

## 中小企业综合能力评价研究

杜孝平<sup>1</sup>, 赵凯琪<sup>1</sup>, 袁伟<sup>2</sup>, 杨晴虹<sup>1</sup>, 张建伟<sup>3</sup>

(1.北京航空航天大学软件学院,北京 100191;2.清华大学五道口金融学院,北京 1000191;3.北京航空航天大学经济管理学院,北京 100191)

**摘要:**为解决以往企业评价模型中各方法评价结果不一致、评价角度不全面的问题,构建了CEM(comprehensive evaluation model)综合评价模型.首先,该模型从成长力、竞争力、融资力、团队力、舆论力、外部力、创新力7个方面建立了评价指标体系,并从子系统内部、各子系统之间、各子系统与总体3个方面进行指标筛选;然后,基于主客观综合赋权的思想,采用3种独立评价算法对企业综合能力进行评价,并运用Kendall-W协和系数法对各评价结果进行一致性检验;接着,分别用算术平均算法和因子分析算法进行组合评价,并用Spearman等级相关系数法对组合评价结果与原始独立评价结果的相关程度进行检验,选出最优的组合评价模型作为最终的综合能力评价模型;最后,基于中国新三板3430家中小企业3年(2013-2015)的基本数据,对其进行了综合能力评价的实证研究,并利用样本公司滞后一年(2016)的数据,从企业绩效(净利润增长率、主营业务利润率、主营业务增长率)和股票市值两方面验证了本模型的有效性.

**关键词:**CEM综合评价模型;层次分析法;客观赋权法;一致性检验;组合评价算法

**中图分类号:**TP391 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.0253-2778.2018.06.005

**引用格式:**杜孝平,赵凯琪,袁伟,等.中小企业综合能力评价研究[J].中国科学技术大学学报,2018,48(6):467-476.

DU Xiaoping, ZHAO Kaiqi, YUAN Wei, et al. Comprehensive evaluation of small and medium enterprises[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2018,48(6):467-476.

## Comprehensive evaluation of small and medium enterprises

DU Xiaoping<sup>1</sup>, ZHAO Kaiqi<sup>1</sup>, YUAN Wei<sup>2</sup>, YANG Qinghong<sup>1</sup>, ZHANG Jianwei<sup>3</sup>

(1. School of Software, Beihang University, Beijing 100191; 2. Wudaokou School of Finance, Tsinghua University, Beijing 100191; 3. School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191)

**Abstract:** In order to solve the problem of inconsistent evaluation results and incomplete evaluation aspects in previous enterprise evaluation models, this paper constructs a comprehensive evaluation model(CEM), which exploits the advantages of each algorithm and improves the accuracy of the evaluation results. Firstly, the model establishes the evaluation index system from seven aspects including growth force, competitive force, financing force, team force, opinion force, external force and innovation force, and filters the indicators from three aspects. Secondly, it uses three independent, methods to evaluate enterprises, based on the combination of subjectivity and objectivity, and checks the consistency of these three results by Kendall-W co-ordination coefficient. Thirdly, two algorithms, which are arithmetic average and factor analysis, are used respectively to combine the three results above. Fourthly, the

收稿日期:2017-09-25;修回日期:2018-04-10

作者简介:杜孝平,男,博士/教授.研究方向:数据挖掘技术及应用,大数据处理,智能交通技术等.E-mail:xpdu@buaa.edu.cn

通讯作者:赵凯琪,硕士.E-mail:kaiqizhao\_zkq@163.com

correlation between independent evaluation results and combined evaluation results is computed and the more accurate model is selected by spearman rank correlation coefficient. Finally, the model evaluates 3430 small and medium enterprises from the new over-the-counter market of China, based on their three-year data (from 2013 to 2105) and verify the validity of the result from two aspects, which are performance (net profit growth rate, main business margin, main business growth rate) and stock market value.

**Key words:** CEM; analytic hierarchy process; objective weighting method; consistency check; combination evaluation algorithm

## 0 引言

中小企业是中国国民经济的重要组成部分,在推动经济快速可持续发展的过程中发挥着举足轻重的作用.目前,国内外学者对企业评价的研究主要表现在评价指标体系的建立与评价方法两个方面.针对企业评价指标体系的建立,学者们从企业的技术创新能力<sup>[1-2]</sup>、经营绩效<sup>[3-5]</sup>、核心竞争能力<sup>[6-7]</sup>、外部环境<sup>[8-9]</sup>等视角进行了卓有成效的研究,但依然存在研究角度单一、缺乏定量分析、数据涵盖面不够等不足.针对企业评价方法的研究,现有成果主要有模糊综合评价<sup>[10-11]</sup>、多层灰色评价法<sup>[12]</sup>、层次分析法(AHP)<sup>[13-14]</sup>、数据包络分析法(DEA)<sup>[15-16]</sup>、因子分析法<sup>[17]</sup>、神经网络<sup>[18]</sup>、熵值法<sup>[19]</sup>、粗糙集法<sup>[20]</sup>等.前述研究各自侧重点不同,评价方法较为单一,易于导致评价结果的片面性和不一致性.

近几年也有部分研究提出了采用基于方法集的组合评价方式对企业进行评价.文献[21]提出了组合赋权模式,文献[22]引入了模糊 Borda 法的多种评价模型,文献[23]讨论了一种基于信息熵与超效率 DEA 模型(SEGDEA)的组合评价方法;文献[24]则讨论了结合灰色关联度法与综合指数法的综合评价方法.由于缺乏对评价结果的有效性和正确

性讨论、缺少同单一评价方法之间的相关性和结果一致性分析、样本量少、模型适用性不强等问题在上述组合评价方法的研究中普遍存在.

新三板中小企业作为一个新的概念和集群,学术界对企业估值<sup>[25]</sup>、融资<sup>[26-28]</sup>与流动性风险<sup>[29]</sup>等问题进行定量分析已取得了一定的研究成果.

