

# 灰色评价法在中小企业信用评价中的应用

牟伟明(副教授)

(常州工学院经济与管理学院 江苏常州 213022)

**【摘要】** 供应链融资是解决中小企业融资难的一剂良方。本文运用灰色系统理论,采用与层次分析法相结合的手段,构建灰色评价法,通过在供应链融资中中小企业信用评价案例应用,证明灰色评价法在中小企业信用评价上是切实可行的。

**【关键词】** 供应链融资 灰色评价法 信用风险 中小企业

据2013年国家统计局统计,全国注册登记中小企业已达1 023万户,占我国注册企业数的99%以上,涵盖了包括生产服务领域在内的所有行业,它的贡献包括占我国国民生产总值的60%,占我国税收收入的50%,占进、出口约70%的贸易量及城镇就业岗位的80%,其在国民经济发展中的重要性日益突出,然而,中小企业在其经济活动中所获得的贷款支持与其在社会经济及发展中的地位是不对称的,目前中小企业普遍面临的信用问题是制约其融资的重要因素。

近几年来,蓬勃发展的供应链融资成为有效解决中小企业融资难的良方。在供应链融资模式下,业务参与方有银行、核心企业、中小企业、物流企业等,银行等金融机构为了降低自身风险,通常会要求核心企业提供信用担保、承诺回购等,中小企业融资的信誉和风险性发生了根本的变化,其影响因素为企业本身的要素和供应链的整体环境。中小企业的信用评价是一个较为复杂且综合的系统,为了更全面、系统、客观地对中小企业信用进行评价,本文在供应链金融的背景下,将灰色系统理论与层次分析法结合运用,以期减少主观判断造成的偏差。

## 一、灰色综合评价方法

本文利用灰色综合分析法来进行信用风险的综合评价,具体步骤为:

1. 利用层次分析法确定权重向量。

2. 制定评分标准,将指标的评分准则分为四种,分别为“很好”、“好”、“一般”、“差”,其对应的分值分别为4分、3分、2分、1分,目标准则处于两相邻准则之间的,其评分值分别为3.5分、2.5分、1.5分。

3. 组织专家打分。把专家设为一组,序号为k(k=1,2,3,4),即有k位专家。按照评分标准让专家进行打分,从而得到评估样品矩阵U(见表1)。

表1 中小企业信用风险评价指标体系

目标层 U	一级准则层 U <sub>i</sub>	二级准则层 U <sub>ij</sub>
中小企业信用评价指标体系 U	宏观环境 u <sub>1</sub>	宏观经济状况 u <sub>11</sub>
		行业前景预测 u <sub>12</sub>
	企业基本素质评价 u <sub>2</sub>	企业规模 u <sub>21</sub>
		员工素质 u <sub>22</sub>
		管理水平 u <sub>23</sub>
	企业财务状况 u <sub>3</sub>	资产负债率 u <sub>31</sub>
		流动比率 u <sub>32</sub>
		存货周转率 u <sub>33</sub>
		应收账款周转率 u <sub>34</sub>
	供应链运营状况 u <sub>4</sub>	上下游企业合作密切程度 u <sub>41</sub>
		核心企业信用状况 u <sub>42</sub>
		信息系统完备性 u <sub>43</sub>
产品竞争力 u <sub>44</sub>		

即k位专家为评价指标所打分值

$$U = \begin{bmatrix} u_{111} & u_{112} & \cdots & u_{11n} \\ u_{121} & u_{122} & \cdots & u_{12n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ u_{ji1} & u_{ji2} & \cdots & u_{jinn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{11} \\ U_{12} \\ \cdots \\ U_{ij} \end{bmatrix}$$

4. 确定灰色评价:确定灰色评价的等级数、灰色评价的灰数及其白化权的函数。由于本文已将目标的评分准则设为4级,因此,灰色评估的等级数也是4级。建立了评价的灰数是e,那么e=1,2,3,4,建立对应e的灰数、白化权函数。

