

# 企业碳审计评价指标体系构建

唐建荣(教授) 傅双双

(江南大学商学院 江苏无锡 214122)

**【摘要】** 本文参照联合国可持续发展委员会提出的DSR模型,从我国沪深两市7家电力公司发布的2012年社会责任报告中选取了17个碳审计定量指标作为研究对象,根据PCA模型选取四个主成分并筛选出15个碳审计评价指标,并使用人工神经网络模型确定指标权重,得出评价结果并提出相应对策建议。

**【关键词】** DSR模型 PCA模型 人工神经网络 碳审计

能源与人类社会历史发展密切相关,人类社会已经经历了三个能源时期,即薪柴时期、煤炭时期和石油时期,即将进入清洁能源时期。在这一时期,低碳经济成为国内外关注的焦点,低碳经济发展模式以低能耗、低污染、低排放和高效能、高效率、高效益为基础,以节能减排为发展方式,以碳中和技术为发展方法。为了促进低碳经济政策的制定实施和修

订,督促社会组织节能减排,明确在资源利用上的浪费和不足,挖掘自身的节能潜力,提高对资源能源的利用效率,低碳审计这种全新审计模式孕育而生。本文主要探讨如何建立一套科学的碳审计评价指标体系,以填补目前的研究空白。

## 一、研究方法

1. PCA模型。PCA即主成分分析,也称主分量分析,旨在

## 三、破产清算账务处理改革思路

在企业被法院正式宣告破产后,清算组代替原企业会计主体,清查资产及债务,变卖财产和计算损益,偿还债务并分配剩余财产。在会计处理上,需要特别设置“抵押债务”等会计科目。

1. 财产清查时的账务处理。对财产清查过程中发现的盘盈资产,进行价格重估后入账。对盘点过程中发现的资产盘亏,必须查明盘亏的原因并对当事人进行处理。对出租出借的资产应依法追回。将挂账的待处理财产损益等资产性损益转入“利润分配”账户。

债权债务的账务处理:调整应收款项和应付款项余额,将应收款项有关明细账的贷方余额结转转入应付款项账户,将应付款项有关明细账的借方余额结转转入应收款项账户。对已经发生坏账的应收款项,作为坏账损失进行调整。对清查过程中发现的账外债权、债务进行入账。将上述有关款项进行调整和入账后,要将债权人的申报与企业账目进行核对,企业的债务才能最终得到确认。

2. 进行破产清算会计核算。财产清查完成后进行相关账务调整,进行账账核对、账实核对,确认无误后,编制资产负债表。依据该资产负债表以及财产清查相关资料,对破产清算财产进行资产评估。资产评估工作要在国有资产管理部

应当计入“变现损益”会计科目。根据上述资料,由会计人员编制会计凭证、登记账簿并编制清算资产负债表。

3. 财产变现后的账务处理。破产清算财产分配方案以及处置原则经债权人会议商议通过后,对破产清算财产依法变现,才可能实现债权的合法有序清偿。财产变现后的账务处理结果如下:实物类资产将变现转变为货币资金,应收款项在收回时也要记入货币资金。对于坏账产生的损失记入变现损益账户。负债类账户基本保持不变,设置“抵押债务”账户进行优先清偿;设置“应付工资和各项劳动保险费”、“应付职工安置费”等账户进行第一顺序清偿;设置“应缴税金”账户进行第二顺序清偿;设置“短期借款”以及“应付账款”等账户将按比例清偿的债务列为第三顺序。

4. 清偿债权后的账务处理。清算组根据事先编制的财产分配方案,然后依据破产清算财产变现后的金额,编制财产分配方案。账务处理如下:应借记抵押债务、清算费用、应付工资、应付职工安置费、应缴税金、按比例清偿的短期借款和应付账款等账户,贷记货币资金。将负债中无法偿还的应付账款等账户的余额与投资入净权益、清算费用、清算损益和变现损益账户金额对转为零。将资产类的职工福利设施和权益类剩余的实收资本与接收单位进行交接。