本文以对加强中小企业的综合能力进行定量评价为目标,提出了一种基于多方法融合的中小企业综合能力评价模型,并利用 2013-2015 年中国的 3 430家新三板中小型企业基本数据对评价模型的有效性进行了验证.论文整体的研究思路如下:

第一步,建立企业评价指标体系.

第二步,建立综合评价模型(comprehensive evaluation model,CEM).

第三步,检验 CEM 模型评价结果的有效性.

## 1 企业评价指标体系的构建

为建立企业评价指标体系,设计思路如图 1 所示.图的左边是每一项研究内容,右边是与其对应的研究方法.研究步骤如下:

(I)定性分析指标,建立初步评价指标体系.

(II)数据采集.根据初步建立的评价指标,采集新三板挂牌的中小企业数据.

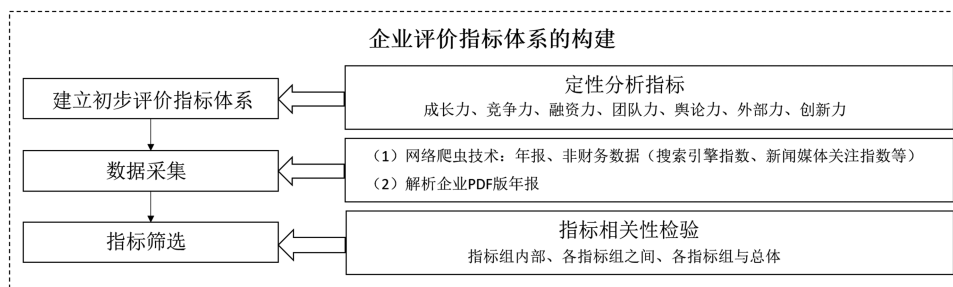


图 1 构建企业评价指标体系的整体设计

Fig.1 The overall design of the construction of enterprise evaluation index system

(Ⅲ)定量筛选指标,使评价指标体系达到:①避免指标之间因存在可能的关联而重复反映某些方面的问题;②避免重要评价因素的丢失。

1.1 建立初步评价指标体系

为建立初步的评价指标体系,本论文通过理论分析、行业特点分析以及文献调研,结合财务类数据和非财务类数据定性分析指标,从成长力、竞争力、融资力、团队力、舆论力、外部力、创新力 7 个方面进行指标选择。初步评价指标体系有 45 个指标,包含 29 个非财务指标和 16 个财务指标。成长力的 11 个指标中,3 年主营业务收入复合增长率、3 年净利润复合增长率、3 年资产复合增长率和 3 年资本复合增长率可以反映企业的发展能力,主营业务收入、净利润、主营业务利润率、总资产收益率和净资产收益率可以反映盈利能力,股本和总资产可以反映企业规模;竞争力的 7 个指标中,应收账款周转率和总资产周转率可以反映营运能力,流动比率可以反映偿债能力,用户市场占有率、搜索引擎指数、站长排名和百度收录数可以反映市场占有率。

1.2 数据采集

根据初步建立的评价指标体系,收集新三板挂牌的 3 430 家中小企业 3 年(2013-2015)的数据,使用两种技术手段。首先,使用网络爬虫技术收集企业的非财务类数据和企业 3 年的年报;然后,解析企业年报,提取出年报中的指标数据,既包含财务类数据,也包含非财务类数据。

1.3 指标筛选

初选的指标体系主要基于定性分析,为了保证评价指标体系的合理性,提高评价模型的准确度,需定量地筛选指标,即从子系统内部、各子系统之间、各子系统与总体 3 个方面进行指标相关性检验。一方面为了避免指标之间存在可能的关联,数据关系上重复反映某些方面的问题,另一方面为了避免重要信息的丢失,使最终的评价指标体系达到以下 4 个目标:①各子系统相互独立;②各子系统能够有效反映企业的总体情况;③各子系统内测量指标间相互独立;④各子系统测量指标能够全面反映其对应子系统。

为达到以上目标,需从 3 个方面进行相关性检验:

(Ⅰ)子系统内指标相关性检验

计算每个指标与子系统内其他指标的复相关系数和显著水平,删除复相关系数较高的指标。因为根据极大不相关原则,反映同一子系统的测量指标应

是独立的,各指标之间不能相互替代,所保留指标相关性应越小越好。

(Ⅱ)子系统间相关性检验

评价指标体系分为成长力、竞争力、融资力、团队力、舆论力、外部力和创新力 7 个子系统,分别计算每两个子系统的 Pearson 积差相关系数和相关性显著水平。子系统间 Pearson 相关系数见表 1,相关性显著水平见表 2。结果显示,各子系统间的相关系数都非常小,最大值也小于 0.5,并且其显著水平都大于 0.05,相关性不显著,说明每个系统都独立只是企业某一方面的反映,综合各个子系统则能够有效反映企业的总体情况,满足建立指标体系的要求。

表 1 子系统间相关系数表

Tab.1 Correlation coefficient between subsystems

	成长力	竞争力	融资力	团队力	舆论力	外部力	创新力
成长力	1						
竞争力	-0.464	1					
融资力	-0.309	-0.018	1				
团队力	-0.298	0.15	-0.065	1			
舆论力	-0.006	0.124	0.426	-0.072	1		
外部力	0.089	0.1	0.142	0.09	0.482	1	
创新力	-0.157	0.296	0.299	-0.185	0.095	0.301	1

(Ⅲ)子系统与总体相关性检验

将所有指标值进行标准化,加权平均作为总体值,计算各子系统平均值与总体平均值的 Pearson 相关系数和显著水平。只有对总体具有一定预测的子系统与总体值应具有一定相关性,才能保证其预测有效性。与总体相关性为负的子系统,将在评价方法中取负号。

表 2 子系统组间相关性显著水平(双侧)

Tab.2 Significant level of correlation between subsystem groups (both sides)

