

# 基于非凸规划的中小微企业信贷策略研究

向进, 高富, 李旭涛, 邝宏政, 刘嘉龙, 马丽涛\*, 陈继强

河北工程大学数理科学与工程学院, 河北 邯郸

收稿日期: 2022年4月27日; 录用日期: 2022年5月21日; 发布日期: 2022年5月31日

## 摘要

近年来, 中小微企业在不断发展壮大, 基于中小微企业的信贷数据制定信贷策略已成为银行等金融机构亟需解决的问题。为此, 本文构建了一种基于非凸规划的中小微企业信贷策略模型。首先, 用模糊综合评价法对中小微企业的风险因素进行量化分析。其次, 以银行利润最大且风险最小为目标, 在银行年度信贷总额固定的条件下, 构建了信贷策略优化模型。再次, 分析了该模型的凸性, 通过将目标函数进行二阶泰勒展开, 设计了一种模型的求解算法。最后, 结合123家有信贷记录企业的相关数据, 给出了某银行对各中小微企业的信贷策略。

## 关键词

信贷策略, 中小微企业, 模糊综合评价, 非凸规划

# Research on Credit Strategy of Micro, Small and Medium Enterprise Based on Non-Convex Programming

Jin Xiang, Fu Gao, Xutao Li, Hongzheng Kuang, Jialong Liu, Litao Ma\*, Jiqiang Chen

School of Mathematics and Physics, Hebei University of Engineering, Handan Hebei

Received: Apr. 27<sup>th</sup>, 2022; accepted: May 21<sup>st</sup>, 2022; published: May 31<sup>st</sup>, 2022

## Abstract

In recent years, the Micro, Small and Medium Enterprises (MSMEs) are developing rapidly. It has become an urgent problem for banks and other financial institutions to formulate credit strategies

\*通讯作者。

based on the credit data. Therefore, a credit strategy model for MSMEs based on non-convex programming is constructed. Firstly, the risk factors of MSMEs are quantitatively analyzed with fuzzy comprehensive evaluation method. Secondly, with the goal of maximizing the profit and minimizing the risk, a credit strategy optimization model is constructed under the condition of fixed annual total bank credit. Thirdly, the convexity of the model is analyzed, and an algorithm for solving the model is designed by using the second-order Taylor expansion of the objective function. Finally, combining with the credit data for 123 enterprises, the credit strategy of some bank for each MSME is given.

## Keywords

Credit Strategy, Micro, Small and Medium Enterprises, Fuzzy Comprehensive Evaluation, Non-Convex Programming

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在全民创业的热潮下,我国的中小微企业得到了蓬勃发展,需要银行金融机构为其提供资金支持。然而,与大型企业不同,中小微企业缺少抵押资产、运作体系不完善,还款的风险相对较高[1]。为此,银行需要根据中小微企业的实力、信誉等评估其信贷风险损失,然后依据信贷风险损失制定信贷策略。所以,研究银行对中小微企业的信贷策略具有重要的现实意义。

自20世纪90年代开始,西方商业银行就已开始研究信用风险评估在商业银行或企业内的应用问题。众多学者对此展开了大量研究,其中出现了一些具有代表性的研究方法。Ngozi Okoye [2]通过对借贷人员的研究,得出借贷人的学历背景、个人收入和支出情况、总资产规模、法律纠纷数量等因素会影响到中小微企业信贷资金的安全性。Thomas Gietzen [3]认为要实现商业银行信贷风险的最小化,实现商业银行安全经营的目标,核心在于如何进行利率风险的防范以及信贷流程的管控。Ron Weber [4]提出了企业风险管理框架(Enterprise Risk Management, ERM)方法,强调通过全面评估商业银行管理风险的能力,进而全面、整体地评估商业银行的总体经营状况,了解其市场竞争力。

