

# 承诺书

我们完全清楚，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式，包括电话、电子邮件、“贴吧”、QQ 群、微信群等，与队外的任何人（包括指导教师）交流、讨论与赛题有关的问题；无论主动参与讨论还是被动接收讨论信息都是严重违反竞赛纪律的行为。

我们以中国大学生名誉和诚信郑重承诺，严格遵守竞赛章程和参赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛章程和参赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们授权全国大学生数学建模竞赛组委会，可将我们的论文以任何形式进行公开展示（包括进行网上公示，在书籍、期刊和其他媒体进行正式或非正式发表等）。

(指导教师签名意味着对参赛队的行为和论文的真实性负责)

日期: 2020 年 09 月 14 日

(请勿改动此页内容和格式。此承诺书打印签名后作为纸质论文的封面，注意电子版论文中不得出现此页。以上内容请仔细核对，如填写错误，论文可能被取消评奖资格。)

赛区评阅编号：\_\_\_\_\_  
(由赛区填写)

全国评阅编号：\_\_\_\_\_  
(全国组委会填写)

---

**2021 高教社杯全国大学生数学建模竞赛**

**编 号 专 用 页**

赛区评阅记录（可供赛区评阅时使用）：

评 阅 人						
备 注						

送全国评阅统一编号：  
(赛区组委会填写)

(请勿改动此页内容和格式。此编号专用页仅供赛区和全国评阅使用，参赛队打印后装订到纸质论文的第二页上。注意电子版论文中不得出现此页。)

# 基于 TOPSIS 法和模糊综合评判的中小微企业信贷评估与策略

## 摘要

中小微型企业不但是技术企业的摇篮，还为新型人才创造大量就业机遇，有力促进了国民经济发展，为社会稳定繁荣助力，此外还对改善民生起到了重要作用。然而它们的发展和经营受到层层阻碍。在实际中，由于中小微企业规模相对较小，缺少抵押资产，因此银行通常向实力强、供求关系稳定的企业提供贷款，并对信誉高、信贷风险小的企业给予利率优惠，因此向银行研究对中小微企业的信贷策略具有深远意义。本文针对特定的企业数据和银行的基本贷款政策对该问题进行了探究。

针对问题一，本文首先对企业的信誉评价用具体的数据表示，依据 123 家企业的进项销项发票信息分类评估，建立信誉评级与交易票据的相关关系，为问题二做准备；考虑的关键因素是量化的标准化和归一化，因此选用 TOPSIS 算法分别对不同信誉评级的企业计算有效发票比，月平均利润和收益比等数值指标，建立信誉风险指数模型。对信誉评级和企业综合实力评估建立联系和对应后，先筛去 D 级企业，第二次删选只需要在信誉评级为 A、B 和 C 的企业中删去总利润为负数的企业，再运用 TOPSIS 算法建立贷款配额模型，以及运用数学最优化理论建立权重附给利率制定模型对允许贷款的企业设计借贷策略。

针对问题二，则是通过问题一得出的信誉评级和企业综合实力评估的对应关系对企业进行信誉预测评级，估计附件中 302 家企业的信誉评级，首先筛去 D 级企业，同时运用问题一的 TOPSIS 算法三个模型，在银行一亿元贷款总额下做出类似的贷款配额和利率指配策略。结果显示通过三次信贷额的分配，企业得到最终的年信贷额分配，信誉等级为 A、B、C 的贷款年利率分别为 4.65%,5.85%,5.85%。

针对问题三，目标是评估突发因素对各企业的影响来给出该银行在年度信贷总额为 1 亿元时的信贷调整策略。首先对 302 家企业进行粗略的分类，分为 7 类，不同企业类型应对突发因素的平均能力由查文献可得。对分类后的企业提取因素集，确定各因素的权重，建立模糊综合评价模型求得以这 302 家企业为样本的不同类型企业的综合应对能力等级。银行根据所得的不同类型企业的综合应对能力等级对不同企业类型作再次评估，设定合理的指标，对综合应对能力等级不同的企业作适当的贷款额和利率增减。

**关键字：** TOPSIS 算法 银行配额决策 中小微企业 模糊综合评价

## 一、问题重述

中小微型企业在世界各地区和各国经济当中占据着不容小觑的地位，从 2010 年起，我国的中小微型企业如雨后春笋大量涌现，中小微型企业不但是技术企业的摇篮，还为新型人才创造大量就业机遇，有力促进了国民经济发展，为社会稳定繁荣助力，此外还对改善民生起到了重要作用。然而它们的发展和经营受到层层阻碍。在实际中，由于中小微企业规模相对较小，缺少抵押资产，因此银行通常向实力强、供求关系稳定的企业提供贷款，并对信誉高、信贷风险小的企业给予利率优惠。信贷决策问题是银行重视的问题之一，银行需要进行一定的判断才能决定是否给予中小型企业贷款，因此通过数学建模研究给中小型企业贷款的信贷策略非常具有意义与价值。

本文我们需要解决的问题有：

一是根据有过信贷记录的企业的的历史数据选择一个综合评价方法进行数值量化分析，进行综合借贷风险评估，通过分析对各个企业的借贷风险指数作出是否给予借贷资格的决策，进而设计模型给出该银行在年度信贷总额固定时对微小企业的信贷策略；

二是根据问题一中的方法实现对无信贷记录企业进行借贷信誉评估和借贷风险评估，并给出相应的信贷策略；

三是在企业的实际经营中往往有一些突发因素会影响到企业的发展，选择部分重要因素作为影响企业发展的突发因素和题目二中量化得到的企业信贷风险综合考虑给出银行信贷调整策略。

## 二、问题分析

### 2.1 对问题一的分析

本小问需要我们从对附件一中 123 家企业的信贷风险进行评估。考虑到问题二并没有企业的信贷记录相关信息，故我们首先依据附件一的信誉评级和进项、销项发票信息，对企业的信誉评价和企业交易票据信息对应联系，建立建立信誉风险指数模型，有依据地用具体的数值表示信誉评级。分别对不同信誉评级的企业利用附件一中地发票数据计算有效发票比，月平均交易利润，收益比等数值指标，考虑的关键因素是量化的标准化和归一化。对不同信誉评级的企业，确定各个指标的权重，运用 TOPSIS 算法得到一个信贷风险得分，再将信誉风险指数和企业信誉评级进行设计对应，计算出不同信誉评级的企业的平均指标值作为评估无信贷记录企业的依据。

对信誉评级和企业综合实力评估建立联系和对应后，先筛去 D 级企业，第二次删选只需要在信誉评级为 A,B 和 C 的企业中删去总利润为负数的企业，再运用 TOPSIS 算法

建立贷款配额模型，以及运用数学最优化理论建立权重附给利率指配模型对允许贷款的企业设计借贷策略。

截去不予贷款的企业后，再运用 TOPSIS 算法建立贷款配额模型，对余下允许贷款的企业进行贷款额度分配。考虑的关键因素是各个企业的收益比，平均年度需贷额 (用平均年度购买成本额减去  $\frac{1}{10}$  的平均年度纯利润额) 以及利用前面所得的信誉风险指数这三方面，先对收益比和信誉风险指数赋主观权重，设计出成对比较判断矩阵，计算出贷款指数，按得分高低一次分配贷款额 (银行贷款总额一定)，对于被分配贷款额大于平均年度需贷额的企业，截取它们出多余的贷款额，将剩下的贷款额上述用类似的方法进行二次分配，三次分配... 直至贷款额分配完毕。

在求解发放贷款的利率时，我们建立了一个银行最优收益模型，以银行第二年的收益为目标，建立目标函数。在这里，我们考虑了银行贷款年利率与不同信誉等级的客户流失率的关系，在已知客户流失率的前提下，通过穷举法来考虑可能的不同信誉等级的客户流失率的组合，获得不同信誉等级客户流失率组合下的银行收益，找到最优的银行收益，从而得到不同信誉等级客户流失率的最优组合，最后根据这一组合查表得出企业不同信誉等级的贷款年利率。

