

基于 AHP 判断矩阵特征值计算的内部控制评价体系

程 瑶

(北京语言大学 国际商学院,北京 100083)

摘 要:以中国 2013 年 A 股上市公司作为研究样本,通过层次分析法(AHP)构建上市公司内部控制评价指标体系,并通过信息指数方法验证指标体系的合理性,以期为中国上市公司合理的内部控制评价制度建设提供建议和意见。

关键词:AHP;特征向量;特征值;内部控制;信息指数

中图分类号:O212.1

文献标志码:A

1 预备知识

内部控制原本是上市公司内生性的管理要求,但随着经济事项的日益复杂,内部控制逐渐成为提升公司管理效率、防治舞弊的重要手段.2012 年中国对上市公司内部控制提出强制性披露要求,对于投资者而言,如何从繁杂的内控自评报告中提取有用信息,进而“用手投票”,是本文要解决的问题.国内外学者基于数学方法的内控指标体系构建的代表性研究有,张兆国等^[1]曾使用 CAS 方法,毛新述^[2]等采用可靠性数学模型、IC-CMM 模型方法,沈海平^[3]采用问卷调查法、专家评定法等对内部控制进行评价.但基于判断矩阵构建的 AHP 方法并不多见,为此本文采用层次分析(AHP)法对内部控制评价系统的指标权重进行设计.

1.1 层次分析法(AHP)

20 世纪 70 年代,美国匹兹堡大学的运筹学家、数学家萨迪(A. L. Saaty)教授提出了层次分析法(AHP 方法)^[4].其重点在于运用成对比较法构建判断矩阵,对系统化的问题进行量化.运用层次分析法的基本原理和步骤在于:首先将无结构的系统、复杂问题分解为众多因素,分组构建不同的层级指标;其次对每一层次的具体指标通过两两比较,按相对重要性等级赋值和相对重要性排序;再次,在指标标度确定后计算判断矩阵特征向量,并对其进行标准化处理,求出矩阵的最大特征根 λ_{\max} 及所对应的特征向量 W ;最后进行一致性检验,以判断矩阵是否接近实际情况.一般而言,一致性检验得到的一致性指标 $CI/RI < 0.1$,即通过了一致性检验.其中, $CI = \lambda_{\max} - \frac{n}{n-1}$, RI 是随机计算的平均一致性.在各指标的权重判断方面,AHP 史无前例的提出了两两比较而非全部比较的方式建立判断矩阵,以最大限度地降低不同因素在比较时的主观判断.具体比较数量标度如表 1 所示.

1.2 信息指数(ICII)

为了检验 AHP 方法在评价内控质量方面的适用性,本文在稳健性检验部分引入信息指数标准.在已有的研究和实践中,关于上市公司信息质量的衡量方式主要有:权威机构的评级和学者自建的信息质量指标.鉴于本文的研究目的和对内部控制信息披露质量的全面性,主要参照 AIMR 报告和中国五部委联合下发的《企业内部控制基本规范》(以下简称《基本规范》),将“内部控制信息披露指数(ICII)”指标体系作为内控信息披露质量的代理变量^[5-7].ICII 主要从及时性(T)、完整性(W)和真实性(R)3 个方面对内控质量进行评价,

收稿日期 2014-06-12:

基金项目:中央高校基本科研业务专项资金资助项目(13YBB05)

作者简介:程 瑶(1986-),女,山东德州人,北京语言大学讲师,博士,主要从事公司治理研究,E-mail:chengyaoblcu@163.com.

其中 T 评价及时性, $W_{11} - W_{53}$ 评价完整性, $R_1 - R_4$ 评价真实性.

