

# 基于 FI-SEM 集成方法的信息系统实施过程评价研究

于秀艳<sup>1,2</sup> 胡克瑾<sup>1</sup> 栾东庆<sup>1</sup>

(同济大学经济与管理学院 上海 200092)<sup>1</sup> (山东理工大学管理学院 淄博 255049)<sup>2</sup>

**摘要** 以系统论为指导,构建信息系统实施过程评价指标体系。提出了将模糊积分评价方法和结构方程模型方法有机集成,用以评价信息系统实施过程——FI-SEM集成方法。本方法可以有效处理专家信息,权重能同时反映主观程度和客观信息,通过对30个企业的信息系统实施过程的实证研究,表明了该方法的有效性。

**关键词** 信息系统,评价,模糊积分方法,结构方程模型

## Evaluation on the Implementation Process of IS Based on FI-SEM

YU Xiu-yan<sup>1,2</sup> HU Ke-jin<sup>1</sup> LUAN Dong-qing<sup>1</sup>

(Department of Economic and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)<sup>1</sup>

(Department of Management, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)<sup>2</sup>

**Abstract** The implementation process indexes of IS were built based on system theory. The meta-synthesis of FI-SEM was put forward to evaluate the implementation process of IS. FI-SEM deals with expert and weight information reflecting the subjective and objective extent. The demonstration research with 30 firms proves FI-SEM is effectively.

**Keywords** IS, Evaluation, Fuzzy integral, Structural equation model

## 1 引言

信息系统在企业内的实施,不是简单的技术应用,而是企业应用信息技术(IT)解决实际问题的过程。IT绩效是企业战略、业务流程、信息技术、组织结构和文化5个要素相互作用、相互影响的结果体现。企业要站在系统的角度考虑信息系统的实施,才能从根本上解决“IT生产率悖论问题”。那么,建立一个基于系统的信息系统实施过程评价指标体系及评价方法对于企业更好地利用IT是至关重要的。本文在已有研究基础上<sup>[1]</sup>,提出利用FI-SEM集成方法对信息系统实施过程进行评价,并通过实证验证本方法的有效性。

## 2 信息系统实施过程评价指标体系

信息系统在企业内的实施过程可以分为战略层、实施层和保障层3个层次。战略层上的要素及要素之间的结构表现为企业战略与IT战略整合,实施层上的要素及要素之间的结构表现为业务流程整合和信息系统整合,保障层上的要素及要素之间的结构表现为由组织结构整合和文化整合,这5个要素相互作用、相互影响而构成的系统决定了企业从IT中获得价值的大小程度。信息系统实施过程的评价指标也从这5个要素方面去设置,具体研究过程见文献[1],具体指标略。本文在已有研究基础上,对评价方法进行实证。

## 3 FI-SEM 集成方法的构建原理

### 3.1 模糊积分(FI; Fuzzy integral)方法

信息系统实施过程评价指标之间是相互影响的,不具有

独立性,所以不适合利用常规的线性评价方法。模糊积分是定义在模糊测度基础上的一种非线性函数,并不需要假设评价指标间相互独立,是一种新的评价指标合成技术方法。在模糊积分用于评价过程中, $f$ 为指标值; $g$ 代表每个指标的权重; $f$ 与 $g$ 的模糊积分则为评价方案的整体评价价值。目前使用广泛的CHOQUET积分为:设 $f(x_1) \geq f(x_2) \geq \dots \geq f(x_i) \geq \dots \geq f(x_n)$ ,则 $f$ 的模糊测度 $g$ 在 $X$ 上的CHOQUET模糊积分定义为:

$$E = \{fdg = f(x_n)g(X_n) + [f(x_{n-1}) - f(x_n)]g(X_{n-1}) + \dots + [f(x_1) - f(x_2)]g(X_1)\} \quad (1)$$

其中 $E$ 为模糊积分综合评价价值,而 $g(X_i)$ 为同时考虑属性 $x_1, x_2, \dots, x_i$ 时的权重,即 $g(X_1) = g(\{x_1\})$ ,  $g(X_2) = g(\{x_1, x_2\})$ ,  $\dots$ ,  $g(X_n) = g(\{x_1, x_2, \dots, x_n\})$

本文主要应用 $\lambda$ -模糊测度, $g_\lambda$ 可以利用式(2)来求解

$$g_\lambda(\{x_1, x_2, \dots, x_n\}) = \frac{1}{\lambda} \left| \prod_{i=1}^n (1 + \lambda g(x_i)) - 1 \right| \quad (2)$$

