

基于BP神经网络和遗传算法的企业信息化评价研究

李 钢, 田丽娜, 齐二石

(天津大学 管理学院, 天津 300072)

摘 要: 阐述了企业信息化水平评价问题的现状, 提出了运用遗传算法(GA)优化BP神经网络的评价方法, 避免了传统评价方法确定权重值的主观随意性, 并且克服了BP网络中的局部极小缺陷, 使训练速度加快, 在建立BP-GA网络信息化评价模型的基础上, 利用样本公司实际指标数据对模型的评价效果进行了检验, 并与传统BP网络模型的评价结果进行了比较研究。

关键词: 企业信息化; 评价; BP网络; 遗传算法

中图分类号: F270.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2008)05-0129-04

0 引言

企业信息化是指在企业的生产、经营、管理等各个层次、各个环节和各个方面, 应用先进的计算机、通信、网络和软件等现代信息技术和设备, 充分开发、广泛利用企业内外信息资源, 提高企业生产、经营和管理水平, 增强企业竞争力的过程。企业信息化包括设计及生产流程信息化, 企业内部管理的信息化以及电子商务^[1]。

国内外关于企业信息化评价方面的研究正在蓬勃发展。目前, 国外专门针对企业信息化的评价方法还很少, 主要是针对地区或国家的信息化评价方法。而国内企业信息化评价的研究近几年开始兴起。以国家信息化测评中心的

研究最具有权威性。国内的研究主要集中在对企业信息化指标体系的研究上, 而对评估系统及系统实施方面的研究则不多。2001年刘风勤等提出运用企业信息化综合力度法来测度企业信息化水平^[2]; 马莉、孙延明等用层次分析法(AHP)和专家评分法(Delphi)对企业信息化水平进行了评价^[3]; 张俊山提出了模糊聚类评价模型^[4]; 宋宁华采用线性加权法完成了对制造业信息化水平的综合评价^[5]。

上述学者均通过多指标的综合, 得到了企业信息化评价的总分值。但所采用的方法有着共同的不完善之处: 这些方法需要确定指标的权重值, 而较准确地确定各项指标的权重值相当困难, 以往的确定方法大多是由评估人员凭借个人经验进行的, 主观随意性较大; 计算复杂、求

理念。控制成本能力则是遵循这一理念的具体表现, 它对提升创新能力起着重要的作用。我们在企业中应积极培育这一理念, 使创新能力得以可持续发展。

参考文献:

- [1] 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论[M]. 北京: 商务印书馆, 1990.
- [2] 辛文, 杨国安, 等. 科学发展观与四川战略发展重点研究[M]. 成都: 四川人民出版社, 2005.
- [3] [美] 罗斯托. 经济增长的阶段[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2001.
- [4] 陈佳贵, 黄群惠, 钟宏武. 中国地区工业化进程的综合评价和特征分析[R]. 中国社会科学院, 2006.

- [5] 马凯. “十一五”规划战略研究[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 2005.
- [6] 傅家骥. 技术创新学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [7] 芮明杰. 管理创新[M]. 上海: 上海译文出版社, 1997.
- [8] 孙东生, 孙光磊. 关于我国民营企业技术创新动力机制的探讨[J]. 山西财经大学学报, 2005(2).
- [9] 求是科技. 实用数据统计分析及SPSS应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [10] 宋养琰, 刘肖. 企业创新论[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2002.
- [11] 高建. 中国企业技术创新分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.

(责任编辑: 高建平)

收稿日期: 2007-02-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(70671072)

作者简介: 李钢(1958-), 女, 河北省唐山人, 天津大学管理学院副教授, 研究方向为企业信息化管理; 田丽娜(1983-), 女, 河北保定人, 天津大学管理学院硕士研究生, 研究方向为管理科学与工程; 齐二石(1953-), 男, 吉林长春人, 天津大学管理学院教授、博士生导师, 研究方向为企业信息化管理、工业工程。

解烦琐,如每组数据都必须按项逐个确定权重值与相关系数,计算量相当大。鉴于此,本文提出了基于遗传算法的神经网络企业信息化评价,克服了上述弊端,使得企业信息化评价更为客观、准确。

