

基于灰色模糊网络分析法的信贷决策模型

摘要

“中小微企业信贷难”一直是近年来困扰中小微企业和各大银行的问题。由于中小微企业自身存在“规模较小”、“缺乏抵押资产”等弱点，银行难以对其信贷风险进行全面、完整的评估。本文就中小微企业的信贷风险评估、银行的信贷策略和银行的信贷应急调整策略等问题进行分析与讨论。

针对问题一 我们首先确定出九个信贷风险评价指标，并运用 $F-ANP$ 方法确定各指标权重。然后我们运用灰色综合评价方法，将各风险指标评分进行白化，以此求出灰色评价系数和灰色评价矩阵。将已求得的各指标权重向量、灰色评价矩阵和风险划分标准向量相乘得到企业信贷风险评估值，以此作为企业信贷风险量化分析值。然后，我们将企业信贷风险评估值散列在 $[1-10]$ 整数区间内，来确定企业信贷风险等级，并由企业年收入、年利润和信贷风险等级综合确定企业贷款额度百分比。最后，我们拟合出附件 3 中“客户流失率”与“贷款年利率”之间的函数关系，以银行未来三年的贷款利率收益和为目标函数，求出目标函数最大时对应的贷款年利率值，以此作为基准贷款年利率。再根据企业信贷风险评估值对企业实际贷款年利率进行不同程度上浮调整，最终得出各企业贷款年利率。企业贷款额度百分比和企业贷款年利率共同构成银行对这 123 家企业的信贷策略。（具体答案数据见附录 A、附录 B）

针对问题二 我们以第一问建立的基于灰色模糊网络分析法的信贷决策模型为基础，将附件 2 中所给出的 302 家企业的数据代入模型，计算出各企业的信贷风险值、信贷风险等级和贷款额度百分比。我们将贷款额度收束到题目要求的区间，并进行归一化处理得到最终的贷款额度百分比。然后，我们基于自己的理解和对问题二的适应性对国际银行业主流的 $RAROC$ 贷款定价模型进行改进，然后运用改进后的 $RAROC$ 对银行基准贷款年利率评估做进一步优化。再通过综合考虑银行收入、成本和预期损失等因素，以 $RAROC$ 函数为目标函数、以不良贷款率不超过一定值为约束条件，进行规划，求得银行信贷基准利率，再根据企业信贷风险评估值对企业实际贷款年利率进行不同程度上浮调整，最终得出 302 家企业的实际信贷利率，结合企业信贷额度即为银行对这 302 家企业的信贷策略。（具体答案数据见附录 C、附录 D）

针对问题三 我们以新冠疫情这一突发因素为例，先定性分析新冠疫情下我国各行业的发展现状和未来发展前景，以这两项指标去修正问题一中确定企业贷款额度百分比的模型，从而确定新冠疫情突发情况下各企业贷款额度百分比。我们再沿用 $RAROC$ 模型去确定银行信贷基准利率，综合考量企业未来和国家政策扶持等影响因素，最终确定企业的贷款额度和实际信贷利率。我们还简要分析了在科研领域取得突破、科研产品迅速投入市场的突发情况下，银行对 302 家企业信贷策略的变化。（具体答案数据见附录 E）

关键词 灰色系统 ANP 网络分析法 三角模糊 $RAROC$ 贷款定价模型

一、问题重述

1.1 问题背景

个体工商户和中小微企业是零售银行战略中非常重要的客户群。但由于中小微企业自身规模较小且缺乏抵押资产，所以银行通常是根据信贷政策、企业的交易票据信息和上下游企业的影响力 [8]，向**实力强、供求关系稳定**的企业提供贷款，并可以对**信誉高、信贷风险小**的企业给予利率优惠。银行首先根据中小微企业的实力、信誉对其信贷风险做出评估 [7]，然后依据信贷风险等因素来确定**是否放贷及贷款额度、利率和期限**等信贷策略。

1.2 问题的提出

某银行对确定要放贷企业的贷款额度为 10 – 100 万元，年利率控制在 4% – 15% ，贷款期限为 1 年。根据附件 1 – 3 中有信贷记录企业、无信贷记录企业的信誉评级、进项发票信息和销项发票信息等相关信息，通过建立信贷风险评估数学模型，解决以下三个问题：

问题 1 对附件 1 中 123 家企业的信贷风险进行量化分析，给出该银行在年度信贷总额固定时对这些企业的信贷策略。

问题 2 在问题 1 的基础上，对附件 2 中 302 家企业的信贷风险进行量化分析，并给出该银行在年度信贷总额为 1 亿元时对这些企业的信贷策略。

问题 3 综合考虑附件 2 中各企业的信贷风险和可能的突发因素（例如：新冠病毒疫情）对各企业的影响，给出该银行在年度信贷总额为 1 亿元时的信贷调整策略。

附件 1 123 家有信贷记录企业的相关数据

附件 2 302 家无信贷记录企业的相关数据

附件 3 银行贷款年利率客户流失率关系的 2019 年统计数据

1.3 数据预处理

1. 作废发票是指因故取消交易而使发票作废，其对企业信誉评估几乎不产生影响，所以对附件 1、附件 2 中作废发票数据项予以剔除。
2. 附件 1、2 中开票日期均以日为单位且不连续，不便于后续分析。所以我们对不同数据项进行按月累加、求标准差等操作，得到以月份为单位的相关数据。

二、问题分析

2.1 问题一的分析

问题一要求根据附件 1 中给出的企业信誉评级和进项发票信息、销项发票信息，对企业信贷风险进行量化分析并制定相应的银行信贷策略。

我们采用基于三角模糊数的灰色网络分析法来确定各企业风险评估分数，并根据企业年收入、年利润和信贷风险等级来确定企业的信贷额度百分比。我们依据潜在客户流失率等指标给出该银行对企业的信贷基准利率，再根据企业风险评估分数来调整得出各企业实际贷款利率，从而确定最终的银行信贷策略。

具体而言，我们根据题目要求确定信贷风险指标集 Z 和风险评语集 K ，然后构造基于三角模糊数的模糊判断矩阵 P 并据此确定加权超矩阵 W ，将加权超矩阵 W 进行无穷次¹迭代得到二级指标权重 ω 。然后，我们构建风险指标评分样本矩阵，并依据线性白化权函数 f 将风险指标白化，求出灰色评价系数和灰色评价矩阵。最后将已求得的二级指标权重向量 ω 、灰色评价矩阵 X 和风险划分标准向量 K 相乘，得到风险值 F ，汇总得出 123 家企业的信贷风险量化分析表。（见附录 A）

我们根据已求得的企业风险评估值 F ，来确定企业信贷风险等级（见附录 A），由企业年收入、年利润和信贷风险等级综合确定企业贷款额度百分比。

我们根据附件 3 中数据，分别建立不同信誉评级的“客户流失率”与“贷款年利率”之间的函数关系。以银行连续贷款三年为例，计算不同利率下的银行总收益，并以最大总收益对应的贷款年利率为银行基准贷款年利率。然后根据以求得的企业风险评估值 F ，建立奖惩机制，对不同风险评级的企业予以一定程度上贷款利率的浮动，最终得出各企业的贷款利率 [5]。

2.2 问题二的分析

问题二要求以问题一模型为基础，对附件 2 中 302 家企业的信贷风险进行量化分析，并给出该银行在年度信贷总额为 1 亿元时对这些企业的信贷策略。我们以问题一中建立的数学模型为基础，将附件 2 中企业数据代入，解得相应的信贷风险值、信贷风险等级和贷款额度百分比。我们对问题一模型中求解各企业信贷利率的方法进行优化，采用国际银行业主流的 $RAROC$ 贷款定价模型进行计算，得出银行信贷基准利率，最后再次利用问题一中相同的方法求出各企业实际信贷利率。综合企业信贷额度和实际信贷利率，即为银行信贷策略。

¹理论上需要计算无穷次幂，实际计算时设置可容忍误差精度，当迭代至实际误差精度小于可容忍误差精度时，即可停止计算并得出结果。

2.3 问题三的分析

问题三要求分析可能的突发因素对各企业的影响，并给出该银行在年度信贷总额为 1 亿元时的信贷调整策略。

以新冠疫情为例，我们系统分析了新冠疫情下各行各业现状和未来发展能力，再在第二问模型的基础上添加发展前景指标，从而以企业年收入、年利润、信誉评级和发展前景四个指标来衡量贷款额度。我们沿用 $RAROC$ 模型去确定银行基准贷款利率，再根据企业信誉评级进行利率奖惩，又因为国家扶持中小微企业贷款政策的影响，对各个行业的整体利率均按照不同程度进行下调，最终给出附件 2 中 302 家企业的贷款额度和实际贷款利率。（见附录 E）

三、模型流程图

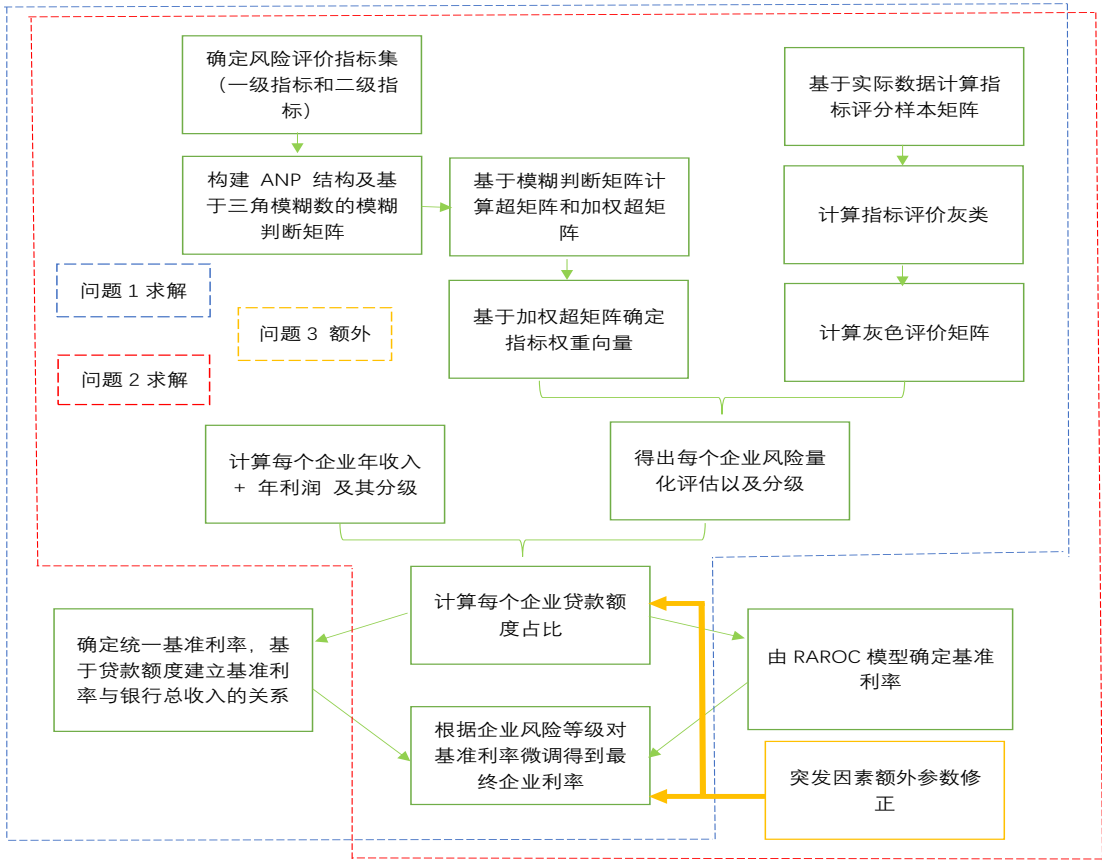


图 1 流程图

四、模型假设

1. 默认社会的整体经济状况稳定，短期内没有政策改变或突发情况使得企业的销项和进项发生改变，企业销项和进项的变化均只受市场自由调节。
2. 因为中小微企业发展规模较小，默认中小微企业没有科研投入，即同一产品成本无法降低，企业进项的额度减少只能因为购买产品的数目减少。
3. 默认企业遵纪守法，所有销售和购买行为均开具发票且记录在册，企业无其他额外收入。
4. 中小企业规模较小，且缺少抵押资产，企业无在其他银行贷款行为，所以该银行采取同一种贷款产品。对于同一种贷款产品，银行为了维护金融行业的稳定性，所以不同公司、不同贷款额度的贷款利率差距不能过大，本模型假设利率在基准利率上下浮动范围为 0.5–2 个百分点。
5. 默认将市场上信誉最好企业的贷款利率定为基准利率，并在此基础上上浮 0.5–2 个百分点作为浮动利率的范围。

五、符号说明

符号	说明
f_i	第 i 类白化权函数
p_{ij}	以对第三指标的影响为标准，指标 i 比指标 j 的相对重要程度
ω_{ij}	加权超矩阵 W 中元素，表示元素 i 对元素 j 的影响程度
Z_i	第 i 个一级风险评价指标
Z_{ij}	第 i 个一级风险评价指标中的第 j 个二级风险评价指标
K_i	第 i 项风险评级
M	元素组的相对权重矩阵
T_i	第 i 灰类总评价系数
F_i	第 i 家企业信贷额度值
S_i	第 i 类信誉评级的“客户流失率”随“贷款年利率”的变化函数

注：其他符号含义将在论文中第一次出现时进行解释。

六、问题一建模与求解

6.1 灰色综合评价法理论基础

灰色综合评价法 [6] 建立在灰色系统理论的基础上，可对“部分信息明确，部分信息未知”的小样本进行研究，通过对已有信息的分析，提取出有用信息，实现最终的决策。

灰色模型的建模思想是利用序列算子或灰色生成的作用弱化数据的随机性，发现潜在规律，经灰色微分方程和差分方程间的互换，将离散数据序列构造成连续的动态微分方程。

本文应用的灰色评价方法是灰色统计法和灰色关联分析法。灰色统计法通过引入白化函数将一些具体数据按所属灰类进行整理归纳，得出统计指标所属灰类，通俗的讲就是根据评估点的情况对评估指标进行分析，最终得出评估指标的聚类。灰色关联分析法是根据系统各因素集间发展趋势曲线相似或相异程度来表现系统各因素集间的关联度。发展趋势曲线集合形状越相似，则关联度越大，反之越小。

6.2 三角模糊数

风险评价过程中，学术界对确定各指标权重时多采用固定比值表示两元素间的重要性，这种方式体现了对比两元素间重要程度的绝对性。然而在实际生活中，指标间的重要程度量化值往往并不是绝对的，其存在最悲观值、最可能值、最乐观值，这三个值的同时存在能够使得到的评价结果更加客观。因此，在确定指标重要性程度时，我们引入“三角模糊数”理论 [4]。