### 3.2 结构方程模型(SEM; Structural equation method)方法

SEM整合了路径分析、验证性因素分析与一般统计检验方法,通过寻找变量间内在的结构关系验证某种结构关系或者模型的假设是否正确。并且,如果模型存在问题,可以指出如何加以修改。它包括了因子分析与路径分析的优点,又弥补了因子分析的缺点,不需要受到路径分析的假设条件限制,其基本原理介绍如下。结构方程模型通常包括3个矩阵方程式:

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad (3)$$

$$y = \Lambda_y \eta + \epsilon \quad (4)$$

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (5)$$

其中,式(3)和式(4)称为测量模型,研究的是自变量与因变量之间的关系;式(5)则是结构模型,研究的是因变量与因变量之间的关系。各变量的涵义如下:

$x$  是外生观测变量向量; $\xi$  为外生潜变量向量; $\Delta_x$  是外生观测变量与外生潜变量之间的关系,是外生观测变量在外生潜变量上的因子载荷矩阵; $\delta$  为外生变量的误差项向量。

$y$  是内生观测变量向量; $\eta$  为内生潜变量向量; $\Delta_y$  为内生观测变量与内生潜变量之间的关系,是内生观测变量在内生潜变量上的因子载荷矩阵; $\varepsilon$  为内生变量的误差项向量。

$B$  和  $\Gamma$  都是路径系数, $B$  表示内生潜变量之间的关系, $\Gamma$  则表示外生潜变量对内生潜变量的影响; $\zeta$  为结构方程的误差项。

SEM 方法通过分析因子负荷  $\Delta_x$ ,  $\Delta_y$ , 结合理论分析,不但可以为指标体系的构建提供一种客观上的筛选方法,而且通过高阶因子分析,确定各个指标的权重。

### 3.3 FI-SEM 集成方法(The meta-synthesis of FI and SEM)

#### 3.3.1 FI-SEM 集成方法的构建原理

FI-SEM 集成方法(the meta-synthesis of fuzzy integral and structural equation model)的构建原理是将比较流行的 FI 和 SEM 的成功之处运用集合而成。FI 方法不需要指标之间的独立性,对于处理具有相关关系的指标一类问题有着很大的优势,但由于定性指标的主观模糊特性,引进了三角模糊数、群决策来有效处理专家信息。SEM 方法不但能处理多个变量之间的关系,对所建立的指标体系进行验证,而且因子负荷上可以反映出指标的权重信息,将 FI 的主观权重和 SEM 权重信息有机集成,在评价信息系统实施过程时,利用集成权重,较好地解决了信息系统实施过程权重确定问题。

#### 3.3.2 FI 方法的改进

信息系统全过程评价指标大多数是定性的,具有模糊的特性。在确定定性指标值和指标权重信息时,需要获取专家的估计信息。由于诸多主观因素的影响,加上客观事物本身的模糊性和不确定性,专家所掌握的信息不足以把握事物的真实状态,并且专家通常都是用“大约”、“左右”、“上下”等文字语言,即语意变量来回答问题的,所以在提取专家的定性指标值和指标权重信息时采用语意变量,利用三角模糊数来表示其隶属函数,同时利用群决策方法整合多方参与决策专家的信息,进一步克服单一主体评价时产生的片面性。本文中定性指标的语言变量和三角模糊的对应关系如表 1、表 2 所列。

表 1 指标值的语意变量对应的三角模糊数

| 语意变量 | 三角模糊数           |
|------|-----------------|
| 非常低  | (0, 0.2, 0.4)   |
| 低    | (0.2, 0.4, 0.6) |
| 一般   | (0.4, 0.6, 0.8) |
| 好    | (0.6, 0.8, 1)   |
| 非常好  | (0.8, 1, 1)     |

表 2 指标重要性的语意变量和标度

| 指标重要性   | 三角模糊数       |
|---------|-------------|
| 非常高     | (8, 9, 9)   |
| 非常高和高之间 | (6, 7, 8)   |
| 高       | (4, 5, 6)   |
| 高和一般之间  | (2, 3, 4)   |
| 一般      | (1/2, 1, 2) |

|         |                 |
|---------|-----------------|
| 相同      | (1, 1, 1)       |
| 一般和低之间  | (1/4, 1/3, 1/2) |
| 低       | (1/6, 1/5, 1/4) |
| 低和非常低之间 | (1/8, 1/7, 1/6) |
| 非常低     | (1/9, 1/9, 1/8) |