## 主要参考文献

1. 刘家松.破产清算会计含义的界定.财会月刊,2008;12
2. 李艳玲.关于破产清算会计若干问题的思考.经济论丛,2011;3

利用降维的思想,把多指标转化为少数几个综合指标。它是一种对数据进行分析的技术,最重要的应用是对原有数据进行简化。主成分分析这种方法可以有效地找出数据中最“主要”的元素和结构,去除噪音和冗余,将原有的复杂数据降维,揭示隐藏在复杂数据背后的简单结构。它的优点是简单,而且无参数限制,可以方便地应用于各个场合。

假设原样本指标  $X_1, X_2, \dots, X_p$  与新的待求指标  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$  存在线性相关的关系,即:

$$\begin{cases} Y_1=C_{11}X_1+C_{12}X_2+\dots+C_{1p}X_p \\ Y_2=C_{21}X_1+C_{22}X_2+\dots+C_{2p}X_p \\ Y_3=C_{p1}X_1+C_{p2}X_2+\dots+C_{pp}X_p \end{cases}$$

矩阵  $C$  满足  $CC'=I$ , 即  $C$  为正交矩阵,其中的  $C_{ij}$  由下列原则决定:①  $Z_i$  与  $Z_j(i \neq j)$  相互独立;②  $Z_1$  是  $Z_i$  中方差最大的变量,  $Z_2$  在  $Z_i(i \neq 1)$  中方差次最大,依次类推,  $Z_p$  方差最小。

这样算出的新指标  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$  分别称为第 1 个,第 2 个, ..., 第  $p$  个主分量, 它们的方差依次递减。为了消除量纲的不合理影响,在实际应用中往往先对样本值进行标准化。

**2. 人工神经网络模型。**人工神经网络是指用大量的简单计算单元(即神经元)构成的非线性系统,它在一定程度和层次上模仿了人脑神经网络系统的信息处理、存储及检索功能,因为具有学习、记忆和计算等处理功能。人工 BP 网络算法的学习过程由信号的正向传播与误差的反向传播两个过程组成,其学习算法步骤:

(1) 正向传播。通过输入的样本  $X_k=f(\sum_{i=0}^{m-1} W_{ik} X_i - \theta_k)$ , 其中  $k=1, 2, \dots, m$ ; 计算出各层输出, 传向输出层  $Z$ , 得到输出值  $Y_i=f(\sum_{k=0}^{p-1} W_{jk} X_k - \theta_j)$ , 其中  $j=1$ 。

(2) 反向传播。反向传播时,从输出层沿原路反向进行计算和修改,并对每个隐层的各个神经元的权系数进行修改,使误差趋于最小,见公式 1。

$$\begin{cases} \delta_{jk}^{(p)} = (d_j^{(p)} - Y_j^{(p)}) Y_j^{(p)} (1 - Y_j^{(p)}), j = 1 \\ \delta_{ik}^{(p)} = \sum_{j=0}^{m-1} \delta_{jk}^{(p)} W_{jk} X_k^{(p)} (1 - X_k^{(p)}), k = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (1)$$

经过反复进行正向传播和反向传播,指导达到收敛,一旦神经网络训练完毕,即可得到网络各层的权重值  $R$ 。

(3) 确定评价指标权重。

① 相关显著性系数:

$$X=W_{jk} \quad (2)$$

$$R_{ij} = \sum_{k=1}^p W_{ki} (1 - e^{-X}) / (1 + e^{-X}) \quad (3)$$

② 相关指数:

$$Y=R_{ij} \quad (4)$$

$$R_{ij} = |(1 - e^{-Y}) / (1 + e^{-Y})| \quad (5)$$

③ 绝对影响系数,即权重:

$$S_{ij} = R_{ij} / \sum_{i=1}^m R_{ij} \quad (6)$$

其中:  $X=\{X_1, X_2, \dots, X_m\}$  为输入层向量;  $Z=\{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$  为隐含层输出向量;  $Y=\{Y\}$  为输出层输出向量;  $V=\{V_1, V_2, \dots, V_m\}$  为输入层到隐含层之间的权值矩阵;  $W=\{W_1, W_2, \dots, W_m\}$  为隐层到输出层的权值矩阵,  $i$  为神经网络输入单元,  $i=1, 2, \dots, m$ ;  $j$  为神经网络输出单元,  $k=1, 2, \dots, p$ ;  $W_{ik}$  为输入层神经元  $i$  和隐含层神经元  $k$  之间的权系数;  $W_{jk}$  为输出层神经元  $j$  和隐含层神经元  $k$  之间的权系数;  $\theta_j$  为临界值;  $\delta_{jk}^{(p)}$  是输出层神经元  $j$  向隐含层神经元  $k$  传递的误差,  $\delta_{ik}^{(p)}$  是隐含层神经元  $k$  向输入神经元  $i$  传递的误差。

**二、指标选取及实证分析**

**1. 指标选取。**DSR 即驱动力—状态—响应概念框架,是研究环境—经济—社会三大系统协调发展的基本模式,被广泛用来构建各种不同领域的可持续发展指标体系。DSR 模型分为三类指标,分别是驱动力指标、状态指标和响应指标。其中驱动力指标描述了经济发展到后工业化时期,社会经济系统具有向高产出、低污染、环境友好型发展模式转型的内在动力和诉求,包括生产方式、消费模式、技术导向和资源可持续利用等;状态指标描述自然界的物理或生态状态和因此造成的社会经济发展状态,回答了系统发生了什么样的变化的问题;响应指标描述对各种问题做了什么和应该做什么的问题,回答了人类的反应和行动。

**表 1 变量一览表**

项目层	准则层	指标层	指标名称	单位
电力公司 低碳审计 评价指标体系	驱动力	$X_1$	电力收入	亿元
		$X_2$	资产总额	亿元
		$X_3$	销售收入增长率	百分比
		$X_4$	售电量	亿千瓦时
		$X_5$	低碳研发费用	万元
	状态	$X_6$	CO <sub>2</sub> 排放量	万吨
		$X_7$	SO <sub>2</sub> 排放量	万吨
		$X_8$	化学需氧量	万吨
		$X_9$	粉尘排放量	万吨
		$X_{10}$	废水排放量	万吨
		$X_{11}$	综合消耗	万吨标准煤
		$X_{12}$	万元生产总值能耗	吨标煤/万元
		$X_{13}$	用户平均停电时间	小时
	响应	$X_{14}$	节电量	亿千瓦时
		$X_{15}$	CO <sub>2</sub> 减排量	万吨
		$X_{16}$	节煤总量	万吨标准煤
		$X_{17}$	减排资金投入	亿元

如表 1 所示,根据上述指标体系构建原则,从 7 家电力公司发布的 2012 年社会责任报告中选取了 17 个碳审计定量指标作为研究对象构建基于 DSR 模型的企业碳审计评价指标体系。这 7 家电力公司分别为国家电网北京电力有限公司、国家电网浙江电力有限公司、国家电网山东电力有限公司、国家电网江西电力有限公司、国家电网福建电力有限公司、国

投电力有限公司和大唐电力有限公司。指标体系分为三层：第一层项目层，按照项目类型为电力公司低碳审计项目；第二层是准则层的驱动力、状态和响应；第三层是指标层，针对项目层的压力、状态和响应分别列出具体的指标。

应当说明的是，在构建指标体系时，笔者在借鉴前人研究环境审计的基础上设置指标，并且最后建立的指标体系中和环境有关的指标较多，而有关财务方面的指标比较少，这是因为碳审计审查的是效率、效果、效益，与传统的财务审计的审查内容有根本区别。