表 1 AHP 法数量标度

| 标度 | 定义 | 说明 |
|------------|------------|--|
| 1 | 同样重要 | 两个指标对某一属性具有同样重要性 |
| 3 | 稍微重要 | 两个指标相比较, 一个指标比另一个指标稍微重要 |
| 5 | 明显重要 | 两个指标相比较, 一个指标比另一个指标明显重要 |
| 7 | 重要得多 | 两个指标相比较, 一个指标的主导地位已明显显示 |
| 9 | 极端重要 | 两个指标相比较, 一个指标的主导地位绝对重要 |
| 2, 4, 6, 8 | 上述两相邻判断的折中 | 需要在上述两个标度之间折中时的定量标度 |
| 以上各数的倒数 | 反比较 | 若指标 i 与指标 j 相比较判断为 b_{ij} , 则指标 j 与指标 i 相比较的结果为 $1/b_{ij}$ |

2 内部控制指标体系构建

2.1 内部控制指标的选取

为了证实基于 AHP 判断矩阵指标权重设计的科学性, 本文选择“内部控制目标”作为内控指标体系的第一层级, 这是企业整体的内部控制系统应具有的目标; 而第二层级的指标体系是对前一层级目标的具体化, 具体而言从战略目标层级、报告目标层级、经营目标层级、合规性目标层级和资产安全性目标层级 5 个方面, 并结合公司治理的相关理论和《基本规范》、COSO^[8] 等要求构建第二层级指标. 在基于 AHP 判断矩阵指标的选取过程中, 遵循以下原则: 一是计算该指标的数据可以通过外部公开的渠道取得; 二是相关指标能够直接影响上市公司内部控制程序和方法.

2.1.1 战略目标层级 战略目标是内部控制最高层级的目标. 根据以往研究本文选取销售比例、销售增长率、长期资产适合率、资产负债率、可持续增长率、TobinQ 值来反映战略层次具体目标.

2.1.2 报告目标层级 报告目标层级是指, 内部控制可以帮助提升财务报告信息的完整性和真实性. 根据以往研究本文选取累计超额报酬、财务报表的审计意见、重大会计舞弊行为和重大会计差错的更正作为具体指标, 反映企业报告层面的具体指标.

2.1.3 经营目标层级 企业内部控制有效性与否, 往往可以通过经营目标的实现与否得以体现. 根据以往研究, 具体指标选取营业利润率、净资产收益率、经营异常状况和净利润现金含量进行分析; 而经营效率的高低具体表现为企业存货周转率、应收账款周转率、人均销售额、总资产周转率.

2.1.4 合规性目标层级 合规性要求上市公司应符合现行的法律和规章制度. 本文从司法部门对公司的处罚、证监会或交易所的处分或谴责, 以及因为履行债务而面临的合规性风险等方面对合规性目标进行考核.

2.1.5 资产安全性目标层级 资产的安全性要求内部控制能够对金额重大的资产, 重点关注其安全完整, 本文以对外担保比例、关联方对资产的占用、资产的减值盘亏等指标对其进行反映. 各指标的具体含义如下表 2 所示.

2.2 判断矩阵和相对权重的计算

根据 AHP 判断矩阵方法, 本文的主要判断矩阵及特征向量含义如下.

1) 第一层级目标. 从战略角度(S)、经营角度(M)、报告角度(R)、合规角度(C)、资产安全角度(A)对各类指标的权重进行定量判断. 具体而言, 首先应将各第一层级目标的重要性两两进行比较. 即将战略角度矩阵 S 与经营角度矩阵 M 比较, 得到判断矩阵 S-M. 同样, 分别将 S 与报告角度、合规角度、资产安全角度 3 个次级目标比较, 得到判断矩阵 S-R, S-C, S-A, 以此类推. 以 2013 年中国 A 股上市公司数据为依据, 运用 AHP 方法构造相关矩阵.

| | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|---|
| | S | M | R | C | A | |
| S | 1 | 1/3 | 1/2 | 1/3 | 1/7 | $W=(0.179,0.160,0.303,0.275,0.083)$ $\lambda_{\max}=1.267$ $RI=0.701$ $CR=0.024$ 通过一致性检验. |
| M | 3 | 1 | 1/4 | 1/5 | 1/5 | |
| R | 2 | 4 | 1 | 1/2 | 1/4 | |
| C | 3 | 5 | 2 | 1 | 1/6 | |
| A | 7 | 5 | 4 | 6 | 1 | |