	成长力	竞争力	融资力	团队力	舆论力	外部力	创新力
成长力	1						
竞争力	0.081	1					
融资力	0.262	0.95	1				
团队力	0.28	0.594	0.818	1			
舆论力	0.983	0.659	0.113	0.799	1		
外部力	0.751	0.723	0.613	0.75	0.069	1	
创新力	0.576	0.283	0.278	0.508	0.737	0.276	1

子系统与总体 Pearson 相关系数及显著水平结

果见表 3,结果显示,除团队力外,其余子系统与总体相关性较高,成长力、竞争力、舆论力、外部力和创新力与总体在 0.01 水平上显著相关,融资力与总体在 0.05 水平上显著相关,说明本文建立的评价指标体系对总体水平具有一定预测性。

表 3 子系统与总体相关性

Tab.3 Correlation between subsystems and the totality

	Pearson 相关系数	显著水平(双侧)
成长力	0.412**	0.001
竞争力	0.569**	0.000
融资力	0.317*	0.014
团队力	0.224	0.086
舆论力	0.481**	0.000
外部力	0.671**	0.000
创新力	0.625**	0.000

注:\*\*在 0.01 水平(双侧)上显著相关,\*在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

### 3 CEM 构建

#### 3.1 CEM 的数学建模

CEM 整体结构如图 2,分为 5 个步骤完成。



图 2 CEM 结构图

Fig.2 Structure diagram of CEM

步骤 1 基于主客观综合赋权的思想,采用 3 种独立评价算法进行评价,产生 3 种分数结果。

步骤 2 通过 Kendall-W 协和系数法对各种方法的分数结果进行一致性检验。若具有一致性,则说明这 3 种方法结果基本一致,直接进入步骤 4;如果在一致性检验中出现不一致性情况,则进入步骤 3。

步骤 3 由于结果不具有 consistency,将对各种方法进行两两一致性检验,将具有一致性的方法放在一起,然后对样本资料、评价结果及方法特点进行分

析,选取出既客观、符合实际,又具有一致性的两种方法,返回到步骤 2。

步骤 4 运用算术平均法和因子分析法两种组合评价算法对独立评价结果进行组合,得到两种组合评价结果。

步骤 5 利用 Spearman 等级相关系数法,对组合评价结果与原始独立评价结果的密切程度进行检验,并根据 Spearman 等级相关系数的大小,选择一组较好的组合评价结果作为整个评价的最后结果。

#### 3.1.1 三种独立评价算法的数学模型

基于主客观综合赋权的思想,采用 3 种独立评价算法进行评价,产生 3 种分数结果,结构如图 3 所示。计算指标权重时,采用一种主观赋权法(AHP 算法),3 种客观赋权法。其原因是:第一,AHP 法的优点是考虑了专家对指标重要性的意见,缺点是易受主观判断的干扰;第二,客观赋权法完全依赖客观数据,缺乏对实际问题的把握;第三,不同的客观赋权法的数学原理和侧重点也不同,效果各有优劣,均方差法根据变异系数确定权重<sup>[30]</sup>,熵值法根据信息熵确定权重<sup>[31]</sup>,CRITIC 法根据对比强度和指标之间的冲突性确定权重<sup>[32]</sup>。为了利用每种算法的优点,使不同算法取长补短、相互补充,提高模型的准确性,本文采用了多种算法。

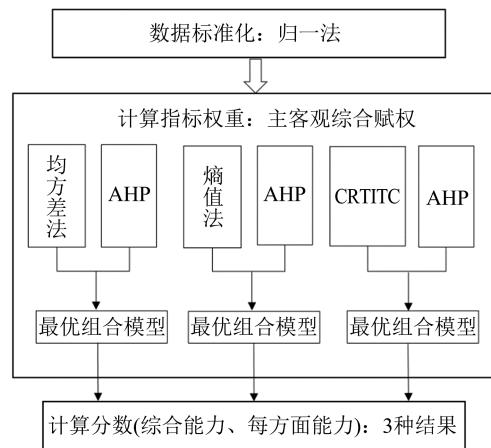


图 3 3 种独立评价算法的结构图

Fig.3 Structure diagram of three independent evaluation algorithms

首先,将评价对象的样本数据归一化。然后,分别计算一级指标和二级指标的权重,使用层次分析法(AHP)计算一级指标的权重,使用主客观综合赋权的方法计算二级指标的权重。计算二级指标的权重时,基于最优组合模型,将层次分析法分别与均方差法、熵值法和 CRITIC 法组合,产生 3 种组合权

重.最后,使用线性加权的方法计算企业的综合能力分数,得到 3 种结果.

3 种独立评价算法的数学建立过程如下:设本评价体系有  $n$  个被评价对象,指标体系包含  $p$  个子系统(一级指标),  $m$  个二级指标,由样本数据可以得到一个  $n \times m$  阶的数据矩阵,如表 4 所示.

表 4 样本数据矩阵

Tab.4 Sample data

对象	指标 1	指标 2	...	指标 $m$
对象 1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1m}$
对象 2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2m}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
对象 $n$	$x_{n1}$	$x_{n2}$	...	$x_{nm}$

假定  $x_{ij}$  代表第  $i$  个被评价对象在第  $j$  项指标上的观测值.确定评价对象分值的基本步骤如下:

(I) 归一法进行标准化

采用极值处理法进行标准化,因为后续熵值法赋权时要求  $x_{ij} > 0$ ,所以与总体指标正相关的指标值采用如下方法:

$$x_{ij}^* = 0.1 + \frac{x_{ij} - \min_i \{x_{ij}\}}{\max_i \{x_{ij}\} - \min_i \{x_{ij}\}} \times 0.9, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

与总体指标负相关的指标值,采用如下方法标准化:

$$x_{ij}^* = 0.1 + \frac{\max_i \{x_{ij}\} - x_{ij}}{\max_i \{x_{ij}\} - \min_i \{x_{ij}\}} \times 0.9, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

标准化之后的指标值范围是  $0.1 \leq x_{ij} \leq 1$ .