我国商业银行内控建设起步较晚,中小微企业与银行信息不对称等原因加剧了银行的信贷风险[5]。梁彩红[6]指出为降低商业银行对中小微企业的信贷风险,商业银行需要建立全面、科学、高效的信贷审批流程。沈治寰[7]对信贷资产进行了五级分类的研究,认为更细致的指标分类有助于更准确地反映贷款风险状况,起到防范信贷风险的作用。金沙沙[8]指出改善中小微企业外部环境,需要加大相关立法、优化社会信用环境等条件来解决中小微企业融资难的问题。陈啸[9]研究了具有农村背景的中小微企业,得出企业的规模大小和企业从银行所获得的贷款数量是正相关关系,但是相关性不是特别明显。朱泰霖[10]表示对绝大多数商业银行而言,中小微企业是信贷业务开展中的主要客户,但中小微企业信用资质参差不齐,偿债能力具有较大差异。曹景怡和李嘉雯[11]表示中小微企业由于自身规模小、缺乏抵押品等因素面临融资难、融资贵的问题,银行决定是否给中小微企业贷款的条件要比对大企业苛刻很多且贷款年利率也会相对于大企业高很多。

此外,一些学者对中小微企业的融资信用风险进行了大量研究。孙小丽[12]利用KMV模型定量分析

的研究方法, 运用 Matlab 程序计算参数变量, 通过对各种参数的整理、分析和处理及 Excel 迭代计算, 进而度量信用风险。黄植[13]利用修正后的 KMV 模型计算出 ST 与非 ST 企业之间违约差异性十分显著。

考虑到模糊综合评价法能更为精细的量化中小微企业的信贷风险, 所以本文基于 123 家中小微企业的实际运行数据, 利用模糊综合评价法对企业的风险因素进行量化分析, 得出各企业的信贷风险量化值, 并以银行总的信贷风险损失最小、总利润最大为目标建立决策模型, 研究银行对中小微企业的信贷策略。

本文的结构如下: 首先, 对结合某银行对 123 家有信贷记录企业的相关数据 2019 年相关信贷数据进行预处理; 其次, 构建基于非凸规划的中小微企业信贷策略模型, 对模型进行分析, 设计模型的求解算法; 最后, 分析银行在贷款总额固定条件下的中小微企业信贷策略。

## 2. 中小微企业信贷数据处理

本节将针对 2019 年某银行对 123 家中小微企业的信贷数据进行衍生和标准化处理, 为模型的建立和分析奠定基础。

中小微企业进项发票信息和销项发票信息无法全面展示自身的实力、供求关系以及信誉水平, 而增加多个特征后则能更精确地评估中小微企业的信贷风险。通过查阅文献和实地调研分析, 选取企业代号、开票日期、金额、税额、价税合计、发票状态、信誉评级、是否违约和企业所处行业 9 个特征指标为基本特征, 并通过切片计算, 衍生出 15 个信贷风险量化特征, 即: 进项废票率、进项负票率、进项大额发票率、进项平均每日金额、进项金额总和、销项废票率、销项负票率、销项大额发票率、销项平均每日金额、销项金额总和、销项有效票率、销项与进项 总金额之差、是否违约、行业地位、企业前景。

中小微企业的信誉评级、是否违约等信息是用字符数据记录的, 需要对其赋以 0、1 数字进行特征量化。对各中小微企业在行业中的地位、目前在该行业的国家政策、大体风向等用 0~1 之间的数字进行打分。将企业信息、进项发票信息、销项发票信息合并, 对其中的缺失数据用 0 替代, 然后对所有数据进行 0~1 标准化处理, 以消除量纲(单位)的影响。

## 3. 中小微企业信贷策略模型

设银行在年度信贷总额为固定值  $L$ , A、B、C 三种不同信誉评级的中小微企业数量分别为  $n_1, n_2, n_3$ , 三种不同信誉评级的客户流失率为分别为  $\varphi_A(x_i), \varphi_B(x_i), \varphi_C(x_i), i = n_1 + n_2 + n_3$ ,  $x_i$  表示第  $i$  家企业的贷款年利率,  $y_i$  表示其贷款金额。因此, 银行对企业存留客户的贷款总利润为

$$S(x, y) = \sum_{i=1}^{n_1} (1 - \varphi_A(x_i)) x_i y_i + \sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (1 - \varphi_B(x_i)) x_i y_i + \sum_{i=n_1+n_2+1}^{n_1+n_2+n_3} (1 - \varphi_C(x_i)) x_i y_i \quad (1)$$

其中  $x = (x_1, \dots, x_n)^T$ ,  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ 。