6.2.1 三角模糊数定义

设某模糊变量 p 的下限、最可能值和上限分别为三个实数 a 、 b 、 c ，且存在 $0 \leq a \leq b \leq c \leq 1$ ，则这个三角模糊数表示为 $p = (a, b, c)$ 。

6.2.2 三角模糊数性质

设两个三角模糊数为 $p_1 = (a_1, b_1, c_1)$, $p_2 = (a_2, b_2, c_2)$ ，则有相关运算法则：

$$p_1 + p_2 = (a_1, b_1, c_1) + (a_2, b_2, c_2) = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (1)$$

$$p_1 \times p_2 = (a_1, b_1, c_1) \times (a_2, b_2, c_2) = (a_1 \times a_2, b_1 \times b_2, c_1 \times c_2) \quad (2)$$

$$\frac{1}{p_1} = \left(\frac{1}{a_1}, \frac{1}{b_1}, \frac{1}{c_1} \right) \quad (3)$$

$$\lambda p_1 = (\lambda a_1, \lambda b_1, \lambda c_1) \quad \text{其中 } \lambda > 0 \quad (4)$$

6.2.3 三角模糊数构建互补判断矩阵

设判断矩阵 $p = (p_{ij})_{n \times n}$ ，其中 $p_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ， $p_{ji} = (a_{ji}, b_{ji}, c_{ji})$ 。

若同时满足 $a_{ii} = b_{ii} = c_{ii} = 0.5$ 和 $a_{ij} + c_{ji} = b_{ij} + b_{ji} = c_{ij} + a_{ji} = 1$ ，则我们称 p 为三角模糊数互补判断矩阵，其中 p_{ij} 表示以对第三指标的影响为标准，指标 i 比指标 j 的相对重要程度。

进行风险评价时， p_{ij} 中的 (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) 分别表示指标 i 比指标 j 的相对重要程度的最悲观值、最可能值和最乐观值。其中 a_{ij} 、 c_{ij} 决定着整体的模糊程度，两者相差越大，则判断越模糊。反之，模糊程度越小。当两者相等时，则表示为明确信息，不存在模糊度。

三角模糊数的取值我们采用 0.1 – 0.9 的标度方法，其代表具体含义见表1：

标度	解释
0.1	两因素比较，前者相对后者极端不重要
0.2	两因素比较，前者相对后者很不重要
0.3	两因素比较，前者相对后者一般不重要
0.4	两因素比较，前者相对后者略微不重要
0.5	两因素比较，前者相对后者同等重要
0.6	两因素比较，前者相对后者略微重要
0.7	两因素比较，前者相对后者一般重要
0.8	两因素比较，前者相对后者很重要
0.9	两因素比较，前者相对后者极端重要

表 1 三角模糊数取值表及含义解释

6.3 基于三角模糊数的灰色网络分析法

6.3.1 风险评价指标集合风险评语集

1. 确定风险评价指标集

企业信贷风险有 $n_1(n_1 = 3)$ 个一级指标。一级风险评价因素集为：

$$Z = \{Z_1, Z_2, Z_3\} = \{\text{公司状况, 盈利偿债能力, 运营发展能力}\}$$

二级风险评价因素集为：

$$Z_1 = \{Z_{11}, Z_{12}\} = \{\text{公司类型, 信誉情况}\}$$

$$Z_2 = \{Z_{21}, Z_{22}, Z_{23}\} = \{\text{总净利率, 成长性}^2, \text{月平均盈利}\}$$

$$Z_3 = \{Z_{31}, Z_{32}, Z_{33}, Z_{34}\} = \{\text{利润标准差, 收入增长率, 供关系}^3, \text{求关系}^4\}$$

2. 确定风险评语集

风险评语是对各评级指标所处风险等级的一种语言描述，是资深专家或官方给出的对指标风险等级的判断。为了计算方便，需要将其进行量化，本文将风险等级分为五个级别，各风险级别对应五个分值，具体如下：

$$K = \{\text{优秀, 良好, 一般, 合格, 不合格}\} = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

6.3.2 建立网络层次结构

综合考虑各风险评价指标之间的相互作用关系，建立信贷企业的风险评价网络层次结构如图 2 所示：

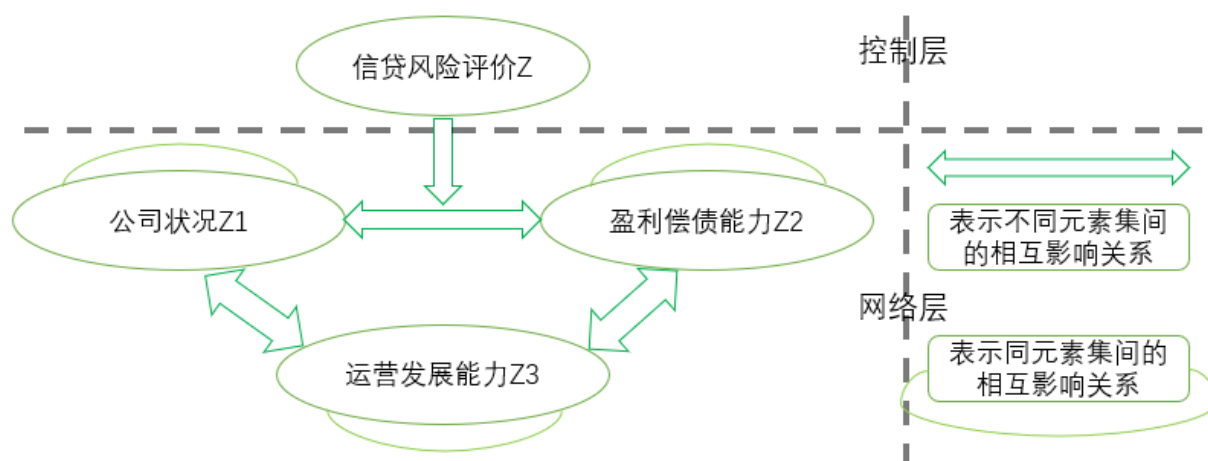


图 2 风险评价网络层次图

6.3.3 $F-ANP$ 确定指标权重

1. 构建 ANP 结构

根据上文中确定的风险评价指标集，建立风险评价的网络层次结构。在网络结构中，控制层需要确定一个评价目标和准则层的个数，网络层还需要确定各指标集间的相互作用关系。其可分为相互独立的关系，即两指标集之间不存在相互影响；非独立关系，即指标之间相互影响。

2. 构造基于三角模糊数的模糊判断矩阵

以元素组 Z_2 为例, 在某一准则情况下, 以对 Z_2 中的元素 $Z_{22}(i = 1, 2, 3, \dots, n_1)$ 的影响程度为次准则, 根据标度表和三角模糊数的基本理论构造两两互补判断矩阵 P_{22} 为:

$$P_{22} = [p_{ij}]_{n_1 \times n_2} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \cdots & p_{1n_2} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \cdots & p_{2n_2} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \cdots & p_{3n_2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n_11} & p_{n_12} & p_{n_13} & \cdots & p_{n_1n_2} \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中 $P_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ 是根据国内外专家对相关指标相对重要程度的评判, 经过模糊处理转化得来。代入数据得:

$$P_{22} = \begin{bmatrix} (0.5, 0.5, 0.5) & (0.2, 0.3, 0.4) & (0.8, 0.8, 0.9) \\ (0.6, 0.7, 0.8) & (0.5, 0.5, 0.5) & (0.4, 0.6, 0.6) \\ (0.1, 0.2, 0.2) & (0.4, 0.4, 0.6) & (0.5, 0.5, 0.5) \end{bmatrix}$$

3. 确定加权超矩阵设 W_{22} 表示在某一准则下, 以元素组 Z_2 中某一元素 $Z_{2i}(i = 1, 2, 3, \dots, n_2)$ 的影响程度为次准则, 通过计算得出的 Z_2 中元素重要程度。具体计算过程如下:

第一步: 计算 $Z_{2i}(i = 1, 2, 3, \dots, n_2)$ 的综合重要程度 V_{2i} :

$$V_{2i} = \sum_{j=1}^{n_2} p_{ij} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} p_{ij} \right]^{-1} \quad (i = 1, 2, \dots, n_1; j = 1, 2, \dots, n_2) \quad (6)$$

公式 (6) 中:

$$\sum_{j=1}^{n_2} p_{ij} = \left(\sum_{j=1}^{n_2} a_{ij}, \sum_{j=1}^{n_2} b_{ij}, \sum_{j=1}^{n_2} c_{ij} \right)$$

$$\begin{aligned} \left[\sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} p_{ij} \right]^{-1} &= \left[\sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} a_{ij} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} b_{ij} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} c_{ij} \right]^{-1} \\ &= \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} a_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} b_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} c_{ij}} \right) \end{aligned}$$

代入数据得:

$$V_{21} = (0.300, 0.355, 0.450)$$

$$V_{22} = (0.300, 0.450, 0.525)$$

$$V_{23} = (0.200, 0.244, 0.325)$$

第二步：求 $V_{2i} \geq V_{2f}$ 的可能性程度 $R(V_{2i} \geq V_{2f})$ ：

$$R(V_{2i} \geq V_{2f}) = \begin{cases} 1 & b_{ij}^{2i} \geq b_{ij}^{2f} \\ \frac{c_{ij}^{2i} - a_{ij}^{2f}}{c_{ij}^{2i} - a_{ij}^{2f} + b_{ij}^{2f} - b_{ij}^{2i}} & b_{ij}^{2f} \geq b_{ij}^{2i}, a_{ij}^{2f} \leq c_{ij}^{2i} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

公式 (7) 中 $i, f = 1, 2, \dots, n_2$ 且 $i \neq f$ 。

代入数据得：

$$\begin{aligned} R(V_{21} \geq V_{22}) &= \frac{0.450 - 0.300}{0.450 - 0.300 + 0.450 - 0.355} = 0.612 & R(V_{21} \geq V_{23}) &= 1 \\ R(V_{22} \geq V_{21}) &= 1 & R(V_{22} \geq V_{23}) &= 1 \\ R(V_{23} \geq V_{21}) &= \frac{0.325 - 0.300}{0.325 - 0.300 + 0.355 - 0.244} = 0.184 & R(V_{23} \geq V_{22}) &= 0.108 \end{aligned}$$

第三步：计算权重向量 W_{22}^{2i}

确定 Z_2 的 $Z_{2i} (i = 1, 2, \dots, n_2)$ 重要于其他元素的可能性程度 $d(Z_{2i})$ ：

$$d(Z_{2i}) = \min[R(V_{2i} \geq V_{2f})] \quad (8)$$

则 $d(Z_{21}) = \min[R(V_{21} \geq V_{22}), R(V_{21} \geq V_{23})] = \min[0.612, 1] = 0.612$

同理得： $d(Z_{22}) = 1.000$, $d(Z_{23}) = 0.108$

将 Z_2 中的所有 $d(Z_{2i})$ 进行组合，得出权重向量 \bar{W}_{22}^{2i} ：

$$\bar{W}_{22}^{2i} = [d(Z_{21}), d(Z_{22}), \dots, d(Z_{2n_2})]^T = [0.612, 1.000, 0.108]^T \quad (9)$$

对 \bar{W}_{22}^{2i} 进行归一化整理，即：

$$W_{22}^{2i}[j] = \bar{W}_{22}^{2i}[j] / \sum_{j=1}^{n_2} \bar{W}_{22}^{2i}[j] \quad (10)$$

得到归一化权重向量 W_{22}^{2i} 。

$$W_{22}^{2i} = [0.356, 0.581, 0.063]^T$$

第四步：计算超矩阵局部权重向量 W_{22}

按照以上步骤重复计算出 n_2 个 W_{22}^{2i} ，整理得出⁵：

$$W_{22} = [W_{22}^{21}, W_{22}^{22}, \dots, W_{22}^{2n_2}]^T$$

第五步：计算全部的超矩阵局部权重向量 $W_{ij} (i = 1, 2, \dots, n_1; j = 1, 2, \dots, n_2)$

按照以上步骤，分别计算出 W_{11}, W_{33} 。当 $i \neq j$ 时，其计算步骤也与上述相同，此时的 W_{ij} 表示的是以元素组 Z_j 中的各元素影响程度为次准则，将元素组 Z_i 中的元素两两比较构造模糊评判矩阵，然后计算出超矩阵局部权重向量。

⁵ 计算结果见支撑文件

4. 构造超矩阵 \bar{W} 和加权超矩阵 W

将所有的超矩阵局部权重向量 W_{ij} 重新组合即得到超矩阵 \bar{W} :

$$\bar{W} = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{13} & \cdots & W_{1n_2} \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} & \cdots & W_{2n_2} \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} & \cdots & W_{3n_2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{n_1 1} & W_{n_1 2} & W_{n_1 3} & \cdots & W_{n_1 n_2} \end{bmatrix} \quad (11)$$

把元素集看做元素，按照以上计算二级指标超矩阵的方法确定元素组的相对权重矩阵 M :

$$M = [m_{ij}]_{n_1 \times n_2} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & \cdots & m_{1n_2} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & \cdots & m_{2n_2} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & \cdots & m_{3n_2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n_1 1} & m_{n_1 2} & m_{n_1 3} & \cdots & m_{n_1 n_2} \end{bmatrix} \quad (12)$$

将相对权重矩阵 M 与超矩阵 \bar{W} 元素对应相乘得到加权超矩阵 W :

$$W = \begin{bmatrix} m_{11}W_{11} & m_{12}W_{12} & m_{13}W_{13} & \cdots & m_{1n_2}W_{1n_2} \\ m_{21}W_{21} & m_{22}W_{22} & m_{23}W_{23} & \cdots & m_{2n_2}W_{2n_2} \\ m_{31}W_{31} & m_{32}W_{32} & m_{33}W_{33} & \cdots & m_{3n_2}W_{3n_2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n_1 1}W_{n_1 1} & m_{n_1 2}W_{n_1 2} & m_{n_1 3}W_{n_1 3} & \cdots & m_{n_1 n_2}W_{n_1 n_2} \end{bmatrix} \quad (13)$$

6.3.4 确定指标权重 ω

设加权超矩阵 W 的元素为 $\omega_{ij}(\omega_{ij} = m_{ij}W_{ij})$ ，其大小表示元素 i 对元素 j 的影响程度。元素 i 对元素 j 的优势度可以通过 $\sum_{k=1}^N \omega_{ik}\omega_{kj}$ 得到，即为二步优势度 W^2 。设 $W^\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} W^t$ ，当其存在时，则 W^∞ 的列向量即为网络层中各元素相对于目标的权重向量 ω 。

$$\omega = [0.057, 0.079, 0.164, 0.166, 0.127, 0.098, 0.060, 0.128, 0.121]$$

6.4 灰色综合评价

6.4.1 构建指标评分样本矩阵

依据央行对中小微企业信贷指标评判 [1] 和前文所述风险划分标准，对各二级指标进行打分，将评分结果汇总、整理为风险评价样本矩阵 $G = [g_{ij}]_{m \times n}$ ， g_{ij} 表示第 j 个专家对第 i 项指标的风险评分结果。

