

基于逐步判别分析的小企业债信评级模型及实证

迟国泰, 李鸿禧

(大连理工大学 管理与经济学部, 辽宁 大连 116024)

摘要: 债信评级就是衡量债务违约风险的大小, 以便于投资者掌握债务回收的可能性。本文通过逐步判别分析和共线性检验的方法构建债信评级模型, 并以中国某区域性商业银行 1231 个小企业贷款客户为实证样本进行债信评级体系构建。本文的创新与特色一是通过逐步判别分析将所有客户的第 j 个指标数据分为违约和非违约两组样本, 根据违约、非违约样本组内的数据差异越小、而违约与非违约样本组间的数据差异越大, 则第 j 个指标越能区分违约和非违约两种状态的思路, 筛选出 F 检验值显著、即对违约与否鉴别能力显著的指标, 改变了现有研究遴选指标的标准不能反映指标违约鉴别能力的弊端。二是通过共线性检验方法, 以一个指标为因变量、其余指标为自变量建立线性回归方程, 根据线性回归方程的方差膨胀因子 VIF_j 越大、这个指标越可以被其它指标线性表示的思路删除因变量这个冗余指标, 避免了现有研究的债信评级指标用于评价小企业时存在冗余的弊端。三是根据违约样本和非违约样本的组内差异越小、组间差异越大、这个指标对违约状态的鉴别能力越强、权重越大的思路对指标进行赋权, 改变了现有研究对评级指标进行赋权不能反映指标违约判别能力的弊端。实证结果表明: 小企业非财务因素比财务因素更能判别小企业贷款的违约风险, 并且外部宏观环境、企业法人代表基本情况对小企业的还款能力的影响更为重要。

关键词: 小企业评级; 债信评级; 违约状态判别; 逐步判别分析; 共线性检验

中图分类号: F945.16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-6062(2019)04-0205-011

DOI: 10.13587/j.cnki.jieem.2019.04.024

0 引言

债信评级就是衡量债务违约的可能性, 所以债信评级体系中的指标必须能够显著判别违约风险。合理的小企业债信评级体系, 有助于投资者掌握债务回收的可能性, 有助于小企业债券的发行和贷款融资。

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债务偿还可能性的债信评级更难, 这也许也是现有研究不愿涉及这个领域的原因。

(1) 债信评级指标体系的现状

经典信用风险管理理论的“5C原则”是最具代表性的评价准则, 包括: 资本(Capital)、品德(Character)、能力(Capacity)、担保(Collateral)、环境(Condition)五个方面^[1]。美国标准普尔从客户的经营管理、信誉状况等方面构建评价指标体系^[2]。穆迪综合考虑了企业的债务状况、经营能力等方面的情况, 对贷款企业进行评价^[3-5]。中国建设银行从财务状况、家庭收支、信用情况等方面进行评价^[6]。浦东发展银行通过客户的财务因素、企业性质、经营情况等指标评价客户的信用状况^[7]。中国农业银行通过股东情况、外部宏观环境、生产经营情况等指标对客户进行评价^[8]。

Van Laere E等建立了包括速动比率、行业发展趋势、国家政策等指标的评级体系^[9]。Gómez-González J E等通过资产负债率、流动比率等指标评价了客户的信用状况^[10]。庞素琳等从借款能力、联保因子、近期声誉等七大因素分析了农户

借款信用状况^[11]。李菁苗等通过层次分析法, 结合B2B电子商务企业的特点, 构建了适合中小型企业的评价指标体系^[12]。Sohn S Y等针对韩国高新技术小企业, 从盈利能力、管理水平、技术创新等方面建立评价指标体系^[13]。

(2) 债信评价方法的现状

邓超等引入拒绝推论的思想, 利用贝叶斯界定折叠法构建小企业信用评分模型, 解决样本有偏引起的评分模型分类能力丧失问题^[14]。张奇等建立基于逻辑回归和支持向量机的混合模型, 对客户信贷风险具有较高的判断准确率^[15]。王昱以决策树作为基本分类器, 通过将不同类别样本划分为若干个子集, 构建一种基于组合分类的消费者信用评估模型^[16]。Fantazzini D等利用德国评级机构 1996-2004 年的小企业数据, 分别通过随机存活森林和逻辑回归模型建立小企业评级方程, 并对两类模型加以比较, 得出逻辑回归模型更优的结论^[17]。

(3) 等级划分方法的现状

刘澄等将 Vague 集理论引入债信评价体系中, 利用基于区间值的投影公式确定企业的债信等级^[18]。张洪祥等利用灰色关联度值计算债信评判值, 再通过模糊聚类方法对债信评判值进行债信评价, 得到贷款客户的债信等级^[19]。

现有研究的不足: 一是现有研究遴选指标的标准不能反映指标对违约状态的鉴别能力。二是现有研究对指标进行赋权不能反映指标的违约鉴别能力。三是现有研究仅仅根据客户的债信得分进行等级划分, 无法计算出每个等级的违约损失率。

收稿日期: 2017-03-25 **修回日期:** 2017-07-14

基金项目: 国家社科基金资助项目 (16BTJ017); 辽宁省社科规划基金资助项目 (L16BJY016); 大连银行小企业信用风险评级系统与贷款定价项目 (2012-01)

作者简介: 迟国泰 (1955—), 男, 黑龙江海伦县人; 大连理工大学管理与经济学部教授, 博士; 研究方向是信用评级、金融风险。

1 小企业债信评级模型的理论机理

信用评级是对贷款企业、机构进行评级，不论是否有债权债务关系发生，都可以进行评级。而债信评级是对具体的债务进行的评级，以确定这笔债务回收的可能性大小。只有债权债务关系发生时，才会进行债信评级。

1.1 问题的提出及评级原理

债信评级的本质是揭示一笔债务的违约风险大小，实质上就是对一笔债务偿还的可能性和违约损失率进行估计。那么，债信评级模型的建立需要以“违约风险的判别能力”为标准，这就涉及到评级指标体系的构建、指标权重的确定，都需要以违约风险判别能力为标准进行模型构建。

(1) 债信评级指标的遴选

若评级指标的违约判别能力差或存在大量的信息冗余就会造成整个体系对违约风险的判别失效，因此需要遴选出违约判别能力强、且反映信息不重复的指标。

本文将指标遴选分为两步：①基于逐步判别分析的第一次指标筛选。通过逐步判别分析，揭示违约状态(违约为 1、非违约为 0)与单个指标数据间的关联关系。通过 F 检验的显著性检验，判断单个指标对违约状态是否有显著的判别能力，遴选出有显著鉴别能力的指标。②基于共线性检验的第二次指标遴选。剔除反映信息重复的指标，保证指标体系的简洁。

(2) 债信评级指标的赋权

违约判别能力大的重要指标赋权过小、或能力小的指标赋权过大，都会造成客户债信评价结果的偏差。只有根据违约判别能力的大小对指标进行赋权，才能保证评价结果合理。如何对“违约判别能力越大的指标、赋予越大的权重”至关重要。

本文通过逐步判别分析，挖掘权重与指标违约鉴别能力之间的关联关系，建立指标权重 w_i 关于违约鉴别力的函数表达式。根据“违约鉴别能力越强，指标权重越大”的原理赋权，确保违约鉴别能力越强的重要指标，权重越大。

1.2 问题的难点及解决思路

(1) 难点 1：如何保证筛选出的指标能够显著判别违约状态。

解决思路：基于逐步判别分析的显著判别指标筛选思路。将每个指标数据分为违约和非违约两组样本，当违约样本组内的数据差异越小、且非违约样本组内的数据差异也越小、而两个样本间的数据差异越大时，该指标在违约、非违约两种状态下的差异越明显，则该指标越能显著地区分违约和非违约两种状态。根据上述思路，筛选出对违约状态鉴别能力显著的指标。

(2) 难点 2：如何避免小企业债信评级体系中的指标反映信息重复。

解决思路：基于共线性检验的冗余指标剔除思路。以一个指标为因变量、其余指标为自变量建立线性回归方程，根据线性回归方程的方差膨胀因子 VIF_j 越大、这个指标越可以被其它指标线性表示的思路删除因变量这个冗余指标，避免指标反映信息重复。

(3) 难点 3：如何对评价指标进行赋权，能够保证违约判别能力越强的指标，权重越大。

解决思路：基于违约判别能力的指标赋权思路。根据违约样本和非违约样本的组内差异越小、组间差异越大、这个指标对违约状态的鉴别能力越强、权重越大的思路对指标进行赋权。债信评级原理如图 1 所示。

