

基于改进 ELECTRE-III 的小微企业信用评估

陈伟杰 龚涛

(重庆师范大学 经济管理学院,重庆 400047)

摘要:基于小微企业有效评价信息匮乏的难题,以非财务指标为重点,纳入水电费等大数据下体现企业违约风险的因素,构建了小微企业信用评价指标体系。引用 ELECTRE-III 消除 ELECTRE-III 中由偏好指数产生的放大效应,完善级别高于关系的构造过程。针对 ELECTRE-III 主观性强及排序复杂的问题,首先利用 BWM-Gini 组合赋权法确定评价指标的综合权重,并根据样本数据极差确定阈值组合,增强其客观性。其次引用可信度法替代蒸馏算法,简化排序过程。最后利用算例对一批小微企业进行排序,算例结果验证了模型的有效性。

关键词:信用评价;小微企业;组合赋权;ELECTRE-III;大数据

中图分类号:F27

文献标识码:A

文章编号:1673-0429(2021)06-0038-13

doi:10.19742/j.cnki.50-1164/C.210605

一、引言及文献综述

信用评价也称为信用评分、信用评估,其主要含义为利用规范指标和科学方法对市场参与者进行综合评价,以判定其违约概率。信用评价最早起源于 19 世纪末 20 世纪初的美国,目前标准普尔、惠誉国际、穆迪等国际金融机构的信用评价体系已经十分完善。而我国信用评级起步于 20 世纪 80 年代,仍处于初级阶段,信用评价相关领域的研究还不成熟。根据国家统计局的相关数据,截止 2018 年 9 月,通过我国工商部门统计的小微企业数量已经达到了 7300 万户,每一个新增加的小微企业都平均提供了 5.6 个工作岗位^[1]。小微企业在促进就业、推动国民经济发展等方面发挥着越来越重要的作用。然而,融资困难是小微企业的痼疾,限制着小微企业的发展。由于财务等诸多信息不透明,难以采取常规方法对小微企业进行信用评价,需要开发更为全面的评级方式,评价指标体系与方法是小微企业信用评价的主要内容。

收稿日期:2021-06-10

作者简介:陈伟杰(1979—),女,管理学博士,重庆师范大学经济与管理学院副教授,主要研究方向:不确定决策、信用评价。

龚涛(1995—),男,重庆师范大学经济与管理学院硕士研究生,主要研究方向:信用评价。

基金项目:2019 年度国家自然科学基金青年项目“面向不确定性多源异构数据融合分类方法的小微企业信用评级研究”(71901044);2018 年度教育部人文社会科学研究青年基金项目“基于广义模糊软集的多源数据融合决策方法与应用研究”(18YJC630009);2018 年度重庆市社会科学规划项目“基于多源数据融合的模糊软集决策方法与应用研究”(2018QNGL28)。

(一)有关小微企业评价指标体系的相关研究

信用评价指标体系主要由财务指标与非财务指标构成,是评价的依据和基础。其中,财务指标反映了企业的财务境况与经营效果,是信用评价指标体系不可或缺的一部分。由于财务指标类别十分清晰,国内外学者有关此方面的研究大同小异,所选取的财务指标往往包括净资产收益率、资产负债率等诸多方面的内容。由于将每一个指标都纳入考察范围不具有现实性,大部分学者运用不同的方法筛选出了一些财务指标。Geng等^[2]给出了包括总资产回报率、总资产净利润率等在内的财务指标,并验证了这类指标的有效性。Lin^[3]等从盈利能力比率等方面研究了我国台湾企业的信用。在供应链金融模式下,核心企业、中小企业以及宏观经济环境有所不同,从这些角度可以分析得出不同的指标^[4]。朱宗元等^[5]根据 Lasso-logistic 方法筛选得出包括盈利能力、偿债能力、现金流、股东特征变量及变现能力变量在内的财务指标。陈丹华^[6]提出的财务指标包括企业成长能力、偿债能力、盈利能力、现金流量、营运能力方面的内容。龙贞杰^[7]依据骆驼评级方法,提出了包括收益状况、资产流动性等方面的财务指标。不同的筛选方法以及不同的研究侧重点都会影响财务指标体系的构建思路,但由于财务指标类别清晰,因此财务指标体系的内容相差无几。

相对于财务指标,非财务指标可以有效增加小微企业信用评分的精确性^[8],更为全面地反映其信用风险。目前有关此方向的研究主要分成三个方面:一是,企业的能动行为会影响其信用评价结果。Zhou^[9]等通过研究发现,社会责任的履行有助于企业获得在市场竞争中获得优势地位,而 Su W C^[10]则认为践行社会责任有助于显示企业良好的经营状况,提升信用评分。在网络金融云平台背景下,企业的管理水平、市场竞争力是极其重要的评级指标^[11]。二是,基于高管在小微企业中的重要地位,其素质与能力影响评级结果。丰景春^[12]认为包括高层管理者素养、管理方法和手段等在内的管理能力影响着企业的信用水平。王卫星^[13]等认为包括年龄、性别等在内的高管基本信息会影响企业的信用风险。三是,正负向外部性的影响同样关键。Yuko Nikaido^[14]等通过 Probit 模型分析发现,地区经济发展状况会影响企业贷款风险。杜梅^[15]认为合作商和消费者的评价影响小微企业的评级结果。

目前有关小微企业信用评价指标体系相关研究的主要缺陷在于两个方面:第一,与大中型企业有所不同,小微企业财务信息披露程度较低。而大多数学者照搬大中型企业的信用评价指标体系,将其运用于小微企业的信用评价,忽略了小微企业的特殊性,导致最终结果不尽合理。第二,相关研究多关注于财务方面的因素,缺乏对反映小微企业信用风险的非财务指标的关注。非财务指标不仅能够弥补小微企业财务信息匮乏的不足,而且能够有效反映小微企业信用风险。