## 2.2 对问题二的分析

在问题一的基础上，针对问题二，鉴于该题中 302 家中小微企业均为无信贷记录的企业，所以需要对其信誉等级进行评估。基本方法是根据 302 家企业的实力来评估其信誉等级。第一问中的 123 家中小微企业有信贷记录和信誉等级，所以利用 TOPSIS 算法 (即信誉评分模型) 和第一问数据计算出信誉等级为 A、B、C 以及 D 时的评级范围标准，然后根据这一标准对 302 家企业的信誉进行评级。筛选掉信誉等级为 D 的企业，之后在利用信誉等级为 A、B 和 C 的企业的信誉得分、企业收益比、平均年度成本额以及进项和销项的平均有效发票比这四个因素得到一亿元贷款的分配额得分，在这里建立的是基于 TOPSIS 算法的贷款配额得分模型。

根据配额得分计算每一个企业的贷款分配比例，用该比例乘以总的贷款额 (一亿元) 即为企业第一次预分配的贷款额，由于不同企业的平均年度需贷款额不同，所以需要贷款的数额也会有所不同。在这里，我们计算第一次预分配的贷款额与企业所需要的贷款额的差值，若该值大于零，则认为预分配的贷款额超过了企业所需要的贷款额，并且这一部分的数额将用于之后的再次分配，因此将企业所需要的贷款额作为企业最终获得的贷款额；若该值小于零，则认为在第一次的分配并未达到企业所需要的贷款额。完成第一次的分配之后，调整剩余企业的贷款分配比例，计算二次分配贷款额，由此筛选出满足企业贷款需求的企业，之后又进行下一次迭代，直到贷款总额被完全分配给企业或者所有的企业均获得满足企业需求的贷款额结束。

至于利率的制定，与问题一的分析一致，只需要将银行的贷款总额一亿元代入求出

具体指定的利率即可。

### 2.3 对问题三的分析

问题的解决目标是评估突发因素对各企业的影响来给出该银行在年度信贷总额为 1 亿元时的信贷调整策略。考虑到不同企业类型应对突发风险能力有较大差距，首先对 302 家企业进行粗略的分类，分为 7 类，不同企业类型应对突发因素的平均能力由查文献可得。对分类后的企业计算出月平均发票数、月平均利润，加上问题二所求得的信贷风险指数以及查文献所得的平均应对能力，将四者作为因素集，确定各因素的权重，建立模糊综合评价模型求得以这 302 家企业为样本的不同类型企业的综合应对能力等级。

银行根据所得的不同类型企业的综合应对能力等级对不同企业类型作再次评估，设定合理的指标，对综合应对能力差的企业作适当的贷款额缩减和利率提升，为保持银行总贷款额恒定，将所有缩减后剩下的贷款额综合应对能力好的企业作适当的贷款增额和利率降低。

## 三、模型的假设与符号说明

### 3.1 模型假设

1. 题目所给数据具有可靠性和有效性；
2. 计算平均年贷款额中赋给的利润投资比例贴近现实；
3. 算法中主观赋给的指标权重贴近现实；
4. 银行固定的所给年度信贷总额不受任何社会经济风险影响而改变；
5. 题目所给的企业在给予决策的短期内较先前不会有较大变故。

### 3.2 符号说明

符号	含义
$m$	企业数
$n$	指标数
$E$	成对比较判断矩阵
$A$	决策矩阵
$B$	规范化决策矩阵
$\lambda$	特征值

符号	含义
$w$	归一化特征向量
$C^*$	正理想解
$C^0$	负理想解
$s_i^*$	各企业到正理想解与负理想解的距离
$s_i^0$	备选企业 $d_i$ 到负理想解的距离
$f_i^*$	各企业评价指数
$\Phi$	银行总贷额
$r_i$	第 $i$ 次预分配额
$x_n$	信誉 A 企业的流失率
$y_n$	信誉为 B 企业的流失率
$z_n$	信誉为 C 企业的流失率
$k$	指标占比总和
$X$	信誉 A 企业的贷款利率
$Y$	信誉 B 企业的贷款利率
$Z$	信誉 C 企业的贷款利率
$a_n$	信誉 A 企业的总贷款分配额
$c_n$	信誉 B 企业的总贷款分配额
$b_n$	信誉 C 企业的总贷款分配额
$W_j^i$	第 $j$ 家企业在第 $i$ 次分配中该企业的贷款分配占比
$R_j^i$	第 $j$ 家企业在第 $i$ 次分配时的待分配信贷额
$U$	因素集
$Q$	模糊向量
$R$	模糊综合判断矩阵
$B$	综合评判结果

## 四、模型准备

### 4.1 TOPSIS 算法模型原理

理想解法，亦称为 TOPSIS 法，是一种高效的多指标评价方法，能充分利用原始数据的信息，其结果能精确地反映各评价方案之间的差距。用 TOPSIS 算法求解多指标决策问题的理念很简单，只要在指标空间中定义适当的距离测度就能够计算备选方案与理想解的距离。TOPSIS 法所用的距离是欧式距离。至于既用正理想解又用负理想解是因为在仅仅使用正理想解时有时候会产生 2 个备选方案与正理想解的距离相同的情况，为了区分这两个方案的优劣，我们引入负理想解并计算 2 个方案与负理想解的距离，与正理想解的距离相同的方案离负理想解远者为最优。

## 五、模型的建立与求解

### 5.1 问题一的模型的建立与求解

#### 5.1.1 数据处理与筛选

分别对不同信誉评级的企业利用附件一中地发票数据计算有效发票比，月平均交易利润，收益比等数值指标，考虑的关键因素是量化的标准化和归一化。附录中表 18 为根据附件 1 表计算的信誉评级为 A 的企业的相关实力指标数据 (信誉评级为 B,C 和 D 的企业的相关实力指标数据也在附录中给出)。

其中, 每个企业的平均有效发票比的计算公式为

$$\text{平均有效发票比} = \frac{1}{2} \left( \frac{\text{进项有效发票数}}{\text{进项总发票数}} + \frac{\text{销项有效发票数}}{\text{销项总发票数}} \right) \quad (1)$$

月平均利润的计算公式为

$$\text{月平均利润} = \frac{\text{利润}}{\text{所含发票的月份数}} \quad (2)$$

$$= \frac{\text{销项价税合计} + \text{进项价税合计} - \text{销项税额} + \text{进项税额}}{\text{所含发票的月份数}} \quad (3)$$

收益比的计算公式为

$$\text{收益比} = \frac{\text{利润}}{\text{进项价税合计}} \quad (4)$$

$$= \frac{\text{销项价税合计} + \text{进项价税合计} - \text{销项税额} + \text{进项税额}}{\text{进项价税合计}} \quad (5)$$

#### 5.1.2 信誉风险指数模型

我们利用附件一中的发票数据计算有效发票比，月平均交易利润，收益比等数值指标后，基于 TOPSIS 算法来建立信誉风险指数模型。现在我们先对信誉评级为 A 的企业估计信誉风险指数。



对月平均交易利润为负数的企业作淘汰处理后，余下企业是可进行贷款的信誉评级为 A 的企业：(E2,E6,E7,E8,E9,E13,E15,E16,E17,E18,E22,E24,E31,E42,E48,E54,E59,E64)