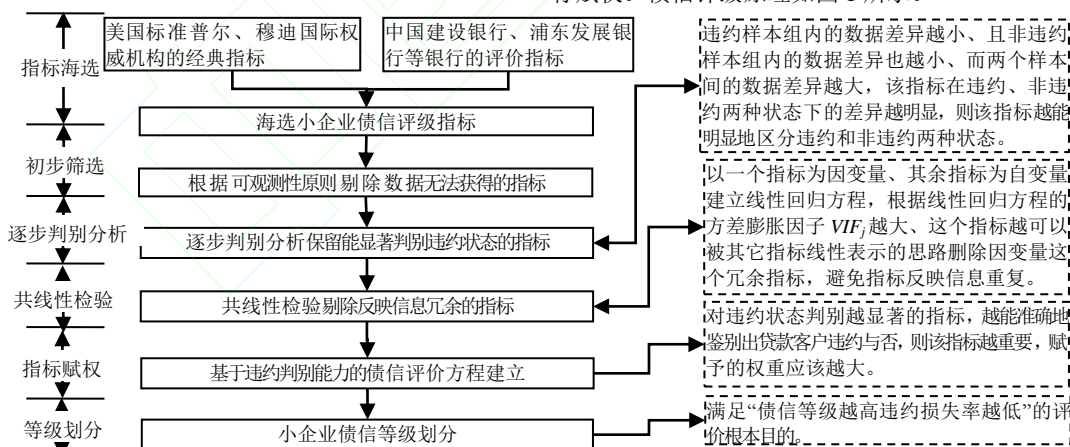


图 1 基于逐步判别分析的小企业债信评级原理

2 小企业债信评级模型的构建

2.1 指标标准化的方法

目的：将指标原始数据统一转化成[0,1]区间内的数，消除单位和量纲对指标定量筛选的影响。

2.1.1 定量指标标准化

(1) 正向指标标准化。正向指标是指数值越大，企业信用情况越好的指标。如“总资产报酬率”等指标。设： x_{ij} -第 i 个客户第 j 个指标的标准化得分； u_{ij} -第 i 个客户第 j 个指标的原始数据； n -总客户数，则^[20]：

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

(2) 负向指标标准化。负向指标是数值越小，企业信用情况越好的指标，如“资产负债率”等指标。负向指标标准化为^[20]：

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

(3) 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，企业信用情况是最佳的指标。本文仅涉及两个区间型指标，即“年龄”、“居民消费价格指数”。指标“年龄”

最佳区间为[31,45]^[21],在该年龄段内的企业法人债信状况比较好。指标“居民消费价格指数”最佳区间为[101,105]^[20],在该区间内经济既不通货膨胀又不通货紧缩。区间指标标准化为^[20]:

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

式(3)的含义:数据 u_{ij} 在区间 $[q_1, q_2]$ 内信用状况最佳,得分最高 1 分。而距离区间 $[q_1, q_2]$ 越远信用状况越差,得分越低。

2.1.2 定性指标的打分标准

根据定性指标的不同状态制定打分标准,信用状况越好分值越高。从而将定性指标定量化,便于代入下文的模型中进行计算。定性指标打分标准如表 1 所示。定性指标经过打分已经转化成[0,1]区间内的数据,无需再进行标准化。

表 1 定性指标打分标准

指标	选项	选项内容	打分
相关行业从业年限	1	从业年限 ≥ 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
企业间合同违约次数	1	企业间合同违约 0 次	1.00
	2	企业间合同违约 1 次	0.60
	3	企业间合同违约 2 次	0.30
	4	企业间合同违约 3 次及其以上,或数据缺失	0.00

2.2 基于逐步判别分析的第一次指标筛选

2.2.1 第一个被保留指标的筛选

步骤 1: 计算组内离差与总离差。

①计算组内离差。设: $a_j^{(1)}$ -第一步判别分析时第 j 个指标组内离差, n_0 -非违约客户数, $x_{ij}^{(0)}$ -第 i 个非违约客户第 j 个指标的标准化得分, $\bar{x}_j^{(0)}$ -非违约客户的第 j 个指标平均值, n_1 -违约客户数, $x_{ij}^{(1)}$ -第 i 个违约客户第 j 个指标的标准化得分, $\bar{x}_j^{(1)}$ -违约客户第 j 个指标平均值, 则^[22]:

$$a_j^{(1)} = \sum_{i=1}^{n_0} (x_{ij}^{(0)} - \bar{x}_j^{(0)})^2 + \sum_{i=1}^{n_1} (x_{ij}^{(1)} - \bar{x}_j^{(1)})^2 \quad (4)$$

式(4)的含义:将所有客户指标数据分为违约和非违约两组样本,右端第一项表示非违约组内的指标数据与均值的偏离程度。第二项表示违约组内的指标数据与均值的偏离程度。组内离差 $a_j^{(1)}$ 越小,第一项、第二项也越小,说明非违约与违约的两个组内数据差异越小,那么指标对非违约和违约的判别越正确。

②计算总离差。设: $t_j^{(1)}$ -第一步判别分析时第 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 个指标的打分值, \bar{x}_j -第 j 个指标均值。则^[22]:

$$t_j^{(1)} = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \quad (5)$$

式(5)的含义:第 j 个指标数据与全部数据均值的偏离程度,表示第 j 个指标的总体数据差异。

步骤 2: 确定第一个保留指标,筛选出对违约状态判别能力最强的指标第一个进入指标体系。

①计算 U 统计量。设: $U_j^{(1)}$ -第一步判别分析时第 j 个指标的 U 统计量, m -指标个数, 则^[22]:

$$U_j^{(1)} = a_j^{(1)} / t_j^{(1)} \quad (j=1, \dots, m) \quad (6)$$

式(6)的含义: $U_j^{(1)}$ 越小,则组内离差 $a_j^{(1)}$ 越小、总离差 $t_j^{(1)}$ 越大,即违约和非违约两个组内的数据差异较小、而总体数据差异却较大,说明违约组和非违约组之间的数据差异较大,则第 j 个指标能明显区分违约和非违约两种状态。

② F 检验筛选第一个保留指标。通过计算所有指标的 $U_j^{(1)}$,选取最小的 $U_j^{(1)}$ 。设 $U_k^{(1)} = \min U_j^{(1)}$,即第 k 个指标 X_k 的违约判别能力最强,验证其判别能力是否显著。由 $U_k^{(1)}$ 构造 F 统计量^[22]:

$$F_k = \frac{1 - U_k^{(1)}}{U_k^{(1)}} \times (n - l - 2) \quad (7)$$

其中, n 为客户数, l 为已保留的指标个数,此时 $l=0$ 。

式(7)的含义:当 F_k 越大时, $U_k^{(1)}$ 越小,则指标越能区分违约和非违约两种状态。 F_k 服从 $F(1, n-l-2)$ 分布^[22],由于 $l=0$,所以 F_k 服从 $F(1, n-2)$ 分布。

F 检验筛选出第一个保留指标:选取显著性水平 $\alpha=0.05$ ^[22],由 F 分布临界值表可查得 $F_{0.05}$ 。若 $F_k > F_{0.05}$,则指标 X_k 的违约判别能力显著,指标 X_k 纳入指标体系;否则,指标 X_k 不能纳入指标体系,逐步判别分析结束。

2.2.2 第二个被保留指标的筛选

步骤 1: 对组内离差和总离差进行消去变换。消除已保留的指标对尚未进入指标体系的指标判别能力的影响。

假设指标 X_k 为第一个保留的指标,则对其余尚未保留的 $m-1$ 个指标进行组内离差 $a_j^{(1)}$ 和总离差 $t_j^{(1)}$ 的消去变换。

设: $a_j^{(2)}$ -第二步判别分析时第 j 个指标的组内离差, $a_{jk}^{(1)}$ -第 j 个指标与第 k 个指标的组内离差, $t_j^{(2)}$ -第二步判别分析时第 j 个指标的总离差, $t_{jk}^{(1)}$ -第 j 个指标与第 k 个指标的总离差,其他字母如前所述, 则^[22]

$$a_j^{(2)} = a_j^{(1)} - a_{jk}^{(1)} a_{kj}^{(1)} / a_k^{(1)} \quad (8)$$

$$t_j^{(2)} = t_j^{(1)} - t_{jk}^{(1)} t_{kj}^{(1)} / t_k^{(1)} \quad (9)$$

其中,

$$a_{jk}^{(1)} = a_{kj}^{(1)} = \sum_{i=1}^{n_0} (x_{ij}^{(0)} - \bar{x}_j^{(0)})(x_{ik}^{(0)} - \bar{x}_k^{(0)}) + \sum_{i=1}^{n_1} (x_{ij}^{(1)} - \bar{x}_j^{(1)})(x_{ik}^{(1)} - \bar{x}_k^{(1)}) \quad (10)$$

$$t_{jk}^{(1)} = t_{kj}^{(1)} = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k) \quad (11)$$

