

# 基于违约鉴别能力组合赋权的小企业信用评级<sup>①</sup>

## ——基于小型工业企业样本数据的实证分析

迟国泰, 李鸿禧, 潘明道

(大连理工大学管理与经济学部, 大连 116024)

**摘要:** 信用评级是衡量债务违约的可能性, 因此评级体系要有违约风险识别能力, 能够将违约客户和非违约客户显著地区分开。通过逼近理想点的思路, 构建多目标规划模型求解最优的组合权重, 并对中国某区域性商业银行 1 814 笔小型工业企业贷款进行实证分析。本文的创新与特色一是以非违约企业的数据到正理想点的距离代数和最小为第一个目标函数, 以违约企业的数据到负理想点的距离代数和最小为第二个目标函数, 构建多目标非线性规划模型进行组合赋权, 在满足了“非违约企业的评价得分越高、违约企业的评价得分越低”要求的目标下得到最优的组合赋权的权重系数, 使赋权结果保证了评级模型能够将违约企业与非违约企业最大地区分开。改变了现有研究的组合赋权脱离评价目的的弊端, 改变了现有研究中违约与非违约企业的评价得分存在大量重叠、对两类企业的区分能力低的弊端。二是通过检验“违约企业的信用得分是否显著小于非违约企业的信用得分”的 J-T 非参数检验, 验证信用评价模型的合理性。改变现有研究忽略对信用评价模型的合理性进行验证的弊端。三是经过实证, 发现本研究建立的组合赋权模型的违约鉴别能力 ( $Z = 5.546$ ) 要高于现有研究的两种常用组合赋权模型, 即基于方差最大的组合赋权 ( $Z = 4.298$ ) 和基于偏差最小的组合赋权 ( $Z = 5.182$ )。

**关键词:** 信用评级; 小企业评级; 最优赋权; 违约鉴别; 评级体系检验

**中图分类号:** F832.42; O221.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2018)03-0105-22

## 0 引言

信用评级就是衡量一笔债务违约的可能性, 因此一个合理的信用评级体系要有强的违约判别能力, 能够将违约客户和非违约客户有效地划分开, 保证模型能够准确地识别出违约风险大的企业, 有助于银行进行贷款决策和风险管理。

小企业的财务信息相对更加不真实和不完善, 这就导致评价小企业的信用状况更难, 也使得小企业信用评级体系的建立成为一个亟待解决的

问题。

现有信用风险评价的研究可分为四类:

### 1) 基于计量方法的信用风险评价模型

王磊等利用门限逻辑回归模型, 对小企业业主进行信用评分, 并对比了 12 种数据挖掘模型的预测能力<sup>[1]</sup>。迟国泰等利用 Probit 回归模型构建信用评价指标体系, 对小企业的信用状况进行评价<sup>[2]</sup>。Fantazzini 等通过逻辑回归模型建立小企业信用评价方程, 并与随机存活森林模型加以比较, 得出逻辑回归模型更优的结论<sup>[3]</sup>。Mizen 等利

① 收稿日期: 2016-06-06; 修订日期: 2017-06-11。

基金项目: 国家自然科学基金资助重点项目(71731003); 国家自然科学基金面上资助项目(71471027; 71171031); 国家自然科学基金青年科学基金资助项目(71503199; 71601041); 国家社科基金资助一般项目(16BTJ017); 辽宁省社科规划基金资助项目(L16BJY016); 辽宁经济社会发展重点课题资助项目(2015lslktzdian-05); 大连银行小企业信用风险评级系统与贷款定价项目(2012-01); 中国邮政储蓄银行总行小额贷款信用风险评价与贷款定价资助项目(2009-07)。

作者简介: 迟国泰(1955—), 男, 黑龙江海伦人, 博士, 教授, 博士生导师。Email: chigt@dlut.edu.cn

用次序 Probit 回归模型,对美国债券的违约风险进行评价<sup>[4]</sup>.

## 2) 基于统计方法的信用风险评价模型

张洪祥等通过灰色关联分析和模糊聚类的方法,对多维时间序列数据进行信用评价分析<sup>[5]</sup>.

韩丽媛等基于期权定价模型,在变方差的条件下估算中小企业贷款的违约概率,度量中小企业的信用风险<sup>[6]</sup>. Gumparthi 等利用 T 检验对中小企业财务指标进行显著性检验,通过线性判别模型预测中小企业的违约风险<sup>[7]</sup>.

## 3) 基于人工智能学习的信用风险评价模型

肖斌卿等基于模糊神经网络对小微企业进行信用评级,并以某银行的小微企业贷款为样本进行实证<sup>[8]</sup>. 肖进等建立了动态分类器集成选择模型 DCESM,对客户的信用状况进行评估<sup>[9]</sup>. Gordini 等以 3 100 个意大利制造业的中小企业为样本,通过遗传算法预测企业的违约状况<sup>[10]</sup>. Akkoç 等提出了一种三阶段混合自适应神经模糊推理系统的信用评价模型<sup>[11]</sup>.

## 4) 基于指标赋权的信用风险评价模型

美国标准普尔针对企业的经营管理、信誉状况等方面的指标进行赋权,建立评级模型<sup>[12]</sup>. 穆迪通过对企业的债务状况、经营能力等方面的指标进行赋权,对贷款企业的信用状况进行评价<sup>[13-14]</sup>. 陈晓红等根据群决策层次分析法确定的主观权重与因子分析法确定的客观权重进行组合赋权,建立了信用评价模型<sup>[15]</sup>. 余高峰等结合决策者的偏好,提出改进的局部变权模型,建立企业质量信用评估模型<sup>[16]</sup>.

现有研究的不足: 1) 现有的信用评价模型不能将违约企业与非违约企业的评价结果最大程度地划分开,导致违约与非违约企业的信用得分产生大量重叠、对违约与非违约企业的区分能力低. 2) 现有研究忽略对信用评价模型的合理性进行验证,不能保证违约企业的信用评分能够显著小于非违约企业的信用评分.

针对上述问题,本文根据非违约企业综合信用得分逼近正理想点、违约企业综合信用得分逼近负理想点的思路,构建多目标非线性规划模型

求解最优的组合权重,并通过某区域性商业银行的 1 814 笔小型工业企业贷款样本进行实证分析.

# 1 原 理

## 1.1 问题的提出

任何一个信用评级体系,都需要根据指标的重要程度对评级指标进行赋权. 若重要的指标被赋予较小的权重,不重要的指标被赋予较大的权重,这个评级体系就不合理. 因此,指标权重的大小及其不同权重间的对比关系(亦即权重向量的结构)与评级结果的好坏是否具有必然联系、以及怎样揭示这种联系,是本文需要探讨和回答的一个科学问题. 下文的研究将表明,这种必然联系是客观存在的.

人们在对评价指标赋权的过程中,通常采用主观赋权法来反映专家的知识 and 经验,用客观赋权法来反映不同指标间数据的差异以及通过数据显示的规律,最后通过对主观赋权结果和客观赋权结果进行加权平均,得到组合赋权的最终权重.

现在的问题是通过怎样的组合赋权结果、即怎样确定每一种单一方法赋权结果的权重系数,才能使综合评级结果的信用评分、把违约样本和非违约样本显著地区分出来. 这正是本文需要解决的一个科学问题. 下文的研究将表明,通过合理的组合赋权的权重系数,可以使评级结果的综合评分分数,显著地区分违约与非违约企业的样本.

## 1.2 问题的难点

难点 1 如何确定组合赋权中每一种单一方法赋权结果的权重系数,才能使综合评分分数把违约样本和非违约样本最大程度地区分出来.

难点 2 如何对信用评价模型的合理性进行检验,验证违约企业的得分是否显著小于非违约企业的得分.

难点 3 如何使指标权重既能反映专家主观经验,又能反映客观的数据规律.

## 1.3 突破难点的思路

1) 难点 1 的解决思路: 逼近理想点的组合

赋权。

根据现有研究中正、负理想点的定义<sup>[17]</sup>, 正理想点是各项指标的加权数据都达到最大值, 负理想点是各项指标的加权数据都达到最小值。

根据非违约企业综合信用得分逼近正理想点、违约企业综合信用得分逼近负理想点的思路, 以非违约企业的指标加权数据到正理想点的距离代数和最小为第一个目标函数, 以违约企业的指标加权数据到负理想点的距离代数和最小为第二个目标函数, 建立多目标非线性规划模型, 使得非违约企业的评价得分越高、违约企业的评价得分越低, 保证违约与非违约两类企业能够最大程度地被区分开, 避免两类企业的评价结果产生混淆。

2) 难点2的解决思路: 基于J-T非参数检验的信用评价模型合理性验证。

通过检验“违约企业的信用得分能否显著小

于非违约企业的信用评价得分”的J-T非参数检验, 验证信用评价模型的合理性。若通过检验, 说明评价模型能够显著地区分违约与非违约两类样本, 并满足信用状况越好的企业、信用得分越高的规律。

3) 难点3的解决思路: G1主观赋权、违约判别能力客观赋权、信息含量客观赋权进行组合赋权。

通过G1法主观赋权反映专家的主观经验, 通过违约判别能力客观赋权反映违约状态判别能力越强的指标权重越大, 通过信息含量客观赋权反映信息含量越大的指标权重越大。将三种单一赋权方法进行组合赋权, 保证指标的组合权重既能反映专家主观经验, 又能反映客观的数据规律。

基于最大违约鉴别能力组合赋权的小企业信用评级原理如图1所示。

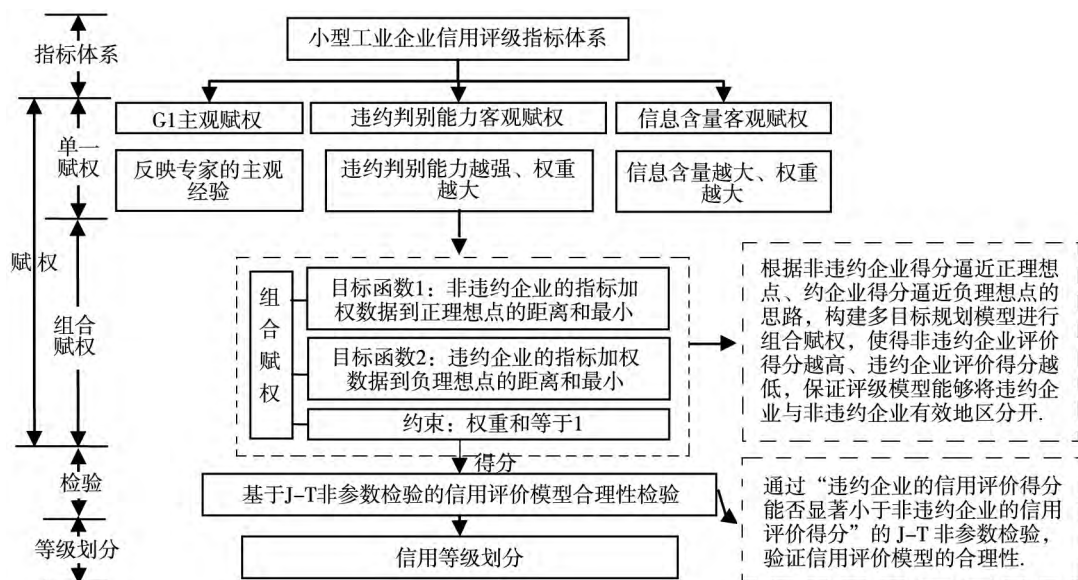


图1 基于违约鉴别能力组合赋权的小企业信用评级原理

Fig. 1 The principle of credit rating for small enterprises based on combination weighting

## 2 数据的基本处理及单一赋权方法

### 2.1 信用评级指标体系

组合赋权是在指标体系建立的基础上进行的, 而指标体系的建立又不属于本文的研究内容。为了便于读者清楚指标体系的来龙去脉这一与本文有关的前期工作, 故结合实证数据及其处理思路来介绍指标体系的来龙去脉。

信用评级指标体系构建的思路(方法): 1) 基于Fisher判别的第一次指标筛选是以违约状态为因变量、以评级指标为自变量建立Fisher判别方程。根据有、无特定指标两种状态下、Fisher判别方程对违约的鉴别精度的提高或降低, 反映特定指标对违约状态的影响程度, 剔除对违约状态的判别精度没有影响的指标, 保留了27个可以显著提高违约状态判别精度的指标<sup>[18]</sup>。

2) 基于相关分析的第二次指标筛选是对第

一次筛选后保留的 27 个指标计算两两指标间的相关系数,在相关系数大于 0.7<sup>[19]</sup>的两个指标中,根据对 Fisher 判别精度影响程度越大、这个指标区分违约状态能力越强的思路剔除对 Fisher 判别精度影响程度较小的指标,最终保留了 25 个指标<sup>[18]</sup>。