(II) 层次分析法(AHP)主观赋权

首先建立决策问题的 3 层结构,目标层是企业综合发展能力,准则层是一级指标层,分准则层是二级指标层;然后设计问卷,请专家采用 1~9 标度法构造出各层因素之间的两两判断矩阵;最后计算指标权重并进行一致性检验.

设由 AHP 法得到的准则层(一级指标层)的权重向量为

$$W_0 = (\omega_1^{(0)}, \omega_2^{(0)}, \dots, \omega_p^{(0)}) \quad (3)$$

分准则层(二级指标层)的权重向量为

$$W_1 = (\omega_1^{(1)}, \omega_2^{(1)}, \dots, \omega_m^{(1)}) \quad (4)$$

(III) 3 种方法客观赋权

设第  $k$  个子系统有  $q$  个指标,采用均方差法<sup>[26]</sup>计算,可得第  $k$  个子系统中的二级指标相对于该一

级指标的权重向量为

$$W^{(k)} = (\omega_{k1}^{(k)}, \omega_{k2}^{(k)}, \dots, \omega_{kq}^{(k)}), k = 1, 2, \dots, p \quad (5)$$

将式(3)中的  $\omega_k^{(0)}$  带入计算,得到第  $k$  个子系统中的二级指标相对于目标层的权重向量为

$$W^{(k)'} = \omega_k^{(0)} \times W^{(k)} = (\omega^{(k)'}_{k1}, \omega^{(k)'}_{k2}, \dots, \omega^{(k)'}_{kq}), k = 1, 2, \dots, p \quad (6)$$

所以可得  $p$  个子系统的所有二级指标相对于目标层的权重向量为

$$W_2 = (\omega_1^{(2)}, \omega_2^{(2)}, \dots, \omega_m^{(2)}) \quad (7)$$

同理,通过熵值法<sup>[27]</sup>计算可得二级指标相对于目标层的权重向量,表示为

$$W_3 = (\omega_1^{(3)}, \omega_2^{(3)}, \dots, \omega_m^{(3)}) \quad (8)$$

CRITIC 法<sup>[28]</sup>计算可得二级指标相对于目标层权重向量,表示为

$$W_4 = (\omega_1^{(4)}, \omega_2^{(4)}, \dots, \omega_m^{(4)}) \quad (9)$$

(IV) 基于最优组合模型综合赋权

第三步已分别计算出每种方法得到的各指标的权重向量,由层次分析法得到的各指标的权重向量为  $W_1$ ,由均方差法得到的各指标的权重向量为  $W_2$ ,现设由上述两种方法得到的各指标组合权重向量为  $W_5 = (\omega_1^{(5)}, \omega_2^{(5)}, \dots, \omega_m^{(5)})$ ,最优组合赋权的原理是  $W_5$  与  $W_1$  和  $W_2$  的偏差平方和最小.

据此构造最优化模型<sup>[29]</sup>为

$$\left. \begin{aligned} \min \sum_{k=1}^2 \| \omega_5 - \omega_k \|^2 &= \min \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^m (\omega_i^{(5)} - \omega_i^{(k)})^2 \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m \omega_i^{(k)} &= 1, k = 0, 1, 2 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

利用拉格朗日乘数法,求得上式的唯一解为

$$\omega_i^{(5)} = \frac{1}{2} (\omega_i^{(1)} + \omega_i^{(2)}) + \frac{1}{p} \left( 1 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (\omega_i^{(1)} + \omega_i^{(2)}) \right), i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

由上式得到的权重向量  $W_5 = (\omega_1^{(5)}, \omega_2^{(5)}, \dots, \omega_m^{(5)})$  即为 AHP 法和均方差法的最优组合权重,同理可得 AHP 法分别与熵值法和 CRITIC 法的最优组合权重  $W_6 = (\omega_1^{(6)}, \omega_2^{(6)}, \dots, \omega_m^{(6)})$  以及  $W_7 = (\omega_1^{(7)}, \omega_2^{(7)}, \dots, \omega_m^{(7)})$ .

(V) 分值计算

现已得到 3 种主客观综合权重,企业综合评价值的计算公式为

$$z_i^{(k)} = 100 \times \sum_{j=1}^m \omega_j^{(k)} x_{ij}, i = 1, 2, \dots, n; k = 5, 6, 7 \tag{12}$$

$z_i^{(k)}$  即为第  $i$  个样本单位通过权重向量  $W_k = (\omega_1^{(k)}, \omega_2^{(k)}, \dots, \omega_m^{(k)})$  在全部  $m$  个二级指标上的综合评价价值,  $z_i^{(k)}$  的取值范围是  $0 \leq z_i^{(k)} \leq 100$ , 因此得到 3 种组合权重的评价结果.

### 3.1.2 Kendall-W 协和系数法一致性检验

对于 3 种方法(AHP 法+均方差法、AHP 法+熵值法、AHP 法+CRITIC 法)的评价结果, 本文采用 Kendall-W 协和系数法对以上 3 种方法的评价结果进行一致性检验. 设用  $g$  种方法对  $n$  个被评对象进行评价,  $y_{ij}$  表示第  $i$  个被评对象在第  $j$  种评价方法下的排序值,  $y_{ij}$  的范围是  $1 \leq y_{ij} \leq n (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, g)$ . Kendall 一致性系数  $W$  计算方法如下:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n R_i^2 - 3g^2 n (n + 1)^2}{g^2 n (n^2 - 1)} \tag{14}$$

式中  $R_i = \sum_{j=1}^g y_{ij}$ . 构造统计量  $Q: Q = g(n-1)W$ ,  $Q$  近似服从自由度为  $n-1$  的  $\chi^2$  分布.