式(8)-(9)的作用:消去保留指标 X_k 对剩余指标的组内离差和总离差的影响,从而消去指标 X_k 对尚未进入指标体系的其余指标判别能力的影响。

步骤 2: 确定第二个保留指标

①计算 U 统计量。将一次消去变换后的组内离差 $a_j^{(2)}$ 和总离差 $t_j^{(2)}$ 代替式(6)中的组内离差 $a_j^{(1)}$ 和总离差 $t_j^{(1)}$, 计算剩余 $m-1$ 个指标的 U 统计量 $U_j^{(2)}$, 具体公式如下。

$$U_j^{(2)} = a_j^{(2)} / t_j^{(2)} \quad (12)$$

式(12)的含义与式(6)相同,表示第 j 个指标能够显著区分违约状态的能力。

② F 检验筛选第二个保留指标。在剩余 $m-1$ 个指标中选出 $U_j^{(2)}$ 值最小的指标,设指标 X_s 的 $U_j^{(2)}$ 值最小、即 $U_s^{(2)} = \min U_j^{(2)}$, 将 $U_s^{(2)}$ 代替式(7)中的 $U_k^{(1)}$ 计算 F 检验值^[22]:

$$F_s = \frac{1-U_s^{(2)}}{U_s^{(2)}} \times (n-l-2) \quad (13)$$

此时指标体系中已保留 1 个指标 X_k ，所以式(13)中 $l=1$ ， F_s 服从 $F(1, n-3)$ 分布^[22]。

F 检验筛选出第二个保留指标：选取显著性水平 $\alpha=0.05$ ^[22]，若 $F_s > F_{0.05}$ ，则指标 X_s 纳入指标体系；否则，指

标 X_s 不能纳入指标体系，逐步判别分析结束。

2.2.3 其他被保留指标筛选

重复 2.2.2 中的步骤 1 和步骤 2，直到没有新指标可以纳入评价体系，逐步判别分析筛选过程停止。基于逐步判别分析的第一次指标筛选步骤如图 2 所示。

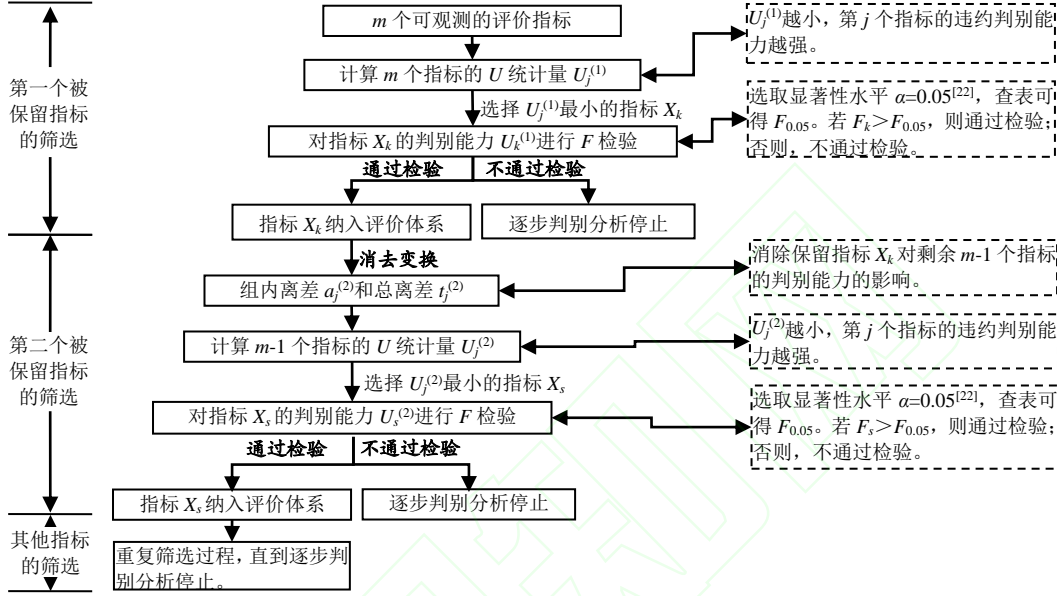


图 2 基于逐步判别分析的第一次指标筛选

2.3 基于共线性检验的第二次指标筛选

(1) 建立线性回归方程。设 $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})^T$ 第 j 个指标的打分值， a_0, a_1, \dots, a_r 回归方程的待估参数， r 第一次筛选后保留的指标个数，则第 j 个线性回归方程为^[23]：

$$x_j = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_{j-1} x_{j-1} + a_{j+1} x_{j+1} + \dots + a_r x_r \quad (14)$$

式(14)的含义：建立以第 j 个指标 x_j 为因变量，其他指标为自变量的线性回归方程。

(2) 计算可决系数 R_j^2 。通过最小二乘法，对回归方程式(14)进行参数估计，得到参数 a_j 的最小二乘估计值 \hat{a}_j 。将估计值 \hat{a}_j 代入式(14)的右端，可以得到指标向量 x_j 的估计向量 \hat{x}_j 为^[23]：

$$\hat{x}_j = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 x_1 + \dots + \hat{a}_{j-1} x_{j-1} + \hat{a}_{j+1} x_{j+1} + \dots + \hat{a}_r x_r \quad (15)$$

式(15)的含义：左端 \hat{x}_j 是第 j 个指标的拟合值，右端是其他指标的线性组合。

设 R_j^2 第 j 个指标可决系数， \hat{x}_{ij} 第 i 个客户第 j 个指标的估计值， \bar{x}_j 第 j 个指标实际数据均值，则^[23]：

$$R_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_{ij} - \bar{x}_j)^2}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (16)$$

式(16)的含义：可决系数 R_j^2 越接近于 1，估计值 \hat{x}_{ij} 越接近于真实值 x_{ij} ，表示第 j 个指标被其它指标线性拟合得越好，则第 j 个指标越可以被其它指标线性表示并替代，越应该删除该指标。

(3) 计算方差膨胀因子 VIF 。设 VIF_j 第 j 个指标的方差膨胀因子，则^[23]

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (17)$$

式(17)的含义：第 j 个指标的方差膨胀因子 VIF_j 越大，可决系数 R_j^2 越接近于 1，说明第 j 个指标越可以被其它指标线性表示，越应该删除该指标。

冗余指标剔除的标准：当第 j 个指标的方差膨胀因子 VIF_j 超过 10^[23] 时，删除第 j 个指标。

2.4 债信评价方程的构建方法

2.4.1 基于违约判别能力的赋权方法

(1) 计算指标的违约判别能力。设 Γ_j 第 j 个指标的违约判别能力，则^[22]

$$\Gamma_j = 1 - U_j^{(1)} \quad (18)$$

式(18)的含义： Γ_j 表示指标对违约状态的判别能力。当 Γ_j 越大时， $U_j^{(1)}$ 越小，则违约样本和非违约样本的组内差异越小，组间差异越大，表明指标 j 对违约非违约状态的判别越正确，违约鉴别能力越强。 $U_j^{(1)}$ 可以通过式(4)-(6)求得。

式(18)中利用未经过消去变换的 $U_j^{(1)}$ ，而并不是消去变换后的 $U_j^{(0)}$ ($r=1, \dots, 26$) 计算指标的违约判别能力的原因有两点：一是根据现有研究^[22]对 $U_j^{(1)}$ 和 $U_j^{(0)}$ 的定义， $U_j^{(1)}$ 反映第 j 个指标的判别能力，而 $U_j^{(0)}$ 表示在给定 $t-1$ 个保留指标的前提下第 j 个指标的判别能力；二是债信评级赋权根据的是每个指标全部的违约判别能力，而消去变换计算的 $U_j^{(0)}$ 是在 $U_j^{(1)}$ 基础上消除了一部分判别能力、并不能反映指标的全部判别能力。

(2) 计算指标的权重。设 w_j 第 j 个指标的权重， p 最终保留的指标个数，则：

$$w_j = \Gamma_j / \sum_{j=1}^p \Gamma_j \quad (19)$$

式(19)的作用:一是保证违约判别能力 Γ_j 越大的指标,赋予的权重越大。二是将指标的违约判别能力 Γ_j 转化成[0,1]之间的数,保证权重之和为1。

2.4.2 债信评价方程的建立方法

设 S_i -第 i 个客户的得分,则^[24]

$$S_i = \sum_{j=1}^r w_j \times x_{ij} \times 100 \quad (20)$$

式(20)的含义:贷款客户的债信得分等于权重与标准化得分的乘积再乘以100。乘以100是为了将债信得分转化成[0,100]之间的数。式(20)就是小企业债信评价方程,贷款客户的得分 S_i 越高,债信状况越好。