(二)大数据背景下小微企业信用评价的相关研究

通过在 ProQuest 和 Emerald Research Databases 检索“信用评分”“评分”等主题,筛选出了 258 篇文章。在这些文章中,信用评分新指标占比达到了 29%,这一方向最前沿的研究集中于大数据对于信用评分的影响。利用大数据和社交网络分析进行信用评价有着显著的统计和经济方面的优势^[16]。通过大数据等技术对互联网数据进行整合处理,可以对小微企业进行有效评价。袁海瑛^[17]利用相关算法有效提高了大数据下小微企业信用评价指标的精确度。谢邦昌^[18]等认为对于小微企业来说,非财务指标是小微企业指标体系建立的重点。与小微企业相关的上游和下游企业对其的评价是一个比较新颖的视角,可以从侧面反应出企业的治理能力。作为小微企业信用评价领域的前沿方向,大数据可以弥补小微企业财务信息匮乏的缺陷,增加其获得金融服务的机会。

对于小微企业而言,大数据背景下海量的信息为非财务指标的构建提供了新的思路,一方面,企业日常经营活动在一定程度上可以反应企业的信用,如水电费、场地费等的拖欠情况。另一方面,由于规模限制,高管的重要决策关乎小微企业的生死存亡,需要有效衡量其信用风险。郭小波等^[19]指出企业

主的信息是中小企业信用风险识别的关键。在大数据构架下的个人信用评分体系中,消费者的其他信息和行为与消费者的信用状况可能发生关联,尽管这种关联比信贷记录弱。管理者的个人基本信息以及信用状况对于衡量小微企业信用状况以及预测还款情况有着重要作用。王冬一等^[20]利用改进的传统 5C 模型构建了包含教育程度、居住区域等 17 个指标在内的评估体系。周毓萍^[21]等基于机器学习方法构建了包括个人基本信息、信用历史等在内的个人信用评价体系,此类指标可有效衡量小微企业高管的信用风险。

(三)有关评价指标赋权方法的相关研究

目前有关评价指标权重的研究通常包含两类:一类是主观权重确立方法,如 AHP 和 GI。张庭^[22]等利用 AHP 方法建立了有关区域创新质量的评价体系并进行了赋权,并选取湖北省的三个地级市进行了实证分析。主观赋权方法的优势在于能够充分反映决策者的意愿,体现指标的自身重要程度,劣势在于主观性过强,忽略了数据间的客观差异。另一类是客观权重确立方法,如熵权法、CRITIC。莫鸣^[23]等选取湖南省食品生产企业的调研数据,利用熵权法对食品生产企业评价指标进行客观赋权。指标客观权重主要由样本数据间的偏差程度所决定,其优势在于能够准确体现数据的统计特征,劣势在于可能与决策者所实际需要的权重相偏离。使用单一的主观或客观赋权方法均存在一定的缺陷,组合赋权方法既能反映决策者的权重意愿,也能考虑样本数据间的客观差异,综合二者的优势,但目前的组合赋权方法多利用 AHP、熵权法等方法进行组合赋权^[24,25],计算过程繁琐且复杂。

(四)有关小微企业信用评价方法的相关研究

评价模型的选择是评分有效性的关键所在,小微企业可用评分模型主要可分为两类:一类是以统计为基础的建模技术,Che^[26]等通过 AHP 和 DEA 方法对台湾省的小微企业进行信贷研究并取得了有效结果。Smaranda^[27]根据罗马尼亚小微企业的信贷记录设计了基于 logistic 的信用评价模型,并证明了其性能优越性。当样本数据不精确时,此类模型的可行度会大大降低。另一类是以数据挖掘为基础的建模技术,胡贤德^[28]等以 BP 神经网络为基础,引用萤火虫算法,构建了 IDGSO-BP 模型,该方法在运算精度以及收敛速度方面都优于传统模型。张发明^[29]等以 IDC 动态组合评价方法为基础,整合数种方法的评价信息,动态地对小微企业进行评价,有效地反映了企业的偿债能力。

上述两类方法均存在可补偿性的假设缺陷,即评价指标某一属性的低分完全可以被其他属性的高分所补偿。在国内,采用非补偿性原则的 ELECTRE 方法被学者应用于伙伴选择^[30]、绩效评估^[31]等多个领域,但极少应用于小微企业的信用评价。石宝峰^[32]遴选出了反映农户小额信贷风险的指标体系,并引入 ELECTRE-III 方法建立了农户小额信贷评价模型,对农户信用进行了评级。程砚秋^[33]等通过引用泰尔指数确定权重及阈值,改进了 ELECTRE-III 法并对一批小微企业进行风险评估。虽然 ELECTRE-III 方法有效解决了指标相互替代的问题,但严格优于阈值 $p_j(g_j)$ 被同时应用于和谐指数与非和谐指数的构造, $p_j(g_j)$ 的变动将产生双向放大效应,影响级别高于关系的建立。因此,本文引用 ELECTRE-IN 完善 ELECTRE-III 级别高于关系的构造过程。针对 ELECTRE-IN 主观性过强及排序复杂的缺陷,一方面利用数据特征确定权重及阈值,减少过程中的主观输入。另一方面,利用可信度改进其排序,简化其计算过程。最后通过算例对一批小微企业进行评价,验证了模型的效度。

二、小微企业信用评价模型构建

ELECTRE 又叫淘汰选择方法,最早于 20 世纪 60 年代由 Roy、sussman 等人提出^[34],最开始被用于研究巴黎地铁项目问题,后来逐步被 Roy、NijKamp 等人用于决策方面,并成为多准则决策的代表方法之