第一灰类表示“很好”(e=1),灰数 $e \in [2, 4, 6]$ ,函数f(x)如图1所示,方程式如下:

$$f(x) = \begin{cases} x-3 & (2 \leq x \leq 4) \\ 1 & (x \geq 4) \end{cases}$$

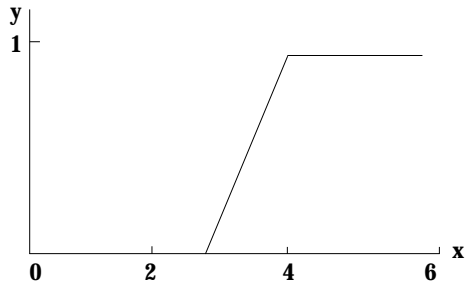


图1 第一灰类

第二灰类表示“好”(e=2), 灰数 &math; \in [2, 4, 8], 函数 f(x) 如图2所示, 方程式如下:

$$f(x) = \begin{cases} 0.5x - 1 & (2 \leq x \leq 4) \\ -0.25x + 2 & (4 \leq x \leq 8) \end{cases}$$

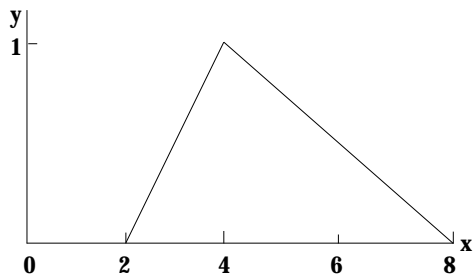


图2 第二灰类

第三灰类表示“一般”(e=3), 灰数 &math; \in [2, 3, 6], 函数 f(x) 如图3所示, 方程式如下:

$$f(x) = \begin{cases} x - 2 & (2 \leq x \leq 3) \\ -1/3x + 2 & (3 \leq x \leq 6) \end{cases}$$

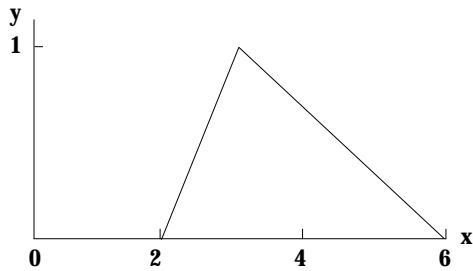


图3 第三灰类

第四灰类表示“差”(e=2), 灰数 &math; \in [0, 2, 4], 函数 f(x) 如图4所示, 方程式如下:

$$f(x) = \begin{cases} 1 & (0 \leq x \leq 2) \\ -0.5x + 2 & (2 \leq x \leq 4) \end{cases}$$

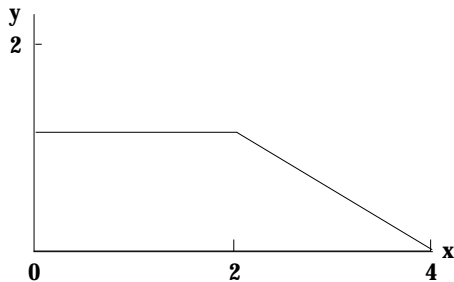


图4 第四灰类

5. 计算灰色综合评价的等级数。对于灰色综合评价标准, 以第 e 个综合评价灰类的系数记作  $x_{ije}$ , 指标  $U_{ij}$  以每一个灰色综合评价标准的总灰色评价数, 记作  $x_{ij}$ , 所以得到:  $x_{ije} = \sum_{k=1}^n f_e(U_{ijk}), x_{ij} = \sum_{e=1}^4 x_{ije}$ 。

6. 估算灰色综合评估的权重向量和权重矩阵。将评估目标  $U_{ij}$  的第 e 个灰类的评估权记为  $D_{ije}$ 。文中有 4 个灰色评价等级数, 即 e=1, 2, 3, 4。因此其评估指标  $U_{ije}$  对每一个灰类的评估权向量记作  $D_{ij}$ , 即  $D_{ij} = (D_{ij1}, D_{ij2}, D_{ij3}, D_{ij4})$ , 继而获得指标  $U_i$  的灰色评估权矩阵:

$$D_i = \begin{pmatrix} d_{i1} \\ d_{i2} \\ d_{i3} \\ d_{i4} \end{pmatrix}$$

7. 对  $U$  进行信用综合评价。对指标  $U_i$  进行评价, 评价结果为  $R_i$ , 则有  $R_i = A_i \cdot D_i$ 。于是, 得到其评价为  $B_i = A_i \cdot R_i = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ 。