2.5 债信等级划分方法

将贷款客户的得分 S_i 由高到低排序,分为AAA、AA、A等9个等级,使得高债信得分对应着高债信等级。通过调整每个债信等级的得分上下限,9个债信等级的贷款客户就会变化,进而9个等级的年违约损失率 LGD_j 也会变化。因

此,通过不断地调整债信等级并重新计算年违约损失率,会找到满足“债信等级越高违约损失率越低”的最优的债信等级划分。

具体的划分算法详见迟国泰教授科研创新团队获得的国家发明专利“基于债信等级与违约损失率匹配的债信评级系统与方法”^[25]。

3 实证分析

3.1 小企业债信评级体系构建的基础

3.1.1 指标的海选

指标海选来源:①中国某区域性商业银行京、津、沪、渝等全部分支行小企业财务指标和非财务指标^[26]。②对某区域性商业银行进行调研。③美国标准普尔、穆迪国外权威机构^[2-5]的经典指标。④中国建设银行、中国农业银行、浦东发展银行等国内权威金融机构^[6-8]的评价指标。⑤国内外经典学术文献^[9-19]。

表2 小企业债信评级海选指标体系

序号	一级准则	二级准则	三级准则	指标名称	类型	参考文献	筛选结果
1	还款能力	企业内部财务因素	偿债能力	资产负债率	负向	[3],[5-6],[8],[14]	不能显著区分违约状态删除
...		
29			盈利能力	净资产收益率	正向	[3-6],[8],[10-15]	不能显著区分违约状态删除
...		
45			营运能力	应收账款周转速度	正向	[4-8],[12],[14]	不能显著区分违约状态删除
...	还款意愿	企业外部宏观条件	成长能力	营业收入增长率	正向	[4],[7-9],[11],[15]	不能显著区分违约状态删除
55			...	...	...	...	...
64			行业景气指数	...	正向	[3-6],[10-13]	保留
...		
73			相关行业从业年限	...	定性	[6],[8-10],[12-14]	不能显著区分违约状态删除
...	企业的商业信誉	企业负责人基本情况	学历	...	定性	[8],[10-12]	保留
86			...	...	...	...	...
99			企业到注册资金类别	...	定性	[3-6],[10],[12]	反映信息冗余删除
...		
103			企业纳税记录	...	定性	[3],[8-10],[15]	反映信息冗余删除
...	抵质押担保因素	抵质押担保	...	...	...	...	...
107			抵质押担保	...	定性	[3-6],[9-13]	保留

根据以上五个来源,海选了包括还款能力、还款意愿2个一级准则层,企业内部财务因素、企业外部宏观环境等7个二级准则层,偿债能力、盈利能力等10个三级准则层的107个小企业债信评价指标,如表2所示。表2第2-4列是指标的准则层,第5-7列是海选指标的名称、类型及对应的参考文献,第8列是对应的筛选结果。

根据可观测原则,删除还款来源、每股现金流量等26个数据无法获得的指标,在表2的第6列用“不可观测删除”标出,保留了81个数据可获得的指标如表4第a-c列前81行所示。

3.1.2 样本选取与数据来源

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、财政部四部委2011年6月制定的《中小企业划型标准规定》^[27]。表3为按工信部标准分类的各行业小企业标准。

样本选取某区域性商业银行京津沪渝等全部分支行1231笔小企业贷款。样本涉及到的行业包括建筑业、批发业、零售业等11个行业,其中不包括工业企业。数据来源于某区域性商业银行总行的小企业信贷管理系统^[26]。

本文选取非工业的11个行业数据作为实证样本的原因:

不同行业的小企业特点是不同的,不同行业的小企业应该建立不同的债信评级模型。但是由于违约客户的数据十分有限,只有工业企业的样本能够单独作为一个实证样本建立债信评级模型,其他11个非工业行业只能整体作为一个实证样本进行债信评级。但若将11个行业再细分,则无法满足债信等级划分的要求。例如,建筑业的违约客户仅仅有3笔,无法划分成9个等级。小型工业企业的债信评级模型及实证另文专述。

表3 按工信部标准分类的各行业小企业标准

序号	行业划分	小企业标准
1	批发业	从业人员5~20人,营业收入1000~5000万元
2	零售业	从业人员10~50人,营业收入100~500万元
...
11	其他企业	从业人员10人以上

3.1.3 评价指标标准化

(1) 正向和负向指标标准化。针对表4第d列标记“正向”的指标,将正向指标原始数据 u_{ij} 、最大值 $\max(u_{ij})$ 和最小值 $\min(u_{ij})$ 代入式(1),得到正向指标标准化得分 x_{ij} ,列入表4第1232-2462列对应行。同理利用式(2)可以得到负向指标的标准化结果。

(2) 区间型指标标准化。针对表4第d列标记“区间”

的指标，本研究中只有两个区间型指标，即表 4 第 52 行的指标“居民消费价格指数”和第 72 行的指标“年龄”。“居民消费价格指数”的最佳区间为[101,105]^[20]，“年龄”最佳区间为[31,45]^[21]。将表 4 第 52、72 行第 1-1231 列的原始数据 u_{ij} 、最大值 $\max(u_{ij})$ 和最小值 $\min(u_{ij})$ 、最佳区间的左右端点代入

式(3)，得到区间型指标标准化得分 x_{ij} ，列入表 4 第 52、72 行第 1232-2462 列。

(3)定性指标打分。针对表 4 第 d 列标记“定性”的指标，按照表 1 的标准进行打分，结果列入表 4 第 1232-2462 列对应行。

表 4 小企业 81 个指标的原始数据及标准化数据

(a) 序号	(b) 准则层	(c) 指标	(d) 指标 类型	1231 笔借据的指标原始数据 u_{ij}		1231 笔借据的指标标准化得分 x_{ij}						
						35 笔违约借据			1196 笔非违约借据			
				(1)20041009004 4	...	(1231)X20120608 00099	(1232)2004 10090044	...	(1266)X2010 121600004	(1267)2004 10270004	...	(2462)X2012 060800099
1	C ₁ 偿债能力	X ₁ 资产负债率	负向	0.640	...	0.603	0.328	...	0.804	0.325	...	0.419
...		
...		
49	C ₅ 企业外部宏观环境	X ₄₉ 行业景气指数	正向	127.960	...	123.300	0.626	...	0.648	0.722	...	0.742
...		
52		X ₅₂ 居民消费价格指数	区间	100.600	...	104.900	0.975	...	0.951	0.975	...	0.976
...
...
64	C ₇ 法人代表基本情况	X ₆₄ 学历	定性	数据缺失	...	大学本科	0.000	...	1.000	0.900	...	1.000
...	
72		X ₇₂ 年龄	区间	78	...	38	0.000	...	0.939	0.970	...	0.848
...
...
81	C ₁₀ 抵质押担保因素	X ₈₁ 抵质押担保得分	定性	其他企业保证	...	其他企业保证、自然人保证	0.100	...	0.000	0.65	...	0.000
82		是否违约	——	——	...	——	1	...	1	0	...	0
83		违约判别结果	——	——	...	——	1	...	0	0	...	0

3.2 基于逐步判别分析的第一次指标筛选

3.2.1 第一个保留指标的筛选

步骤 1：计算组内离差与总离差。以指标 X_1 “资产负债率”为例，说明组内离差和总离差的计算方法。

①计算组内离差 $a_j^{(1)}$ 。将非违约客户数 $n_0=1196$ ，表 4 第 1 行第 1267-2462 列的非违约样本标准化得分 $x_{i1}^{(0)}$ ，违约客户数 $n_1=35$ ，表 4 第 1 行第 1232-1266 列的违约样本标准

化得分 $x_{i1}^{(1)}$ 代入公式(4)，则 $a_j^{(1)}$ 为：

$$a_1^{(1)} = \sum_{i=1}^{1196} (x_{i1}^{(0)} - \bar{x}_1^{(0)})^2 + \sum_{i=1}^{35} (x_{i1}^{(1)} - \bar{x}_1^{(1)})^2 = [(0.325-0.445)^2 + \dots + (0.419-0.445)^2] + [(0.328-0.378)^2 + \dots + (0.804-0.378)^2] = 87.249$$

