

基于改进的 BOCR 和 FANP 模型的 ERP 系统选择方法^{*}

周晓光¹, 吕 波¹, 朱 蓉²

(1. 北京科技大学 东凌经济管理学院, 北京 100083; 2. 中国石油集团安全环保技术研究院 人事处, 北京 100083)

摘 要: ERP 系统能够明显影响企业未来的竞争力和企业绩效。ERP 系统的选择是一个典型的多因素决策问题。基于 BOCR 理论建立了 ERP 系统选择的评价指标体系, 考虑了准则/指标之间的相互影响和反馈关系。由于评价过程中信息的不精确和模糊性, 用三角模糊数表示专家或决策者的偏好意见, 根据模糊优先规划方法计算三角模糊判断矩阵的局部权重。依据准则/指标之间的网络结构关系建立了未加权超矩阵, 计算了收敛后的极限超矩阵, 以得出各指标的综合权重。最后以案例说明如何应用提出的方法。

关键词: 模糊网络分析法; BOCR 模型; 模糊优先规划; 企业资源计划系统选择

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)01-0063-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.01.017

ERP system selection approach based on improved BOCR and FANP model

ZHOU Xiao-guang¹, LV Bo¹, ZHU Rong²

(1. Dongling School of Economics & Management, University of Science & Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. Human Resources Department, CNPC Research Institute of Safety & Environment Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: ERP system can significantly affect the competitiveness and performance of an enterprise in the future. The problem of selecting an optimal ERP system is a multi-attribute decision making problem. Taking account into the interaction and feedback relationships between criteria/index, this paper established an evaluation index system for selecting an optimal ERP system based on improved BOCR model. Due to the uncertainty and vagueness during the process of evaluation, used triangular fuzzy numbers to denote experts' or decision-makers' preference opinions. Calculated local priority for triangular fuzzy comparison matrix by the method of fuzzy preference programming. Built an unweighted supermatrix based on the network structure of criteria/index, and figured out the limited supermatrix, so gained the comprehensive priority of each index. Finally, gave a case to illustrate the proposed method.

Key words: fuzzy analytic network process(FANP); BOCR model; fuzzy preference programming (FPP); ERP system selection

0 引言

ERP(enterprise resource planning)系统的应用是产品日趋复杂、技术飞速发展和全球化所带来的结果。企业在 ERP 系统上的投资将显著影响其竞争力和绩效。但许多企业对 ERP 的投入没有产生预期的结果^[1], 因此, 如何选择合适的 ERP 系统成为企业需要解决的重要问题。

赵昆等人^[2]以战略对应理论为基础, 以获取战略竞争优势为目标, 提出了基于 ANP(analytic network process, 网络分析法)的信息系统项目的选择模型。Wei 等人^[3]综合考虑了外部专业报告的客观数据和内部评审人员的主观数据, 提出了基于模糊层次分析法的 ERP 系统选择模型。Wei 等人^[4]在考虑企业发展战略的基础上提出了基于 AHP(analytic hierarchy process, 层次分析法)的 ERP 系统选择框架。王铁男等人^[5]以平衡记分卡理论为基础, 运用 AHP 确定指标权重, 建立了企业信息化绩效评价指标体系, 为企业进行 IT 投资提供了指导和

监督。Liao 等人^[6]基于语言信息处理方法提出了 ERP 系统选择框架, 建立了选择最合适 ERP 系统的线性规划模型。Liang 等人^[7]考虑了准则之间的相互影响关系, 对 ERP 系统的效益、机会、成本和风险进行了分析, 提出了基于 ANP 方法的信息系统选择模型。Yazgan 等人^[8]以 ANP 确定的权重为输入, 提出了基于人工神经网络模型的 ERP 系统选择方法。张天平等人^[9]为给用户选型决策和系统适配提供依据, 提出了基于模糊层次分析法的 ERP 系统柔性测度方法, 为选择 ERP 系统提供了参考。李春好等人^[10]通过构建概率影响矩阵和方案评价的价值体系, 给出系统结构稳定的方案排序新方法。