决策矩阵  $A = (A_{ij})_{m \times n}$  在附录中，用向量规划化的方法求得规范决策矩阵，得到规范化决策矩阵

$$B = (b_{ij})_{m \times n} \quad (6)$$

$$= \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (7)$$

我们计算得：

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} -0.5773504 & 1.154700538 & -0.577350138 \\ -0.577349914 & 1.154700538 & -0.577350624 \\ -0.577350717 & 1.154700538 & -0.577349822 \\ -0.577350307 & 1.154700538 & -0.577350231 \\ -0.57735141 & 1.154700538 & -0.577349128 \\ -0.577350336 & 1.154700538 & -0.577350202 \\ -0.577353794 & 1.154700538 & -0.577346745 \\ -0.577427095 & 1.154700535 & -0.57727344 \\ -0.577349335 & 1.154700538 & -0.577351204 \\ -0.577350006 & 1.154700538 & -0.577350533 \\ -0.577350434 & 1.154700538 & -0.577350105 \\ -0.577350175 & 1.154700538 & -0.577350364 \\ -0.577355878 & 1.154700538 & -0.57734466 \\ -0.580073897 & 1.154696249 & -0.574622352 \\ -0.577351713 & 1.154700538 & -0.577348826 \\ -0.577353128 & 1.154700538 & -0.577347411 \\ -0.577348108 & 1.154700538 & -0.57735243 \\ -0.57753002 & 1.15470052 & -0.5771705 \\ -0.577342915 & 1.154700538 & -0.577357624 \\ -0.577355364 & 1.154700538 & -0.577345175 \\ -0.577380855 & 1.154700538 & -0.577319682 \\ -0.577342266 & 1.154700538 & -0.577358272 \end{pmatrix}$$

企业的综合信誉风险指数的确定采用指标成绩加权求和，权值的确定以采用层次分析法的思想，在这种方法中，需要建立成对比较判断矩阵，设成对比较判断矩阵 (建模者主观给出的矩阵) 为

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} \\ 3 & 1 & 7 \\ 4 & \frac{1}{7} & 1 \end{pmatrix}$$

要求各个指标的权重向量为  $\mathbf{w} = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ , 则只要求出成对比较判断矩阵  $\mathbf{E}$  的最大特征值  $\lambda = 3.580$ , 那么其对应的归一化特征向量为

$$\mathbf{w} = [-0.0749 + 0.1298i, 0.9468 + 0.0i, -0.1423 - 0.2466i]^T \quad (8)$$

即得到 3 个指标对应的权重。

然后确定正理想解  $C^*$  和负理想解  $C^0$ 。设正理想解  $C^*$  的第  $j$  个指标值为  $c_j^*$ , 负理想解  $C^0$  第  $j$  个指标值为  $c_j^0$ , 则

$$c_j^* = \max_i c_{ij}, j = 1, \dots, n \quad (9)$$

$$c_j^0 = \min_i c_{ij}, j = 1, \dots, n \quad (10)$$

备选企业  $d_i$  到正理想解的距离为:

$$s_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (c_{ij} - c_j^*)^2}, i = 1, 2, \dots, m; \quad (11)$$

备选企业  $d_i$  到负理想解的距离为:

$$s_i^0 = \sqrt{\sum_{j=1}^n (c_{ij} - c_j^0)^2}, i = 1, 2, \dots, m; \quad (12)$$

最后计算各企业的排队指标值 (即综合评价指数), 即

$$f_j^* = \frac{s_i^0}{s_i^0 + s_i^*}, i = 1, \dots, m \quad (13)$$

最后允许贷款的信誉为  $\mathbf{A}$  的企业的距离值以及综合指标值结果如下表:

表 1 附件一中允许贷款的信誉为 A 的企业距离值以及综合指标值

企业	$s_i^*$	$s_i^0$	$f_i^*$
E2	0.00040825	0.000776825	0.65550723
E6	0.00040825	0.000776963	0.655547425
E7	0.00040825	0.000776735	0.655481037
E8	0.00040825	0.000776851	0.655514917
E9	0.00040825	0.000776538	0.655423679
E13	0.00040825	0.000776843	0.655512518
E15	0.00040825	0.000775859	0.655226334
E16	0.00040825	0.000755089	0.649070824
E17	0.00040825	0.000777128	0.655595332
E18	0.00040825	0.000776937	0.655539844
E22	0.00040825	0.000776815	0.655504445
E24	0.00040825	0.000776889	0.655525878
E31	0.00040825	0.000775267	0.655053662
E42	0.00040825	0.000409462	0.500741501
E48	0.00040825	0.000776451	0.655398632
E54	0.00040825	0.000776049	0.655281487
E59	0.00040825	0.000777477	0.65569671
E64	0.00040825	0.000726213	0.640138359
E81	0.00040825	0.000778956	0.656125496
E84	0.00040825	0.000775413	0.655096269
E88	0.00040825	0.000768173	0.652973582
E91	0.00040825	0.00077914	0.656178972

允许贷款的信誉为 B, C 和 D 企业的距离值以及综合指标值结果分别放在附录。  
计算出不同信誉评级的企业的平均指标值作为评估无信贷记录企业的依据:

表 2 不同信誉评级的企业的平均指标值

信誉评级的企业	平均指标值
A	0.6473
B	0.6459
C	0.6446
D	0.3510

### 5.1.3 贷款配额模型

由以上的模型求解, 已筛去信誉评级为 D 的企业和平均利润为负的企业不予借贷:

表 3 附件一中不予借贷的企业

二次筛去企业	二次筛去企业	信誉 D 企业	信誉 D 企业	信誉 D 企业	信誉 D 企业
E1	E21	E36	E112	E102	E118
E19	E33	E52	E113	E103	E119
E26	E66	E82	E114	E107	E120
E27	E96	E99	E115	E108	E121
E89	E83	E100	E116	E109	E122
E20	E101	E117	E111	E123	

对余下信誉评级为 A, B 及 C 的盈利企业予以贷款资格后, 建立贷款配额模型进行贷款配额。我们仍然运用 TOPSIS 算法, 用 4 个指标 [收益比, 信誉风险指数 (即上一所得的综合指标值  $f_i^*$ ), 平均年度成本额, 有效发票比] 和另一成对比较判断矩阵计算出新的另一综合指标值  $f_j^*$  作为可贷款企业的评估指数。

为了得到不同信誉水平和风险水平的企业得到相应合理的贷款配额, 计算每一个企业的综合指标占比

$$\frac{f_j^*}{\sum_{j=1}^n f_j^*}, j = 1, \dots, m \quad (14)$$

进而计算出每个企业的应有的贷款配额比例，该比例与企业的综合指标占比相同。设  $\Phi$  为银行固定贷款总额，那么每个企业第一次预分配额  $r_1$  为

$$r_1 = \Phi \times \frac{f_j^*}{\sum_{j=1}^n f_j^*}, j = 1, \dots, m \quad (15)$$

若企业得到的第一次预分配额大于本身的平均年度成本额或者大于银行最大贷款额度 100 万，那么将多余的款额截取。所有第一次预分配额多获得的企业的截去款额留作第二次预分配，第一次被截取过的企业不再容许接受第二次预分配。同理，若余下第一次没有被截取的企业第二次预分配额大于本身的平均年度成本额或者大于银行最大贷款额度 100 万，那么将多余的款额截取，所有第二次预分配额多获得的企业的截去款额留作第三次预分配，以此类推，直到银行固定贷款总额  $\Phi$  被分配完毕，或者所有被分配的企业的需贷款额已达饱和。

#### 5.1.4 利率制定模型

由贷款配额模型，我们已经得到可贷款企业的综合评估指数和每一个企业的综合指标占比，进而计算三个信誉评级企业的综合指标占比总和，将其作为三种信誉评级企业利率制定的比例关系。

表 4 附件一中不同信誉评级企业的指标占比总和

信誉评级	指标占比总和 k
A	0.18405966
B	0.231876586
C	0.584063753

一个基本的利率制定模型框架如下 (银行总贷款定额为  $\Phi$ ):

信誉评级	总贷款分配额	客户流失率	次年总贷款分配额
A	$a_n$	$x_n$	$a_{n+1} = a_n(1 - x_n)$
B	$b_n$	$y_n$	$b_{n+1} = b_n(1 - y_n)$
C	$c_n$	$z_n$	$c_{n+1} = c_n(1 - z_n)$

从银行的角度分析，银行是希望在分别对信誉评级为 A，B 和 C 制定了利率  $X$ ， $Y$  和  $Z$  后，分别存在客户流失率  $x_n$ ， $y_n$  和  $z_n$ ，导致次年的各类企业总贷款额分别下降为  $a_{n+1} = a_n(1 - x_n)$ ， $b_{n+1} = b_n(1 - y_n)$  和  $c_{n+1} = c_n(1 - z_n)$ 。