6.4.2 计算指标评价灰类

由于主客观因素干扰，同一指标将会得到多个不同的风险值。但在评价过程中，需要确定一个灰数白化值。这就要求在风险评价时，需要确定评价灰类等级、灰数和灰数白化权函数。本文将风险等级分为五级，同时也指出了风险对应值。另外本文采用线性白化权函数，具体计算过程如下：

第 1 灰类为低风险 ($e = 1$)，设定灰数为 $\otimes_1 \in [0, 1, 2]$ ，白化权函数 f_1 为：

$$f_1 = \begin{cases} 0 & g_{ij} \notin [0, 2] \\ 2 - g_{ij} & g_{ij} \in [1, 2] \\ 1 & g_{ij} \in [0, 1] \end{cases} \quad (14)$$

第 2 灰类为较低风险 ($e = 2$)，设定灰数为 $\otimes_2 \in [0, 2, 4]$ ，白化权函数 f_2 为：

$$f_2 = \begin{cases} 0 & g_{ij} \notin [0, 4] \\ g_{ij}/2 & g_{ij} \in [0, 2] \\ (4 - g_{ij})/2 & g_{ij} \in [2, 4] \end{cases} \quad (15)$$

第 3 灰类为中等风险 ($e = 3$)，设定灰数为 $\otimes_3 \in [0, 3, 6]$ ，白化权函数 f_3 为：

$$f_3 = \begin{cases} 0 & g_{ij} \notin [0, 6] \\ g_{ij}/3 & g_{ij} \in [0, 3] \\ (6 - g_{ij})/3 & g_{ij} \in [3, 6] \end{cases} \quad (16)$$

第 4 灰类为较高风险 ($e = 4$)，设定灰数为 $\otimes_4 \in [0, 4, 8]$ ，白化权函数 f_4 为：

$$f_4 = \begin{cases} 0 & g_{ij} \notin [0, 8] \\ g_{ij}/4 & g_{ij} \in [0, 4] \\ (8 - g_{ij})/4 & g_{ij} \in [4, 8] \end{cases} \quad (17)$$

第 5 灰类为高风险 ($e = 5$)，设定灰数为 $\otimes_5 \in [0, 5, 10]$ ，白化权函数 f_5 为：

$$f_5 = \begin{cases} 0 & g_{ij} \notin [0, 10] \\ g_{ij}/5 & g_{ij} \in [0, 5] \\ 1 & g_{ij} \in [5, 10] \end{cases} \quad (18)$$

6.4.3 求灰色评价系数

计算第 i 指标隶属于第 e 灰类的灰色评价系数 T_{ie} ，不同公司第 i 指标评分等级属于第 e 灰类的白化权函数 f_{ie} ，则灰色评价系数 T_{ie} 表示为：

$$T_{ie} = \sum_{i=1}^{n=123} f_{ie} \quad (19)$$

继而求得第 i 个指标的灰类总评价系数 T_i 为：

$$T_i = \sum_{e=1}^5 T_{ie} \quad (20)$$

6.4.4 计算灰色评价矩阵

根据上式求得的灰色评价系数和灰类总评价系数，得到第 i 个指标隶属于第 e 灰类的灰色评价权 I_{ie} 为：

$$I_{ie} = T_{ie}/T_i$$

将计算得出的所有评价权组成灰色评价矩阵 X 为：

$$X = \begin{bmatrix} I_{11} & I_{12} & \dots & I_{1n_2} \\ I_{21} & I_{22} & \dots & I_{2n_2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{n_11} & I_{n_12} & \dots & I_{n_1n_2} \end{bmatrix} \quad (21)$$

6.4.5 风险评价

将已经求得的二级指标权重向量 ω 与灰色评价矩阵 X 相乘，得到风险评价结果 Q 为：

$$Q = \omega \cdot X$$

为了得到更为直接的评价结果，再将风险评价结果 Q 与风险划分标准向量 K 相乘，得到风险值 F 为：

$$F = Q \cdot K$$

根据求得风险值 F ，经过区间散列处理后，一一映射到 1 – 10 整数区间内，从而确定该公司信贷的风险等级。（见附录 A）

6.5 企业贷款额度百分比

企业向银行贷款额度往往取决于企业的规模大小，而企业的年收入⁶能够表征企业的规模大小。企业的年利润和信贷风险等级往往能够较大程度上影响企业的未来盈利能力，因此在企业贷款时银行也会着重度量这两个指标。由于三项指标大小相差悬殊，故分别进行归一化处理。

根据权威统计资料，银行最终向企业放贷额度，企业年收入、年利润和信贷风险评级对企业贷款额度的影响指数分别为 0.7、0.15、0.15，据此得出贷款额度函数 H 为：

$$H = 0.7 \times \text{企业年收入} + 0.15 \times \text{企业年利润} + 0.15 \times \text{企业信贷风险评级 } F \quad (22)$$

⁶即附件 1 中销项发票信息的“金额”年总和。

将分级后的企业数据代入 H 中并归一化后，得出 123 家企业的贷款额度绝对值。由于问题一中该银行年度信贷总额固定但未给出具体数值，不妨假设该银行年度贷款额度能够满足“放贷额度 10 – 100 万元”的政策要求。因此我们给出各企业贷款额度占银行年度信贷总额的比例，来代表各企业的信贷额度⁷。

即贷款额度百分比函数 \bar{H} 为：

$$\bar{H}_i = \frac{H_i}{\sum_{i=1}^{n=123} H_i} \quad (23)$$

代入附件 1 中各企业数据，得到所有 123 家企业的信贷额度百分比。（见附录 B）

6.6 企业贷款利率

附件 3 中给出了“贷款年利率”关于不同信誉评级企业的“客户流失率”的离散对应关系，以“贷款年利率”为自变量 x ，使用 *matlab* 进行曲线拟合。得到“贷款年利率”与“信誉评级 A 的客户流失率”函数关系式 S_A 、“贷款年利率”与“信誉评级 B 的客户流失率”函数关系式 S_B 、“贷款年利率”与“信誉评级 A 的客户流失率”函数关系式 S_C ，如下图 3：

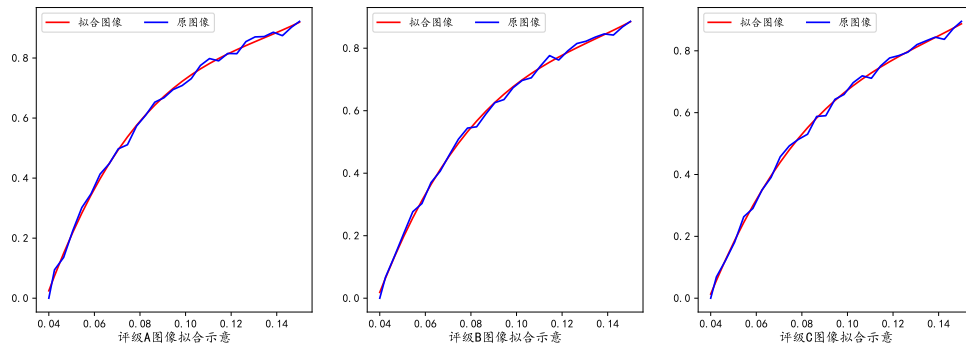


图 3 贷款年利率 – 客户流失率函数关系拟合

$$S_A = 640.9 \times x^3 - 258.6 \times x^2 + 37.97 \times x - 1.121 \quad (24)$$

$$S_B = 552.8 \times x^3 - 225.1 \times x^2 + 33.99 \times x - 1.017 \quad (25)$$

$$S_C = 504.7 \times x^3 - 207.4 \times x^2 + 32.16 \times x - 0.9735 \quad (26)$$

假定一个客户可以带来多个潜在客户，我们近似认为未来近三年内银行信贷客户每年以指数增长，以 a_{nj} 代表第 n 年该银行信誉评级为 j 的信贷客户数目，则得到递推关

⁷对信誉评级为 D 或有违约记录的客户不予放贷

系式为：

$$a_{(n+1)j} = e^n \times a_{nj} \times (1 - x) \quad (27)$$

我们以公式（28）为目标函数，求出 $x \in [0.04, 0.15]$ 时的函数最大值所对应的 x 值。

$$SUM = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=A}^C a_{ij} \times (1 - S_j)^i \quad (28)$$

代入数据得到对应的 x 值为 0.04，即作为银行基准利率。

根据央行规定，我们设定最低上浮利率为 0.5%、最高上浮利率为 2.0%。对风险评级最低的企业予以最低上浮利率，风险评级最高的企业予以最高上浮利率，将其他风险评级的企业均匀散列在限定区间内，得到所有 123 家企业的信贷利率。（见附录 B）

综合企业信贷额度百分比和信贷利率两项数据，即作为银行的信贷策略。

七、问题二的建模与求解

7.1 企业信贷额度求解

延续问题一中建立的数学模型，将第二问相关的附件 2 中的数据代入，计算出各企业的信贷风险值和信贷风险等级（见附录 C）以及贷款额度百分比，然后将贷款额度百分比收束到题目要求的区间内，再归一化处理得到实际的信贷额度百分比。题目二中给出银行年度贷款总额为 1 亿元，用年度贷款总额乘以各企业贷款额度百分比得出各企业贷款额度⁸。

302 家企业信贷风险值和信贷风险评级散点图如下图 4（具体数据见附录 D）

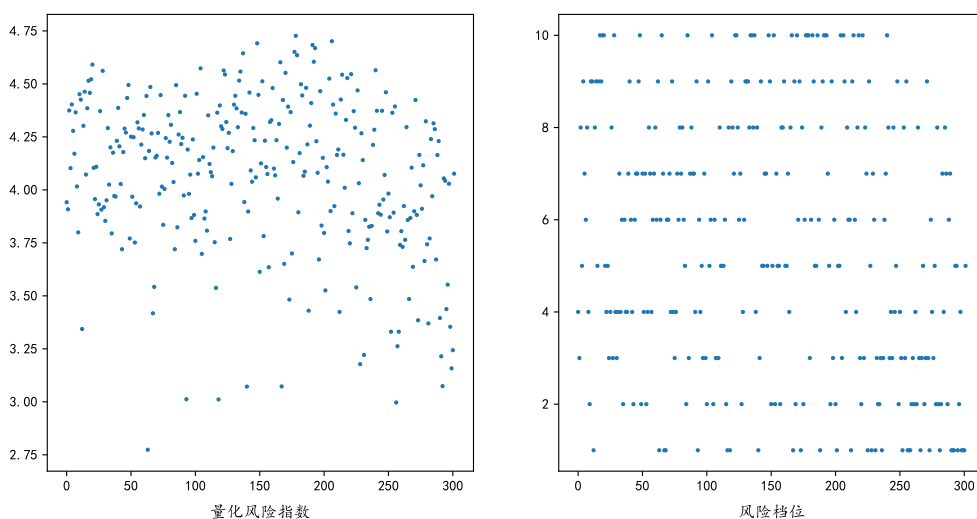


图 4 302 家企业信贷风险值和信贷风险评级

⁸ 风险评级为 1 或 2 的企业不予放贷

7.2 RAROC 贷款定价模型理论基础

RAROC [3] 原意是 *Risk-adjusted Return on Capital*，于二十世纪七十年代由美国信孚银行首创，最初的目的是为了度量银行信贷资产组合的风险，以及在特定损失率下为限制风险敞口所必须的权益资本。后来，由于 RAROC 克服了传统绩效考核的缺陷，逐渐成为银行进行风险管理和绩效考核方面的核心手段之一。如今，RAROC 模型已成为当今国际银行业用于资本配置和贷款风险定价的核心技术手段。

RAROC 模型 [2] 本质上是基于风险调整后的经济资本收益率，它将相关收费、运营成本、资金成本、预期损失、经济资本纳入考量指标，从而得到单位风险的利益最大化，确保贷款利率能够覆盖贷款项目的成本与风险。

RAROC 的基本计算公式为：

$$\begin{aligned} RAROC &= \text{风险调整受益} \div \text{经济资本} \\ &= (\text{收入} - \text{成本费用} - \text{预期损失}) \div \text{经济资本} \\ &= (\text{贷款利息} + \text{贷款相关收费} - \text{运营成本} - \text{资金成本} - \text{预期损失}) \div \text{经济资本} \end{aligned}$$

其中，贷款利息是贷款额度、贷款利率与贷款期限三者的乘积。贷款额度 (L)、将贷款利率 (r)、贷款期限 (T)、贷款相关收费 (IC)、运营成本 (OC)、资金成本 (DC)、经济资本 (EC)、预期损失 (EL) 全部代入 RAROC 公式并进行推导，得到贷款利率计算公式如下：

$$RAROC = \frac{(L \times r \times T + IC - OC - DC - EL)}{EC} \quad (29)$$

7.3 改进的 RAROC 模型

1. 期限 T 。本题银行贷款期限为 1 年，所以 $T = 1$ 。
2. 贷款相关费用 IC 。不考虑企业贷款时咨询费等额外费用，贷款时银行只收取贷款利息 $L \times r \times T$ ，所以贷款相关收费为 0 ($IC = 0$)。
3. 运营成本 OC 和资金成本 DC 。由于题目中所给银行的名字信息不全，我们无法获取该银行的运营成本和资金成本。因此，不妨认为该银行的运营成本和资金成本为除去无法收回贷款以外的其他损失，在本题中即为未来潜在客户流失所造成的经济损失。给出计算公式：

$$\begin{aligned} \text{运营成本和资金成本} &= \text{贷款额度} \times \text{贷款利率} \times \text{未来三年内客户相对流失率} \\ \iff OC + DC &= (L \times r \times \text{相对流失率}) \end{aligned} \quad (30)$$

$$\text{某信誉等级的相对流失率} = \frac{\text{三年后客户实际数量}}{\text{流失率恒等于零的三年后客户数量}} \quad (31)$$

$$\text{相对流失率} = \text{某信誉等级的相对流失率} \times \frac{\text{该信誉等级的公司数量}}{\text{总公司数}} \quad (32)$$

4. 预期损失 EL 。

$$\begin{aligned} \text{预期损失} &= \text{sum}[\text{风险暴露资金} \times \text{预期违约率} \times \text{违约流失率}] \\ \Leftrightarrow EL &= \sum_{i=1}^{n=302} EAD_i \times EDF_i \times LGD_i \end{aligned} \quad (33)$$