指标筛选的数据来源于某区域性商业银行京津沪等全部分支行的 1 814 笔小型工业企业贷款数据。

在样本数据和指标遴选思路(方法)确定的前提下,指标体系是唯一的,如表 1 的第 c 列所示。

由于上述指标体系的建立及其定量筛选过程复杂,且与本文的组合赋权模型不属于同一个科学问题。因此,本文仅引用该指标体系,不展开介绍其构建过程,具体的构建过程详见参考文献<sup>[18]</sup>。

表 1 小型工业企业的信用评级指标体系及数据

Table 1 The indicator system and data of small industrial enterprises

(a) 序号	(b) 准则层	(c) 指标	(d) 指标 类型	1 814 笔借据的指标原始 数据 $v_{ij}$			1 814 笔借据的指标标准化得分 $x_{ij}$					
							1 799 笔非违约借据			15 笔违约借据		
				(1) 企业 1	...	(1 814) 企业 1 814	(1 815) 企业 1	...	(3 613) 企业 1 799	(3 614) 企业 1 800	...	(3 628) 企业 1 814
1	C <sub>1</sub> 偿债能力	$X_1$ 流动负债经营活动净现金流比率	正向	-3.75	...	-3.75	0	...	0.5	0.47	...	0
...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
13	C <sub>5</sub> 企业外部	$X_{13}$ 城乡居民人均储蓄年末余额	正向	23 388.05	...	57 551.42	0.24	...	0.52	0.24	...	0.65
14	宏观环境	$X_{14}$ 居民消费价格指数	区间	9 101.35	...	21 293	0.98	...	1	0.98	...	1
15	C <sub>6</sub> 企业内部	$X_{15}$ 相关行业从业年限	定性	27	...	7	1	...	1	0	...	0.70
...	非财务因素	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
24	C <sub>9</sub> 企业的 商业信誉	$X_{24}$ 法律纠纷情况	定性	数据缺失	...	无法律纠纷	0.2	...	1	0	...	1
25	C <sub>10</sub> 抵押 担保因素	$X_{25}$ 抵押担保得分	定性	其他企 业保证	...	(出让) 国有土 地使用权抵押	0.10	...	0.57	0.67	...	0.40
26	——	是否违约	——	——	——	——	0	...	0	1	...	1
27	——	本研究计算的信用得分 $P_i$	——	——	——	——	17.666	...	74.939	29.201	...	60.041

## 2.2 指标数据的标准化

指标数据标准化是将指标原始数据转化成  $[0, 1]$  区间内的数,消除单位和量纲对指标赋权的影响。

### 1) 定量指标标准化

#### a. 正向指标标准化

正向指标是数值越大,信用情况越好的指标。如“营业利润率”等指标。

设:  $x_{ij}$ —第  $i$  个客户第  $j$  个指标的标准化得分;  $v_{ij}$ —第  $i$  个客户第  $j$  个指标的原始数据;  $n$ —客户数,则<sup>[19]</sup>

$$x_{ij} = \frac{v_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} (v_{ij})}{\max_{1 \leq i \leq n} (v_{ij}) - \min_{1 \leq i \leq n} (v_{ij})} \quad (1)$$

#### b. 负向指标标准化

负向指标是数值越小,信用情况越好的指标。如“资本固定化比率”等指标,则<sup>[19]</sup>

$$x_{ij} = \frac{\max_{1 \leq i \leq n} (v_{ij}) - v_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} (v_{ij}) - \min_{1 \leq i \leq n} (v_{ij})} \quad (2)$$

#### c. 区间型指标标准化

区间型指标是数值在某一个特定区间内,信用情况是最佳的指标。本文仅涉及两个区间型指标,即“居民消费价格指数”、“年龄”。指标“居民消费价格指数”最佳区间为  $[101, 105]$ <sup>[19]</sup>,在该区间内经济既不通货膨胀又不通货紧缩。指标“年龄”最佳区间为  $[31, 45]$ <sup>[20]</sup>,该年龄段为人生的最佳年龄段。

由最佳区间指标标准化公式  $x_{ij}$  为<sup>[19]</sup>

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 - \frac{q_1 - v_{ij}}{\max(q_1 - \min_{1 \leq i \leq n}(v_{ij}), \max_{1 \leq i \leq n}(v_{ij}) - q_2)} & v_{ij} < q_1 \quad (a) \\ 1 - \frac{v_{ij} - q_2}{\max(q_1 - \min_{1 \leq i \leq n}(v_{ij}), \max_{1 \leq i \leq n}(v_{ij}) - q_2)} & v_{ij} > q_2 \quad (b) \\ 1 & q_1 \leq v_{ij} \leq q_2 \quad (c) \end{cases} \quad (3)$$

式(3)的含义: 指标原始数据  $v_{ij}$  在区间  $[q_1, q_2]$  内, 小企业的信用状况最佳, 标准化得分为最高分 1 分. 否则, 指标原始数据  $v_{ij}$  距离区间  $[q_1, q_2]$  越远, 小企业的信用状况越差, 标准化得分越低.

## 2) 定性指标标准化

根据定性指标的不同状态制定打分标准, 将定性指标定量化, 便于代入下文的模型中进行计算. 定性指标打分标准如表 2 所示<sup>[18]</sup>.

表 2 定性指标打分标准

Table 2 The standard of qualitative indicators

(1) 指标	(2) 选项	(3) 选项内容	(4) 打分
相关行业从业年限	1	从业年限 $\geq 8$ 年	1.00
	2	5 年 $\leq$ 从业年限 $< 8$ 年	0.70
	3	2 年 $\leq$ 从业年限 $< 5$ 年	0.40
	4	0 $<$ 从业年限 $< 2$ 年, 或数据缺失	0.00
...	...	...	...
企业法律纠纷情况	1	无法律纠纷或有法律纠纷, 且胜诉	1.00
	2	数据缺失	0.20
	3	有法律纠纷, 且败诉	0.00

## 2.3 评价指标的单一赋权

### 2.3.1 基于 G1 法的主观赋权

G1 法赋权是按照专家对指标的主观排序, 对越重要的评级指标赋予越大的权重, 反映专家主观经验.

#### 1) 由专家确定指标的序关系.

设  $x_{(j)}$  为排序第  $j$  位的指标, 则专家确定指标的序关系:  $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(m)}$ . 最重要的指标放在第一位、即为  $x_{(1)}$ , 最不重要的指标放在最后一位、即为  $x_{(m)}$ .

2) 确定相邻排序指标  $x_{(j-1)}$  与  $x_{(j)}$  重要程度之比  $r_{(j)}$  的赋值.

表 3 是排序前一位指标  $x_{(j-1)}$  与排序后一位指标  $x_{(j)}$  的重要程度之比  $r_{(j)}$  的赋值表<sup>[21]</sup>. 例

$$q_1 \leq v_{ij} \leq q_2 \quad (c)$$

如表 3 第 2 行第 3 列可知, 若前一个指标  $x_{(j-1)}$  比后一个指标  $x_{(j)}$  稍微重要, 则前一个指标与后一个指标的重要程度之比  $r_{(j)} = 1.2$ , 如表 3 第 2 行第 2 列所示.

表 3 重要程度之比  $r_{(j)}$  的赋值表

Table 3 The value of  $r_{(j)}$

(1) 序号	(2) $r_{(j)}$ 取值	(3) 指标 $x_{(j-1)}$ 与 $x_{(j)}$ 的重要程度对比
1	1.0	指标 $x_{(j-1)}$ 与 $x_{(j)}$ 具有相同重要程度
2	1.2	指标 $x_{(j-1)}$ 比 $x_{(j)}$ 稍微重要
3	1.4	指标 $x_{(j-1)}$ 比 $x_{(j)}$ 明显重要
4	1.6	指标 $x_{(j-1)}$ 比 $x_{(j)}$ 强烈重要
5	1.8	指标 $x_{(j-1)}$ 比 $x_{(j)}$ 极端重要

#### 3) 计算最末位指标的权重.

G1 法权重的计算是一种逆向递推的计算思路, 即根据排序在后一位的指标权重  $w_{(j)}^{(1)}$ , 计算出排序在前一位指标的权重  $w_{(j-1)}^{(1)}$ . 所以首先要计算排在最末位的指标权重. 请注意, 最末位指标的权重是利用式(4)单独计算的.

设  $w_{(j)}^{(1)}$  为第一种单一赋权方法计算的排序在第  $j$  位的指标权重, 上标“(1)”代表第一种单一赋权方法, 本文中即为 G1 主观赋权法.

由于指标共有  $m$  个, 则  $w_{(m)}^{(1)}$  表示排名第  $m$  位、即最末位指标的主观权重, 则<sup>[21]</sup>

$$w_{(m)}^{(1)} = \left( 1 + \sum_{j=2}^m \prod_{i=j}^m r_{(i)} \right)^{-1} \quad (4)$$

式(4)的含义: 根据排序相邻的指标间重要程度之比  $r_{(j)}$ , 计算出排名末位的指标权重  $w_{(m)}^{(1)}$ .

#### 4) 计算其他指标的权重.

根据末位指标权重  $w_{(m)}^{(1)}$  计算倒数第二位指标权重  $w_{(m-1)}^{(1)}$ ; 再由倒数第二位指标权重  $w_{(m-1)}^{(1)}$  计算倒数第三位指标权重  $w_{(m-2)}^{(1)}$ , 依此类推, 最终计算出排序在第一位的指标权重. 计算公式为<sup>[21]</sup>

$$w_{(j-1)}^{(1)} = r_{(j)} w_{(j)}^{(1)}, j = m, m-1, \dots, 2 \quad (5)$$

式(5)的含义: 根据排名在后一位的指标权重  $w_{(j)}^{(1)}$ , 计算出排名在前一位的指标权重  $w_{(j-1)}^{(1)}$ . 使得排序越靠前、越重要的指标权重越大.

式(5)与式(4)的区别: 式(4)是计算排名末位的指标权重, 而式(5)是计算其他排名上的指标权重.

### 2.3.2 基于违约判别能力的客观赋权

基于违约判别能力的客观赋权是通过单因素方差分析中  $F$  统计量, 反映指标的违约判别能力, 对指标进行赋权. 保证违约鉴别能力越强的指标、赋予越大的权重.

#### 1) 计算组内离差 $SSE_j$

设  $SSE_j$ —第  $j$  个指标的组内离差,  $n_0$ —非违约客户数,  $x_{ij}^{(0)}$ —第  $i$  个非违约客户第  $j$  个指标的标准化数据,  $\bar{x}_j^{(0)}$ —非违约客户的第  $j$  个指标数据均值,  $n_1$ —违约客户数,  $x_{ij}^{(1)}$ —第  $i$  个违约客户第  $j$  个指标的标准化数据,  $\bar{x}_j^{(1)}$ —违约客户的第  $j$  个指标数据均值, 则<sup>[22]</sup>

$$SSE_j = \sum_{i=1}^{n_0} (x_{ij}^{(0)} - \bar{x}_j^{(0)})^2 + \sum_{i=1}^{n_1} (x_{ij}^{(1)} - \bar{x}_j^{(1)})^2 \quad (6)$$

式(6)的含义: 第一项表示非违约组内的数据差异、第二项表示违约组内的数据差异. 组内离差  $SSE_j$  越小, 说明第  $j$  个指标的非违约组内数据差异越小、违约组内数据差异也越小, 那么第  $j$  个指标对非违约和违约的区分能力越强.

#### 2) 计算总离差 $SST_j$

设  $SST_j$ —第  $j$  个指标的总离差,  $n$ —总客户数 ( $n = n_0 + n_1$ ),  $x_{ij}$ —第  $i$  个客户第  $j$  个指标的标准化数据,  $\bar{x}_j$ —第  $j$  个指标数据均值. 则<sup>[22]</sup>

$$SST_j = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \quad (7)$$

式(7)的含义: 总离差  $SST_j$  表示第  $j$  个指标的总体数据差异.

#### 3) 计算组间离差 $SSB_j$

由于总离差为组内离差与组间离差之和<sup>[22]</sup>, 所以组间离差  $SSB_j$  就等于总离差  $SST_j$  减去组内离差  $SSE_j$ , 即<sup>[22]</sup>

$$SSB_j = SST_j - SSE_j \quad (8)$$

式(8)的含义: 组间离差  $SSB_j$  反映违约和非违约两组样本之间的数据差异. 组间离差  $SSB_j$  越大, 说明第  $j$  个指标在违约和非违约两组之间的数据差异越大, 那么该指标越能区分违约和非违约状态.

#### 4) 计算 $F$ 统计量

设  $F_j$ —第  $j$  个指标的  $F$  统计量, 则<sup>[22]</sup>

$$F_j = \frac{SSB_j}{SSE_j} \times (n - 2) \quad (9)$$

式(9)的含义:  $F_j$  越大, 则违约样本和非违约样本的组间离差  $SSB_j$  越大、组内离差  $SSE_j$  越小, 表示指标  $X_j$  的数据在违约与非违约两组之间的差异较大、且两个组内数据差异较小, 则第  $j$  个指标越能明显地区分违约和非违约两类样本、对违约状态的判别能力越强.