表 2 内部控制评价指标

| 评价指标 | 指标说明及计算公式 | |
|---------------|------------------|------------------------------|
| 战略目标 | 销售比率(S1) | 营业收入/资产总额 |
| | 销售增长率(S2) | (当年营业收入-上年营业收入)/上年营业收入 |
| | 长期资产适合率(S3) | (所有者权益+长期负债)/(固定资产净值+长期投资净值) |
| | 资产负债率(S4) | 负债/总资产 |
| | 可持续增长率(S5) | 所有者权益本期增加额/期初所有者权益 |
| | TobinQ 值(S6) | (股票市值+净债务)/有形资产价值 |
| 报告目标 | 累计超额报酬的绝对值(R1) | 参见证监会统计结果 |
| | 财务报表的审计意见(R2) | 标准意见=1,否则为 0 |
| | 重大会计差错的更正(R3) | 有重大差错=1,否则为 0 |
| | 重大会计舞弊行为(R4) | 有重大舞弊行为=1,否则为 0 |
| 经营目标 | 存货周转率(M1) | 营业成本/平均存货余额 |
| | 应收账款周转率(M2) | 营业收入/平均应收账款余额 |
| | 总资产周转率(M3) | 营业收入/平均总资产 |
| | 人均销售额(M4) | 营业收入/员工总人数 |
| | 营业利润率(M5) | 营业利润/营业收入 |
| | 净资产收益率(M6) | 净利润/平均净资产 |
| | 净利润现金含量(M7) | 经营活动现金流量/净利润 |
| 合规性目标 | 经营异常状况(M8) | 被 ST 或 PT=1,否则=0 |
| | 是否遭受罚款(C1) | 接受罚款(包括税收滞纳金、合同违约罚款等)=1,否则=0 |
| | 未履行债务(C2) | (应交税金+应付职工薪酬+到期未偿还债务)/营业收入 |
| | 违法违规行为(C3) | 被证监会、交易所处分或谴责=1,否则为 0 |
| | 资产安全性目标 | |
| | 资产的盘亏、毁损(A1) | 存货、固定资产的盘亏及毁损金额/资产总额 |
| | 资产减值损失(A2) | 资产减值损失/年末总资产 |
| 关联方对资金的占用(A3) | 年末其它应收款/年末总资产 | |
| 对外担保(A4) | 对外担保资金总额/年末所有者权益 | |

经过层次分析法分析得出,5 个目标的排序应为:R,C,S,M,A. 根据向量结果确定所占权重,分别为 30.3%,27.5%,17.9%,16.0%,8.3%. 基于 AHP 判断矩阵的特征向量计算出的指标权重具体含义是:以 A 上市公司为例,投资者对其内部控制进行评价,按照战略角度、经营角度、报告角度、合规角度、资产安全角度分别进行打分,假设每个二级层级的指标满分为 100 分,总分由各子评分表得分加权得到. 也就是说,假设企业在战略目标、经营目标、报告目标、合规性目标和资产安全性目标五个层级方面的得分分别为 85 分、80 分、90 分、70 分、75 分,那么根据上述的指标计算,A 企业内部控制总得分应为 $85 \times 17.9\% + 80 \times 16\% + 90 \times 30.3\% + 70 \times 27.5\% + 75 \times 8.3\%$.