一。目前国外有关 ELECTRE 方法研究已逐渐完善,由最初的 ELECTRE-I 逐步发展出 ELECTRE-II 以及 III 等变形后的 ELECTRE 方法。不同的方法所应用的场景有所不同,ELECTRE-I 和 ELECTRE-IV 主要用于不同方案的选择问题,而 ELECTRE-II、ELECTRE-III 和 ELECTRE-IV 则主要用于方案间的排序问题。级别高于关系是 ELECTRE 方法的核心内容,无论何种形式的 ELECTRE 方法均以级别高于关系为基础。在包括 Science Direct, Taylor& Francis, Wiley, Springer 等多个数据库的搜索中,大多数有关 ELECTRE 方法的论文都集中于自然资源和环境管理,尤其是水资源管理。应用于企业管理方向的 ELECTRE 方法也多局限于人力资源管理以及投资决策,将 ELECTRE 方法应用于企业信用评价的文献少之又少,而小微企业信用评价问题通常需要考虑包括净资产收益率、资产负债率、信用违约状况等多个方面的属性,属于多属性决策领域的范畴。一方面,作为多属性决策的代表方法,ELECTRE 适用于解决此类问题;另一方面,采用非补偿性原则的 ELECTRE 能够有效弥补其他多属性方法可补偿性的假设缺陷。因此,本文将多属性决策的代表方法 ELECTRE 引入小微企业的信用评价,为小微企业信用评价提供了新思路与新方法。

(一)基本的 ELECTRE-IN 法

ELECTRE-III 方法通过引入阈值解决了其他多属性决策方法所存在的指标间相互替代的问题,但其严格优于阈值 $p_j(g_j)$ 被同时应用于和谐指数与不和谐指数的构造, $p_j(g_j)$ 的变动会导致放大效应,减弱两个指数间的独立性。针对其不足之处,龚俊华^[35]提出了 ELECTRE-IN 法,完善了级别高于关系的构造过程,主要步骤如下:

步骤 1:确定相关参数及集合

设 $A = \{a_i | i=1,2,\dots,n\}$, 为待评价方案集。 $B = \{b_j | j=1,2,\dots,m\}$, 为方案评价指标集。 $G = \{g_j | j=1,2,\dots,m\}$ 为评价指标函数集, $g_j(a_i)$ 表示方案 a_i 在指标 b_j 下的评价值。 $W = \{w_j | j=1,2,\dots,m\}$ 为评价指标 b_j 的指标权重。 $p = \{p_j | j=1,2,\dots,m\}$ 为偏好阈值集, $q = \{q_j | j=1,2,\dots,m\}$ 为无差异阈值集, $v = \{v_j | j=1,2,\dots,m\}$ 为否决阈值集。引入新阈值 $u = \{u_j | j=1,2,\dots,m\}$ 为不和谐阈值集,在不和谐指数的构造中取代偏好阈值集,增强指数间的独立性。属性 j 满足: $0 < q_j(g_j) < p_j(g_j) < u_j(g_j) < v_j(g_j)$ 。

步骤 2:构造级别高于关系

1. 设定单目标和谐指数 $S_j(a_e, a_f)$ 、全局和谐指数 $C(a_e, a_f)$ 与占优指数 $G(a_e, a_f)$:

$$S_j(a_e, a_f) = \begin{cases} 1, & g_j(a_f) + q_j(g_j(a_e)) \geq g_j(a_f) \\ 0, & g_j(a_f) \geq g_j(a_e) + p_j(g_j(a_e)) \\ \frac{g_j(a_f) - (g_j(a_e) + p_j(g_j(a_e)))}{q_j(g_j(a_e)) - p_j(g_j(a_e))}, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

$$C(a_e, a_f) = \sum_{j=1}^n w_j S_j(a_e, a_f) \quad (2)$$

$$G(a_e, a_f) = \begin{cases} 1, & W^+ > W^- \\ 0, & W^+ \leq W^- \end{cases} \quad (3)$$

式(1)中, $S_j(a_e, a_f)$ 为企业 a_e 在指标 j 的属性上优于企业 a_f 的程度。式(2)中, $C(a_e, a_f)$ 表示在全局指标上企业 a_e 优于 a_f 的程度。式(3)中, $G(a_e, a_f)$ 表示企业 a_e 优于企业 a_f 的指标权重和应大于 a_f 优于 a_e 的权重。满足 $g_j(a_e) \geq g_j(a_f) + p_j(g_j(a_e))$ 的权重和为 W^+ , $g_j(a_f) \geq g_j(a_e) + p_j(g_j(a_f))$ 的属性权重和为 W^- 。三等式构成企业 a_e 优于 a_f 的和谐性条件。

2. 设定单目标不和谐指数 $d_j(a_e, a_f)$ 与全局不和谐指数 $ND(a_e, a_f)$, 构造不和谐关系:

$$d_j(a_e, a_f) = \begin{cases} 1, & g_j(a_f) + u_j(g_j(a_e)) \geq g_j(a_f) \\ 0, & g_j(a_f) \geq g_j(a_e) + v_j(g_j(a_e)) \\ \frac{g_j(a_f) - (g_j(a_e) + u_j(g_j(a_e)))}{v_j(g_j(a_e)) - u_j(g_j(a_e))}, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

$$ND(a_e, a_f) = \prod_{j \in J} (1 - d_j(a_e, a_f)) \quad (5)$$

式(4)中, $d_j(a_e, a_f)$ 表示在指标 j 上企业 a_e 劣于 a_f 的程度。式(5)中, $ND(a_e, a_f)$ 表示在全局指标上企业 a_e 劣于 a_f 的程度, 两等式构成不和谐性条件。

3. 依据和谐性与不和谐性条件, 赋值级别高于关系:

$$S(a_e, a_f) = C(a_e, a_f) G(a_e, a_f) ND(a_e, a_f) \quad (6)$$

式(6)中, $S(a_e, a_f)$ 表示在全局条件下小微企业 a_e 优于 a_f 的可信程度。

步骤 3: 利用蒸馏算法进行排序

第一步, 令 $M = \max S(a_e, a_f)$, 并设定一个截取阈值 λ , 将以上级别高于关系转化为确定的二元关系, 即 $a_e S b_f$ 当且仅当 $S(a_e, b_f) \geq \lambda - M$ 。

第二步, 利用满足以上条件的级别高于关系, 根据流入 a_e 的有向弧数量与流出 a_e 的有向弧的差 $Q(a_e)$ 来评价方案 a_e 的优劣。将 $Q(a_e)$ 最大的方案归入集合 E_1 。

第三步, 在集合 E_1 中, 若只存在一个方案, 则删除此方案并利用集合 A/E_1 重复第一步和第二步的过程。若存在多个方案, 首先在 E_1 内部重复第一步和第二步, 然后利用 A/E_1 替代 E_1 并重复第一及第二步, 直至所有方案的优先序全部被确定下来。