结果列入表 5 第 1 行第 1 列。同理，可以得到其他 80 个指标的组内离差，列于表 5 第 1 行第 2-81 列。

表 5 81 个可观测指标的 U 值

序号	名称	(1) X_1 资产负债率	...	(52) X_{52} 居民消费价格指数	(53) X_{53} 城市居民人均可支配收入	...	(81) X_{81} 抵质押担保得分
1	$a_j^{(1)}$	87.249	...	4.133	24.384	...	110.150
2	$t_j^{(1)}$	87.399	...	4.558	25.940	...	112.111
3	$U_j^{(1)}$	0.998	...	0.907	0.940	...	0.983

②计算总离差 $t_j^{(1)}$ 。将总客户数 $n=1231$ 、表 4 第 1 行第 1232-2462 列全部样本标准化得分 x_{i1} 代入公式(5)，则 $t_j^{(1)}$ 为：

$$t_1^{(1)} = \sum_{i=1}^{1231} (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 = (0.325-0.443)^2 + \dots + (0.804-0.443)^2 = 87.399$$

结果列入表 5 第 2 行第 1 列。

同理，可以得到其他 80 个指标的总离差值，列于表 5 第 2 行第 2-81 列。

步骤 2：确定第一个保留指标。

①计算 U 统计量 $U_j^{(1)}$ 。以指标 X_1 的 U 统计量 $U_1^{(1)}$ 为例，说明 U 统计量的计算方法。将表 5 第 1 行第 1 列数据 $a_1^{(1)}=87.249$ 、表 5 第 2 行第 1 列数据 $t_1^{(1)}=87.399$ 代入式(6)，则 $U_1^{(1)}$ 为：

$U_1^{(1)} = a_1^{(1)} / t_1^{(1)} = 87.249 / 87.399 = 0.998$ ，结果列入表 5 的第 3 行第 1 列。

同理，可以得到其他 80 个指标的 U 统计量值，列入表 5 第 3 行第 2-81 列。

② F 检验值筛选第一个保留指标。在 81 个指标中选取 $U_j^{(1)}$ 最小指标。由表 5 第 3 行可知，第 52 个指标 X_{52} “居民消费价格指数”的 $U_{52}^{(1)}$ 最小。由于此时体系中指标个数为 0，则式(7)中 $l=0$ 。将表 5 第 3 行第 52 列 $U_{52}^{(1)}=0.907$ 代入式(7)，

得到：

$$F_{52} = \frac{1-U_{52}^{(1)}}{U_{52}^{(1)}} \times (1231-0-2) = \frac{1-0.907}{0.907} \times 1229 = 126.017$$

选取显著性水平 $\alpha=0.05$ ^[22]，由 F 分布临界值表可查得 $F_{0.05}(1,1229)=3.84$ 。由于 F_{52} 大于 3.84，所以指标 X_{52} 对违约状态判别显著，保留该指标。第一个保留的指标为 X_{52} “居民消费价格指数”。

3.2.2 第二个保留指标的筛选

此时，评价体系中已经存在 1 个指标，即 X_{52} ，这一步的目的是继续筛选新的指标进入指标体系。

步骤 1：对组内离差和总离差进行消去变换。指标 X_{52} 首先进入评价体系，所以对尚未保留的 80 个指标进行消去变换，从而消除指标 X_{52} 对该 80 个指标的影响。以指标 X_1 “资产负债率”为例进行说明。

由于第一个保留的指标为 X_{52} ，所以式(8)~(11)中的下标 $k=52$ 。以指标 X_1 为例，故式(8)~(11)中的下标 $j=1$ 。

①组内离差的消去变换。将非违约客户数 $n_0=1196$ 、表 4 第 1 行第 1267-2462 列的 $x_{i1}^{(0)}$ 、第 52 行第 1267-2462 列的 $x_{i52}^{(0)}$ 、违约客户数 $n_1=35$ 、表 4 第 1 行第 1232-1266 列的 $x_{i1}^{(1)}$ 、

第 52 行第 1232-1266 列的 $x_{i52}^{(1)}$ 代入式(10), 则 $a_{1,52}^{(1)}$ 为:

$$a_{1,52}^{(1)} = a_{52,1}^{(1)} = \sum_{i=1}^{1196} (x_{i1}^{(0)} - \bar{x}_1^{(0)})(x_{i52}^{(0)} - \bar{x}_{52}^{(0)}) + \sum_{i=1}^{35} (x_{i1}^{(1)} - \bar{x}_1^{(1)})(x_{i52}^{(1)} - \bar{x}_{52}^{(1)}) = [(0.325 - 0.445)(0.975 - 0.985) + \dots + (0.419 - 0.445)(0.976 - 0.985)] + [(0.328 - 0.378)(0.975 - 0.873) + \dots + (0.804 - 0.378)(0.976 - 0.873)] = 0.403$$

将表 5 第 1 行第 1 列的 $a_1^{(1)} = 87.249$ 、 $a_{1,52}^{(1)} = a_{52,1}^{(1)} = 0.403$ 、

表 5 第 1 行第 52 列的 $a_{52}^{(1)} = 4.133$ 代入式(8), 则 $a_1^{(2)}$ 为:

$$a_1^{(2)} = a_1^{(1)} - a_{1,52}^{(1)} a_{52}^{(1)} / a_{52}^{(1)} = 87.249 - 0.403^2 / 4.133 = 87.210,$$

结果列于表 6 第 1 行第 1 列。

同理, 可以得到其他 79 个指标消去变换后的组内离差值, 列于表 6 第 1 行第 2-80 列。

表 6 80 个指标的消去变换后的 U 值

序号	名称	(1) X_1 资产负债率	...	(52) X_{53} 城市居民人均可支配收入	...	(80) X_{81} 抵质押担保得分
1	$a_1^{(2)}$	87.210	...	24.249	...	109.742
2	$t_1^{(2)}$	87.303	...	25.404	...	111.033
3	$U_1^{(2)}$	0.999	...	0.955	...	0.988

②总离差的消去变换。将 $n=1231$ 、表 4 第 1 行第 1232-2462 列的 x_{i1} 、第 52 行第 1232-2462 列的 x_{i52} 代入式(11), 则:

$$t_{1,52}^{(1)} = t_{52,1}^{(1)} = \sum_{i=1}^{1231} (x_{i1} - \bar{x}_1)(x_{i52} - \bar{x}_{52}) = (0.325 - 0.443)(0.975 - 0.981) + \dots + (0.804 - 0.443)(0.976 - 0.981) = 0.661$$

将表 5 第 2 行第 1 列的 $t_1^{(1)} = 87.399$ 、 $t_{1,52}^{(1)} = t_{52,1}^{(1)} = 0.661$ 、

表 5 第 2 行第 52 列的 $t_{52}^{(1)} = 4.558$ 代入式(9), 则 $t_1^{(2)}$:

$$t_1^{(2)} = t_1^{(1)} - t_{1,52}^{(1)} t_{52}^{(1)} / t_{52}^{(1)} = 87.399 - 0.661^2 / 4.558 = 87.303,$$

结果列于表 6 第 2 行第 1 列。

同理, 可以得到其他 79 个指标消去变换后的总离差值, 列于表 6 第 2 行第 2-80 列。

步骤 2: 确定第二个保留指标。

①计算 U 统计量 $U_j^{(2)}$ 。根据式(12), 将表 6 第 1 行的 $a_j^{(2)}$ 除以表 6 第 2 行的 $t_j^{(2)}$, 得到表 6 第 3 行 $U_j^{(2)}$ 。

② F 检验值筛选第二个保留的指标。

选取 $U_j^{(2)}$ 最小的值、即 80 个指标中判别能力最强的指标。由表 6 第 3 行可知, 第 52 列的指标 X_{53} “城市居民人均可支配收入”的 $U_{53}^{(2)}$ 最小。由于此时评价体系中已保留 1 个指标, 所以式(13)中 $l=1$ 。再将表 6 第 3 行第 52 列 $U_{53}^{(2)} = 0.955$ 代入式(13), 得到 F 统计量为:

$$F_{53} = \frac{1 - U_{53}^{(2)}}{U_{53}^{(2)}} \times (1231 - 1 - 2) = \frac{1 - 0.955}{0.955} \times 1228 = 57.864$$

选取显著性水平 $\alpha=0.05$ ^[22], 由 F 分布临界值表可查得 $F_{0.05}(1, 1228) = 3.84$ 。由于 F_{53} 大于 3.84, 所以指标 X_{53} 对违约状态判别显著, 保留该指标。第二个保留的指标为 X_{53} “城市居民人均可支配收入”。