2)第二层级目标. 在第二层级的指标权重方面,类似于第一层级的指标权重设计. 对战略层级进行细分,具体如下:①销售额的增长(简称 S1);②销售增长率(简称 S2);③长期资产适合率(简称 S3);④资产负债率(简称 S4);⑤可持续增长率(简称 S5);⑥TobinQ 值(简称 S6). 构造出判别矩阵:

| | | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|-----|---|
| S | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | $W=(0.109,0.229,0.119,0.121,0.363,0.059)$, $\lambda_{\max}=1.253$, $CI=0.003$, $RI=0.900$, 通过一致性检验. |
| S1 | 1 | 1/6 | 1/3 | 1/2 | 1/5 | |
| S2 | 6 | 1 | 1/4 | 1/4 | 1/3 | |
| S3 | 3 | 4 | 1 | 1/2 | 1/2 | |
| S4 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1/2 | |
| S5 | 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | |

同样的,对于经营目标层级构造如下判别矩阵和权重向量:

| | | | | | | | | |
|----|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| M | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 |
| M1 | 1 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{6}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ |
| M2 | 2 | 1 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{5}$ | 1 | $\frac{1}{2}$ |
| M3 | 4 | 2 | 1 | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3}$ |
| M4 | 2 | 3 | 4 | 1 | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{5}$ | 1 |
| M5 | 3 | 4 | 2 | 5 | 1 | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}$ |
| M6 | 6 | 5 | 4 | 2 | 5 | 1 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{5}$ |
| M7 | 2 | 1 | 3 | 5 | 2 | 3 | 1 | $\frac{1}{3}$ |
| M8 | 2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 5 | 3 | 1 |

$W=(0.060,0.085,0.048,0.087,0.301,0.196,0.068,0.155)$.

$\lambda_{\max}=1.279, CI=0.136, RI=1.511, CR=0.090$,通过一致性检验.

对于报告目标层级构造如下判别矩阵和权重向量:

| | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|---|
| R | R1 | R2 | R3 | R4 | $W=(0.301,0.503,0.099,0.097)$, $\lambda_{\max}=2.146$, $RI=8.240$, $CR=0.099$, 通过一致性检验. |
| R1 | 1 | 1/4 | 1/6 | 1/3 | |
| R2 | 4 | 1 | 1/2 | 1/2 | |
| R3 | 6 | 2 | 1 | 1/3 | |
| R4 | 3 | 2 | 3 | 1 | |

对于合规性目标层级构造如下判别矩阵和权重向量:

| | | | | |
|----|----|---------------|---------------|---|
| C | C1 | C2 | C3 | $W=(0.623,0.137,0.24)$, $\lambda_{\max}=1.335$, $RI=2.436$, $CR=-0.067$, 通过一致性检验. |
| C1 | 1 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{5}$ | |
| C2 | 3 | 1 | $\frac{1}{3}$ | |
| C3 | 5 | 3 | 1 | |

通过一致性检验.

对于资产安全性目标层级构造如下判别矩阵和权重向量:

| | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|---|
| A | A1 | A2 | A3 | A4 | $W=(0.484,0.268,0.084,0.164)$, $\lambda_{\max}=1.574$, $CI=0.241$, $RI=3.235$, 通过一致性检验. |
| A1 | 1 | 1/3 | 1/2 | 1/2 | |
| A2 | 3 | 1 | 1/2 | 1/3 | |
| A3 | 2 | 2 | 1 | 1/4 | |
| A4 | 2 | 3 | 4 | 1 | |

3 稳健性检验

鉴于前文所述,本文选用内部控制信息质量 ICII 作为企业内部控制信息质量的替代变量.由于准则的权威性,以其按五要素构建的内控信息质量作为对上市公司评价的标准.在稳健性检验中,通过比较以 AHP 判断矩阵方法建立的指标权重对中国上市公司的评价结果,和基于五要素的公司内部控制的水平(ICII).如果评价结果在中国全体上市公司抽样结果中,基于概率论的显著性水平通过检验,表明 AHP 判断矩阵构建内控指标体系有效,即 AHP 方法下的指标权重体系可以用来检测中国上市公司的内控水平.