综上所述, 现有研究要么是用经典的 AHP 或 ANP 方法进行 ERP 系统选择, 要么没有考虑准则/指标之间的相互作用关系。经典的 AHP 和 ANP 方法需要用确定的值来表示准则/指标之间的相互影响关系。然而在实际中, 由于信息的不精确性和模糊性, 往往难以得到确定的值, 用模糊数表示专家的偏好意见更为恰当和准确。同时, 由于准则/指标之间并不是独

收稿日期: 2011-05-31; 修回日期: 2011-07-13 基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(FRF-BR-11-009A)

作者简介: 周晓光(1977-), 男, 湖南汨罗人, 副教授, 博士, 主要研究方向为模糊决策、企业信息化(xiaoguang@ustb.edu.cn); 吕波(1985-), 男, 四川蓬溪人, 硕士, 主要研究方向为企业信息化; 朱蓉(1978-), 女, 湖北仙桃人, 经济师, 高级主管, 主要研究方向为企业信息化、人力资源管理。

立的,需要考虑它们之间的相互影响和相互作用关系。

1 评价指标体系的建立

ERP 系统的选择问题是一个多因素多准则决策问题。企业选择 ERP 系统时,不仅要考虑它为企业带来的效益和机遇,还要考虑成本和风险,以及它是否适应企业战略发展的需要。Saaty 于 1996 年在 AHP 方法的基础上提出了 ANP 方法^[11],随后提出了基于 BOCR(benefits, opportunities, costs, risks)准则的权重综合集成方法^[12]。李春好等人^[13]基于数据分析包络理论提出了一种新的 ANP/BOCR 评价值的综合集成方法。传统的 BOCR 理论认为评价的各因素相互独立,然而实际中评价准则/指标之间往往相互依存。本文根据企业的效益、机会、风险和成本建立了评价指标体系,考虑了准则/指标之间的相互影响和反馈关系,如图 1 所示。

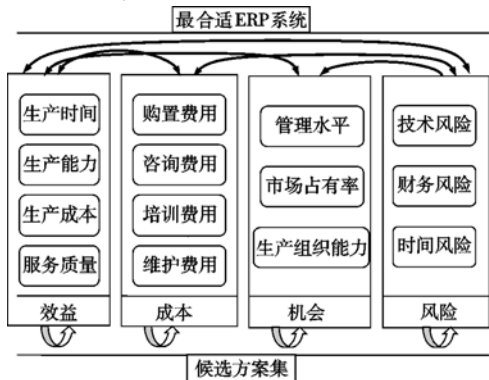


图 1 ERP系统选择评价指标体系

图 1 中,效益、机会、成本、风险各准则之间相互影响、相互依赖。效益越好,所需要的成本越高,机会越大,可能的风险也越大;成本越高,面临的的风险越高,往往效益越好;机会越大,效益越好;风险越大所需的成本越大,能带来的效益往往也高。

效益准则下有四个子指标,即生产时间(B_1)、生产能力(B_2)、生产成本(B_3)和服务质量(B_4)。这四个指标之间相互影响,随着生产时间和生产成本的降低,企业的生产能力得到增强,服务质量提高。生产时间的缩短同样能减少生产成本。

成本是指引进 ERP 系统的成本,包括购置费用(C_1)、咨询费用(C_2)、培训费用(C_3)和维护费用(C_4)。购置费用越低所需要的咨询费用越低、培训费用越低、维护费用越高,反之也存在相互影响关系。

ERP 系统为企业带来的长期机遇即机会,包括管理水平(O_1)、市场占有率(O_2)、生产组织能力(O_3)。长远来看,企业引入 ERP 系统后,随着生产组织能力的提高会促进企业管理水平的提高,较高的管理水平和较强的生产组织能力可以使企业的市场占有率得到提升。

ERP 系统存在三方面的风险:技术风险(R_1)、财务风险(R_2)、时间风险(R_3)。引入 ERP 系统需要考虑其实现的可能性。技术难度越大,系统面临的技术风险越高,超时的风险越大,财务风险也越高;反之也会产生相互制约作用。

2 基于改进的 BOCR 和 FANP 模型的 ERP 系统选择方法

2.1 三角模糊数

三角模糊数 M 常用 (l, m, u) 表示,其中 $l \leq m \leq u$,参数 l, m 和 u 分别表示模糊程度的最小可能值、最可能的值和最大可能值。三角模糊数 M 的隶属函数如图 2 所示,具有如下形式:

$$u_M(x) = \begin{cases} (x-l)/(m-l) & l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m) & m \leq x \leq u \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