每一项贷款所对应的公司信誉评级不同，则对应的预期违约率和违约流失率也不同，即 EDF_i 和 LGD_i 也不同。

- (a) EAD 的值。由于只考虑银行进行的贷款业务，但实际中银行业务种类繁多，所以每项贷款的风险暴露资金即为该项贷款额度乘以相关倍数 ($EAD_i = k \times L_i \times (1 + r)$, 其中 $k = 18$)。
- (b) EDF 的值。依据表 2 国际信用评级穆迪投资服务有限公司的历史企业贷款数据统计结果：

序号	信用等级	预期违约率 EDF
1	AA	0%
2	A	0.06%
3	BB	0.09%
4	B	0.15%
5	CC	1.06%
6	C	5.20%
7	DD	7.63%
8	D	12.16%

表 2 不同信用等级的一年后预期违约率

根据巴塞尔协议和模型所需，我们选取相应两档平均值作为本模型 A 、 B 、 C 、 D 四挡的 EDF 值。求得：

$$EDF_A = 0.03\% \quad EDF_B = 0.12\% \quad EDF_C = 3.13\% \quad EDF_D = 9.89\%$$

- (c) LGD 的值。著名的信用评级机构穆迪公司的 *Carty* 和 *Liberman* 通过长期研究给出了不同偿付优先等级和不同信用等级借款人的违约损失率，如表 3：

信用等级	违约损失率
<i>A</i>	8%
<i>B</i>	24%
<i>C</i>	36%
<i>D</i>	43%

表 3 不同信用等级借款人的违约损失率 (*LGD*)

5. *EC* 的值。经济资本指的是用于承担业务风险或购买外来收益的股东投资总额，是用来承担非预期损失和保持正常经营所需的资本，是银行所承担风险的最低要求。我们假定本题中银行给中小企业的贷款类型只有一种类型，结合本题我们认为该贷款类型为现实中的企业流动资金贷款，根据建设银行《经济资本预算管理暂行办法》，企业流动资金贷款额度为经济资本的 10% 左右 ($EC \times 10\% = L$)。

7.4 运用改进后的 *RAROC* 模型计算贷款利率

以不良贷款率低于 5% 为约束⁹，以 *RAROC* 函数为目标函数，求出目标函数的最大值为 6.65%，作为银行信贷基准利率。再根据风险评级对各企业实际贷款利率予以不同程度上浮，得到所有 302 家企业的信贷利率。

302 家企业信贷额度百分比和信贷利率散点图如下图 5（具体数据见附录 D）：

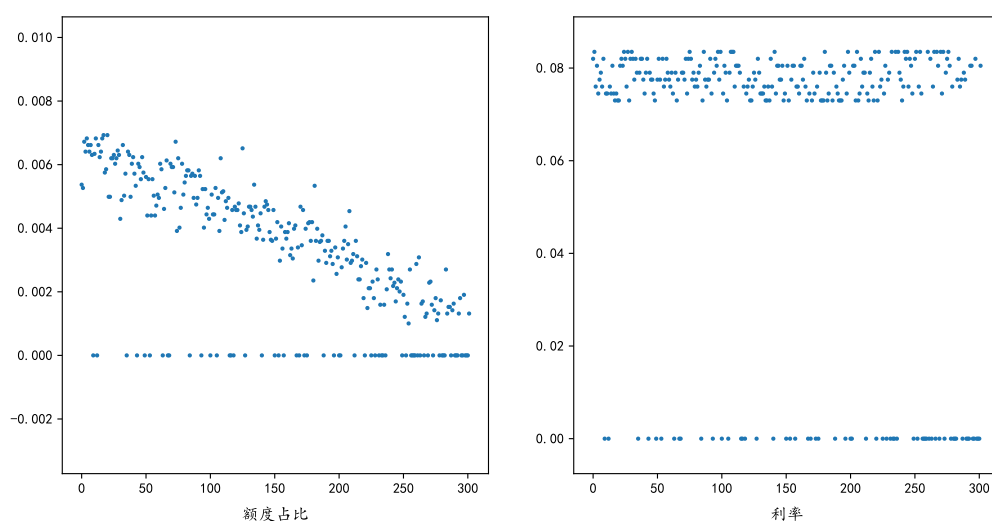


图 5 302 家企业信贷额度百分比和信贷利率

⁹不良贷款率指贷款违约的预期损失 (*EL*) 与贷款总额 (*L*) 的比值。

八、问题三的建模与求解

今年上半年我国受新冠疫情影响，中小微企业破产率急剧上升，中国政府迅速出台相关政策放宽贷款要求，通过降低基准贷款利率等措施，救活了许多受到疫情冲击的中小微企业。因此，针对第三问中提及的可能突发因素的影响，我们主要讨论研究“新冠病毒疫情”对各企业的影响和银行相应的信贷调整策略，最后也给出了部分其他突发情况的讨论与研究。

8.1 新冠疫情影响下的我国现状分析

我们根据企业类型对附件 2 中的 302 家企业进行分类汇总，如图 6：

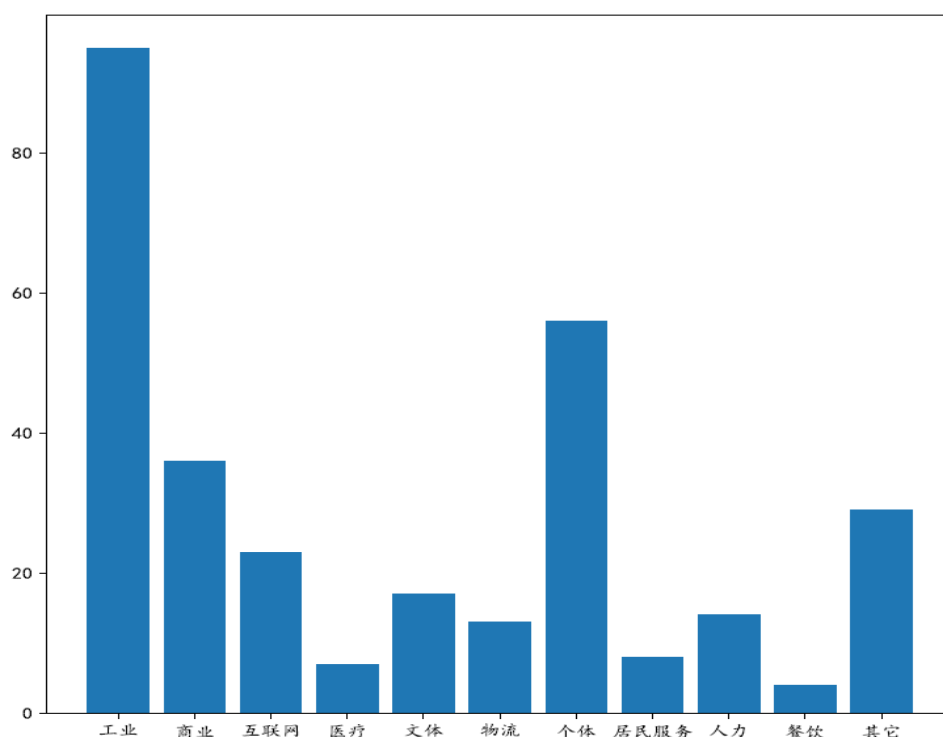


图 6 各类型企业频数

1. 工业、商业、人力

对于该类**劳动力密集型企业**，受到损失较大。一方面，因为疫情原因企业员工无法回到工作岗位上，企业无法复工复产，从而无法创造受益。另一方面，企业还需承担员工的基本工资、场地和机器等租赁费用，企业的支出依旧保持较高水平。

2. 文体、居民服务、餐饮

对于该类**服务型企业**，受到损失较大。疫情期间人们出行活动受阻，服务行业几乎失去了服务对象，所以企业受益严重下滑。

3. 医疗、物流

对于该类**受政策影响较大的企业**，企业收益有较大幅度增长。医疗行业是我国抵御新冠疫情的关键行业，而物流行业则是保障我们在出行不便时基本生活状况的支撑行业，在新冠疫情期间及未来很长一段时间内，国家都会重点扶持这类行业。在政策倾斜和市场环境的双重影响下，疫情带来的损失几乎可以忽略不计，而这类行业往往还能够有所盈利。

4. 个体户

对于**个体户**而言，受到的损失较小。个体户负债率相对较低甚至无负债，所以在疫情期间相较于其他高负债率企业的经济风险更小。同时个体户的财政收支更为灵活，人工费用微乎其微，可以在一定程度上减缓支出，从而达到维持收支平衡的效果。

5. 互联网企业

对于该类**劳动力离散型企业**，企业收益有较大幅度增长。互联网企业充分利用互联网的优势，实现远程办公，所以企业的正常运作基本不受影响，且公司在食堂、交通等方面的支出极大程度上减少，从而使得企业支出有所下降。

6. 其他行业

对于**其他行业**，因无法评估疫情对其造成的影响，且该类企业数量较少，所以我们认为这些企业的发展现状与疫情影响相关性较低。

8.2 我国行业的未来发展分析

1. 对于**工业、文体、居民服务、餐饮**来说，由于突然爆发的新冠疫情导致的企业利益受损会随着后疫情时代的到来而得到缓解。一方面，新冠疫情缓解之后，人们的生活封闭状况会逐步放开，人们复工复产积极性大幅提升，所以初步预测工业企业的发展潜力较高。另一方面，人们娱乐消费支出逐步反弹回升，有利于文体、居民服务和餐饮业的回暖，所以我们初步预测这些行业未来发展潜力良好。
2. 对于**医疗、物流**行业，即使进入后疫情时代，国家政策的扶持力度短时间内不会减弱，人们对于医疗、物流行业的依赖程度短期内不会下降，该类行业很可能会保持疫情期间的水平。此外，疫情的冲击激发了人们对医疗、物流行业的重视程度，企业的受益将会得到持续增长，所以我们能够预测其未来发展潜力良好。
3. 对于**互联网企业**，疫情期间所受到的损失较小，充分印证了互联网企业在支出方面一定程度上的缩减不会影响企业发展。同时人们对于互联网的依赖程度的上升说明互联网在日常生活中的不可替代性，这些都为互联网企业未来发展奠定良好基础，所以可以认为互联网企业的发展潜力会保持较好的势头。
4. 对于**个体户**，因为其规模较小，在出现负收益时缺乏足够的抵御风险资金，导致个体户的发展前景较为黯淡。
5. 对于**商业**，一方面人们因为疫情的居家隔离政策导致后疫情时代的消费意愿会明显上升，另一方面人们在疫情期间的商业消费减少，综合考量后，我们认为商业的发

展水平会反弹至疫情前的水平，但很难逾越该水平，所以我们认为商业的发展前景一般。

6. 对于其他行业，因企业数量较少且无法评估疫情对其造成的影响，所以我们认为这些企业的未来发展前景相对疫情前不变。

8.3 新冠疫情影响下的银行信贷调整策略

在问题二中，我们通过给企业年收入、年利润和信誉评级赋权重来确定贷款额度。经过上述分析与优化，现在我们基于企业现状来调整年收入档次，增加企业发展前景指标，以年收入、年利润、信誉评级和发展前景四个指标去衡量贷款额度。分析权威资料后，我们得出四个指标所占权重分别为 0.6、0.1、0.1、0.2，计算得到各企业在新冠疫情影响后的贷款额度百分比。（见附件 E）

我们沿用 $RAROC$ 模型去确定银行信贷基准利率，再根据企业信誉评级进行奖惩。同时根据国家扶持政策，所有企业的贷款利率均降低两个档次，其中医疗、物流行业的利率再降低四个档次，工业再降低二个档次，计算并汇总得出各企业在新冠疫情影响下的实际信贷利率。（见附件 E）

信贷策略调整前后，各企业贷款额度百分比及贷款利率对比，如图 7、图 8：

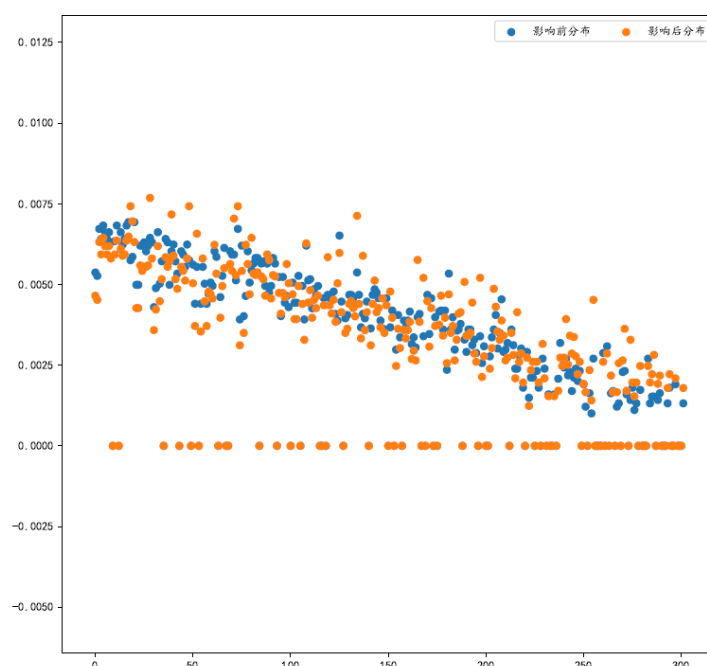


图 7 贷款额度百分比分布对比

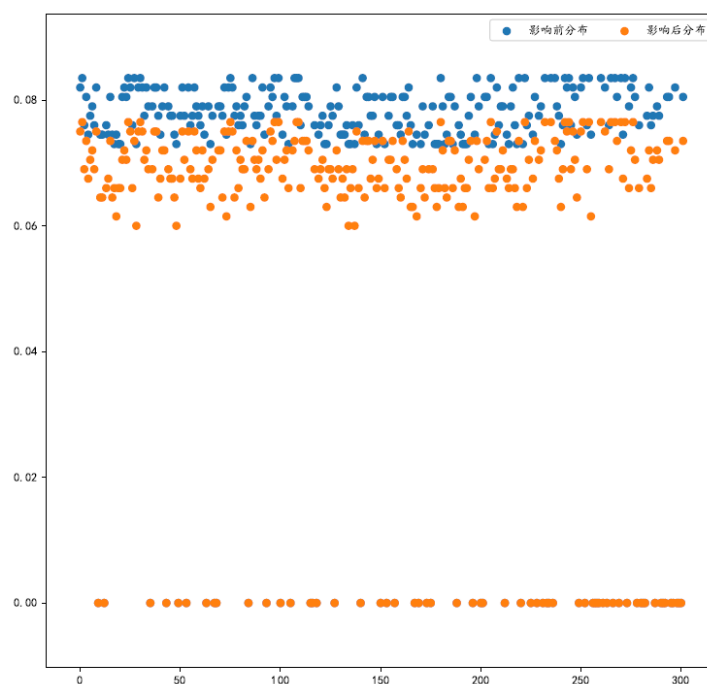


图 8 贷款利率分布对比

8.4 其他突发因素影响下的银行信贷调整策略（以科研突破为例）

假定突发情况为某一领域科研突破，科研产品迅速投入市场。

1. 若该领域为工业领域的机器生产，则可以使得以机器生产、使用为主的企业类型成本大幅度降低，比如工业、医疗企业。我们将工业、医疗企业的年利润指标提高三个档次，再进行后续计算。
2. 而对于劳动力支撑型企业也可以在一定程度上降低人工成本费，例如物流、人力成本。我们可以将物流、人力的年利润指标提高一个档次，再进行相关计算。
3. 若该领域为互联网领域技术的突破，则可以使得互联网相关企业的年收入、年利润指标均增加四档，再重新计算。
4. 而对于与互联网结合程度较紧密的企业类型，比如工业、商业、医疗、物流企业，均可以根据具体实际情况即互联网技术对于企业生产运营的实际作用，提高上述企业一到二个档次来进行后续计算。