#### 5) 计算权重

设  $w_j^{(2)}$  为第二种单一赋权方法计算的第  $j$  个指标权重, 上标“(2)”代表第二种单一赋权方法, 本文中即为基于违约判别能力的客观赋权,  $m$ —指标个数, 则

$$w_j^{(2)} = \frac{F_j}{\sum_{j=1}^m F_j} \quad (10)$$

式(10)的含义: 利用统计量  $F_j$  进行赋权, 违约状态区分能力越强的指标赋予的权重越大.

### 2.3.3 基于信息含量的客观赋权

基于信息含量的客观赋权是通过指标的均方差反映指标数据的离散程度, 数据离散程度越大, 说明对违约判别提供的信息含量越大, 赋予的权重越大.

设  $w_j^{(3)}$ —为第三种单一赋权方法计算的第  $j$  个指标权重, 上标“(3)”代表第三种单一赋权方法, 本文中即为基于信息含量的客观赋权, 则<sup>[19]</sup>

$$w_j^{(3)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 / n} / \sum_{j=1}^m \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 / n} \quad (11)$$

式(11)的含义: 均方差反映指标数据的离散程度。数据越离散的指标信息含量越大、权重越大。

### 3 基于组合赋权的信用评级模型构建方法

#### 3.1 基于逼近理想点的组合赋权模型

组合赋权模型是要保证赋权后的评价结果能够将违约企业与非违约企业最大程度地区分开。

本文提出了一种优化组合赋权的思路, 通过非违约企业的加权数据与正理想点的距离最小、违约企业的加权数据与负理想点的距离最小为目标函数, 构建多目标规划模型求解最优的组合权重, 使得赋权结果能够满足“非违约企业的信用得分越高、违约企业的信用得分越低”, 最大地拉开非违约企业与违约企业间的距离。组合赋权的原理如图2所示。

##### 3.1.1 建立组合权重的函数表达式

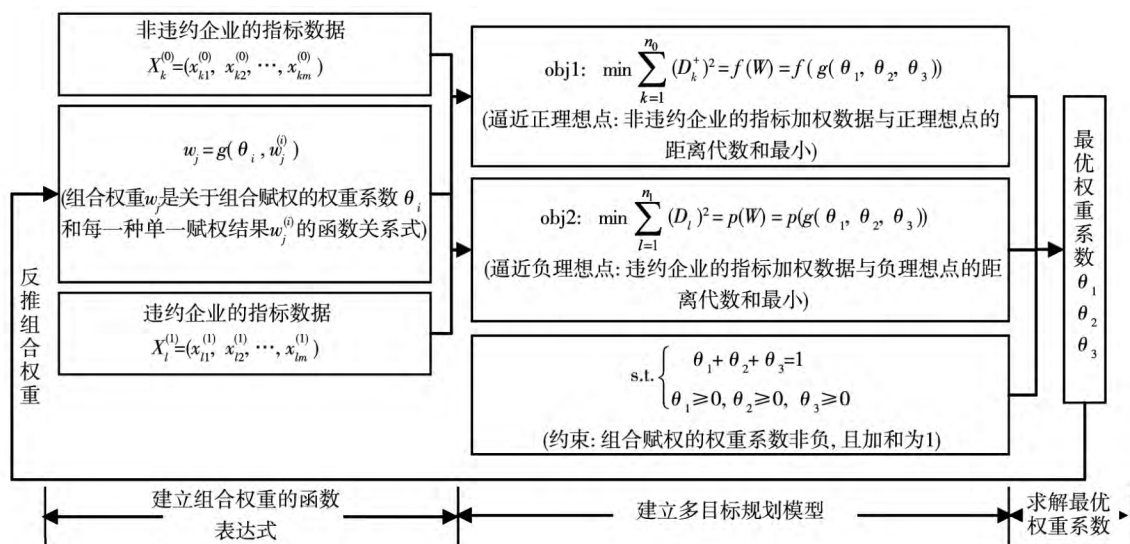


图2 基于违约鉴别能力的组合赋权原理

Fig. 2 The principle of combination weight based on the default identification ability

##### 3.1.2 确定正理想点和负理想点

根据现有研究中正、负理想点的定义<sup>[17]</sup>, 正理想点是各项指标加权数据都达到最大值。负理想点是各项指标加权数据都达到最小值。

###### 1) 加权后的标准化数据

设  $u_{ij}$  - 第  $i$  个企业第  $j$  个指标的加权后标准化数据;  $w_j$  - 第  $j$  个指标的权重, 在本文中指标权

重为  $w_j$  - 第  $j$  个指标的组合权重  $\theta_1$  - 第一种单一赋权方法的权重系数  $\mu_j^{(1)}$  - 第一种单一赋权方法计算的权重  $\theta_2$  - 第二种单一赋权方法的权重系数  $\mu_j^{(2)}$  - 第二种单一赋权方法计算的权重  $\theta_3$  - 第三种单一赋权方法的权重系数  $\mu_j^{(3)}$  - 第三种单一赋权方法计算的权重。

本文中第一种单一赋权方法是式(4)和式(5)的G1法主观赋权, 第二种单一赋权方法是式(10)的违约判别能力赋权, 第三种单一赋权方法是式(11)的信息含量赋权。则组合权重的函数表达式<sup>[23-24]</sup>

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_m \end{pmatrix} = \theta_1 \times \begin{pmatrix} w_1^{(1)} \\ w_2^{(1)} \\ \vdots \\ w_m^{(1)} \end{pmatrix} + \theta_2 \times \begin{pmatrix} w_1^{(2)} \\ w_2^{(2)} \\ \vdots \\ w_m^{(2)} \end{pmatrix} + \theta_3 \times \begin{pmatrix} w_1^{(3)} \\ w_2^{(3)} \\ \vdots \\ w_m^{(3)} \end{pmatrix} \quad (12)$$

式(12)的含义: 对三种单一赋权方法计算的权重结果进行赋权, 得到组合权重的函数表达式。

重为式(12)表示的组合权重;  $x_{ij}$  - 第  $i$  个企业第  $j$  个指标的标准化数据, 则<sup>[23-24]</sup>

$$u_{ij} = w_j x_{ij} \quad (13)$$

式(13)的含义: 加权后标准化数据  $u_{ij}$  等于标准化数据  $x_{ij}$  与对应指标权重  $w_j$  的乘积。

由式(13)可知, 第  $j$  个指标的加权后标准化数据最大值  $u_j^+$  为<sup>[23-24]</sup>

$$u_j^+ = \max(u_{1j}, \dots, \mu_{nj}) = \max(w_j x_{1j}, \dots, \mu_j x_{nj}) \quad (14)$$

由于所有企业的第  $j$  个指标的权重都是相同的、即为  $w_j$ , 所以式(14)可以做如下变换

$$u_j^+ = w_j \times \max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) = w_j s_j^+ \quad (15)$$

其中  $s_j^+$  为第  $j$  个指标标准化数据的最大值.

同理, 可知第  $j$  个指标的加权后标准化数据最小值  $u_j^-$  为<sup>[23-24]</sup>

$$u_j^- = w_j \times \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) = w_j s_j^- \quad (16)$$

### 2) 确定正理想点

正理想点表示信用状况最好的状态下企业的指标加权数据<sup>[17]</sup>.

则正理想点  $S^+$  表示为<sup>[23-24]</sup>

$$S^+ = \{u_1^+, \mu_2^+, \dots, \mu_m^+\} \quad (17)$$

由式(15)可知  $u_j^+ = w_j s_j^+$ , 代入到式(17)得到

$$S^+ = \{w_1 s_1^+, w_2 s_2^+, \dots, w_m s_m^+\}$$

根据标准化的定义, 无论是正向指标标准化公式(1)、负向指标标准化公式(2), 还是区间型指标标准化公式(3), 在信用状况最好的状态下指标的标准化数据全为 1、即  $s_j^+ = 1$ .

因此式(17)的正理想点数据可以变换为

$$S^+ = \{w_1, w_2, \dots, w_m\} \quad (18)$$

### 3) 确定负理想点

负理想点表示信用状况最差的状态下企业的指标加权数据<sup>[17]</sup>.

则负理想点  $S^-$  表示为<sup>[23-24]</sup>

$$S^- = \{u_1^-, \mu_2^-, \dots, \mu_m^-\} \quad (19)$$

由式(16)可知  $u_j^- = w_j s_j^-$ , 代入式(19)得到

$$S^- = \{w_1 s_1^-, w_2 s_2^-, \dots, w_m s_m^-\}$$

根据标准化的定义, 无论是正向指标标准化公式(1)、负向指标标准化公式(2), 还是区间型指标标准化公式(3), 在信用状况最差的状态下指标的标准化数据全为 0、即  $s_j^- = 0$ .

因此式(19)的负理想点数据可以变换为

$$S^- = \{0, 0, \dots, 0\} \quad (20)$$

### 3.1.3 构建距离函数

将每个企业看成一个点, 则第  $i$  个企业的加权后标准化数据  $Y_i$  表示为<sup>[23-24]</sup>

$$Y_i = \{w_1 x_{i1}, w_2 x_{i2}, \dots, w_m x_{im}\} \quad (21)$$

式(21)的含义: 数据点  $Y_i$  的各坐标值为指标的标

准化数据与相应指标权重的乘积.

1) 构建非违约企业的指标加权数据与正理想点的距离函数

设  $D_k^+$  - 第  $k$  个非违约企业的指标加权数据与正理想点的距离  $d(\cdot, \cdot)$  - 两点间距离的运算符<sup>[17]</sup>,  $Y_k^{(0)}$  - 第  $k$  个非违约企业的指标加权数据点、如式(21)所示,  $x_{kj}^{(0)}$  - 第  $k$  个非违约企业第  $j$  个指标标准化数据. 由两点间欧式距离的计算公式, 得<sup>[23-24]</sup>

$$(D_k^+)^2 = d(Y_k^{(0)}, S^+) = \sum_{j=1}^m (w_j x_{kj}^{(0)} - w_j s_j^+)^2 \quad (22)$$

由式(22)可知, 当  $D_k^+$  越小时, 非违约企业的指标加权后的数据  $w_j x_{kj}^{(0)}$  越接近加权后的数据最大值  $w_j s_j^+$ , 即  $w_1 x_{k1}^{(0)}$  接近  $w_1 s_1^+$ 、 $w_2 x_{k2}^{(0)}$  接近  $w_2 s_2^+$ , 以此类推,  $w_m x_{km}^{(0)}$  接近  $w_m s_m^+$ . 而  $m$  个指标加权数据  $w_j x_{kj}^{(0)}$  的代数和正是非违约企业的评价得分、 $m$  个指标加权数据最大值  $w_j s_j^+$  的代数和正是评价得分的最大值. 则非违约企业赋权后得到的评价得分越接近于得分最大值.

由上述分析可以得到: 当非违约企业的指标加权数据与正理想点的距离  $D_k^+$  越小时, 非违约企业的信用得分越高、越接近于最大值.

式(22)中利用加权后的数据计算“非违约企业与正理想点的距离  $D_k^+$ ”的原因有二: 一是由于不同指标的重要程度是不一样的, 为了反映这个重要程度的差异, 必须用指标加权后的数据  $w_j x_{kj}^{(0)}$  与加权后的数据最大值  $w_j s_j^+$  计算距离. 二是因为指标数据  $x_{kj}^{(0)}$  和指标数据最大值  $s_j^+$  都是常数, 则用  $x_{kj}^{(0)}$  与  $s_j^+$  计算的距离也是常数, 无法解决非违约企业与正理想点的最小距离问题, 与研究目的不符、没有意义. 综上, 式(22)中必须利用加权后的数据计算违约企业与正理想点的距离.

如 3.1.2 所述, 指标标准化数据的最大值  $s_j^+ = 1$ , 则式(22)变换为

$$(D_k^+)^2 = \sum_{j=1}^m (w_j x_{kj}^{(0)} - w_j)^2 \quad (23)$$

2) 构建违约企业的指标加权数据与负理想点的距离函数

设  $D_l^-$  - 第  $l$  个违约企业的指标加权数据与负



理想点的距离,  $d(\cdot, \cdot)$  — 两点距离的运算符号<sup>[17]</sup>,  $Y_l^{(1)}$  — 第  $l$  个违约企业的加权后标准化数据点、如式(21)所示,  $x_{lj}^{(1)}$  — 第  $l$  个违约企业第  $j$  个指标标准化数据. 由两点间欧式距离的计算公式得<sup>[23-24]</sup>

$$\begin{aligned} (D_l^-)^2 &= d(Y_l^{(1)}, S^-)^2 \\ &= \sum_{j=1}^m (w_j x_{lj}^{(1)} - w_j s_j^-)^2 \end{aligned} \quad (24)$$

由式(24)可知: 当  $D_l^-$  越小时, 违约企业的指标加权数据  $w_j x_{lj}^{(1)}$  越接近加权后的数据最小值  $w_j s_j^-$ , 即  $w_1 x_{l1}^{(1)}$  接近  $w_1 s_1^-$ 、 $w_2 x_{l2}^{(1)}$  接近  $w_2 s_2^-$ , 以此类推,  $w_m x_{lm}^{(1)}$  接近  $w_m s_m^-$ . 而  $m$  个  $w_j x_{lj}^{(1)}$  的代数和正是违约企业的评价得分、 $m$  个  $w_j s_j^-$  的代数和正是评价得分的最小值 0. 则违约企业赋权后得到的评价得分越接近于得分最小值 0.