3.2.3 其他保留指标的筛选

重复 3.2.2 中的步骤 1-2, 直到第 29 次判别分析没有新指标可以被保留, 此时已保留了 28 个指标, 逐步判别分析筛选指标的过程停止。最终保留的 28 个对违约判别显著的指标, 如表 7 第 c 列所示。

3.3 基于共线性检验的第二次指标筛选

对逐步判别分析筛选保留的 28 个指标进行共线性检验, 其目的是删除反映信息冗余的指标。共线性检验计算的所用数据主要涉及表 7, 表 7 的第 c 列是逐步判别分析筛选后保留的 28 个指标, 第 1-1231 列是 28 个指标的标准化数据、其来源于表 4。下面以指标 X_3 “速动比率”为例进行说明。

步骤 1: 建立线性回归方程。以指标 X_3 所有客户的标准化数据向量 x_3 为因变量, 其他 27 个指标的标准化数据向量 x_j 为自变量, 建立线性回归方程为:

$$x_3 = a_0 + a_2 x_6 + a_3 x_8 + \dots + a_{28} x_{81} \quad (21)$$

其中, a_0, a_1, \dots, a_{28} 为回归方程中待估参数。

表 7 共线性检验筛选指标的数据及结果

(a) 序号	(b) 准则层	(c) 指标	标准化结果 x_{ij}			回归估计值			(2463)可决系数	(2464)方差膨胀因子	(2465)筛选结果
			(1)200410090044	...	(1231)X2012060800099	(1232)200410090044	...	(2462)X2012060800099	R^2	VIF_j	
1	C ₁ 偿债能力	X_3 速动比率	0.682	...	0.130	0.617	...	0.137	0.646	2.822	保留
...	
8	C ₂ 盈利能力	X_{24} 总资产报酬率	0.026	...	0.003	0.059	...	-0.018	0.434	1.767	保留
...	
13	C ₅ 企业外部宏观环境	X_{49} 行业景气指数	0.626	...	0.742	0.676	...	0.753	0.271	1.372	保留
...	
17	C ₆ 企业内部非财务因素	X_{58} 专利状况	0.000	...	0.000	-0.008	...	-0.031	0.151	1.178	保留
18		X_{61} 产品销售范围	0.000	...	1.000	0.461	...	0.416	0.583	2.396	保留
19	C ₇ 法人代表基本情况	X_{64} 学历	0.000	...	1.000	0.671	...	0.227	0.174	1.211	保留
...	
25	C ₈ 企业基本信用情况	X_{75} 企业到位注册资金类别	0.000	...	1.000	0.158	...	1.013	0.904	10.383	删除
26		X_{76} 近三年企业授信情况	0.000	...	1.000	1.018	...	1.065	0.919	8.128	保留
27	C ₉ 企业的商业信誉	X_{77} 企业纳税记录	0.000	...	1.000	0.945	...	1.042	0.927	13.749	删除
...	
28	C ₁₀ 抵质押担保因素	X_{81} 抵质押担保得分	0.100	...	0.000	0.774	...	0.870	0.193	1.239	保留

将表 7 第 1-1231 列数据矩阵进行转置后, 每一列的数据作为一个指标 x_j 的数据代入式(21)。再根据最小二乘法估计式(21)的参数 a_j , 得到估计值 \hat{a}_j 。将估计值 \hat{a}_j 代入式(21)右端, 可得指标 X_3 的估计值:

$$\hat{x}_3 = 0.328 + 0.109x_6 + 0.008x_8 + \dots - 0.068x_{81} \quad (22)$$

通过式(22)可以计算每个客户 X_3 的估计值, 结果列于表 7 第 1 行第 1233-2462 列。

重复上述过程, 可以得到其他 27 个指标估计值, 结果列于表 7 的第 2-28 行第 1232-2462 列。

步骤 2: 计算可决系数 R_j^2 。将表 7 第 1 行第 1232-2462

列数据 \hat{x}_{i3} 、表 7 第 1 行第 1-1231 列标准化数据 x_{i3} 、总客户数 $n=1231$ 代入式(16)，得到指标 X_3 的可决系数 R_3^2 为：

$$R_3^2 = \frac{\sum_{i=1}^{1231} (\hat{x}_{i3} - \bar{x}_3)^2}{\sum_{i=1}^{1231} (x_{i3} - \bar{x}_3)^2} = \frac{(0.617-0.197)^2 + \dots + (0.137-0.197)^2}{(0.682-0.197)^2 + \dots + (0.130-0.197)^2} = 0.646,$$

结果列于表 7 的第 1 行第 2463 列。

同理，可以得到其他 27 个指标的可决系数 R_j^2 ，结果列入表 7 第 2-28 行第 2463 列。

步骤 3：计算方差膨胀因子 VIF 。将表 7 第 2463 列的 R_j^2 代入式(17)，得到 28 个指标的 VIF_j ，如表 7 第 2464 列所示。

步骤 4：剔除冗余指标。由表 7 第 2464 列方差膨胀因子 VIF_j 可知，指标 X_{75} “企业到位注册资金类别”、 X_{77} “企业纳税记录”的方差膨胀因子均大于 10，说明这两个指标均存在共线性，删除指标 X_{75} 、 X_{77} 。

3.4 小企业债信评价指标体系

通过上文 3.2、3.3 的两次定量筛选，最终建立包括速动比率、行业景气指数、近三年企业授信情况、抵质押担保等 26

个指标在内的小企业债信用评级指标体系，如表 8 第 e 列前 26 行所示。对应的指标标准化数据列于表 8 前 26 行第 1-1231 列。

本文建立的指标体系反映小企业的如下特点：

(1) 小企业的规模小、抵御外部风险的能力差，易受外部宏观经济环境影响。本文通过“ X_{49} 行业景气指数”、“ X_{52} 居民消费价格指数”等指标能够反映宏观经济情况对小企业信用状况的影响。

(2) 小企业的资产规模小，资金周转和获利能力是影响其违约与否的关键因素。本文通过“ X_3 速动比率”、“ X_{24} 总资产报酬率”等财务指标反映现金流转情况和获利能力对小企业贷款清偿能力的影响。

(3) 小企业的管理制度并不完善，日常经营管理受企业主要负责人的影响比较严重。本文通过“ X_{64} 学历”、“ X_{75} 担任该职务时间”等指标反映法人代表情况对小企业信用评级的影响。

(4) 小企业经营状况不稳定，抵质押担保是小企业贷款的关键因素。本文通过“ X_{81} 抵质押担保”指标反映这个特点。

表 8 小企业债信评价指标体系及权重

(a) 序号	(b)一级 准则	(c)二级准则	(d)三级准则	(e)指标	标准化结果 x_{ij}		(1232)判别 能力 Γ_j	(1233)权 重 w_j	(1234) 权重和	(1235)与 5C 原 则的对应
					(1)2004100 90044	(1231)X2012 060800099				
1				X_3 速动比率	0.682	0.130	0.013	0.030		资本
2		企业内部财 务因素	C_1 偿债能力	X_6 息税前利润流动负债比	0.467	0.464	0.003	0.007	财务指标权 重和为 0.198	能力
...			
8			C_2 盈利能力	X_{24} 总资产报酬率	0.026	0.003	0.007	0.015		能力
...			
13	还款能 力			X_{49} 行业景气指数	0.626	0.742	0.028	0.062		环境
...			
15		C_5 企业外部宏观环境		X_{52} 居民消费价格指数	0.976	0.976	0.093	0.204		环境
...			
17		C_6 企业内部非财务因素		X_{58} 专利状况	0.000	0.000	0.001	0.002	非财务指标 权重和为 0.802	能力
18				X_{61} 产品销售范围	0.000	1.000	0.031	0.068		能力
19	还款意 愿	C_7 法人代表基本情况		X_{64} 学历	0.000	1.000	0.001	0.002		能力
...			
25		C_8 企业基本信用情况		X_{76} 近三年企业授信情况	0.000	1.000	0.020	0.044		品德
26		C_{10} 抵质押担保因素		X_{81} 抵质押担保	0.100	0.000	0.017	0.037		担保
27				债信得分 S_i	36.410	71.154	—	—	—	—

3.5 小企业债信用评级模型的建立

3.5.1 基于违约判别能力的指标权重的确定

将表 8 第 e 列的 26 个保留指标的 $U_j^{(1)}$ 代入式(18)，得到 26 个指标的违约判别能力 Γ_j ，如表 8 第 1232 列所示。将表 8 第 1232 列的 Γ_j 代入式(19)，得到每个指标的权重 w_j ，结果列于表 8 第 1233 列。