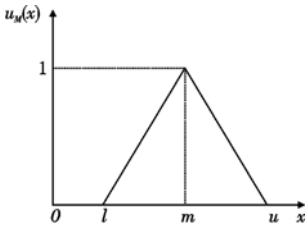


图 2 三角模糊数 M

2.2 模糊语言变量

在对评价指标或方案进行评价的过程中,由于信息的不精确和专家经验、文化背景的不同,用三角模糊数表示专家的偏好意见更为恰当和准确。本文采用的模糊语言变量如表 1 所示。表 1 与 Saaty 所提出的 1~9 的数量标度相对应。如指标 a_i 与 a_j 相比,相对重要性为比较重要,则可用三角模糊数 $(3, 5, 7)$ 表示专家的偏好;反过来 a_j 与 a_i 相比,相对重要性可用三角模糊数 $(1/7, 1/5, 1/3)$ 表示。如果相对重要性介于稍微重要和比较重要之间,则可以用中间值 M_4 来表示。

表 1 相对重要性的语言变量建议值

相对重要性	三角模糊数	三角模糊数的倒数
完全相同	$M_0 = (1, 1, 1)$	$(1, 1, 1)$
几乎相同	$M_1 = (1, 1, 3)$	$(1/3, 1, 1)$
稍微重要	$M_3 = (1, 3, 5)$	$(1/5, 1/3, 1)$
比较重要	$M_5 = (3, 5, 7)$	$(1/7, 1/5, 1/3)$
重要	$M_7 = (5, 7, 9)$	$(1/9, 1/7, 1/5)$
绝对重要	$M_9 = (7, 9, 9)$	$(1/9, 1/9, 1/7)$
中间值	$M_2 = (1, 2, 3)$	$(1/3, 1/2, 1)$
	$M_4 = (3, 4, 5)$	$(1/5, 1/4, 1/3)$
	$M_6 = (5, 6, 7)$	$(1/7, 1/6, 1/5)$
	$M_8 = (7, 8, 9)$	$(1/9, 1/8, 1/7)$

2.3 三角模糊判断矩阵权重的计算

关于模糊判断矩阵权重的计算,学者们提出了多种方法。如 1996 年 Chang^[14]提出了求解模糊层次分析模型的程度分析方法;2000 年 Xu^[15]提出了计算权重的模糊最小二乘法;2001 年 Csutora 等人^[16]提出了 λ -Max 方法,它是著名的 Kmax 方法的直接模糊化;2003 年, Mikhailov^[17]提出了求解 FANP 模型的模糊优先规划方法(fuzzy preference programming, FPP);2006 年 Wang 等人^[18]提出改进的模糊对数最小二乘法。考虑到计算的简便性和结果的准确性,本文选取 FPP 方法,编写了相应的 MATLAB 程序,进行了案例计算。

根据 FPP 方法,对于用三角模糊数 (l, m, u) 表示的专家的偏好意见,权重可通过计算关于 w_i/w_j 的隶属函数得出,如式(2)所示。其中 l 和 u 分别表示专家判断意见的下界和上界, m 表示判断意见的最可能值, w_i, w_j 分别表示第 i 和 j 个评价指标的权重。

$$u_{ij}(\frac{w_i}{w_j}) = \begin{cases} \frac{(\frac{w_i}{w_j}) - l_{ij}}{m_{ij} - l_{ij}} & \frac{w_i}{w_j} \leq m_{ij} \\ \frac{u_{ij} - (\frac{w_i}{w_j})}{u_{ij} - m_{ij}} & \frac{w_i}{w_j} \geq m_{ij} \end{cases} \quad (2)$$

其中,当 $w_i/w_j < l_{ij}$ 或 $w_i/w_j > u_{ij}$ 时, u_{ij} 为负值;当 $w_i/w_j = m_{ij}$ 时, u_{ij} 取到最大值 1。当判断矩阵的一致性不好时,其值将为负值。

对于满足上述条件的权向量,定义其隶属度为其各个比值

的隶属度中的最小值,即

$$u_P(w) = \min_{ij} \{ u_{ij}(w) \mid i = 1, 2, \dots, n-1; j = 2, 3, \dots, n; j > i \} \quad (3)$$