由上述分析可以得到: 当违约企业的指标加权数据与负理想点的距离  $D_l^-$  越小时, 违约企业的信用得分越低、越接近于最小值.

式(24)中必须利用加权后的数据计算非违约企业与负理想点的距离, 而不是采用普通数据计算距离的理由与上文 1) 中式(22)的理由相同.

如 3.1.2 所述, 指标标准化数据的最小值  $s_j^- = 0$ , 则式(24)变换为

$$(D_l^-)^2 = \sum_{j=1}^m (w_j x_{lj}^{(1)} - 0)^2 \quad (25)$$

#### 3.1.4 构建多目标规划模型

根据非违约企业综合信用得分逼近正理想点、违约企业综合信用得分逼近负理想点的思路, 以非违约企业的指标加权数据与正理想点的距离代数和最小、违约企业的指标加权数据与负理想点的距离代数和最小为目标函数, 建立多目标规划模型, 求解组合赋权的权重系数  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ , 则<sup>[23]</sup>

$$\text{obj1: } \min \sum_{k=1}^{n_0} (D_k^+)^2 = \sum_{k=1}^{n_0} \sum_{j=1}^m (w_j x_{kj}^{(0)} - w_j)^2 \quad (26)$$

$$\text{obj2: } \min \sum_{l=1}^{n_1} (D_l^-)^2 = \sum_{l=1}^{n_1} \sum_{j=1}^m (w_j x_{lj}^{(1)} - 0)^2 \quad (27)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 = 1 \\ \theta_1 \geq 0 \quad \theta_2 \geq 0 \quad \theta_3 \geq 0 \end{cases} \quad (28)$$

其中

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_m \end{pmatrix} = \theta_1 \times \begin{pmatrix} w_1^{(1)} \\ w_2^{(1)} \\ \vdots \\ w_m^{(1)} \end{pmatrix} + \theta_2 \times \begin{pmatrix} w_1^{(2)} \\ w_2^{(2)} \\ \vdots \\ w_m^{(2)} \end{pmatrix} + \theta_3 \times \begin{pmatrix} w_1^{(3)} \\ w_2^{(3)} \\ \vdots \\ w_m^{(3)} \end{pmatrix} \quad (29)$$

式(26)、式(27)是关于组合权重  $w_j$  的函数. 而由式(29)可知, 组合权重  $w_j$  又是关于权重系数  $\theta_j$  的函数. 因此, 多目标规划模型式(26)~式(29)的决策变量是组合赋权的权重系数  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ . 通过多目标规划模型式(26)~式(29)的求解, 可以得到最优的权重系数  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ .

目标函数式(26)~式(27)的含义及特色: ①式(26)为第一个目标函数, 使得非违约企业指标加权后的数据与正理想点的距离最小, 使得非违约企业的评价得分越接近最大得分; ②式(27)为第二个目标函数, 使得违约企业指标加权后的数据与负理想点的距离最小, 使得违约企业的评价结果越接近最小得分. 综上, 通过目标函数  $obj1$  和  $obj2$ , 使得非违约企业的信用得分越高、违约企业的信用得分越低, 从而拉开了违约与非违约两类企业间的评分差距, 达到最大的分离度.

约束条件式(28)~式(29)的含义: ①式(28)为约束条件, 表示组合赋权的权重系数等于 1. ②式(29)是指标组合权重的函数表达式, 与式(12)相同.

式(26)~式(29)与现有研究的区别: 现有研究<sup>[14-16]</sup>方法并不反映指标权重与综合信用得分的违约鉴别能力之间的函数关系, 因而也就根本无法通过最优权重的确定来保证综合评级结果的信用得分把违约企业 and 非违约企业最大限度地区分出来. 这种做法往往导致违约与非违约企业的信用得分产生大量重叠、从而对违约状态的鉴别能力低.

而本研究在式(26)的非违约企业指标加权后的数据逼近正理想点, 式(27)的违约企业指标加权后的数据逼近负理想点的极值条件反推最佳组合权重, 使综合评级结果的信用分数显著地区分违约企业 and 非违约企业. 改变了现有研究中违约与非违约企业的评价得分存在大量重叠、对两

类企业的区分能力低的弊端。

### 3.1.5 计算组合权重

通过求解多目标规划模型式(26)~式(29),得到组合赋权的权重系数 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ ,代入式(29)计算每个指标的组合权重 $w_1, w_2, \dots, w_m$ 。

### 3.2 组合赋权的权重系数与评价结果的联系

由式(26)可知,非违约企业的指标加权数据到正理想点的距离 $D_k^+$ 是关于每个指标最终赋权结果 $W=(w_1, w_2, \dots, w_m)$ 的函数,即 $D_k^+ = f(W) = f(w_1, w_2, \dots, w_m)$ 。

由式(29)可知,每个指标最终赋权结果 $W=(w_1, w_2, \dots, w_m)$ 是关于每个单一赋权方法的权重系数 $\theta_i$ 的函数,即 $W=g(\theta_i)=g(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ 。

故非违约企业的指标加权数据到正理想点的距离与权重系数 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 有关,即 $D_k^+ = f(W) = f(g(\theta_1, \theta_2, \theta_3))$ 。

同理,违约企业的指标加权数据到负理想点的距离 $D_i^-$ 也与权重系数 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 有关,即 $D_i^- = p(W) = p(g(\theta_1, \theta_2, \theta_3))$ 。

因此,组合赋权的权重系数 $\theta_i$ 的取值会影响非违约企业的指标加权数据到正理想点的距离 $D_k^+$ 、也会影响违约企业的指标加权数据到负理想点的距离 $D_i^-$ 。

由此可以得到推论:能使非违约企业的综合信用得分到正理想点的距离、违约企业的综合信用得分到负理想点的距离达到最小、即能使违约与非违约样本达到最大区分度的权重系数 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 是唯一的,即为最优的权重系数结构。

进一步,由推论可以得到以下三条结论:

1) 不但指标遴选对评级体系有影响,评级指标的赋权对评级体系的违约鉴别能力也有显著影响。

2) 在指标体系建立情况下,组合赋权的权重系数 $\theta_i$ 的取值会影响评级结果的信用得分能否显著区分违约与非违约样本。

3) 能够使信用得分最大限度地区分违约与非违约样本的权重系数 $\theta_i$ 是唯一的、即为最优的权重系数结构。若改变权重间的对比关系,最终评级结果的综合信用得分就不会最大程度地区分违约样本与非违约样本。

### 3.3 信用评价模型的建立

设 $P_i$ —第 $i$ 个客户的信用评分; $w_j$ —第 $j$ 个指标的权重; $x_{ij}$ —第 $i$ 个客户第 $j$ 个指标的标准化数据,则<sup>[19]</sup>

$$P_i = \sum_{j=1}^m w_j \times x_{ij} \times 100 \quad (30)$$

式(30)即为建立的信用评价模型。

### 3.4 基于 J-T 非参数检验的信用评价模型合理性检验

单个评级指标好、整个指标体系好或指标权重好都不代表评价结果好,而评价结果的好坏最终反映在信用评价方程计算的得分上。只有信用得分能够显著区分违约状态,才能说明最终的评价结果好,即对违约与非违约企业能够显著区分。因此,对信用评价方程进行合理性检验是十分必要的。

本文通过检验“违约企业的信用得分是否显著小于非违约企业的信用得分”,验证信用评价方程的合理性。若通过检验,说明信用得分能够显著区分违约状态,则式(30)建立的信用评价模型合理。

#### 1) 原假设和备择假设<sup>[25]</sup>

原假设 $H_0$ :违约企业的信用得分 $P_j^{(1)}$ 与非违约企业的信用得分 $P_j^{(0)}$ 无显著性差异。

备择假设 $H_1$ :违约企业的信用得分 $P_j^{(1)}$ 显著小于非违约企业的信用得分 $P_j^{(0)}$ 。

#### 2) 构造统计量进行 J-T 检验

步骤 1 计算满足“违约企业的得分 $P_j^{(1)}$ 小于非违约企业的得分 $P_j^{(0)}$ ”的数据对个数 $J$ 。

表 4 参数 $J$ 的计算举例

Table 4 The computation example of  $J$

(1) 序号	(2) 违约企业的 信用得分 $P_j^{(1)}$	(3) 非违约企业 的信用得分 $P_j^{(0)}$	(4) 满足“ $P_j^{(1)} < P_j^{(0)}$ ”的数据对
1	65	89	共 6 对: 65 < 89、 65 < 76、23 < 89、 23 < 76、23 < 63、 80 < 89
2	23	76	
3	90	63	
4	80	—	

以表 4 举例说明 $J$ 的计算过程。将表 4 第 2 列第 1 行的违约企业得分 $P_1^{(1)} = 65$ 分别与第 3 列中 3 个非违约企业的得分 $P_j^{(0)} = 89, 76$ 和 63 三个数字进行比较。其中,满足“ $P_j^{(1)} < P_j^{(0)}$ ”的数据对有 2 个: 65 < 89、65 < 76。而“65 > 63”不满足“ $P_j^{(1)} < P_j^{(0)}$ ”,则不能计为一个有效数据对。所

以,满足的有2对。

同理,将表4第2列第2行~第4行的得分 $P_j^{(1)}$ 分别与第3列的得分 $P_j^{(0)}$ 进行两两比较,得到满足“ $P_j^{(1)} < P_j^{(0)}$ ”的数据对共有4个:  $23 < 89$ 、 $23 < 76$ 、 $23 < 63$ 、 $80 < 89$ 。

综上,表4中满足 $P_j^{(1)} < P_j^{(0)}$ 的数据对共有6对,即 $J=6$ ,如表4第4列所示。

步骤2 构造 $Z$ 统计量。

由步骤1中计算的参数 $J$ 构造 $Z$ 统计量<sup>[25]</sup>

$$Z = \frac{J - (n^2 - n_0^2 - n_1^2) / 4}{\sqrt{[n^2(2n+3) - n_0^2(2n_0+3) - n_1^2(2n_1+3)] / 72}} \quad (31)$$

其中 $Z$ 服从标准正态分布, $n$ 为总客户数, $n_0$ 为非违约客户数, $n_1$ 为违约客户数。

式(31)的含义:当 $Z$ 统计量越大, $J$ 越大,违约企业得分 $P_j^{(1)}$ 越显著小于非违约企业得分 $P_j^{(0)}$ ,则式(30)计算的信用得分越合理。

步骤3 显著性检验。

选取显著性水平 $\alpha = 0.05$ <sup>[25]</sup>,由标准正态分布临界值表可查得 $Z_{0.05}$ 。若 $Z > Z_{0.05}$ ,则通过显著性检验,说明3.4节1)中的备择假设 $H_1$ 成立<sup>[25]</sup>,说明违约企业得分 $P_j^{(1)}$ 显著小于非违约企业得分 $P_j^{(0)}$ ;否则,违约企业得分 $P_j^{(1)}$ 与非违约企业得分 $P_j^{(0)}$ 无显著性差异,重新建立评价模型。

“3.4 信用评价模型的合理性检验”与现有研究的区别:现有研究<sup>[1-16]</sup>仅仅关注单个指标或指标体系与违约状态的关系,忽略了评价方程对违约状态的影响。而事实上,单个指标好、指标体系好或是权重好都不代表最终的评价结果好,评价结果的好坏最终体现在评价方程上,对评价方程的检验是必须的。

而本研究通过检验违约企业信用得分是否显著小于非违约企业得分,验证评价方程的合理性,检验最终的评价结果对违约与非违约企业是否能够显著区分。改变现有研究忽略对信用评价模型的合理性进行验证的弊端。

### 3.5 信用等级的划分方法

信用等级划分要满足“等级越高的贷款,对应的违约损失率越低”这个信用本质属性。

利用本研究团队获得的两个国家授权发明专利<sup>[26-27]</sup>对信用等级进行划分。划分思路如下:

1) 初步划分。按照式(30)计算出的得分 $P_i$ 由高到低对贷款客户进行排序,并初步划分为AAA、AA、A等9个等级,高信用得分对应着高信用等级。

2) 等级调整。通过调整每个等级的得分上下限,9个信用等级的贷款客户就会变化,进而改变每个等级的年违约损失率 $LGD_j$ 。

3) 最优等级划分。通过不断地调整信用等级并重新计算年违约损失率,总会找到满足“等级越高违约损失率越低”的最优的信用等级划分。

## 4 小企业信用评级的实证分析

### 4.1 样本选取及数据来源

#### 4.1.1 样本的选取

按照中华人民共和国工业和信息化部、国家发展和改革委员会、国家统计局、中华人民共和国财政部四部委2011年6月制定的《中小企业划型标准规定》<sup>[28]</sup>,选取了某区域性商业银行京津沪渝等全部分支行,从2004年以来10年间银行数据中所有的共1814笔小型工业企业贷款。

