

基于 Logit 的中小企业信贷风险模型及信贷决策实证分析

摘要

本文研究的是中小微企业信贷风险评估及信贷策略的问题。本文建立了评估信贷风险的 logit 模型和以信贷风险最小、净利润最大为双目标的规划模型。

针对问题一，本题分为两问，我们对第一问建立 **logit 模型** 以评估信贷风险，对第二问建立了以信贷风险最小和净利润最大为**双目标的规划模型**来制定信贷策略。先进行数据预处理。对于第一问，首先，由于信贷风险代表违约和未违约两种情况，因此考虑按照二分法变量来测量，选用 Logit 模型。然后我们利用收益因子、税收因子、行业因子、波动率因子、发展因子五个指标建立 Logit 模型，并经相关性检验知它们均可用。对于第二问，我们以是否对处于该信誉评级的企业放贷作为决策变量，以银行通过一年信贷承受的信贷风险最小和获得的净利润最大为双目标，以期望年收益率、还款能力、银行一年期满收到企业的还款金额为约束条件，建立双目标规划模型。具体应用时，我们由附件 1 数据利用**蒙特卡洛模拟**方法求解出 123 个企业的贷款资格、贷款利率和贷款金额，并得到银行最大净利润 1918607.52 元，贷款总额 59521807.31 元。

针对问题二，本题与问题一类似，我们建立了 logit 模型和双目标规划模型。关于信贷风险的评估，我们参照问题一建立了 logit 模型。关于信贷额度的测算，本问增加了年度信贷额度为 1 亿这一约束条件。具体应用时，由于本题附件中的企业无信贷记录，我们对信誉评级和是否违约进行了**相关性分析**，发现两者有强相关性，可用信用评级来进行信贷策略的制定。信用评级由信贷风险决定，因此我们通过回归拟合，制定了由信用风险决定的信用评级标准表，得到 302 家企业的评级结果：A 级 11 家、B 级 50 家、C 级 226 家、D 级 15 家。使用该评级结果和附件 2 数据，利用蒙特卡洛模拟法求解出 302 家企业贷款资格、贷款利率和贷款金额，并得到银行最大净利润 3403005.819 元，总贷款数额 99866888.21 元。

针对问题三，在问题一、二模型的基础上增加了突发因素，我们对问题二中的模型进行调整得到改进的双目标规划模型。突发因素对各企业的影响可以从外部和内部两方面考虑，外部为突发因素对大环境的影响，为系统风险，内部受到企业实力规模、所处行业、持续影响时间的综合影响，由此我们建立影响因子。我们可以证明企业销项发票金额服从**几何布朗运动**，由**伊藤定理**可得同内部和外部因素相关的预测变化率。根据该预测变化率，在问题二模型的基础上进行修正得到 logit 模型，调整约束条件得到信贷额度测算模型。最后使用雪灾和新冠病毒疫情对模型进行应用，可得银行最大净利润为 2325862.772 元，总贷款额度为 70574348.54 元，以及 302 家受疫情影响的企业的贷款资格、贷款额度、贷款利率。

最后，本文从蒙特卡洛投点法优化的合理性和贷款时间与突发因素发生时间关系出发，对结果的影响进行了检验，分析了模型的优缺点，讨论了模型的改进方向并对模型进行了简单的推广。

关键词：中小微企业贷款；Logit 模型；蒙特卡洛算法；几何布朗运动

一、问题的提出和重述

1.1 问题的提出

现如今中小微企业对经济发展所作出的贡献越来越大，长期受融资难的问题困扰的中小企业与被新兴互联网融资方式挤压盈利空间的商业银行形成了一种互惠互利的关系。

然而，由于中小微企业在企业经营发展方面以及信贷遵守方面存在很大的不确定，阻碍了商业银行的信贷业务的大规模开展。因此，具备一套行之有效的适用于识别中小企业信贷风险的策略对于商业银行而言非常必要。

1.2 问题的重述

某银行对确定要放贷企业的贷款额度为 10-100 万元；年利率为 4%-15%；贷款期限为 1 年。

请根据实际情况和附件中的数据信息，通过建立数学模型进行中小微企业信贷策略的研究，解决下列问题：

问题一：对附件 1 中 123 家企业的信贷风险进行评估，给出该银行在年度信贷总额度固定时对这些企业的信贷策略。

问题二：在问题一的基础上，对附件 2 中 302 家企业的信贷风险进行评估，并给出该银行在年度信贷总额度为 1 亿元时关于这些企业的信贷策略。

问题三：一些突发因素可能会使企业的生产经营和经济效益受到影响，而且往往对不同类别、不同行业的企业会有不同的影响。综合考虑附件 2 中各企业的信贷风险和可能的突发因素对各企业的影响，给出该银行在年度信贷总额度为 1 亿元时的信贷调整策略。

二、问题的分析

2.1 名词解释

- (1) 进项发票：企业进货时销售方所开具的发票。
- (2) 销项发票：企业销售产品时为客户开具的发票。
- (3) 有效发票：为正常交易活动开具的发票。
- (4) 作废发票：开具发票后，因故该项交易被取消，使发票作废。
- (5) 负数发票：开具发票后，企业已入账记税，而后购方因种种原因退货退款后所开具的发票。
- (6) 信誉评级：银行内部根据企业的当下实际情况人工评定。
- (7) 客户流失率：因为贷款利率等因素，银行失去潜在客户的比率。

2.2 数据预处理

1、确定企业行业

由附件 1、附件 2 中企业信息中的企业名称判断其所处行业类型，根据表 1 中行业名称分为 11 类。

2、确定企业规模

由附件 1、附件 2 中的销项发票信息计算出一年的营业收入，根据每个企业数据开始时间的不同分别计算出年平均营业收入。然后参照下表依据不同行业企业的划分标准将其分为中型、小型、微型企业。由于题目所提供的信息无法进行租赁和商务服务业和其他未列明行业的划分，因此我们参考类似行业的标准进行分类。

表 1 统计上大中小微型企业划分办法（单位：万元）^[1]

行业名称	微型	小型	中型
农、林、牧、渔业	$X < 50$	$50 \leq X < 500$	$500 \leq X < 20000$
工业	$X < 300$	$300 \leq X < 2000$	$2000 \leq X < 40000$
建筑业	$X < 300$	$300 \leq X < 6000$	$6000 \leq X < 80000$
批发业	$X < 1000$	$1000 \leq X < 5000$	$5000 \leq X < 40000$
零售业	$X < 100$	$100 \leq X < 500$	$500 \leq X < 20000$
交通运输业	$X < 200$	$200 \leq X < 3000$	$3000 \leq X < 30000$
仓储业	$X < 100$	$100 \leq X < 1000$	$1000 \leq X < 30000$
邮政业	$X < 100$	$100 \leq X < 2000$	$2000 \leq X < 30000$
住宿业	$X < 100$	$100 \leq X < 2000$	$2000 \leq X < 10000$
餐饮业	$X < 100$	$100 \leq X < 2000$	$2000 \leq X < 10000$
信息传输业	$X < 100$	$100 \leq X < 1000$	$1000 \leq X < 100000$
软件和信息技术服务业	$X < 50$	$50 \leq X < 1000$	$1000 \leq X < 10000$
房地产开发经营	$X < 100$	$100 \leq X < 1000$	$1000 \leq X < 200000$
物业管理	$X < 500$	$500 \leq X < 1000$	$1000 \leq X < 5000$
租赁和商务服务业	无	无	无
其他未列明行业	无	无	无

2.3 问题的分析



针对问题一：

该问题分为信贷风险量化和信贷策略制定两问。对于第一小问，信贷风险代表违约和未违约两种情况，对其量化分析的关键在于选择合适的指标来建立该模型。在构建中小微企业的信贷风险评估指标时，要在充分考虑定量的财务指标的情况下，更多地考虑量化反映中小微企业软实力的定性指标，可以借鉴大型评级机构理念，进行指标的选择。然后可以选择拟合回归的方法将各个指标体现在量化风险这一量上。对于第二小问，我们可以以建立一年信贷获得的信贷风险最小和净利润最大的双目标规划模型，建立算法求解得到各个企业信贷额度及贷款利率。

针对问题二：

本题可以在问题一模型的基础上进行，但要注意此时银行能够借贷的总额度有了具体的限制，经过初步分析可知该额度不足以满足所有企业的贷款需求，因此可以按照企业信用评级对其额度进行限制。本题数据中企业先前无信贷记录，因此我们要对其进行信用评级，制定由信贷风险决定的信用评级规则，判断信用评级和违约之间的相关性，求出信贷风险对应规则完成评级。

针对问题三：

突发因素对各企业的影响可以从外部和内部两方面考虑，外部为突发因素对大环境的影响，为系统风险，内部受到企业实力规模、所处行业、持续影响时间的综合影响，可以建立影响因子，在问题二模型的基础上进行修正，最后使用具体事件对模型进行应用。

三、模型的假设

3.1 模型的假设

(1) 假设租赁和商务服务业、其他未列明行业、个体经营属于微型企业，其他行业除营业收入外的从业人员、资产总额均符合《统计上大中小微型企业划分办法(2017)》^[1]标准。

(2) 假设企业所提供的信息真实有效。

(3) 假设不考虑银行的经济成本、贷款成本对贷款额度定价的影响。

(4) 假设企业违约即不偿还银行任何本息。

(5) 假设不考虑政策（税率、费用）对银行、企业的影响。

(6) 假设银行对信用评级为D的企业不予放贷。

四、符号及变量说明

符号	表示含义	单位
X	企业一年的营业收入	万元
i	第 <i>i</i> 个企业	
S	企业规模的量化数值	
R_{out}	销项发票的金额	万元
R_{in}	进项发票的金额	万元
T_{out}	销项发票的税额	万元
T_{in}	进项发票的税额	万元
K	企业的发展因子	
σ	企业波动变化的标准差	

P	企业的信贷风险、违约概率	
L	企业的信誉评级 (A, B, C, D)	
g	银行是否对企业放贷	
w	企业是否违约未还款	
$c(L)$	企业在信誉评级 L 下的违约概率	
$f(L)$	银行在信誉评级 L 下的客户流失率	
r	企业贷款的期望年收益率	
R_b	银行一年从企业信贷所得净利润	万元
M	银行一年期满收到企业的还款金额	万元
A	银行对企业发放的贷款金额	万元
μ	对企业未来发展的期望变化率	
q	外部影响因子, 表示突发因素对整体环境的影响力度	
η	企业的抗压能力	
G	受到突发因素影响后的企业营业收入	万元
\hat{R}_{out}	受到突发因素影响后的企业销项金额	
γ	受到突发因素影响后企业的信贷风险变化率	
\hat{p}	受到突发因素影响后企业的信贷风险	

五、模型的建立

5.1 对于问题一的模型的建立和求解

5.1.1 信贷风险的评估模型

由于信贷风险代表违约和未违约两种情况, 因此可以考虑按照二分法变量来测量, 因此我们考虑选用 Logit 模型^[7], 选择合适的指标来建立该模型。

与大型企业相比, 中小微企业由于自身具有资金薄弱、财务制度不健全、企业信誉取决于企业主等特点。因此在构建中小微企业的信贷风险评估指标时, 要在充分考虑定量的财务指标的情况下, 更多地考虑量化反映中小微企业软实力的定性指标。借鉴著名评级机构标准普尔公司的评估理念^[6]——财务分析、产业分析、风险分析——我们选择以收益因子(财务分析)、税收因子(财务分析)、行业因子(产业分析)、波动率因子(风险分析)、发展因子(产业分析)五个指标进行模型的建立。