设由模糊综合评价法得到的企业  $i$  的信贷风险量化值为  $e_i$ , 则银行承担的第  $i$  家企业信贷风险损失为  $e_i y_i$ , 进而可得银行总信贷风险损失为

$$Z(x, y) = \sum_{i=1}^{n_1} (1 - \varphi_A(x_i)) e_i y_i + \sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (1 - \varphi_B(x_i)) e_i y_i + \sum_{i=n_1+n_2+1}^{n_1+n_2+n_3} (1 - \varphi_C(x_i)) e_i y_i \quad (2)$$

在年度信贷总额固定为  $L$  的条件下, 为使银行的总信贷风险损失  $Z(x, y)$  最小同时总利润  $S(x, y)$  最大, 构建如下银行对企业的信贷策略模型

$$\begin{aligned}
 & \max \quad S(x, y) - \alpha Z(x, y) \\
 & \text{s.t.} \quad x_0 \leq x_i \leq x_N \\
 & \quad \quad y_0 \leq y_i \leq y_N, i = 1, \dots, n \\
 & \quad \quad \sum_{i=1}^n y_i = L,
 \end{aligned} \tag{3}$$

其中  $n = n_1 + n_2 + n_3$ , 系数  $\alpha$  是平衡企业存留客户总利润和总信贷风险损失的权值, 可根据银行承担的信贷风险损失进行调整; 约束条件为每家企业的贷款年利率  $x_i$  均在银行的放贷利率区间  $[x_0, x_N]$  内, 贷款金额  $y_i$  均在银行的放贷金额区间  $[y_0, y_N]$  内, 且所有企业的放贷金额总和等于该银行总放贷金额  $L$ 。

下面, 为对信贷策略模型(3)更好地求解, 需要对模型进行一定的分析。

## 4. 中小微企业信贷策略模型分析

### 4.1. 模型的凸性分析

**定理 1:** 信贷策略模型(3)是非凸的。

**证明:** 设  $S(x, y), Z(x, y)$  定义如式(1) (2)所示, 且  $\varphi_A(x), \varphi_B(x), \varphi_C(x)$  均为多项式函数, 则

$$S(x_i, y_i) = (1 - \varphi_i(x_i))x_i y_i, \forall i = 1, 2, \dots, n,$$

且

$$\varphi_i(x) = \begin{cases} \varphi_A(x), & i = 1, 2, \dots, n_1 \\ \varphi_B(x), & i = n_1 + 1, n_1 + 2, \dots, n_1 + n_2 \\ \varphi_C(x), & i = n_1 + n_2 + 1, n_1 + n_2 + 2, \dots, n. \end{cases} \tag{4}$$

由于

$$Z(x, y) = \sum_{i=1}^n Z(x_i, y_i),$$

进而信贷策略模型(3)的目标函数可表示为

$$S(x, y) - \alpha Z(x, y) = \sum_{i=1}^n (S(x_i, y_i) - \alpha Z(x_i, y_i)).$$

由于上式为变量可分离函数, 因此, 仅需证  $\forall i = 1, 2, \dots, n$ ,  $S(x_i, y_i) - \alpha Z(x_i, y_i)$  为非凸函数。

下证:  $F(x, y) = S(x, y) - \alpha Z(x, y) = (1 - \varphi(x))xy - \beta(1 - \varphi(x))y$  为非凸函数, 其中  $\beta = \alpha e$ 。这个问题的证明可分为两种情形:

情形 1: 若  $\varphi(x)$  为线性函数, 不妨设  $1 - \varphi(x) = ax + b$ , ( $a, b$  不同时为 0), 则

$$F(x, y) = S(x, y) - \alpha Z(x, y) = (ax + b)(x - \beta)y = (ax^2 + (b - a\beta)x - b\beta)y,$$

$$\nabla F(x, y) = \begin{pmatrix} (2ax + (b - a\beta))y \\ ax^2 + (b - a\beta)x - b\beta \end{pmatrix},$$

$$\nabla^2 F(x, y) = \begin{pmatrix} 2ay & 2ax + (b - a\beta) \\ 2ax + (b - a\beta) & 0 \end{pmatrix}.$$