1 企业信息化评价指标体系的建立

由于不同行业的信息化指标的设置不同,本文以制造业为例,采用频度统计法、理论分析法初步设置指标,采用主成分分析法、极大不相关法对指标进行筛选、分类,然后采用专家咨询法调整指标。本文所指的频度统计法系对目前有关企业信息化评价研究的报告、论文提出的指标进行频度统计,选择使用频度较高的指标;理论分析法指对企业信息化的内涵、特征进行分析综合,选择那些重要层面的指标;主成分分析法实现了指标分类,并删除对评价贡献率较小的指标^[6];极大不相关法通过计算同类指标的复相关系数,删除相关性比较大的指标^[7];最后由专家对指标的选取和分类进行调整。如此设置的指标体系由 5 个一级指标和 16 个二级指标构成(见图 1)。

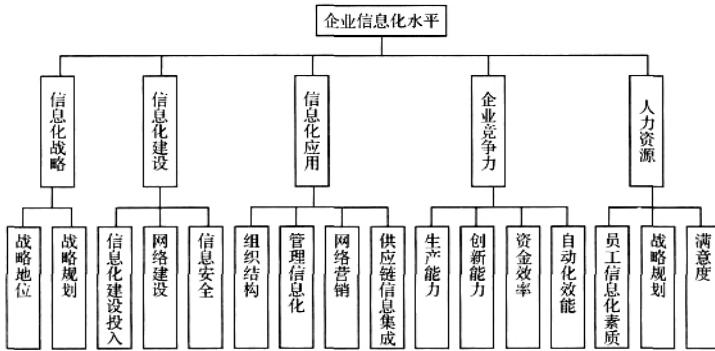


图 1 企业信息化评价指标体系

2 评价方法的选择

2.1 指标的无量纲化

本文所构建的制造企业信息化评价指标包括定量指标和定性指标,对于定量指标,当目标值越大评价越好时,使 $F_{ij}=(X_{ij}-X_{imin})/(X_{imax}-X_{imin})$,反之,使 $F_{ij}=1-(X_{ij}-X_{imin})/(X_{imax}-X_{imin})$ 。

其中 X_{ij} 为原始数据,即第 j 个企业所对应的第 i 项指标的计算结果; F_{ij} 为无量纲处理后的数据; X_{imin} 为第 i 项指标值所对应的最小值; X_{imax} 为第 i 项指标值所对应的最大值。

定性指标采用定性分类的方法进行量化分级。一般可分为“理想”、“较理想”、“一般”、“较差”、“很差”,分别用 90 分、70 分、50 分、30 分、10 分表示,如实际比较认为处于这几种类型的中间,可用它们之间的数表示,然后按正向指标方法进行无量纲化处理。

2.2 BP 网络算法和遗传算法(GA)的原理

BP 网络又称误差反传网络(见图 2),是一种非线性映射人工神经网络,Robert Hecht Nielson 证明了对于任意闭

合区间连续函数,都可以用含有一个或者多个隐层的 BP 网络来逼近^[8]。BP 神经网络具有许多优秀的品质,如自适应、自组织性、容错性等^[9],并且善于从近似的、不确定的、甚至相互矛盾的知识环境中作出决策,可以避免人为计取权重值和计算相关系数等环节,因此如果有足够多的训练样本,则是一种比较合适的评价方法。