在所有满足条件的解集中,选取具有最大隶属度的向量为解向量,即

$$\lambda^* = u_P(w^*) = \max(u_P(w)) \quad (4)$$

以上过程可以用如下非线性规划方程表示:

$$\begin{aligned} & \max \lambda \\ \text{s. t.} & \begin{cases} (m_{ij} - l_{ij})\lambda w_j - w_i + l_{ij}w_j \leq 0 \\ (u_{ij} - m_{ij})\lambda w_j + w_i - u_{ij}w_j \leq 0 \\ \sum_{k=1}^n w_k = 1 \quad w_k > 0, k = 1, 2, \dots, n \\ i = 1, 2, \dots, n-1; j = 2, 3, \dots, n; j > i \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

求解得到的最优值 λ^* 如果是正数,表示模糊判断具有较好的一致性;如果是负值,则表明模糊判断矩阵的一致性较低, w^* 表示可行域中使隶属度最大的权重。

2.4 基于FANP的ERP系统选择决策方法

基于FANP的ERP系统选择决策方法如下:

a)应用改进的BOCR模型,建立选择最合适ERP系统的评价指标体系,识别准则与指标之间的相互影响和反馈关系,如图1所示。

b)请专家对准则/指标进行两两成对比较,然后将专家意见用相应的三角模糊数表示,如表1所示。建立准则/指标两两成对比较的判断矩阵,同时对候选方案进行评分。

c)根据FPP方法,利用MATLAB软件计算三角模糊判断矩阵的局部权重。

d)根据准则/指标间具有的网络结构,建立未加权超矩阵。

e)将未加权超矩阵的列归一化,建立加权超矩阵 W 。

f)将加权超矩阵自乘,经过若干次后得到稳定的极限超矩阵,计算式如下:

$$\overline{W} = \lim_{t \rightarrow \infty} W^t \quad (6)$$

任选一列作为准则/指标的综合权重。

g)根据候选ERP系统的评分和指标的综合权重计算各方案的得分,据此选择最合适ERP系统。计算式如下:

$$S_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \times w_j \quad (7)$$

其中, S_i 表示第 i 个方案的综合得分; w_j 表示第 j 个评价指标的权重; A_{ij} 表示方案 i 在第 j 个评价指标下的得分; n 表示评价指标个数。

3 案例分析

某公司由于业务不断发展壮大,需引进一套新的ERP系统。经过前期的筛选,剩下三家ERP系统供应商所提供的产品需要进一步评估,分别记为 A_1 、 A_2 、 A_3 。公司成立了一个专家组,负责对此三家供应商的产品进行全面的评价。

a)应用改进的BOCR模型,建立选择最佳ERP系统的评价指标体系,识别准则和指标之间的相互影响和反馈关系如图1所示。

b)请专家对准则/指标进行两两成对比较,将专家意见用相应的三角模糊数表示,建立准则/指标之间的判断矩阵,同时对候选方案集进行评分。例如,专家组对效益准则下以生产时间(B_1)为标准进行两两比较的三角模糊判断矩阵如表2所示。同样,根据评价指标体系中各准则/指标之间的网络关系,建立其他相应的三角模糊判断矩阵。

表2 效益准则下以生产时间为标准的判断矩阵

B_1	B_2	B_3	B_4	w
B_2	(1,1,1)	(1/3,1,1)	(1,2,3)	0.3769
B_3		(1,1,1)	(2,3,4)	0.4564
B_4			(1,1,1)	0.1667
$\lambda = 0.7386$				

c)根据FPP方法,对表2而言,可将其转换为如下非线性规划模型。

$$\begin{aligned} & \max \lambda \\ \text{s. t.} & \begin{cases} (2/3)\lambda w_2 - w_1 + (1/3)w_2 \leq 0 \\ w_1 - w_2 \leq 0 \\ \lambda w_3 - w_1 + w_3 \leq 0 \\ \lambda w_3 + w_1 - 3w_3 \leq 0 \\ \lambda w_3 - w_2 + 2w_3 \leq 0 \\ \lambda w_3 + w_2 - 4w_3 \leq 0 \\ w_1 + w_2 + w_3 = 1 \\ w_1, w_2, w_3 \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