(二) 基于改进 ELECTRE-IN 的小微企业信用评价模型

1. 小微企业信用评价指标的选择

小微企业信用评价指标的选取应遵循合理性、全面性、高代表性、低相关度的原则, 既要尽可能选取足够数量的指标来全面衡量企业信用风险水平, 也要注重指标筛选的合理性, 符合小微企业自身的特点。同时, 要保证指标间是尽可能相互独立的, 避免冗余指标的堆积, 确保指标具有高的代表性及低的相关度。基于此方面的原则, 本文将小微企业信用评价指标划分为财务因素和非财务因素两部分内容, 共遴选出 18 个指标, 如表 1 所示。

一方面, 财务指标能够有效反映企业经营状况, 此方面的“硬”指标信息是必不可少的。因此, 本文基于小微企业财务信息披露不完善的特点, 将财务指标划分为盈利能力、偿债能力、发展能力三个方面, 选取少量代表性强的财务指标^{[2][5][28][33]}。另一方面, 考虑小微企业财务指标的真实度及全面性, 重点关注非财务方面的因素, 构建高管信息^{[36][37]}、企业信用^{[32][33]}、外部环境^{[15][38]}三方面的非财务指标体系。为弥补小微财务信息匮乏的局限性, 本文选取了大数据背景下能够反映小微企业风险状况的部分非财务指标。在小微企业信用评价的过程中, 高管的素质显著影响小微企业的违约概率^[36], 因此有必要增加大数据下反映企业高管违约风险的因素, 例如个人信用违约及联系方式变动状况。个人信用违约状况主要通过房租缴纳等日常信用以及信用卡消费等金融信用反映, 这部分指标能够有效代表高管个人信用风险水平^[39]。作为企业高管, 有着诸多的合作和交流伙伴, 联系方式的频繁变动会对企业发展产生不利的影响, 降低企业的信用水平^[20]。企业参与公益活动的数量在一定程度上能够体现企业的社会责任感, 越是积极参与各类公益活动的企业, 其违约的概率会越小^[23]。企业日常信用违约次数能够反映企业的违约意识与违约意愿, 场地费、水电费等费用的拖欠次数越多, 企业未来违约的可能性越大^{[8][15]}。

表 1 小微企业信用评价指标

准则		指标	指标类型	指标详述
财 务 指 标	盈利能力 x_1	净资产收益率 x_{11}	正向	净利润/平均净资产
		销售净利率 x_{12}	正向	净利润/销售收入
	偿债能力 x_2	资产负债率 x_{21}	负向	负债总额/资产总额
		流动比率 x_{22}	正向	流动资产/流动负债
	发展能力 x_3	营业收入增长率 x_{31}	正向	营业收入增长额/上年营业收入总额
		净利率增长率 x_{32}	正向	(本年净利润-上年同期净利润)/上年同期净利润
非 财 务 指 标	高管信息 x_4	学历 x_{41}	定性	随着学历的提升,违约的概率也会降低
		婚姻 x_{42}	定性	家庭责任感会降低违约概率
		从业年限 x_{43}	定性	从业经验越丰富,违约的概率越低
		个人信用违约次数 x_{44}	定性	包含房租、信用卡等大数据下的违约记录
	企业信用 x_5	联系方式变动次数 x_{45}	定性	联系方式的频繁变动阻碍与伙伴的合作
		参加公益活动数量 x_{51}	定性	参与公益活动越积极,企业责任感越强,违约概率越低
		纳税拖欠次数 x_{52}	定性	纳税拖欠,企业违约的概率大大增加
		水电费等日常信用违约次数 x_{53}	定性	日常费用缴纳情况反映了企业的违约意识
		银行信用违约记录	定性	银行违约显著降低企业申请贷款的成功率
		地区 GDP 增长率 x_{61}	正向	GDP 增速下降时,企业的信用状况会恶化
外 部 环 境 x_6	政策扶持力度 x_{62}	政策扶持力度 x_{62}	定性	政策扶持力度强,企业经营成本低
		上下游相关企业评价 x_{63}	定向	上下游企业的评价反映企业的违约状况

2. 基于改进 ELECTRE-III 的小微企业评价模型

虽然 ELECTRE-III 完善了 ELECTRE-III 有关级别高于关系的构造过程,但其主要存在两方面的缺陷。一方面,ELECTRE-III 主要由决策者来确定评价指标的权重,具有相当程度的主观性,从而影响决策结果的科学性。因此本文利用 GiNi-BWM 组合赋权法确定指标的综合权重,在增强客观性的同时反映主观赋权意愿。根据样本极差给出指标的阈值组合,使得决策结果更加科学。另一方面,ELECTRE-III 仍采用传统的蒸馏算法进行排序,计算过程复杂。本文引入可信度排序法,简化其计算过程。小微企业评价主要流程如图 1 所示,具体步骤如下:

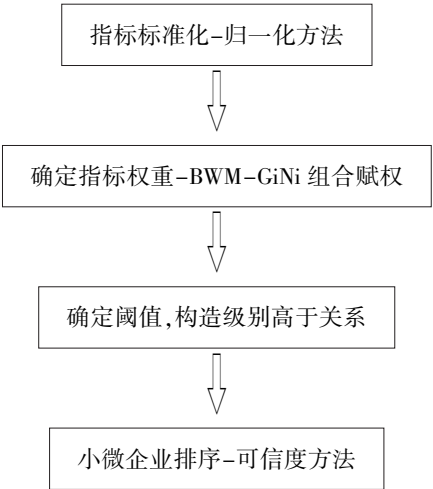


图 1 小微企业信用评价流程

步骤 1:对评价指标进行标准化

小微企业信用评价指标分为定性和定量两种类型,分别对其进行标准化:

对定量指标进行标准化:表 1 中的定量指标包括正向和负向两种类型,资产负债率为负向指标。 x_{aj} 表示在指标 j 下企业 a_i 的原始数据,利用改进的归一化方法进行标准化^[40],将负向指标转化为正向指标 x'_{aj} :

$$x'_{aj} = \max_{1 \leq i \leq n} x_{aj} - x_{aj} + \min_{1 \leq i \leq n} x_{aj} \quad (7)$$

式(7)中,通过 $\max_{1 \leq i \leq n} x_{aj} - x_{aj}$ 将负向指标转换为正向指标, $+\min_{1 \leq i \leq n} x_{aj}$ 是为了将指标恢复到原先水平。将负向指标转化为正向指标后,对指标数据进行归一化即可得到标准化的数据 $g_j(a_i)$:

$$g_j(a_i) = \frac{x_{aj}}{\sum_{i=1}^n x_{aj}} \quad (8)$$

对定性指标进行打分:为确保打分结果的合理性,本文参考中国农业银行、工商银行等多家银行有关定性指标的打分细则,并结合相关专家及银行从业人员的建议,制定小微企业有关定性指标的详细打分标准,如表 2 所示。

表 2 定性指标打分标准

准则	指标	选项标号	选项内容	分值
高管信息	学历	1	硕士及以上	1
		2	本科	0.8
		3	大专	0.6
		4	高中	0.4
		5	小学及初中	0.2
	信用违约次数	6	无学历	0
...	...	1	违约 0 次	1
		2	违约 1 到 2 次	0.5
		3	违约 3 次以上	0
		...	...	...
	...	...	...	...
企业信用	银行信用违约记录	1	存在违约	0
		2	不存在违约	1
	上下游企业评价	1	有无逾期交货、交款	0
		2	有无逾期交货、交款	1

步骤 2:计算指标综合权重

客观权重:在客观赋权法中,基尼系数法的保序性与适用性均优于熵权法。基尼系数的大小可以很好地反映某一指标下各小微企业的差异程度,差异程度越明显,指标的权重值越高^[41]。 K_j 表示第 j 个指标的基尼系数值, u_j 表示第 j 个指标下所有小微企业数据的期望值,则基尼系数为:

$$K_j = \frac{\sum_{e=1}^n \sum_{f=1}^n |g_j(a_e) - g_j(a_f)|}{2n^2 u_j} \quad (9)$$

对 K_j 进行归一化即可得到小微企业第 j 个指标的权重 w_{1j}

$$w_{1j} = \frac{K_j}{\sum_i^n K_i} \quad (10)$$

主观权重:BWM(最优最劣法)由学者 Rezaei 于 2015 年提出^[42],用于确定指标的专家权重向量。与传统的 AHP 方法相比,BWM 也是基于两两成对比较的思想,但并非对任意两指标均进行比较,而是

进行了结构化处理。BWM 不仅显著降低了指标间的相互比较次数,简化了分析步骤,而且有效提高了决策的效率与精确性。具体过程为:首先,根据相关专家探讨,选出小微企业评价指标集 $G = \{g_j | j=1,2,\dots,m\}$ 中最重要(最优)与最不重要(最劣)的指标。其次,利用 1-9 标度法,专家对指标进行比较。首先,将最优指标与其他指标进行对比,构造向量 $C_B = (C_{B_1}, C_{B_2}, \dots, C_{B_j})$, C_{B_j} 表示最优指标相对于其他指标的重要程度。其次,对比最劣指标与其他指标,构造向量 $C_W = (C_{1_W}, C_{2_W}, \dots, C_{j_W})$, C_{j_W} 表示其他指标相对于最劣指标的重要程度。最后,建立如下数学规划模型并求解,得出指标专家权重 w_{2j} 。

$$\begin{aligned} & \min \max_j \left\{ \left| \frac{W_B}{w_{2j}} - a_{B_j} \right|, \left| \frac{W_{2j}}{W_w} - a_{j_w} \right| \right\} \\ & s. t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n w_{2j} = 1 \\ w_{2j} \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

式(11)中, W_B 为 C_B 的权重, W_w 为 C_w 的权重, w_{2j} 为指标的实际主观权重, a_{B_j} 表示 C_B 对 g_j 的重要程度, a_{j_w} 表示 g_j 对 C_w 的重要程度。

综合权重:采用乘法合成法^[43]对 GiNi 系数客观赋权及 BWM 主观赋权法进行组合,得出小微企业信用评价指标最终权重 w_j :

$$w_j = \frac{w_{1j} w_{2j}}{\sum_{i=1}^n w_{1i} w_{2i}} \quad (12)$$

步骤 3:根据极差确定阈值组合

由于阈值的选择存在一定的主观性,且对于后续小微企业的排名有着重要影响。因此,本文采用 Corazza^[44]所提出的阈值公式来得出评价指标的阈值组合。通过计算各指标极差 $R_j = \max g_j(a_e) - \min g_j(a_e)$,得出偏好阈值,无差异阈值与否决阈值。根据经验法则,不一致阈值 u_j 介于 p_j 与 v_j 之间。

$$p_j = \frac{2}{3} R_j, q_j = \frac{1}{6} R_j, v_j = \frac{5}{6} R_j \quad (13)$$

$$u_j = p_j + 0.75(v_j - p_j) \quad (14)$$

步骤 4:构造小微企业间的级别高于关系

将待评价方案视为小微企业,构造企业间的优先次序。第一部分,利用式(1)计算单目标和谐指数 $S_j(a_e, a_f)$,进而利用式(2)得出全局和谐指数 $C(a_e, a_f)$,与占优指数 $G(a_e, a_f)$ 共同形成两两小微企业间的全局和谐条件。第二部分,利用式(4)计算单目标不和谐指数 $d_j(a_e, a_f)$ 并利用式(5)得出全局不和谐指数 $ND(a_e, a_f)$,构造全局不和谐条件。第三部分,和谐关系与不和谐条件共同形成两两小微企业间的级别高于关系 $S(a_e, a_f)$ 。