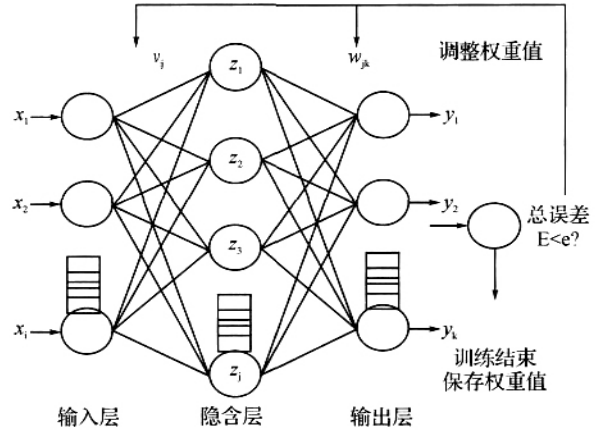


图 2 BP 网络结构及学习算法示意图

BP 网络训练多采用梯度下降搜索法,通过调整网络连接权重值使得误差平方和减小。它具有精确寻优的能力,但其网络模型初始权重值的随机性容易产生两方面的问题:每次训练的次数和最终权重值会不相同,网络的寻优不具有唯一性,会出现局部极小;初始权重值给定的随机性导致训练次数较多、收敛速度慢,特别是当输入节点较多时,该问题尤为突出。这两方面问题限制了它在企业信息化综合评价中的应用。

遗传算法(Genetic Algorithms,简称 GA)是一种基于自然选择和群体遗传机理的搜索算法,它模拟了自然选择和自然遗传过程中发生的繁殖、杂交和突变现象。在利用遗传算法求解问题时,问题的每个可能的解都被编码成一个“染色体”,即个体,若干个个体构成了群体(所有可能解)。遗传算法是一个由可行解组成的群体逐代进化的过程^[10]。本文中,在遗传算法开始时,总是随机地产生一些个体(即初始权重值和阈值),根据预定的目标函数(即误差函数)对每个个体进行评价,给出了一个适应度值。基于此适应度值,选择个体用来复制下一代。选择操作体现了“适者生存”原理,“好”的个体被选择用来复制,而“坏”的个体则被淘汰。然后选择出来的个体经过交叉和变异算子进行再组合生成新一代。这一群新个体由于继承了上一代的一些优良性状,因而在性能上要优于上一代,这样逐步朝着更优权值和阈值的方向进化。当进化达到精度要求时,就可以得到所求的一系列的网络权重值和阈值。

GA 对于全局搜索具有较强的鲁棒性和较高的效率,但不适合候选解的精调,难以确定它们的确切位置。因此,本文将遗传算法和 BP 算法相结合,实现了优势互补,能更好地获取训练样本的经验,使得企业信息化评价更加客

观、准确。

2.3 BP- GA 模型的建立

(1) 确定遗传算法及 BP 网络的有关参数, 包括遗传算法的群体容量、交叉率、变异率、BP 网络的结构参数及精度等。

本文中目标函数为 BP 网络的误差函数为:

$$E=F_i(x)=\frac{1}{2} \sum_{k=1}^l \left\{ d_k - f \left[\sum_{j=0}^m w_{jk} f \left(\sum_{i=0}^n v_{ij} x_i + \theta_j \right) + \gamma_j \right] \right\}^2$$

其中 l 为样本个数, n 为输入节点个数, 本文中即为指标个数 18, m 为 BP 网络的隐含层节点个数, 用经验公式 $m=2n+1$ 算得为 37, 输出层为得分值, 节点个数为 1。 f 为转移函数, 第一、二层分别采用 $tansig$ 和 $purelin$ 函数。 d_k 为期望输出值, v_{ij} 为输入层到隐含层的权重值, θ_j 为隐含层的阈值, w_{jk} 为隐含层到输出层的权重值, γ_j 为输出层的阈值。

BP 网络训练网络的算法, 采用快速的 Levenberg-Marquardt(简记为 L- M) 训练算法。 L- M 算法实际是一种修正过的牛顿算法。对于中小规模的网络, 如果计算机内存足够, L- M 算法因其不可比拟的优越性能而被经常使用^[11]。

设 BP 网络的学习速率为 0.05, 最大训练次数为 300 次, 精度 ε 为 0.01。

设遗传算法的群体规模为 300, 选择概率为 0.8, 杂交概率取为 0.8, 变异概率取为 0.2。

(2) 随机产生一组权重值和阈值分布(染色体), 用遗传算法优化权重值和阈值。

按神经网络生成初始权重值和阈值的常规办法来生成网络权重值和阈值, 任一组完整的权重值和阈值相当于一个染色体, 即为父代个体。染色体采用实数编码。

计算个体适应度, 第一个个体的适应度函数值为:

$$G(x)=\frac{1}{F_i(x)^2+0.001}$$

其中 $i=1, \dots, 300$, 分母 0.001 是根据经验设置的, 以避免 $F_i(x)$ 为 0 的情况, $F_i(x)^2$ 是为了增强各个适应度值的差异。如果 $G(x)>1$, 结束, 否则转到下述“遗传操作”。

