本一样且均低于 B 类，意味着减少转运和仓储成本，应计划尽量多地采购 A 类和尽量少地采购 C 类原材料，而 B 类得更少。

5.3.2 重新评分供应商

因此我们要在满足供应条件的基础上，根据对 ABC 三类原材料的喜好程度，对最初最重要的 50 家供应商的进行新的赋值评分，具体操作如下：现将原来的五十家供应商的评分进行加总取平均值，然后将在 A 类供应商加上均值，C 类供应商加上一半的均值，B 类供应商不加，由此得出新的总分后可以将再重新排序，如式子：

$$R'_i = \begin{cases} R_i + \frac{1}{50} \sum_{i=1}^{50} R_i, & \text{对A原料的供应商} \\ R_i, & \text{对B原料的供应商} \\ R_i + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{50} \sum_{i=1}^{50} R_i, & \text{对C原料的供应商} \end{cases} \quad (13)$$

得到结果如下

排名	供应商 ID	得分	排名	供应商 ID	得分
1	S003	3.260361198	1	S007	4.121987212
2	S007	3.161335206	2	S003	3.740687201
3	S361	2.367997608	3	S229	3.167348229
4	S229	2.206696223	4	S005	3.123959009
5	S140	2.194691749	5	S361	2.848323611

表 8:前后评分对比(左边为原评分，右边为重新评分)

5.3.3 供应商数量以及订购方案的确定

根据应满足生产的需求一周的 2.82 万立方米的产能的需求，从评分最高的供应商依次往下加和计算供应量，最终得出供应商数量为 28 家，依次为 S007,S003,S229,S005,S361,S008,S140,S282,S275,S151,S329,S143,S352,S348,S395,S356,S307,S108,S152,S154,S370,S108,S152,S154,S370,S268,S381,S340,S306,S372,373 和 S201 共 28 家供应商。

5.4.4 转运方案的确定

由于并未对转运商的损失率及损失率波动性进行重新衡量，故可沿用前一问对转运商的评价，且供货量变化不大，故可以继续使用问题二得出的转运方案：即仍需 3 家转运商进行转运

5.4.5 对该订购和转运方案的实施效果的评价

尽量多采购 A 和少采购 C，更少采购 B 后，使得平均订购成本由

0.7215501355678909 降低至 0.7210248892520018,降低值较为合理,且产能几乎不变,所以该订购方案要实施效果较好,转运量变化不大,转运分配问题同第二问。

5.4 问题四模型的建立与求解

由于无需考虑企业生产能力的内部条件,我们直接从外部开始分析。首先是转运商的转运能力,每家转运商的运输能力为 6000 立方米每周,先不考虑损失率我们可知,转运商能够转运的总的原材料为 4.8 万立方米,故而企业产可能提升的最大值为 8 万立方米每周(假设所有原材料全为 A)。而继续考虑供应商能够提供的原材料的最大值,在五年中可找到每家供应商的供应的一个最大数值,将该数值记为供应商每周均能提供的原材料数量,便可得出供应商所能供应的最大数值。

按照供应商的最大供货量,参照第三问的排名方式,以及第二问的模型,可以得出,在考虑尽量减小转运成本和同时尽量提高订货量的情况下,模型求解出选择 7 家转运商与 7 家供应商,产能可提升至 42461.748091059904 每周,计算方式为,对“最大订货量*对应的损失率/生产每立方米产品所需”进行求和。计算平均成本得到 0.7245342357158915,与前两问结果大致相同,所以在考虑提升产能的情况下,可以忽略这一部分转运成本的提升。其它结果展示如下:

供应商 ID	得分	材料分类	供货能力	最大供货 量	目标顶货 量
S007	4.121987	A	0.705415	200	284.0497
S003	3.740687	C	0.757517	440	581.928
S229	3.167348	A	0.627588	3200	5108.395
S005	3.123959	A	0.69886	140	200.6996
S361	2.848324	C	0.631002	2810	4494.648
S008	2.50672	C	0.664723	10	15.18376
S140	2.194692	B	0.635133	21290	33703.8