利用MATLAB软件编写相应的程序,计算出三角模糊判断矩阵的局部权重 $w^* = (0.3769, 0.4564, 0.1667)$; $\lambda^* = 0.7386$,说明该三角模糊判断矩阵具有较好的一致性。同样求出其他三角模糊判断矩阵的局部权重。

d)根据准则/指标间具有的网络结构,建立未加权超矩阵,如表3所示。

e)将未加权超矩阵的列归一化,建立加权超矩阵 W ,如表4所示。

表3 未加权超矩阵

指标	B_1	B_2	B_3	B_4	C_1	C_2	C_3	C_4	O_1	O_2	O_3	R_1	R_2	R_3
B_1	0	0.142 9	0.584 1	0.478 4	0.506 9	0.136 3	0.496 3	0.222 2	0.191 9	0.18	0.358 5	0.281 8	0.402 4	0.222 2
B_2	0.376 9	0	0.113 9	0.126 3	0.080 2	0.225 3	0.172 4	0.444 4	0.191 9	0.423 6	0.099 7	0.131 9	0.134 2	0.444 4
B_3	0.456 4	0.285 7	0	0.395 3	0.137 9	0.158 6	0.133 2	0.111 2	0.424 3	0.198 2	0.076 5	0.310 2	0.315 7	0.111 2
B_4	0.166 7	0.571 4	0.302	0	0.275	0.479 8	0.198 1	0.222 2	0.191 9	0.198 2	0.465 3	0.276 1	0.147 7	0.222 2
C_1	0.109 9	0.176 5	0.514	0.111 2	0	0.669 4	0.444 4	0.2	0	0	0	0.385 2	0.312 5	0.141 4
C_2	0.16	0.352 9	0.138 2	0.222 2	0.125 4	0	0.111 2	0.4	0	0	0	0.135 6	0.416 6	0.233 6
C_3	0.398 8	0.117 7	0.237 8	0.444 4	0.584 9	0.093 3	0	0.4	0	0	0	0.218 8	0.104 2	0.164 4
C_4	0.331 3	0.352 9	0.11	0.222 2	0.289 7	0.237 3	0.444 4	0	0	0	0	0.260 4	0.166 7	0.460 6
O_1	0.631 3	0.314 1	0.25	0.238 9	0	0	0	0	0	0.666 7	0.5	0	0	0
O_2	0.285 4	0.111 8	0.5	0.522 2	0	0	0	0	0.333 3	0	0.5	0	0	0
O_3	0.083 3	0.574 1	0.25	0.238 9	0	0	0	0	0.666 7	0.333 3	0	0	0	0
R_1	0.584 1	0.4	0.2	0.542 8	0.717 6	0.333 4	0.125 4	0.4	0.5	0.125 4	0.2	0	0.2	0.2
R_2	0.113 9	0.2	0.4	0.165 8	0.202 6	0.333 3	0.237 1	0.2	0.25	0.237 1	0.4	0.333 3	0	0.8
R_3	0.302	0.4	0.4	0.291 4	0.079 8	0.333 3	0.637 5	0.4	0.25	0.637 5	0.4	0.666 7	0.8	0