因此, 欲证  $F(x, y)$  为非凸函数, 仅需证  $\nabla^2 F(x, y)$  非半凸函数即可。下面用反正法证明, 设  $\nabla^2 F(x, y)$

半正定, 则  $\forall x, y$ , 有

$$\begin{cases} 2ay \geq 0 \\ -(2ax + (b - a\beta))^2 \geq 0, \end{cases}$$

即

$$\begin{cases} 2a = 0 \\ 2ax + (b - a\beta) = 0, \end{cases}$$

则可得  $\begin{cases} a = 0 \\ b = 0 \end{cases}$ , 此时  $\varphi(x) = 0$ , 与假设矛盾, 所以,  $F(x, y)$  为非凸函数得证。

情形 2: 设  $\varphi(x)$  为  $n$  次多项式函数, 即设  $1 - \varphi(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$  ( $a_i$  不同时为 0), 则

$$\begin{aligned} F(x, y) &= (a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0)(x - \beta)y \\ &= (a_n x^{n+1} + (a_{n-1} - a_n \beta)x^n + \dots + (a_1 - a_2 \beta)x^2 + (a_0 - a_1 \beta)x - a_0 \beta)y, \end{aligned}$$

进而有

$$\nabla F(x, y) = \begin{pmatrix} [(n+1)a_n x^n + n(a_{n-1} - a_n \beta)x^{n-1} + \dots + (a_0 - a_1 \beta)]y \\ a_n x^{n+1} + (a_{n-1} - a_n \beta)x^n + \dots + (a_0 - a_1 \beta)x - a_0 \beta \end{pmatrix},$$

$$\begin{aligned} \nabla^2 F(x, y) &= \begin{pmatrix} [n(n+1)a_n x^{n-1} + n(n-1)(a_{n-1} - a_n \beta)x^{n-2} + \dots + 2(a_1 - a_2 \beta)]y & (n+1)a_n x^n + \dots + (a_0 - a_1 \beta) \\ (n+1)a_n x^n + \dots + (a_0 - a_1 \beta) & 0 \end{pmatrix}, \end{aligned}$$

设  $\nabla^2 F(x, y)$  半正定, 当且仅当  $\forall x, y$ ,

$$\begin{cases} [n(n+1)a_n x^{n-1} + \dots + 2(a_1 - a_2 \beta)]y \geq 0 \\ -[(n+1)a_n x^n + \dots + (a_0 - a_1 \beta)]^2 \geq 0, \end{cases}$$

即

$$\begin{cases} n(n+1)a_n x^{n-1} + \dots + 2(a_1 - a_2 \beta) = 0 \\ (n+1)a_n x^n + \dots + (a_0 - a_1 \beta) = 0, \end{cases}$$

则有  $a_i = 0, \forall i = 0, 1, \dots, n$  与假设矛盾。因此, 当  $\varphi_i(x_i)$  为多项式函数时,  $S(x_i, y_i) - \alpha Z(x_i, y_i)$  为非凸函数且  $F(x, y) = S(x, y) - \alpha Z(x, y)$  为非凸函数, 证毕。

## 4.2. 贷款年利率与客户流失率拟合分析

为了对信贷策略模型(3)进行求解, 本节首先对贷款年利率与 A、B、C 三个不同信誉评级进行相关性分析, 其次分别建立贷款年利率与三个信誉评级的拟合模型  $\varphi_A(x), \varphi_B(x), \varphi_C(x)$ 。

### 4.2.1. 相关性分析

利用皮尔森(Pearson)相关系数和斯皮尔曼(Spearman)相关系数对贷款年利率与 A、B、C 三个不同信誉评级进行相关性分析, 结果如表 1 所示。

**Table 1.** Correlation analysis between loan annual interest rate and three credit ratings**表 1.** 贷款年利率与三个不同信用评级相关性分析

		信用评级 A	信用评级 B	信用评级 C
贷款年利率	Pearson 系数	0.955	0.962	0.967
	Spearman 系数	0.999	0.999	0.999