若该领域为交通领域新能源的突破，则可以使得交通运输成本较高的企业成本得到降低，例如物流，我们可以将物流的年利润指标提高两个档次，再去用问题二中的模型进行贷款额度、贷款利率的计算，而交通运输成本的降低则会导致人力类型企业的单位成本相对升高我们可以将人力类型企业年收入、年利润指标均降低两个档次，再进行贷款额度和贷款利率的重新计算。

九、模型的评价

9.1 模型优点

1. *ANP* 网络结构能够很好反映现实中系统中各元素存在的依赖和反馈关系，通过运用 *ANP* 网络结构我们能够精准得到该系统中各元素对系统的权重占比。
2. 灰色系统理论直接对原始数据进行统计整理，具有可靠性强、推广性高和结果高度客观等优点。
3. *RAROC* 贷款定价模型克服了传统模式的缺陷，有效减少人为的主观性影响，可以衡量商业银行在长期内的实际业务业绩和承担的风险，使贷款定价更客观合理。

9.2 模型缺点

1. 在实际大型应用中，由于信贷风险评估的系统复杂度，很难运用 *ANP* 网络结构来划分层次。
2. 影响中小微企业信贷评估的指标错综复杂，本文值采用了具有代表性的九个指标，指标体系可能存在一定的欠完整性。
3. *RAROC* 贷款定价模型中涉及到的预期违约率 (*EDF*) 和违约损失率 (*LGD*) 都采用了国际统计数据，忽略了国内社会环境所可能导致的数值上的偏差，对于我国银行贷款策略的指导上可能存在一定的误差。

参考文献

- [1] 中国人民银行关于进一步加强对有市场、有效益、有信用中小企业信贷支持的指导意见.
- [2] 商业银行最优贷款组合定价研究——基于风险调整资本收益最大化模型的分析.
- [3] Edward Zaik, John Walter, Gabriela Retting, and Christopher James. Raroc at bank of america: From theory to practice. *Journal of Applied Corporate Finance*, 9(2):83–93, 1996.
- [4] Wenyi Zeng and Hongxing Li. Weighted triangular approximation of fuzzy numbers. *International Journal of Approximate Reasoning*, 46(1):137 – 150, 2007. Special Section: Random Sets and Imprecise Probabilities (Issues in Imprecise Probability).
- [5] 姜启源，谢金星，叶俊. 数学模型（第五版）.
- [6] 张波. 商业银行中小企业信贷风险评价研究.

- [7] 柏群, 曹华玲. 商业银行创业贷款信用风险管理体系的构建——以重庆银行为例. Wuhan University、Chung Hua University、University of Science and Technology of China、Dalian Jiaotong University、Scientific Research Publishing、Engineering Information Institute, Proceedings of International Conference on Engineering and Business Management(EBM2012).
- [8] 魏晓彬. 我国商业银行中小企业贷款的风险管理研究. 吉林大学中国国有经济研究中心、国务院国有资产监督管理委员会新闻中心, 国有经济论丛(2014)——国有企业深化改革与规范治理.

附录

支撑文件汇总

1. 1-1.pdf
2. 1-2.pdf
3. 2-1.pdf
4. 2.2.pdf
5. 流程图.pdf
6. 贷款年利率-客户流失率函数关系拟合.pdf
7. 第三问企业分类柱形图.png
8. 风险评价网络层次图.png
9. com_1.png
10. com_2.png
11. 123 家企业风险量化值和风险评级.csv
12. 123 家企业信贷额度百分比和信贷利率.csv
13. 302 家企业风险量化值和风险评级.csv
14. 302 家企业信贷额度百分比和信贷利率.csv
15. 第三题信贷额度百分比和信贷利率.csv
16. code.rar

A 123 家企业风险量化值和风险评级

ID	风险量化值	风险评级
E1	3.602988408	2
E2	4.504703214	10
E3	4.34497938	9
E4	4.222552397	7
E5	4.119119741	5
E6	4.337403357	8
E7	4.392146977	9
E8	4.051002123	5
E9	4.325244788	8
E10	4.176027041	6
E11	3.988987068	4
E12	4.272760462	8
E13	4.051002123	5

E14	4.343812301	9
E15	3.979841772	4
E16	4.416012685	9
E17	4.286241841	8
E18	4.248396165	8
E19	3.865895364	3
E20	3.575459425	2
E21	3.984768257	4
E22	4.400400251	9
E23	4.088270205	5
E24	4.545840614	10
E25	4.596881814	10
E26	3.936924862	4
E27	4.251854253	8
E28	3.959293382	4
E29	3.982976952	4
E30	4.23632341	8
<hr/>		
E31	4.393372447	9
E32	4.588117655	10
E33	3.949183688	4
E34	4.215799283	7
E35	4.314527828	8
E36	4.407743283	9
E37	4.019795275	4
E38	4.187429333	6
E39	4.175355122	6
E40	4.640836311	10
E41	4.666984883	10
E42	3.827760022	3
E43	4.123227992	5
E44	4.194817424	7
E45	3.751379363	3
E46	4.185749472	6
E47	4.177636246	6
E48	4.71415248	10

E49	4.099283695	5
E50	4.200231058	7
E51	4.422176319	9
E52	3.936036621	3
E53	4.169219018	6
E54	4.480882539	10
E55	4.383565969	9
E56	4.136537268	6
E57	3.841204892	3
E58	4.527858119	10
E59	4.117078511	5
E60	4.226306657	7
E61	4.590346023	10
E62	4.301276879	8
E63	4.23083531	7
E64	4.232679489	7
<hr/>		
E65	4.260092745	8
E66	3.495111014	2
E67	4.554423752	10
E68	3.4826737	1
E69	3.618119483	2
E70	4.202043734	7
E71	4.213862916	7
E72	3.976411563	4
E73	4.571402485	10
E74	3.864656559	3
E75	3.962780407	4
E76	4.338036698	8
E77	3.793241808	3
E78	4.211112226	7
E79	4.100674057	5
E80	4.144424828	6
E81	4.220797606	7
E82	3.871180195	3
E83	3.743631225	2

E84	4.208674731	7
E85	4.475004284	10
E86	3.604281681	2
E87	4.321009408	8
E88	4.47619182	10
E89	3.174215826	1
E90	4.403643059	9
E91	4.166300128	6
E92	4.131101389	6
E93	4.121696424	5
E94	3.4714942	1
E95	4.0907802	5
E96	3.352404095	1
E97	4.462041337	9
E98	4.165989579	6
<hr/>		
E99	3.983392949	4
E100	4.371661397	9
E101	3.882752964	3
E102	3.573057494	2
E103	4.150587935	6
E104	3.442097249	1
E105	3.742991301	2
E106	4.128302015	5
E107	2.946920076	1
E108	4.029024595	4
E109	3.85880339	3
E110	3.745691932	2
E111	3.698309306	2
E112	4.093284886	5
E113	3.814777348	3
E114	3.284189375	1
E115	3.013395539	1
E116	3.602265413	2
E117	3.766987164	3
E118	3.216294467	1

E119	3.312907565	1
E120	3.704638685	2
E121	3.435906181	1
E122	3.284189375	1
E123	3.468567078	1

B 123 家企业信贷额度百分比和信贷利率

ID	信贷额度百分比	信贷利率
E1	0.012410461	0.016658337
E2	0.016658337	0.016408462
E3	0.016408462	0.015908712
E4	0.015908712	0.013160087
E5	0.013160087	0.015908712
E6	0.015908712	0.016408462
E7	0.016408462	0.015408962
E8	0.015408962	0.016158587
E9	0.016158587	0.015658837
E10	0.015658837	0.014659337
E11	0.014659337	0.016158587
E12	0.016158587	0.014242879
E13	0.014242879	0.015242379
E14	0.015242379	0.015159087
E15	0.015159087	0.016408462
E16	0.016408462	0.014242879
E17	0.014242879	0.014742629
E18	0.014742629	0.011494253
E19	0.011494253	0.011244378
E20	0.011244378	0.011744128
E21	0.011744128	0.014992504
E22	0.014992504	0.011994003
E23	0.011994003	0.015242379
E24	0.015242379	0.012660336
E25	0.012660336	0.009411961
E26	0.009411961	0.010411461
E27	0.010411461	0.01282692
E28	0.01282692	0
E29	0	0.014742629
E30	0.014742629	0.012660336
E31	0.012660336	0.014076295
E32	0.014076295	0.010827919

E33	0.010827919	0.01332667
E34	0.01332667	0.009995002
E35	0.009995002	0
E36	0	0.009411961
E37	0.009411961	0.013076795
E38	0.013076795	0.011910711
E39	0.011910711	0.012660336
E40	0.012660336	0.011494253
E41	0.011494253	0.01232717
E42	0.01232717	0.012577045
E43	0.012577045	0.009245377
E44	0.009245377	0
E45	0	0.01232717
E46	0.01232717	0.01182742
E47	0.01182742	0.01382642
E48	0.01382642	0.011410961
E49	0.011410961	0.01332667
E50	0.01332667	0.010744628
E51	0.010744628	0
E52	0	0.011161086
E53	0.011161086	0.011494253
E54	0.011494253	0.011244378
E55	0.011244378	0.008995502
E56	0.008995502	0.009411961
E57	0.009411961	0.011494253
E58	0.011494253	0.009745127
E59	0.009745127	0.009078794
E60	0.009078794	0.010328169
E61	0.010328169	0.009578544
E62	0.009578544	0.01282692
E63	0.01282692	0.009328669
E64	0.009328669	0.00791271
E65	0.00791271	0.005663835
E66	0.005663835	0.010078294

E67	0.010078294	0.008995502
E68	0.008995502	0.00641346
E69	0.00641346	0.009078794
E70	0.009078794	0.010494753
E71	0.010494753	0.008329169
E72	0.008329169	0.008662335
E73	0.008662335	0.00691321
E74	0.00691321	0.00691321
E75	0.00691321	0.006746627
E76	0.006746627	0.008329169
E77	0.008329169	0.009328669
E78	0.009328669	0.00691321
E79	0.00691321	0.009328669
E80	0.009328669	0.005997001
E81	0.005997001	0
E82	0	0.00541396
E83	0.00541396	0.00791271
E84	0.00791271	0.007246377
E85	0.007246377	0.00541396
E86	0.00541396	0
E87	0	0.007246377
E88	0.007246377	0.003998001
E89	0.003998001	0.006996502
E90	0.006996502	0.004581043
E91	0.004581043	0.00791271
E92	0.00791271	0.004581043
E93	0.004581043	0.003331667
E94	0.003331667	0.004830918
E95	0.004830918	0.007079793
E96	0.007079793	0.005580543
E97	0.005580543	0.004830918
E98	0.004830918	0
E99	0	0
E100	0	0

E101	0	0
E102	0	0
E103	0	0.003831418
E104	0.003831418	0.004081293
E105	0.004081293	0.003165084
E106	0.003165084	0
E107	0	0
E108	0	0
E109	0	0.002415459
E110	0.002415459	0
E111	0	0
E112	0	0
E113	0	0
E114	0	0
E115	0	0
E116	0	0
E117	0	0
E118	0	0
E119	0	0
E120	0	0
E121	0	0
E122	0	0
E123	0	0

C 302 家企业风险量化值和风险评级

ID	企业风险量化值	企业风险评级
E124	3.941743773	4
E125	3.908558848	3
E126	4.374486754	8
E127	4.10264723	5
E128	4.402911619	9
E129	4.278627387	7
E130	4.170678502	6
E131	4.366003318	8
E132	4.016326949	4
E133	3.799523593	2
E134	4.451552529	9
E135	4.425861701	9
E136	3.343731635	1
E137	4.302359954	8
E138	4.463248187	9
E139	4.072206773	5
E140	4.385217256	9
E141	4.514838051	10
E142	4.457840262	9
E143	4.521957355	10
E144	4.591048572	10
E145	4.103957846	5
E146	3.95654953	4
E147	4.108905074	5
E148	3.885968281	3
E149	3.931636118	4
E150	4.371469916	8
E151	3.906815294	3
E152	4.561694362	10
E153	3.918246463	4
E154	3.853834124	3
E155	3.950636492	4

E156	4.291492297	7
E157	4.025063322	4
E158	4.200556016	6
E159	3.794664068	2
E160	4.175447656	6
E161	3.970990128	4
E162	3.968503779	4
E163	4.231446469	7
E164	4.386724016	9
E165	4.205407135	6
E166	4.027530493	4
E167	3.720100313	2
E168	4.178601351	6
E169	4.289246846	7
E170	4.270281609	7
E171	4.433568639	9
E172	4.495129887	10
E173	3.770781685	2
E174	4.251000726	7
E175	3.96768167	4
E176	4.248563394	7
E177	3.75149757	2
E178	3.936710071	4
E179	4.318680205	8
E180	4.290236464	7
E181	3.921642156	4
E182	4.213534248	6
E183	4.284782497	7
E184	4.353258411	8
E185	4.149494293	6
E186	4.44302188	9
E187	2.77382677	1
E188	4.183720126	6
E189	4.485384965	10

E190	4.266207306	7
E191	3.417725783	1
E192	3.542280763	1
E193	4.152671782	6
E194	4.160831614	6
E195	4.268782087	7
E196	3.981710395	4
E197	4.44714435	9
E198	4.015659809	4
E199	3.835271906	3
E200	4.004510725	4
E201	4.244283999	7
E202	4.152247005	6
E203	4.353104369	8
E204	4.227111136	7
E205	4.306934319	8
E206	4.127091725	6
E207	4.036975915	5
E208	3.720151738	2
E209	4.494220937	10
E210	3.823501547	3
E211	4.261121858	7
E212	4.36721476	8
E213	4.216413215	7
E214	4.245690315	7
E215	3.97383579	4
E216	4.444001188	9
E217	3.01222631	1
E218	4.190413516	6
E219	3.981224568	4
E220	4.071983716	5
E221	3.867050132	3
E222	4.238031462	7
E223	3.881757005	3