步骤 5:对级别高于关系进行挖掘

ELECTRE-IN 所建立的全局偏好关系十分简洁,利用王建军^[45]提出的可信度法可有效简化其排序过程。计算一致可信度 $X^+(a_e)$ 、非一致可信度 $X^-(a_e)$ 、净可信度 $X(a_e)$,即:

$$X^+(a_e) = \sum_{a_f \in i} S(a_e, a_f), \forall a_e \in i \quad (15)$$

$$X^-(a_e) = \sum_{a_f \in i} S(a_f, a_e), \forall a_e \in i \quad (16)$$

$$X(a_e) = X^+(a_e) - X^-(a_e), \forall a_e \in i \quad (17)$$

式(15)中, $X^+(a_e)$ 表示小微企业 a_e 优于所有其他企业的程度。式(16)中, $X^-(a_e)$ 表示所有其他企业优于 a_e 的程度,两者相减得出净可信度分数 $X(a_e)$ 。通过计算两两小微企业间的全局优于关系 $S(a_e, a_f)$,得出全局优先关系矩阵 S 。其中,行表示各小微企业的一致可信度,列表示非一致可信度。将行列进行对应加减即可得出净可信度 $X(a_e)$,比较 $X(a_e) (\forall a_e \in i)$ 获得排序结果。

三、算例分析

为确保模拟数据的可靠性,参考中国家庭金融调查与研究中心所搜集到的小微企业数据,该数据库包含财务、公益参与、高管等多方面信息。设定 10 家待评价小微企业 $a_1 \dots a_{10}$, 指标具体数据见表 3 第 1—10 列。利用本文第三节所构建的小微企业信用评价模型,实现对 10 家小微企业的信用风险评估,具体步骤如下:

步骤 1:评价指标标准化及组合权重的计算

根据表 3 第 1—10 列的原始数据,利用式(7)(8)计算标准化数据,结果列入表 3 第 11—20 列。首先,将表 3 第 11—20 列的标准化数据代入式(8)(10),利用 Matlab2017 计算指标基尼系数客观权重。其次,经相关专家商讨,确定最优指标为企业日常信用记录,最劣指标为企业高管学历。构造最优指标比较向量 $C_B = (3, 4, 4, 3, 3, 3, 8, 6, 5, 2, 5, 4, 3, 1, 3, 5, 4, 4)$, 最劣指标比较向量 $C_w = (5, 5, 4, 4, 5, 4, 1, 2, 3, 7, 3, 4, 6, 8, 6, 3, 4, 4)$ 。利用式(11)计算主观权重,结果列入表 3 第 b 列。最后,将以上主客观权重结果代入式(12)求得指标组合权重。结果见表 3 第 c 列。

步骤 2:确定评价指标阈值组合

将表 3 第 11—20 列的数据代入式(13)(14)计算小微企业信用评价指标阈值组合,结果列入表 4 第 c 至第 f 列。

步骤 3:计算 10 家小微企业可信度得分

得分结果的预期分析:10 家小微企业的净可信度得分结果主要由财务指标及非财务指标所决定。显然,企业 a_e 财务指标与非财务指标的表现越差,其净可信度得分应当越低,财务指标与非财务指标的表现越好,净可信度得分应当越高。

利用 Matlab 2017 编写 ELECTRE-IN 程序,将标准化的数据、权重、阈值代入程序,计算各小微企业可信度得分并进行排序,结果如图 2 所示。

由图 2 可知:1. 净可信度得分最高的小微企业为 a_9 , 其财务表现优于平均水平,且无信用违约记录。2. 在财务指标的表现上, a_4 的财务指标得分略低于平均水平。在非财务指标的表现上, a_4 在个人信用违约次数及水电费拖欠次数表现上处于较低水平,其净可信度得分为负值。3. 得分最低的为 a_6 , 该企业财务与非财务指标表现均处于较低水准。由以上分析可知,净可信度得分结果与预期分析是相符的,进一步验证了本文所提出的小微企业评价模型是有效的。

表 3 指标权重及数据处理

(a) 指标	(b) 指标类型	(c) 权重	指标原始数据			指标标准化数据		
			1	...	10	11	...	20
净资产收益率 x_{11}	正向	0.095	0.14	...	0.20	0.132	...	0.189
销售净利率 x_{12}	正向	0.044	0.17	...	0.17	0.124	...	0.124
资产负债率 x_{21}	负向	0.024	0.41	...	0.55	0.119	...	0.094
流动比率 x_{22}	正向	0.027	1.6	...	2.2	0.092	...	0.126
营业收入增长率 x_{31}	正向	0.05	0.19	...	0.21	0.123	...	0.135
净利率增长率 x_{32}	正向	0.04	0.18	...	0.22	0.118	...	0.145
学历 x_{41}	定性	0.02	大专	...	大专	0.6	...	0.6

续表3

(a) 指标	(b) 指标类型	(c) 权重	指标原始数据			指标标准化数据		
			1	...	10	11	...	20
婚姻 x_{42}	定性	0.032	已婚	...	已婚	1	...	1
从业年限 x_{43}	定性	0.039	8	...	10	1	...	1
个人信用违约次数 x_{44}	定性	0.092	0	...	0	1	...	1
联系方式变动次数 x_{45}	定性	0.052	0	...	0	1	...	1
参加公益活动数量 x_{51}	定性	0.064	0	...	4	0	...	0.5
纳税拖欠次数 x_{52}	定性	0.019	0	...	0	1	...	1
水电费等日常信用 违约次数 x_{53}	定性	0.193	1	...	3	0.5	...	0
银行信用违约次数	定性	0.095	0	...	0	1	...	1
地区 GDP 增长率 x_{61}	正向	0.014	0.063	...	0.072	0.09	...	0.103
政策扶持力度 x_{62}	定性	0.043	支持	...	无限制	1	...	0.5
上下游相关企业评价 x_{63}	定向	0.057	无逾期	...	无逾期	1	...	1