表 4 加权超矩阵

指标	B_1	B_2	B_3	B_4	C_1	C_2	C_3	C_4	O_1	O_2	O_3	R_1	R_2	R_3
B_1	0.000 0	0.035 7	0.146 0	0.119 6	0.169 0	0.045 4	0.165 4	0.074 1	0.064 0	0.060 0	0.119 5	0.093 9	0.134 1	0.074 1
B_2	0.094 2	0.000 0	0.028 5	0.031 6	0.026 7	0.075 1	0.057 5	0.148 1	0.064 0	0.141 2	0.033 2	0.044 1	0.044 7	0.148 1
B_3	0.114 1	0.071 4	0.000 0	0.098 8	0.046 0	0.052 9	0.044 4	0.037 1	0.141 4	0.066 1	0.025 5	0.103 4	0.105 2	0.037 1
B_4	0.041 7	0.142 9	0.075 5	0.000 0	0.091 7	0.159 9	0.066 0	0.074 1	0.064 0	0.066 1	0.155 1	0.092 0	0.049 2	0.074 1
C_1	0.027 5	0.044 1	0.128 4	0.027 8	0.000 0	0.223 1	0.148 1	0.066 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.128 4	0.104 2	0.047 1
C_2	0.040 0	0.088 2	0.034 6	0.055 6	0.041 8	0.000 0	0.037 2	0.133 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.045 2	0.138 9	0.077 9
C_3	0.099 7	0.029 4	0.059 5	0.111 1	0.195 0	0.031 2	0.000 0	0.133 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.072 9	0.034 7	0.054 8
C_4	0.082 8	0.088 2	0.027 5	0.055 6	0.096 6	0.079 1	0.148 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.086 8	0.055 6	0.153 5
O_1	0.157 8	0.078 5	0.062 5	0.059 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.222 2	0.166 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0
O_2	0.071 4	0.028 1	0.125 0	0.130 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.111 1	0.000 0	0.166 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0
O_3	0.020 8	0.143 5	0.062 5	0.059 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.222 2	0.111 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
R_1	0.146 0	0.100 0	0.050 0	0.135 6	0.239 1	0.111 1	0.041 8	0.133 3	0.166 7	0.041 8	0.066 7	0.000 0	0.066 7	0.066 7
R_2	0.028 5	0.050 0	0.100 0	0.041 5	0.067 5	0.111 1	0.079 0	0.066 7	0.083 3	0.079 0	0.133 3	0.111 1	0.000 0	0.266 6
R_3	0.075 5	0.100 0	0.100 0	0.072 9	0.026 6	0.111 1	0.212 5	0.133 3	0.083 3	0.212 5	0.133 3	0.222 2	0.266 7	0.000 0

f) 根据式(6),计算极限超矩阵,如表 5 所示。任选一列作为准则/指标的综合权重。本例中评价指标的综合权重为 $w = (0.0922, 0.0694, 0.0686, 0.0775, 0.0717, 0.0581, 0.0662, 0.0732, 0.0431, 0.0378, 0.0346, 0.0957, 0.0915, 0.1205)$ 。

g) 根据式(7),计算各候选 ERP 系统的综合得分,如表 6 所示。本例中三个候选 ERP 系统的最后综合得分分别为 $S_1 = 0.3018, S_2 = 0.3574, S_3 = 0.3409$ 。方案 A_2 获得最高分 0.3574, 故选择 A_2 为最佳行动方案。

表 5 极限超矩阵

指标	B_1	B_2	B_3	B_4	C_1	C_2	C_3	C_4	O_1	O_2	O_3	R_1	R_2	R_3
B_1	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2	0.092 2
B_2	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4	0.069 4
B_3	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6	0.068 6
B_4	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5	0.077 5
C_1	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7	0.071 7
C_2	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1	0.058 1
C_3	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2	0.066 2
C_4	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2	0.073 2
O_1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1	0.043 1
O_2	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8	0.037 8
O_3	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6	0.034 6
R_1	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7	0.095 7
R_2	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5	0.091 5
R_3	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5	0.120 5

表 6 专家评分表

指标	B_1	B_2	B_3	B_4	C_1	C_2	C_3	C_4	O_1	O_2	O_3	R_1	R_2	R_3	S_i
w_i	0.092 2	0.069 4	0.068 6	0.077 5	0.071 7	0.058 1	0.066 2	0.073 2	0.043 1	0.037 8	0.034 6	0.095 7	0.091 5	0.120 5	
A_1	0.260 9	0.304 3	0.210 5	0.318 2	0.320 0	0.318 2	0.277 8	0.333 3	0.428 6	0.352 9	0.304 3	0.266 7	0.368 4	0.263 2	0.301 8
A_2	0.391 3	0.304 3	0.473 7	0.363 6	0.360 0	0.318 2	0.388 9	0.285 7	0.285 7	0.294 1	0.347 8	0.400 0	0.263 2	0.421 1	0.357 4
A_3	0.347 8	0.391 3	0.315 8	0.318 2	0.320 0	0.363 6	0.333 3	0.381 0	0.285 7	0.352 9	0.347 8	0.333 3	0.368 4	0.315 8	0.340 9

4 结束语

本文基于改进的 BOCR 模型建立了 ERP 系统选择评价指标体系,考虑了准则/指标之间的相互依赖和反馈关系。为了更好地处理在评价过程中产生的模糊和不确定性,本文采用三角模糊数表示专家或决策者的偏好意见,提出了基于 BOCR 和 FANP 模型的 ERP 系统选择方法。案例表明该方法能有效地处理此类问题,可帮助决策者作出更为准确的决策。

参考文献:

[1] MULEBEKE J A W,ZHENG Li. Analytical network process for software selection in product development:a case study[J]. Journal of Engineering and Technology Manage, 2006, 23(4): 337-352.