E224	3.759626276	2
E225	4.453576492	9
E226	4.076195968	5
E227	4.140902079	6
E228	4.573467209	10
E229	3.698045457	2
E230	4.154290822	6
E231	3.864800008	3
E232	3.898309166	3
E233	3.807545832	3
E234	4.351604915	8
E235	4.122114203	5
E236	4.083574049	5
E237	4.064377419	5
E238	4.199536174	6
E239	3.753089541	2
E240	3.537561088	1
E241	4.364139962	8
E242	3.011286616	1
E243	4.398401451	9
E244	4.300084347	8
E245	4.287269755	7
E246	4.563287267	10
E247	4.544464843	10
E248	4.320191946	8
E249	4.197153589	6
E250	4.269278208	7
E251	3.768445512	2
E252	4.028238415	4
E253	4.183114442	6
E254	4.402257051	9
E255	4.44403838	9
E256	4.384480474	9
E257	4.295710772	8

E258	4.515777745	10
E259	4.558369109	10
E260	4.364988725	8
E261	4.644252075	10
E262	3.942812699	4
E263	4.359059445	8
E264	3.071982919	1
E265	3.898065714	3
E266	4.459215416	9
E267	4.091846689	5
E268	4.038494145	5
E269	4.291866425	7
E270	4.23407114	7
E271	4.05920311	5
E272	4.691531028	10
E273	4.448305953	9
E274	3.613456307	2
E275	4.124991461	5
E276	4.512240236	10
E277	3.781910112	2
E278	4.232157564	7
E279	4.107821105	5
E280	4.074846907	5
E281	3.635302459	2
E282	4.320615675	8
E283	4.328839585	8
E284	4.480446678	9
E285	4.100398252	5
E286	4.068719321	5
E287	4.234354293	7
E288	3.958865813	4
E289	4.311549065	8
E290	4.602003105	10
E291	3.072762508	1

E292	4.423967401	9
E293	3.65113625	2
E294	4.551985412	10
E295	4.199359411	6
E296	4.392741669	9
E297	3.482407117	1
E298	4.366787332	8
E299	3.70004835	2
E300	4.131244471	6
E301	4.651028578	10
E302	4.726870437	10
E303	4.635194162	10
E304	3.894171927	3
E305	4.173590808	6
E306	4.498426162	10
E307	4.445445596	9
E308	4.066528223	5
E309	4.086046319	5
E310	4.481349745	10
E311	4.214617345	6
E312	3.429921293	1
E313	4.303137949	8
E314	4.40957815	9
E315	4.683322666	10
E316	4.604442882	10
E317	4.668581056	10
E318	4.229502362	7
E319	4.080570727	5
E320	3.671751633	2
E321	4.465952518	9
E322	3.831691255	3
E323	4.151189005	6
E324	3.796845277	2
E325	3.525768833	1

E326	4.107330733	5
E327	4.039123093	5
E328	4.524941468	10
E329	3.899923419	3
E330	4.701524201	10
E331	4.402336628	9
E332	3.923250625	4
E333	4.359880262	8
E334	4.164851221	6
E335	4.190661344	6
E336	3.424073053	1
E337	4.426203987	9
E338	4.543485802	10
E339	4.165915144	6
E340	4.010130436	4
E341	4.330058291	8
E342	4.52754523	10
E343	3.806116018	3
E344	3.748079963	2
E345	4.545761513	10
E346	3.889885883	3
E347	4.371494959	8
E348	4.293325033	7
E349	3.539933765	1
E350	4.469504938	9
E351	4.031448329	5
E352	3.177894281	1
E353	4.266942096	7
E354	4.140421147	6
E355	3.221148084	1
E356	3.858647395	3
E357	3.725323146	2
E358	3.764373871	2
E359	3.826039766	3

E360	3.485008964	1
E361	3.830137821	3
E362	4.212205981	6
E363	4.283896683	7
E364	4.564403054	10
E365	4.373151626	8
E366	3.889746947	3
E367	3.929941541	4
E368	3.883032362	3
E369	4.373281318	8
E370	3.954467242	4
E371	4.070330722	5
E372	4.460359561	9
E373	3.803687127	2
E374	3.982502407	4
E375	3.871140023	3
E376	3.330854237	1
E377	4.36382754	8
E378	3.892502506	3
E379	4.393673773	9
E380	2.996933994	1
E381	3.262258881	1
E382	3.330854237	1
E383	3.740478355	2
E384	3.805200589	3
E385	3.731044368	2
E386	3.923565471	4
E387	3.764373871	2
E388	4.296262191	8
E389	3.85828461	3
E390	3.485008964	1
E391	3.867546544	3
E392	4.104835346	5
E393	3.63706953	2

E394	3.898975642	3
E395	4.423907339	9
E396	3.881979634	3
E397	3.384712152	1
E398	4.165079087	6
E399	4.021458945	4
E400	3.910808651	3
E401	4.115909572	5
E402	3.664707272	2
E403	4.323780273	8
E404	3.743290046	2
E405	3.369940392	1
E406	3.770876691	2
E407	4.239769702	7
E408	3.970077367	4
E409	4.31410226	8
E410	4.286587406	7
E411	3.67150825	2
E412	4.164518916	6
E413	4.230226788	7
E414	3.39531581	1
E415	3.21467294	1
E416	3.074122003	1
E417	4.054356834	5
E418	4.04314201	5
E419	3.437510393	1
E420	3.552882855	2
E421	4.029071582	4
E422	3.354044476	1
E423	3.157969841	1
E424	3.243692374	1
E425	4.076480118	5

D 302 家企业信贷额度百分比和信贷利率

ID	信贷额度百分比	信贷额度（万元）	信贷利率
E124	0.005369825	53.69825048	0.082
E125	0.005265893	52.6589295	0.0835
E126	0.006720942	67.20942318	0.076
E127	0.006409146	64.09146025	0.0805
E128	0.006824874	68.24874415	0.0745
E129	0.00661701	66.1701022	0.0775
E130	0.006409146	64.09146025	0.079
E131	0.00661701	66.1701022	0.076
E132	0.006305214	63.05213927	0.082
E133	0	0	0
E134	0.006339858	63.39857959	0.0745
E135	0.006824874	68.24874415	0.0745
E136	0	0	0
E137	0.00661701	66.1701022	0.076
E138	0.006235926	62.35925862	0.0745
E139	0.006409146	64.09146025	0.0805
E140	0.006824874	68.24874415	0.0745
E141	0.006928807	69.28806513	0.073
E142	0.005750909	57.50909406	0.0745
E143	0.005854842	58.54841504	0.073
E144	0.006928807	69.28806513	0.073
E145	0.004988741	49.88740689	0.0805
E146	0.004988741	49.88740689	0.082
E147	0.006201282	62.01281829	0.0805
E148	0.006201282	62.01281829	0.0835
E149	0.006305214	63.05213927	0.082
E150	0.006028062	60.28061666	0.076
E151	0.006201282	62.01281829	0.0835
E152	0.00644379	64.43790057	0.073
E153	0.006305214	63.05213927	0.082
E154	0.00429586	42.95860038	0.0835
E155	0.004884809	48.84808592	0.082

E156	0.00661701	66.1701022	0.0775
E157	0.005023385	50.23384722	0.082
E158	0.005716265	57.16265373	0.079
E159	0	0	0
E160	0.006409146	64.09146025	0.079
E161	0.006305214	63.05213927	0.082
E162	0.004988741	49.88740689	0.082
E163	0.006028062	60.28061666	0.0775
E164	0.006235926	62.35925862	0.0745
E165	0.005716265	57.16265373	0.079
E166	0.005335181	53.35181015	0.082
E167	0	0	0
E168	0.006028062	60.28061666	0.079
E169	0.00592413	59.24129569	0.0775
E170	0.005543045	55.4304521	0.0775
E171	0.006235926	62.35925862	0.0745
E172	0.005750909	57.50909406	0.073
E173	0	0	0
E174	0.005612333	56.12333276	0.0775
E175	0.004399792	43.99792136	0.082
E176	0.005543045	55.4304521	0.0775
E177	0	0	0
E178	0.004399792	43.99792136	0.082
E179	0.005543045	55.4304521	0.076
E180	0.005023385	50.23384722	0.0775
E181	0.004399792	43.99792136	0.082
E182	0.004711588	47.11588429	0.079
E183	0.005058029	50.58028755	0.0775
E184	0.004954097	49.54096657	0.076
E185	0.006028062	60.28061666	0.079
E186	0.005854842	58.54841504	0.0745
E187	0	0	0
E188	0.004607656	46.07656331	0.079
E189	0.005265893	52.6589295	0.073

E190	0.006131994	61.31993764	0.0775
E191	0	0	0
E192	0	0	0
E193	0.006028062	60.28061666	0.079
E194	0.00592413	59.24129569	0.079
E195	0.00592413	59.24129569	0.0775
E196	0.005127317	51.2731682	0.082
E197	0.006720942	67.20942318	0.0745
E198	0.003914776	39.1477568	0.082
E199	0.006201282	62.01281829	0.0835
E200	0.004018708	40.18707778	0.082
E201	0.0046423	46.42300364	0.0775
E202	0.006028062	60.28061666	0.079
E203	0.005058029	50.58028755	0.076
E204	0.005439113	54.39113113	0.0775
E205	0.005646977	56.46977308	0.076
E206	0.005820197	58.20197471	0.079
E207	0.005820197	58.20197471	0.0805
E208	0	0	0
E209	0.005646977	56.46977308	0.073
E210	0.005716265	57.16265373	0.0835
E211	0.004954097	49.54096657	0.0775
E212	0.005646977	56.46977308	0.076
E213	0.004746232	47.46232461	0.0775
E214	0.004954097	49.54096657	0.0775
E215	0.005820197	58.20197471	0.082
E216	0.005646977	56.46977308	0.0745
E217	0	0	0
E218	0.005231249	52.31248917	0.079
E219	0.004018708	40.18707778	0.082
E220	0.005231249	52.31248917	0.0805
E221	0.004434436	44.34436168	0.0835
E222	0.0046423	46.42300364	0.0775
E223	0.00429586	42.95860038	0.0835

E224	0	0	0
E225	0.005058029	50.58028755	0.0745
E226	0.004434436	44.34436168	0.0805
E227	0.004434436	44.34436168	0.079
E228	0.005265893	52.6589295	0.073
E229	0	0	0
E230	0.004954097	49.54096657	0.079
E231	0.003914776	39.1477568	0.0835
E232	0.006201282	62.01281829	0.0835
E233	0.005127317	51.2731682	0.0835
E234	0.005161961	51.61960852	0.076
E235	0.004261216	42.61216006	0.0805
E236	0.004850165	48.50164559	0.0805
E237	0.0046423	46.42300364	0.0805
E238	0.004954097	49.54096657	0.079
E239	0	0	0
E240	0	0	0
E241	0.004573012	45.73012299	0.076
E242	0	0	0
E243	0.004676944	46.76944396	0.0745
E244	0.004573012	45.73012299	0.076
E245	0.004573012	45.73012299	0.0775
E246	0.004780876	47.80876494	0.073
E247	0.004087996	40.87995843	0.073
E248	0.003880132	38.80131647	0.076
E249	0.006513078	65.13078122	0.079
E250	0.00446908	44.69080201	0.0775
E251	0	0	0
E252	0.00394942	39.49419712	0.082
E253	0.004053352	40.5335181	0.079
E254	0.004676944	46.76944396	0.0745
E255	0.004676944	46.76944396	0.0745
E256	0.004573012	45.73012299	0.0745
E257	0.004365148	43.65148103	0.076

E258	0.005369825	53.69825048	0.073
E259	0.004676944	46.76944396	0.073
E260	0.003672267	36.72267452	0.076
E261	0.004087996	40.87995843	0.073
E262	0.00394942	39.49419712	0.082
E263	0.00446908	44.69080201	0.076
E264	0	0	0
E265	0.003637623	36.37623419	0.0835
E266	0.004676944	46.76944396	0.0745
E267	0.004850165	48.50164559	0.0805
E268	0.004746232	47.46232461	0.0805
E269	0.004573012	45.73012299	0.0775
E270	0.003880132	38.80131647	0.0775
E271	0.003637623	36.37623419	0.0805
E272	0.003602979	36.02979387	0.073
E273	0.004573012	45.73012299	0.0745
E274	0	0	0
E275	0.003672267	36.72267452	0.0805
E276	0.004191928	41.9192794	0.073
E277	0	0	0
E278	0.002979387	29.79386801	0.0775
E279	0.004053352	40.5335181	0.0805
E280	0.003360471	33.60471159	0.0805
E281	0	0	0
E282	0.003880132	38.80131647	0.076
E283	0.003672267	36.72267452	0.076
E284	0.003880132	38.80131647	0.0745
E285	0.004157284	41.57283908	0.0805
E286	0.003152607	31.52606963	0.0805
E287	0.003360471	33.60471159	0.0775
E288	0.003048675	30.48674866	0.082
E289	0.003984064	39.84063745	0.076
E290	0.004087996	40.87995843	0.073
E291	0	0	0

E292	0.003395115	33.95115191	0.0745
E293	0	0	0
E294	0.004676944	46.76944396	0.073
E295	0.003464403	34.64403257	0.079
E296	0.004573012	45.73012299	0.0745
E297	0	0	0
E298	0.003984064	39.84063745	0.076
E299	0	0	0
E300	0.004157284	41.57283908	0.079
E301	0.004191928	41.9192794	0.073
E302	0.003602979	36.02979387	0.073
E303	0.004191928	41.9192794	0.073
E304	0.002355794	23.55794214	0.0835
E305	0.005335181	53.35181015	0.079
E306	0.003602979	36.02979387	0.073
E307	0.003984064	39.84063745	0.0745
E308	0.002979387	29.79386801	0.0805
E309	0.003568335	35.68335354	0.0805
E310	0.003602979	36.02979387	0.073
E311	0.0037762	37.7619955	0.079
E312	0	0	0
E313	0.003291183	32.91183094	0.076
E314	0.002910099	29.10098735	0.0745
E315	0.003602979	36.02979387	0.073
E316	0.003602979	36.02979387	0.073
E317	0.003117963	31.17962931	0.073
E318	0.003291183	32.91183094	0.0775
E319	0.002875455	28.75454703	0.0805
E320	0	0	0
E321	0.003395115	33.95115191	0.0745
E322	0.002563658	25.6365841	0.0835
E323	0.003083319	30.83318898	0.079
E324	0	0	0
E325	0	0	0