将表 8 第 1233 列第 1-12 行的财务指标权重相加，得到财务指标权重和为 0.198；将表 8 第 1233 列第 13-26 行的非财务指标权重相加，得到非财务指标权重和为 0.802，表明小企业的非财务因素在评价小企业的债信风险时更加重要。

3.5.2 债信评价方程的建立

将表 8 前 26 行第 1233 列的指标权重 w_j 代入式(20)，得到小企业债信评价方程：

$$S_i = 100 \times (0.030x_{i3} + 0.007x_{i6} + \dots + 0.037x_{i,81}) \quad (23)$$

将表 8 前 26 行第 1-1231 列的标准化数据 x_{ij} 代入式(23)，得到每个贷款客户的债信得分，结果列于表 8 最后一行。

3.6 小企业债信等级划分

将贷款客户按照表 8 最后一行的债信得分由高到低排列，将贷款客户初步分为 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“债信等级越高违约损失率越低”的划分结果。

表 9 小企业债信等级划分结果及各等级的年违约损失率

(1) 序号	(2)债信等级	(3)债信得分区间	(4)样本数	(5)年违约损失率 $LGD(\%)$
1	AAA	$64.42 \leq S \leq 100$	595	0.050
2	AA	$60.36 \leq S < 64.42$	204	0.206
...
9	C	$0 \leq S < 44.03$	34	22.240

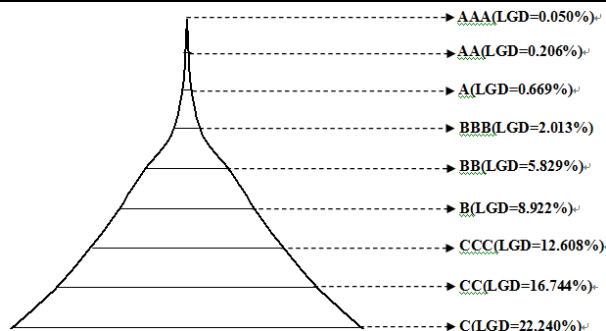


图 3 债信等级对应的违约损失率

最终的划分结果如表 9 所示。表 9 的第 2 列是 AAA、

AA、A 等 9 个等级,第 3 列是每个等级对应的债信得分区间,第 4 列是每个等级的样本个数,第 5 列是每个等级的年违约损失率。以表 9 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等级的年违约损失率大小。

3.7 债信评级模型的违约判别精度

目的:针对上文 3.6 节建立的债信评级模型,验证模型的违约判别准确度。

Step1:现有研究中将评价得分为 50 分或违约概率为 0.5,作为判别违约与非违约企业的分界值^[28]。本文借鉴现有研究的做法,利用上文 3.6.2 节中计算的债信得分,将得分在 50 分及其以上的企业判别为非违约企业、将得分在 50 分以下的企业判别为违约企业。判别为非违约的企业记为 0,判别

为违约的企业记为 1,判别结果如表 4 最后一行所示。

Step2:根据表 4 第 83 行的违约判别结果与表 4 第 82 行的企业真实违约状态相对比,得到实际违约企业被正确判定为违约的个数 TP=27、实际违约企业被误判为非违约的个数 FN=8、实际非违约企业被误判为违约的个数 FP=140、实际非违约企业被正确判定为非违约的个数 TN=1056,结果如表 10 所示。

Step3:根据违约判别准确率的计算公式,可知^[15]:

准确率 $A = \text{判别正确的企业个数 } T / \text{总企业个数 } n$ (24)

在表 10 中,将第 1 行第 1 列的 TP=27 与第 2 行第 2 列的 TN=1056 相加,得到评级模型判别正确的企业个数 $T = 27 + 1056 = 1083$ 。将判别正确的企业个数 $T = 1083$ 、总样本的企业个数 $n = 1231$ 代入式 (24),可以得到准确率 $A = 1083 / 1231 = 88\%$ 。由结果看出,本文建立的小企业债信评级模型判别准确率较高。

表 10 本研究的债信评级模型分类结果

实际违约状态	模型分类结果	
	1(违约)	0(非违约)
1(违约)	实际违约企业被正确判定为违约的个数 TP=27	实际违约企业被误判为非违约的个数 FN=8
0(非违约)	实际非违约企业被误判为违约的个数 FP=140	实际非违约企业被正确判定为非违约的个数 TN=1056

3.8 对比分析

3.8.1 与 5C 原则的对比

经典信用风险管理理论的“5C 原则”是最具代表性的评价准则,包括:资本(Capital)、品德(Character)、能力(Capacity)、担保(Collateral)、环境(Condition)^[1]。本文建立的小企业债信评级指标体系与“5C 原则”的对应关系如表 8 第 1235 列所示。

通过“速动比率”、“EBITDA 与总负债比率”等 4 个指标,反映了资本(Capital)原则。通过“法人代表债信卡记录”、“近三年企业授信情况”2 个指标,反映了品德(Character)原则。通过“总资产报酬率”、“专利状况”等 15 个指标,反映了能力(Capacity)原则。通过“抵质押担保得分”指标,反映了担保(Collateral)原则。通过“行业景气指数”、“城市居民人均可支配收入”等 4 个指标,反映了环境(Condition)原则。

表 11 标普、穆迪评级体系缺少鉴别能力强的指标

(1)序号	(2)本模型的评级指标	(3) F 检验值	(4)方差膨胀因子
1	X ₃ 速动比率	36.019	2.822
2	X ₆ 息税前利润流动负债比	11.592	4.152
3	X ₈ 全部资产现金回收率	10.983	1.711
4	X ₁₀ 超速动比率	6.424	1.688
5	X ₁₃ 资本固定化比率	5.102	1.636
6	X ₅₈ 专利状况	5.319	1.178
7	X ₆₁ 产品销售范围	5.299	2.396

表 12 标普、穆迪评级体系存在鉴别能力差的指标

(1)序号	(2)现有研究评级指标	(3) F 检验值
1	资产负债率	0.003
2	留存收益增长率	0.041
3	流动负债经营净现金流比率	0.955
4	产品级别	0.003
5	净利润	1.841
6	净资产收益率	0.071
7	婚姻状况	0.072
8	家庭月收入	0.071

3.8.2 与标普、穆迪评级体系的对比

本文建立的小企业债信评级体系与标普、穆迪评级体系^[2-5]进行对比分析,对比结果如下。

(1)标普、穆迪评级体系缺少鉴别能力强指标。主要表现在两家评级公司都缺少“速动比率”、“息税前利润流动负

债比”等 7 个鉴别能力强的指标,如表 11 第 2 列所示。从表 11 第 3 列可知,“速动比率”、“息税前利润流动负债比”等 7 个指标的逐步判别 F 检验值均大于 F 分布临界值 3.84,说明这 7 个指标均对违约状态具有显著的判别能力。

(2)标普、穆迪评级体系存在鉴别能力差指标。存在“资产负债率”、“婚姻状况”等 8 个鉴别能力差的指标,如表 12 第 2 列所示。从表 12 第 3 列可知,“资产负债率”、“婚姻状况”等 8 个指标的逐步判别 F 检验值均小于 F 分布临界值 3.84,说明这 8 个指标均对违约状态不具有显著的判别能力,应该删除。

(3)标普、穆迪评级体系的指标在评价小企业时存在反映信息冗余。标普、穆迪的通用评价指标“企业纳税记录”在评价小企业时存在冗余。其方差膨胀因子 VIF 大于 10,说明该指标反映信息冗余,应该删除。

3.9 本模型建立的小企业债信评级体系的特点

(1)能显著区分违约状态。由上文 3.2 逐步判别分析的实证可知,速动比率、行业景气指数、抵质押担保等 26 个指标的逐步判别 F 检验值均大于 F 分布临界值 3.84,均对违约状态有显著的判别能力。

(2)非财务因素是判别小企业是否违约的重要因素,比财务因素更能判别小企业贷款的违约风险。由表 8 第 e 列和第 1234 列可知,财务因素的权重和为 0.198、非财务因素的权重和为 0.802、远远大于财务因素的权重 0.198,可见非财务因素比财务因素更能判别小企业贷款的违约风险。

(3)小企业的还款能力受外部宏观环境的影响更为重要。由表 8 第 15 行第 1233 列可知,宏观指标“居民消费价格指数”的鉴别能力最强且权重最大。指标“行业景气指数”的权重也较大、排在第 6 位。将准则层“C₅ 企业外部宏观环境”的指标权重相加,得到权重和为 0.421,为全部准则层中权重最大,说明外部宏观环境对小企业的还款能力的影响更为重要。