#### 3.3.3 集成权重

权重确定方法主要有两类:主观赋权法和客观赋权法。运用主观赋权法确定权重,方案的排序可能有很大的主观随意性,也可能受到决策者的知识或者经验缺乏的影响,而运用客观赋权法确定权重,忽视了决策者的主观信息。本文利用集成权重来表示指标的重要程度。

假设每个评价单元有  $m$  个评价指标,用  $z_{ij}$  表示第  $i$  个评价单元的第  $j$  个指标值,用  $w_{ij}$  表示第  $j$  个指标的权重值,其中  $q=2$  表示主观权重,  $q=k$  表示客观权重,  $q=l$  表示理论权重。

评价函数  $y_i = \sum_{j=1}^m w_{ij} z_{ij}$

用主观权重方法确定的权重设为  $w_{sj}$ ,  $j=1, 2, \dots, m$ 。

其中:  $\sum_{j=1}^m w_{sj} = 1, w_{sj} > 0$ 。

用客观赋权法确定的权重设为  $w_{kj}$ , 其中  $\sum_{j=1}^m w_{kj} = 1, w_{kj} > 0$ 。

设主客观集成后的权重为  $w_{ij}$ , 其中  $\sum_{j=1}^m w_{ij} = 1, w_{ij} > 0$ 。

显然,从主观权重方法出发,主观权重确定的评价函数与组合权重确定的离差为

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [(w_{sj} - w_{ij}) z_{ij}]^2 \quad (6)$$

从客观权重方法出发,客观权重确定的评价函数与组合权重确定的离差为

$$D' = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [(w_{kj} - w_{ij}) z_{ij}]^2 \quad (7)$$

为得到合理的权重  $w_{ij}$ , 使离差  $D$  和  $D'$  二者之和最小,为此构造下列目标规划模型:

$$\begin{aligned} & \min(D, D') \\ & s. t. \quad \sum_{j=1}^m w_{ij} = 1 \\ & \quad w_{ij} > 0, j=1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (8)$$

模型(8)的涵义就是求出一个权重向量,使两个目标  $D$  和  $D'$  同时达到最小。为了求解模型(8),可以采用线性加权方法,将两目标最优化模型转化为等价的单目标最优化模型:

$$\begin{aligned} & \min Z = \alpha \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [(w_{sj} - w_{ij}) z_{ij}]^2 + \beta \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [(w_{kj} - w_{ij}) z_{ij}]^2 \\ & s. t. \quad \sum_{j=1}^m w_{ij} = 1 \\ & \quad w_{ij} > 0, j=1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (9)$$

其中  $\alpha, \beta$  表示相对重要程度,且  $\alpha + \beta = 1, \alpha, \beta > 0$ 。为了求解模型(9),建立 Lagrange 函数:

$$\begin{aligned} L = & \alpha \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [(w_{sj} - w_{ij}) z_{ij}]^2 + \beta \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [(w_{kj} - w_{ij}) z_{ij}]^2 + \\ & 2\lambda (\sum_{j=1}^m w_{ij} - 1) \end{aligned}$$

其中,  $\lambda$  为 Lagrange 乘子。令  $\partial L / \partial w_{ij} = 0$ ,

$$(\alpha w_{sj} + \beta w_{kj}) \sum_{i=1}^n z_{ij}^2 = w_{ij} \sum_{i=1}^n z_{ij}^2 + \lambda \quad (10)$$

由  $\sum_{j=1}^m w_{sj} = 1, \sum_{j=1}^m w_{kj} = 1$ , 可知  $\lambda = 0$ , 带入式(10), 得

$$w_{ij} = \alpha w_{sj} + \beta w_{kj}, j=1, 2, \dots, m \quad (11)$$

利用组合权重,计算各个权重值  $g(X_n), g(X_{n-1}), \dots, g(X_1)$ , 利用式(1), 得到基于组合权重的各个评价单元的评

价值。

#### 4 FI-SEM 集成方法的实施步骤

应用 FI-SEM 评价方法来评价信息系统实施过程的步骤如下。

##### 步骤 1 采集及处理指标值。

通过综合各个专家的意见,将定性指标语意值转化为三角模糊值:

$\tilde{F} = \{\tilde{f}(X_h^i) | h=1, \dots, n; i=1, \dots, dn_h\}$ ,  $\tilde{f}_l(X_h^i)$  为三角模糊数,表示为  $(l_i^h, m_i^h, u_i^h)$ ,  $\tilde{f}_l(X_h^i)$  为第  $l$  位专家对评价层面  $X_h$  下第  $i$  个定性指标  $X_h^i$  给与的语意值所对应的三角模糊值; $n$  为评价层面的个数; $dn_h$  为评价层面  $X_h$  下的定性指标个数; $m$  为专家的人数。综合专家的意见,确定各个指标的三角模糊数值。将三角模糊数转化为自然值。

$$\tilde{f}(X_h^i) = \frac{1}{m} \otimes (\tilde{f}_1(X_h^i) \oplus \tilde{f}_2(X_h^i) + \dots \oplus \tilde{f}_m(X_h^i)) \quad (12)$$

其中,  $\tilde{f}(X_h^i)$  综合了  $m$  位专家意见后评价层面  $X_h$  下第  $i$  个定性指标  $X_h^i$  的模糊值。

本研究采用下列公式将模糊值转换成自然值<sup>[2]</sup>。

$$f(X_h^i) = l_i^h + \{(m_i^h - l_i^h) + (u_i^h - l_i^h)\} / 3$$

##### 步骤 2 确定参数和权重(模糊密度)。

可以根据不同的评价目的,选取不同的参数值,本文选取参数  $\lambda=1$ <sup>[3]</sup>。

##### (1)确定主观权重。

①本文利用三角模糊层次分析法(F-AHP)来确定主观权重。

组织专家用语意变量对两两指标的重要性做出判断,依据判断信息,构建语意变量判断矩阵,然后根据语意变量及其和三角模糊数之间的转换关系,把语意变量判断矩阵转化为三角模糊判断矩阵。

假设第  $k$  个专家的权重为  $h_k$ ,第  $h$  层下的  $dn$  个指标的三角模糊数互补判断矩阵为  $\tilde{F}^k = (\tilde{f}_{ij}^k)$ ,  $k=1, 2, \dots, p$ ,综合专家的权重信息,得到第  $h$  层下的  $dn$  个指标的三角模糊数互补判断矩阵为  $\tilde{F} = \sum_{k=1}^p h_k \tilde{f}_{ij}^k$ ,其中  $\tilde{f}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$  为三角模糊数。

专家权重  $h_k$  的确定主要是依据两个标准:专家对此领域的判断依据和熟悉程度<sup>[4]</sup>。两个标准的量化如表 3 所列。

表 3 专家权重的确定标准量化表

| 判断依据 $ca$ | 量化值 | 熟悉程度 $cs$ | 量化值 |
|-----------|-----|-----------|-----|
| 实践经验      | 0.8 | 很熟悉       | 1   |
| 理论分析      | 0.6 | 熟悉        | 0.8 |
| 同行了解      | 0.4 | 比较熟悉      | 0.4 |
| 直觉        | 0.2 | 不太熟悉      | 0.2 |
|           |     | 不熟悉       | 0   |

每个专家都确定权威程度系数  $cr = (ca + cs) / 2$ 。第  $k$  个专家的权重为  $h_k = cr^k / \sum_{i=1}^m cr^i$ ,  $cr^i$  为第  $i$  个专家的权威程度系数。

##### ②确定判断矩阵的层次三角模糊数权重。

对第  $h$  层次的三角模糊数判断矩阵进行处理,得到三角模糊数权重矩阵,并进行归一化处理。

设  $\tilde{a}_i = (\tilde{f}_{i1} \otimes \tilde{f}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{f}_{id_n})^{\frac{1}{d_n}} = (l_i, m_i, u_i)$ ,  $\tilde{a}_i$  为三角模糊数判断矩阵中各个元素的三角模糊数权重。设归一化后的

模糊权重为  $\tilde{a}_i' = (l_i', m_i', u_i')$ ,则有  $m_i' = m_i / \sum_{i=1}^{d_n} m_i$ ,  $l_i' = l_i \times m_i' / m_i$ ,  $u_i' = u_i \times m_i' / m_i$ 。把三角模糊数权重转化为自然值,得到因素相对于其上层指标的权重,记为  $w_{iz}^h$ 。 $h$  代表指标的层次,表示第  $h$  层指标; $z$  表示主观; $w_{iz}^h$  表示第  $h$  层下的第  $i$  个指标的主观权重。

##### ③确定综合权重。

为了得到同一层次所有元素相对于最高层的重要性比较,还必须在层次权重的基础上计算综合权重。每个指标的层次权重与其上所有的层次权重相乘,得到此指标的综合权重。至此,得到因素相对于总目标的权重值。