(1) 收益因子

企业收益, 即企业净利润, 使用该因子可以反映该企业的盈利能力和成本控制能力强弱。

由于销项发票代表企业的销售情况, 进项发票代表企业的成本, 因此第 i 个企业收益可以用销项发票的金额和税额之和减去进项发票的金额和税额之和, 即

$$R_i = (R_{out} + T_{out}) - (R_{in} + T_{in}) \quad (1)$$

其中 R_{out} 表示销项发票的金额, T_{out} 表示销项发票的税额, R_{in} 表示进项发票的金额, T_{in} 表示进项发票的税额。

(2) 税收因子

纳税信息、征信信息中的纳税额度等数据, 能够描绘出中小微企业经营稳定和增长情况。考虑到评判公司的税收水平主要依靠销项发票中的税额, 因此该因子用 T_{out} 表示。

(3) 行业规模因子

中小微企业所处市场前景的好坏直接影响中小微企业盈利水平的高低，而企业规模也对其偿还银行债务起着重要的影响。

由中小微企业的划分标准（表 1）可知，相邻两种规模的企业营业收入基本呈 10 的几何增长。故在量化行业规模因子时，设微型企业为 1，小型企业为 10，中型企业为 100，大型企业为 1000，即

$$S_i = \begin{cases} 1 & \text{企业为微型} \\ 10 & \text{企业为小型} \\ 100 & \text{企业为中型} \\ 1000 & \text{企业为大型} \end{cases}, i \text{ 表示第 } i \text{ 家企业} \quad (2)$$

(4) 波动率因子

企业偿债能力不光与盈利能力相关，还与现金流和业务的稳定性高度相关。

令变化度 $u_j = \ln\left(\frac{R_{i,j}}{R_{i,j-1}}\right)$ ，其中 $j = 0, 1, \dots, N_i - 1$ ， N_i 为第 i 个企业已有数据的总季度数，由此可得波动变化的无偏估计：

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2} \quad (3)$$

估计标准差为

$$\hat{\sigma}_i = \frac{s}{\sqrt{\tau}} \quad (4)$$

标准差为

$$\sigma = \frac{\hat{\sigma}_i}{\sqrt{2(N_i - 1)}} \quad (5)$$

其中， τ 为单位时间间隔长度，若以季度计，则 $\tau = 4$ 。

(5) 发展因子

该因子可以预测企业的发展趋势。中小微企业规模普遍较小存在较大的发展空间，其资产、利润及主营业务增长的速度对企业的发展有着巨大影响。发展能力强的企业具有较好的前景和偿债能力。

通过对第 i 个企业第 t 个季度收益的回归拟合，可得发展因子 K_i ，即

$$R_{out}^i(t+1) = K_i \cdot R_{out}^i(t) \quad (6)$$



图 1 模型所用因子

综上可得，Logit 模型表达式为

$$\text{logit } P_i = \ln \frac{P_i}{1-P_i} = \beta_0 + \beta_1 R_i + \beta_2 T_{out}^i + \beta_3 S_i + \beta_4 \sigma_i + \beta_5 K_i \quad (7)$$

其中， P_i 为第 i 个企业的信贷风险； $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ 为拟合系数。根据上式可求得企业的信贷风险表达式为

$$P_i = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 R_i + \beta_2 T_{out}^i + \beta_3 S_i + \beta_4 \sigma_i + \beta_5 K_i}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 R_i + \beta_2 T_{out}^i + \beta_3 S_i + \beta_4 \sigma_i + \beta_5 K_i}} \quad (8)$$

通过上式 (8) 计算出信贷风险，根据信贷风险的高低指定标准，可以对企业进行信用评级。

5.1.2 信贷额度测算模型

假设在银行年度信贷总额固定时能尽可能满足所有企业的贷款需求。

根据信贷风险表达式 (8) 和评级标准我们可以得到该企业的信誉评级，银行对信誉评级为 D 的企业原则上不放贷，因此我们引入 0-1 变量 $g_i(L_i)$ ，则有

$$g_i(L_i) = \begin{cases} 0 & L_i = D \\ 1 & L_i \in \{A, B, C\} \end{cases} \quad (9)$$

其中 $L_i \in \{A, B, C, D\}$ ，代表企业的信誉评级结果。

在银行年度信贷总额固定时，能尽可能满足所有企业的贷款需求。我们以银行通过一年信贷获得的信贷风险最小和净利润最大做双目标规划模型如下：

决策变量为：

$$g_i(L_i)$$

目标函数为：

$$\min g_i(L_i) \cdot c_i(L_i) \quad (10)$$

$$\max R_b = \sum_{i=1}^{123} (g_i(L_i) \cdot M_i - A_i) \quad (11)$$

其中， R_b 代表银行通过一年信贷获得的净利润， M_i 表示银行一年期满收到企业 i 的还款金额， A_i 表示银行该年给企业 i 的贷款金额， $c_i(L_i)$ 表示企业 i 所在的信誉评级 L_i 的一般的违约概率（利用附件 1 中企业的违约情况）。

约束条件为：

(1) 贷款年利率的决定会影响当年的客户流失率，可得期望年收益率为

$$r_i = [1 - f_j(L_i)] \cdot \tilde{r}_j \quad (12)$$

其中， $f_j(L_i)$ 为信誉评级为 L_i 在附件 3 中第 j 个贷款年利率下的的客户流失率 $j=1,2,\dots,28$ ， \tilde{r}_j 表示附件 3 中第 j 个的贷款年利率。

(2) 还款金额 M_i 应当在企业的还款能力范围内，我们用发展因子 K_i 和企业销项发票金额所代表的主营业务盈利能力 R_{out}^i 的乘积来表达企业的还款能力，即

$$0 \leq M_i < K \cdot R_{out}^i \quad (13)$$

(3) 银行一年期满收到企业 i 的还款金额 M_i ，由是否给予该企业贷款、每月复利的到期本息金额以及该企业不违约的概率综合决定。即

$$M_i = g_i(L_i) \cdot A_i \left(1 + \frac{r_i}{12}\right)^{12} (1 - c_i(L_i)) \quad (14)$$

其中使用 r_i 作为复利的利率是因为考虑了流失客户实际上降低了银行的利息收入，我们将银行利润最大作为规划目标之一，因此不对客户流失率进行限制。

本文在考虑双目标优化时，优先考虑银行利润，在银行期望收益最大时再考虑风险最小。

综上，我们获得以银行一年信贷净利润最大和信贷风险最小为双目标规划模型为

$$\begin{aligned} & \min g_i(L_i) \cdot c_i(L_i) \\ & \max R_b = \sum_{i=1}^n (g_i(L_i) \cdot M_i - A_i) \\ & \begin{cases} r_i = [1 - f_j(L_i)] \cdot \tilde{r}_j \\ M_i = g_i(L_i) \cdot A_i \left(1 + \frac{r_i}{12}\right)^{12} (1 - c_i(L_i)) \\ 0 \leq M_i < K \cdot R_{out}^i \\ w_i \in \{0,1\}, L_i \in \{A, B, C, D\} \\ A_i \in [10, 100] \\ \tilde{r}_i \in [0.04, 0.15] \\ f_i \in [0, 1] \\ c_i \in [0, 1] \end{cases} \quad (15) \end{aligned}$$

5.1.3 具体求解算法

蒙特卡罗模拟方法是数值法的一种。特点是易于操作、节省时间，并且通过模拟贷款额度和利率可以直观地看出企业的营业收入走向。根据建立的定价模型结合计算机生成的随机数，对企业的营业收入进行模拟，最终结合客户流失率和利率，获得最大年化净利润和最小信贷风险。

Step1: 取两个点为贷款额度和利率，代入表达式求银行净利润 ($i=1, m=0$) ;

Step2: 净利润 R_b 和 m 作比较，若 $R_b > m$ ，则 $m=R_b$;

Step3: 若 $i < 10000, i=i+1$, 重复 step2, 否则，输出结果。

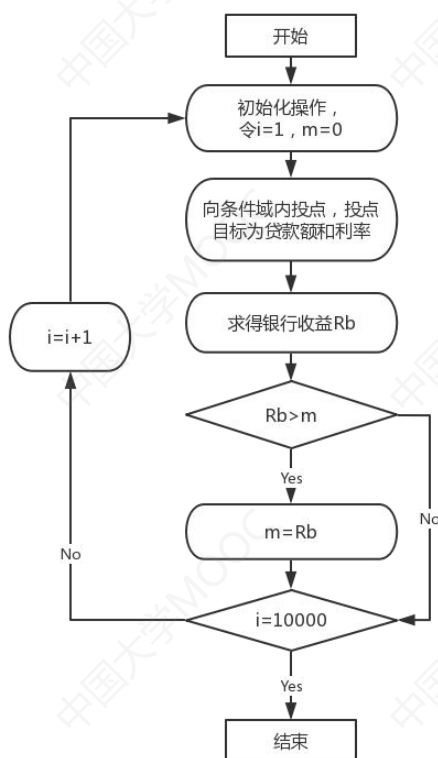


图 2 算法流程图

5.1.4 信贷额度固定时 123 家企业的信贷策略结果

表 2 拟合系数（无量纲化后结果）

β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
-0.256352064	0.681460218	0.265770868	0.250652072	0.294103329	1.431035774

表 3 拟合系数的统计指标

判定系数 R^2	F 统计量观测值	检验 p 的值	误差方差的估计
0.460636434	19.98446549	2.31E-14	0.067669653

使用 matlab 软件得到上述结果，代码见附件 1、附件 2。

由于数据较少，我们判定 R^2 的在合理范围内，因此使用该系数可得信贷风险的表达式为

$$P_i = \frac{e^{0.681460218R_i + 0.265770868T_{out}^i + 0.250652072S_i + 1.431035774\sigma_i + 0.294103329K_i - 0.256352064}}{1 + e^{0.681460218R_i + 0.265770868T_{out}^i + 0.250652072S_i + 1.431035774\sigma_i + 0.294103329K_i - 0.256352064}} \quad (16)$$

由此可以根据附件 1 中的数据，得到 123 家企业的信贷风险值（见附录 3）。

表 4 信贷额度模型测算所得银行最大净利润和贷款总额

银行最大利润	银行总贷款金额
1918607.52	59521807.311918607.52

表 5 信贷额度固定时 123 家企业的信贷策略部分结果（完整见附录 5）

编号	贷款利率	贷款金额	编号	贷款利率	贷款金额	编号	贷款利率	贷款金额
1	0.0785	477256.4241	42	0.0465	582706.0533	83	0.0465	866631.4214
10	0.04	614049.6009	51	0.0465	371754.5877	92	0.1105	817007.6109
11	0.0505	718595.9728	52	0	0	93	0.0905	834708.4617

使用 matlab 软件得到上述结果，代码见附件 4。

数据如编号 52 企业结果，贷款利率和贷款金额均为零代表为不放贷给该企业。而对于这 123 家企业，银行总共放贷给其中的 99 家企业。并且贷款利率处于 10%~15% 的企业有 29 家企业，处于 4%~10% 的企业有 94 家企业。从中可以看出在该模型评判下，对这些企业银行的放贷率为 80%，并且处于高利率即处于 10%~15% 的企业仅占 0.19%，所以在该模型下，银行鼓励具有良好信誉的企业贷款，并且以此获得更高的利润。

5.2 对于问题二的模型的建立和求解

5.2.1 信贷风险的评估模型

由于附件 2 所给企业之前无信贷记录，我们要探究信誉评级和是否违约是否存在关系，来判断无信贷记录的企业能否参照问题一信贷风险的量化模型。

使用 Matlab（附件 15）软件利用皮尔斯相关系数对附件 1 中信誉评级和是否违约的关系进行分析，得到相关系数 $r = 0.7180$ 。

查找资料^[2]知，相关性一般按三级划分： $|r| < 0.4$ 为低度相关； $0.4 \leq |r| < 0.7$ 为显著性相关； $0.7 \leq |r| < 1$ 为高度相关。由此可知信誉评级与是否违约高度相关，可以类似问题一通过信贷风险量化确定信誉评级来预计企业未来的违约情况。