2. PCA 模型检验。

(1)主成分确定。由于原数据值相差很大，不能直接进行比较，因此首先将样本数据进行标准化，再利用标准化矩阵求得特征值，最后根据累计贡献率确定主成分。一般特征值累积贡献率达85%~95%即可选为主成分。从表2可以看出，前4个成分的特征值大于1，且方差累积贡献率达到92.187%，因此可用这4个主成分来替代原来的17个指标，同时也证明初选指标具有一定的合理性。

表2 特征值及主成分贡献率

成分	初始特征值			因子析取结果		
	特征值	方差贡献率%	累计贡献率%	特征值	方差贡献率%	累计贡献率%
1	8.013 65	47.139	47.139	8.013 65	47.139	47.139
2	3.302 96	19.429	66.568	3.302 96	19.429	66.568
3	2.671 63	15.715	82.284	2.671 63	15.715	82.284
4	1.683 52	9.903	92.187	1.683 52	9.903	92.187
5	0.8548 28	5.028	97.215			
6	0.473421	2.785	100.00			

(2)指标筛选。从指标代表性的角度来筛选指标，挑选因子载荷绝对值较大的指标为主要指标作为解释变量。当指标的主成分载荷绝对值均小于0.7时，相关性小，该指标可剔除。表3中的X<sub>2</sub>(资产总额)和X<sub>3</sub>(销售收入增长率)的四个主成分均小于0.7，故该指标主成分的信息量相对较少，可以剔除，得到15个低碳审计评价指标。

在驱动力层中：除去被剔除的两个指标外，低碳研发费用(X<sub>5</sub>)相对电力收入(X<sub>1</sub>)和售电量(X<sub>4</sub>)来说第一主成分载荷较小，说明企业用于节约能源和保护环境的研发费用较少或者贡献较小，需加大对这方面的投入。

状态层中：第一主成分较全面地反映了化学需氧量(X<sub>8</sub>)、粉尘排放量(X<sub>9</sub>)、废水排放量(X<sub>10</sub>)、综合消耗(X<sub>11</sub>)、用户平均停电时间(X<sub>15</sub>)各指标的情况；第二主成分在万元生产总值能耗(X<sub>12</sub>)这一指标上载荷较大，说明这一成分主要反映能源消耗和经济发展水平，第三主成分主要反映CO<sub>2</sub>排放(X<sub>6</sub>)水平；

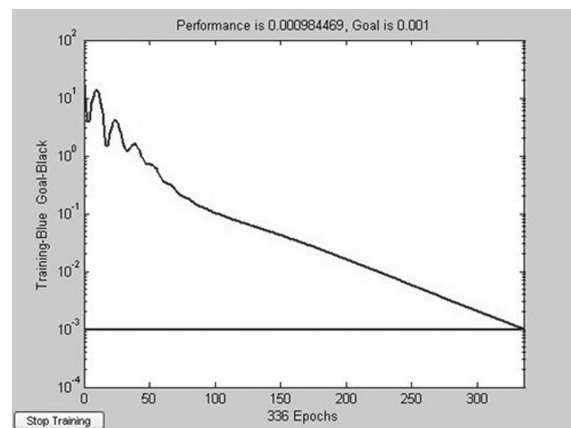
在响应层中：CO<sub>2</sub>减排(X<sub>15</sub>)和资金投入(X<sub>17</sub>)所在的第四和第一主成分载荷比其他主成分得分高，说明CO<sub>2</sub>减排和减排投资带来的效益相对来说比较明显。可以看出，优化后的指标体系更具有合理性，为指标确定权重奠定了客观基础。