[2] 赵昆,黄丽华,孙海. 基于战略竞争优势的信息系统项目选择模型[J]. 系统工程学报, 2005,20(6): 661-665.

[3] WEI C C, WANG M J J. A comprehensive framework for selecting an

ERP system[J]. International Journal of Project Management, 2004,22(2): 161-169.

[4] WEI C C, CHIEN C F, WANG M J J. An AHP-based approach to ERP system selection[J]. International Journal of Production Economics, 2005,96(1): 47-62.

[5] 王铁男,李一军,刘娇. 基于 BSC 的企业信息化绩效评价应用研究[J]. 中国软科学, 2006(4):136-147,155.

[6] LIAO Xiu-wu, LI Yuan, LU Bing. A model for selecting an ERP system based on linguistic information processing[J]. Information System, 2007,32(7):1005-1017.

[7] LIANG Chao, LI Qing. Enterprise information system project selection with regard to BOCR [J]. International Journal of Project Management, 2008,26(8): 810-820.

[8] YAZGAN H R,BORAN S,GOZTEPE K. An ERP software selection process with using artificial neural network based on analytic network process approach[J]. Expert System with Application, 2009,36(5): 9214-9222.

(下转第 122 页)

知,三种算法在较大信噪比范围内得到的信道阶数平均估计值都是 2,这是信道 2 主体部分的阶数,图中结果说明信噪比较低时,噪声对接收信号的影响淹没了信道较小冲激响应对发射信号的作用,使得对信道阶数的估计更加困难,算法仅能估计出信道主体部分的阶数,在对信道进行盲辨识时,如果信道较小冲激响应对发射信号的作用不可忽略时,该估计结果无效。

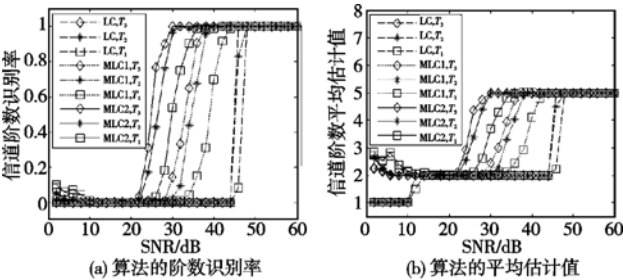


图5 Lc及两种改进算法对信道2阶数识别结果

比较图 4 和 5 可知,由于信道 1 比信道 2 的条件要好,所以同一算法对信道 1 的信噪比要求比较低,对信道 2 的信噪比要求却比较高;另外,对信道 1 进行阶数估计时,本文两种算法的识别率曲线相差不大,对信道 2 进行阶数估计时,MLC2 明显优于 MLC1,这说明在信道条件比较差时,MLC2 估计信道阶数的优势更加明显。

由上述实验结果及性能分析可以得到如下结论:尽管 LC 准则性能比较稳定,对数据量的变化具有较好的鲁棒性,但它对信噪比的要求比较高,实际应用中受到限制;MLC1 获得了比 LC 准则较好的估计性能,对信噪比要求比较低,性能也很稳定,当信道冲激响应含有较小的头部和拖尾时,MLC1 对信噪比和数据量的要求相应增高;而 MLC2 获得了比 LC 准则和 MLC1 算法更好的估计性能,对信噪比的要求最低,性能也很稳定,特别是当信道含有较小冲激响应值时,比 MLC1 对信噪比的要求还低,优越性也更明显,适用范围更广。

4 结束语

本文针对 LC 准则对信噪比和信道条件要求比较高这一问题,在 LC 准则基础上提出了两种改进的有效秩检测准则,两种改进的准则分别采用相邻三个特征值之间不同的约束关系构建了新的目标函数,通过对目标函数最优化来估计自协方差矩阵的有效秩,进而估计信道的有效阶数。它们在保持较好稳定性的前提下,降低了算法对信道和信噪比的要求;同时限定了自变量的取值范围,避免了不必要的运算。通过仿真实验验证了两种改进准则的有效性,比较了它们对信道阶数的估计

性能。它们的估计性能明显优于 LC 准则,更重要的是 MLC2 比 MLC1 对信噪比和信道的要求最低,应用范围更广。

参考文献:

[1] AKAIKE H. A new look at the statistical model identification [J]. IEEE Trans on Automat Control, 1974, 19(6): 716-723.