小型工业企业的划型标准<sup>[28]</sup>:从业人员20人~300人,且营业收入300万元~2000万元的工业企业。

本文利用银行已有企业样本进行实证的原因如下:

1) 与银行不发生借贷关系的企业,不存在真实的违约状态,因此无法根据贷款的违约状态甄别指标的重要性。而随机抽取的企业要想有违约与否的状态,必然与银行发生了借贷关系。

2) 只有利用“与银行发生实际借贷关系的企业数据”,才能获得完整的贷款信息和违约状态,才能挖掘出真实的违约规律。否则不可行,没有实际借贷的企业不知道是否违约,就无法根据贷款实际的违约与否,甄别指标挖掘权重。

3) 现有信用评级的流行文献<sup>[1-16]</sup>中,也都是利用“与银行发生实际借贷关系的企业”的“过去完成时”的数据进行研究的。

#### 4.1.2 数据来源

数据均来自于某区域性商业银行京津沪渝等

全部分支行 1 814 笔小型工业企业贷款数据,是从某区域性商业银行的小企业信贷管理系统<sup>[29]</sup>中提取的,如表 1 所示。

企业数据是违约时点数据,也就是“贷款到期日 + 90 天”时的数据。

一是根据国际惯例《巴塞尔协议 III》的规定,“贷款到期日 + 90 天”是贷款违约时点。

二是中国银行业也是采用“贷款到期日 + 90 天”作为企业的违约时点。

故,本文采用“贷款到期日 + 90 天”时企业数据。

在表 1 前 25 行中,第 1 列 ~ 第 1 814 列是指标的原始数据;第 1 815 列 ~ 第 3 628 列是标准化数据,下文第 4.2 节给出指标数据标准化的计算过程。由于下文计算的需要,将第 1 815 列 ~ 第 3 628 列的数据分为第 1 815 列 ~ 第 3 613 列的 1 799 笔非违约客户数据和第 3 614 列 ~ 第 3 628 列的 15 笔违约客户数据。表 1 第 26 行为违约标识,非违约记为“0”,违约记为“1”。

#### 4.1.3 信用评级指标体系

如第 2.1 节所述,本文利用某区域性商业银行全部分支行的 1 814 笔小型工业企业贷款数据,通过 Fisher 判别进行第一次指标筛选,删除对违约状态无显著影响的指标。通过相关分析进行第二次指标筛选,删除反映信息冗余的指标。最终保留的 25 个指标如表 1 的第 c 列所示。

### 4.2 评级指标标准化

#### 1) 正向指标标准化

表 1 第 d 列标记“正向”的指标中:先确定每个正向指标原始数据的最大值  $\max_{1 \leq i \leq n} (v_{ij})$  和最小值  $\min_{1 \leq i \leq n} (v_{ij})$ 。再将正向指标原始数据  $v_{ij}$ 、最大值和最小值代入式(1),得到正向指标的标准化数据  $x_{ij}$ ,列入表 1 前 25 行中正向指标对应行的第 1 815 列 ~ 第 3 628 列。

#### 2) 负向指标标准化

表 1 第 d 列标记“负向”的指标与正向指标标准化过程同理,利用式(2)得到负向指标的标准化数据  $x_{ij}$ ,列入表 1 前 25 行中负向指标对应行第 1 815 列 ~ 第 3 628 列。

#### 3) 区间型指标标准化

本研究中只有两个区间型指标,即表 1 第 14 行指标“居民消费价格指数”和第 21 行指标“年龄”。

先确定区间型指标的最佳区间  $[q_1, q_2]$ ,“居民消费价格指数”的最佳区间为  $[101, 105]$ <sup>[19]</sup>,“年龄”最佳区间为  $[31, 45]$ <sup>[20]</sup>。

再将表 1 第 14 行列、第 21 行第 1 列 ~ 第 1 814 列的原始数据  $v_{ij}$ 、最大值  $\max_{1 \leq i \leq n} (v_{ij})$  和最小值  $\min_{1 \leq i \leq n} (v_{ij})$ 、最佳区间的左右端点  $q_1$  和  $q_2$  代入式(3),得到区间型指标标准化得分  $x_{ij}$ ,列入表 1 第 14 行、第 21 行第 1 815 列 ~ 第 3 628 列。

#### 4) 定性指标打分

将表 1 第 d 列标记“定性”的指标,按照表 2 的打分标准进行打分,结果列入表 1 前第 25 行中定性指标对应行的第 1 815 列 ~ 第 3 628 列。

### 4.3 单一赋权的权重计算

#### 4.3.1 基于 G1 法的主观权重计算

本研究选取某区域性商业银行总行 43 名专家对指标重要性程度进行排序,包括 3 名独立审判官、1 名小企业金融业务管理部总经理和 39 名小企业部的专家。选取的 43 名专家具有丰富的理论基础和信用风险管理经验,有较强的权威性。

#### 1) 确定指标的序关系及重要性之比

根据与专家群体意见的偏离程度越低,权重越大的思路对专家进行赋权,得到专家群对指标的最终序关系<sup>[30]</sup>,如表 5 第 1 列 ~ 第 2 列所示。表 5 第 2 列中的指标是按照指标重要程度排序,最重要的指标排在第一行,最不重要的指标排在最后一行。

表 5 指标序关系及 G1 法权重

Table 5 The order of indicators and weight based on G1

(1) 序号	(2) 指标层	(3) 重要性 之比 $r_{(k)}$	(4) 权重 $w_{(j)}^{(1)}$
1	$X_6$ 营业利润率	—	0.092 0
2	$X_{15}$ 相关行业从业年限	1	0.092 0
3	$X_{18}$ 法人代表贷款违约记录	1	0.092 0
4	$X_{24}$ 法律纠纷情况	1	0.092 0
5	$X_8$ 存货周转速度	1.2	0.076 7
...	...	...	...
24	$X_{13}$ 城乡居民人均储蓄年末余额	1.8	0.004 2
25	$X_{14}$ 居民消费价格指数	1.6	0.002 6

根据表3的赋值规则,由专家确定序关系相邻的指标间重要性之比 $r_k$ 的值,如表5第3列所示。例如,表5第1行指标 $X_6$ 与第2行指标 $X_{15}$ 同等重要。根据表3第1行可知,当指标 $x_{(j-1)}$ 与 $x_{(j)}$ 具有相同重要程度时,重要性之比为1,列入表5第2行第3列。接下来再比较表5第2行指标 $X_{15}$ 与第3行指标 $X_{18}$ ,由于这两个指标也是同等重要,所以重要性之比赋值为1,列入表5第3行第3列。同理,可以得到表5第3列其他行的数据。

## 2) 计算指标的主客观权重

### ①排序末位指标的主客观权重

根据第2.3.1中3)~4)的计算步骤,首先应该利用式(4)计算排在末位的指标权重,即求表5第4列最后一行的数。

在表5第1行~第25行的指标中,排名末位的指标为表5最后一行的“ $X_{14}$ 居民消费价格指数”。将表5第3列第2行~第25行的数据 $r_{(k)}$ 代入式(4),则 $w_{(25)}^{(1)}$

$$w_{(25)}^{(1)} = \left( 1 + \sum_{j=2}^{25} \prod_{i=j}^{25} r_{(i)} \right)^{-1} \\ = [1 + (1 \times 1 \times 1 \times 1.2 \times \cdots \times 1.8 \times 1.6) + \\ (1 \times 1 \times 1.2 \times \cdots \times 1.8 \times 1.6) + \\ (1 \times 1.2 \times \cdots \times 1.8 \times 1.6) + \cdots + \\ (1.8 \times 1.6) + (1.6)]^{-1} = 0.0026$$

结果列于表5第25行第4列。

### ②逆向递推出其他指标的主客观权重

利用表5第25行第4列的 $w_{(25)}^{(1)}$ ,代入式(5)依次计算表5第4列倒数第二行、倒数第三行直至第一行的数据。

在表5最后一行中将第4列的 $w_{(25)}^{(1)} = 0.0026$ 、第3列 $r_{(25)} = 1.6$ 代入式(5),得到 $w_{(24)}^{(1)}$

$$w_{(24)}^{(1)} = r_{(25)} w_{(25)}^{(1)} = 1.6 \times 0.0026 = 0.0042$$

结果列于表5第24行第4列。

同理,依次得到 $w_{(23)}^{(1)}$ ,  $w_{(22)}^{(1)}$ ,  $\cdots$ ,  $w_{(1)}^{(1)}$ 的权重,并依次列入表5第4列第23行、第22行直至第1行。

将表5最后一列的权重放入表7第4列对应指标所在的行。

## 4.3.2 基于违约判别能力的客观权重计算

以指标 $X_1$ 为例,说明违约判别能力赋权的过程。

## 1) 计算组内离差、组间离差

### ①组内离差

将非违约企业数 $n_0 = 1799$ 、表1第1行第1815列~第3613列的 $x_{i1}^{(0)}$ 、违约企业数 $n_1 = 15$ 、表1第1行第3613列~第3628列的 $x_{i1}^{(1)}$ 代入式(6),则 $SSE_1$

$$SSE_1 = \sum_{i=1}^{1799} (x_{i1}^{(0)} - \bar{x}_1^{(0)})^2 + \sum_{i=1}^{15} (x_{i1}^{(1)} - \bar{x}_1^{(1)})^2 \\ = [(0 - 0.489)^2 + \cdots + (0.5 - 0.489)^2] + \\ [(0.47 - 0.4)^2 + \cdots + \\ (0 - 0.4)^2] = 14.1594$$

结果列于表6第1行第1列。

同理,得到其他24个指标的组内离差 $SSE_j$ ,列入表6第1行其他列。

### ②总离差

将总企业数 $n = 1814$ 、表1第1行第1815列~第3628列的 $x_{i1}$ 代入式(7),则 $SST_1$

$$SST_1 = \sum_{i=1}^{1814} (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 \\ = (0 - 0.488)^2 + \cdots + (0 - 0.488)^2 \\ = 14.2778$$

结果列入表6第2行第1列。

同理,得到其他24个指标的总离差 $SST_j$ ,列入表6第2行其他列。

### ③组间离差

在表6第1列中,将第2行的 $SST_1$ 、第1行的 $SSE_1$ 代入式(8),得到 $SSB_1$

$$SSB_1 = SST_1 - SSE_1 \\ = 14.2778 - 14.1594 \\ = 0.1184$$

结果列入表6第3行第1列。

同理,得到其他24个指标的组间离差 $SSB_j$ ,列入表6第3行其他列。

## 2) 计算F统计量

在表6第1列中,将第3行的 $SSB_1$ 、第1行的 $SSE_1$ 、总客户数 $n = 1814$ 代入式(9),则 $F_1$

$$F_1 = \frac{SSB_1}{SSE_1} \times (1814 - 2) \\ = \frac{0.1184}{14.1594} \times (1814 - 2) \\ = 15.1474$$

结果列入表 6 第 4 行第 1 列。

同理,可以计算得到其他指标的  $F$  统计量值,列于表 6 第 4 行其他列。

表 6 25 个指标的  $F$  值

Table 6  $F$  values of 25 indicators

序号	名称	(1) $X_1$ 流动负债 经营活动净现 金流比率	(2) $X_2$ 主营业务 收入现金比率	...	(25) $X_{25}$ 抵质 押担保得分
1	$SSE_j$	14.159 4	29.033 5	...	219.146 1
2	$SST_j$	14.277 8	29.173 0	...	219.993 4
3	$SSB_j$	0.118 4	0.139 5	...	0.847 3
4	$F_j$	15.147 4	8.704 7	...	7.006 2

### 3) 计算权重

将表 6 第 4 行的  $F_j$  代入式 (10) 的分子,将表 6 第 4 行的全部  $F$  值之和代入式 (10) 的分母,分别得到每个指标的权重  $w_j^{(2)}$ ,列于表 7 第 5 列。

#### 4.3.3 基于信息含量的客观权重计算

以指标  $X_1$  为例,说明信息含量赋权的计算方法。

将表 1 第 1 行第 1 815 列~第 3 628 列的  $x_{i1}$ 、表 1 第 1 行~第 25 行第 1 815 列~第 3 628 列的  $x_{ij}$ 、总客户数  $n=1\ 814$ 、指标数  $m=25$  代入式 (11) 得到  $w_1^{(3)}$

$$w_1^{(3)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{1\ 814} (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 / 1\ 814}{\sum_{j=1}^{25} \sqrt{\sum_{i=1}^{1\ 814} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 / 1\ 814}}} = 0.018\ 1$$