参考问题一 5.1.1，可得信贷风险量化表达式：

$$P_i = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 R_i + \beta_2 T_{out}^i + \beta_3 S_i + \beta_4 \sigma_i + \beta_5 K_i}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 R_i + \beta_2 T_{out}^i + \beta_3 S_i + \beta_4 \sigma_i + \beta_5 K_i}} \quad (8)$$

通过对 $\logit P_i$ 式 (7) 的回归拟合，可以设定 A, B, C, D 等级判定的风险区间根据数据计算出 P_i 进行分类，可以得到新的评级结果。

5.2.2 信贷额度测算模型

与问题一 5.1.2 类似地，我们以银行通过一年信贷获得的信贷风险最小和净利润最大做双目标规划模型。但由于银行年度信贷总额此时给出具体值 1 亿我们对模型进行调整，如下：

决策变量为：

$$g_i(L_i)$$

目标函数为：

$$\min g_i(L_i) \cdot c_i(L_i) \quad (10)$$

$$\max R_b = \sum_{123} (g_i(L_i) \cdot M_i - A_i) \quad (11)$$

在式 (13) - (15) 的基础上, 增加约束条件:

(1) 银行年度信贷总额小于等于 1 亿, 即

$$\sum_{302} A_i \leq 10000 \quad (17)$$

(2) 由于 1 亿的信贷额度不能满足所有企业的贷款需求, 所以我们对信用等级为 C 的企业进行贷款额度限制, 规定

$$10 \leq A_i (L_i = C) \leq 50 \quad (18)$$

综上, 我们获得以银行一年信贷净利润最大和信贷风险最小为双目标规划模型为

$$\begin{aligned} \min & g_i(L_i) \cdot c_i(L_i) \\ \max & R_b = \sum_{302} (g_i(L_i) \cdot M_i - A_i) \\ \left\{ \begin{array}{l} r_i = [1 - f_j(L_i)] \cdot \tilde{r}_j \\ M_i = g_i(L_i) \cdot A_i (1 + \frac{r_i}{12})^{12} (1 - c_i(L_i)) \\ 0 \leq M_i < K \cdot R_{out}^i \\ \sum_{302} A_i \leq 10000 \\ s.t. \quad 10 \leq A_i (L_i = C) \leq 50 \\ w_i \in \{0,1\}, L_i \in \{A, B, C, D\} \\ A_i \in [10, 100] \\ \tilde{r}_i \in [0.04, 0.15] \\ f_i \in [0, 1] \\ c_i \in [0, 1] \end{array} \right. \quad (19) \end{aligned}$$

5.2.3 算法与 302 家企业信用评级及年度信贷总额为 1 亿元时信贷策略结果

算法与 5.1.3 原理相同。

根据 5.1.4 中拟合得到系数的表达式

$$P_i = \frac{e^{0.681460218R_i + 0.265770868T_{out}^i + 0.250652072S_i + 1.431035774\sigma_i + 0.294103329K_i - 0.256352064}}{1 + e^{0.681460218R_i + 0.265770868T_{out}^i + 0.250652072S_i + 1.431035774\sigma_i + 0.294103329K_i - 0.256352064}} \quad (20)$$

设定信用评级标准表

表 6 信用评级标准表

等级平淡	logit P_i 的范围	P_i 的范围
A	$\text{logit}P_i < 0$	$0 \leq P_i < 0.5$
B	$0 \leq \text{logit}P_i < 0.32$	$0.5 \leq P_i < 0.579$
C	$0.32 \leq \text{logit}P_i < 0.64$	$0.579 \leq P_i < 0.655$
D	$\text{logit}P_i \geq 0.64$	$0.655 \leq P_i \leq 1$

代入附件 2 中经过预处理的数据, 根据信用评级标准表表 6, 可以得到 302 家企业的信贷风险值 (见附录 7) 以及信用评级结果 (见附录 6)。

表 7 302 家企业评级结果中每个等级个数

A	B	C	D
11	50	226	15

如表 7 中数据所示, 在这 304 家企业中高信誉和极低信誉的企业较少, 而大

部分处于中等信誉即 B 和 C 级，占 90%。

表 8 信贷额度模型测算所得银行最大净利润和贷款总额

银行净利润	总贷款金额
3403005.819	99866888.21

表 9 信贷额度为 1 亿时 302 家企业的信贷策略部分结果（完整见附录）

编号	贷款金额	贷款利率	编号	贷款金额	贷款利率	编号	贷款金额	贷款利率
1	184896.7851	0.0945	102	485384.8054	0.0985	203	177096.6134	0.1105
2	949314.4236	0.0665	103	940314.5121	0.1385	204	353580.2362	0.1105
41	187452.681	0.1345	142	383548.0248	0.04	243	0	0
42	124564.2563	0.0625	143	364689.6109	0.1265	244	151332.7499	0.0985
100	188796.6965	0.1305	201	142769.8653	0.1065	302	0	0
101	474955.3868	0.0505	202	293138.371	0.0465			

在这 304 家企业中，银行放贷给其中的 289 家企业，并且贷款利率处于 4%~10% 的企业有 194 家。从中可以看出在该模型评判下，银行放贷率为 95%，低利率放贷率为 63%，说明银行对于这 304 家公司的放贷率较高，但是比较前 123 家企业，低利率放贷率明显降低。

5.3 对于问题三的模型的建立和求解

5.3.1 突发因素影响下信贷风险的评估模型

(1) 突发因素下的影响因子

参考 5.2.1 模型，其中收益因子，即营业收入，在突发因素下对企业还款能力的影响最大，还款能力降低是导致违约概率上升的重要因素，因此我们要对这个因子进行调整。

由下图 3 所示，我们用 matlab 软件（附件 9）对 R_{out} 数据进行正态分布检验，得出概率 $p > 0.05$ ，即代表企业营业收入的销项发票金额符合正态分布。

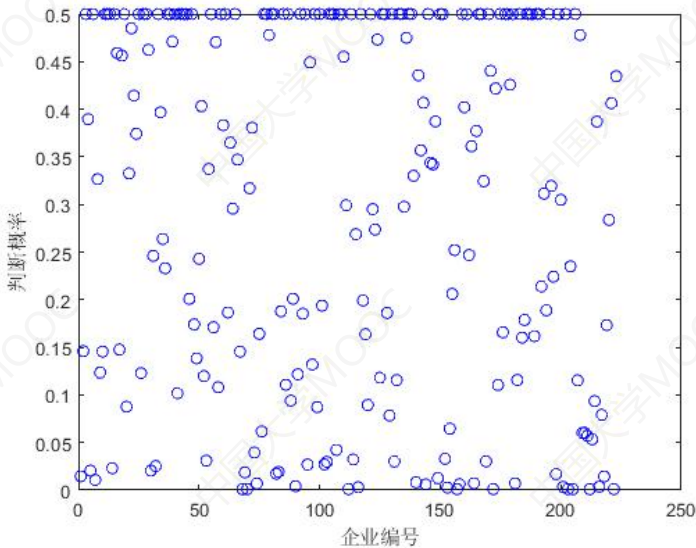


图 3 销项金额的正态分布检验

我们可以假设销项发票金额 R_{out} 服从几何布朗运动^[5]，引入 μ_i 为期望变化率，它是未来发展预期与现在的差值，即

$$\Delta R_{out}^i = K_i R_{out}^i - R_{out}^i \quad (21)$$

$$\mu_i = \frac{\Delta R_{out}^i}{R_{out}^i} = K_i - 1, (K_i > 0, \mu_i > -1) \quad (22)$$

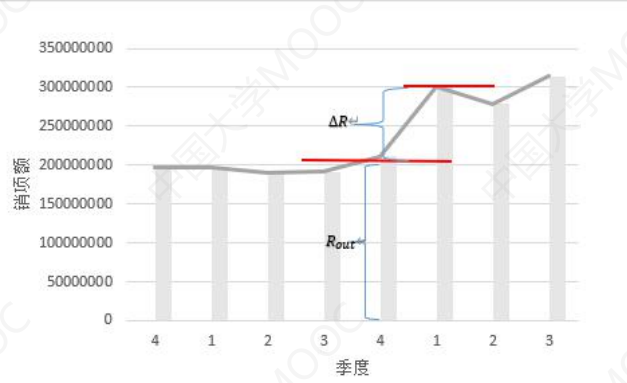


图 4 期望变化率的示意图

则

$$dR_{out}^i = \mu_i \cdot R_{out}^i dt + \sigma R_{out}^i dz \quad (23)$$

其中， dt 为对时间的微分， dz 为维纳过程， σ 为波动率。

令

$$G(R_{out}^i, t) = [\eta(\ln S_i, h_i, p_i^{-1}(t)) + q_i(t)] R_{out}^i \quad (24)$$

其中， $G(R_{out}^i, t)$ 为受到突发因素影响后的营业收入； $q(t)$ 为外部影响因子，表示突发因素对整体环境的影响力度，只与时间有关，可为负值，即当负面影响过大，则 $q(t)$ 很小； $\eta(\ln S_i, h_i, p_i^{-1}(t))$ 为企业抗压能力，与企业规模 $\ln S_i$ ，企业所处行业对突发因素的反应情况 h_i ，企业随时间收到的压力 $p_i^{-1}(t)$ 有关。

此时，

$$\frac{\partial G}{\partial t} = R_{out} \frac{\partial q}{\partial t} + \eta \cdot R_{out} \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad (25)$$

$$\frac{\partial G}{\partial R_{out}} = \eta + q \quad (26)$$

$$\frac{\partial^2 G}{\partial^2 R_{out}} = 0 \quad (27)$$

由伊藤引理^[4]，

$$\begin{aligned} dG &= R_{out} \cdot [(\eta + q) \cdot \mu + \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t}] dt + (\eta + q) \cdot \sigma \cdot R_{out} dz \\ &= G[\mu + \frac{1}{q + \eta} \cdot (\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t})] dt + G \cdot \sigma dz \end{aligned} \quad (28)$$

即对 $G(R_{out}, t) = (\eta + q) R_{out}$ 满足几何布朗运动，其预测变化率为

$$\hat{\mu} = \mu + \frac{1}{q + \eta} \left(\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t} \right) \quad (29)$$

故对企业来说，考虑突发因素时，销项金额为

$$\hat{R}_{out}^i(t) = R_{out}^i(t_0) \cdot e^{\hat{\mu} \cdot t} \quad (30)$$

(2) 信贷模型的改进
不妨设

$$\gamma_i = \frac{\hat{R}_{out}^i(t)}{K_i \cdot R_{out}^i(t)} \quad (31)$$

γ_i 为信贷风险受突发因素影响的比率, 即若企业在无突发事件发生情况下销项金额比有突发事件的情况下多, 则说明该事件对企业有害, 相应的信贷风险提高, 银行应当减少对该企业的贷款额度。

则

$$\hat{P}_i = \gamma_i \cdot P_i \quad (32)$$

其中, \hat{P}_i 为受突发因素影响下的信贷风险。

由问题二中模型 (8), 可得受突发因素影响下的信贷风险模型为

$$\hat{P}_i = \gamma_i \cdot \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 R_i + \beta_2 T_{out}^i + \beta_3 S_i + \beta_4 \sigma_i + \beta_5 K_i}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 R_i + \beta_2 T_{out}^i + \beta_3 S_i + \beta_4 \sigma_i + \beta_5 K_i}} \quad (33)$$

5.3.2 突发因素影响下信贷额度测算模型

由于突发因素会影响企业的信贷风险, 从而影响银行授予的贷款额度 A_i , 在问题二 5.2.2 模型基础上, 进行调整如下:

决策变量为:

$$g_i(L_i)$$

目标函数为:

$$\min g_i(L_i) \cdot c_i(L_i) \quad (10)$$

$$\max R_b = \sum_{123} (g_i(L_i) \cdot M_i - \gamma_i \cdot A_i) \quad (11)$$

因此在式 (13) - (15), (18) - (19) 的基础上, 调整约束条件:

(1) 期望年收益率表达式不变为

$$r_i = [1 - f_j(L_i)] \cdot \tilde{r}_j \quad (12)$$

(2) 还款金额 M_i 约束调整为

$$0 \leq M_i < K \cdot \hat{R}_{out}^i \quad (34)$$

(3) 银行一年期满收到企业 i 的还款金额 M_i 调整为

$$M_i = g_i(L_i) \cdot \gamma_i \cdot A_i \left(1 + \frac{r_i}{12}\right)^{12} (1 - c_i(L_i)) \quad (35)$$

其中, γ_i 为信贷风险受突发因素影响的比率。

(4) 银行年度信贷总额小于等于 1 亿的约束调整为

$$\sum_{302} \gamma_i \cdot A_i \leq 10000 \quad (36)$$

(5) 信用等级为 C 的企业贷款额度限制约束调整为

$$10 \leq \gamma_i \cdot A_i (L_i = C) \leq 50 \quad (37)$$

综上, 我们获得以银行一年信贷净利润最大和信贷风险最小为双目标规划模型为

$$\begin{aligned}
& \min g_i(L_i) \cdot c_i(L_i) \\
& \max R_b = \sum_{302} (g_i(L_i) \cdot M_i - \gamma_i \cdot A_i) \\
& \left\{ \begin{aligned}
& r_i = [1 - f_j(L_i)] \cdot \tilde{r}_j \\
& M_i = g_i(L_i) \cdot \gamma_i \cdot A_i \left(1 + \frac{r_i}{12}\right)^{12} (1 - c_i(L_i)) \\
& 0 \leq M_i < K \cdot \hat{R}_{out}^i \\
& \sum_{302} \gamma_i \cdot A_i \leq 10000 \\
& 10 \leq \gamma_i \cdot A_i (L_i = C) \leq 50 \\
& w_i \in \{0,1\}, L_i \in \{A, B, C, D\} \\
& \gamma_i A_i \in [10, 100] \\
& \tilde{r}_i \in [0.04, 0.15] \\
& f_i \in [0, 1] \\
& c_i \in [0, 1]
\end{aligned} \right. \quad (38)
\end{aligned}$$

5.3.3 新冠病毒疫情和雪灾在模型中的应用

(一) 雪灾在模型中的应用

雪灾作为自然灾害的一种，会严重影响通讯、交通、输电路线等，不仅对人民的生命安全以及人民生活造成威胁，还会对其他产业造成不利影响，比如雪灾造成的交通堵塞会导致旅游业、住宿业的发展停滞甚至倒退；雪灾造成牲畜死亡从而打击了畜牧业的发展。

然而，雪灾对某些行业或者某些地区的行业造成打击，可能会导致该类型企业的还债能力以及企业实力的下降，尤其对于中小微企业企业，雪灾对其造成的影响可能是毁灭性的。比如，在 2008 年雪灾对中国南方的影响，仅针对种植业，各农作物成灾 584 万公顷，绝收 175 万公顷^[3]。

与此同时银行对于该类企业的评估与贷款额度也会发生变化，因为农作物收获减少，会导致销项收入 R_{out}^i 减少，从而在量化企业实力时会相应地降低，这会直接影响银行发放贷款的策略。

为了探究突发因素对企业的数学关系，考虑到雪灾影响度较小的局限性，本文将使用新冠疫情作为背景，研究新冠疫情对各中小微企业的影响。

(二) 新冠病毒疫情在模型中的应用

(1) 突发因素调整因子的求解方法

针对 $q(t)$ ，本文通过获取 17 类行业中每个行业抽 10 家企业的营业收入，得出各个突发事件的影响因子为

$$q_i(t) = \lambda_1 \frac{\sum_{i=1}^n \int_{t_0}^t \frac{\hat{R}_{out}^i(\tau) - K_i R_{out}^i(t_0)}{R_{out}^i(\tau)} d\tau}{n} \quad (39)$$

针对 $\eta(\ln S_i, h_i, p_i^{-1}(t))$ ，我们通过对各行业关于新冠病毒疫情进行评级，可分为七级，即 $h_i \in \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$ 。

表 10 不同行业关于新冠病毒疫情的影响等级

行业类别	h_i	行业类别	h_i
农、林、牧、渔业	-2	餐饮业	-3
工业	-2	信息运输业	1
建筑业	1	软件和信息技术服务业	1
批发业	-1	房地产开发业	-1
零售业	-1	物业管理	-1
交通运输业	-1	租赁和商务服务业	-2
仓储业	0	其他	-1
邮政业	1	个体经营	-2
住宿业	-2		

令企业随时间收到的压力表达式为

$$p_i^{-1}(t) = \frac{1}{t} \quad (40)$$

对于 $\ln S_i, h_i, p_i^{-1}(t)$ 在该量中的权重确定，不妨令

$$\eta = \lambda_2 \left[\frac{1}{3} \ln S_i + \frac{1}{3} h_i + \frac{1}{3} p_i^{-1}(t) \right] \quad (41)$$

由回归可得 $\lambda_1 = \frac{1}{988.586}, \lambda_2 = 0.5642$

将数据和所求得系数带入 (39) (41) 即可进行求解。

(2) 求解结果

表 11 信贷额度模型测算所得银行最大净利润和贷款总额

银行净利润 (影响后)	总贷款金额 (影响后)
2325862.772	70574348.54

表 12 受疫情影响总额度为 1 亿时 302 家企业的信贷策略部分结果(完整见附录)

编号	贷款额度	贷款利率	编号	贷款额度	贷款利率	编号	贷款额度	贷款利率
1	330972.7491	0.1065	102	798851.4493	0.0945	203	0	0
2	719723.0791	0.0785	103	212569.2269	0.0865	204	0	0
3	0	0	104	585786.685	0.0625	205	258437.0356	0.0545
4	0	0	105	0	0	206	0	0

在疫情的影响下，银行放贷给其中的 130 家企业，相较无疫情影响下的情况，银行允许放贷的企业明显减少。此外低利率放贷率为 83%，相较无疫情影响下的情况，银行放贷策略更加保守，放贷的企业数量减少并且利率也降低。

表 13 银行最大净利润和贷款总额受疫情影响前后的对比

银行净利润 (影响前)	总贷款金额 (影响前)	银行净利润 (影响后)	总贷款金额 (影响后)
3403005.819	99866888.21	2325862.772	70574348.54

可见突发因素对企业造成的压力，会间接造成会造成银行贷款金额的大幅减少，对其净利润也有极大影响，而贷款额度的降低不利于中小微企业度过难关。

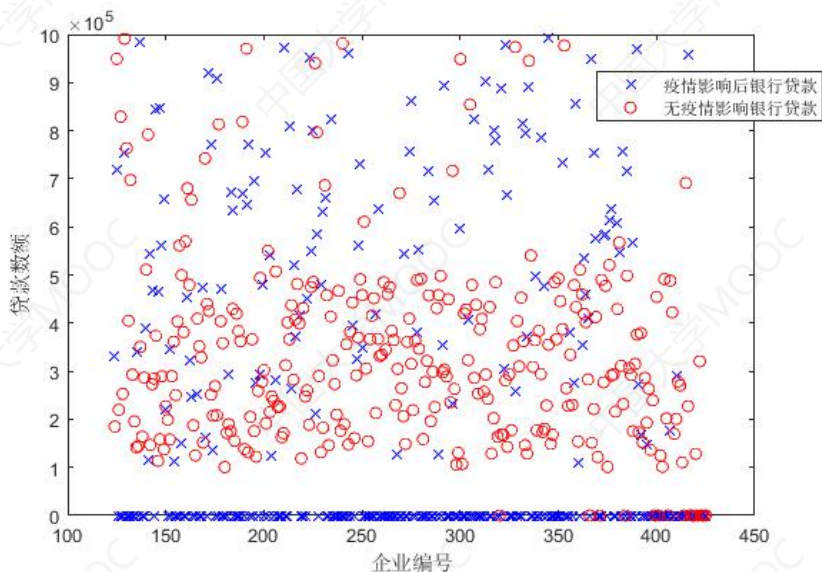


图 5

疫情影响贷款的标准差为 269268.8328，标准差数值越大，代表影响越大。

六、模型的检验

6.1 灵敏度分析

(1) 蒙特卡洛投点法优化的合理性

影响度公式：平均利润或者平均贷款额标准差/平均利润或者平均贷款额
进行 10 次 10000 次投点的，计算其标准差，可得下表

表 14

	问题一	问题二	问题三
最大金额标准差	2071101.473	515822.2	1644348
净利润标准差	32713.99333	26805.32	61570.94
最大金额标准差影响度	0.038121918	0.005202	0.022865
净利润标准差影响度	0.017778889	0.008083	0.025607

由表中数据可知，净利润、最大金额的数据受投点次数的影响度很小。

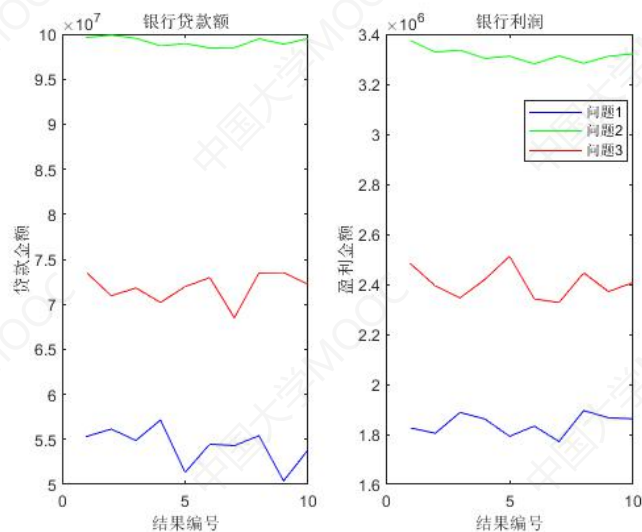


图 6 灵敏度分析示意图（绘图程序见附件 14）

由图可知，波动幅度和波动影响度不大，故模拟投点法准确。

(2) 贷款时间与突发因素发生时间关系对结果的影响

和第三问银行贷款的时间处在突发事件前一年内、恰好突发事件来的时候、突发事件后一年内，对结果的影响，为了方便表示，不妨假设前一年内为前半年，后一年内为后半年

表 15

	利润最大值	贷款金额	收益率
半年前的时候	2421497.071	98490218.41	0.024586
恰好突发事件来临	2523037.426	71214137.68	0.035429
半年后的时候	2575588.933	79081248.24	0.032569

所以问题三的模型非常适合于对于可预测或者已经发生的突发事件，但是对于不可预测或未发生的突发事件如在疫情发生半年前不可预见疫情的来临，本模型不能完全对冲突发事件的风险。

七、模型的评价

7.1 模型的评价

7.1.1 模型的优点

1. 信贷风险评估指标较为全面且有针对性，符合科学且有利于操作。
2. 该模型因变量为二分类变量能更直观地看到结果，判断哪种指标在模型中占比重大。
3. 解决了非线性概率模型可能超出 $[0, 1]$ 区间的缺陷，确保模型结果有实际意义。
4. 对样本要求低，不要求服从正态分布，自变量可以连续也可以离散，甚至可以是虚拟变量。

7.1.2 模型的缺点

1. 因为所得到的企业信息不够丰富，无法考察中小微企业的各个发展阶段，对行业进行分类时会出现难以通过现有信息准确定义的误差，因此难以企业财务指标和实力进行更精确的评估。

八、模型的改进

8.1 模型的改进

- (1) 获取更多企业相关数据，信贷风险评估模型中可以，贷款额度测算模型可以再增添流动资产、负债总额、净资产、现金净流量等指标进行分析。
- (2) 结合实际，可以进一步考虑对于违约的企业，其可以先偿还部分贷款并且交付一定的违约金，对此进一步调整信贷策略。

九、模型的推广和应用

本模型可以解决在大多数情况下的银行信贷策略问题以及给予银行一种合理的量化方式来估计企业的信用问题，比如在突发情况下的银行放贷策略，比如针对不同行业的不同量化方式。除此之外，本文用到的蒙特卡罗模拟法与几何布朗运动模拟法可以运用于其他领域，例如金融产品定价，对于随机过程的模拟以及优化。

参考文献：

- [1]关于印发《统计上大中小微型企业划分办法(2017)》的通知》. 国家统计局[EB/OL]. http://www.stats.gov.cn/tjgz/tzgb/201801/t20180103_1569254.html
- [2]matlab 相关性分析.Libra[EB/OL]. <https://www.cnblogs.com/lovebay/p/5093047.html>
- [3]2008年雪灾对我国南方农业影响. 无. [EB/OL]<https://wenku.so.com/d/8201651c2afc4db9de114f5067b48520>
- [4](加)约翰·C. 赫尔(John C. Hull), 期权与期货市场基本原理[M], 机械工业出版社, 2019.
- [5]程潘红. 分数布朗运动环境下上证 50ETF 期权定价的实证研究[J]. 经济数学, 2019, 36(03):9-15. DOI:10.16339/j.cnki.hdjjssx.2019.03.002
- [6]宋泽朋. 商业银行中小企业信贷风险识别模型研究[D]. 首都经济贸易大学, 2016.
- [7]尚苗. 基于 logit 模型的中小企业信贷风险评估管理[J]. 时代金融, 2018, (12):210+220.
- [8]付金字. 招商银行黄金挂钩型结构化理财产品的定价研究[D]. 哈尔滨商业大学, 2020.