由表 1 可以看出, 贷款年利率与三种信用评级之间相关系数均非常接近 1, 表明贷款年利率与三种信用评级具有极强的相关性。

#### 4.2.2. 建立拟合模型

考虑到多项式拟合总体上更灵活, 可以模拟一些相当复杂的关系, 所以分别对贷款年利率与三个信用评级进行多项式拟合。

##### 1) 贷款年利率与信用评级 A 的多项式拟合模型

步骤一: 贷款年利率与信用评级 A 拟合模型的拟合程度检验

**Table 2.** Variance analysis of fitting model of credit rating A and loan annual interest rate**表 2.** 贷款年利率与信用评级 A 拟合模型方差分析

	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
回归	2.000	3	0.667	3690.626	<0.0001
残差	0.005	25	0.000		
总计	2.004	28			

从表 2 可以发现, F 统计量的 p 值小于 0.0001, 小于给定的显著性水平 0.05, 表明模型的线性回归拟合效果非常好。

步骤二: 回归系数及检验

**Table 3.** Regression coefficient and test of fitting model of credit rating A and loan annual interest rate**表 3.** 贷款年利率与信用评级 A 拟合模型回归系数及检验

	未标准化系数		标准化系数		p 值
	B	标准差	Beta	t 值	
常量	-1.121	0.062		-18.003	<0.0001
贷款年利率系数 1	37.970	2.258	4.817	16.812	<0.0001
贷款年利率系数 2	-258.570	25.262	-6.283	-10.235	<0.0001
贷款年利率系数 3	640.944	88.439	2.444	7.247	<0.0001

从表 3 可以发现, t 统计量的 p 值均小于显著性水平 0.05, 表明贷款年利率与信用评级 A 拟合模型回归系数均非常显著, 即贷款年利率与信用评级 A 拟合模型为

$$\varphi_A(x) = 640.9x^3 - 258.6x^2 + 37.97x - 1.1210. \quad (5)$$

2) 贷款年利率与信誉评级 B 的多项式拟合模型

步骤一：贷款年利率与信誉评级 B 拟合模型的拟合程度检验

**Table 4.** Variance analysis of fitting model of credit rating B and loan annual interest rate

**表 4.** 贷款年利率与信誉评级 B 拟合模型方差分析

	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
回归	1.880	3	0.627	4728.209	<0.0001
残差	0.003	25	0.000		
总计	1.883	28			

从表 4 可以发现，F 统计量的 p 值小于 0.0001，小于给定的显著性水平 0.05，表明模型的线性回归拟合效果非常好。

步骤二：回归系数及检验

**Table 5.** Regression coefficient and test of fitting model of credit rating B and loan annual interest rate

**表 5.** 贷款年利率与信誉评级 B 拟合模型回归系数及检验

	未标准化系数		标准化系数		
	B	标准差	Beta	t 值	p 值
常量	-1.017	0.053		-19.049	<0.0001
贷款年利率系数 1	33.995	1.935	4.449	17.572	<0.0001
贷款年利率系数 2	-225.501	21.640	-5.614	-10.400	<0.0001
贷款年利率系数 3	552.829	75.759	2.174	7.297	<0.0001

由表 5 可知，t 统计量的 p 值均小于显著性水平 0.05，表明贷款年利率与信誉评级 B 拟合模型回归系数均非常显著，即贷款年利率与信誉评级 B 拟合模型为

$$\varphi_B(x) = 552.8x^3 - 255.1x^2 + 33.99x - 1.0170. \tag{6}$$

3) 贷款年利率与信誉评级 C 的多项式拟合模型

步骤一：贷款年利率与信誉评级 C 的多项式拟合模型

**Table 6.** Variance analysis of fitting model of credit rating C and loan annual interest rate

**表 6.** 贷款年利率与信誉评级 C 拟合模型方差分析

	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
回归	1.920	3	0.640	4530.937	<0.0001
残差	0.004	25	0.000		
总计	1.924	28			

从表 6 可以发现，F 统计量的 p 值小于 0.0001，小于给定的显著性水平 0.05，表明模型的线性回归



拟合效果非常好。

步骤二：回归系数及检验

**Table 7.** Regression coefficient and test of fitting model of credit rating C and loan annual interest rate

**表 7.** 贷款年利率与信誉评级 C 拟合模型回归系数及检验

	未标准化系数		标准化系数		
	B	标准差	Beta	t 值	p 值
常量	-973	0.055		-17.672	<0.0001
贷款年利率系数 1	32.157	1.997	4.164	16.101	<0.0001
贷款年利率系数 2	-207.386	22.341	-5.144	-9.283	<0.0001
贷款年利率系数 3	504.717	78.211	1.964	6.453	<0.0001