E326	0.002771523	27.71522605	0.0805
E327	0.003360471	33.60471159	0.0805
E328	0.003602979	36.02979387	0.073
E329	0.004053352	40.5335181	0.0835
E330	0.003014031	30.14030833	0.073
E331	0.003499047	34.99047289	0.0745
E332	0.004538368	45.38368266	0.082
E333	0.002910099	29.10098735	0.076
E334	0.002979387	29.79386801	0.079
E335	0.003187251	31.87250996	0.079
E336	0	0	0
E337	0.003602979	36.02979387	0.0745
E338	0.003117963	31.17962931	0.073
E339	0.002390438	23.90438247	0.079
E340	0.002390438	23.90438247	0.082
E341	0.002806167	28.06166638	0.076
E342	0.003014031	30.14030833	0.073
E343	0.00180149	18.01489693	0.0835
E344	0	0	0
E345	0.002910099	29.10098735	0.073
E346	0.001489693	14.896934	0.0835
E347	0.002113286	21.13285986	0.076
E348	0.002113286	21.13285986	0.0775
E349	0	0	0
E350	0.00232115	23.21150182	0.0745
E351	0.00180149	18.01489693	0.0805
E352	0	0	0
E353	0.002702235	27.0223454	0.0775
E354	0.002390438	23.90438247	0.079
E355	0	0	0
E356	0.001593625	15.93625498	0.0835
E357	0	0	0
E358	0	0	0
E359	0.001593625	15.93625498	0.0835

E360	0	0	0
E361	0.002078642	20.78641954	0.0835
E362	0.003187251	31.87250996	0.079
E363	0.002702235	27.0223454	0.0775
E364	0.002425082	24.2508228	0.073
E365	0.002702235	27.0223454	0.076
E366	0.002182574	21.82574052	0.0835
E367	0.002286506	22.86506149	0.082
E368	0.001697558	16.97557596	0.0835
E369	0.002113286	21.13285986	0.076
E370	0.002390438	23.90438247	0.082
E371	0.002009354	20.09353889	0.0805
E372	0.00232115	23.21150182	0.0745
E373	0	0	0
E374	0.001905422	19.05421791	0.082
E375	0.001212541	12.1254114	0.0835
E376	0	0	0
E377	0.00162827	16.28269531	0.076
E378	0.001004677	10.04676944	0.0835
E379	0.002702235	27.0223454	0.0745
E380	0	0	0
E381	0	0	0
E382	0	0	0
E383	0	0	0
E384	0.002875455	28.75454703	0.0835
E385	0	0	0
E386	0.003083319	30.83318898	0.082
E387	0	0	0
E388	0.00162827	16.28269531	0.076
E389	0.001697558	16.97557596	0.0835
E390	0	0	0
E391	0.001212541	12.1254114	0.0835
E392	0.001316473	13.16473237	0.0805
E393	0	0	0

E394	0.002286506	22.86506149	0.0835
E395	0.00232115	23.21150182	0.0745
E396	0.001593625	15.93625498	0.0835
E397	0	0	0
E398	0.001420405	14.20405335	0.079
E399	0.00180149	18.01489693	0.082
E400	0.001108609	11.08609042	0.0835
E401	0.001316473	13.16473237	0.0805
E402	0	0	0
E403	0.001732202	17.32201628	0.076
E404	0	0	0
E405	0	0	0
E406	0	0	0
E407	0.002702235	27.0223454	0.0775
E408	0.001316473	13.16473237	0.082
E409	0.001524337	15.24337433	0.076
E410	0.001524337	15.24337433	0.0775
E411	0	0	0
E412	0.001420405	14.20405335	0.079
E413	0.00162827	16.28269531	0.0775
E414	0	0	0
E415	0	0	0
E416	0	0	0
E417	0.001316473	13.16473237	0.0805
E418	0.00180149	18.01489693	0.0805
E419	0	0	0
E420	0	0	0
E421	0.001905422	19.05421791	0.082
E422	0	0	0
E423	0	0	0
E424	0	0	0
E425	0.001316473	13.16473237	0.0805

E 新冠疫情影响下 302 家企业信贷额度百分比和信贷利率

ID	信贷额度百分比	信贷额度（万元）	信贷利率
E124	0.004805798	48.05798	0.075
E125	0.004727015	47.27015	0.0765
E126	0.005829985	58.29985	0.069
E127	0.005593634	55.93634	0.0735
E128	0.005908769	59.08769	0.0675
E129	0.005751201	57.51201	0.0705
E130	0.005593634	55.93634	0.072
E131	0.005751201	57.51201	0.069
E132	0.005514851	55.14851	0.075
E133	0	0	0
E134	0.005908769	59.08769	0.0645
E135	0.00638147	63.8147	0.0645
E136	0	0	0
E137	0.006223903	62.23903	0.066
E138	0.005357284	53.57284	0.0675
E139	0.005593634	55.93634	0.0735
E140	0.00638147	63.8147	0.0645
E141	0.006460254	64.60254	0.066
E142	0.007563224	75.63224	0.0615
E143	0.007011739	70.11739	0.066
E144	0.005829985	58.29985	0.066
E145	0.004884582	48.84582	0.0705
E146	0.004884582	48.84582	0.072
E147	0.005908769	59.08769	0.0705
E148	0.005593634	55.93634	0.0765
E149	0.005357284	53.57284	0.075
E150	0.005672418	56.72418	0.066
E151	0.005908769	59.08769	0.0735
E152	0.007720791	77.20791	0.06
E153	0.005514851	55.14851	0.075
E154	0.004254313	42.54313	0.0765
E155	0.004333097	43.33097	0.075

E156	0.005751201	57.51201	0.0705
E157	0.004805798	48.05798	0.072
E158	0.005436067	54.36067	0.069
E159	0	0	0
E160	0.006066336	60.66336	0.069
E161	0.005357284	53.57284	0.075
E162	0.006460254	64.60254	0.075
E163	0.007405657	74.05657	0.0645
E164	0.005357284	53.57284	0.0675
E165	0.005436067	54.36067	0.072
E166	0.005042149	50.42149	0.072
E167	0	0	0
E168	0.005672418	56.72418	0.069
E169	0.005593634	55.93634	0.0675
E170	0.005199716	51.99716	0.0675
E171	0.005829985	58.29985	0.0645
E172	0.007563224	75.63224	0.06
E173	0	0	0
E174	0.005357284	53.57284	0.0675
E175	0.004333097	43.33097	0.075
E176	0.006775388	67.75388	0.0705
E177	0	0	0
E178	0.004017963	40.17963	0.075
E179	0.005514851	55.14851	0.069
E180	0.004805798	48.05798	0.0675
E181	0.004333097	43.33097	0.075
E182	0.004884582	48.84582	0.072
E183	0.004727015	47.27015	0.0675
E184	0.004648231	46.48231	0.066
E185	0.005987552	59.87552	0.072
E186	0.004805798	48.05798	0.0675
E187	0	0	0
E188	0.004490664	44.90664	0.069
E189	0.004884582	48.84582	0.063

E190	0.005120933	51.20933	0.0705
E191	0	0	0
E192	0	0	0
E193	0.005199716	51.99716	0.072
E194	0.005593634	55.93634	0.072
E195	0.007326873	73.26873	0.0645
E196	0.005199716	51.99716	0.075
E197	0.007563224	75.63224	0.0615
E198	0.003545261	35.45261	0.075
E199	0.0052785	52.785	0.0765
E200	0.003466478	34.66478	0.075
E201	0.006617821	66.17821	0.0645
E202	0.005199716	51.99716	0.072
E203	0.004727015	47.27015	0.066
E204	0.006696604	66.96604	0.0705
E205	0.004805798	48.05798	0.069
E206	0.005514851	55.14851	0.069
E207	0.005042149	50.42149	0.0735
E208	0	0	0
E209	0.0052785	52.785	0.063
E210	0.005436067	54.36067	0.0735
E211	0.00417553	41.7553	0.0705
E212	0.005593634	55.93634	0.069
E213	0.006066336	60.66336	0.0705
E214	0.004648231	46.48231	0.0675
E215	0.005514851	55.14851	0.072
E216	0.0052785	52.785	0.0645
E217	0	0	0
E218	0.004963366	49.63366	0.069
E219	0.004254313	42.54313	0.075
E220	0.004963366	49.63366	0.0735
E221	0.004569448	45.69448	0.0765
E222	0.005987552	59.87552	0.0705
E223	0.005829985	58.29985	0.0765

E224	0	0	0
E225	0.004727015	47.27015	0.0675
E226	0.004254313	42.54313	0.0705
E227	0.004254313	42.54313	0.072
E228	0.004884582	48.84582	0.066
E229	0	0	0
E230	0.004017963	40.17963	0.072
E231	0.003860395	38.60395	0.0735
E232	0.006223903	62.23903	0.0765
E233	0.004254313	42.54313	0.0765
E234	0.004805798	48.05798	0.066
E235	0.003545261	35.45261	0.0735
E236	0.004096746	40.96746	0.0735
E237	0.003939179	39.39179	0.0735
E238	0.00417553	41.7553	0.072
E239	0	0	0
E240	0	0	0
E241	0.003781612	37.81612	0.069
E242	0	0	0
E243	0.005908769	59.08769	0.0675
E244	0.003781612	37.81612	0.069
E245	0.003624045	36.24045	0.0705
E246	0.004411881	44.11881	0.066
E247	0.003781612	37.81612	0.063
E248	0.005199716	51.99716	0.069
E249	0.006145119	61.45119	0.069
E250	0.00417553	41.7553	0.0675
E251	0	0	0
E252	0.003781612	37.81612	0.072
E253	0.003860395	38.60395	0.069
E254	0.004333097	43.33097	0.0645
E255	0.003860395	38.60395	0.0675
E256	0.004254313	42.54313	0.0645
E257	0.004096746	40.96746	0.069

E258	0.007169306	71.69306	0.06
E259	0.004333097	43.33097	0.066
E260	0.003466478	34.66478	0.069
E261	0.005987552	59.87552	0.06
E262	0.00330891	33.0891	0.075
E263	0.00417553	41.7553	0.066
E264	0	0	0
E265	0.003545261	35.45261	0.0735
E266	0.004333097	43.33097	0.0645
E267	0.004884582	48.84582	0.0735
E268	0.003860395	38.60395	0.0735
E269	0.004254313	42.54313	0.0675
E270	0.003151343	31.51343	0.0705
E271	0.005120933	51.20933	0.0735
E272	0.002836209	28.36209	0.066
E273	0.003781612	37.81612	0.0675
E274	0	0	0
E275	0.005042149	50.42149	0.0735
E276	0.003860395	38.60395	0.066
E277	0	0	0
E278	0.002521075	25.21075	0.0705
E279	0.003860395	38.60395	0.0705
E280	0.002757425	27.57425	0.0735
E281	0	0	0
E282	0.003624045	36.24045	0.069
E283	0.003466478	34.66478	0.066
E284	0.003624045	36.24045	0.0645
E285	0.003466478	34.66478	0.0735
E286	0.00307256	30.7256	0.0705
E287	0.003230127	32.30127	0.0675
E288	0.002521075	25.21075	0.075
E289	0.005908769	59.08769	0.063
E290	0.003781612	37.81612	0.063
E291	0	0	0

E292	0.005357284	53.57284	0.0615
E293	0	0	0
E294	0.003860395	38.60395	0.066
E295	0.00330891	33.0891	0.069
E296	0.004254313	42.54313	0.0645
E297	0	0	0
E298	0.003702828	37.02828	0.069
E299	0	0	0
E300	0.003939179	39.39179	0.069
E301	0.00417553	41.7553	0.066
E302	0.00330891	33.0891	0.063
E303	0.003860395	38.60395	0.066
E304	0.002678642	26.78642	0.0765
E305	0.004411881	44.11881	0.072
E306	0.002836209	28.36209	0.066
E307	0.003702828	37.02828	0.0645
E308	0.002836209	28.36209	0.0735
E309	0.002914993	29.14993	0.0735
E310	0.003624045	36.24045	0.066
E311	0.003860395	38.60395	0.072
E312	0	0	0
E313	0.0052785	52.785	0.063
E314	0.002993776	29.93776	0.0675
E315	0.00330891	33.0891	0.063
E316	0.002836209	28.36209	0.066
E317	0.004411881	44.11881	0.066
E318	0.002757425	27.57425	0.0705
E319	0.002284724	22.84724	0.0735
E320	0	0	0
E321	0.005357284	53.57284	0.0615
E322	0.002521075	25.21075	0.0735
E323	0.002914993	29.14993	0.069
E324	0	0	0
E325	0	0	0

E326	0.002678642	26.78642	0.0705
E327	0.002757425	27.57425	0.0735
E328	0.004884582	48.84582	0.066
E329	0.00417553	41.7553	0.0765
E330	0.00307256	30.7256	0.066
E331	0.003230127	32.30127	0.0675
E332	0.004017963	40.17963	0.075
E333	0.002993776	29.93776	0.069
E334	0.002836209	28.36209	0.069
E335	0.002678642	26.78642	0.072
E336	0	0	0
E337	0.002836209	28.36209	0.0675
E338	0.002521075	25.21075	0.066
E339	0.002284724	22.84724	0.069
E340	0.004490664	44.90664	0.069
E341	0.002599858	25.99858	0.066
E342	0.002757425	27.57425	0.063
E343	0.00220594	22.0594	0.0735
E344	0	0	0
E345	0.002678642	26.78642	0.063
E346	0.001024187	10.24187	0.0765
E347	0.002442291	24.42291	0.066
E348	0.002284724	22.84724	0.0705
E349	0	0	0
E350	0.002599858	25.99858	0.0675
E351	0.00220594	22.0594	0.0735
E352	0	0	0
E353	0.002836209	28.36209	0.0705
E354	0.002284724	22.84724	0.072
E355	0	0	0
E356	0.001733239	17.33239	0.0765
E357	0	0	0
E358	0	0	0
E359	0.001733239	17.33239	0.0765

E360	0	0	0
E361	0.002048373	20.48373	0.0735
E362	0.002678642	26.78642	0.072
E363	0.002521075	25.21075	0.0675
E364	0.002678642	26.78642	0.063
E365	0.004096746	40.96746	0.069
E366	0.002442291	24.42291	0.0765
E367	0.003781612	37.81612	0.075
E368	0.003230127	32.30127	0.0765
E369	0.003545261	35.45261	0.069
E370	0.002599858	25.99858	0.075
E371	0.002363507	23.63507	0.0705
E372	0.002599858	25.99858	0.0645
E373	0	0	0
E374	0.00196959	19.6959	0.075
E375	0.001812022	18.12022	0.0765
E376	0	0	0
E377	0.002442291	24.42291	0.069
E378	0.001654455	16.54455	0.0765
E379	0.004727015	47.27015	0.0615
E380	0	0	0
E381	0	0	0
E382	0	0	0
E383	0	0	0
E384	0.002284724	22.84724	0.0765
E385	0	0	0
E386	0.002442291	24.42291	0.075
E387	0	0	0
E388	0.002127157	21.27157	0.069
E389	0.001496888	14.96888	0.0765
E390	0	0	0
E391	0.001812022	18.12022	0.0765
E392	0.002836209	28.36209	0.0735
E393	0	0	0