附录:

附件 1:

MATLAB 代码 (基于 MATLABR2019a 版本)

%% 发展因子

format long g

lnc1=[];zjs=[];NN=length(LR(:,1));zb=zeros(123,3);

i=1;j=1;

while 1

if LR(i,1)==LR(i+1,1)

lnc1=[lnc1 LR(i,4)];

i=i+1;

elseif LR(i+1,1)-LR(i,1)>1

i=i+1;

else

jz=ones(length(lnc1),2);

for ii=1:length(lnc1)

jz(ii,1)=ii;

end

if lnc1'~=nan

[B,BINT,R,RINT,STATS]=regress(lnc1',jz);

zb(j,1:2)=B';

zb(j,3)=STATS(1);

end

zjs=[];lnc1=[];

j=j+1;

i=i+1;

end

if i==NN

break

end

end

%% 波动率因子

u=[];si=[];NN=length(XX(:,1));uuu=[];

i=2;j=1;

while 1

if XX(i-1,1)==XX(i,1)

u=[u log(XX(i-1,4)/XX(i,4))];

i=i+1;

else

uu=0;

```

for k=1:length(u)
    uu=uu+(u(k)-mean(u))^2;
    uuu=[uuu uu];
end
s=sqrt(1/(length(u)-1)*uu);
ssi=s/sqrt(4);si=[si ssi/sqrt(2*(length(u)-1))];
if XX(i,1)-XX(i-1,1)>1
    for k=1:XX(i,1)-XX(i-1,1)-1
        si=[si 0];
        j=j+1;
    end
end
u=[];
i=i+1;
j=j+1;
end
if j==123
    break
end
end
si(isnan(si))==0;
si=real(si)

```

附件 2:

MATLAB 代码（基于 MATLABR2019a 版本）

%% 信誉回归与估计

%% 问题一信誉回归

format long g

w1hg=ones(123,6);

w1hg(:,1:5)=NH(:,2:6);

[B,BINT,R,RINT,STATS]=regress(NH(:,7),w1hg(:,1:6));

%% 问题 2 信誉估计

format long g

nh2=[NH2(:,2:6),ones(302,1)];

XY2=nh2*B;

附件 3（问题一信贷风险结果）：

编号	1	2	3	4	5	6
信贷风险	0.912136104	0.729544774	0.648175442	0.595201317	0.598399524	0.78931938
编号	7	8	9	10	11	12
信贷风险	0.764369188	0.685201751	0.633383683	0.59882385	0.59487124	0.598987723
编号	13	14	15	16	17	18
信贷风险	0.638734801	0.648052275	0.623432346	0.621978036	0.621731905	0.605510586

编号	19	20	21	22	23	24
信贷风险	0.671603261	0.597293341	0.597314431	0.603163921	0.596576519	0.61059294
编号	25	26	27	28	29	30
信贷风险	0.594631945	0.603181304	0.60361124	0.599916076	0.589499923	0.593662378
编号	31	32	33	34	35	36
信贷风险	0.634046903	0.593087205	0.597944255	0.598113213	0.592183023	0.594360938
编号	37	38	39	40	41	42
信贷风险	0.597751821	0.598136873	0.589420362	0.589435454	0.594835459	0.612679831
编号	43	44	45	46	47	48
信贷风险	0.591795081	0.589330162	0.597051417	0.594768528	0.594717684	0.615287593
编号	49	50	51	52	53	54
信贷风险	0.594701643	0.589383435	0.59115925	0.588207993	0.594641088	0.611887066
编号	55	56	57	58	59	60
信贷风险	0.58910805	0.594590389	0.591158118	0.590444915	0.596546873	0.590503124
编号	61	62	63	64	65	66
信贷风险	0.590336105	0.590527902	0.595786688	0.59613861	0.589933617	0.593050024
编号	67	68	69	70	71	72
信贷风险	0.593824813	0.595043142	0.589106967	0.592506413	0.59155507	0.589390533
编号	73	74	75	76	77	78
信贷风险	0.589311391	0.591182049	0.589392014	0.591603322	0.589380559	0.58932614
编号	79	80	81	82	83	84
信贷风险	0.591089305	0.588754704	0.606353265	0.588861637	0.589868581	0.597368615
编号	85	86	87	88	89	90
信贷风险	0.590503712	0.588628673	0.588614417	0.598112814	0.600360898	0.589181042
编号	91	92	93	94	95	96
信贷风险	0.595602435	0.588626504	0.59055096	0.588576015	0.590061823	0.588565619
编号	97	98	99	100	101	102
信贷风险	0.589857486	0.589868041	0.436265482	0.588388131	0.588337411	0.5868243
编号	103	104	105	106	107	108
信贷风险	0.588788507	0.588656597	0.588651578	0.589342115	0.588241312	0.588194823
编号	109	110	111	112	113	114
信贷风险	0.588185523	0.588618478	0.588687912	0.588649051	0.587916984	0.587899032
编号	115	116	117	118	119	120
信贷风险	0.58787962	0.587836306	0.58761069	0.58711032	0.586591071	0.586243885
编号	121	122	123			
信贷风险	0.585191414	0.58187222	0.577537894			

附件 4:

%% 第二问规划

N=302;A=zeros(N,1);fj=zeros(N,1);gj=zeros(N,1);c=10;

m=0;k=1;jzf=zeros(302,c);jzg=zeros(302,c);jzm=[];

stf=zeros(302,1);stg=zeros(302,1);gl=0;sumA=[];

for ii=1:c

k=1;m=0;

```

while 1
    for i=1:N
        if XY2(i)>=0.0 && XY2(i)<=0.32
            A(i,1)=unifrnd(100000,500000);
        else
            A(i,1)=unifrnd(100000,1000000);
        end
    end

    for i=1:N
        j=floor(unifrnd(1,30));
        if XY2(i)>0.64 %A 等级
            fj(i,1)=LS(j,2);
            gj(i,1)=LS(j,1);
            gl=1;
        elseif XY2(i)>0.32 && XY2(i)<=0.64 %B 等级
            fj(i,1)=LS(j,3);
            gj(i,1)=LS(j,1);
            gl=37/38;
        elseif XY2(i)>=0.0 && XY2(i)<=0.32 %C 等级
            fj(i,1)=LS(j,4);
            gj(i,1)=LS(j,1);
            gl=16/17;
        elseif XY2(i)<0
            A(i,1)=0;
        end
    end

    end
    MM=0;
    for i=1:N
        r=(1-fj(i,1))*gj(i,1);
        M=A(i,1)*(1+r/12)^12;
        MM=M-A(i,1)+MM;
    end
    MM=MM*gl;
    if MM>m && sum(A)<=100000000
        m=MM;
        AA=A;
        FF=fj;
        GG=gj;
        ss=sum(A);

        end
    k=k+1;
    if k==100

```

```

        break
    end
end
    jzm=[jzm m];
    jzf(:,ii)=FF;
    jzg(:,ii)=GG;
    sumA=[sumA ss];
end
for i=1:N
    stf(i,1)=std(jzf(i,:));
    stg(i,1)=std(jzg(i,:));
end
stm=std(jzm);

```

附件 5（问题一贷款策略结果）：

编号	客户流失率	贷款利率	贷款金额	编号	客户流失率	贷款利率	贷款金额	编号	客户流失率	贷款利率	贷款金额
1	0.573393087	0.0785	477256.4241	42	0.135727183	0.0465	582706.0533	83	0.13505206	0.0465	866631.4214
2	0.708302023	0.0985	263894.2262	43	0.508718692	0.0745	946869.9782	84	0.573393087	0.0785	896671.3217
3	0.776816043	0.1185	619011.8772	44	0.795566274	0.1265	771767.1023	85	0.370215852	0.0625	608320.5129
4	0.784480512	0.1225	743604.983	45	0.370215852	0.0625	306014.7881	86	0.122099029	0.0465	658384.5036
5	0.370215852	0.0625	943950.2459	46	0.590097045	0.0905	221960.4296	87	0.513660239	0.0785	540666.2389
6	0.652944774	0.0865	820496.1812	47	0.895164739	0.15	936210.0079	88	0.790527266	0.1145	158810.2622
7	0.708302023	0.0985	921519.1206	48	0.708302023	0.0985	859547.6871	89	0.347315668	0.0585	781077.4423
8	0.497634453	0.0705	447691.2423	49	0.711101237	0.1105	932772.7123	90	0.590097045	0.0905	339405.4851
9	0.573393087	0.0785	128296.9796	50	0.872558957	0.1465	190547.6712	91	0.447890973	0.0665	284303.2233
10	0	0.04	614049.6009	51	0.13505206	0.0465	371754.5877	92	0.711101237	0.1105	817007.6109
11	0.181252146	0.0505	718595.9728	52	0	0	0	93	0.625764576	0.0905	834708.4617
12	0.705315993	0.1065	805288.2437	53	0.122099029	0.0465	540847.1225	94	0	0.04	711474.6345
13	0.573393087	0.0785	882941.0195	54	0.885925945	0.1385	857105.0966	95	0	0.04	472276.8141