8. 信用风险价值的综合评价。受评者的评估结果为  $B$ ,  $B$  为一个矢量, 表示受评者信用风险分类级别的描述, 对  $B$  提供的信息, 可以取最大为原则确定受评者所属的灰色评价标准。但是这种原则判断的结果, 不一定是有效的, 有时会这种判断原则因失去太多信息, 反而会失效。所以, 最重要的问题是矢量  $B$  不能直接过滤受评者的排序, 因此, 需要更进一步解决的问题是计算  $B$  值, 即算出信用风险的综合评价价值  $Z$ 。

假设, 按照“灰度”各级进行赋值, 通过灰度值矢量, 得到各灰度等级值化的矢量  $C = \{d_1, d_2, d_3, d_4\}$ , 因此, 受评者的信用风险综合评估值  $Z$  按公式算出:  $Z = BC^T$ 。

### 二、灰色综合评价法应用案例

根据上文所述的多层次灰色评价法对处于供应链上游的江苏正大清江制药有限公司的信用进行综合评价。

首先, 利用层次分析法确定权重向量(见表2)。

表2 标度含义一览表

比例标度	含义
1	两个不同的元素比较, 有同样的重要性
3	两个不同的元素比较, 前面的元素比后面的元素略重要
5	两个不同的元素比较, 前面的元素比后面的元素明显重要
7	两个不同的元素比较, 前面的元素比后面的元素极其重要
9	两个不同的元素比较, 前面的元素比后面的元素强烈重要
2, 4, 6, 8	以上相邻元素判断值的中间值

对矩阵判断量“1~9标度法”由5名专家进行分配值, 建立比较判断矩阵:  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ , 其中  $a_{ij}$  表示 i 和 j 相对于

上一层指标元素的首要准则之比。

对案例进行风险评估,构造比较判断矩阵(见表3):

表3 比较判断矩阵

U	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>
U <sub>1</sub>	1	1/2	3	2
U <sub>2</sub>	2	1	3	2
U <sub>3</sub>	1/3	1/3	1	1/2
U <sub>4</sub>	1/2	1/2	2	1

计算指标权重:计算权重可概括为寻找确定矩阵A的特征向量的最大特征值和它的权重的正规化,即满足  $AW = \lambda_{\max} W$ 。其中  $\lambda_{\max}$  为W最大的特征值,W为对应于  $\lambda_{\max}$  的正式的特征向量,W的分量  $W_i$  为相应元素的权重。共分四步:

第一步:计算向量  $B = [B_1, B_2, B_3, B_4]^T$

$$B_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$$

第二步:对B作归一化处理,求出相应的特征向量,即:

权重向量  $W = [W_1, W_2, W_3, W_4]^T$

$$W_i = \frac{B_i}{\sum_{j=1}^n B_j}$$

通过以上公式算出一级权重指标(见表4):

表4 一级权重指标

U	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>	W
U <sub>1</sub>	1	1/2	3	2	0.292 2
U <sub>2</sub>	2	1	3	2	0.413 3
U <sub>3</sub>	1/3	1/3	1	1/2	0.107 8
U <sub>4</sub>	1/2	1/2	2	1	0.186 7

第三步:计算最大特征根的近似值:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} \quad (i=1, 2, 3, 4)$$

第四步:一致性检验。为了将不一致程度限定在容许的范围内,通过一致性检验,使得矩阵对应的特征根的特征向量近似值为被比较因素的权重向量。

计算一致性指标:  $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$

计算一致性比率:  $CR = CI / RI$ , RI为随机平衡一致性元素,因矩阵的阶数不同,取值也不同,具体参照表5:

表5 随机一致性指标参照表

阶数 n	1	2	3	4	5
RI	0	0	0.58	0.90	1.12

当  $CR < 0.1$  时,A的不一致程度在容许范围内;

当  $CR > 0.1$  时,A不能通过一致性检验,需要另作调整。

根据上述数据得出:  $\lambda_{\max} = 4.0716$

根据以上步骤,计算二级指标及其权重见表6~表9:

表6 二级指标及其权重

U <sub>1</sub>	U <sub>11</sub>	U <sub>12</sub>	W
U <sub>11</sub>	1	3	0.770 0
U <sub>12</sub>	1/3	1	0.230 0

RI=0,无需检验。

表7 二级指标及其权重

U <sub>2</sub>	U <sub>21</sub>	U <sub>22</sub>	U <sub>23</sub>	W
U <sub>21</sub>	1	1/2	2	0.310 8
U <sub>22</sub>	2	1	2	0.493 4
U <sub>23</sub>	1/2	1/2	1	0.195 8