[2] RISSANEN J. A universal prior for integers and estimation by minimum description length [J]. Annals of Statistics, 1983, 11(2): 416-431.

[3] HAYKIN S. 自适应滤波器原理 [M]. 4 版, 郑宝玉, 译. 北京: 电子工业出版社, 2003.

[4] LIAVAS A P, REGALIA P A. On the behavior of information theoretic criteria for model order selection [J]. IEEE Trans on Signal Processing, 2001, 49(8): 1689-1695.

[5] LIAVAS A P, REGALIA P A, DELMAS J. Blind channel approximation: effective channel order determination [J]. IEEE Trans on Signal Processing, 1999, 47(12): 3336-3344.

[6] GERSTACKER W H, TAYLOR D P. Blind channel order estimation based on second-order statistics [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2003, 10(2): 39-42.

[7] AWAN M K, AFTAB M F, ZEE Shan. Channel order estimation in cyclostationarity based blind channel equalization [C]//Proc of the 9th International Multitopic Conference. 2005: 1-6.

[8] UENG F B, YU S J. Blind equalization based on effective channel order determination for multiple FIR channels [C]//Proc of the 5th Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications. 2004: 382-385.

[9] VIA J, SANTAMARIA I, PEREZ J. Effective channel order estimation based on combined identification/equalization [J]. IEEE Trans on Signal Processing, 2006, 54(9): 3518-3526.

[10] GREEN P J, TAYLOR D P. Dynamic channel-order estimation algorithm [J]. IEEE Trans on Signal Processing, 2006, 54(5): 1922-1923.

[11] 刘媛涛, 葛临东, 王彬. 一种基于噪声功率的信道有效阶数估计算法 [J]. 计算机工程, 2008, 34(9): 133-135.

[12] TONG L, XU Guang-han, KAILATH T. Blind identification and equalization based on second-order statistics: a time-domain approach [J]. IEEE Trans on Information Theory, 1994, 40(2): 340-349.

[13] MOULINES E, DUHAMEL P, CARDOSO J, et al. Subspace methods for the blind identification of multichannel FIR filters [J]. IEEE Trans on Signal Processing, 1995, 43(2): 516-525.

[14] 张天平, 刘友金, 苏选良. 基于模糊层次分析法的 ERP 系统柔性测度分析 [J]. 中国软科学, 2010(7): 165-174.

[15] 李春好, 孙永河. ANP 内部循环依存递阶系统的方案排序新方法 [J]. 管理科学学报, 2008, 11(6): 25-34.

[16] SAATY T L. The analytic network process: decision making with dependence and feedback [M]. Pittsburgh: RWS Publications, 2001.

[17] SAATY T L. Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks [M]. Pittsburgh: RWS Publications, 2005.

[18] 李春好, 孙永河, 段万春. 基于 DEA 理论的 ANP/BOCR 方案评价价值综合集成新方法 [J]. 中国管理科学, 2010, 18(2): 55-61.

[19] Chang Da-yong. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP [J]. European Journal of Operational Research, 1996, 95(3): 649-655.

[20] XU Ruo-ning. Fuzzy least-squares priority method in the analytic hierarchy process [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 112(3): 359-404.

[21] CSUTORA R, BUCKLEY J J. Fuzzy hierarchical analysis: the Lambda-max method [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2001, 120(2): 181-195.

[22] MIKHAILOV L. Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgements [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2003, 134(3): 365-385.

[23] WANG Ying-ming, ELHAG T M S, HUA Zhong-sheng. A modified fuzzy logarithmic least squares method for fuzzy analytic hierarchy process [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2006, 157(23): 3055-3071.