在样本的选取方面,以 2013 年中国的上市公司作为样本,并剔除以下上市公司:(1)指标结果无法观测的上市公司;(2)金融类的上市公司;(3)极端值指标数据.共得到有效数据 1 033 家上市公司.样本公司统计数据来自国泰安数据库,数据的处理采用 STATA 软件.并运用基于 AHP 判断矩阵方法计算的特征向量对上市公司内控水平进行打分加权,得分分值用 SCORE 表示.

为研究基于 AHP 判断矩阵的得分与官方信息披露指数之间的相关性,本文首先利用 Pearson 相关分析初步测算二者的相关关系^[9].具体而言,当两个变量都是正态连续变量,而且两者之间呈线性关系时,Pearson

$$\text{son 系数 } r = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i - \sum y_i}{\sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}, \text{ 统计结果如表 3 所示.}$$

通过表 3 可以看出,按照目标层次构建的内控评价体系分值(SCORE)与上市公司的内控信息披露水平(ICII)正相关,并在 1% 的统计水平上显著.但由于 Pearson 相关系数分析只能粗略估计出 SCORE 和 ICII 间的一致性,因此本文通过线性回归分析(Linear Regression Analysis),控制其他因素,进行稳健性检验,以精确分析两变数间的定量关系.在控制变量的选取方面,参照以往研究的成果.相关变量定义如下表 4 所示.

表 3 Pearson 相关分析

| | ICII | Score |
|-----------------------|----------|----------|
| Pearson Correlation | 1 | 0.900*** |
| ICII Sig. (2-tailed) | — | 0.000 |
| N | 1033 | 1033 |
| Pearson Correlation | 0.068*** | 1 |
| SCORE Sig. (2-tailed) | 0.000 | — |
| N | 1033 | 1033 |

表 4 各变量指标含义

| 指标 | 含义 |
|-------------|--------------------------------------|
| 因变量 ICII | 基于《基本规范》五要素的内部控制信息质量 |
| 自变量 SCORE | 基于 AHP 判断矩阵特征向量权重构建的评价体系计算出的内部控制评价分值 |
| 控制变量 PROFIT | 营业利润率 |
| OUTDIR | 独立董事的人数/董事会总人数 |
| AUDIT | 虚拟变量,如果公司设立了审计委员会,值为 1,否则为 0 |
| LIST | 深圳证券交易所=1,上海证券交易所=0 |
| LNASSET | 总资产的自然对数 |
| GRO | 营业收入增长率 |

注:根据计量经济学,通过 r 的取值范围判断变量的相关强度,其中(0.8,1.0)极强相关,(0.6,0.8)强相关,(0.4,0.6)中等程度相关,(0.2,0.4)弱相关,(0.0,0.2)极弱相关或无相关;Sig. (2-tailed)表示卡方检验中的双侧近似 P 值, P 值低于 0.01 时,表示检验结果在 1% 水平上显著^[10-12].

建立如下回归方程: $ICII = a_0 + a_1 SCORE + a_2 PRPBIT + a_3 OUTDIR + a_4 AUDIT + a_5 LIST + a_6 LNASET + a_7 GRO + \epsilon$ 对于经验回归方程的回归结果如表 5.

从表 5 的回归结果来看,SCORE 与 ICII 在 1% 的显著水平上呈正相关关系.验证了本文基于 AHP 判断矩阵构建内控评价指标权重体系的方法可以很好地用来检测中国上市公司的内控水平.

4 结 论

在中国已有的研究中,缺乏对内部控制整个系统进行数学定量评价标准.为此,本文从投资者的角度出发,从评价指标的权重设计方面提供建议.在具体指标的构建方面,文章基于 AHP 判断矩阵的构建及其特征向量的计算,将上市公司内部控制总体目标作为第一层级指标;并利用公司治理理论,将上市公司战略目标、报告目标、经营目标、合规性目标和资产安全性目标等 25 项具体层级作为第二层级指标;并运用 AHP 判断矩阵方法对指标的权重进行赋值设计.此外,为评价基于 AHP 判断矩阵构建的被控评价指标权重赋值