先前假设

$$a_n + b_n + c_n \geq \Phi \quad (16)$$

银行为了保证自身的收益，自然希望在发生客户部份流失之后，仍然有

$$a_{n+1} + b_{n+1} + c_{n+1} \geq \Phi \quad (17)$$

建立银行最优收益的目标函数为:

$$F(X, Y, Z) = a_n(1 - x_n)X + b_n(1 - y_n)Y + c_n(1 - z_n)Z \quad (18)$$

我们只需要通过穷举法求解得到银行最优收益  $F(X, Y, Z)$ 。

## 5.2 问题二的求解

在问题一的基础上，对附件二中 302 家企业同样进行了数据清洗和处理，利用附件中的发票数据计算有效发票比，月平均交易利润，收益比等数值指标后，首先将月平均利润为负的企业筛去，不予贷款资格，此后和问题一的处理一样，基于 TOPSIS 算法求出各个企业的信誉风险指数。

由问题一已经得到不同信誉评级的企业的平均指标值，即平均信誉风险指数 (见表 2)，由此对附件二中 302 家企业作信誉评级的预测估计，信誉评级估计的范围标准为

表 5 信誉评级估计的范围标准

信誉评级	平均指标值 $f_j^*$ 所在区间
A	[0.6473, 1)
B	[0.6459, 0.6473)
C	[0.6446, 0.6459)
D	(0, 0.6446)

对 302 家企业的信誉评级的部分结果见下表，完整的结果见支撑材料。

表 6 信誉评级的部分结果

企业代号	收益比	$f_i^*$	$f_i^{**}$	评级
E389	162.7517569	0.647308502	0.632258502	D
E125	0.001653514	0.662474438	0.647424438	A
E126	3.817037047	0.662413765	0.647363765	B
E127	374.7612658	0.662340299	0.647290299	B
E128	22.74561681	0.662403311	0.647353311	B
E129	2.620565666	0.662413695	0.647363695	B
E130	0.410711597	0.662415509	0.647365509	B
E131	0.766691792	0.662414759	0.647364759	B
E132	2.064360408	0.662413615	0.647363615	B

根据评级结果,将信誉评级为 D 的企业和月平均利润为负的企业筛去,不予借贷资格。同问题一的第二个模型:贷款配额模型类似,继续运用 TOPSIS 算法,用四个指标计算出新综合指标值——称为贷款分配值(可贷款企业的评估指数)。

我们用 (14) 计算各个企业的贷款分配值比例,依据该比例,对这些拥有贷款资格的企业将银行的总贷款额(一亿元)进行第一次预分配。

当前待分配的总信贷款额为 100000000 元,根据余下可贷款的 254 家企业的贷款分配占比计算第一次的预分配额,其计算公式为:

$$W_j^1 = \frac{f_j^*}{\sum_{j=1}^n f_j^*} \quad (19)$$

$$R_j^1 = 100000000 \times W_j^1 \quad (20)$$

由于企业平均年度成本额的限制,所以在第一次预分配后,有 59 家企业分配到的信贷额超过企业平均年度成本额,计算二者差值确定预分配额的剩余值为 15132563.3,这部分分配额将作为第二次预分配信贷总额,同时这 59 家企业将完成信贷额分配。剩余的 195 企业分配到的信贷额低于企业年度平均成本额,计算得到第一次预分配额和企业年度成本额之间的差值,确定企业仍需要的信贷额。195 家企业仍需要的信贷额部分结果见下表(其余详见支撑材料):

表 7 195 家企业仍需要的信贷额部分结果

企业代号	评级	仍需信贷额
E417	A	133547.9201
E346	A	518506.1784
E396	A	241188.683
E355	A	101197.7699
E402	A	93916.53855
E188	A	30277295.18
E265	A	9962641.136
E322	A	4125131.679
E278	A	4169021.672
E287	A	5484403.429

接下来进行第二次预分配，由于已经有 59 家企业完成信贷分配，所以更新信贷分配占比的值，作为企业的第二次信贷分配占比。

在第二次预分配后，有 3 家企业完成信贷额分配，其企业代号分别为 E161、E318 和 E368，第二次预分配额的剩余值为 166925.4074，作为第三次预分配信贷总额的值。剩余的 192 家企业仍需要的信贷额 (详见支撑材料)。

经过两次的分配之后，共有 62 家企业完成信贷额分配，剩余的 192 家企业累积信贷分配额全部超过 10 万元。但对于已完成信贷额分配的 62 家企业而言，其中的 23 家企业的信贷分配额低于 10 万元，所以对这些企业不给予贷款，共计 954276.8861，将这部分信贷额累加到第二次预分配额的剩余值中，作为第三次预分配信贷总额的值，共计 1121202.294。

之后进行第三次预分配，更新企业的第三次信贷分配占比，计算第三次预分配额。结果显示所有企业的第三次预分配额均小于企业仍需要的信贷额，无剩余的待分配信贷额，因此这 192 家企业结束信贷额分配，其分配到的信贷额为第一、二、三次分配的信贷额总和。192 家企业的分配到的信贷额总额部分结果见下表 (其余详见支撑材料)：



表 8 192 家企业的分配到的信贷额总额部分结果

企业代号	贷款分配额	二次分配额	三次分配额	总分信贷额
E417	388291.4599	77602.62034	5839.580615	471733.6609
E346	388291.4616	77602.62067	5839.58064	471733.6629
E396	388291.461	77602.62055	5839.580632	471733.6622
E355	388291.4609	77602.62054	5839.58063	471733.6621
E402	388291.4614	77602.62064	5839.580638	471733.6627
E188	388291.4638	77602.62112	5839.580674	471733.6656
E265	388291.4637	77602.62109	5839.580672	471733.6655
E322	388291.4634	77602.62104	5839.580668	471733.6651
E278	388291.4634	77602.62104	5839.580668	471733.6652
E287	388291.4636	77602.62106	5839.58067	471733.6653

至此，完成年度信贷总额的分配，其部分结果如下表所示 (其余详见支撑材料)：

表 9 年度信贷总额的分配结果

企业代号	信贷分配额	企业代号	信贷分配额
E423	138103.4	E347	376309.1933
E416	276890.61	E348	287623.8035
E411	151020.618	E425	259040.96
E397	379405.7143	E393	151108.4133
E369	292966.9745	E366	304049.048

利用问题一的利率制定模型，目前已排除年利润为负的 29 家中小微企业，已知 273 家中小微企业的信誉评级，其中信誉评级为 A、B、C、D 企业的个数分别为：67，181，6，19，除去信誉等级为 D 的 19 家中小微企业不发放贷款，对剩余的 254 家企业按照信誉等级分为三类，分别计算信誉等级为 A、B、C 的企业贷款分配额：

表 10 信誉等级为 A、B、C 的企业贷款分配额

信誉等级	企业贷款分配额
A	30438877.7
B	69427206.68
C	133915.6159

第  $n$  年不同信誉等级的客户流失率分别为  $x_n$ ,  $y_n$  和  $z_n$ , 次年的各类企业总贷款额分别下降为  $a_{n+1} = a_n(1 - x_n)$ ,  $b_{n+1} = b_n(1 - y_n)$  和  $c_{n+1} = c_n(1 - z_n)$ 。

由问题一的利率制定模型, X、Y、Z 分别为第  $n$  年不同信誉等级的贷款年利率, 其值与客户流失率  $x_n$ ,  $y_n$  和  $z_n$  对应, 由利率制定模型中的银行最优收益的目标函数:

$$F(X, Y, Z) = a_n(1 - x_n)X + b_n(1 - y_n)Y + c_n(1 - z_n)Z \quad (21)$$

通过穷举法求解得到银行最优收益  $F(X, Y, Z)$  为 40601900, 此时:

信誉等级为 A 的客户流失率  $x_n$  为 0.135727183, 对应的贷款年利率 X 为 0.0465;

信誉等级为 B 的客户流失率  $y_n$  为 0.302883401, 对应的贷款年利率 Y 为 0.0585;

信誉等级为 C 的客户流失率  $z_n$  为 0.290189098, 对应的贷款年利率 Z 为 0.0585。

至此, 得到不同信誉等级的企业贷款年利率, 结果见下表:

表 11 不同信誉等级的企业贷款年利率

信誉等级	客户流失率	贷款年利率
A	0.135727183	0.0465
B	0.302883401	0.0585
C	0.290189098	0.0585

### 5.3 问题三的建立模型与求解

对问题三, 建立模糊综合评价模型求得以这 302 家企业为样本的不同类型企业的综合应对能力等级。

首先对 302 家企业进行粗略的分类, 分为以下 7 类:

表 12 7 种企业类型

企业类型	企业个数
个体经营	56
物流行业	11
贸易/销售	35
医疗/药物	10
制造/生产	46
服务行业	82
网络/科技/文化	58

不同企业类型应对突发因素的平均能力由查文献可得。我们对分类后的企业计算出月平均发票数、月平均利润，加上问题二所求得的信贷风险指数以及查阅资料所得的平均应对能力，将四者作为因素集  $U$ ，因为

- 月平均发票数体现企业的规模；
- 月平均利润体现企业的现金流大小；
- 信贷风险指数体现企业的综合实力；
- 平均应对能力则是衡量不同类型企业应对突发因素的关键指标。

表 13 指标体系集合

符号	因素
$u_1$	月平均发票数
$u_2$	月平均利润
$u_3$	信贷风险指数
$u_4$	平均应对能力

$$U = (u_1, u_2, u_3, u_4) \quad (22)$$

第二步，确定评语级。由于每个因素的评价值不同，往往会形成不同的等级。由各

种不同决断构成的集合称为评语级，记为

$$V = (v_1, v_2, \dots, v_5) \quad (23)$$

$$= (\text{优秀 } v_1, \text{良好 } v_2, \text{一般 } v_3, \text{较差 } v_4, \text{差 } v_5) \quad (24)$$

第三步，确定各因素的权重，它是  $U$  上的一个模糊向量，记为

$$\mathbf{Q} = (q_1, q_2, q_3, q_4) = (0.15, 0.4, 0.15, 0.3) \quad (25)$$

第四步，确定模糊综合判断矩阵。对指标  $u_i$  来说，对各个评语的隶属度为  $V$  上的模糊子集。对指标  $u_i$  的评判记为

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4}, r_{i5}) \quad (26)$$

各指标的模糊综合判断矩阵为

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{25} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{41} & r_{42} & \dots & r_{45} \end{pmatrix}$$

它是一个从  $U$  到  $V$  的模糊综合关系矩阵。

以制造业为例，以下为其模糊综合判断矩阵表 (其余行业的模糊综合判断矩阵放入支撑材料):

表 14 制造行业的  $\mathbf{R}$  矩阵

行业	因素	因素具体值	优秀	良好	一般	较差	很差
制造	月均发票值	20.93453183	0.2	0.1	0.5	0.1	0.1
制造	平均应对能力	6	0.3	0.3	0.3	0.1	0
制造	月均利	477820.3643	0.3	0.3	0.3	0.1	0
制造	信贷风险	0.026433484	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1

最后是综合评判。利用  $\mathbf{R}$  就可以得到一个模糊变换

$$T_R : F(U) \rightarrow F(V) \quad (27)$$

那么，由

$$\mathbf{B} = \mathbf{Q} \times \mathbf{R}$$

即可得到综合评判等级，见下表

表 15 不同类型企业的综合评判等级的结果 B

企业类型	各评级占比				
	优秀	良好	一般	较差	很差
制造/生产	0.255	0.27	0.33	0.1	0.045
贸易/销售	0.2	0.2	0.37	0.16	0.07
医疗/药物	0.395	0.39	0.2	0.015	0
物流行业	0.37	0.375	0.155	0.07	0
网络/科技/文化	0.415	0.385	0.13	0.055	0
服务行业	0.045	0.17	0.215	0.36	0.24
个体经营	0.07	0.13	0.24	0.37	0.19

最后得到不同类型企业的综合应对能力等级结果如下：

表 16 不同类型企业的综合评判等级

企业类型	综合评判等级
制造/生产	一般
贸易/销售	一般
医疗/药物	优秀
物流行业	良好
网络/科技/文化	优秀
服务行业	较差
个体经营	较差

在完成不同类型企业综合应对能力的模糊评价后，将评价等级为“较差”的企业挑选出来，减少对这部分企业的已有信贷额分配。根据查阅的资料得，降低的程度为这部

分企业已有信贷额的 10%，减少的信贷额总量为 5176048.014，同时调整这部分企业的信贷额分配为原有信贷额的 90%(数据详见支撑材料)。

接下来将“较差”企业减少的信贷额总量依次分配给评价等级为“优秀”，“较好”和“一般”的企业。根据“优秀”企业已知的信贷风险值计算企业的信贷额分配占比，从而得到各企业第一次的预分配信贷额，通过计算各企业已分配的信贷额和第一次预分配的信贷额的总和在 100000 到 1000000 之间，满足银行的可贷款额度，因此结束信贷额分配的调整，得到“优秀”企业最终分配到的信贷额(数据详见支撑材料)。由于在“优秀”企业中结束了信贷额分配的调整，因此评价等级为“较好”和“一般”的企业信贷分配额将不再调整。并且贷款年利率与第二题相同，最终调整后的信贷额分配部分见下表(数据结果详见支撑材料)。

表 17 各类型企业调整分配额的部分结果

企业类型 综合评判等级		
企业代号	信誉评级	总分配信贷额
E125	A	424560.2992
E126	B	424560.2994
E127	B	424726.3183
E128	B	424560.333
E129	B	424560.2994
E130	B	424560.2991
E131	B	424560.2992
E132	B	424560.2993
E133	B	424560.2994
E135	B	424560.3008

## 六、模型评价

### 6.1 问题一和二模型的评价

模型的优点：

- 对数据分布、样本含量指标大小均无严格的限制，适用于多评价单元、多指标的大系统资料，例如本题中的中小微企业进项、销项发票数据；
- 既可以用于横向对比，又可以用于纵向分析，应用十分灵活，并且数学计算相对比较简单，其结果量化客观；
- 比较充分地利用了原有的数据信息，与实际情况较为吻合；
- 可对每个评价对象的优劣进行排序。

#### 模型的缺点：

- 当两个评价对象的指标值关于最优方案和最劣方案的连线对称时，无法得出准确的结果；
- 只能对每个评价对象的优劣进行排序，不能分档管理，灵敏度不高；
- 权重  $w_j (j = 1, 2, \dots, n)$  不是通过计算得到，而是事先确定的，其值一般是主观赋值，所以具有一定的随意性。

**模型的改进：**可以尝试对各个指标进行相关性分析，从而确定决策的权重。

## 6.2 问题三模型的评价

#### 模型的优点：

- 可以将不完全信息转化为模糊概念，使定性问题定量化，提高评估的准确性、可信性；

#### 模型的缺点：

- 只考虑了主要因素的作用，忽视了次要因素，使评价结果不够全面；
- 当指标数较多时，权向量与模糊矩阵  $R$  不匹配，易造成评判失败。
- 评价的主观性明显。

**模型的改进：**为避免模糊数学中隶属函数构造的随意性，在模糊综合评价法中引入物元分析法的关联度函数，改进模糊综合评价法的隶属函数，建立并使用了模糊物元综合评价模型。

## 参考文献

- [1] <https://www.cnblogs.com/pxlsdz/p/12364711.html>
- [2] 古莹奎, 付阳, 梁玲强, 承姿辛. 基于 TOPSIS 理论的 FMEA 灵敏度分析方法 [J]. 煤炭学报, 2016, (S2).
- [3] 何正柯. TOPSIS 多属性决策方法的改进研究 [D]. 辽宁科技大学, 2018.
- [4] 周亚. 多属性决策中的 TOPSIS 法研究 [D]. 武汉理工大学, 2009.