### 3.1.3 组合评价算法以及 Spearman 相关性检验

若 3 种评价结果通过 Kendall 一致性检验, 则使用算术平均算法<sup>[33]</sup>和因子分析算法<sup>[34]</sup>进行组合评价, 最后采用 Spearman 等级相关系数法对两种组合评价结果进行检验. 一方面检验各组合算法所得排序结果与原始方法所得排序结果之间的密切程度; 另一方面检验各组合算法所得排序结果之间的密切程度, 并根据 Spearman 等级相关系数的大小, 选择最合适的组合评价算法结果作为最终评价结果. 因为组合评价算法的目的是既要克服单一评价算法的缺点, 又要吸收多种评价算法的优点, 所以组合评价的结果与原始多种方法的结果之间虽不会完全相同, 但应很接近. 选择与原始多种算法最接近的组合评价模型为最佳的综合评价模型.

## 3.2 CEM 综合评价模型的实证分析

### 3.2.1 3 种独立评价算法的评价结果

(I) 层次分析法(AHP)的赋权结果

为了建立两两判断矩阵, 确定指标权重, 以行业内的专家为调查对象, 通过电子邮件的形式发放问卷, 要求专家判断每两个指标的相对重要程度, 判断采用图 4 中 1~9 的标度, 并填写表格(黑色部分不

用填). 图 5 是以一级指标为例的结果. 共发放问卷 45 份, 实际收回 39 份, 其中有效问卷 35 份, 对这 35 分问卷进行统计平均化处理, 剔除与平均值偏差超过 3 倍标准差的值, 然后取平均值, 构建出最终的判断矩阵. 经 AHP 模型计算, 一级指标的综合权重为: (0.246 520 15, 0.075 824 18, 0.246 520 15, 0.139 743 59, 0.075 824 18, 0.075 824 18, 0.139 743 59), 为节约篇幅二级指标的判断矩阵及相关数据表从略.

一级指标	成长力	竞争力	融资力	团队力	舆论力	外部力	创新力
成长力		3	1	2	3	3	2
竞争力			1/3	1/3	1	1	1/2
融资力				2	3	3	2
团队力					2	2	1
舆论力						1	1/2
外部力							1/2
创新力							

图 4 判断矩阵标度及其含义

Fig.4 Scale and meaning of judgment matrix

一级指标	成长力	竞争力	融资力	团队力	舆论力	外部力	创新力
成长力		3	1	2	3	3	2
竞争力			1/3	1/3	1	1	1/2
融资力				2	3	3	2
团队力					2	2	1
舆论力						1	1/2
外部力							1/2
创新力							

图 5 一级指标判断矩阵图

Fig.5 Judgment matrix of the first-level indicators

(II) 3 种客观赋权算法的结果

采用均方差法、熵值法、CRITIC 法客观赋权的结果如图 6 所示. 结果显示, 3 种方法的赋权结果存在差异, 均方差法和 CRITIC 法的赋权结果更加接近, 分析其原因是 3 种方法的数学原理有差异.

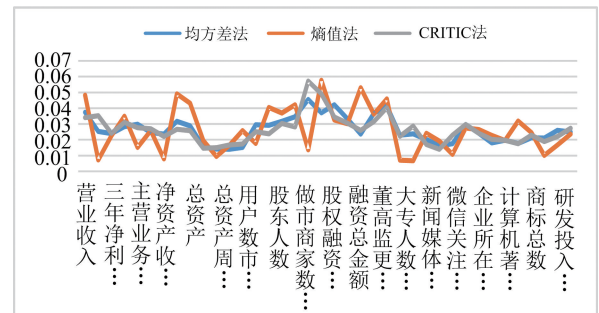


图 6 3 种方法的客观赋权结果

Fig.6 Objective weighting results of the three methods

(III) 综合赋权结果

基于最优组合模型, 3 种主客观综合赋权法的结果如图 7 所示. 相比于 3 种客观赋权的结果, 3 种

综合赋权的结果更加趋于一致。

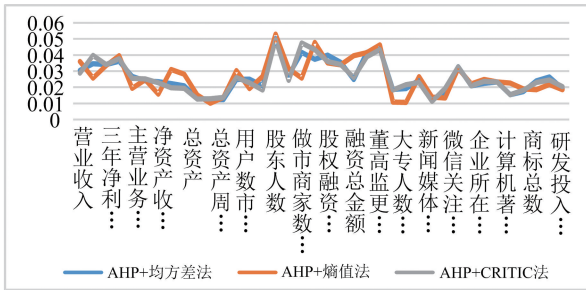


图 7 综合赋权结果

Fig.7 Comprehensive weighting results

(IV) 评价得分及排序结果

用 AHP+均方差法、AHP+熵值法和 AHP+CRITIC 法 3 种方法对企业进行评价,得到企业的总分和排名,表 5 是总分前 15 名的企业和分数。

表 5 3 种评价方法的得分及排名结果

Tab.5 Score and rankings of three evaluation methods

	AHP+均方差法		AHP+熵值法		AHP+CRITIC法	
	排名	企业 ID	排名	企业 ID	排名	企业 ID
1	09901024	48.31	m	47.5	09901024	48.09
2	09901017	45.99	09901017	44.9	09901017	45.79
3	09901015	45.9	09901015	43.62	09901015	45.72
4	09901038	45.68	09901038	43.36	09901038	45.59
5	09901020	44.05	09901011	40.63	09901020	44.52
6	09901011	42.57	09901020	40.56	09901011	43.08
7	09901042	42.43	09901042	38.71	09901042	42.82
8	09901029	39.57	09901036	37.45	09901045	39.96
9	09901021	39.53	09901045	36.53	09901021	39.9
10	09901045	39.5	09901021	36.36	09901029	39.62
11	09901036	39.34	09901029	36.31	09901036	39.48
12	09901018	38.54	09901023	36.06	09901018	39
13	09901032	38.52	09901032	35.69	09901032	38.91
14	09901023	36.87	09901018	35.56	09901023	37.06
15	09901027	36.67	09902170	35.15	09901027	36.71

