

Particle Swarm Optimized Bayesian Network for Financial Early Warning

Mingjuan Xu, Shaoshuang Xu

School of Information Engineering, West Anhui University, Lu'an Anhui
Email: xmj8217@wxc.edu.cn

Received: Mar. 8th, 2016; accepted: Mar. 27th, 2016; published: Mar. 30th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

It has important theoretical significance and practical value to swarm intelligent forecasting and its applications in financial early warning of enterprises. On basis of the construction of the evaluation index system of financial capability of corporation, this paper proposes a new method of financial early warning by cooperating particle swarm optimization into the parameter learning of Bayesian network. The experimental results on the data of a group of listing companies and comparisons have shown that the proposed algorithm has better effectiveness and the average correct rate in the financial crisis early warning.

Keywords

Financial Early Warning, Particle Swarm Optimization (PSO), Bayesian Network, Cash Flow Capacity, Data Mining

一种粒子群优化贝叶斯网络的财务预警方法

徐明鹃, 徐绍双

皖西学院信息工程学院, 安徽 六安
Email: xmj8217@wxc.edu.cn

收稿日期: 2016年3月8日; 录用日期: 2016年3月27日; 发布日期: 2016年3月30日

摘要

群智能预测及其在企业财务危机预警中的应用研究具有重要的理论意义和实用价值。文中在构建上市

公司财务能力评价指标体系的基础上, 提出一种粒子群优化贝叶斯网络参数学习的财务预警方法, 经选取一组上市公司某三年数据分析, 实验表明提出的算法在公司财务危机预警的平均正确率可获得较好的预测效果。

关键词

财务预警, 粒子群优化, 贝叶斯网络, 现金流量能力, 数据挖掘

1. 引言

财务困境不仅是市场经济中的普遍现象, 大量实例说明, 多数公司陷入财务困境是一个渐进的过程, 一般是从财务状况异常到逐步恶化, 最终导致公司破产的[1] [2]。财务危机预警能够在财务危机发生之初就及时发出预警信号, 促使企业警觉并采取相应措施加以防范, 对于经营者防范风险、保护投资者和债权人的权益, 对于政府管理部门加强对经济的监管, 都具有重要的现实意义。

财务预警就是在财务数据基础上, 选取针对性、客观性强的、对财务风险具有显著影响的特征指标, 构建预警模型、利用定量分析的方式预测财务危机发生的概率[1]。财务危机预警方法由 Beaver 和 Altman 最早提出以来, 单变量分析、多变量判别、主成分分析法(PCA)、Logistic 回归、层次分析法、熵权法、模糊评价、系统动力学模型、支持向量机(SVM)、神经网络(NN)、遗传算法(GA)、网格搜索法(GS)等财务风险预警模型[3]-[10]被广泛应用。近些年, 财务风险预警研究更加活跃, 新型智能预警研究层出不穷[11]-[24]。赵文平等[12] [13]参照杜邦分析法训练样本进行参数学习、最大后验估计法(MAP), 构建了工业上市公司财务危机预测的贝叶斯模型, 并通过求解条件概率表, 利用预测样本对模型的准确性进行检验。刘澄等[14]将制造业上市公司的财务状况分为健康、良好、一般、预警和危机 5 个层次, 运用粗糙集中的变精度加权平均粗糙度来构造决策树的改进聚类算法, 提出公司财务状况的决策树预警规则。宋晓娜等[15]构建了制造业上市公司财务危机预警指标体系, 并对上市公司被实施 ST 前 3 年的财务数据分别利用主成分分析和 Logistic 回归分析方法建立财务危机预警模型。针对 L1 正则化逻辑回归问题, 刘遵雄等[16]提出了基于内点法的稀疏逻辑回归财务预警实证分析方法, 具有较强的鲁棒性。鲍新中等[17]运用变量聚类和 COX 比例风险判别能力进行了实证研究, 张亮等[18]引入信息融合技术对 SVM 和 Logistic 回归等不同数据挖掘分类方法得到的结果进行融合处理得到最优的结果, 一定程度上解决了不同数据挖掘方法得到的结果不一致问题。倪志伟等[19]针对具有大量指标集的高维财务数据, 研究了基于流形学习的多核 SVM 财务预警性能。以及基于增长管理理论的中小企业财务预警系统及其决策运用[20]、基于大数据的企业财务预警等[21], 利用 GA、粒子群优化(PSO)和 SVM 的混合预警方法等等[22]-[24], 其方法都在一定程度上提高了预测精度和预警效果。