14	0.832288422	0.1345	172817.6054	55	0.45723807	0.0705	946177.6814	96	0.181252146	0.0505	964313.6384
15	0.41347177	0.0625	571712.9604	56	0.263302863	0.0545	173700.236	97	0.406296668	0.0665	217317.654
16	0.573393087	0.0785	760214.7579	57	0.276812293	0.0545	603557.2545	98	0.762022595	0.1185	712352.8901
17	0.885925945	0.1385	393927.4974	58	0.762022595	0.1185	821466.3434	99	0	0	0
18	0.302038102	0.0545	772588.9157	59	0.573393087	0.0785	972028.3631	100	0	0	0
19	0.871428085	0.1345	475632.1379	60	0.548493958	0.0825	611966.9617	101	0	0	0
20	0.406296668	0.0665	194608.9071	61	0.696925431	0.1025	777350.0593	102	0	0	0
21	0.625764576	0.0905	580903.3448	62	0.635605146	0.0945	875787.519	103	0	0	0
22	0.447890973	0.0665	239356.5376	63	0.20658008	0.0505	171901.8793	104	0.45723807	0.0705	193678.7283
23	0.276812293	0.0545	686899.3071	64	0.790527266	0.1145	470953.6821	105	0.836974326	0.1425	175751.6588
24	0.135727183	0.0465	830994.8922	65	0.458295295	0.0705	449508.2652	106	0.508718692	0.0745	971458.1993
25	0.290189098	0.0585	746556.5081	66	0.588765696	0.0865	962185.9231	107	0	0	0
26	0.854811097	0.1265	301178.9342	67	0.885864919	0.15	760864.4444	108	0	0	0
27	0.790527266	0.1145	731501.2802	68	0.390771683	0.0665	630994.1305	109	0	0	0
28	0.548493958	0.0825	949389.0507	69	0.642993656	0.0945	451611.5712	110	0.513660239	0.0785	531550.9166
29	0.34971559	0.0625	419083.3274	70	0.673527424	0.0985	158482.3301	111	0	0	0
30	0.276812293	0.0545	894761.5291	71	0.696925431	0.1025	563589.4491	112	0	0	0
31	0.447890973	0.0665	607599.0337	72	0.181252146	0.0505	420667.9715	113	0	0	0
32	0.868159536	0.1465	629026.3473	73	0.696870573	0.1025	319194.5185	114	0	0	0
33	0.458295295	0.0705	525318.3879	74	0.762022595	0.1185	712599.7346	115	0	0	0
34	0.835301602	0.1345	892696.0241	75	0.390771683	0.0665	731907.754	116	0	0	0
35	0.458295295	0.0705	949150.3357	76	0.842070844	0.1425	440621.2415	117	0	0	0

36	0	0	0	77	0.513660239	0.0785	123337.3686	118	0	0	0
37	0.406296668	0.0665	813059.8568	78	0.750627656	0.1145	417345.9168	119	0	0	0
38	0.13505206	0.0465	596382.2996	79	0.276812293	0.0545	214638.1622	120	0	0	0
39	0.263302863	0.0545	672309.7761	80	0.832288422	0.1345	650987.3563	121	0	0	0
40	0.068725306	0.0425	680795.4545	81	0.135727183	0.0465	783642.3759	122	0	0	0
41	0.642993656	0.0945	575412.8322	82	0	0	0	123	0	0	0

附件 6（问题二信誉评级结果）：

编号	评级	编号	评级	编号	评级	编号	评级	编号	评级
1	A	62	C	123	C	184	C	245	C
2	A	63	C	124	C	185	C	246	C
3	A	64	C	125	C	186	C	247	C
4	A	65	C	126	C	187	C	248	D
5	A	66	B	127	C	188	C	249	C
6	A	67	C	128	B	189	C	250	C
7	B	68	B	129	C	190	C	251	C
8	B	69	B	130	C	191	C	252	C
9	B	70	C	131	C	192	C	253	B
10	B	71	C	132	C	193	C	254	B
11	C	72	C	133	C	194	C	255	B
12	C	73	C	134	C	195	C	256	C
13	C	74	C	135	C	196	C	257	A
14	B	75	C	136	C	197	D	258	B
15	C	76	B	137	C	198	C	259	C
16	C	77	C	138	C	199	C	260	C
17	B	78	C	139	C	200	B	261	D
18	B	79	B	140	C	201	C	262	C
19	C	80	C	141	C	202	C	263	C
20	B	81	C	142	C	203	C	264	C
21	C	82	C	143	C	204	C	265	C
22	C	83	B	144	C	205	B	266	C
23	C	84	C	145	C	206	C	267	C
24	C	85	C	146	B	207	C	268	C
25	B	86	C	147	C	208	B	269	C
26	B	87	C	148	C	209	C	270	C
27	C	88	C	149	C	210	C	271	C
28	C	89	C	150	C	211	C	272	C

29	C	90	C	151	C	212	B	273	B
30	B	91	C	152	C	213	A	274	B
31	C	92	B	153	C	214	C	275	C
32	C	93	C	154	C	215	B	276	D
33	B	94	C	155	C	216	C	277	C
34	B	95	C	156	C	217	C	278	D
35	C	96	C	157	C	218	C	279	C
36	C	97	C	158	C	219	C	280	C
37	B	98	C	159	C	220	C	281	C
38	B	99	C	160	C	221	C	282	C
39	C	100	C	161	C	222	C	283	D
40	B	101	C	162	C	223	C	284	C
41	C	102	C	163	C	224	C	285	B
42	C	103	A	164	C	225	C	286	C
43	C	104	B	165	C	226	C	287	C
44	C	105	C	166	C	227	C	288	C
45	C	106	C	167	C	228	C	289	C
46	C	107	C	168	C	229	C	290	C
47	B	108	B	169	C	230	B	291	D
48	C	109	C	170	B	231	C	292	B
49	C	110	C	171	C	232	C	293	C
50	C	111	C	172	C	233	C	294	D
51	C	112	C	173	B	234	C	295	D
52	B	113	C	174	C	235	C	296	D
53	C	114	B	175	C	236	C	297	C
54	B	115	C	176	C	237	C	298	D
55	C	116	C	177	B	238	A	299	A
56	C	117	B	178	C	239	C	300	D
57	C	118	C	179	C	240	C	301	D
58	C	119	C	180	C	241	C	302	D
59	C	120	C	181	C	242	C		
60	C	121	C	182	B	243	D		
61	C	122	C	183	C	244	C		

附件 7（问题二信贷风险结果）：

编号	1	2	3	4	5	6
信贷风险	0.632025326	0.640109278	0.657765427	0.685843297	0.660245147	0.624601486
编号	7	8	9	10	11	12
信贷风险	0.62810286	0.569906131	0.573417539	0.600111166	0.546818999	0.571436576
编号	13	14	15	16	17	18
信贷风险	0.559857468	0.618383086	0.567380273	0.551539427	0.584535959	0.611047785
编号	19	20	21	22	23	24

信贷风险	0.539454064	0.602850966	0.567968191	0.540219792	0.552863309	0.552700025
编号	25	26	27	28	29	30
信贷风险	0.577753422	0.612995941	0.525612242	0.573683387	0.535421668	0.643947092
编号	31	32	33	34	35	36
信贷风险	0.522873692	0.533298728	0.62467462	0.594593197	0.566029699	0.5366702
编号	37	38	39	40	41	42
信贷风险	0.577251519	0.594879757	0.579532394	0.572055696	0.554063799	0.534300738
编号	43	44	45	46	47	48
信贷风险	0.55190583	0.534540413	0.563847108	0.548428293	0.580695686	0.53320856
编号	49	50	51	52	53	54
信贷风险	0.556606938	0.527952078	0.551313027	0.596768502	0.549816605	0.58750858
编号	55	56	57	58	59	60
信贷风险	0.531516038	0.543199796	0.533934705	0.526561075	0.521667934	0.553271923
编号	61	62	63	64	65	66
信贷风险	0.550968539	0.567346619	0.571464043	0.539204134	0.519822127	0.601353246
编号	67	68	69	70	71	72
信贷风险	0.559584842	0.57358344	0.585056386	0.557325925	0.568494449	0.538267218
编号	73	74	75	76	77	78
信贷风险	0.544133284	0.563067953	0.56939652	0.646516146	0.537111315	0.541867004
编号	79	80	81	82	83	84
信贷风险	0.580402781	0.564673223	0.551208722	0.53636758	0.591442124	0.559558984
编号	85	86	87	88	89	90
信贷风险	0.538741385	0.53665168	0.563315382	0.539657103	0.559055055	0.532937889
编号	91	92	93	94	95	96
信贷风险	0.554638694	0.590398968	0.537475857	0.519257535	0.501882355	0.556865602
编号	97	98	99	100	101	102
信贷风险	0.52776651	0.546021696	0.548776353	0.568390877	0.543403981	0.587516388
编号	103	104	105	106	107	108
信贷风险	0.683184512	0.579091788	0.528008255	0.507264422	0.530441557	0.586865458
编号	109	110	111	112	113	114
信贷风险	0.55465435	0.507751848	0.537237914	0.530488444	0.550627445	0.585147323
编号	115	116	117	118	119	120
信贷风险	0.527185402	0.569189593	0.619750677	0.537367982	0.570409413	0.549441821
编号	121	122	123	124	125	126
信贷风险	0.538841639	0.578041281	0.537929056	0.545756923	0.566456023	0.51257175
编号	127	128	129	130	131	132
信贷风险	0.53915397	0.589824934	0.539764954	0.52582199	0.546998493	0.554056644
编号	133	134	135	136	137	138
信贷风险	0.523303268	0.529139253	0.5356397	0.518377228	0.53581753	0.515996714
编号	139	140	141	142	143	144
信贷风险	0.570125993	0.550927276	0.54273128	0.52056076	0.55501126	0.568754933
编号	145	146	147	148	149	150
信贷风险	0.56712118	0.593916737	0.532721152	0.569805744	0.556655955	0.513043614

编号	151	152	153	154	155	156
信贷风险	0.537468214	0.559877601	0.542253335	0.518290629	0.530323873	0.535648455
编号	157	158	159	160	161	162
信贷风险	0.528455789	0.520039877	0.521449523	0.521394057	0.524710072	0.560483103
编号	163	164	165	166	167	168
信贷风险	0.574832599	0.520950128	0.535581233	0.514087249	0.532879029	0.498866674
编号	169	170	171	172	173	174
信贷风险	0.545285815	0.585642696	0.528656704	0.552822428	0.65432367	0.502744597
编号	175	176	177	178	179	180
信贷风险	0.539913162	0.520808498	0.606106972	0.575443661	0.526795356	0.541382457
编号	181	182	183	184	185	186
信贷风险	0.51872157	0.617712207	0.542310829	0.507025257	0.523710058	0.558616912
编号	187	188	189	190	191	192
信贷风险	0.516745059	0.502160772	0.509300349	0.517618602	0.566095076	0.519587183
编号	193	194	195	196	197	198
信贷风险	0.556686279	0.575199734	0.512446358	0.517546117	0.499159005	0.556818892
编号	199	200	201	202	203	204
信贷风险	0.536901548	0.624104407	0.520664756	0.510769615	0.523727811	0.521881651
编号	205	206	207	208	209	210
信贷风险	0.592442814	0.564902273	0.516302002	0.632757194	0.575435688	0.57879135
编号	211	212	213	214	215	216
信贷风险	0.528341551	0.628113795	0.806617186	0.516913307	0.589058892	0.554152559
编号	217	218	219	220	221	222
信贷风险	0.547803576	0.544123657	0.529694258	0.522100721	0.562336684	0.555001103
编号	223	224	225	226	227	228
信贷风险	0.526930347	0.531295625	0.509152552	0.502397202	0.546176727	0.560138811
编号	229	230	231	232	233	234
信贷风险	0.537009773	0.607324669	0.558173767	0.529435061	0.531832092	0.52225551
编号	235	236	237	238	239	240
信贷风险	0.544157588	0.533481322	0.50189477	0.755268759	0.500723767	0.565941691
编号	241	242	243	244	245	246
信贷风险	0.537333995	0.576587396	0.499286533	0.561665337	0.499879783	0.542058653
编号	247	248	249	250	251	252
信贷风险	0.552267415	0.49938383	0.517473599	0.525162182	0.534816454	0.522872492
编号	253	254	255	256	257	258
信贷风险	0.611492087	0.609892022	0.583356585	0.537098767	0.705844319	0.599988222
编号	259	260	261	262	263	264
信贷风险	0.555345678	0.548889048	0.498244482	0.499829088	0.559319054	0.513504097
编号	265	266	267	268	269	270
信贷风险	0.50900616	0.499609347	0.499443776	0.531960926	0.566137655	0.506328353
编号	271	272	273	274	275	276
信贷风险	0.500249734	0.548697013	0.630813139	0.594821267	0.561193608	0.499297111
编号	277	278	279	280	281	282