表 4 小微企业评价指标阈值

(a) 序号	(b) 指 标	(c) 无差异阈值	(d) 偏好阈值	(e) 不和谐阈值	(f) 否决阈值
1	净资产收益率 x_{11}	0.026	0.105	0.125	0.132
2	销售净利率 x_{12}	0.015	0.059	0.070	0.074
3	资产负债率 x_{21}	0.009	0.036	0.043	0.045
4	流动比率 x_{22}	0.010	0.038	0.046	0.048
5	营业收入增长率 x_{31}	0.015	0.06	0.071	0.075
6	净利率增长率 x_{32}	0.015	0.061	0.073	0.077
7	学历 x_{41}	0.100	0.400	0.475	0.500
8	婚姻 x_{42}	0.167	0.667	0.791	0.833
9	从业年限 x_{43}	0.133	0.533	0.634	0.667
10	个人信用违约次数 x_{44}	0.167	0.667	0.791	0.833
11	联系方式变动次数 x_{45}	0.167	0.667	0.791	0.833
12	参加公益活动数量 x_{51}	0.167	0.667	0.791	0.833
13	纳税延时或未缴纳次数 x_{52}	0.083	0.333	0.396	0.417
14	日常信用违约次数 x_{53}	0.167	0.667	0.791	0.833
15	地区 GDP 增长率 x_{61}	0.167	0.667	0.791	0.833
16	政策扶持力度 x_{62}	0.006	0.023	0.027	0.028
17	上下游相关企业评价 x_{63}	0.083	0.333	0.396	0.417
18	消费者评价 x_{64}	0.167	0.667	0.791	0.833

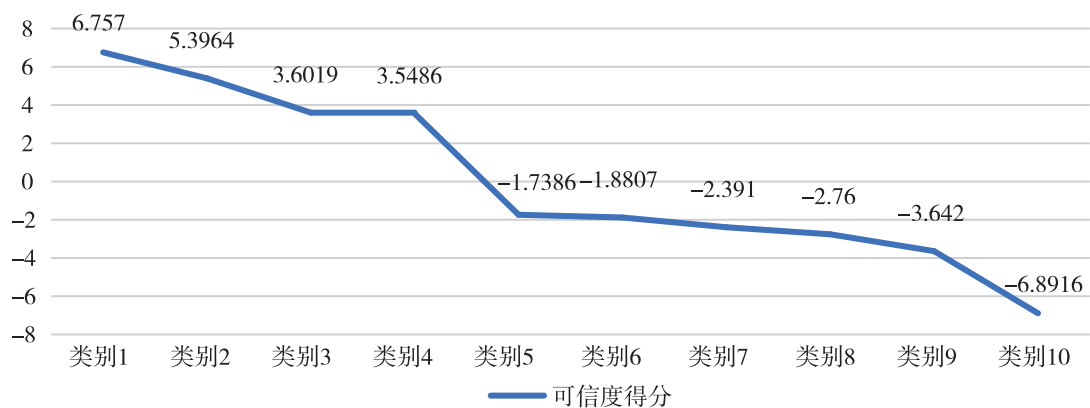


图2 各小微企业可信度得分

四、结论

将反映大型企业信用风险的评价指标简单地套用于小微企业的信用评价,无法真实有效反映小微企业信用风险水平,需开发更为合理的指标体系。针对小微企业财务信息透明度差的特征,本文在纳入部分具有代表性的财务指标的同时,以非财务因素为重点,选取大数据下反映企业与高管违约风险的指标,为小微企业信用评价指标的构建贡献了新思路。

针对现有小微企业评价模型所存在的补偿性缺陷问题,本文引用并改进了 ELECTRE-III 方法,并将其应用于小微企业的信用评价。首先,利用 ELECTRE-III 引进不一致指数 u_j 及占优指数 G ,完善了 ELECTRE-III 级别高于关系的构造过程。其次,利用 GiNi-BWM 组合赋权法确立指标综合权重,并根据样本极差确定阈值组合,解决了 ELECTRE 法主观性过强的问题。再次,利用可信度指数进行排序,有效简化了蒸馏法的计算过程。最后通过算例对小微企业进行信用评估,验证了该模型的效度。

[参 考 文 献]

- [1] 陈世伟,汤旭翔. 让小微企业有更大作为[J]. 人民论坛,2019(11)
- [2] Geng R,Bose I,Chen X. Prediction of Financial Distress: An Empirical Study of Listed Chinese Companies using data mining[J]. European Journal of Operational Research,2014(8).
- [3] Lin F,Liang D,Yeh C. C. ,et al. Novel Feature Selection Methods to Financial Distress Prediction[J]. Expert Systems With Applications,2013(9).
- [4] 范方志,苏国强,王晓彦. 供应链金融模式下中小企业信用风险评价及其风险管理研究[J]. 中央财经大学学报,2017(12).
- [5] 朱宗元,苏为华,王秋霞. 新三板融资环境下中小企业信用风险评估[J]. 统计与信息论坛,2018(10).
- [6] 陈丹华. 浅析科技型中小企业融资信用评价指标的选取[J]. 科技管理研究,2017(13).
- [7] 龙贞杰,王善康,孙浩. 中小企业信用评级模型研究——基于 CAMEL 框架[J]. 系统科学学报,2017(3).
- [8] 高华,王晓洁. 智能制造中小企业信用评价[J]. 科技管理研究,2018(5).
- [9] Zhou H,Li G P,Lin W F. Corporate social responsibility and credit spreads—an empirical study in Chinese context[J]. Annals of Economics and Finance,2016(17).
- [10] Su W C,Peng M W,Tan W Q,et al. The signaling effect of corporate social responsibility in emerging economies[J]. Asia Pacific Journal of Management. 2016(32).
- [11] Olanrewaju Abdul Balogun,Nazeem Ansary,Stephen Ekoru. Analysis of Determinants of Revolving Credit for Small and Medium Construction Enterprises: A Case of Gauteng Province[J]. Procedia Engineering,2017(196).