E394	0.002521075	25.21075	0.0765
E395	0.003702828	37.02828	0.0675
E396	0.002048373	20.48373	0.0765
E397	0	0	0
E398	0.003545261	35.45261	0.066
E399	0.00220594	22.0594	0.072
E400	0.001733239	17.33239	0.0765
E401	0.00220594	22.0594	0.0705
E402	0	0	0
E403	0.002521075	25.21075	0.066
E404	0	0	0
E405	0	0	0
E406	0	0	0
E407	0.002521075	25.21075	0.0675
E408	0.00220594	22.0594	0.072
E409	0.002363507	23.63507	0.066
E410	0.002993776	29.93776	0.0705
E411	0	0	0
E412	0.00196959	19.6959	0.072
E413	0.002127157	21.27157	0.0705
E414	0	0	0
E415	0	0	0
E416	0	0	0
E417	0.001575672	15.75672	0.0735
E418	0.002048373	20.48373	0.0735
E419	0	0	0
E420	0	0	0
E421	0.002284724	22.84724	0.072
E422	0	0	0
E423	0	0	0
E424	0	0	0
E425	0.001890806	18.90806	0.0735

F 主模型代码

```
G = {}
year_income = pd.DataFrame(columns = ['id','income'])
year_profit = pd.DataFrame(columns = ['id','profit'])
for id in com_id:
    print(id)
    inn = EE_in_month[id]
    out = EE_out_month[id]
    # G[id] = []
    G11 = data1[data1['企业代号']==id].iloc[0]['企业名称']
    if '公司' in G11:
        G11 = 2
    else:
        G11 = 1

    #G12
    if '信誉评级' not in data1:
        G12 = 4
    else:
        tmp1 = data1[data1['企业代号']==id].iloc[0]['是否违约']
        tmp2 = data1[data1['企业代号']==id].iloc[0]['信誉评级']

        if tmp1 == '否':
            if tmp2 == 'D':
                G12 = 2
            elif tmp2 == 'C':
                G12 = 3
            elif tmp2 == 'B':
                G12 = 5
            else:
                G12 = 6
        else:
            G12 = 1
    print(G12)
    year1 = inn.iloc[0]['year']
    year2 = out.iloc[0]['year']
    if year1 == year2:
        month1 = inn.iloc[0]['month']
        month2 = out.iloc[0]['month']
        month3 = max(month1,month2)
        yy = year1
        mm = month3
    else:
        yy = max(year1,year2)
        mm = 1
```

```

profit = []
inn1 = []
out1 = []

while True:
    tmp1 = inn[inn['year']==yy]
    tmp1 = tmp1[tmp1['month']==mm]
    tmp2 = out[out['year']==yy]
    tmp2 = tmp2[tmp2['month']==mm]
    # print(tmp1,tmp2)
    print(yy,mm)
    mm += 1
    if mm == 13:
        mm -= 12
        yy += 1
    if (inn['year'].iloc[-1]< yy and inn['month'].iloc[-1]<= mm) or (out['year'].iloc[-1]<
        yy and out['month'].iloc[-1]<= mm):
        break
    if (tmp1.empty==True or tmp2.empty==True):
        print(1)
        continue
    else:
        inn1.append(float(tmp1['money_in'].iloc[0]))
        out1.append(float(tmp2['money_out'].iloc[0]))
        # profit.append(float(tmp1['money_in'].iloc[0]-tmp2['money_out'].iloc[0]))
        profit.append(float(tmp1['money_in'].iloc[0]-tmp2['money_out'].iloc[0]))
        # G22.append(float(tmp1['money_in'].iloc[0]/tmp2['money_out'].iloc[0]))
        #
        G21.append(float((tmp1['money_in'].iloc[0]-tmp2['money_out'].iloc[0])/tmp1['money_in'].iloc[0]))

profit = np.array(profit)
inn1 = np.array(inn1)
out1 = np.array(out1)
# G21 = profit.sum()/inn['money_in'].sum()
G21 = profit.sum()/inn['money_in'].sum() #
year_income =
    year_income.append(pd.DataFrame({'id': [id], 'income': [inn['money_in'].sum()/(inn['money_in'].count()/12)]}))
if len(profit) == 0:
    G23 = 0
    G31 = 0
    year_profit =
        year_profit.append(pd.DataFrame({'id': [id], 'profit': [0]}), ignore_index=True)
else:
    G23 = profit.mean()
    year_profit =

```

```

        year_profit.append(pd.DataFrame({'id': [id], 'profit': [G23*12]}), ignore_index=True)
    G23 = G23/(inn1.sum())
    if len(profit) == 1:
        G31 = 0
    else:
        G31 = profit.std()
        #G31 = G31/(profit.sum())
        G31 = 1/G31
    l1 = len(inn1)
    #l1 = l1//2 *2
    print(inn1,out1)
    print(l1)
    tmp1 = 0
    tmp2 = 0
#    for i in range(l1):
#        if i < (l1+1)//2:
#            tmp1 += inn1[i]
#            #print(tmp1)
#        else:
#            tmp2 += inn1[i]
#    if tmp1!= 0:
#        G32 = (tmp2 - tmp1)/tmp1

    for i in range(l1):
        if i < (l1+1)//2:
            tmp1 += inn1[i]
            #print(tmp1)
        else:
            tmp2 += inn1[i]
    if tmp1!= 0:
        G32 = (tmp2 - tmp1)/tmp1

    l1 = len(out1)
    # l1 = l1//2 *2
    # print(l1)
    tmp1 = 0
    tmp2 = 0
    for i in range(l1):
        if i <= (l1+1)//2:
            tmp1 += out1[i]
            #print(tmp1)
        else:
            tmp2 += out1[i]
    dout = 0
    if tmp1 != 0:
        dout = (tmp2 - tmp1)/tmp1

```

```

G22 = 0
if dout != 0:
    G22 = G32/dout

# 供关系

tmp1 = data3_2[data3_2['企业代号'] == id]
tmp2 = tmp1['购方单位代号'].unique()
core = 0
for i in tmp2:
    time = []
    tmp3 = tmp1[tmp1['购方单位代号'] == i]
    for indexs in tmp3.index:
        dd = tmp3['year'].loc[indexs]*100 + tmp3['month'].loc[indexs]
        if dd not in time:
            #print(dd)
            time.append(dd)
    core += len(time)//3
G33 = core

# 求关系

tmp1 = data2_2[data2_2['企业代号'] == id]
tmp2 = tmp1['销方单位代号'].unique()
core = 0
for i in tmp2:
    time = []
    tmp3 = tmp1[tmp1['销方单位代号'] == i]
    for indexs in tmp3.index:
        dd = tmp3['year'].loc[indexs]*100 + tmp3['month'].loc[indexs]
        if dd not in time:
            #print(dd)
            time.append(dd)
    core += len(time)//3
G34 = core
print(G11,G12,G21,G22,G23,G31,G32,G33,G34)
G[id] = [G11,G12,G21,G22,G23,G31,G32,G33,G34]

# 第i个大指标对第j个大指标
# k : 第j个大指标的第k个小指标
# Z 是 (i+1) * (i+1) 的矩阵
# P[Z_length]
# W[Z_length(i+1)][j+1]

for i in range(1,4):
    for j in range(1,4):
        globals()['W'+str(i)+str(j)] = []

```



```

Z_length = i+1
for k in range(1,j+2):
    Z = globals()['Z'+str(i)+str(j)+'_'+str(j)+str(k)]
    #print(Z)

    p = []
    for ll in range(1,Z_length+1):
        tmp = []
        for kk in range(3):
            ss = 0
            for s in Z[ll-1]:
                ss+=s[kk]
            tmp.append(ss)
        p.append(tmp)
    P = []
    for kk in range(3):
        ss = 0
        for s in p:
            ss += s[kk]
        P.append(ss)
    #print(P)
    P_1 = [1/P[2],1/P[1],1/P[0]]
    #print(P_1)

    # V[Z_length]
    V = []
    for ll in range(1,Z_length+1):
        tmp = []
        for kk in range(3):
            ss = P_1[kk] * p[ll-1][kk]
            tmp.append(ss)
        V.append(tmp)
#    if i==2 and j==2:
#        print(V)

    #R[Z_length][Z_length]
    R = []
    for ii in range(0,Z_length):
        tmp = []
        for jj in range(0,Z_length):
            if ii != jj:
                ma1 = V[ii]
                ma2 = V[jj]
                if ma1[1] >= ma2[1]:
                    tmp.append(1)
                elif ma1[1] < ma2[1] and ma1[2] >= ma2[0]:
                    tmp.append((ma1[2]-ma2[0])/(ma1[2]-ma2[0]+ma2[1]-ma1[1]))

```

```

        else:
            tmp.append(0)
        else:
            tmp.append(999)
        R.append(tmp)
    if i==2 and j==2:
        print(R)

    #d[Z_length]
    d = []
    for ii in range(0,Z_length):
        d.append(min(R[ii]))
    sm = 0
    for ii in d:
        sm += ii
    d = [ii/sm for ii in d]
    #if i==2 and j==2:
        #print(d)
    globals()['W'+str(i)+str(j)].append(d)

#print(globals()['W'+str(i)+str(j)])
#print(Z_length)
#for ii in range(Z_length):
#    for jj in range(ii+1,Z_length):
#        print(ii,jj)
#        globals()['W'+str(i)+str(j)][ii][jj],globals()['W'+str(i)+str(j)][jj][ii] =
#            globals()['W'+str(i)+str(j)][jj][ii],globals()['W'+str(i)+str(j)][ii][jj]
tmp = []
Wt = globals()['W'+str(i)+str(j)]
for ii in range(i+1):
    tt=[]
    for jj in range(j+1):
        tt.append(Wt[jj][ii])
    tmp.append(tt)
globals()['W'+str(i)+str(j)] = tmp
#print(globals()['W'+str(i)+str(j)])

M = []
for i in range(1,4):

    Z_length = 3
    Z = globals()['Z'+str(i)]
    #print(Z)

    p = []
    for ll in range(1,Z_length+1):
        tmp = []

```

```

    for kk in range(3):
        ss = 0
        for s in Z[ll-1]:
            ss+=s[kk]
        tmp.append(ss)
    p.append(tmp)
P = []
for kk in range(3):
    ss = 0
    for s in p:
        ss += s[kk]
    P.append(ss)
#print(P)
P_1 = [1/P[2],1/P[1],1/P[0]]
#print(P_1)

# V[Z_length]
V = []
for ll in range(1,Z_length+1):
    tmp = []
    for kk in range(3):
        ss = P_1[kk] * p[ll-1][kk]
        tmp.append(ss)
    V.append(tmp)
#print(V)

#R[Z_length][Z_length]
R = []
for ii in range(0,Z_length):
    tmp = []
    for jj in range(0,Z_length):
        if ii != jj:
            ma1 = V[ii]
            ma2 = V[jj]
            if ma1[1] >= ma2[1]:
                tmp.append(1)
            elif ma1[1] < ma2[1] and ma1[2] >= ma2[0]:
                tmp.append((ma1[2]-ma2[0])/(ma1[2]-ma2[0]+ma2[1]-ma1[1]))
            else:
                tmp.append(0)
        else:
            tmp.append(999)
    R.append(tmp)
#print(R)

#d[Z_length]
d = []

```

```

for ii in range(0,Z_length):
    d.append(min(R[ii]))
sm = 0
for ii in d:
    sm += ii
d = [ii/sm for ii in d]
#print(d)
M.append(d)

#print(globals()['W'+str(i)+str(j)])
#print(Z_length)
#for ii in range(Z_length):
#    for jj in range(ii+1,Z_length):
#        print(ii,jj)
#        globals()['W'+str(i)+str(j)][ii][jj],globals()['W'+str(i)+str(j)][jj][ii] =
#            globals()['W'+str(i)+str(j)][jj][ii],globals()['W'+str(i)+str(j)][ii][jj]

tmp = []
Mt = M
#print(Mt)
for ii in range(3):
    tt=[]
    for jj in range(3):
        tt.append(Mt[jj][ii])
    tmp.append(tt)
M = tmp
#print(globals()['M'+str(i)])

for i in range(1,4):
    for j in range(1,4):
        #print(globals()['W'+str(i)+str(j)])
        # Wt = globals()['W'+str(i)+str(j)]
        Mt = M[i-1][j-1]
        for ii in range(len(globals()['W'+str(i)+str(j)])):
            for jj in range(len(globals()['W'+str(i)+str(j)][0])):
                globals()['W'+str(i)+str(j)][ii][jj] *= Mt
        #print(globals()['W'+str(i)+str(j)])

for i in range(1,4):
    for j in range(1,4):
        globals()['W'+str(i)+str(j)] = np.mat(globals()['W'+str(i)+str(j)])

for i in range(1,4):
    globals()['W'+str(i)] = globals()['W'+str(i)+str(1)]
    for j in range(2,4):
        globals()['W'+str(i)] = np.c_[globals()['W'+str(i)],globals()['W'+str(i)+str(j)]]

```

```

W = W1
for j in range(2,4):
    W = np.r_[W, globals()['W'+str(j)]]

w = W.copy()
for i in range(101):
    w = np.dot(w,W)
# print(w)
w = np.dot(w,W)

ww = []
#w = list(w)
for i in range(w.shape[0]):
    #print(w[0][0])
    ww.append(w[i,0])

```

G 画图代码

```
plt.figure(figsize=(15,5))
plt.subplot(1,3,1)
plt.plot(x,y_1,'r-',label='拟合图像')
plt.plot(x,y1,'b-',label='原图像')

plt.legend(bbox_to_anchor=(0., 1.02, 0.75, .102), loc=3,
           ncol=3, mode="expand", borderaxespad=0.)
plt.title('评级A图像拟合示意',y=-0.12)
plt.subplot(1,3,2)
plt.plot(x,y_2,'r-',label = '拟合图像')
plt.plot(x,y2,'b-',label = '原图像')
#plt.legend(loc=0,ncol=2)
plt.title('评级B图像拟合示意',y=-0.12)
plt.subplot(1,3,3)
plt.plot(x,y_3,'r-',label = '拟合图像')
plt.plot(x,y3,'b-',label = '原图像')
#plt.legend(loc=0,ncol=2)
plt.title('评级C图像拟合示意',y=-0.12)
plt.savefig('fit3_1.pdf')
```