##### (2)确定客观权重。

主要是依据 SEM 方法进行高阶因子分析,得到各阶因子负荷,如图 1 所示。

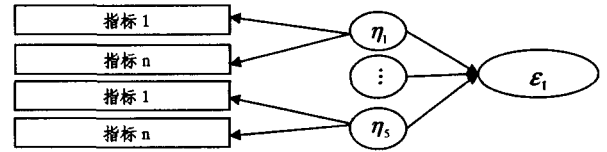


图 1 信息系统实施过程指标客观权重确定模型

对因子负荷进行归一化,记为  $w_{iz}^h$ 。

##### (3)确定组合权重。

记  $g(X_h^i)$  为评价层面  $X_h$  下第  $i$  个评价指标  $X_h^i$  的权重(模糊密度值),  $\lambda^h$  为评价层面  $X_h$  的  $\lambda$  值,  $n$  为评价层面的个数; $dn_h$  为评价层面下  $X_h$  的评价指标个数。计算出  $w_{iz}^h = \alpha w_{iz}^h + \beta w_{iz}^h$ ,  $w_{iz}^h$  相当于  $g(x_1)$ ,  $w_{iz}^h$  相当于  $g(x_2)$ , ...,  $w_{iz}^h$  相当于  $g(x_i)$ 。由式(2)计算评价层面  $X_h$  下的模糊测度并进行归一化处理,得到  $g_{\lambda}(\{X_h^1\})$ ,  $g_{\lambda}(\{X_h^1, X_h^2\})$ ,  $g_{\lambda}(\{X_h^1, X_h^2, \dots, X_h^n\})$ 。

步骤 3 求各个评价层面的评价价值。将评价层面  $X_h$  下各个指标值  $f(X_h^i)$  按照大小重新排列,  $f(x_1^h) \geq f(x_2^h) \geq \dots \geq f(x_{dn}^h)$ ,利用模糊积分公式计算评价层面的评价价值  $f(X_h) = f(x_{dn}^h)g(X_h^{dn}) + [f(x_{dn-1}^h) - f(x_{dn}^h)]g(X_h^{dn-1}) + \dots + [f(x_1^h) - f(x_2^h)]g(X_h^1)$ ,求出所有层面的评价价值  $f = \{f(X_h)\}$ ,  $h=1, \dots, n$ 。

步骤 4 总综合评价价值。由组合权重确定各评价层面的权重值和  $\lambda$  值,结合所有评价层面的评价价值,利用 FI-SEM 计算综合评价价值。

## 5 实证研究

### 5.1 实证思路

若只用一种方法进行评价,其结论难免会引起质疑。所以有必要选择多种评价方法进行各自的分析,然后将所选取的各评价方法评价的结果进行组合,最终得到合理的评估结论。常用的组合评价法主要有 Borda 方法、Copeland 方法、加权平均组合评价法等。本文利用组合评价方法来验证 FI-SEM 集成方法的有效性。运用组合评价法进行评价时,重点分析在运用该方法时要进行事前检验和事后检验。采用肯达尔一致性系数 Kendall 对组合评价法进行事前检验;组合评价法的事后检验,可以采用斯皮尔曼等级相关系数法(Spearman)。具体应用过程见文献<sup>[1]</sup>。

5.2 实证结果

利用 FI-SEM 方法对 30 个企业的信息系统全过程进行评价。

对 30 个企业运用熵系数法、层次分析法、因子分析法进行综合评价。因子分析法运用统计分析软件包 SPSS 中的因子分析模块完成评价过程中的计算,计算结果及排序值略。

用 Borda 方法、Copeland 方法和加权平均组合评价法对原评价方法进行组合。

对包括 FI-SEM 的这 4 种组合方法与原评价方法进行事前和事后检验。 $n>7$  时,检验统计量为

$$x^2=m(n-1)T=83.78$$

由于  $x^2$  服从自由度为  $(n-1)$  的  $x^2$  分布,给定显著性水平  $\alpha$ ,查  $x^2$  分布表,得临界值  $x_{\alpha}^2(n-1)=1.699$ , $\alpha=0.05$ 。所以原评价方法具有一致性,可以应用组合评价方法,通过事前检验。

组合评价法的事后检验:

$n>10$  时,检验统计量为  $t_j=\rho_j \sqrt{(n-2)/(1-\rho_j^2)}$ , $t_j$  服从  $n-2$  的  $t$  分布, $t_{\alpha}=1.701$ 。结果如表 4 所列。