本文在构建上市公司财务能力评价指标体系的基础上, 提出一种粒子群优化的贝叶斯网络方法, 并选取部分上市公司近三年财务数据进行预警实验, 验证了提出方法的有效性和预测效果。

2. 粒子群优化的贝叶斯网络预警方法

2.1. 粒子群优化算法

粒子群优化算法(Particle Swarm Optimization, PSO)是 1995 年由 Eberhan 博士和 Kennedy 博士共同提出, 作为一种新的全局优化算法, 已经成功地用于函数优化、系统辨识、神经网络训练等多个领域。粒子群算法在对动物集群活动行为观察基础上, 利用群体中的个体对信息的共享使整个群体的运动在问题求解空间中产生从无序到有序的演化过程, 从而获得最优解。

1) 标准 PSO 算法描述

粒子群优化算法首先须初始化一群随机粒子假设在一个 D 维搜索空间中随机初始化为 m 个粒子, 其中第 k 个粒子位置表示为向量 $x_k = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kD})$, $k = 1, 2, \dots, m$

第 k 个粒子的飞翔速度是向量 $v_k = (v_{k1}, v_{k2}, \dots, v_{kD})$

将第 k 个粒子迄今为止搜索到的最优位置记为 $pb_k = (pb_{k1}, pb_{k2}, \dots, pb_{kD})$,

整个粒子群迄今为止所搜索到的全局最优位置记为 $gb = (gb_1, gb_2, \dots, gb_D)$,

每个粒子的速度和位置更新公式如下:

$$v_{kd}^{i+1} = wv_{kd}^i + c_1r_1(pb_{kd}^i - x_{kd}^i) + c_2r_2(gb_d^i - x_{kd}^i) \quad (1)$$

$$x_{kd}^{i+1} = x_{kd}^i + v_{kd}^{i+1} \quad (2)$$

其中 $k = 1, 2, \dots, m$ 是粒子数 $i = 1, 2, \dots, n$ 是迭代次数, $d = 1, 2, \dots, D$ 是向量维数;

c_1 和 c_2 是加速常数它们代表粒子飞向 gb 和 pb 位置的权重;

$v_{kd} \in [v_{\min}, v_{\max}]$, v_{\min} 和 v_{\max} 是常数, 根据问题具体设定; r_1 和 r_2 是介于[0,1]之间的随机数, w 是惯性因子, 一般取值在[0.1,0.9]之间。

2) 标准 PSO 算法流程

- ① 初始化一粒子群(群体规模为 m), 包括粒子的随机位置和速度;
- ② 计算每个粒子的适应度;
- ③ 对每个粒子, 将它的适应值与之前它所经历过的最好位置 pb_k 作比较, 如果较好, 则将其作为当前最佳位置 pb_k ;
- ④ 对每个粒子, 将它的适应值与之前全局所经历过的最好位置 gb 作比较, 如果较好, 则重新设置 gb 的索引号;
- ⑤ 根据式(1)和式(2)更新粒子的速度和位置;
- ⑥ 如果没有达到结束条件(通常为足够好的适应值或达到一个预设的最大代数 G_{\max}), 则返回步骤(2)继续。

粒子群优化算法的基本流程如图 1 所示。

2.2. 贝叶斯网络判别法

贝叶斯网络(Bayesian Network)判别法的基本思想总是假定对所研究的对象已有一定的认识, 常用先验概率来描述这种认识。

设有 k 个总体 G_1, G_2, \dots, G_k , 它们的先验概率分别为 q_1, q_2, \dots, q_k , 各总体的密度函数分别为: $f_1(x), f_2(x) \dots f_k(x)$, 在观测到一个样品 X 的情况下, 可用著名的 Bayes 公式[2]计算它来自第 g 总体的后验概率:

$$P(g|x) = \frac{q_g f_g(x)}{\sum_{i=1}^k q_i f_i(x)} \quad g = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