信贷风险	0.561650779	0.499285312	0.499422637	0.572096875	0.500071572	0.575614486
编号	283	284	285	286	287	288
信贷风险	0.499113333	0.505068551	0.621951291	0.579444247	0.575503936	0.56582207
编号	289	290	291	292	293	294
信贷风险	0.523759894	0.499422582	0.499297907	0.587783303	0.500064723	0.49928589
编号	295	296	297	298	299	300
信贷风险	0.499286241	0.49706047	0.552200492	0.499250642	0.734882008	0.49931168
编号	301	302				
信贷风险	0.499300985	0.499314536				

附件 8（问题二贷款策略结果）：

编号	贷款金额	贷款利率	编号	贷款金额	贷款利率	编号	贷款金额	贷款利率
1	184896.7851	0.0945	102	485384.8054	0.0985	203	177096.6134	0.1105
2	949314.4236	0.0665	103	940314.5121	0.1385	204	353580.2362	0.1105
3	219719.0146	0.0545	104	796864.1557	0.0665	205	973852.7164	0.1185
4	829131.4609	0.0505	105	289977.7963	0.1025	206	404111.7104	0.1425
5	252624.9356	0.1185	106	131511.208	0.1105	207	309984.4927	0.1145
6	991030.456	0.0745	107	182491.8313	0.0505	208	452979.6418	0.0505
7	763721.0539	0.1305	108	686431.617	0.15	209	362417.0616	0.0705
8	404696.0108	0.0985	109	457848.978	0.04	210	146070.946	0.1305
9	697651.599	0.0705	110	146176.7914	0.0745	211	128329.2242	0.1025
10	292968.5728	0.0865	111	413441.4006	0.1425	212	945233.9236	0.0425
11	195672.4355	0.1145	112	322549.143	0.0585	213	540716.2031	0.0505
12	141457.78	0.1305	113	273034.7452	0.15	214	308850.9919	0.0585
13	144334.4905	0.1265	114	209827.6984	0.1105	215	364452.5623	0.0665
14	350514.6567	0.1065	115	466947.3123	0.1425	216	176639.8263	0.1105
15	164037.4228	0.1145	116	176050.1006	0.1065	217	383694.4137	0.04
16	286707.2531	0.0945	117	981401.5958	0.0545	218	293812.4776	0.0505
17	511052.6129	0.0785	118	189969.3034	0.0705	219	173637.905	0.1105
18	791865.0689	0.1065	119	356142.2409	0.0865	220	180176.4277	0.1265
19	146690.0701	0.1145	120	147676.7452	0.0665	221	228910.9407	0.1065
20	272698.642	0.0905	121	381902.9851	0.1345	222	355043.1276	0.0825
21	284524.352	0.0705	122	442706.5324	0.0465	223	148724.6276	0.0625
22	373737.5852	0.1345	123	160511.6757	0.1265	224	167890.5018	0.0785
23	113573.8853	0.0465	124	291402.8828	0.0505	225	485028.7235	0.1025
24	158400.5514	0.0425	125	370094.4482	0.0905	226	366489.4951	0.0545
25	289364.6974	0.0825	126	491134.4595	0.04	227	493350.2913	0.1025
26	137682.4533	0.0625	127	458296.0706	0.0905	228	445409.5891	0.0985
27	226956.4082	0.0985	128	610872.0274	0.0825	229	387212.045	0.1025
28	198464.6433	0.0785	129	305526.8448	0.0905	230	976998.5373	0.0465
29	158150.6602	0.0905	130	154412.2537	0.1105	231	264418.9047	0.0545
30	289642.4214	0.0665	131	366416.352	0.0985	232	227584.1507	0.1465
31	361329.5192	0.0425	132	415130.4902	0.1065	233	334181.9558	0.0905
32	250067.5231	0.0585	133	451703.4787	0.0945	234	230126.3961	0.0505
33	403311.4247	0.1345	134	212905.8943	0.1025	235	479153.94	0.1465
34	561338.1001	0.1385	135	367214.1717	0.0465	236	433053.3723	0.1305

35	499641.5964	0.0425	136	331415.6462	0.1385	237	153805.6536	0.1265
36	381091.0999	0.1345	137	334795.5389	0.0465	238	510920.1725	0.1185
37	569801.0857	0.0945	138	484838.494	0.0585	239	459741.3618	0.0505
38	680121.1621	0.1265	139	344702.3211	0.1065	240	419033.1439	0.0825
39	479474.253	0.0785	140	459949.4128	0.0945	241	401683.0573	0.0465
40	656584.4243	0.0785	141	474908.149	0.0545	242	282803.0692	0.1425
41	187452.681	0.1345	142	383548.0248	0.04	243	0	0
42	124564.2563	0.0625	143	364689.6109	0.1265	244	151332.7499	0.0985
43	409259.1047	0.0785	144	229200.0219	0.1145	245	221177.6325	0.1425
44	351840.5067	0.1065	145	304742.3504	0.0625	246	412621.2801	0.0585
45	328759.5536	0.1345	146	670471.1546	0.1385	247	121552.5351	0.0425
46	151535.3244	0.0425	147	264374.6844	0.0825	248	0	0
47	742471.1763	0.04	148	206298.6796	0.0585	249	489756.5625	0.0945
48	439743.6987	0.0985	149	148647.7645	0.04	250	276922.777	0.0945
49	425355.6319	0.0705	150	360709.8894	0.0585	251	477222.0782	0.1105
50	251227.8453	0.0705	151	409507.9079	0.0465	252	100921.4666	0.0745
51	207437.1338	0.0825	152	315137.201	0.1025	253	520649.6949	0.1425
52	268991.6274	0.1145	153	218846.8801	0.1265	254	290683.9122	0.0985
53	208298.6288	0.0865	154	363210.4753	0.0745	255	293292.1659	0.0985
54	813041.4238	0.0865	155	489554.0039	0.1185	256	215869.9374	0.0905
55	403794.0058	0.0665	156	346642.3449	0.0425	257	429107.121	0.1145
56	358287.5715	0.0705	157	492223.376	0.04	258	567567.3384	0.1185
57	100493.4661	0.1385	158	158759.8673	0.0865	259	310826.3637	0.1465
58	171230.8313	0.1145	159	277332.6258	0.1185	260	231779.3492	0.0785
59	189882.6306	0.0425	160	321547.8794	0.1225	261	0	0
60	174988.9767	0.1265	161	457627.8156	0.0785	262	498520.2364	0.0945
61	429500.452	0.0945	162	196148.6819	0.04	263	306544.2479	0.0865
62	155160.6212	0.0985	163	298867.1379	0.0985	264	292162.1222	0.0545
63	419684.4537	0.0625	164	225400.4219	0.1145	265	175253.6781	0.04
64	383186.4874	0.0905	165	430925.2828	0.0825	266	315100.8764	0.0905
65	362304.0881	0.0865	166	458355.1432	0.1225	267	375972.7798	0.0585
66	818508.381	0.0905	167	498023.1725	0.0825	268	172527.9859	0.04
67	138135.2059	0.0465	168	297722.8245	0.0785	269	379205.6887	0.0905
68	970609.0473	0.0625	169	303503.0784	0.0905	270	152073.5656	0.1065
69	131192.9987	0.1145	170	288966.4803	0.1265	271	286034.7187	0.0785
70	205129.0566	0.1425	171	449434.4942	0.0785	272	192814.0455	0.0745
71	366057.3407	0.0465	172	235858.2083	0.0545	273	263176.6889	0.1025
72	175564.0373	0.04	173	716582.2763	0.0945	274	136306.338	0.1025
73	122427.39	0.0905	174	263121.5256	0.0585	275	239757.6286	0.0985
74	258818.0154	0.0585	175	105560.5143	0.1145	276	0	0
75	493928.1198	0.0905	176	129975.1341	0.1185	277	454251.1476	0.0465
76	277230.1397	0.0705	177	948973.8034	0.1385	278	0	0
77	301952.0306	0.1185	178	106776.1082	0.1465	279	124591.4798	0.1145
78	191438.4824	0.1305	179	419969.857	0.1345	280	101018.9737	0.0425
79	550404.476	0.0665	180	428136.6434	0.0945	281	491359.6123	0.15
80	214802.1436	0.0585	181	322858.1372	0.0785	282	201763.0467	0.0785

81	247396.0047	0.0945	182	854233.5783	0.0825	283	0	0
82	238421.0443	0.0665	183	479385.989	0.1105	284	488136.6023	0.0625
83	507265.3028	0.1065	184	285926.0102	0.0985	285	422165.8581	0.0545
84	225925.1796	0.1105	185	438028.982	0.0785	286	169912.3639	0.0825
85	226295.2964	0.1265	186	253227.361	0.1025	287	200476.2411	0.0465
86	162384.4954	0.0905	187	387175.1253	0.0425	288	278474.4571	0.1385
87	170981.2421	0.0425	188	408850.239	0.04	289	270232.2393	0.1105
88	312211.5428	0.0665	189	257490.387	0.1225	290	110313.2064	0.0745
89	401278.8997	0.0585	190	293101.0734	0.1465	291	0	0
90	366297.5595	0.1385	191	242568.6575	0.0505	292	690992.3108	0.1105
91	437127.8518	0.1225	192	433188.614	0.1425	293	227236.4376	0.1105
92	282346.1247	0.0825	193	128451.1445	0.0585	294	0	0
93	407538.5511	0.0945	194	202190.1616	0.1305	295	0	0
94	481129.9642	0.0785	195	485009.8493	0.1105	296	0	0
95	399053.2214	0.1185	196	163549.4521	0.0945	297	128089.2944	0.1185
96	118670.7703	0.0865	197	0	0	298	0	0
97	430915.9015	0.0865	198	168322.3258	0.0545	299	320581.3543	0.0665
98	247436.6518	0.1025	199	167295.3121	0.04	300	0	0
99	260208.8184	0.1185	200	280975.3567	0.0665	301	0	0
100	188796.6965	0.1305	201	142769.8653	0.1065	302	0	0
101	474955.3868	0.0505	202	293138.371	0.0465			

附件 9:

%% 正态分布验证 (第三问)

zjs=[];hh=[];i=1;pp=[];

while 1

if XX2(i,1)==XX2(i+1,1)

zjs=[zjs XX2(i,4)];

i=i+1;

else

if length(zjs)>4

[h,p] = lillietest(zjs);

hh=[hh h];pp=[pp p];

end

i=i+1;

zjs=[];

end

if i==2496

break

end

end

X=1:223;

plot(X, pp, 'ob')

附件 10:

%% 第三问规划

```
N=302; A=zeros(N, 1); fj=zeros(N, 1); gj=zeros(N, 1); c=10;
m=0; k=1; jzf=zeros(302, c); jzg=zeros(302, c); jzm=[]; Ro=[];
stf=zeros(302, 1); stg=zeros(302, 1); gl=0; qq=[]; T=60; sumA=[];
t=130; %2020 年第几天起开始准备借贷
```

```
for ii=1:c
```

```
k=1;m=0;
```

```
while 1
```

```
Ro=[]; qq=[]; qqz=[]; qqf=[];
```

```
for i=1:N
```

```
if XY2(i)>=0.0 && XY2(i)<=0.32
```

```
A(i, 1)=unifrnd(100000, 1000000);
```

```
else
```

```
A(i, 1)=unifrnd(100000, 1000000);
```

```
end
```

```
Ro=[Ro syl(FZ3(i, 2), t, i, t+T, YX3, ZX3)];
```

```
end
```

```
for i=1:N
```

```
j=floor(unifrnd(1, 30));
```

```
if XY2(i)>0.64
```

%A 等级

```
fj(i, 1)=LS(j, 2);
```

```
gj(i, 1)=LS(j, 1);
```

```
gl=1;
```

```
elseif XY2(i)>0.32 && XY2(i)<=0.64
```