表 4 各个评价结果的相关参数

|        | Borda         | Copeland      | 加权平均组合评价法    | FI-SEM       |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| $\rho$ | $p_1=0.97$    | $p_2=0.9663$  | $p_3=0.8659$ | $p_4=0.9709$ |
| $t$    | $t_1=21.1133$ | $t_2=18.1422$ | $t_3=8.91$   | $t_4=21.45$  |

(上接第 219 页)

期望交叉熵作为文本降维方法,在 2000 维数文本特征下进行实验。实验结果如表 3 所列。

表 3 最小风险测试结果

| $\lambda$ | 邮件查准率    | 正确率      |
|-----------|----------|----------|
| 1         | 94.1606% | 96.8785% |
| 5         | 94.3431% | 96.6522% |
| 10        | 94.6886% | 95.841%  |
| 50        | 95.0092% | 95.5407% |
| 100       | 95.0092% | 95.5407% |
| $+\infty$ | 95.0092% | 95.5407% |

由最小风险测试结果可以看出,改进后的覆盖算法可以提高邮件的查准率,减小邮件的风险性。但从表格可以看出,在降低风险性的同时,会对邮件分类的正确率有所影响。在实际问题中,根据实际的需要,综合考虑风险性与正确率的要求,取定适当的  $\lambda$  值,可以达到满意的分类效果。

参考文献

[1] 曹麒麟,张千里.垃圾邮件与反垃圾邮件技术[M].北京:人民邮电出版社,2003

[2] 陈凯.反垃圾邮件技术的研究与实践[D].北京:北京邮电大学,2006

[3] 张铃,张钺.神经网络中 BP 算法分析[J].模式识别与人工智能,1994,7(3):191-195

[4] 张铃,张钺.人工神经网络理论及应用[M].杭州:浙江科学技术出版社,1997

上述 4 种评价方法均通过了事后检验,根据  $p_1, p_2, p_3, p_4$  之间的比较, $p_4$  为最佳的评价方法。Borda 法和 Copeland 法通过评价对象的优劣计数做出评价,对原始评价值的差异体现较少,保距效果最差;加权评价法是基于标准化的评价值进行组合,利用了原始评价值的距离信息,因而保距效果较佳。但考虑到计算过程要计算出原始评价方法,计算过程比较复杂,而且从  $p_3$  和  $p_4$  数值上看, $p_4>p_3$ ,也意味着 FI-SEM 要优于加权组合评价法。

结束语 利用 FI-SEM 集成方法对 30 个企业的信息系统实施过程进行评价,通过与其它组合评价方法的事前和事后检验比较,说明了基于 FI-SEM 集成方法来评价企业信息系统实施过程的有效性。

参考文献

[1] 于秀艳.企业核心 IT 能力评价研究[D].上海:同济大学,2009

[2] Chou tzy-yuan T, et al. Evaluating IT/IS investments: a fuzzy multi-criteria decision model approach[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 173: 1026-1046

[3] 毕克新.基于模糊积分的区域中小型企业技术创新测度与评价[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2005

[4] 何圣.上海劳动关系综合评价指标体系构建及应用研究[D].上海复旦大学,2007

[5] 张铃,张钺,殷海风.多层前向网络的覆盖算法[J].软件学报,1999,10(7):737-742

[6] 吴涛,张燕平,张铃.前向神经网络覆盖算法的一种改进[J].微机发展,2003(3):50-52

[7] 王倩倩,段震.基于神经网络的垃圾邮件过滤[J].合肥学院学报,2006,16(1):55-57

[8] Salton G, Wong A. On the specification of term value in automatic indexing [J]. Journal of Documentation, 1973, 29(4): 351-372

[9] Yang Y, Pedersen J O. A comparative study on feature selection in text categorization[A]//Proceedings of the 14th International Conference on Machine Learning (ICML'97)[C]. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1997: 412-420

[10] Li Wenbin, Liu Chunnian, Chen Yiyang. Design and Implement Cost2Sensitive Email Filtering Algorithms [A]//Proceedings of the Artificial Intelligence Applications and Innovations[C]. Beijing(CN), 2005: 325-334

[11] 程泽凯,林士敏.文本分类器准确性评估方法[J].情报学报,2004,23(5):631-636

[12] Chang C C, Lin C J. LIBSVM: a library for support vector machines[EB/OL]. http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm, 2001

[13] 张燕平,张铃,吴涛.机器学习中的多侧面递进算法 MIDA[J].电子学报,2005,33(2):327-331