3.2.2 一致性检验结果

运用式(14)计算得到的企业分值对 3 种方法进行检验,经计算  $W = 0.91$ ,  $\chi^2 = 133.77$ .取显著性水平  $\alpha = 0.01$ ,查表得临界值  $\chi^2_{\alpha/2}(n-1) = 78.231$ ,显然  $\chi^2 > \chi^2_{\alpha/2}(n-1)$ ,即说明在给定显著性水平  $\alpha = 0.01$  的条件下,该 3 种方法具有一致性。

3.2.3 组合评价算法的评价结果

本文采用因子分析算法和算术平均算法对 3 种方法的结果进行组合评价,经计算,因子分析的巴特利特球体检验(Bartlett's test of sphericity)结果为

528.814 ( $p < 0.0001$ ), KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 检验结果为 0.692 ( $p < 0.0001$ ),大于 0.5,信度分析结果显示 Cronbach's alpha 为 0.998 大于 0.7,这说明因子分析方法可行且结果可靠.表 6 和表 7 分别为因子分析的结果和得分表,由此可得因子得分的计算公式是:因子得分 = 0.334 × CRITIC 法 + 0.334 × 均方差法 + 0.333 × 熵值法.两种组合评价算法的前 15 名企业分数和排名结果如表 8 所示。

表 6 因子分析结果

Tab.6 The result of factor analysis

成份	初始特征			提取平方和载入		
	合计	方差的%	累计%	合计	方差的%	累计%
1	2.988	99.607	99.607	2.988	99.607	99.607
2	0.011	0.380	99.987			
3	0.000	0.013	100.000			

提取方法:主成分分析。

表 7 因子得分表

Tab.7 Score of factors

方法	成份
CRITIC 法	0.334
均方差法	0.334
熵值法	0.333

提取方法:主成分分析;旋转法:具有 Kaiser 标准化的正交旋转法。

表 8 组合模型的评价结果

Tab.8 Evaluation results of combined models

排名	因子分析组合评价算法		算术平均组合评价算法	
	企业 ID	分数	企业 ID	分数
1	09901024	48.01510	09901024	50.00
2	09901017	45.60622	09901017	49.00
3	09901015	45.12654	09901015	48.00
4	09901038	44.92306	09901038	47.00
5	09901020	43.08886	09901020	46.00
6	09901011	42.13689	09901011	45.00
7	09901042	41.36393	09901042	44.00
8	09901036	38.79673	09901045	42.00
9	09901045	38.70413	09901021	41.67
10	09901021	38.63750	09901029	41.33
11	09901029	38.54069	09901036	41.00
12	09901032	37.74639	09901018	38.33
13	09901018	37.73984	09901032	38.00
14	09901023	36.70060	09901023	37.67
15	09902170	36.06691	09902170	36.00

3.2.4 相关性检验结果

在分别获得单个评价算法和组合评价算法的评

价结果之后,首先,进行 Spearman 相关性分析(表 9)。由表 9 可知,两种组合评价算法与 3 种单个评价算法的相关系数都大于 0.95,并且在  $\alpha = 0.01$  的显著水平下显著性相关;然后,分别计算两种组合评价算法的  $t$  值,用  $t_1$  表示因子分析组合评价算法,  $t_2$  表示算术平均组合评价算法,计算结果为  $t_1 = 32.7387$ ,  $t_2 = 27.6439$ ;取显著性水平  $\alpha = 0.01$ ,查表得临界值  $t_{\alpha/2}(48) = 2.678$ 。显然,  $t_1$  和  $t_2$  均大于  $t_{\alpha/2}(48)$ ,所以由上述两点可知两种组合评价算法与 3 种单一评价算法密切相关,具有一致性。

### 3.2.5 最终评价结果

由计算结果可知  $t_1 > t_2$ ,所以在  $\alpha = 0.01$  的显著水平下,针对本数据源,选择因子分析组合评价算

法的计算结果为最终结果,并分别计算出每个企业的成长力、竞争力、融资力、团队力、舆论力、外部力和创新力 7 个子系统的分数,表 10 为排名前 15 的企业分数详情。

表 9 组合评价结果相关性分析

Fig.9 Correlation analysis of combined evaluation results

		AHP+ 均方差	AHP+ 熵值法	AHP+ CRITIC
Spearman	因子分析	0.957 (* *)	0.989 (* *)	0.989 (* *)
	算术平均	0.982 (* *)	0.964 (* *)	0.964 (* *)

说明: \* \* 代表在置信度(双侧)为 0.01 时,相关性是显著的。

表 10 排名前 15 的企业分数

Tab.10 Scores of top 15 companies

排名	企业 ID	企业来源	成长力	竞争力	融资力	团队力	舆论力	外部力	创新力	总分
1	09901024	新三板	16.09	0.76	19.55	3.51	0.84	4.13	3.14	48.02
2	09901017	新三板	18.03	0.76	14.83	4.47	1.02	3.66	2.83	45.61
3	09901015	新三板	12.2	7.58	3.18	4.78	5.85	6.63	4.91	45.13
4	09901038	新三板	14.93	0.76	15.47	5.66	1.02	2.71	4.37	44.92
5	09901020	新三板	14.24	4.37	8.32	6.77	1.37	4.61	3.41	43.09
6	09901011	新三板	13.08	4.56	4.67	7.04	1	6.63	5.16	42.14
7	09901042	新三板	13.34	3.83	11.76	3.81	1.31	4.13	3.18	41.36
8	09901036	新三板	14.7	0.76	10.82	3.99	2.2	4.13	2.18	38.8
9	09901045	新三板	12.48	4.49	6.63	5.44	1.03	2.71	5.93	38.7
10	09901021	新三板	10.85	3.7	3.33	8.78	0.9	6.63	4.45	38.64
11	09901029	新三板	13.95	0.77	5.99	4.78	1.04	7.57	4.45	38.54
12	09901018	新三板	11.42	4.04	3.22	4.94	1.33	6.63	6.16	37.74
13	09901032	新三板	12.21	4.06	4.71	4.45	0.94	7.1	4.26	37.74
14	09901023	新三板	17.72	4.37	5.42	4.08	1.03	1.7	2.38	36.7
15	09902170	新三板	11.79	0.76	2.97	10.85	0.79	6.15	2.75	36.07