结果列入表 7 第 6 列第 1 行。

同理,可以得到其他指标的权重  $w_j^{(3)}$ ,列于表 7 第 6 列其他行。

### 4.4 基于逼近理想点的组合赋权求解

#### 4.4.1 多目标规划模型向单目标规划模型的转化

求解多目标规划的惯用做法是将多目标规划模型转化为单目标规划模型进行求解<sup>[31]</sup>。

##### 1) 转化前的多目标规划模型

见第 3.1 节构建的多目标规划模型式 (26) ~ 式 (29)

##### 2) 转化后的单目标规划模型

将多目标规划模型中第一个目标函数式

(26) 与第二个目标函数式 (27),按照 0.5:0.5 的权重进行线性加权<sup>[31]</sup>,得到单目标规划模型的目标函数,如式 (32) 所示。单目标规划模型的约束条件与多目标规划模型的约束条件式 (28) ~ 式 (29) 相同,为了方便起见记为式 (33) ~ 式 (34) 则

$$\begin{aligned} \text{obj min } & [0.5 \times \sum_{k=1}^{n_0} (D_k^+)^2 + 0.5 \times \sum_{l=1}^{n_1} (D_l^-)^2] \\ & = 0.5 \times \sum_{k=1}^{n_0} \sum_{j=1}^m (w_j x_{kj}^{(0)} - w_j)^2 + 0.5 \times \\ & \sum_{l=1}^{n_1} \sum_{j=1}^m (w_j x_{lj}^{(1)} - 0)^2 \end{aligned} \quad (32)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 = 1 \\ \theta_1 \geq 0 \ \theta_2 \geq 0 \ \theta_3 \geq 0 \end{cases} \quad (33)$$

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_m \end{pmatrix} = \theta_1 \times \begin{pmatrix} w_1^{(1)} \\ w_2^{(1)} \\ \dots \\ w_m^{(1)} \end{pmatrix} + \theta_2 \times \begin{pmatrix} w_1^{(2)} \\ w_2^{(2)} \\ \dots \\ w_m^{(2)} \end{pmatrix} + \theta_3 \times \begin{pmatrix} w_1^{(3)} \\ w_2^{(3)} \\ \dots \\ w_m^{(3)} \end{pmatrix} \quad (34)$$

通过转化后的单目标规划模型式 (32) ~ 式 (34) 的求解,进而求解多目标规划模型式 (26) ~ 式 (29) 的决策变量、即组合赋权的权重系数  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ 。

#### 4.4.2 组合权重的函数表达式

以指标  $X_1$  为例进行说明。在表 7 第 1 行中,将第 4 列的  $w_1^{(1)} = 0.063\ 9$ 、第 5 列的  $w_1^{(2)} = 0.040\ 3$ 、第 6 列的  $w_1^{(3)} = 0.018\ 1$  代入式 (34) 的第一行,得到指标  $X_1$  的组合权重表达式

$$w_1 = 0.063\ 9\theta_1 + 0.040\ 3\theta_2 + 0.018\ 1\theta_3 \quad (35-1)$$

同理,可以得到其他 24 个指标的组合权重表达式

$$w_2 = 0.063\ 9\theta_1 + 0.023\ 2\theta_2 + 0.025\ 9\theta_3 \quad (35-2)$$

.....

$$w_{25} = 0.063\ 9\theta_1 + 0.018\ 6\theta_2 + 0.071\ 0\theta_3 \quad (35-25)$$

由此得到 25 个指标的组合权重表达式 (35-1) ~ 式 (35-25)。

表7 单一赋权及组合赋权的权重  
Table 7 The weights of single weighting and combination weighting

(1) 序号	(2) 准则层	(3) 指标层	(4) 主观 权重 $w_j^{(1)}$	(5) 基于违约 判别能力计算的 权重 $w_j^{(2)}$	(6) 信息含 量计算的 权重 $w_j^{(3)}$	(7) 组合 权重 $w_j$	(8) 准则 层权重	(9) 权重 之和
1	C <sub>1</sub> 偿债能力	$X_1$ 流动负债经营活动净现金流比率	0.063 9	0.040 3	0.018 1	0.034 9	0.200 6	财务指 标的权 重之和 为 0.323 3
...		...	...	...	...	...		
6	C <sub>2</sub> 盈利能力	$X_6$ 营业利润率	0.092 0	0.000 3	0.041 3	0.019 1	0.054 1	
7		$X_7$ 成本利润率	0.031 7	0.042 3	0.021 3	0.035 0		
8	C <sub>3</sub> 营运能力	$X_8$ 存货周转速度	0.076 7	0.002 5	0.007 6	0.008 9	0.042 4	
...		...	...	...	...	...		
11	C <sub>4</sub> 成长能力	$X_{11}$ 利润增长率	0.026 4	0.001 1	0.013 3	0.006 5	0.026 1	
12		$X_{12}$ 总资产增长率	0.022 0	0.016 7	0.024 8	0.019 6		
13	C <sub>5</sub> 企业外部	$X_{13}$ 城乡居民人均储蓄年末余额	0.004 2	0.045 5	0.031 8	0.038 5	0.043 1	非财务 指标的 权重之 和为 0.676 7
14	宏观环境	$X_{14}$ 居民消费价格指数	0.002 6	0.004 3	0.005 6	0.004 6		
15	C <sub>6</sub> 企业内部	$X_{15}$ 相关行业从业年限	0.092 0	0.129 8	0.063 2	0.106 5	0.144 9	
...	非财务因素	...	...	...	...	...		
18	C <sub>7</sub> 法人代表	$X_{18}$ 法人代表贷款违约记录	0.092 0	0.059 3	0.068 8	0.064 4	0.141 1	
...	基本情况	...	...	...	...	...		
22	C <sub>8</sub> 企业基本	$X_{22}$ 企业到位注册资金类别	0.022 0	0.010 8	0.059 6	0.026 8	0.134 8	
23	信用情况	$X_{23}$ 近三年企业授信情况	0.053 3	0.137 6	0.060 5	0.108 0		
24	C <sub>9</sub> 企业的 商业信誉	$X_{24}$ 法律纠纷情况	0.092 0	0.247 9	0.046 8	0.174 8	0.174 8	
25	C <sub>10</sub> 抵质押 担保因素	$X_{25}$ 抵质押担保得分	0.063 9	0.018 6	0.071 0	0.038 0	0.038 0	
26	组合赋权的权重系数 $\theta_i$		0.064 7	0.622 0	0.313 3	——		

4.4.3 组合赋权的权重系数求解

式(32)中参数的代入: 式(32)中非违约客户数  $n_0 = 1\ 799$ , 指标个数  $m = 25$ ,  $w_j$  代入的是表达式(35-1)~式(35-25),  $x_{kj}^{(0)}$  代入的是表1第1 815列~第3 613列的前25行数据, 违约客户数  $n_1 = 15$ ,  $x_{kj}^{(1)}$  代入的是表1第3 614列~第3 628列的前25行数据。

经过上述的参数代入过程, 式(32)、式(33)及式(35-1)~式(35-25)构成了以权重系数  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$  为决策变量的单目标规划模型。通过求解单目标规划模型, 得到组合赋权的权重系数  $\theta_1 = 0.064\ 7$ 、 $\theta_2 = 0.622\ 0$ 、 $\theta_3 = 0.313\ 3$ , 结果列入表7最后一行。

4.4.4 组合权重的确定

将权重系数  $\theta_1 = 0.064\ 7$ 、 $\theta_2 = 0.622\ 0$ 、 $\theta_3 = 0.313\ 3$  代入式(35-1)中, 得到指标  $X_1$  的组合权重

$$\begin{aligned}w_1 &= 0.063\ 9 \times 0.064\ 7 + 0.040\ 3 \times 0.622 + \\&\quad 0.018 \times 0.313\ 3 \\&= 0.034\ 9\end{aligned}$$

结果列入表7第1行第7列。

同理, 可以得到其他24个指标的组合权重

$$\begin{aligned}w_2 &= 0.063\ 9 \times 0.064\ 7 + 0.023\ 2 \times \\&\quad 0.622\ 0 + 0.025\ 9 \times 0.313\ 3 \\&= 0.026\ 6 \\&\quad \dots\dots\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{25} &= 0.063\ 9 \times 0.064\ 7 + 0.018\ 6 \times \\&\quad 0.622\ 0 + 0.071\ 0 \times 0.313\ 3 \\&= 0.038\ 0\end{aligned}$$

结果列入表7第2行~第25行第7列。

4.5 评级指标权重分析

1) 指标的重要性分析

通过对表7第7列指标权重进行 ward 聚类<sup>[19]</sup>, 将25个指标分为三类, 第I类的指标最重

要,其次是第Ⅱ类、第Ⅲ类的指标,如表8第2列~第3列所示。

表8 指标权重的聚类结果

Table 8 The clustering result of indicator weight

(1) 序号	(2) 重要性 分类	(3) 指标层	(4) 组合 权重 $w_j$
1	第Ⅰ类	$X_{24}$ 法律纠纷情况	0.174 8
2	第Ⅱ类	$X_{23}$ 近三年企业授信情况	0.108 0
3		$X_{15}$ 相关行业从业年限	0.106 5
4		$X_4$ 资本固定化比率	0.093 1
5		$X_{18}$ 法人代表贷款违约记录	0.064 4
6	第Ⅲ类	$X_{13}$ 城乡居民人均储蓄年末余额	0.038 5
7		$X_{25}$ 抵质押担保得分	0.038 0
...		...	...
24		$X_9$ 流动资产周转速度	0.004 9
25		$X_{14}$ 居民消费价格指数	0.004 6

由表8第2列的分类结果可知,第Ⅰ类指标“ $X_{24}$  法律纠纷情况”是权重最大、对信用评级重要性最大的关键指标。第Ⅱ类指标包括“ $X_{23}$  近三年企业授信情况”、“ $X_{15}$  相关行业从业年限”、“ $X_4$  资本固定化比率”、“ $X_{18}$  法人代表贷款违约记录”是评价小型工业企业信用状况的重要指标。具体分析如下:

①“法律纠纷情况”反映企业是否存在违法行为。守法经营是企业发展盈利的最基本前提和保障,一旦动摇,企业就会面临破产倒闭的风险。法律纠纷情况是评价企业信用的最基本、最重要的指标。

②“近三年企业授信情况”反映企业在近三年内是否存在违约现象,直接体现出企业在近期的财务状况和债务偿还能力。

③“相关行业从业年限”反映企业在相关行业领域中的从业经验。相关行业的从业年限越长,说明该企业的从业经验越丰富,具有良好的销售渠道、业务能力强,偿债能力也就越强。

④“资本固定化比率”是指企业的固定资产净值占所有者权益的比重。该指标越大,说明企业自有资本中用于长期资产较多,而经营资金则需要靠借款筹集。而过多借款,必然导致企业无力承担、发生违约。所以,“资本固定化比率”反映企业的财务状况是否有能力还款。

⑤“法人代表贷款违约记录”反映企业负责

人的信誉。由于小型工业企业的规模小、管理制度不健全的特点,使得管理者在企业的经营和发展上起到了决定性的作用。负责人的信用状况就会影响到小型工业企业的信用状况。

将本文的“法律纠纷情况”等5个重要指标与中国建设银行等三家国内权威银行机构的评级指标进行对比,结果如表9。在表9中,若银行评级体系中存在第2列的指标,就标记上“√”。

由表9的对比结果可知,本文“法律纠纷情况”等5个重要指标均包含在银行现有的评价体系中。其中,“法律纠纷情况”、“近三年企业授信情况”、“法人代表贷款违约记录”在三家银行的评级体系中均存在,说明小企业的合法合规、信贷违约记录是银行评价小企业时关注的重点,与本文得到的结论相符合。

表9 与现有银行评级指标的对比

Table 9 Compared with existing bank rating indicators

(1) 序号	(2) 本文的重要指标	(3) 中国 建设银行 <sup>[32]</sup>	(4) 中国 工商银行 <sup>[33]</sup>	(5) 浦发 银行 <sup>[34]</sup>
1	$X_{24}$ 法律纠纷情况	√	√	√
2	$X_{23}$ 近三年企业授信情况	√	√	√
3	$X_{15}$ 相关行业从业年限	√		
4	$X_4$ 资本固定化比率		√	
5	$X_{18}$ 法人代表贷款违约记录	√	√	√

## 2) 准则层重要性分析

按准则层将表7第7列的指标权重进行加和,得到每个准则层的权重,如表7第8列其他行所示。

按权重由大到小对准则层进行排序:  $C_1$  偿债能力 >  $C_9$  企业的商业信誉 >  $C_6$  企业内部非财务因素 >  $C_7$  法人代表基本情况 >  $C_8$  企业基本信用情况 >  $C_2$  盈利能力 >  $C_3$  营运能力 >  $C_5$  企业外部宏观环境 >  $C_{10}$  抵质押担保因素 >  $C_4$  成长能力。