CR=0.046 2 < 0.1,所以通过了一致性检验。

表8 二级指标及其权重

U <sub>3</sub>	U <sub>31</sub>	U <sub>32</sub>	U <sub>33</sub>	U <sub>34</sub>	W
U <sub>31</sub>	1	1/3	3	2	0.2710
U <sub>32</sub>	3	1	3	2	0.4678
U <sub>33</sub>	1/3	1/3	1	1/2	0.1103
U <sub>34</sub>	1/2	1/2	2	1	0.1518

CR=0.026 5 < 0.1,所以通过了一致性检验。

表9 二级指标及其权重

U <sub>4</sub>	U <sub>41</sub>	U <sub>42</sub>	U <sub>43</sub>	U <sub>44</sub>	W
U <sub>41</sub>	1	1/3	1/2	3	0.180 0
U <sub>42</sub>	3	1	1.5	4	0.440 0
U <sub>43</sub>	2	2/5	1	2.5	0.289 0
U <sub>44</sub>	1/3	1/4	2/5	1	0.091 0

CR=0.03 3 < 0.1,所以通过了一致性检验。

其次,请上述5位专家对上述参数进行打分,然后得到评测样本矩阵U:

$$U = \begin{pmatrix} 3.0, 4.0, 4.0, 3.0, 4.0 \\ 4.0, 3.0, 3.0, 2.0, 4.0 \\ 4.0, 3.0, 3.0, 4.0, 2.0 \\ 4.0, 3.0, 3.0, 4.0, 4.0 \\ 4.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0 \\ 3.0, 4.0, 4.0, 2.0, 3.0 \\ 3.0, 3.0, 2.0, 4.0, 4.0 \\ 4.0, 3.0, 3.0, 2.0, 4.0 \\ 4.0, 3.0, 4.0, 4.0, 4.0 \\ 4.0, 3.0, 3.0, 2.0, 4.0 \\ 3.0, 4.0, 4.0, 3.0, 4.0 \\ 4.0, 4.0, 2.0, 3.0, 3.0 \\ 3.0, 3.0, 4.0, 3.0, 3.0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{11} \\ u_{12} \\ u_{21} \\ u_{22} \\ u_{23} \\ u_{31} \\ u_{32} \\ u_{33} \\ u_{34} \\ u_{41} \\ u_{42} \\ u_{43} \\ u_{44} \end{pmatrix}$$

对评价指标  $u_{11}$  进行计算,得出:

第1灰类的灰色评价系数为:  $X_{111} = f_1(3) + f_1(4) + f_1(4) + f_1(3) + f_1(4) = 3;$

第2灰类的灰色评价系数为:  $X_{112} = f_2(3) + f_2(4) + f_2(4) + f_2(3) + f_2(4) = 4;$

第3灰类的灰色评价系数为:  $X_{113} = f_3(3) + f_3(4) + f_3$

$$(4)+f_3(3)+f_3(4)=4;$$

第4灰类的灰色评价系数为:

$$X_{114}=f_4(3)+f_4(4)+f_4(4)+f_4(3)+f_4(4)=1$$

所以受评者对评价指标  $u_{11}$  的总灰色评价数为:

$$X_{11}=\sum_{e=1}^4(X_{11e})=12。$$

然后评估指标,即受评者属于每一个灰类的灰色评估权向量的评估为:

$$d_{11}=(d_{111}, d_{112}, d_{113}, d_{114})=(3/12, 4/12, 4/12, 1/12)=(0.2500, 0.3333, 0.3333, 0.0833)$$

同理,  $X_{121}, X_{122}=3.0000, X_{123}=3.3334, X_{124}=2.0000$ ,

所以  $X_{12}=9.3334, d_{12}=(0.1071, 0.3214, 0.3571, 0.2143)$ 。

因此,能够得出指数  $u_1$  的灰色综合评估的权矩阵  $D_1$ :

$$D_1=\begin{pmatrix} 0.2500 & 0.3333 & 0.3333 & 0.0833 \\ 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \end{pmatrix}$$

同理,能够得到:

$$D_2=\begin{pmatrix} 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.2500 & 0.3333 & 0.3333 & 0.0833 \\ 0.0937 & 0.2812 & 0.4375 & 0.1875 \end{pmatrix}$$

$$D_3=\begin{pmatrix} 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.3158 & 0.3553 & 0.2895 & 0.0395 \end{pmatrix}$$

$$D_4=\begin{pmatrix} 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.2500 & 0.3333 & 0.3333 & 0.0833 \\ 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.0937 & 0.2812 & 0.4375 & 0.1875 \end{pmatrix}$$