- [5] <https://zhuanlan.zhihu.com/p/52100246>
- [6] 张焯. 中小微企业关系型贷款业务研究 [D]. 华东理工大学: 华东理工大学,2014.
- [7] 吴矜. 中小企业关系型贷款违约风险研究 [D]. 中南林业科技大学: 中南林业科技大学,2018.



## 附录 A 问题一的信誉风险指数模型的决策矩阵

$$A = \begin{pmatrix} 0.947788005 & 11449458.14 & 2.677610195 \\ 0.910869294 & 1733962.083 & 0.199753671 \\ 0.975488992 & 11927113.1 & 7.138390843 \\ 0.926608553 & 5170415.261 & 1.152900397 \\ 0.976691633 & 7764645.258 & 11.20460106 \\ 0.917290061 & 3169112.982 & 1.162096237 \\ 0.968490879 & 10379294.01 & 43.21154892 \\ 0.942467206 & 8971333.137 & 796.775134 \\ 0.886862076 & 662710.9032 & 0.171732432 \\ 0.925869522 & 1616222.432 & 0.434112511 \\ 0.909309613 & 2990098.009 & 1.477278227 \\ 0.949092784 & 1762979.644 & 0.756462257 \\ 0.969777458 & 1158661.639 & 8.473754038 \\ 0.949541284 & 708784.54 & 2228.314044 \\ 0.962319487 & 985674.8545 & 2.605194062 \\ 0.932086401 & 688524.2666 & 3.204821181 \\ 0.965438663 & 227606.6478 & 0.397501899 \\ 0.966545455 & 463066.1347 & 97.07451626 \end{pmatrix}$$

## 附录 B 问题一的各个信誉评级企业相关实力数据

表 18 附件一中信誉评级为 A 的企业相关实力数据

企业	平均有效发票比	月均利/元	收益比
E2	0.947788005	11449458.14	2.677610195
E6	0.910869294	1733962.083	0.199753671
E7	0.975488992	11927113.1	7.138390843
E8	0.926608553	5170415.261	1.152900397
E9	0.976691633	7764645.258	11.20460106
E13	0.917290061	3169112.982	1.162096237

表 19 附件一中信誉评级为 A 的企业相关实力数据 (续表)

企业	平均有效发票比	月均利/元	收益比
E15	0.968490879	10379294.01	43.21154892
E16	0.942467206	8971333.137	796.775134
E17	0.886862076	662710.9032	0.171732432
E18	0.925869522	1616222.432	0.434112511
E22	0.909309613	2990098.009	1.477278227
E24	0.949092784	1762979.644	0.756462257
E31	0.969777458	1158661.639	8.473754038
E42	0.949541284	708784.54	2228.314044
E48	0.962319487	985674.8545	2.605194062
E54	0.932086401	688524.2666	3.204821181
E59	0.965438663	227606.6478	0.397501899
E64	0.966545455	463066.1347	97.07451626
E81	0.95496535	38356.58405	0.62923569
E84	0.937527889	188683.9972	2.047512794
E88	0.955	50745.50838	2.747180582
E91	0.951320457	27973.89703	0.692819173

表 20 附件一中信誉评级为 B 的企业相关实力数据

企业	平均有效发票比	月均利/元	收益比
E5	0.954462321	18198.08895	0.002980076
E10	0.925301749	9562118.778	51.65832313
E12	0.950546048	3231195.703	1.074908497
E23	0.966885308	211097.4695	0.038496672
E28	0.922874138	1906159.489	31.05832784
E30	0.95759118	1542893.315	1.94901473
E32	0.921259116	1346289.596	16.00351781
E34	0.869961831	832742.1335	0.483296226
E35	0.951665599	35338.1527	0.034686224
E37	0.944007606	32443388.63	23.01714992
E38	0.922840597	1081673.117	2.10048715
E43	0.87263213	1007686.754	2.881145479
E45	0.962564103	132874.3921	0.141850113
E51	0.963714282	188658.3997	0.31508998
E57	0.909870039	92917.585	0.089714035
E58	0.851556305	515167.3983	1.842372883
E60	0.905820416	108613.6566	0.573156262
E61	0.98363738	486064.5348	17.01111021
E62	0.933242871	223314.6073	6.357877669
E63	0.949399176	285789.0313	0.270339268
E65	0.962257855	80196.60912	0.524451693
E67	0.931055677	113564.3539	3.135289431

表 21 附件一中信誉评级为 B 的企业相关实力数据 (续表)

企业	平均有效发票比	月均利/元	收益比
E70	0.941221019	102737.1066	0.552722151
E71	0.957221075	11271.38324	0.034950816
E74	0.961261261	456223.755	10.82012374
E76	0.949387755	85309.29514	3.366835411
E79	0.923739052	9565.553158	0.109338609
E85	0.9193183	72496.57355	5.154437881
E93	0.964614262	39957.02793	3.454977078
E95	0.973165389	577420.92	2029.599016
E97	0.982954545	95264.612	47.91982495
E98	0.924836601	63354.11684	5.746021676
E106	0.937091503	30998.57235	8.574134371

表 22 附件一中信誉评级为 C 的企业相关实力数据

企业	平均有效发票比	月均利/元	收益比
E3	0.970736223	13635553.07	9.563625117
E4	0.924264076	46288359.59	6.363680435
E11	0.949123717	661743.1387	0.105539745
E14	0.925320384	3717694.856	1.040091947
E25	0.909417831	853573.735	2.900935535
E29	0.973684211	3000723.737	241.1918996
E39	0.941650548	1200872.85	77.21817833

表 23 附件一中信誉评级为 C 的企业相关实力数据 (续表)

企业	平均有效发票比	月均利/元	收益比
E40	0.940294652	841735.3089	6.566770748
E41	0.9402732	742248.9689	5.096418907
E44	0.949952943	82354.94639	0.086231454
E46	0.946145377	249042.2831	0.170112323
E47	0.960630062	229497.0942	0.172374722
E49	0.935905128	469583.6769	0.555817133
E50	0.919307197	1339573.411	9.263025907
E53	0.912313824	107421.2984	0.095298944
E55	0.832288856	472482.8318	1.218101607
E56	0.942226596	50486.02735	0.0609481
E68	0.945205479	488892.5925	7927.987986
E69	0.94548552	213886.0435	1118.788535
E72	0.842018197	163621.5711	1.903788081
E73	0.967507132	149006.7389	6.266964053
E75	0.953176726	108186.5703	1.431131706
E77	0.979112834	240627.8413	4.467759014
E78	0.962686567	200980.9163	1.608289666
E80	0.983254219	143846.335	0.44248756
E86	0.928194993	33261.26154	0.248251378
E87	0.96917564	107656.3777	1.388077425
E90	0.843849059	78687.41031	3.322822789
E92	0.959191044	171738.1258	12.92945825

表 24 附件一中信誉评级为 C 的企业相关实力数据 (续表)

企业	平均有效发票比	月均利/元	收益比
E94	0.954081633	43297.92542	63.57214058
E104	0.952380952	26238.636	937.0941429
E105	0.995901639	39886.19348	108.1818927
E110	0.873493976	9331.260476	188.4196827

表 25 附件一中信誉评级为 D 的企业相关实力数据

企业	平均有效发票比	月均利/元	收益比
E36	0.939245531	489143.0597	0.012176318
E52	0.858485178	99209.2008	0.004664254
E82	0.981988986	56019.99615	0.016470287
E100	0.994949495	22423.44586	0.03242776
E101	0.753968254	73660.9525	0.187729568
E103	0.91315407	63732.635	0.034970821
E107	0.814814815	62014.09182	0.074357424
E108	1	23043.5275	0.116844546
E109	0.848484848	36625.7775	0.080177794
E111	0.882820144	7782.067333	0.008851891
E112	0.844768439	14557.159	0.013296601
E115	0.833333333	13751.42	0.240409441
E116	0.957446809	15254.778	0.06399613
E117	0.795454545	51664.252	0.098376619