由表 7 可知, t 统计量的 p 值均小于显著性水平 0.05, 表明贷款年利率与信誉评级 A 拟合模型回归系数均非常显著, 即贷款年利率与信誉评级 C 拟合模型为

$$\varphi_C(x) = 504.7x^3 - 207.4x^2 + 32.16x - 0.9735. \quad (7)$$

## 5. 中小微企业信贷策略模型求解

将上述得到的拟合多项式函数(5)、(6)、(7)代入式(2), 此时代入后的目标函数是非凸函数, 即该模型是有约束的非凸函数非线性规划问题。同时考虑应使银行既能获得利润最大, 又能使风险损失最小, 因此选定  $\alpha = 1$ , 即对企业存留客户总利润和银行总信贷风险损失分配相同权值。设银行年度信贷总额为 1 亿元, 即  $L = 10000$ , 且  $n_1 = 3, n_2 = 18, n_3 = 258$ , 建立固定总额为 1 亿元下的信贷策略模型

$$\begin{aligned} \max \quad & S(x, y) - Z(x, y) \\ \text{s.t.} \quad & 0.04 \leq x_i \leq 0.15 \\ & 10 \leq y_i \leq 100 \\ & \sum_{i=1}^n y_i = 10000. \end{aligned} \quad (8)$$

由于该问题的目标函数属于非凸函数, 尚缺乏有效的求解算法, 因此设计了如下思路对该信贷策略模型进行求解。首先对目标函数进行二阶泰勒展开, 设目标函数  $f(X) = S(x_i, y_i) - \alpha Z(x_i, y_i)$ , 并按如下展开式计算

$$f(X) = f(X_k) + [\nabla f(X_k)]^T (X - X_k) + \frac{1}{2!} [X - X_k]^T H(X_k) [X - X_k] + o^n. \quad (9)$$

由于二阶泰勒展开之后是凸函数, 因此可采用内点法[14]进行近似求解。

## 6. 中小微企业信贷策略

将信贷年利率与不同信誉评级的客户损失率拟合多项式函数代入信贷策略模型(8), 设置内点法的最大迭代次数为 8000 次, 最终求得各企业的信贷金额与信贷年利率。表 8 没有列出的企业为信誉评级不合格企业, 本年度不予贷款。



**Table 8.** The bank's credit strategy for each enterprise  
**表 8.** 银行对各企业的信贷策略

企业代号	年利率	贷款额度	企业代号	年利率	贷款额度
E1	0.04	100.0000	E53	0.04	99.9998
E2	0.04	99.9999	E54	0.15	10.0000
E3	0.04	99.9997	E55	0.04	99.9999
E4	0.15	100.0000	E56	0.15	10.0000
E5	0.04	67.4651	E57	0.04	99.9997
E6	0.04	99.9999	E58	0.04	99.9999
E7	0.04	99.9998	E59	0.15	10.0000
E8	0.04	99.9999	E60	0.04	99.9999
E9	0.04	99.9995	E61	0.15	10.0000
E10	0.04	99.9999	E62	0.04	99.9996
E11	0.15	10.0000	E63	0.15	10.0000
E12	0.04	99.9999	E64	0.15	10.0000
E13	0.04	99.9998	E65	0.15	10.0000
E14	0.15	10.0000	E66	0.15	10.0000
E15	0.04	99.9991	E67	0.04	61.0023
E16	0.04	99.9998	E68	0.04	99.9995
E17	0.04	99.9999	E69	0.04	71.5990
E18	0.04	99.9492	E70	0.04	99.9999
E19	0.15	10.0000	E71	0.15	10.0000
E20	0.15	10.0000	E72	0.04	100.0000
E21	0.15	10.0000	E73	0.15	10.0000
E22	0.04	99.9996	E74	0.15	10.0000
E23	0.15	10.0000	E75	0.15	10.0000
E24	0.15	10.0000	E76	0.15	10.0000
E25	0.04	99.9998	E77	0.15	10.0000
E26	0.15	10.0000	E78	0.15	10.0000
E27	0.15	10.0000	E79	0.04	99.9997
E28	0.15	10.0000	E80	0.15	10.0000
E30	0.15	10.0000	E81	0.15	10.0000
E31	0.15	10.0000	E83	0.15	10.0000
E32	0.04	99.9998	E84	0.04	99.9991
E33	0.04	99.9997	E85	0.04	99.9998
E34	0.04	99.9998	E86	0.04	99.9998
E35	0.15	10.0000	E88	0.15	10.0000