(4)企业法人代表基本情况在评价小企业贷款时的权重较大。将表 8 第 1233 列第 19-24 行的权重相加,得到准则

层“C₇ 企业法人代表基本情况”的权重和为 0.231，仅低于准则层“C₅ 企业外部宏观环境”，表明小企业贷款是否违约受企业法人代表的影响较大。

(5) 小企业的债信等级越高违约损失率越低。表 9 第 5 列和图 3 可知，随着债信等级的升高，年违约损失率是降低的。本研究的债信等级划分满足“债信等级越高违约损失率越低”这一评级根本目的。

4 结论

4.1 主要结论

(1) 对某区域性商业银行的 1 231 笔小企业贷款样本的实证结果表明：包含速动比率、近三年授信情况、抵质押担保等 26 个指标的指标体系不仅能够显著判别违约状态、而且避免了指标间反映信息重复。

(2) 对某区域性商业银行的 1 231 笔小企业贷款样本的实证结果表明：小企业非财务因素比财务因素更能判别小企业贷款的违约风险，并且外部宏观环境、企业法人代表基本情况对小企业的还款能力的影响更为重要。

4.2 主要创新

(1) 通过逐步判别分析将所有客户第 j 个指标数据分为违约和非违约两组样本，根据违约、非违约样本组内的数据差异越小、而违约与非违约样本组间数据差异越大，则第 j 个指标越能区分违约和非违约两种状态的思路，筛选出 F 检验值显著、即对违约与否鉴别能力显著的指标，改变了现有研究遴选指标的标准不能反映指标违约鉴别能力的弊端。

(2) 通过共线性检验方法，以一个指标为因变量、其余指标为自变量建立线性回归方程，根据线性回归方程的方差膨胀因子 VIF_j 越大、这个指标越可以被其它指标线性表示的思路删除因变量这个冗余指标，避免了现有研究的债信评级指标用于评价小企业时存在冗余的弊端。

(3) 根据违约样本和非违约样本的组内差异越小、组间差异越大、这个指标对违约状态的鉴别能力越强、权重越大的思路对指标进行赋权，改变了现有研究对评级指标进行赋权不能反映指标违约判别能力的弊端。

参考文献

- [1] Bee Wah Yap, Seng Huat Ong, Nor Huselina Mohamed Husain. Using data mining to improve assessment of credit worthiness via credit scoring models [J]. Expert Systems with Applications, 38(10):13274-13283.
- [2] 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.
- [3] Moody's. Global Business & Consumer Service Industry Rating Methodology [EB/OL]. https://www.moody's.com/researchdocumentcontentpage.aspx?docid=PBC_127102. 2013.10.13.
- [4] Moody's. Global Retail Industry [EB/OL]. https://www.moody's.com/researchdocumentcontentpage.aspx?docid=PBC_133476. 2011.06.30.
- [5] Moody's. Global Software Industry [EB/OL]. https://www.moody's.com/researchdocumentcontentpage.aspx?docid=PBC_142367. 2012.10.09.
- [6] 中国建设银行.关于印发《中国建设银行小企业客户债信用评级办法》[R].中国建设银行,建总发[2009]101 号.
- [7] 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].浦东发展银行,2010.
- [8] 中国农业银行.中国农业银行法人客户授信管理办法[R].中国农业银行,2007.
- [9] Van Laere E, Baesens B. The development of a simple and intuitive rating system under Solvency II [J]. Insurance: Mathematics and Economics, 2010, 46(3): 500-510.
- [10] Gómez-González J E, Hinojosa I P O. Estimation of conditional time-homogeneous credit quality transition matrices [J]. Economic Modelling, 2010, 27(1): 89-96.
- [11] 庞素琳, 王石玉. 社会大数据信息下农户信用借款声誉计算模型与应用[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 04:837-846.
- [12] 李菁苗, 吴吉义, 章剑林. 电子商务环境下中小企业信用评价[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(3): 555-560.
- [13] Sohn S Y, Jeon H. Competing Risk Model for Technology Credit Fund for Small and Medium - Sized Enterprises [J]. Journal of Small Business Management, 2010, 48(3): 378-394.
- [14] 邓超, 胡梅梅, 曾文潮, 等. 基于贝叶斯界定折叠法的小企业信用评分模型研究[J]. 管理工程学报, 2015, 29(4):162-170.
- [15] 张奇, 胡蓝艺, 王珏. 基于 Logit 与 SVM 的银行业信用风险预警模型研究[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 07:1784-1790.
- [16] 王昱. 基于组合分类的消费者信用评估[J]. 管理工程学报, 2015, 29(1):30-38.
- [17] 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.
- [18] 刘澄, 胡巧红, 孙莹, 等. 基于 Vague 集理论的商业银行客户信用等级测定[J]. 统计与决策, 2013 (4): 43-45.
- [19] 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.
- [20] 迟国泰,王卫.基于科学发展的综合评价理论、方法与应用[M].科学出版社,2009:27-79.
- [21] 中国邮政储蓄银行.中国邮政储蓄银行农户信用评级表[R].中国邮政储蓄银行,2009.
- [22] 高惠璇.应用多元统计分析[M].北京: 北京大学出版社,2005:205-211.
- [23] 何晓群.多元统计分析[M].中国人民大学出版社,2012:58-60.
- [24] 大连理工大学迟国泰课题组.中国邮政储蓄银行农户小额贷款信用决策评价系统研究结项报告[R].大连理工大学,2010.
- [25] 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.
- [26] 大连银行.大连银行小企业信贷管理系统[DB].大连银行, 2013.
- [27] 工业和信息化部、国家统计局、国家发展和改革委员会、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].工业和信息化部、国家统计局、国家发展和改革委员会、财政部, 2011.06.18.
- [28] 巴克豪斯等.多元统计分析方法[M].上海: 格致出版社, 2009.

Debt rating model of small businesses and empirical analysis based on stepwise discriminant

CHI Guo-tai, LI Hong-xi

(School of Business Management, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Debt rating is aimed at measuring the possibility of debt default. Thus, indicators in debt rating system must be able to identify default risk significantly. Establishing a debt rating system will help investors measure the possibility of debt recovery and help enterprises issue bonds and get loans. Thus, the establishment of a debt rating system is very important. For small businesses, establishing a debt rating system is rather difficult because small businesses' information is relatively unreal and incomplete.

This research applies stepwise discriminant and collinearity tests to establish a debt rating indicators system of small businesses including 26 indicators, such as, quick ratio, industry sentiment index, and pledge guarantee. This research builds a debt rating model of small businesses by weighting indicators based on discriminant ability. This paper does empirical analysis about building the debt rating model for 1231 loan customers in a regional commercial bank of China.

Firstly, we use the stepwise discriminant to screen indicators which can distinguish between default and non-default significantly. The data of index X_j can be divided into the default group and non-default group. Because of smaller differences in two groups and the greater differences between the two groups, the index X_j will be more able to distinguish between default and non-default. By this way, we can screen the indicators which can distinguish between default and non-default. It changes the shortcoming of screening indicators in the existing research which cannot reflect the discriminant ability. Secondly, we apply the collinearity test to delete indicators which reflect repetitive information. When the variance inflation factor VIF_j is great, this indicator can be linearly expressed by other indicators. We deleted the indicators which can be linearly expressed by other indicators. It avoids the indicator system that has repetitive information. Through those mentioned above the "stepwise discriminant- collinearity test," we can construct a debt rating indicators system. Thirdly, we compute the weight of indicators based on U statistic. When the difference in two groups of default and non-default is the smaller, difference between two groups of default and non-default is the greater, the discriminant ability of the indicator is greater, and the weight is bigger. The weight cannot reflect the discriminant ability of indicators in the existing research. We compute the customer's credit score based on the linear weighted method. Last, according to the principle that the higher credit rating, and the lower LGD (Loss Given Default), we finally divide customers into nine credit grade and calculate LGD of every rating customer. It can measure the default risk of customers at different credit ratings, and it will help banks to decide which customers banks should offer loans.

In this paper, empirical analysis is about constructing a debt rating system for 1231 small businesses. We screen the credit risk evaluation indicators system and establish a credit risk evaluation model for small businesses. The empirical result shows that firstly the indicator system including liquidity ratio, industry climate index and guarantee can distinguish between default and non-default signally and deletes the indicators using repetitive information. Secondly, non-financial factors can affect more the default risk of the small business than financial factors. The external macro environment factor and the basic situation of the enterprise's legal person are more important. Finally, the correct rate to discriminant default of the debt rating model in this research is 88%. It shows that the accuracy of this model is relatively high.

Key Words: Small businesses; Debt rating; Default discriminant; Stepwise discriminant analysis; Collinearity test

中文编辑: 杜 健; 英文编辑: Charlie C. Chen