表3 主成分载荷

	成分1	成分2	成分3	成分4
X <sub>1</sub>	0.963 1	-0.155 6	-0.073 5	0.151 8
X <sub>2</sub>	0.382 5	-0.675 3	0.585 5	-0.198 6
X <sub>3</sub>	0.035 9	-0.579	0.660 5	-0.239 2
X <sub>4</sub>	0.940 8	-0.227	-0.122 6	-0.049 4
X <sub>5</sub>	0.399 1	0.079 9	0.169 5	0.846 8
X <sub>6</sub>	-0.353 6	-0.133 7	0.703 2	-0.420 2
X <sub>7</sub>	0.656 5	0.702 3	-0.221 8	0.002 3
X <sub>8</sub>	0.886 7	0.433 1	-0.125 3	-0.011 2
X <sub>9</sub>	0.8035	-0.009 2	0.151 5	-0.460 5
X <sub>10</sub>	0.734	0.110 2	-0.463 5	-0.553 2
X <sub>11</sub>	0.968 6	0.087 3	-0.074 7	0.136 8
X <sub>12</sub>	-0.182	0.860 9	0.142 3	-0.017 4
X <sub>13</sub>	0.968 6	0.087 3	-0.074 7	0.136 8
X <sub>14</sub>	-0.497 1	0.805	0.290 3	-0.097 8
X <sub>15</sub>	-0.53	-0.359 4	-0.697 2	0.812 3
X <sub>16</sub>	-0.520 8	0.594 7	0.747 3	-0.230 3
X <sub>17</sub>	0.891 9	0.403 4	0.052 7	-0.126 4

3. 权重确定。为了获得各评价指标的权重，我们采用了人工神经网络模型，首先要确定各神经网络单元数，其中输入层单元数为15，输出层单元数为1，隐含层神经单元数可自行设定。本文根据如下规则确定隐含层的神经单元数：隐含层的神经单元数大于等于输入层神经元和输出层神经单元数和的一半，小于输入层神经元和输出层神经单元数的和，因此本文隐含层神经单元数设定为8个。

(1)网络训练。对筛选后指标的标准化矩阵进行训练，消除了指标量纲和数量级的影响，通过训练分析，期望误差选择的是0.001，通过对网络进行训练，如下图。



误差训练性能曲线图

由此可见，经过336次训练后，训练结果达到期望误差值，而且网络误差的收敛速度非常快，显示的结果证明了P和T之间非线性映射关系的拟合是非常精确的。

(2)确定指标权重。神经网络训练得到的结果只是各神经

网络神经元之间的关系,要想得到输入因素相对于输出因素之间的真实关系,也就是输入因素对输出因素的决策权重,还需要对各神经元之间的权重加以分析处理,为此利用上文公式求出各指标的权重,见表4。

表4 企业碳审计评价指标权重

准则层	指标层	指标名称	指标权重
驱动力	X <sub>1</sub>	电力收入	0.062 6
	X <sub>2</sub>	售电量	0.050 2
	X <sub>3</sub>	低碳研发费用	0.043 9
状态	X <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> 排放量	0.093 3
	X <sub>5</sub>	SO <sub>2</sub> 排放量	0.088 5
	X <sub>6</sub>	化学需氧量	0.060 9
	X <sub>7</sub>	粉尘排放量	0.093 5
	X <sub>8</sub>	废水排放量	0.087 9
	X <sub>9</sub>	综合消耗	0.090 6
	X <sub>10</sub>	万元生产总能耗	0.020 2
	X <sub>11</sub>	用户平均停电时间	0.012 7
响应	X <sub>12</sub>	节电量	0.064 0
	X <sub>13</sub>	CO <sub>2</sub> 减排量	0.089 6
	X <sub>14</sub>	节煤总量	0.056 2
	X <sub>15</sub>	减排资金投入	0.085 8

用各指标权重乘以各指标原始数据标准化结果后得出7家电力公司低碳审计综合得分及排名,结果整理如表5所示。同时可以看出状态层排名与综合排名一致,说明状态层指标是影响低碳审计的关键因素,该研究结果与表4中指标权重相呼应。

表5 七家电力公司低碳审计综合得分及排名

指标层	A	B	C	D	E	F	G
驱动力	0.011 0	0.055 1	0.033 9	0.018 7	0.013 8	0.006 4	0.017 7
状态层	0.024 5	0.129 9	0.168 0	0.075 8	0.067 0	0.035 9	0.046 6
响应层	0.038 6	0.045 6	0.059 0	0.040 6	0.047 5	0.037 4	0.026 8
综合得分	0.074 2	0.230 5	0.260 9	0.135 1	0.128 3	0.079 7	0.091 2
排名	7	2	1	3	4	6	5