第三,对  $u_i$  作综合评价,其评价得出的结果记作  $R_i$ 。由前文得出:

$$A_1=(0.7700, 0.2300)$$

$$A_2=(0.3108, 0.4934, 0.1958)$$

$$A_3=(0.2170, 0.4678, 0.1103, 0.1518)$$

$$A_4=(0.1800, 0.4400, 0.2890, 0.0910)$$

由此得出:

$$R_1=A_1D_1=(0.7700, 0.2300) \cdot$$

$$\begin{pmatrix} 0.2500 & 0.3333 & 0.3333 & 0.0833 \\ 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \end{pmatrix}$$

$$=(0.2171, 0.3306, 0.3388, 0.1134)$$

同样可以得到:

$$R_2=A_2D_2=(0.3108, 0.4934, 0.1958) \cdot$$

$$\begin{pmatrix} 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.2500 & 0.3333 & 0.3333 & 0.0833 \\ 0.0937 & 0.2812 & 0.4375 & 0.1875 \end{pmatrix}$$

$$=(0.1750, 0.3194, 0.3611, 0.1444)$$

$$R_3=A_3D_3=(0.2170, 0.4678, 0.1103, 0.1518) \cdot$$

$$\begin{pmatrix} 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.3158 & 0.3553 & 0.2895 & 0.0395 \end{pmatrix}$$

$$=(0.1389, 0.3268, 0.3032, 0.1880)$$

$$R_4=A_4D_4=(0.1800, 0.4400, 0.2890, 0.0910) \cdot$$

$$\begin{pmatrix} 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.2500 & 0.3333 & 0.3333 & 0.0833 \\ 0.1071 & 0.3214 & 0.3571 & 0.2143 \\ 0.0937 & 0.2812 & 0.4375 & 0.1875 \end{pmatrix}$$

$$=(0.1688, 0.3230, 0.3539, 0.1542)$$

对  $U$  作综合评价,其评价结果为  $B$ 。最后,计算出综合评价价值:

$$B=WR(0.2922, 0.4133, 0.1078, 0.1867) \cdot$$

$$\begin{pmatrix} 0.2171 & 0.3306 & 0.3388 & 0.1134 \\ 0.1750 & 0.3194 & 0.3611 & 0.1444 \\ 0.1389 & 0.3268 & 0.3032 & 0.1880 \\ 0.1688 & 0.3230 & 0.3539 & 0.1542 \end{pmatrix}$$

$$=(0.2823, 0.3241, 0.3470, 0.2419)$$

通过对向量  $C$  的灰度值评价,  $C=(\text{优, 良, 中, 差})=(4, 3, 2, 1)$ , 算出该制药厂公司的信用价值:

$$Z=BC^T=(0.2823, 0.3241, 0.3470, 0.2419) \cdot 4, 3, 2, 1^T=3.0374$$

即江苏正大清江制药有限公司的信用度良好。

### 三、结论

计算结果显示,该制药公司在供应链融资模式下的信用风险评价的得分为 3.0374 分,计算结果在 3~4 之间,表明该企业信用度“良好”。银行可以考虑对其进行信贷支持。

由此可见,与传统的评价法相比,灰色评价法具有指标综合、全面,计算科学,结果受主观性影响少的特点,在供应链融资模式下,其实用性更强,可靠性更高。

【注】本文系常州工学院校级社科基金重点项目“中小企业融资约束与供应链融资研究”(项目编号:YN1229)研究成果。

### 主要参考文献

1. 李梅,马国建.中小企业信用评价指标体系的构建.统计与决策,2005;23
2. 庄晋财,覃仁智,庄永香.中小企业物流供应链融资及其运行机理研究.改革与战略,2011;7
3. 李寒璐.商业银行供应链融资问题探讨.行政事业资产与财务,2011;10
4. 何明珂,钱文彬.物流金融风险过程.系统工程,2011;5
5. 路红兵.中小企业融资研究综述——基于供应链金融视角.江苏科技信息,2013;19
6. 陈淑贤.中小企业供应链融资困境与对策.财会月刊,2013;21