## 4 评价结果的有效性检验

评价企业综合能力的最重要两个因素:一是内因,即企业的内在价值;二是外因,即市场对企业内在价值的发现和认同。企业的业绩和盈利能力是最能反映企业内在价值的因素,同时,基于市场成熟且估值能力强有效的假设,股票市值是企业投资价值的具体体现,可以反映市场对企业的认同<sup>[38-40]</sup>。为了检验上述评价模型的有效性,本文采用样本公司滞后一年(2016 年)的基本数据,从两个方面作相关性

分析。一方面是企业总分和企业股票市值的相关性分析,另一方面是企业总分和业绩的相关性分析,业绩从净利润增长率、主营业务利润率、主营业务增长率 3 个方面衡量。

### (I) 企业总分和企业股票市值的相关性分析

表 11 是企业股票市值的描述性统计,前 25 名公司的股票市值的平均值为 24 053.392 7 万元,远大于后 25 名公司的 3 337.057 8 万元;表 12 是企业总分与股票市值相关性检验结果,由表 12 可知,其 Spearman 相关系数是 0.528,显著水平是 0,在 0.01



的显著性水平下显著相关,这说明排名靠前、总分较高的企业的确具有较高的股票市值。

表 11 企业股票市值描述性统计(万元)

Tab.11 Descriptive statistics of the stock market value of the companies (10 000 yuan)

股票市值	全部企业	排名前 25 家	排名后 25 家
最大值	176 800.000 0	176 800.000 0	15 000.000 0
最小值	537.000 2	1 100.341 2	537.000 2
均值	13 695.225 3	24 053.392 7	3 337.057 8
标准差	28 642.335 7	37 649.262 8	2 952.377 4

(II)企业总分和业绩的相关性分析

表 13 是企业总分与净利润增长率、主营业务利润率、主营业务增长率 3 个指标的 Spearman 相关性检验结果.由表 13 可知,总分与主营业务利润率

的相关系数是 0.276,显著水平小于 0.05,说明在置信度(双侧)为 0.05 时,它们的相关性是显著的;总分与净利润增长率和主营业务收入增长率的相关系数均大于 0.5,显著水平小于 0.01,说明在置信度(双侧)为 0.01 时,总分与这两个指标的相关性非常显著.由此说明,排名靠前、总分较高的企业的确具有较好的业绩和盈利能力。

表 12 总分与股票市值相关性检验

Tab.12 Correlation test between the total score and the stock market value

	总分	股票市值		
Spearman		相关系数	1.000	0.528 **
相关性检验	总分	显著水平(双侧)	—	0.000

说明: \*\* 代表在置信度(双侧)为 0.01 时,相关性是显著的。

表 13 总分与业绩相关性检验

Tab.13 Correlation test between the total score and the performance

		净利润增长率	主营业务利润率	主营业务收入增长率
Spearman		相关系数	.507 **	0.276 *
相关性检验	总分	显著水平(双侧)	0.000	0.033
				0.71 **

说明: \*\* 代表在置信度(双侧)为 0.01 时,相关性是显著的; \* 代表在置信度(双侧)为 0.05 时,相关性是显著的。

## 5 结论

本文提出了一种综合评价模型,克服了仅使用一种企业评价方法的片面性或多种评价方法组合后的不一致问题,并通过一致性、相关性和有效性检验,使得综合评价的结果更有说服力.本文的创新之处在于:①研究对象.本文通过建立 CEM 综合评价模型,评价了新三板中小企业成长力、竞争力、融资力、舆论力、团队力、创新力、外部力 7 个方面的能力以及其综合能力.②评价指标体系.本文通过 3 个方面的相关性检验,既避免了指标之间存在可能的关联,数据关系上重复反映某些方面的问题,又避免了重要评价信息的丢失.评价指标比之前的研究全面,增加了能够反映企业长期发展的评价因素.③评价方法.解决了之前企业评价中评价结果不一致的问题,并将多种算法取长补短,相互补充,提高了评价模型的准确性;同时解决了不同客观赋权法数学原理和侧重点不同,效果各有优劣的问题.在对评价结果组合验证时,对多算法的评价结果进行一致性、相关性以及有效性检验,对不同算法的评价效果进行判断,合理选择最优的评价结果,这优于之前的研

究.④样本量.本文通过网络爬虫技术和解析企业 PDF 版年报,采集了 3 430 家新三板中小企业的数

据,解决了样本量不足的问题。

### 参考文献(References)

[1] 戚耀元. 面向高新制造企业的技术创新与商业模式创新耦合关系及其对绩效的影响研究[D].北京:北京科技大学,2017.

[2] 王唯. 风电设备制造产业技术创新能力评价研究[D].北京:华北电力大学,2015.

[3] 苏雷. 基于 DEA 模型的我国城市水务企业经营绩效评价研究[D].合肥:合肥工业大学,2016.

[4] 刘晓斌. 煤炭企业经营绩效评价评价体系研究[D].西安:西安科技大学,2015.

[5] 李澜. 企业经营绩效评价的主要方法刍议[J].财经界(学术版),2014,(7):153.

[6] 陈玉娥. 江苏 YG 纺织有限公司企业核心竞争力研究[D].上海:华东理工大学,2015.

[7] 阙宗永. 基于低碳经济的企业核心竞争能力评价分析[J].商场现代化,2014,(27):123.