设计的适用性,本文通过回归分析,发现 AHP 构建判断矩阵的方法对于内控指标的权重赋值具有很强的适应性.因此,投资者和监管部门可以根据企业具体情况和具体评估对象对判断矩阵进行调整.基于 AHP 判断矩阵构建的中国上市公司内部控制评价指标权重赋值体系大大降低了判断的人为性、主观性.通过 AHP 判断矩阵评分方式所拟定的框架,为上市公司内部控制评价体系提供了理论支持和经验数据,具有一定的现实意义和理论意义.

表 5 参数估计结果

| 变量 | Estimate | Std. Error | Wald | df | Sig. |
|------------|----------|------------|---------|----|-------|
| α_0 | 12.564 | 0.011 | 5.741 | 1 | 0.000 |
| SCORE | 2.946 | 0.068 | 64.04 | 1 | 0.002 |
| PROFI | 0.849 | 0.076 | 1.351 | 1 | 0.005 |
| OUTDIR | 0.287 | 0.256 | 0.191 | 1 | 0.162 |
| AUDIT | 0.48 | 0.317 | 0.023 | 1 | 0.000 |
| LIST | 11.977 | 0.132 | 226.112 | 1 | 0.180 |
| LNASSET | 7.256 | 0.055 | 14.692 | 1 | 0.000 |
| GRO | -0.479 | 0.114 | 0.947 | 1 | 0.015 |

注:根据计量经济学,其中,Estimate 表示统计量的预测值;Std. Error 表示样本均数的标准误,趋于 0 时标准误最小;Wald 值越大,回归系数和截距越不可能为 0;Sig. 表示 P 值,P 值低于 0.01 时,表示检验结果在 1%上水平显著.

参 考 文 献

- [1] 张兆国.目标导向下的内部控制评价体系构建及实证检验[J].南开管理评论,2011(2):86-97.
- [2] 毛新述.内部控制与风险管理——中国会计学会内部控制专题学术研讨会综述[J].会计研究,2012(5):54-66.
- [3] 沈海平.基于事件研究法的沪深 300 指数效应实证研究[J].金融研究,2012(9):14-32.
- [4] Saaty A L. Analysis and design of hierarchical systems [J]. Math AnnualAppl, 1982,7(5):617-624.
- [5] COSO. AIMR ERM Released Reports [M]. NewYork:Internal Auditor Press,2004.
- [6] Frederic S. Financial Markets and Internal Control [M]. Beijing:TsingHua Press,2007.
- [7] 财政部.企业内部控制基本规范[M].北京:立信会计出版社,2008:53-108.
- [8] Christopher Mandel. COSO gives a good star on implement ERM[J]. Business Insurance,2003(11):176-198.
- [9] 肖泽磊.基于面板数据的实证研究[J].数理统计与管理,2009,28(5):831-838.
- [10] 张尧庭.多元统计分析引论[M].北京:科学出版社,1982.
- [11] 陈庆云.拟合优度检验的回归分析方法及在参数估计中的应用[J].应用概率统计,2003(7):88-92.
- [12] 傅德印,王 俊.判别分析统计检验体系的探讨[J].统计与信息论坛,2008(5):9-14.

Internal Control Evaluation System Based on Analytic Hierarchy Process Analysis

CHENG Yao

(International Business School, Beijing Language and Culture University, Beijing 100083, China)

Abstract: For a kind of hierarchical internal control evaluation system, the rational examination is analyzed by constructing information index (ICII) between the input variables and the output variables. Based on AHP mathematical method to build evaluation index system of internal control for Chinese listed companies, this paper collects data of 2013, and the weight coefficient of variables is confirmed applying the methods of analytic hierarchical process (AHP). This paper can offer suggestions and provide theoretical basis for the promotion of internal control evaluation system of listed companies in China.

Keywords: AHP; eigenvector; eigenvalue; internal control; ICII