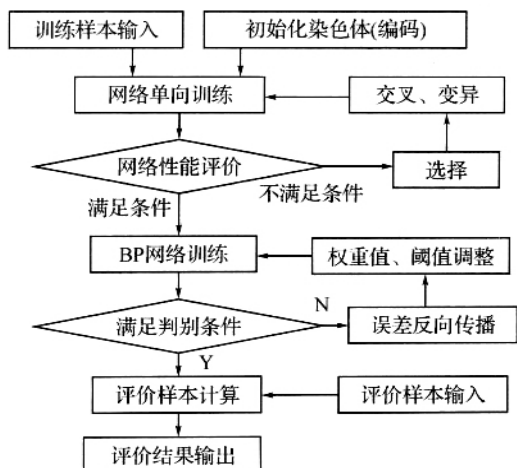


图 3 BP-GA 模型结构示意图

(3) 遗传操作(选择、交叉、变异), 产生新一代个体, 淘汰父代个体, 转到上述“计算个体适应度”。遗传算子选择继承、交叉、选择 3 个常用的算子, 其算法分别由文献 [12]、[13]、[14] 中给出。这一步就是用遗传算法优化网络权重值和阈值。

(4) 用 BP 算法进行微调, 直到 $F_i(x) < \varepsilon$ 。BP- GA 模型结构如图 3 所示。

3 实证分析

本文所采用的指标体系用层次分析法和熵值法^[19]组合算得指标权重值为 {0.068, 0.032, 0.066, 0.092, 0.062, 0.030, 0.211, 0.065, 0.035, 0.044, 0.044, 0.046, 0.072, 0.039, 0.045, 0.019}。用上述指标体系和权重值评价某省 22 家钢铁企业的信息化水平, 限于篇幅, 这里不给出指标数据。表 1 是用线性加权法算出的 22 家企业的信息化综合得分及排序。其中第一列表示企业代码, 第二、三列分别为用线性加权法评价出的企业得分及排序。

BP 网络算法的实现采用 MATLAB 编程, 前 17 组样本作为训练样本, 后 5 组样本作为检验样本, 当网络训练达 107 次时, 误差接近 1, 不能再减小, 陷入局部极小状态。此时的网络权重值和阈值不足以反映学习样本的特性, 所以用遗传算法优化网络。应用 GA 算法, 通过 500 次优化, 得到全局最优的网络权值, 再经过 BP 算法 62 次训

表 1 线性加权法算出的企业信息化综合得分及排序

企业	信息化评价得分值	信息化水平排序
1	63.487 37	5
2	63.487 36	6
3	54.012 22	9
4	70.019 82	4
5	33.002 45	19
6	58.552 61	7
7	73.272 25	2
8	47.841 38	15
9	52.618 29	11
10	51.246 25	12
11	25.072 97	22
12	31.499 73	21
13	33.265 48	18
14	53.125 36	10
15	54.682 52	8
16	78.105 95	1
17	36.046 78	17
18	50.153 25	13
19	49.005 62	14
20	72.231 41	3
21	31.880 07	20
22	41.897 44	16

练,达到精度要求。优化后的 BP- GA 网络保证了全局收敛性,并且收敛速度加快,训练步数相应减少。

为了验证 BP- GA 算法在综合评价中的适应性,分别用优化前的 BP 网络和优化后的 BP- GA 网络评价最后 5 家企业的信息化水平,并与线性加权法比较,结果见表 2。其中第一行为企业代码,下面 6 行分别表示用线性加权法、传统 BP 神经网络法和 BP- GA 法评价第 18~22 号企业所得的分值及相应排序。由表 2 可见,用传统 BP 网络方法,排序为第 20、21、22 的 3 家公司均被错判,甚至排序为 21 的企业由原来的第五名排到第一名,误差很大;而用优化后的 BP- GA 网络评价时,5 家企业的信息化水平排序均正确。可见 BP- GA 网络更好地获取并存储了评价专家的知识和经验,使得评价结果更加客观、真实。