### 三、结论与建议

本文尝试性地运用主成分分析法对指标体系进行优化,然后运用人工神经网络确定优化指标的权重,尽可能消除以往权重确定方法中的人为影响,保证权值的有效性和实用性,评定的结果与实际基本相符。研究结果显示:权重最高的指标分别是状态层的X<sub>4</sub>(CO<sub>2</sub>排放量)、X<sub>5</sub>(SO<sub>2</sub>排放量)、X<sub>7</sub>(粉尘排放量)、X<sub>8</sub>(废水排放量),说明企业的低碳审计评价等级,跟上面几个指标关系最大,企业应该减少排放废水、废气,比如引进废水废气处理设备;同时万元生产总能耗比较低,说明并不是降低能耗,就会提高碳审计的评价和排名;在响应层中,指标X<sub>13</sub>(CO<sub>2</sub>减排量)和X<sub>15</sub>(减排资金投入)权重较大,说明企业应加大减排资金,处理废水废气,把煤炭的消耗尽量转移到电力消耗。

为促进企业利用低碳审计指标采取有针对性的措施,推动企业走可持续发展的低碳化道路,笔者提出以下建议:

1. 升级战略,把提高能效和碳减排作为核心业务之一。在全球发展低碳经济的大背景下,企业必须分析国内外低碳经济政策对企业所属行业及企业本身的影响,制定相应的发展战略,将发展低碳经济的思想纳入企业日常运营管理和经营决策,提出应对市场变化的需求和采取低碳行动的机会,开发低碳产品以协助消费者使用能效高的产品,实现企业的低碳经济转型,实现经济效益和社会效益双丰收。

2. 提高能效,充分利用太阳能、风能等可再生能源。了解低碳项目的成本和收益来进行业务规划和相关投资,挑选适合生产和节能的设备,寻找企业能源、碳消耗密集的节点,使用可再生能源替代能耗高的能源,减少二氧化碳排放,提高能源生产和使用效率。

3. 创新技术,构建企业低碳技术创新联盟。目前我国企业的低碳技术尚未发展成熟,企业单独进行低碳创新缺乏充足的研发资金和相应的技术人才,而且风险较大,因此共同进行技术创新、构建企业技术创新联盟是不错的选择,可以弥补企业单独创新的缺陷,为企业发展低碳经济奠定基础。

4. 企业管理层要主动践行低碳发展的承诺,宣传低碳经济的内涵及其对转变经济发展方式和经济可持续发展的重大意义,教育员工了解有关减少碳排放、环境保护措施的信息,引导员工自觉投入到低碳活动中。

【注】本文受国家社会科学基金项目“实物期权条件下的公共资源交易问题研究”(项目编号:08BYJ060)及教育部人文社会科学研究项目“区域性碳交易平台的系统研究”(编号:11YJAZH084)资助。

### 主要参考文献

- 梁中,周翔.低碳产业创新系统运行绩效评价的指标体系.统计与决策,2012;2
- 刘元明,单绍磊,高朋.煤炭企业节能减排评价指标体系及模型构建.经济研究导刊,2011;6
- 陈相杰,杨乃定,刘效广.研发项目复杂性指标权重确定的FANP法.计算机工程与应用,2012;11
- 王锋,冯根福.优化能源结构对实现中国碳强度目标的贡献潜力评估.中国工业经济,2011;4
- 朱海就.区域创新能力评估的指标体系研究.科研管理,2004;3
- 李靖华,郭耀煌.主成分分析用于多指标评价的方法研究.管理工程学报,2002;1
- 白雪梅,赵松山.对主成分分析综合评价方法若干问题的探讨.统计研究,1995;6
- 邱东.多指标综合评价方法的系统分析.北京:中国统计出版社,1991
- 张崇甫,陈述云,胡希玲.统计分析方法及其应用.重庆:重庆大学出版社,1995