表 9:问题四结果展示

六、模型的评价、改进与推广

6.1 模型的优点

(1) 对供应商的供货特点分析中指标设立较为合适，评估角度较为全面，从供应商角度和企业角度全方位对供应商进行分析；

(2) 本文应用主成分分析法将关联度较高的五个对供应商的评估指标变为少数不相关的综合指标，增加了评价的客观性；

(3) 针对问题二，本文建立的模型具有动态性的特点，企业可以根据订货量实际情况随时对供应商和转运商数量进行调整；

6.2 模型的缺点

(1) 问题二中对转运商的评分稍具有主观性，应更加客观；

(2) 没有考虑转运中的分配问题，从而不能很好的使一家供应商一周的供应量由一家转运商来运输。

6.3 模型的改进

可以考虑再将转运商的分配问题。

七、参考文献

- [1]沈瑞,曹秀清,蒋尚明,金菊良,何飘.基于主成分分析与模糊聚类的洪涝治理分区研究[J].人民长江,2021,52(08):30-37.
- [2]商立群,王守鹏.改进主成分分析法在火电机组综合评价中的应用[J].电网技术,2014,38(07):1928-1933.
- [3]王莹. 基于 ANP 和多目标模型的供应商订购策略研究[D].哈尔滨工业大学,2013.
- [4]司守奎,孙兆亮. 数学建模算法与应用,北京:国防大学出版社,2015 年 4 月.

附录

附录 1

介绍：第一问求解指标

```
import pandas as pd,numpy as np
#订货量
df1_1=pd.read_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\附件 1 近 5 年
402 家供应商的相关数据.xlsx',sheet_name='企业的订货量 (m³) ')
#供货量
df1_2=pd.read_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\附件 1 近 5 年
402 家供应商的相关数据.xlsx',sheet_name='供应商的供货量 (m³) ')

df1_result=pd.DataFrame(columns=['C1','C2','C3','C4','C5'])

#C1 计算
for i in range(df1_2.shape[0]):
    if df1_2.loc[i,'材料分类']=='A':
        df1_result.loc[i,'C1']=sum(df1_2.drop(columns=['材料分类','供应商
ID']).iloc[i,:])/0.6
    if df1_2.loc[i,'材料分类']=='B':
        df1_result.loc[i,'C1']=sum(df1_2.drop(columns=['材料分类','供应商
ID']).iloc[i,:])/0.66
    else:
        df1_result.loc[i,'C1']=sum(df1_2.drop(columns=['材料分类','供应商
ID']).iloc[i,:])/0.72
# C2 计算
col = (df1_1.shape[1] - 2) / 24
col = int(col)
g = 0
```

```

d = 0
c2 = 0
C2 = []
result_C2 = []
for k in range(df1_1.shape[0]):
    for i in range(col):
        for j in range(i * 24 + 2, (i + 1) * 24 + 2):
            g = df1_2.iloc[k, j] + g
            d = df1_1.iloc[k, j] + d

        c2 = g / d

        c2 = np.nan_to_num(c2)

        g = 0
        d = 0

        C2.append(c2)

        c2 = 0

        mean_C2 = np.mean(C2)

        result_C2.append(mean_C2)

df1_result['C2'] = result_C2

# C3 计算
col = (df1_1.shape[1] - 2) / 24
col = int(col)

g = 0
d = 0
c2 = 0
C2 = []
result_C3 = []
for k in range(df1_1.shape[0]):

```

```

for i in range(col):
    for j in range(i * 24 + 2, (i + 1) * 24 + 2):
        g = df1_2.iloc[k, j] + g
        d = df1_1.iloc[k, j] + d
        c2 = g / d
        c2 = np.nan_to_num(c2)
        g = 0
        d = 0
        C2.append(c2)
        c2 = 0
    C3 = np.var(C2)
    result_C3.append(C3)

df1_result['C3'] = result_C3

# C4 计算
col = (df1_1.shape[1] - 2) / 24
col = int(col)
t = 0
c4 = 0
C4 = []
result_C4 = []
for k in range(df1_1.shape[0]):
    for i in range(col):
        for j in range(i * 24 + 2, (i + 1) * 24 + 2):
            if df1_1.iloc[k, j] == 0:
                t = t
            else:
                t = t + 1

```



```

        c4 = t / 24

        t = 0

        c4 = np.nan_to_num(c4)

        C4.append(c4)

        c4 = 0

    mean_C4 = np.mean(C4)
    result_C4.append(mean_C4)

df1_result['C4'] = result_C4

# C5 计算
col = (df1_1.shape[1] - 2) / 24
col = int(col)
t = 0
c4 = 0
C4 = []
result_C5 = []
for k in range(df1_1.shape[0]):
    for i in range(col):
        for j in range(i * 24 + 2, (i + 1) * 24 + 2):
            if df1_1.iloc[k, j] == 0:
                t = t
            else:
                t = t + 1

        c4 = t / 24

        t = 0

        c4 = np.nan_to_num(c4)

        C4.append(c4)