由上述分析可知,偿债能力是影响小型工业企业贷款是否违约的最重要因素;而企业的商业信誉仅次于偿债能力,对小型工业企业信用评级的影响较为重要。

## 3) 财务指标与非财务指标重要性对比

将表7第7列第1行~第12行的财务指标权重相加,得到财务指标权重之和为0.323 3,列入表7第9列第1行。将表7第7列第13行~第



25 行的非财务指标权重相加, 得到非财务指标权重之和为 0.676 7, 列入表 7 第 9 列第 2 行。由此可见, 在评价小型工业企业的信用风险时非财务因素比财务因素更加重要。

#### 4.6 信用得分的计算

将表 7 第 7 列的指标组合权重  $w_j$  代入式 (30), 得到信用评价方程为

$$P_i = 100 \times (0.0349x_{i1} + 0.0266x_{i2} + \cdots + 0.0380x_{i25}) \quad (36)$$

式 (36) 即为最终建立的小型工业企业信用评价方程。

将表 1 第 1 815 列前 25 行的标准化数据  $x_{1j}$  代入式 (36), 得到

$$P_1 = 100 \times (0.0349 \times 0 + \cdots + 0.0380 \times 0.1) = 17.666$$

$$Z = \frac{24\,696 - (1\,814^2 - 1\,799^2 - 15^2)}{4} \\ = \frac{\sqrt{[1\,814^2 \times (2 \times 1\,814 + 3) - 1\,799^2 \times (2 \times 1\,799 + 3) - 15^2 \times (2 \times 15 + 3)]}}{72} \\ = 5.546$$

选取显著性水平  $\alpha = 0.05^{[22]}$ , 由标准正态分布临界值表可查得  $Z_{0.05} = 1.96$ 。由于  $Z = 5.546 > 1.96$ , 通过显著性检验, 说明违约企业得分  $P_j^{(1)}$  显著小于非违约企业得分  $P_j^{(0)}$ , 式 (36) 建立的信用评价方程是合理的。

因此, 本研究建立的信用评价模型能够将违约企业与非违约企业显著地区分开, 是合理的。

#### 4.8 信用等级的划分

按照表 1 第 27 行信用得分  $P_i$  由高到低排列, 将贷款客户划分成 AAA、AA 等 9 个等级。通过调整每个等级的得分上下限, 每个等级的客户就会变化, 年违约损失率  $LGD_j$  也会变化, 直到找到满足“信用等级越高违约损失率越低”的信用等级划分。

整个等级划分过程可以利用本团队获得的国家授权发明专利<sup>[26, 27]</sup>迅速地完成并得到最优的划分结果。

最终的划分结果如表 10 所示。以表 10 第 5 列的 9 个等级对应的年违约损失率大小为横轴, 以 AAA、AA 等 9 个等级为纵轴作图, 如图 3 所示。图 3 中, 每个等级对应的横轴长度表示这个

结果列于表 1 第 27 行第 1 815 列。

同理, 得到其他 1 813 个客户的信用得分, 结果列于表 1 第 27 行其他列。

#### 4.7 信用评价模型的合理性验证

将表 1 第 27 行的数据分成两组, 定义第 1 组是表 1 第 27 行第 3 614 列 ~ 第 3 628 列的 15 笔违约企业信用得分  $P_j^{(1)}$ , 第 2 组是表 1 第 27 行第 1 815 列 ~ 第 3 613 列的 1 799 笔非违约企业信用得分  $P_j^{(0)}$ 。将第 1 组与第 2 组进行第 3.4 节表 4 中的两两比较, 得到满足“ $P_j^{(1)} < P_j^{(0)}$ ”的数据对个数  $J = 24\,696$ 。

将参数  $J = 24\,696$ 、企业总数  $n = 1\,814$ 、非违约企业数  $n_0 = 1\,799$ 、违约企业数  $n_1 = 15$  代入式 (31), 则  $Z$  统计量

等级的年违约损失率大小。

表 10 信用等级划分结果及各等级的年违约损失率

Table 10 The credit rating and loss given default (LGD)

(1) 序号	(2) 信用等级	(3) 得分区间	(4) 样本数	(5) 违约损失率 LGD (%)
1	AAA	$73.41 \leq P \leq 100$	950	0.130
2	AA	$66.03 \leq P < 73.41$	561	0.263
3	A	$64.58 \leq P < 66.03$	60	1.490
...	...	...	...	...
9	C	$0 \leq P < 9.62$	31	41.119

由表 10 第 5 列和图 3 可知, 本研究的小型工业企业的信用等级划分满足“信用等级越高、违约损失率越低”的评级本质规律。

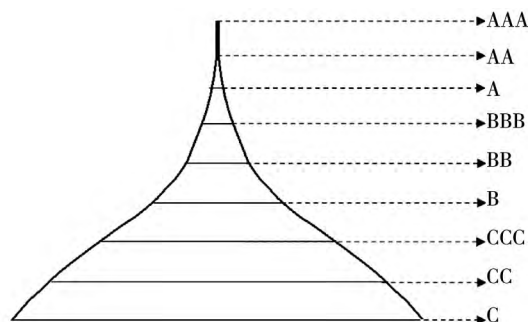


图 3 信用等级对应的违约损失率

Fig. 3 LGD corresponded to nine credit ratings

#### 4.9 组合赋权的违约鉴别能力对比分析

对比思路: 在指标体系、单一赋权一定的情况下, 评价方程对违约的鉴别能力越强, 说明组合权重系数越合理. 所以, 通过比较评价方程的违约鉴别能力, 可以对比组合赋权的鉴别能力.

对比方法: 由第 3.4 节中式(31)可知, J-T 非参数检验的统计量  $Z$  越大, 表示违约企业得分  $P_j^{(1)}$  越显著小于非违约企业得分  $P_j^{(0)}$ 、评价方程对违约与非违约企业的区分能力越强. 因此, 通过比较 J-T 非参数检验的统计量  $Z$  值大小, 比较评价方程的违约鉴别能力, 从而对比组合赋权的违约鉴别能力.

##### 1) 传统组合赋权方法计算的组合权重

现有研究中常用的组合赋权方法可以分为两种, 一是基于方差最大的组合赋权, 即以所有评价对象的评价得分方差最大为目标函数<sup>[35]</sup>; 二是基于偏差最小的组合赋权, 即以组合赋权结果与每一种单一赋权结果间的差异最小为目标函数<sup>[36]</sup>.

基于方差最大的组合赋权的计算过程: 利用表 1 中第 1 815 列 ~ 第 3 628 列的 1 814 笔小型工业企业贷款的标准化数据, 以及表 7 第 4 列 ~ 第 6 列的三种单一赋权法计算的权重. 以所有评价对象的评价得分的方差最大为目标函数, 建立目标规划模型, 求解组合赋权的权重系数<sup>[35]</sup>, 得到权重系数为 0.385 0:0.280 0:0.335 0, 如表 11 第 2 行第 3 列所示.

表 11 组合赋权的违约鉴别能力对比分析

Table 11 Comparison and analysis of default identification ability

(1) 序号	(2) 方法	(3) 组合赋权系数	(4) 统计量 $Z$
1	本研究	0.064 7:0.622 0:0.313 3	5.546
2	现有 基于方差最大的组合赋权	0.385 0:0.280 0:0.335 0	4.298
3	研究 基于偏差最小的组合赋权	0.245 3:0:0.754 7	5.182

基于偏差最小的组合赋权的计算过程: 利用表 1 中第 1 815 列 ~ 第 3 628 列的 1 814 笔小型工业企业贷款的标准化数据, 以及表 7 第 4 列 ~ 第 6 列的三种单一赋权法计算的权重. 以组合赋权的结果与组合赋权中的每一种单一赋权结果间的差异最小为目标函数, 建立目标规划模型, 求

解组合赋权的权重系数<sup>[36]</sup>, 得到权重系数为 0.245 3:0:0.754 7. 如表 11 第 3 行第 3 列所示.

##### 2) 不同组合赋权方法的违约鉴别能力计算

基于方差最大组合赋权的违约鉴别能力的计算: 将表 11 第 3 列第 2 行的组合权重系数 0.385 0:0.280 0:0.335 0, 代入式(35)得到信用得分  $P'$ . 利用信用得分  $P'$ , 仿照第 4.7 节的计算过程, 得到统计量  $Z=4.298$ , 列于表 11 第 2 行第 4 列.

同理, 可以得到“基于偏差最小的组合赋权”的违约鉴别能力, 即统计量  $Z=5.182$ , 列于表 11 第 3 行第 4 列.

而在表 11 第 1 行中, 第 3 列是本研究的组合赋权权重系数, 数据来源于表 7 最后一行. 第 4 列是第 4.7 节得到的本研究违约鉴别能力统计量  $Z=5.546$ .

##### 3) 不同组合赋权方法的违约鉴别能力对比

由表 11 最后一列可知, 本研究建立的组合赋权模型的违约鉴别能力 ( $Z=5.546$ ) 大于现有研究的两种常用组合赋权模型, 即基于方差最大的组合赋权 ( $Z=4.298$ ) 和基于偏差最小的组合赋权 ( $Z=5.182$ ). 说明本研究建立的组合赋权模型, 在违约鉴别能力上要高于现有研究<sup>[35, 36]</sup>的传统组合赋权模型.

由上述的对比结果得到结论: 在指标数据、单一赋权的权重都相同、仅是组合赋权的方法不同的情况下, 权重系数  $\theta_i$  截然不同, 导致评价模型的违约鉴别能力大相径庭. 因此, 能使评价方程的违约鉴别能力最大的权重系数  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$  是唯一的, 即为最优的权重系数结构. 若改变权重间的对比关系, 最终评级结果的综合信用得分就不会最大程度地区分违约样本与非违约样本.

## 5 结束语

### 5.1 主要结论

1) 在指标体系建立情况下, 组合赋权的权重系数取值会影响信用得分是否能够显著区分违约与非违约样本.

2) 能够使信用得分显著区分违约与非违约样本的权重系数是唯一的、即为最优的权重系数

结构. 若改变权重间的对比关系, 最终评级结果的综合信用得分就不会最大程度地区分违约样本与非违约样本.

3) 本研究建立的组合赋权模型, 在违约鉴别能力上要高于现有研究的传统组合赋权模型<sup>[32-33]</sup>. 由第4.9.1节可知, 本研究建立的组合赋权模型的违约鉴别能力( $Z = 5.546$ )大于现有研究的两种常用组合赋权模型、即基于方差最大的组合赋权( $Z = 4.298$ )和基于偏差最小的组合赋权( $Z = 5.182$ ).

4) 对于小型工业企业的信用评级, 非财务因素比财务因素更为关键. 由表7第9列可知, 非财务因素的权重高达67.7%, 远远大于财务因素的权重32.3%. 可见非财务因素的重要程度远远大于财务因素.

5) “法律纠纷情况”是对小型工业企业信用评级影响最重要的指标. 由第4.5节1)中指标权重的聚类结果可知, “法律纠纷情况”的权重最大、为0.175, 是最重要的信用评级指标.

6) “近三年企业授信情况”、“相关行业从业年限”、“资本固定化比率”、“法人代表贷款违约

记录”四个指标对小型工业企业信用状况的影响较为重要. 由第4.5节1)中指标权重的聚类结果可知, 这四个指标在第Ⅱ类中, 重要性仅次于第Ⅰ类指标“法律纠纷情况”.

## 5.2 主要创新

1) 通过以非违约企业的指标加权数据到正理想点的距离代数和最小为第一个目标函数, 以违约企业的指标加权数据到负理想点的距离代数和最小为第二个目标函数, 构建多目标非线性规划模型进行组合赋权, 在满足了“非违约企业的评价得分越高、违约企业的评价得分越低”要求的目标下得到最优的组合赋权的权重系数, 使赋权结果保证了评级模型能够将违约企业与非违约企业最大地区分开. 改变了现有研究的组合赋权脱离评价目的的弊端, 改变了现有研究中违约与非违约企业的评价得分存在大量重叠、对两类企业的区分能力低的弊端.

2) 通过“检验违约企业的信用得分是否显著小于非违约企业的信用得分”的J-T非参数检验, 验证信用评价模型的合理性. 改变现有研究忽略对信用评价模型的合理性进行验证的弊端.