- [12] 丰景春,王祎晨,丰慧,李明,薛松. PPP 模式下企业信用动态综合评价模型研究[J]. 软科学,2019(3).
- [13] 王卫星,张佳佳. 管理者背景特征对中小企业信用风险的影响研究[J]. 南京审计大学学报,2018(4).
- [14] Yuko Nikaido, Jesim Pais, Mandira Sarma. What hinders and what enhances small enterprise-s' access to formal credit in India? [J]. Review of Development Finance, 2015(5).
- [15] 杜梅. 中小微企业征信与信用评价研究[D]. 成都:西华大学,2018.
- [16] MaríaÓskarsdóttira, CristiánBravob, CarlosSarrautec, JanVanthienena, BartBaesensab, The value of big data for credit scoring: Enhancing financial inclusion using mobile phone data and social network analytics[J]. Applied Soft Computing, 2019(74).
- [17] 袁海瑛. 大数据背景下的互联网融资信用评价体系构建[J]. 上海经济研究, 2017(12).
- [18] 谢邦昌,魏超然,刘立新. 大数据时代下的小微企业信用评价[J]. 中国统计, 2016(10).
- [19] 郭小波,王婉婷,周欣. 我国中小企业信贷风险识别因子的有效性分析——基于北京地区中小企业的信贷数据[J]. 国际金融研究, 2011(04).
- [20] 王冬一,华迎,朱峻莹. 基于大数据技术的个人信用动态评价指标体系研究——基于社会资本视角[J]. 国际商务, 2020(1).
- [21] 周毓萍,陈官羽. 基于机器学习方法的个人信用评价研究[J]. 金融理论与实践, 2019(12).
- [22] 张庭,王军川. 基于 AHP 的区域创新质量评价体系的构建[J]. 统计与决策, 2020(18).
- [23] 莫鸣,王品入. 食品生产企业质量信用评价体系设计与实证分析[J]. 消费经济, 2019(03).
- [24] 夏文飞,苏屹,支鹏飞. 基于组合赋权法的高新技术企业创新能力评价研究[J]. 东南学术, 2020(3).
- [25] 张长鲁,张健,田晓飞,苏亚松. 基于组合赋权的绿色产品认证关键风险点识别及评价[J]. 统计与信息论坛, 2019(6).
- [26] Che Z H, Wang H S, Chuang C L. A fuzzy AHP and DEA approach for making bank loan decisions for small and medium enterprises in Taiwan . Expert Systems with Applications, 2010(10).
- [27] Smaranda C. Scoring Functions an Bankruptcy Prediction Models –Case study for Romanian Companies [J]. Procedia Economics&Finance, 2014 (1).
- [28] 胡贤德,曹蓉,李敬明,阮素,梅方贤. 小微企业信用风险评估的 IDGSO-BP 集成模型构建研究[J]. 运筹与管理, 2017(4).
- [29] 张发明,李艾珉,韩媛媛. 基于改进动态组合评价方法的小微企业信用评价研究[J]. 管理学报, 201(2).
- [30] 朱清,杨毅,何青松,曲世友. 基于 ELECTRE-I 法的“互联网+”项目创新联盟伙伴选择研究[J]. 中国软科学, 2016(4).
- [31] 夏红云. 基于 ELECTRE 改进模型的知识型员工绩效评价[J]. 统计与决策, 2016(14).
- [32] 石宝峰,王静. 基于 ELECTRE—III 的农户小额贷款信用评级模型[J]. 系统管理学报, 2018(5).
- [33] 程砚秋,徐占东. 基于泰尔指数修正的 ELECTRE III 小企业信用评价模型[J]. 中国管理科学, 2019(10).
- [34] R Benayoun, B Roy, N Sussman. Manual de Reference du Programme ELECTRE[J]. Direction Scientifi-que SEMA, Paris, 1966. Note de Synthese et Formation No. 25.
- [35] 龚俊华. 集成的 ELECTRE 方法研究[D]. 成都:四川大学, 2006.
- [36] 李鸿禧. 企业信用评级的国际经验与方法研究[J]. 新金融, 2020(1).
- [37] 段翀. 基于 K-S 检验与距离相关分析的网络借贷信用评价指标体系构建[J]. 技术经济, 2020(5).
- [38] 马九杰,郭宇辉,朱勇. 县域中小企业贷款违约行为与信用风险实证分析[J]. 管理世界, 2004(5).
- [39] 曹小林. 基于贝叶斯网络模型的个人信用评价[J]. 统计与决策. 2020(10).
- [40] 李美娟,陈国宏,陈衍泰. 综合评价中指标标准化方法研究[J]. 中国管理科学, 2004(12).
- [41] 李刚,程砚秋,董霖哲,王文君. 基尼系数客观赋权方法研究[J]. 管理评论, 2014(1).
- [42] Rezaei J. Best-worst multi-criteria decision-making Method[J]. Omega, 2015(53).
- [43] 路云飞,李琳琳,张壮. 决策指标组合赋权方法的研究及应用[J]. 计算机工程, 2018(1).
- [44] Marco Corazzaa, Stefania Funarib, Riccardo Gusso. Creditworthiness evaluation of Italian SMEs at the beginning of the 2007

- 2008 crisis; An MCDA approach[J]. North American Journal of Economics and Finance, 2016, 38(c).

[45] 王建军, 杨德礼. ELECTRE-III 的一种排序新方法[J]. 系统工程, 2005(23).

Small and Micro Enterprise Credit Evaluation Based on Improved ELECTRE-IN

Chen Weijie Gong Tao

(School of Economics and Management, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract: Based on the problem of lack of information for effective evaluation of small and micro enterprises, focusing on non-financial indicators, including factors that reflect corporate default risks under big data such as utility bills, a credit evaluation index system for small and micro enterprises has been constructed. Using ELECTRE-IN to eliminate the amplification effect of the preference index in ELECTRE-III, and to perfect the process of constructing higher levels than relationships. Aiming at the problem of ELECTRE-IN's strong subjectivity and complex ranking, firstly, the BWM-GiNi combination weighting method is used to determine the comprehensive weight of the evaluation index, and the threshold combination is determined according to the sample data range to enhance its objectivity. Secondly, the credibility method is used to replace the distillation algorithm to simplify the sorting process. Finally, a numerical example is used to sort a batch of small and micro enterprises, and the results of the numerical example verify the effectiveness of the model.

Keywords: credit evaluation; small and micro enterprises; combination weighting; ELECTRE-IN; big data

[责任编辑: 左福生]