表 2 线性加权法、传统 BP 神经网络和 BP- GA 法评价 5 家企业的结果

原排序	18	19	20	21	22
线性加权法得分	50.153 25	49.005 62	72.231 41	31.880 07	41.897 44
排 序	2	3	1	5	4
传统 BP 网络法得分	62.118 9	62.111 3	51.936 8	78.167 9	22.730 3
排 序	2	3	4	1	5
BP- GA 法得分	63.935 4	63.830 6	81.453 2	40.246 53	53.432 5
排 序	2	3	1	5	4

4 结语

本文设计了一种实数编码的遗传算法优化 BP 神经网络的策略,克服了传统 BP 网络中的局部极小缺陷,且训练速度有了很大提高,采用优化后的 BP- GA 网络建立了企业信息化的评价模型,利用该模型评价比传统 BP 网络模型更准确、更简便,并且排除了对选择的因素赋予权重值的主观随意性,使评价结果更为客观,因此在理论和实际应用中都具有重要的意义。

参考文献:

[1] 洪江涛,张正华.企业信息化指标体系的研究[J].现代管理科学,2003(4):15~16.

[2] 刘风勤.机械工业企业信息化建设水平测度方法[J].情报学报,2001,(1):46~53.

[3] 马莉,孙延明,田志军,郑时雄.企业信息化评价指标体系及其评价方法的研究[J].现代制造工程,2005,(3):41~44.

[4] 张俊山.企业信息化管理基础分析与评价研究[D].石家庄:河北工业大学硕士学位论文,2003.

[5] 宋宁华.制造企业信息化水平综合评价研究[D].天津:天津大学硕士学位论文,2004.

[6] 王慧英.基于主成分分析的制造企业信息化评价方法研究[J].天津大学学报(社会科学版),2005,2(7):106~109.

[7] 胡永宏,贺思辉.综合评价方法[M].北京:科学出版社,2000:68~70.

[8] Hecht Nielsen R. Neural Computing[M]. Addison Wesley, 1990: 124~133.

[9] R.C.Eberhart et al. Neural Network PC tools[M]. Academic Press,1990.

[10] J. E. Baker J. Adaptive Selection Methods for Genetic Algorithms[C]. Proc. ICGA1. 1985:101~111.

[11] 吴德胜,梁燧.遗传算法优化神经网络及信用评价研究[J].中国管理科学,2004,1(12):68~74.

[12] J.E.Baker. Reducing Bias and Inefficiency In The Selection Algorithm[C]. Proc. ICGA2, 1987: 14~ 21.

[13] L.Booker. Improving Search In Genetic Algorithms [M]. In Genetic Algorithms And Simulated Annealing, L.Davis (Ed.) Morgan Kaufmann Publishers, 1987:61~73.

[14] H.Muhlenbein And D.Schlierkamp- Voosen. Predictive Models for the Breeder Genetic Algorithm [J].Evolutionary Computation, 1993, 1(1):25~49.

[15] 谷志红,牛东晓,王会青,等.基于组合权的企业信贷能力综合评价[J].华北电力大学学报,2005,32(4):59~62.

(责任编辑:赵贤瑶)

The Study of Enterprise Informatization Evaluation by BP Neural Network and Genetic Algorithm

Abstract: Studying the international actuality of evaluating enterprise informatization, a strategy of neural network optimized by genetic algorithm is proposed, thus the subjectivity of computing ranks can be avoided, the deficiency of local minimizing is handled, which appeared when using BP network, and training speed is faster. Then, by using the optimized BP- GA neural network, enterprise informatization evaluating model is founded. Finally, the model is applied to some sample companies to prove its application effect, the result of comparison BP- GA with conventional BP network is given in the paper as well.

Key Words: Enterprise information; Evaluation; BP network; Genetic Algorithm