并且当

$$P(h|x) = \max_{1 \leq g \leq k} \max_{1 \leq g \leq k} P(g|x) \quad (4)$$

时, 则判 X 来自第 h 总体。

有时还可以使用错判损失最小的概念作判决函数, 这时把 x 错判归第 h 总体的平均损失定义为:

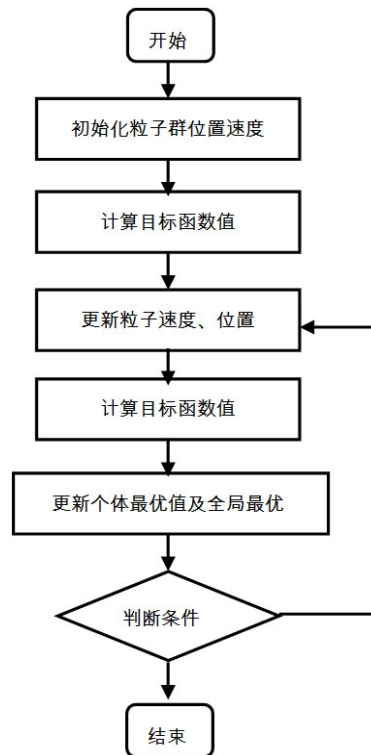


Figure 1. Procedures of particle swarm optimization

图 1. 粒子群优化过程

$$E(h|x) = \sum_{g \neq h} \frac{q_g f_g(x)}{\sum_{i=1}^k q_i f_i(x)} L(h|g) \quad (5)$$

其中 $L(h|g)$ 称为损失函数。它表示本来是第 g 总体的样品错判为第 h 总体的损失。显然式(3)是对损失函数依概率加权平均或称为错判的平均损失。

当 $h = g$ 时, 有 $L(h|g) = 0$; 当 $h \neq g$ 时, 有 $L(h|g) > 0$, 建立判别准则为如果

$$E(h|x) = \max_{1 \leq g \leq k} \max_{1 \leq g \leq k} E(g|x) \quad (6)$$

则判定 x 来自第 h 总体。

2.3. 财务预警指标选取

预警指标选取的合理性对财务危机预警具有至关重要的影响, 指标的选取是否恰当在很大程度上影响着预警的精确度, 在参阅了相关文献[23] [24]后, 遵循科学性、可操作性、全面性的原则选取 22 个财务指标, 分别反映了上市公司的盈利能力、偿债能力、营运能力、成长能力、现金流量能力五个方面的能力。

- 1) 盈利能力指标评价上市公司的获利能力(表 1)。
- 2) 偿债能力指标: 是指企业偿还到期债务(包括本息)的能力(表 2)。
- 3) 运营能力指标: 是指企业通过内部人力资源和生产资料的配置组合而对财务目标实现所产生作用的大小(表 3)。

Table 1. Profitability index

表 1. 盈利能力指标

x1	资产收益率	净利润/平均资产总额
x2	主营业务利润率	净利润/主营业务收入
x3	净资产收益率	净利润/所有者权益合计
x4	每股收益	净利润/期末总股本(期末普通股股数)
x5	每股净资产	所有者权益合计/期末总股本

Table 2. Solvency Index

表 2. 偿债能力指标

x6	流动比率	流动资产/流动负债
x7	速动比率	(流动资产 - 存货)/流动负债
x8	资产负债率	负债合计/资产合计
x9	股东权益比率	所有者权益合计/资产合计
x10	产权比率	负债合计/所有者权益合计

Table 3. Operational capability index

表 3. 运营能力指标

x11	存货周转率	主营业务成本/平均存货
x12	应收账款周转率	主营业务收入净额/平均应收账款
x13	资产周转率	主营业务收入净额/平均资产总额
x14	固定资产周转率	主营业务收入净额/平均固定资产余额