```

```

c4 = 0

C5 = np.var(C4)
result_C5.append(C5)

df1_result['C5'] = result_C5

df1_result.to_csv(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\result_index.csv')

```

附录 2

介绍：matlab 主成分分析代码

```

clc,clear
data=load('1.txt'); %读取的数据，一行为一组
data=zscore(data); %zscore 标准化
r=corrcoef(data); %计算相关系数矩阵
%利用 r 进行主成分分析，x 的列为 r 的特征向量，即主成分的系数
[x,y,z]=pcacov(r); %输出贡献率及其它结果
f=repmat(sign(sum(x)),size(x,1),1);
x=x.*f;
num=4; %选取的主成分数目（根据贡献率来定）
df=data*x(:,[1:num]);
tf=df*z(1:num)/100;
[stf,ind]=sort(tf,'descend');
result=[ind,stf] %输出序号和综合得分（降序）
%求载荷矩阵
[vec,val,con]=pcacov(r);
num=4;
f1=repmat(sign(sum(vec)),size(vec,1),1);

```

```

vec=vec.*f1;
f2= repmat(sqrt(val)',size(vec,1),1);
a=vec.*f2;
aa=a(:,1:num);%载荷矩阵
s1=sum(aa.^2);
s2=sum(aa.^2,2);

```

附录 3

介绍：python 第二问求解代码

```

import pandas as pd,numpy as np
#订货量
df1_1=pd.read_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\附件 1 近 5 年
402 家供应商的相关数据.xlsx',sheet_name='企业的订货量 (m³) ')
#供货量
df1_2=pd.read_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\附件 1 近 5 年
402 家供应商的相关数据.xlsx',sheet_name='供应商的供货量 (m³) ')

df1_result=pd.DataFrame(columns=['C1','C2','C3','C4','C5'])

#C1 计算
for i in range(df1_2.shape[0]):
    if df1_2.loc[i,'材料分类']=='A':
        df1_result.loc[i,'C1']=sum(df1_2.drop(columns=['材料分类','供应商
ID'])).iloc[i,:])/0.6
    if df1_2.loc[i,'材料分类']=='B':
        df1_result.loc[i,'C1']=sum(df1_2.drop(columns=['材料分类','供应商
ID'])).iloc[i,:])/0.66
    else:
        df1_result.loc[i,'C1']=sum(df1_2.drop(columns=['材料分类','供应商

```

```

ID']).iloc[i,:])/0.72
# C2 计算
col = (df1_1.shape[1] - 2) / 24
col = int(col)
g = 0
d = 0
c2 = 0
C2 = []
result_C2 = []
for k in range(df1_1.shape[0]):
    for i in range(col):
        for j in range(i * 24 + 2, (i + 1) * 24 + 2):
            g = df1_2.iloc[k, j] + g
            d = df1_1.iloc[k, j] + d
        c2 = g / d
        c2 = np.nan_to_num(c2)
        g = 0
        d = 0
        C2.append(c2)
        c2 = 0
        mean_C2 = np.mean(C2)
    result_C2.append(mean_C2)

df1_result['C2'] = result_C2

# C3 计算
col = (df1_1.shape[1] - 2) / 24
col = int(col)
g = 0

```

```

d = 0
c2 = 0
C2 = []
result_C3 = []
for k in range(df1_1.shape[0]):
    for i in range(col):
        for j in range(i * 24 + 2, (i + 1) * 24 + 2):
            g = df1_2.iloc[k, j] + g
            d = df1_1.iloc[k, j] + d

        c2 = g / d
        c2 = np.nan_to_num(c2)

        g = 0
        d = 0

        C2.append(c2)
        c2 = 0

    C3 = np.var(C2)
    result_C3.append(C3)

df1_result['C3'] = result_C3

# C4 计算
col = (df1_1.shape[1] - 2) / 24
col = int(col)
t = 0
c4 = 0
C4 = []
result_C4 = []
for k in range(df1_1.shape[0]):
    for i in range(col):

```

```

        for j in range(i * 24 + 2, (i + 1) * 24 + 2):
            if df1_1.iloc[k, j] == 0:
                t = t
            else:
                t = t + 1

        c4 = t / 24

        t = 0

        c4 = np.nan_to_num(c4)

        C4.append(c4)

        c4 = 0

    mean_C4 = np.mean(C4)

    result_C4.append(mean_C4)

df1_result['C4'] = result_C4

# C5 计算
col = (df1_1.shape[1] - 2) / 24
col = int(col)
t = 0
c4 = 0
C4 = []
result_C5 = []
for k in range(df1_1.shape[0]):
    for i in range(col):
        for j in range(i * 24 + 2, (i + 1) * 24 + 2):
            if df1_1.iloc[k, j] == 0:
                t = t
            else:

```

```

        t = t + 1

        c4 = t / 24

        t = 0

        c4 = np.nan_to_num(c4)

        C4.append(c4)

        c4 = 0

    C5 = np.var(C4)
    result_C5.append(C5)

df1_result['C5'] = result_C5

df1_result.to_csv(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\result_index.csv')

```

附录 4

介绍：python 第三问求解代码

```

import pandas as pd, numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

#前 50 家供应商数据
df2_1=pd.read_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\前 50 家供应商
数据.xlsx')

#所有供应商数据
df2_1_all=pd.read_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\所有供应商
数据.xlsx')

#重新评分
mean_rank=np.mean(df2_1['得分'])

for i in range(df2_1_all.shape[0]):
    if df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='A':
        df2_1_all.loc[i,'得分']=df2_1_all.loc[i,'得分']+mean_rank

```

```

elif df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='B':
    df2_1_all.loc[i,'得分']=df2_1_all.loc[i,'得分']
else:
    df2_1_all.loc[i,'得分']=df2_1_all.loc[i,'得分']+mean_rank/2
df2_1_all=df2_1_all.sort_values(by='得分',ascending=False)
df2_1_all.reset_index(drop=True,inplace=True)
#求平均供货量（剔除 0）
df2_1_all_c=df2_1_all.drop(columns=['材料分类','供应商 ID','得分','C2'])
dt=[]
mean=0
Mean=[]
for j in range(df2_1_all_c.shape[0]):
    for i in range(df2_1_all_c.shape[1]):
        if df2_1_all_c.iloc[j,i]==0:
            dt=dt
        else:
            dt.append(df2_1_all_c.iloc[j,i])
    mean=np.mean(dt)
    Mean.append(mean)
    dt=[]
    mean=0
#求最大供货量
max_G=0
Max_G=[]
for i in range(df2_1_all_c.shape[0]):
    max_G=max(df2_1_all_c.iloc[i,:])
    Max_G.append(max_G)
    max_G=0
#创建列保存平均供货量和最大供货量结果

```



```

col_name=df2_1_all.columns.tolist()
col_name.insert(4, '平均供货量')
col_name.insert(5, '最大供货量')
df2_1_all=df2_1_all.reindex(columns=col_name)
df2_1_all['平均供货量']=Mean
df2_1_all['最大供货量']=Max_G
#读取转运商数据
df_ts=pd.read_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\附件 2 近 5 年 8
家转运商的相关数据.xlsx')#先按评分降序
df_ts_c=df_ts.drop(columns=['转运商 ID','假定评分'])#处理不必要的数据
#对转运商的损失率拟合(画图，并取均值)
dt=[]
num=0
Num=[]
Mean_beta=[]
for j in range(df_ts_c.shape[0]):
    for i in range(df_ts_c.shape[1]):
        if df_ts_c.iloc[j,i]==0:
            dt=dt
            num=num
            Num=Num
        else:
            dt.append(df_ts_c.iloc[j,i])
            num=num+1
            Num.append(num)
a=np.polyfit(Num,dt,6)#用 6 次多项式拟合 x，y 数组
b=np.poly1d(a)#拟合完之后用这个函数来生成多项式对象
c=b(Num)#生成多项式对象之后，就是获取 x 在这个多项式处的值

```

```

plt.scatter(Num,dt,marker='o',label='original datas')#对原始数据画散点图

plt.plot(Num,c,ls='--',c='red',label='fitting with sixth-degree polynomial')#对拟合之
后的数据，也就是 x，c 数组画图

plt.legend()

plt.show()

mean_beta=np.mean(c)

Mean_beta.append(mean_beta)

dt=[]

num=0

Num=[]

#储存平均损失率
col_name=df_ts.columns.tolist()
col_name.insert(2, '平均损失率')
df_ts=df_ts.reindex(columns=col_name)
df_ts['平均损失率']=Mean_beta

#求解最优供应商对应的 ID 及所需订货到量
cout=0#所需供应商数目（如果要求 24 个不同的，可以转成 list 求 max）
Total_D=0#真实接收量
Toal_ts=0#总转运量
target_D=28200#表示粗略产品量（同上图）如果能得到 24 个不同的目标订货到量，
就得到了 24 周的订购策略
max_ts=6000#一家转运商每周最大转运量
D_index=[]#选择的供应商
D_mean=[]#供应商供应量
k=0#储存转运商数量
beta=1-(df_ts.loc[k,'平均损失率']/100)
for i in range(df2_1_all.shape[0]):
    Toal_ts=Toal_ts+df2_1_all.loc[i,'平均供货量']
    if Total_D>=target_D:

```

```

        cout=cout

        Total_D=Total_D

        break

    else:

        if Toal_ts>max_ts:

            least_ts=Toal_ts-max_ts

            Toal_ts=least_ts

            k=k+1

            beta=1-(df_ts.loc[k,'平均损失率']/100)

            if df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='A':

                Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'平均供货量']*beta)/0.6

                D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])

                D_mean.append(df2_1_all.loc[i,'    平    均    供    货    量

']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))

                cout=cout+1

            elif df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='B':

                Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'平均供货量']*beta)/0.66

                D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])

                D_mean.append(df2_1_all.loc[i,'    平    均    供    货    量

']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))

                cout=cout+1

            else:

                Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'平均供货量']*beta)/0.72

                D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])

                D_mean.append(df2_1_all.loc[i,'    平    均    供    货    量

']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))

                cout=cout+1

        else:

            k=k

```

```

        beta=1-(df_ts.loc[k,'平均损失率']/100)

        if df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='A':

            Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'平均供货量']*beta)/0.6

            D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])

            D_mean.append(df2_1_all.loc[i,'    平    均    供    货    量

']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))

            cout=cout+1

        elif df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='B':

            Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'平均供货量']*beta)/0.66

            D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])

            D_mean.append(df2_1_all.loc[i,'    平    均    供    货    量

']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))

            cout=cout+1

        else:

            Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'平均供货量']*beta)/0.72

            D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])

            D_mean.append(df2_1_all.loc[i,'    平    均    供    货    量

']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))

            cout=cout+1

#将订货量存储并输出
col_name=df2_1_all.columns.tolist()
col_name.insert(6, '目标订货量')
df2_1_all=df2_1_all.reindex(columns=col_name)
for i in range(len(D_mean)):

    df2_1_all.loc[i,'目标订货量']=D_mean[i]

df2_1_all.to_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\result_order_Q3.xlsx')

```

附录 4

介绍: python 第四问求解代码

```
import pandas as pd,numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
#前 50 家供应商数据
df2_1=pd.read_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\前 50 家供应商
数据.xlsx')
#所有供应商数据
df2_1_all=pd.read_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\所有供应商
数据.xlsx')
#重新评分
mean_rank=np.mean(df2_1['得分'])
for i in range(df2_1_all.shape[0]):
    if df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='A':
        df2_1_all.loc[i,'得分']=df2_1_all.loc[i,'得分']+mean_rank
    elif df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='B':
        df2_1_all.loc[i,'得分']=df2_1_all.loc[i,'得分']
    else:
        df2_1_all.loc[i,'得分']=df2_1_all.loc[i,'得分']+mean_rank/2
df2_1_all=df2_1_all.sort_values(by='得分',ascending=False)
df2_1_all.reset_index(drop=True,inplace=True)
#求平均供货量 (剔除 0)
df2_1_all_c=df2_1_all.drop(columns=['材料分类','供应商 ID','得分','C2'])
dt=[]
mean=0
Mean=[]
for j in range(df2_1_all_c.shape[0]):
    for i in range(df2_1_all_c.shape[1]):
```

```

        if df2_1_all_c.iloc[j,i]==0:
            dt=dt
        else:
            dt.append(df2_1_all_c.iloc[j,i])
    mean=np.mean(dt)
    Mean.append(mean)
    dt=[]
    mean=0
#求最大供货量
max_G=0
Max_G=[]
for i in range(df2_1_all_c.shape[0]):
    max_G=max(df2_1_all_c.iloc[i,:])
    Max_G.append(max_G)
    max_G=0
#创建列保存平均供货量和最大供货量结果
col_name=df2_1_all.columns.tolist()
col_name.insert(4, '平均供货量')
col_name.insert(5, '最大供货量')
df2_1_all=df2_1_all.reindex(columns=col_name)
df2_1_all['平均供货量']=Mean
df2_1_all['最大供货量']=Max_G
#读取转运商数据
df_ts=pd.read_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\附件 2 近 5 年 8
家转运商的相关数据.xlsx')#先按评分降序
df_ts_c=df_ts.drop(columns=['转运商 ID','假定评分'])#处理不必要的数据
#对转运商的损失率拟合(画图，并取均值)
dt=[]
num=0