%B 等级

```
fj(i, 1)=LS(j, 3);
```

```
gj(i, 1)=LS(j, 1);
```

```
gl=37/38;
```

```
elseif XY2(i)>=0.0 && XY2(i)<=0.32
```

%C 等级

```
fj(i, 1)=LS(j, 4);
```

```
gj(i, 1)=LS(j, 1);
```

```
gl=16/17;
```

```
elseif XY2(i)<0
```

```
A(i, 1)=0;
```

```
end
```

```
end
```

```
MM=0;
```

```
for i=1:N
```

```
r=(1-fj(i, 1))*gj(i, 1);
```

```
qq=[qq Ro(i)*1000/(FZ3(i, 2)*365+ZX3(i, 2)/4)];
```

```
if A(i, 1)*Ro(i)*1000/(FZ3(i, 2)*365+ZX3(i, 2)/4)<1000000 &&
```

```
A(i, 1)*Ro(i)*1000/(FZ3(i, 2)*365+ZX3(i, 2)/4)>100000
```

```
A(i, 1)=A(i, 1)*Ro(i)*1000/(FZ3(i, 2)*365+ZX3(i, 2)/4);
```

```

elseif A*Ro(i)*1000/(FZ3(i,2)*365+ZX3(i,2)/4)>=1000000
    A(i,1)=1000000;
elseif A*Ro(i)*1000/(FZ3(i,2)*365+ZX3(i,2)/4)<=1000000
    A(i,1)=0;
    fj(i,1)=0;
    gj(i,1)=0;
end
M=A(i,1)*(1+r/12)^12;
% if M>Ro(i)*1000
% M=0;
% end
MM=M-A(i,1)+MM;
end
MM=MM*gl;
for i=1:302
    if qq(i)>0
        qqz=[qqz qq(i)];
    else
        qqf=[qqf qq(i)];
    end
end
for i=1:302
    if qq(i)>0
        qq(i)=(qq(i)-min(qqz))/(max(qqz)-min(qqz))+1;
    else
        qq(i)=(qq(i)-min(qqf))/(max(qqf)-min(qqf));
    end
end

end
if MM>m && sum(A)<=100000000
    m=MM;
    AA=A;
    FF=fj;
    GG=gj;
    ss=sum(A);
    QQ=qq;
end
k=k+1;
if k==10
    break
end
end
end

jzm=[jzm m];
jzf(:,ii)=FF;

```

```

        jzg(:, ii)=GG;
        sumA=[sumA ss];
    end
    for i=1:N
        stf(i, 1)=std(jzf(i, :));
        stg(i, 1)=std(jzg(i, :));
    end
    stm=std(jzm);

```

附件 11（问题三贷款策略结果）：

```

%% 企业受突发事件影响程度
function y=emp(t, j, YX3, ZX3)
% 突发事件影响因子
r=[];YY=ones(length(YX3(:, 1)), 2);
for i=1:length(YX3(:, 1))
    d1=YX3(i, 3)-YX3(i, 2);
    d2=YX3(i, 4)-YX3(i, 3);
    YY(i, 1)=d1/30;
    YY(i, 2)=d2/30;
end
for i=1:length(YX3(:, 1))
    k=YX3(i, 2)/YX3(i, 1);
    dr=0;
    for ii=1:t
        if ii<90
            rr=ii*YY(i, 1)+YX3(i, 2);
            dr=dr+ii*YY(i, 1)+YX3(i, 2)-ii*k;
        elseif ii>=90
            dr=dr+t*YY(i, 2)-ii*k;
            rr=30*YY(i, 1)+YX3(i, 2)+t*YY(i, 2);
        end
    end
    r=[r dr/rr];
end
ct=sum(r)/length(YX3(:, 1));
% 抗压能力
ks=ones(302, 1);
for i=1:302
    ks(i, 1)=0.33*log(ZX3(i, 5))+0.33+ZX3(i, 6)+0.33*(1/t);
end
y=0.5642*ks(j, 1)+ct/988.586;
end

```

附件 12：

```

%% 计算未来企业受影响时的收入函数
function [Ro mug]=syl(k, t, j, T, YX3, ZX3)

if k>=0
    mu=k-1;
elseif k<0
    mu=k+1;
end
mug=mu+(1/emp(t, j, YX3, ZX3))*(emp(t, j, YX3, ZX3)-emp(t-1, j, YX3, ZX3));
G=emp(t, j, YX3, ZX3)*(ZX3(j, 2)/4+k*t);
Ro=G*exp(T*mug/365);
y=emp(t, j, YX3, ZX3);
end

```

附件 13（问题三贷款策略结果）：

编号	贷款额度	贷款利率	编号	贷款额度	贷款利率	编号	贷款额度	贷款利率
1	330972.7491	0.1065	102	798851.4493	0.0945	203	0	0
2	719723.0791	0.0785	103	212569.2269	0.0865	204	0	0
3	0	0	104	585786.685	0.0625	205	258437.0356	0.0545
4	0	0	105	0	0	206	0	0
5	0	0	106	479635.5577	0.0705	207	0	0
6	753765.2443	0.0665	107	632397.5351	0.1345	208	0	0
7	0	0	108	660774.9665	0.1265	209	815682.0551	0.0585
8	0	0	109	0	0	210	795780.0115	0.0465
9	0	0	110	0	0	211	372666.0885	0.0825
10	0	0	111	823063.0879	0.0985	212	890783.9412	0.1105
11	0	0	112	0	0	213	0	0
12	339584.2926	0.1185	113	0	0	214	0	0
13	0	0	114	0	0	215	495992.2937	0.1465
14	983931.7095	0.0865	115	0	0	216	0	0
15	0	0	116	0	0	217	0	0
16	0	0	117	0	0	218	784978.6692	0.0705
17	389702.7045	0.0825	118	0	0	219	0	0
18	114649.7996	0.1145	119	0	0	220	477824.2748	0.0785
19	542805.68	0.1105	120	960014.7988	0.1185	221	0	0
20	469248.5263	0.1025	121	0	0	222	992071.6656	0.0825
21	0	0	122	393933.7369	0.04	223	0	0
22	842602.4133	0.1465	123	0	0	224	0	0
23	464069.986	0.0985	124	326015.6403	0.1465	225	0	0
24	848124.9196	0.0945	125	560940.209	0.0785	226	0	0
25	562617.253	0.0665	126	729634.9076	0.0865	227	0	0
26	656826.8525	0.0985	127	349238.9681	0.0745	228	0	0
27	219609.5129	0.0465	128	0	0	229	732002.5308	0.0465
28	0	0	129	0	0	230	0	0
29	346265.9093	0.1345	130	0	0	231	0	0

30	0	0	131	0	0	232	0	0
31	113260.7569	0.0545	132	0	0	233	380727.37	0.0985
32	0	0	133	0	0	234	0	0
33	0	0	134	417568.8267	0.0865	235	274892.764	0.0625
34	0	0	135	635738.6984	0.1145	236	856422.0278	0.0745
35	149838.5971	0.0825	136	0	0	237	110483.2532	0.1425
36	0	0	137	0	0	238	0	0
37	0	0	138	0	0	239	355163.3821	0.1385
38	452310.8364	0.1105	139	0	0	240	534263.2967	0.1225
39	322905.1142	0.0705	140	0	0	241	459535.0227	0.0505
40	247768.7341	0.1385	141	0	0	242	408425.7807	0.0865
41	0	0	142	0	0	243	0	0
42	0	0	143	0	0	244	949354.8196	0.0905
43	252768.8714	0.0625	144	0	0	245	753741.4956	0.0865
44	0	0	145	127952.8917	0.1145	246	576236.4882	0.0945
45	0	0	146	0	0	247	0	0
46	474607.3218	0.0945	147	0	0	248	0	0
47	161333.6214	0.0705	148	545118.0349	0.0705	249	0	0
48	0	0	149	0	0	250	581282.2358	0.1185
49	919151.9214	0.0665	150	0	0	251	583335.6256	0.1425
50	771788.058	0.0985	151	756708.0571	0.1225	252	0	0
51	136813.2912	0.0625	152	861545.2488	0.0825	253	613600.9062	0.1185
52	0	0	153	0	0	254	636126.2615	0.15
53	907762.1313	0.0545	154	0	0	255	0	0
54	0	0	155	380622.0096	0.0785	256	0	0
55	471740.1587	0.0745	156	551407.0709	0.0505	257	606564.1065	0.1465
56	0	0	157	0	0	258	546482.3436	0.0425
57	0	0	158	0	0	259	0	0
58	0	0	159	0	0	260	757785.4836	0.0505
59	292830.8951	0.0945	160	0	0	261	0	0
60	672566.2621	0.1465	161	716271.219	0.0505	262	715945.5183	0.0865
61	634198.7068	0.0825	162	0	0	263	0	0
62	0	0	163	0	0	264	0	0
63	0	0	164	653219.6011	0.1465	265	567599.7201	0.0545
64	0	0	165	0	0	266	0	0
65	0	0	166	125884.8559	0.15	267	969048.4681	0.1145
66	670331.914	0.0825	167	0	0	268	273744.0997	0.0425
67	0	0	168	354593.11	0.1465	269	166722.5244	0.1305
68	645239.2608	0.0545	169	894111.6673	0.1305	270	0	0
69	770979.5975	0.0825	170	0	0	271	0	0
70	0	0	171	0	0	272	147857.509	0.15
71	0	0	172	0	0	273	0	0
72	695211.5899	0.1225	173	231558.5034	0.0945	274	0	0
73	276742.37	0.0865	174	0	0	275	0	0
74	0	0	175	0	0	276	0	0

75	294126.0715	0.1345	176	0	0	277	0	0
76	480388.6577	0.0625	177	597554.2882	0.1025	278	0	0
77	0	0	178	0	0	279	0	0
78	753100.5655	0.1465	179	0	0	280	0	0
79	0	0	180	0	0	281	0	0
80	539528.616	0.0825	181	407506.3285	0.1265	282	0	0
81	123492.1396	0.0945	182	0	0	283	0	0
82	0	0	183	0	0	284	176672.3265	0.0905
83	280861.6991	0.1185	184	824877.9981	0.0705	285	0	0
84	0	0	185	0	0	286	0	0
85	0	0	186	0	0	287	291352.5133	0.0905
86	0	0	187	0	0	288	0	0
87	973470.8263	0.0625	188	0	0	289	0	0
88	0	0	189	0	0	290	0	0
89	0	0	190	901383.6019	0.15	291	0	0
90	808729.1448	0.1425	191	717540.2795	0.15	292	0	0
91	264010.6845	0.1105	192	0	0	293	959027.0388	0.04
92	519942.405	0.0985	193	0	0	294	0	0
93	370278.2785	0.1345	194	799225.7066	0.1105	295	0	0
94	676921.927	0.04	195	781096.5257	0.0865	296	0	0
95	414017.5899	0.0665	196	0	0	297	0	0
96	0	0	197	0	0	298	0	0
97	0	0	198	887436.5795	0.1425	299	0	0
98	0	0	199	303981.2761	0.0745	300	0	0
99	450891.9713	0.1105	200	978815.3726	0.0505	301	0	0
100	951811.9575	0.1145	201	665709.6289	0.1265	302	0	0
101	549230.271	0.1225	202	0	0			

附件 14:

```
subplot(1,2,1);plot(X',Y(:,2),'-b',X',Y(:,3),'-g',X',Y(:,5),'-r');sub  
plot(1,2,2);plot(X',Y(:,1),'-b',X',Y(:,4),'-g',X',Y(:,6),'-r');
```

附件 15:

```
clear;clc;  
yss_data=xlsread('C:\Users\apple\Desktop\xywy.xls','sheet1','B2:C124  
x=yss_data(:,1);  
g=yss_data(:,2);  
r1=corr(x,g,'type','pearson')
```