4) 成长能力指标: 是指企业未来发展趋势与发展速度, 包括企业规模的扩大, 利润和所有者权益的增加(表 4)。

5) 现金流量指标: 主要是考察企业经营活动产生的现金流量和债务之间的关系(表 5)。

3. 仿真实验

3.1. 数据的选取

首先, 国外的研究绝大部分选择的是破产或失败前一年的数据来得到预警模型, 其判定效果良好的一个主要原因是所有指标在破产前一年两组公司之间的差异是最大的, 时效性最强。国内研究也多用 ST 当年或前一年数据来构建预警模型, 但是企业的财务危机是一个渐近与连续的过程, 从真正预警的目的来说, 应该从更远期的时点着眼, 因此本文选取深市上市公司阿某年被特别处理(ST)的前三年的数据作为研究的样本数据来建立模型, 并选取同时期的未被 ST 的公司作为财务正常公司, 并按 1:2 的比例进行配对。本文样本来自国泰安数据库, 所有样本分为研究样本组和测试样本组(表 6)。

3.2. 实验结果与分析

为了检验所建立的预警模型的有效性和预测准确性, 本文随机选取了 24 个上市公司, 其中 12 个 ST 公司作为测试样本组, 以检查财务预警模型的预测准确率。从表 7 可以看出, 通过 PSO 和贝叶斯分类方法预测的 ST 公司的正确率为 91.7%, 而非 ST 公司的预测的准确率为 95.8%, 平均的正确率为 93.75, 相比较单一的贝叶斯模型, 准确率只能达到 82.9%, 实验结果表明该方法可以获得较好分类预测效果。

Table 4. Growth ability index

表 4. 成长能力指标

x15	总资产增长率	本期总资产/前一期总资产 - 1
x16	主营业务收入增长率	本期主营业务收入/前一期主营业务收入 - 1
x17	净资产增长率	本期净资产(所有者权益合计)/前一期净资产 - 1
x18	营业利润增长率	本期营业利润/前一期营业利润 - 1

Table 5. Cash flow index

表 5. 现金流量指标

x19	主营业务收入现金含量	经营活动产生的现金流量净额/主营业务收入
x20	现金流动负债比率	经营活动产生的现金流量净额/流动负债
x21	现金负债比率	经营活动产生的现金流量净额/负债总额
x22	净收益营运指数	经营活动产生的现金流量净额/净利润

Table 6. Experimental sample group

表 6. 实验样本组

ST 公司			NST 公司					
序号	证券代码	简称	序号	证券代码	简称	序号	证券代码	简称
1	000047	ST 中侨	1	000001	平安银行	13	000063	中兴通讯
2	000403	ST 生化	2	000002	万科 A	14	000065	北方国际
3	000405	ST 鑫光	3	000004	国农科技	15	000066	长城电脑
4	000412	ST 五环	4	000005	世纪星源	16	000099	中信海直
5	000653	ST 九州	5	000006	深振业 A	17	000100	TCL 集团
6	000658	ST 海洋	6	000007	全新好	18	000150	宜华健康
7	000675	ST 银山	7	000008	神州高铁	19	000151	中成股份
8	000689	ST 宏业	8	000009	中国宝安	20	000153	丰原药业
9	600003	ST 东北高	9	000010	深华新	21	000420	吉林化纤
10	600265	ST 景谷	10	000011	深物业 A	22	000421	南京中北
11	600311	ST 荣华	11	000012	南玻 A	23	000422	湖北宜化
12	600709	ST 生态	12	000014	沙河股份	24	000423	东阿阿胶

Table 7. Comparison of forecasting results of financial early warning model

表 7. 财务预警模型预测结果比较

实验方法	模型对 ST 公司的预测的正确率	模型对 NST 公司的预测正确率
贝叶斯网络	83.43%	82.56%
本文方法	92.74%	95.87%

4. 结束语

本文在分析粒子群优化算法和贝叶斯方法的基础上, 提出一种粒子群优化贝叶斯网络参数学习的财务预警方法, 经选取一组上市公司某三年数据分析, 实验表明提出的算法在公司财务危机预警的平均正

确率可获得较好的预测效果。在结合评价指标体系及本文的研究基础上, 未来我们将进一步研究动态群智能预测算法, 为基于大数据的企业财务风险的在线实时预警提供更加有效的分析工具。

基金项目

国家自然科学基金(61375121, 61075049), 安徽省高校省级优秀青年人才基金(2011SQRL150), 安徽高校省级自然科学研究项目(KJ2011Z401), 安徽省省级质量工程项目(2015jyxm289, 2015zy051, 2012jyxm433)。