```

```

Num=[]
Mean_beta=[]
for j in range(df_ts_c.shape[0]):
    for i in range(df_ts_c.shape[1]):
        if df_ts_c.iloc[j,i]==0:
            dt=dt
            num=num
            Num=Num
        else:
            dt.append(df_ts_c.iloc[j,i])
            num=num+1
            Num.append(num)
a=np.polyfit(Num,dt,6)#用 6 次多项式拟合 x， y 数组
b=np.poly1d(a)#拟合完之后用这个函数来生成多项式对象
c=b(Num)#生成多项式对象之后，就是获取 x 在这个多项式处的值

plt.scatter(Num,dt,marker='o',label='original datas')#对原始数据画散点图
plt.plot(Num,c,ls='--',c='red',label='fitting with sixth-degree polynomial')#对拟合之
后的数据，也就是 x， c 数组画图
plt.legend()
plt.show()
mean_beta=np.mean(c)
Mean_beta.append(mean_beta)
dt=[]
num=0
Num=[]
#储存平均损失率
col_name=df_ts.columns.tolist()
col_name.insert(2, '平均损失率')

```

```

df_ts=df_ts.reindex(columns=col_name)
df_ts['平均损失率']=Mean_beta
#用最大值计算，反映产能提升潜能
cout=0#所需供应商数目（如果要求 24 个不同的，可以转成 list 求 max）
Total_D=0#真实接收量
Toal_ts=0#总转运量
target_D=38200#表示粗略产品量（同上图）如果能得到 24 个不同的目标订货量，
就得到了 24 周的订购策略
max_ts=6000#一家转运商每周最大转运量
D_index=[]#选择的供应商
D_max=[]#供应商供应量
k=0
beta=1-(df_ts.loc[k,'平均损失率']/100)
for i in range(df2_1_all.shape[0]):
    Toal_ts=Toal_ts+df2_1_all.loc[i,'最大供货量']
    if Total_D>=target_D or k>=7:
        break
    else:
        if Toal_ts>max_ts:
            least_ts=Toal_ts-max_ts
            Toal_ts=least_ts
            k=k+1
            beta=1-(df_ts.loc[k,'平均损失率']/100)
            if df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='A':
                Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'最大供货量']*beta)/0.6
                D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])
                D_max.append(df2_1_all.loc[i,'最大供货量']/(df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))
            cout=cout+1

```



```

elif df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='B':

    Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'最大供货量']*beta)/0.66

    D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])

    D_max.append(df2_1_all.loc[i,'    最    大    供    货    量

']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))

    cout=cout+1

else:

    Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'最大供货量']*beta)/0.72

    D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])

    D_max.append(df2_1_all.loc[i,'    最    大    供    货    量

']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))

    cout=cout+1

else:

    k=k

    beta=1-(df_ts.loc[k,'平均损失率']/100)

    if df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='A':

        Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'最大供货量']*beta)/0.6

        D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])

        D_max.append(df2_1_all.loc[i,'    最    大    供    货    量

']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))

        cout=cout+1

    elif df2_1_all.loc[i,'材料分类']=='B':

        Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'最大供货量']*beta)/0.66

        D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])

        D_max.append(df2_1_all.loc[i,'    最    大    供    货    量

']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))

        cout=cout+1

    else:

        Total_D=Total_D+(df2_1_all.loc[i,'最大供货量']*beta)/0.72

```

```

        D_index.append(df2_1_all.loc[i,'供应商 ID'])
        D_max.append(df2_1_all.loc[i,'    最    大    供    货    量
']/ (df2_1_all.loc[i,'C2']*beta))
        cout=cout+1
#粗略转换为产能
mean_beta=1-(np.mean(df_ts['平均损失率'])/100)
mean_C2=np.mean(df2_1_all['C2'])
pb=sum(D_max)*mean_beta*mean_C2/0.66
print(pb)
#输出
col_name=df2_1_all.columns.tolist()
col_name.insert(6, '目标订货量')
df2_1_all=df2_1_all.reindex(columns=col_name)
for i in range(len(D_max)):
    df2_1_all.loc[i,'目标订货量']=D_max[i]
df2_1_all.to_excel(r'C:\Users\RK\Desktop\CUMCM2021Probelms\C\result_order_Q4.xlsx')

```