[8] 崔璐,钟书华. 基于区域成长环境分析的中国高技术企业成长性[J].科技与管理,2011,13(3):78-83.

[9] 田影花. 高技术企业可持续发展能力评价体系建立[J].商场现代化,2010(3):79.

- [10] 孙艳春, 郭继秋. 基于多级模糊综合评价法的房地产企业财务预警研究[J]. 企业经济, 2012, 31(8): 81-83.
- [11] 黄晓丽, 刘耀龙, 段锦, 等. 基于灰色关联及模糊综合评价法的道路交通安全风险评价[J]. 数学的实践与认识, 2017, 47(7): 208-215.
- [12] 韩文琪. 基于多层次灰色评价的线上供应链金融信用风险评价[D]. 锦州:渤海大学, 2017.
- [13] 李贤飞. 层次分析法在企业绩效审计中的应用研究[D]. 昆明:云南大学, 2016.
- [14] 董燕红, 钟定胜, 卢小丽. 主成分与层次分析法在区域可持续发展能力评价中的应用对比[J]. 安全与环境学报, 2016, 16(1): 359-365.  
DONG Yanhong, ZHONG Dingsheng, LU Xiaoli. Comparative study of the application of PCA and AHP to the analysis and evaluation of the regional sustainable development[J]. Journal of Safety and Environment, 2016, 16(1): 359-365.
- [15] 苏雷. 基于 DEA 模型的我国城市水务企业经营绩效评价研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2016.
- [16] 刘满凤, 李圣宏. 基于三阶段 DEA 模型的我国高新技术开发区创新效率研究[J]. 管理评论, 2016, 28(01): 42-52+155.(与文献 8 重复?)
- [17] 岳晓博. 基于 PCA 及因子分析法的两种并联机构性能分析与优化[D]. 秦皇岛:燕山大学, 2016.
- [18] 刘杰, 郭庭伟. 基于 BP 神经网络的科技型创业企业信用评价研究[J]. 现代商贸工业, 2015(26): 62-64.
- [19] 张浩, 何明珂, 张铁男, 等. 基于熵值法的企业战略绩效评价模型[J]. 统计与决策, 2011(7): 171-173.
- [20] 张晓明. 基于粗糙集-AHM 的装备制造业企业创新能力评价指标权重计算研究[J]. 中国软科学, 2014(6): 151-158.  
ZHANG Xiaoming. Study on evaluation index weight of equipment manufacturing enterprises innovation capability based on rough set and AHM[J]. China Soft Science, 2014(6): 151-158.
- [21] 卜华白, 罗李平, 卜时珍. RSA-ANP-SSD 组合赋权模式下的铅锌企业低碳发展水平二级模糊层综合评价模型[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(6): 33-39.
- [22] 李彬, 戴桂林. 基于组合模型的山东半岛蓝色经济区海洋科技创新能力综合评价[J]. 科技管理研究, 2014(21): 61-65, 75.
- [23] 张春勤, 隽志才, 景鹏. 公交企业运营绩效的信息熵与 SE-DEA 组合评价方法[J]. 工业工程与管理, 2015, 20(1): 146-153.  
ZHANG Chunqin, JUAN Zhicai, JING Peng. Evaluating the efficiency of urban public transit operators using information entropy and SE-DEA combined model [J]. Industrial Engineering and Management, 2015, 20(1): 146-153.
- [24] 李小健. 基于方法集的河北省城乡统筹发展协调度综合评价[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(5): 1351-1360.
- [25] 温亚桓. 新三板挂牌企业的成长性研究[D]. 广州:广东财经大学, 2013.
- [26] 魏楠. 新三板中小企业融资效率研究[D]. 济南:山东大学, 2017.
- [27] 田娟娟, 邢天才. 扩容后新三板市场的流动性风险[J]. 金融论坛, 2014(11): 23-28.  
TIAN Juanjuan, XING Tiancai. The Liquidity Risks of the New Third Board Market after Expansion [J]. Finance Forum, 2014(11): 23-28.
- [28] 赵雪钰. 新三板市场中小企业融资效率分析[D]. 北京:中国财政科学研究院, 2016.
- [29] 吴珂. 董事会特征对 R\_D 与绩效关系调节效应研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2015.
- [30] 刘辉, 陈日辉, 王时彬. 基于层次分析法和均方差法的矿山通风方案优选[J]. 黄金, 2016, 37(1): 39-43.  
LIU Hui, CHEN Rihui, WANG Shibin. Optimization of mine ventilation schemes selection based on analytic hierarchy process and mean square error method[J]. Gold, 2016, 37(1): 39-43.
- [31] 黄国庆, 王明绪, 王国良. 效能评估中的改进熵值法赋权研究[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(28): 245-248.  
HUANG Guoqing, WANG Mingxu, WANG Guoliang. Weight assignment research of improved entropy method in effectiveness evaluation [J]. Computer Engineering and Applications, 2012, 48(28): 245-248.
- [32] 余后强, 李玲. 基于熵权法和 CRITIC 法的五类企业综合评价[J]. 湖北科技学院学报, 2012, 32(12): 83-84.
- [33] 钟华. 我国汽车制造业上市公司经营绩效评价研究[D]. 重庆:西南大学, 2014.
- [34] 张慧, 周春梅. 我国旅游上市公司经营业绩的评价与比较——基于因子分析和聚类分析的综合研究[J]. 宏观经济研究, 2012(3): 85-92.
- [35] 史光辉. 中小板企业投资效率评价及影响因素研究--基于灰色关联-DEA-Tobit 模型 [D]. 锦州:渤海大学, 2017.
- [36] 贺兆起. 收益法评估企业价值实例研究[D]. 大连:大连理工大学, 2014.
- [37] 何叶. 基于财务决策视角的企业内在价值评价方法分析[J]. 现代商业, 2016(5): 123-124.