## 参 考 文 献:

- [1]王 磊, 范 超, 解明明. 数据挖掘模型在小企业主信用评分领域的应用[J]. 统计研究, 2014, 31(10): 89-98.  
Wang Lei, Fan Chao, Xie Mingming. Application of data mining models in credit scoring for small business owners[J]. Statistical Research, 2014, 31(10): 89-98. (in Chinese)
- [2]迟国泰, 张亚京, 石宝峰. 基于Probit回归的小企业债信用评级模型及实证[J]. 管理科学学报, 2016, 19(6): 136-156.  
Chi Guotai, Zhang Yajing, Shi Baofeng. The debt rating for small enterprises based on Probit regression[J]. Journal of Management Sciences in China, 2016, 19(6): 136-156. (in Chinese)
- [3]Fantazzini D, Figini S. Random survival forests models for SME credit risk measurement[J]. Methodology and Computing in Applied Probability, 2009, 11(1): 29-45.
- [4]Mizen P, Tsoukas S. Forecasting US bond default ratings allowing for previous and initial state dependence in an ordered probit model[J]. International Journal of Forecasting, 2012, 28(1): 273-287.
- [5]张洪祥, 毛志忠. 基于多维时间序列的灰色模糊信用评价研究[J]. 管理科学学报, 2011, 14(1): 28-37.  
Zhang Hongxiang, Mao Zhizhong. Reserch of multidimensional time series credit evaluation based on gray-fuzz analysis model[J]. Journal of Management Sciences in China, 2011, 14(1): 28-37. (in Chinese)
- [6]韩立媛, 古志辉, 丁小培. 变方差条件下的信用风险度量[J]. 系统工程学报, 2012, 27(5): 633-640.  
Han Liyuan, Gu Zhihui, Ding Xiaopei. Creditrisk metric under the condition of mutative variance[J]. Journal of Systems Engineering, 2012, 27(5): 633-640. (in Chinese)
- [7]Gumparthi S, Manickavasagam V. Risk classification based on discriminant analysis for SMEs' [J]. International Journal of Trade Economics & Finance, 2010, 1(3): 242-246.

- [8]肖斌卿,杨 旸,李心丹,等. 基于模糊神经网络的小微企业信用评级研究[J]. 管理科学学报,2016,19(11): 114-126.
- Xiao Binqing, Yang yang, Li Xindan, et al. Research on the credit rating of small and mico enterprises based on fuzzy neural network[J]. Journal of Management Sciences in China, 2016, 19(11): 114-126. (in Chinese)
- [9]肖 进,刘敦虎,顾 新,等. 银行客户信用评估动态分类器集成选择模型[J]. 管理科学学报,2015,18(3): 114-126.
- Xiao Jin, Liu Dunhu, Gu Xin, et al. Dynamic classifier ensemble selection model for bank customer's credit scoring[J]. Journal of Management Sciences in China, 2015, 18(3): 114-126. (in Chinese)
- [10]Gordini N. A genetic algorithm approach for SMEs bankruptcy prediction: Empirical evidence from Italy[J]. Expert Systems with Applications, 2014, 41(14): 6433-6445.
- [11]Akkoç S. An empirical comparison of conventional techniques, neural networks and the three stage hybrid Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) model for credit scoring analysis: The case of Turkish credit card data[J]. European Journal of Operational Research, 2012, 222(1): 168-178.
- [12]Standard & Poor's. General Criteria: Principles of Credit Ratings[EB/OL]. <http://www.standardandpoors.com/prot/ratings/articles/en/us/?articleType=HTML&assetID=1245366284668>, 2011.02.16.
- [13]Moody's. Global Business & Consumer Service Industry Rating Methodology [EB/OL]. [https://www.moody's.com/researchdocumentcontentpage.aspx?docid=PBC\\_127102](https://www.moody's.com/researchdocumentcontentpage.aspx?docid=PBC_127102). 2013, 10, 13.
- [14]Moody's. Global Software Industry [EB/OL]. [https://www.moody's.com/researchdocumentcontentpage.aspx?docid=PBC\\_142367](https://www.moody's.com/researchdocumentcontentpage.aspx?docid=PBC_142367). 2012, 10, 09.
- [15]陈晓红,杨志慧. 基于改进模糊综合评价法的信用评估体系研究——以我国中小上市公司为样本的实证研究[J]. 中国管理科学, 2015, 23(1): 146-153.
- Chen Xiaohong, Yang Zhihui. The study of credit evaluation system based on improved fuzzy evaluation method[J]. Chinese Journal of Management Science, 2015, 23(1): 146-153. (in Chinese)
- [16]余高锋,刘文奇,石梦婷. 基于局部变权模型的企业质量信用评估[J]. 管理科学学报, 2015, 18(2): 85-94.
- Yu Gaofeng, Liu Wenqi, Shi Mengting. Credit evaluation of enterprise quality based on local variable weight model[J]. Journal of Management Sciences in China, 2015, 18(2): 85-94. (in Chinese)
- [17]秦寿康. 综合评价原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003: 15-16.
- Qin Shoukang, The Principle and Application of Evaluation[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003: 15-16. (in Chinese)
- [18]大连理工大学迟国泰课题组. 大连银行小企业债信评级与信用评级系统研究结项报告[R]. 大连: 大连理工大学, 2015.
- Chi Guotai Research Group in Dalian University of Technolgy. The Research on Facility Rating and Credit Rating System of Small Enterprises for Bank of Dalian[R]. Dalian: Dalian University of Technolgy, 2015. (in Chinese)
- [19]迟国泰,王 卫. 基于科学发展的综合评价理论、方法与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2009, 28-29.
- Chi Guotai, Wang Wei. Comprehensive Evaluation Theory, Method and Application Based on the Scientific Development [M]. Beijing: Science Press, 2009, 28-29. (in Chinese)
- [20]中国邮政储蓄银行. 中国邮政储蓄银行农户信用评级表[R]. 北京: 中国邮政储蓄银行, 2009.
- Postal Savings Bank of China. FarmersCredit Rating Table of China Postal Savings Bank[R]. Beijing: China Postal Savings Bank, 2009. (in Chinese)
- [21]迟国泰,祝志川,张玉玲. 基于熵权-G1法的科技评价模型及实证研究[J]. 科学学研究, 2008, 06: 1210-1220.
- Chi Guotai, Zhu Zhichuan, Zhang Yuling. The science and technology evaluation model based on entropy and G1 and empirical research of China[J]. Studies in Science of Science, 2008, 06: 1210-1220. (in Chinese)
- [22]高惠璇. 应用多元统计分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005: 175-211.
- Gao Huixuan. Application of Multivariate Statistical Analysis [M]. Beijing: Peking University Press, 2005: 175-211. (in Chinese)

- [23]张 目,周宗放. 基于多目标规划和支持向量机的企业信用评估模型[J]. 中国软科学,2009,(4): 185-190.  
Zhang Mu,Zhou Zongfang. Anevaluation model for credit risk of enterprise based on multi-objective programming and support vector machines[J]. China Soft Science Magazine,2009,(4): 185-190. (in Chinese)
- [24]曹贤忠,曾 刚. 基于熵权 TOPSIS 法的经济技术开发区产业转型升级模式选择研究——以芜湖市为例[J]. 经济地理,2014,34(4): 13-18.  
Cao Xianzhong,Zeng Gang. The mode of transformation and upgrading based on the methods of entropy weight and TOPSIS in case of Wuhu economic and technological development zone[J]. Economic Geography,2014,34(4): 13-18. (in Chinese)
- [25]王 星. 非参数统计[M]. 北京: 清华大学出版社,2009,131-135.  
Wang Xing. Nonparametric Statistical Analysis[M]. Beijing: Tsinghua University Press,2009: 131-135. (in Chinese)
- [26]迟国泰,石宝峰. 基于信用等级与违约损失率匹配的信用评级系统与方法[P]. 中国: ZL201210201461.6,2015-08-19.  
Chi Guotai,Shi Baofeng. Credit Rating System and Method Based on Matching of Credit Rating and LDG [P]. China: ZL201210201461.6,2015-08-19. (in Chinese)
- [27]迟国泰,程砚秋. 基于信用等级与违约损失率匹配的信用评级调整方法[P]. 中国: ZL201210201114.3,2015-09-16.  
Chi Guotai,Cheng Yanqiu. Credit Rating Adjustment Method Based on Credit Rating and Default Loss Rate Matching[P]. China: ZL201210201114.3,2015-09-16. (in Chinese)
- [28]工业和信息化部、国家统计局、国家发展和改革委员会、中华人民共和国财政部. 关于印发中小企业划型标准规定的通知(工信部联企业[2011]300号)[R]. 北京: 工业和信息化部、国家统计局、国家发展和改革委员会、中华人民共和国财政部,2011-06-18.  
Ministry of Industry and Information Technology,National Bureau of Statistics,National Development and Reform Commission,Ministry of Finance of the People's Republic of China. On the issuance of classification standards for Small businesses[R]. Beijing: Ministry of Industry and Information Technology,National Bureau of Statistics,National Development and Reform Commission,Ministry of Finance of the People's Republic of China,2011,06,18. (in Chinese)
- [29]大连银行. 大连银行小企业信贷管理系统[DB]. 大连: 大连银行,2013.  
Dalian Bank. Small business credit system of Dalian Bank [DB]. Dalian: Dalian Bank,2013. (in Chinese)
- [30]迟国泰,郝 君,徐 铮,等. 信贷风险评价指标权重的聚类分析[J]. 系统工程理论方法应用,2001,10(1): 64-67.  
Chi Guotai,Hao Jun,Xu Zheng,et al. Cluster analysis for weight of credit risk evaluation index[J]. Systems Engineering-Theory Methodology Applications,2001,10(1): 64-67. (in Chinese)
- [31]方国华,黄显峰. 多目标决策理论方法及其应用[M]. 北京: 科学出版社,2011: 56-68.  
Fang Guohua,Huang Xianfeng. Multi-Objective Decision-Making Theory Method and Application[M]. Beijing: Science Press,2011: 56-68. (in Chinese)
- [32]中国建设银行. 关于印发《中国建设银行小企业客户债信评级办法》[R]. 中国建设银行,建总发[2009]101号.  
China Construction Bank. China Construction Bank Customer Credit Rating Method for Small businesses[R]. China Construction Bank,Number [2009]101. (in Chinese)
- [33]中国工商银行. 中国工商银行客户评级办法[R]. 北京: 中国建设银行,2014.  
Industrial and Commercial Bank of China. The Industrial and Commercial Bank of China Customer Rating Method[R]. Beijing: Industrial and Commercial Bank of China,2014. (in Chinese)
- [34]浦东发展银行. 关于印发《上海浦东发展银行长春分行中小企业授信业务管理办法》等规章制度的通知[R]. 上海: 浦东发展银行,2010.  
Pudong Development Bank. Changchun Branch of Shanghai Pudong Development Bank Management Method of Small and Medium-Sized Enterprise Credit Business[R]. Shanghai: Pudong Development Bank,2010. (in Chinese)
- [35]孙 莹,鲍新中. 一种基于方差最大化的组合赋权评价方法及其应用[J]. 中国管理科学,2011,19: 141-148.

- Sun Ying , Bao Xinzong. A new combination weighting method and its application based on maximizing deviations [J]. Chinese Journal of Management Science , 2011 , 19: 141 – 148. ( in Chinese)
- [36] 刘 闯 , 高琴琴. 基于 FA-AHP 组合赋权模型的科技产出绩效评价研究 [J]. 科学学与科学技术管理 , 2011 , 01: 30 – 34.
- Liu Chuang , Gao Qinqin. A study on evaluation of the performance of technology's outputs based on combination weighting model: FA-AHP [J]. Science of Science and Management of S. & T. , 2011 , 01: 30 – 34. ( in Chinese)

## Small enterprises credit rating based on default identification ability of combination weighting: Based on an empirical analysis of small industrial enterprises

*CHI Guo-tai , LI Hong-xi , PAN Ming-dao*

Faculty of Management and Economics , Dalian University of Technology , Dalian 116024 , China

**Abstract:** Credit rating is aimed at measuring the possibility of default , so credit rating system must be able to identify default risk , and separate default customers and non-default customers. This paper through thinking of non-default enterprises close to positive ideal point and default enterprises close to negative ideal point , multi-objective programming model is constructed to solve the optimal combination weights. Through the J-T non-parametric test , the rationality of the credit evaluation model is verified. And this paper does empirical analysis about 1 814 loan customers in a regional commercial bank of China. The innovations and characters in this paper: Firstly , minimizing the distance of non-default enterprises' weighted data to positive ideal point as the first objective function , minimizing the distance of default enterprises' weighted data to negative ideal point as the second objective function , multi-objective programming model is constructed to solve the optimal combination weights. The optimal combination weights satisfy the goal “the higher scores of non-default enterprises , the lower scores of default enterprises” and ensure that credit rating model maximizes the distance of non-default enterprises and default enterprises. It changes the disadvantage that combination weights is contrary to credit rating purpose in existing research , and changes the disadvantage that a lot of the score overlap between non-default and default enterprises and the ability of distinguish between non-default and default enterprises is low in existing research. Secondly , this paper use the J-T nonparametric test to verify the rationality of the credit evaluation model , aimed to ensure that the scores of non-default enterprises is higher significantly than the scores of default enterprises , avoids the irrational phenomenon in existing research that the scores of default enterprises is higher. Thirdly , Compared with traditional combination weighting models in existing research , the default identification ability of the combination weighting model in this research is higher than two kinds of combination weighting models in existing research , one is the combination weighting model based on maximum variance , the other is the combination weighting model based on minimum deviation.

**Key words:** credit rating; small enterprises credit rating; optimal weight; identification of default risk; verification of rating system