## Continued

E37	0.15	10.0000	E89	0.15	10.0000
E38	0.04	99.9968	E90	0.04	100.0000
E39	0.04	99.9991	E91	0.15	10.0000
E40	0.15	10.0000	E92	0.15	10.0000
E41	0.15	10.0000	E93	0.15	10.0000
E42	0.04	99.9994	E94	0.15	10.0000
E43	0.04	99.9997	E95	0.15	10.0000
E44	0.15	10.0000	E96	0.04	99.9993
E46	0.15	10.0000	E97	0.15	10.0000
E47	0.15	10.0000	E98	0.04	99.9997
E48	0.15	10.0000	E104	0.15	10.0000
E49	0.04	99.9986	E105	0.15	10.0000
E50	0.04	99.9990	E106	0.15	10.0000
E51	0.15	10.0000	E110	0.04	99.9999

## 7. 结论

针对目前银行对中小微企业的信贷策略问题, 本文通过用模糊综合评价法对中小微企业的风险因素进行量化分析, 以银行的利润最大且风险最小为目标, 建立了基于非凸规划的中小微企业信贷策略模型, 并对模型进行了理论分析、设计了求解算法。结合 123 家中小微企业的信贷数据, 验证了所构建模型的有效性, 为银行制定对中小微企业的信贷策略提供了有益参考。

## 基金项目

大学生创新创业训练计划国家级项目(202110076007)、河北省自然科学基金项目(A2021402008, F2021402010)、河北省高等学校科学研究项目(ZD2020185, QN2020188)。

## 参考文献

- [1] 陈入嘉, 熊光明. 银税合作背景下中小企业纳税信用服务研究[J]. 中国商论, 2020(17): 135-136.
- [2] Okoye, N. (2017) Microfinance Regulation and Social Sustainability of Microfinance Institutions: The Case of Nigeria and Zambia. *Annals of Public and Cooperative Economics*, **88**, 611-632.
- [3] Gietzen, T. (2017) The Exposure of Microfinance Institutions to Financial Risk. *Review of Development Finance*, **7**, 120-133.
- [4] Weber, R. (2017) Can Flexible Agricultural Microfinance Loans Limit the Repayment Risk of Low Diversified Farmers? *Agricultural Economics*, **48**, 537-548. <https://doi.org/10.1111/agec.12355>
- [5] 蒋国锋. 农村信用社小额信贷风险控制策略分析[J]. 农村经济与科技, 2016, 27(18): 99, 108.
- [6] 梁彩红. 论商业银行小微企业信贷风险管理[J]. 上海金融, 2014(9): 108-110.
- [7] 沈治寰. 基于内部控制的商业银行信贷风险管理研究[J]. 中国商论, 2017(10): 46-47.
- [8] 金沙沙. 关于银行经济资本管理现状的探讨[J]. 现代经济信息, 2018(12): 305.
- [9] 陈啸. 普惠金融、关系型借贷与农村中小企业融资[J]. 经济问题, 2017(4): 65-69.
- [10] 朱泰霖. 我国商业银行中小企业信贷风险管理研究[J]. 时代金融, 2020(30): 19-21.
- [11] 曹景怡, 李嘉雯. 基于主成分分析法的中小微企业信贷策略研究[J]. 商场现代化, 2020(20): 106-108.

- [12] 孙小丽. 基于 KMV 模型的商业银行信用风险测算研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2013.
- [13] 黄植. 基于 KMV 模型的上市企业信用风险度量研究[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2014.
- [14] 李慧玲, 张春阳, 李卓识, 刘庆怀. 解非凸优化问题的一个同伦内点方法[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2009, 41(4): 35-38.