表 26 附件一中信誉评级为 **D** 的企业相关实力数据 (续表)

企业	平均有效发票比	月均利/元	收益比
E118	0.937739464	7017.836333	0.024979734
E120	0.641283525	28759.60833	0.146438757
E122	0.921786723	317.2965385	0.005223797
E123	0.753846154	13296.22667	0.058429619

## 附录 C 问题一的允许贷款企业的距离值以及综合指标值

表 27 附件一中允许贷款的信誉为 **B** 的企业的距离值以及综合指标值

企业	$s_i^*$	$s_i^0$	$f_i^*$
E5	0.000463328	0.000881661	0.655515425
E10	0.000463328	0.000867527	0.651856918
E12	0.000463328	0.000868817	0.65219402
E23	0.000463328	0.000869904	0.652477562
E28	0.000463328	0.000864957	0.651183139
E30	0.000463328	0.000868669	0.652155384
E32	0.000463328	0.000866084	0.651478886
E34	0.000463328	0.000868941	0.652226175
E35	0.000463328	0.00087519	0.653849848
E37	0.000463328	0.00086866	0.652152967
E38	0.000463328	0.00086856	0.652126845
E43	0.000463328	0.000868339	0.652068976
E45	0.000463328	0.00087034	0.652591144
E51	0.000463328	0.000869669	0.652416248

表 28 附件一中允许贷款的信誉为 B 的企业的距离值以及综合指标值 (续表)

企业	$s_i^*$	$s_i^0$	$f_i^*$
E57	0.000463328	0.00087099	0.652760262
E58	0.000463328	0.000868356	0.652073449
E60	0.000463328	0.000869577	0.652392272
E61	0.000463328	0.000860761	0.650077754
E62	0.000463328	0.000862883	0.650637577
E63	0.000463328	0.000869409	0.652348387
E65	0.000463328	0.000870164	0.652545339
E67	0.000463328	0.000864076	0.650951737
E70	0.000463328	0.000869753	0.652438188
E71	0.000463328	0.000888937	0.657368729
E74	0.000463328	0.000863538	0.650810212
E76	0.000463328	0.000861894	0.65037686
E79	0.000463328	0.000889754	0.657575767
E85	0.000463328	0.000854552	0.648429142
E93	0.000463328	0.000853599	0.648174841
E95	0.000463328	0.000467523	0.50225312
E97	0.000463328	0.000750957	0.618435351
E98	0.000463328	0.000850245	0.647276522
E106	0.000463328	0.000809129	0.635879272



表 29 附件一中允许贷款的信誉为 C 的企业的距离值以及综合指标值

企业	$s_i^*$	$s_i^0$	$f_i^*$
E3	0.004670603	0.00905211	0.659644358
E4	0.004670603	0.009052236	0.659647488
E11	0.004670603	0.009052579	0.659655987
E14	0.004670603	0.009052258	0.659648016
E25	0.004670603	0.009051691	0.659633961
E29	0.004670603	0.009032565	0.659158903
E39	0.004670603	0.009036634	0.659260069
E40	0.004670603	0.00905062	0.659607394
E41	0.004670603	0.009050887	0.659614018
E44	0.004670603	0.009054847	0.659712222
E46	0.004670603	0.009053032	0.659667227
E47	0.004670603	0.009053111	0.659669172
E49	0.004670603	0.009052464	0.659653146
E50	0.004670603	0.009050732	0.659610176
E53	0.004670603	0.009054137	0.659694632
E55	0.004670603	0.009052064	0.65964322
E56	0.004670603	0.009056562	0.659754745
E68	0.004670603	0.005435777	0.537856002
E69	0.004670603	0.007790083	0.625172907
E72	0.004670603	0.009050668	0.659608585
E73	0.004670603	0.009043512	0.659430967
E75	0.004670603	0.009051178	0.659621232
E77	0.004670603	0.009048697	0.659559676

表 30 附件一中允许贷款的信誉为 C 的企业的距离值以及综合指标值 (续表)

企业	$s_i^*$	$s_i^0$	$f_i^*$
E78	0.004670603	0.009051475	0.659628593
E80	0.004670603	0.009053191	0.659671154
E86	0.004670603	0.009057298	0.659772969
E87	0.004670603	0.009051307	0.659624449
E90	0.004670603	0.009044511	0.659455784
E92	0.004670603	0.009035112	0.659222245
E94	0.004670603	0.008697893	0.650626167
E104	0.004670603	0.004673335	0.500146229
E105	0.004670603	0.008396617	0.642571041
E110	0.004670603	0.004801862	0.506928464

表 31 附件一中允许贷款的信誉为 **D** 的企业的距离值以及综合指标值

企业	$s_i^*$	$s_i^0$	$f_i^*$
E36	0.000712473	0.000375579	0.34518449
E52	0.000712473	0.000374711	0.344661994
E82	0.000712473	0.000373606	0.343995456
E100	0.000712473	0.000370391	0.342047309
E101	0.000712473	0.000374829	0.344733345
E103	0.000712473	0.000374047	0.344261697
E107	0.000712473	0.000374283	0.34440376
E108	0.000712473	0.000370958	0.342392015
E109	0.000712473	0.000373131	0.343708281
E111	0.000712473	0.00036227	0.337075867
E112	0.000712473	0.000368661	0.340995018
E115	0.000712473	0.000370367	0.342032869
E116	0.000712473	0.000368487	0.340888424
E117	0.000712473	0.000374084	0.344283826
E118	0.000712473	0.000360329	0.335876329
E120	0.000712473	0.00037361	0.34399768
E122	0.000712473	0.000712473	0.5
E123	0.000712473	0.000369244	0.341350107

**附录 D 附件一中允许贷款企业在贷款配额模型中距离值以及综合指标值以及综合指标值占比**

企业	信誉评级	$s_j^*$	$s_j^0$	$f_j^*$	$f_j^*/(\sum_{j=1}^n f_j^*)$
E2	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E3	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E4	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E5	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E6	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E7	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E8	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E9	A	1.95303243	0.027473056	0.013871739	0.004259526
E10	B	1.95303243	0.027473073	0.013871748	0.004259528
E11	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E12	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E13	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E14	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E15	A	1.95303243	0.027473063	0.013871743	0.004259527
E16	A	1.95303243	0.028542729	0.014404061	0.004422983
E17	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E18	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E22	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E23	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E24	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E25	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526

企业	信誉评级	$s_j^*$	$s_j^0$	$f_j^*$	$f_j^*/(\sum_{j=1}^n f_j^*)$
E28	B	1.95303243	0.02747311	0.013871766	0.004259534
E29	C	1.95303243	0.02769776	0.013983611	0.004293878
E30	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E31	A	1.95303243	0.027473056	0.01387174	0.004259526
E32	B	1.95303243	0.027473063	0.013871743	0.004259527
E34	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E35	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E37	B	1.95303243	0.027473056	0.013871739	0.004259526
E38	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E39	C	1.95303243	0.027479225	0.013874811	0.004260469
E40	C	1.95303243	0.027473056	0.013871739	0.004259526
E41	C	1.95303243	0.027473056	0.013871739	0.004259526
E42	A	1.95303243	0.86736561	0.307533049	0.094432641
E43	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E44	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E45	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E46	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E47	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E48	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E49	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E50	C	1.95303243	0.027473059	0.013871741	0.004259526
E51	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E53	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E54	A	1.95303243	0.027473056	0.013871739	0.004259526

企业	信誉评级	$s_j^*$	$s_j^0$	$f_j^*$	$f_j^*/(\sum_{j=1}^n f_j^*)$
E55	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E56	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E57	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E58	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E59	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E60	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E61	B	1.95303243	0.027473127	0.013871775	0.004259537
E62	B	1.95303243	0.027473062	0.013871742	0.004259527
E63	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E64	A	1.95303243	0.02756148	0.013915765	0.004273045
E65	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E67	B	1.95303243	0.027473057	0.01387174	0.004259526
E68	C	1.95303243	1.951887877	0.499853447	0.153487507
E69	C	1.95303243	0.727716795	0.271460228	0.083355939
E70	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E71	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E72	C	1.95303243	0.027473056	0.013871739	0.004259526
E73	C	1.95303243	0.027473068	0.013871745	0.004259528
E74	B	1.95303243	0.027473069	0.013871746	0.004259528
E75	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E76	B	1.95303243	0.027473058	0.01387174	0.004259526
E77	C	1.95303243	0.027473059	0.013871741	0.004259526
E78	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E79	B	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526

企业	信誉评级	$s_j^*$	$s_j^0$	$f_j^*$	$f_j^*/(\sum_{j=1}^n f_j^*)$
E80	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E81	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E84	A	1.95303243	0.027473056	0.013871739	0.004259526
E85	B	1.95303243	0.027473078	0.01387175	0.004259529
E86	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E87	C	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E88	A	1.95303243	0.027473058	0.013871741	0.004259526
E90	C	1.95303243	0.027473058	0.013871741	0.004259526
E91	A	1.95303243	0.027473055	0.013871739	0.004259526
E92	C	1.95303243	0.027474603	0.01387251	0.004259762
E93	B	1.95303243	0.027473068	0.013871745	0.004259528
E94	C	1.95303243	0.030603949	0.015428205	0.004737462
E95	B	1.95303243	0.882304039	0.311181424	0.095552929
E97	B	1.95303243	0.027594962	0.013932435	0.004278163
E98	B	1.95303243	0.027473101	0.013871762	0.004259533
E104	C	1.95303243	1.905626954	0.493857261	0.151646288
E105	C	1.95303243	0.049094737	0.024521288	0.00752963
E106	B	1.95303243	0.027474071	0.013872245	0.004259681
E110	C	1.95303243	0.558298705	0.222311864	0.068264196

## 附录 E TOPSIS 算法代码

```
clear
A=load('A.txt');
B=A';%将导入的数据矩阵进行转置
[m,n]=size(B);
C=zscore(B);%数据标准化
```

```

C=C';
E=[1 1/3 1/4;3 1 7;4 1/7 1];%成对比较判断矩阵
[x,y]=eig(E);%x是特征向量矩阵，y是特征值矩阵
lamda=max(diag(y));%求最大特征值
[max_column, index_row] = max(y);%最大特征值所在位置
w=x(:,index_row(2));%对应特征向量
w=w';
w= repmat(w,n,1);
E=C.*w;%计算加权属性
cstar=max(E);%求正理想解
CO=min(E);%求负理想解
for i = 1:n
sstar(i)=norm(D(1,:)-cstar)%求到正理想解的距离
s0(i)=norm(D(i,:)-CO)%求到负理想解的距离
end
f=s0./(sstar+s0);
xlswrite('a1.xls',[sstar' s0' f'])%把计算结果写入excel中

```

## 附录 F 计算成对比较判断矩阵的特征值和特征向量代码

```

clear
A=load('A.txt');
B=A';%将导入的数据矩阵进行转置
C=zscore(B);%数据标准化
E=[1 1/3 1/4;3 1 7;4 1/7 1];%成对比较判断矩阵
[x,y]=eig(E);%x是特征向量矩阵，y是特征值矩阵
lamda=max(diag(y));%求最大特征值
[max_column, index_row] = max(y);%最大特征值所在位置
w=x(:,index_row(2));%对应特征向量

```

## 附录 G 银行最大利益下的寻求最优客户流失率组合的代码

```

#include <stdio.h>
#include<iostream>

using namespace std;

double x[29]={0,0.094574126,0.135727183,0.224603354,0.302038102,0.347315668,
0.41347177,0.447890973,0.497634453,0.511096612,0.573393087,0.609492115,
0.652944774,0.667541843,0.694779921,0.708302023,0.731275401,0.775091405,
0.79822736,0.790527266,0.815196986,0.814421029,0.854811097,0.870317343,
0.871428085,0.885925945,0.874434682,0.902725909,0.922060687};

```



```

double y[29]={0,0.0667995830000000,0.135052060000000,0.206580080000000,
0.276812293000000,0.302883401000000,0.370215852000000,0.406296668000000,
0.458295295000000,0.508718692000000,0.544408837000000,0.548493958000000,
0.588765696000000,0.625764576000000,0.635605146000000,0.673527424000000,
0.696925431000000,0.705315993000000,0.742936326000000,0.776400729000000,
0.762022595000000,0.791503697000000,0.814998933000000,0.822297861000000,
0.835301602000000,0.845747745000000,0.842070844000000,0.868159536000000,
0.885864919000000};

double z[29]={0,0.0687253060000000,0.122099029000000,0.181252146000000,
0.263302863000000,0.290189098000000,0.349715590000000,0.390771683000000,
0.457238070000000,0.492660433000000,0.513660239000000,0.530248706000000,
0.587762408000000,0.590097045000000,0.642993656000000,0.658839416000000,
0.696870573000000,0.719103552000000,0.711101237000000,0.750627656000000,
0.776816043000000,0.784480512000000,0.795566274000000,0.820051434000000,
0.832288422000000,0.844089875000000,0.836974326000000,0.872558957000000,
0.895164739000000};

double q[29]={0.04,0.0425,0.0465,0.0505,0.0545,0.0585,0.0625,0.0665,0.0705,
0.0745,0.0785,0.0825,0.0865,0.0905,0.0945,0.0985,0.1025,0.1065,0.1105,
0.1145,0.1185,0.1225,0.1265,0.1305,0.1345,0.1385,0.1425,0.1465,0.15};

double x0;
double y1;
double z0;
double d;
double sumxyz;
double max_sum;
double a;
double b;
double c;
double m,n,t;
int main()
{
    d=1;
    a=0;
    b=0;
    c=0;
    max_sum=0;
    x0=304388777;
    y1=694272067;
    z0=1339156;
    for(int i=0;i<29;i++)
    {
        for(int j=0;j<29;j++)
        {
            for(int k=0;k<29;k++)
            {
                m=(d-x[i])*x0;
                n=(d-y[j])*y1;
            }
        }
    }
}

```

```

        t=(d-z[k])*z0;
        sumxyz=m*q[i]+n*q[j]+t*q[k];
        if(sumxyz>max_sum)
        {
            max_sum=sumxyz;
            a=x[i];
            b=y[j];
            c=z[k];
        }
    }
}
cout<<"a="<<a<<" b="<<b<<" c="<<c<<endl;
cout<<max_sum<<endl;
return 0;
}

```

## 附录 H 模糊综合评价模型代码

```

clear
R=load('GTJY.txt');
Q=[0.15 0.4 0.15 0.3];
B=Q*R;
xlswrite('gtjy.xls',B)

```

## 附录 I 支撑文件列表

(文件夹: 问题二)

贷款配比.txt

第二问贷款额分配(过渡数据).xlsx

第二问贷款分配的迭代过程数据.xlsx

第二问贷款分配的最终结果.xlsx

银行最人利润代码.cpp

(文件夹: 问题三)

企业初步分类.xlsx

WENT13.m

各类型企业的模糊判断矩阵.xlsx

各企业调整分配额\_结果.xlsx

信贷额分配调整过程表.xlsx

第三问数据处理表.xlsx

第三问企业分类表.xlsx

(文件夹：问题一的第二个模型)

平均年度需贷款额\_信贷得分\_收益比.xlsx

(文件夹：问题一的第一个模型)

A.txt

B.txt

C.txt

D.txt

tezhengjuzhen\_tezhengxiangliang.m

TOPSIS.m

信誉评级为A的企业各项数据处理结果.xlsx

信誉评级为B的企业各项数据处理结果.xlsx

信誉评级为C的企业各项数据处理结果.xlsx

信誉评级为D的企业各项数据处理结果.xlsx