参考文献 (References)

- [1] Ades, A., Masih, R., Tenengauze, D., *et al.* (1998) A New Framework for Predicting Financial Crises in Emerging Markets. Goldman-Sachs, New York.
- [2] 梁美健, 闫蔚. 企业财务预警的国内外研究综述[J]. 财会月刊, 2014(6): 104-106.
- [3] Davide, F., Flavio, M.E.P., Eugenio, G., *et al.* (2015) Early Warnings Indicators of Financial Crises via Auto Regressive Moving Average Models. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, **29**, 233-239. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cnsns.2015.05.002>
- [4] 姜允志, 郝志峰, 张宇山, 等. 贝叶斯预测型进化算法[J]. 计算机学报, 2014, 38(8): 1846-1859.
- [5] Ali, S.K. and Nermin, O. (2012) Financial Early Warning System Model and Data Mining Application for Risk Detection. *Expert Systems with Applications*, **39**, 6238-6253. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2011.12.021>
- [6] Li, S.J. and Wang, S. (2014) A Financial Early Warning Logit Model and Its Efficiency Verification Approach. *Knowledge-Based Systems*, **70**, 78-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.knosys.2014.03.017>
- [7] 钱爱民, 张淑君, 程幸. 基于自由现金流量的财务预警指标体系的构建与检验[J]. 中国软科学, 2008(9): 148-155.
- [8] 刘莹, 孙俊锁, 赵健. 模糊综合评价在财务预警中的应用[J]. 辽宁科技大学学报, 2013, 36(2): 159-165.
- [9] Henry, D.H. and Roman, K. (2015) Ensemble Bayesian Forecasting System Part I: Theory and Algorithms. *Journal of Hydrology*, **524**, 789-802. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.11.072>
- [10] 吴冬梅, 朱俊. 基于支持向量机的财务危机预警模型[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2010, 31(4): 601-604.
- [11] 张颖, 辜秋琴, 张成松. 战略性新兴产业上市公司财务风险智能预警研究[J]. 财会月刊, 2014(20): 31-35.
- [12] 赵文平, 王园园, 张一楠, 等. 基于贝叶斯网络的上市公司财务风险预警模型[J]. 财会月刊, 2015(23): 66-69.
- [13] Fioramanti, M. (2008) Predicting Sovereign Debt Crises Using Artificial Neural Networks: A Comparative Approach. *Journal of Financial Stability*, **4**, 149-164. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfs.2008.01.001>
- [14] 刘澄, 胡巧红, 孙莹. 基于粗糙集——决策树的上市公司财务预警[J]. 财会月刊, 2012(6): 26-28.
- [15] 宋晓娜, 黄业德, 张峰. 基于 Logistic 和主成分分析的制造业上市公司财务危机预警[J]. 财会月刊, 2016(3): 102-105.
- [16] 刘遵雄, 黄志强, 郑淑娟, 等. 基于内点法的稀疏逻辑回归财务预警模型[J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(6): 1998-2004.
- [17] 鲍新中, 陶秋燕, 傅宏宇. 基于变量聚类和 COX 比例风险模型的企业财务预警研究[J]. 系统管理学报, 2015, 24(4): 126-132.
- [18] 张亮, 张玲玲, 陈懿冰, 等. 基于信息融合的数据挖掘方法在公司财务预警中的应用[J]. 中国管理科学, 2015, 23(10): 170-179.
- [19] 倪志伟, 薛永坚, 倪丽萍, 等. 基于流形学习的多核 SVM 财务预警方法研究[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(10): 2666-2674.
- [20] 陈建, 张杰. 基于增长管理的中小企业财务预警系统探讨[J]. 江苏理工学院学报, 2015, 21(1): 42-45.
- [21] 宋彪, 朱建明, 李煦. 基于大数据的企业财务预警研究[J]. 中央财经大学学报, 2015(6): 55-64.
- [22] 丁德臣. 混合 HOGA-SVM 财务风险预警模型实证研究[J]. 管理工程学报, 2011, 25(2): 37-44.
- [23] 彭静, 彭勇. 基于粒子群算法和支持向量机的财务危机预警模型[J]. 上海交通大学学报, 2008, 42(4): 615-620.
- [24] 吴翎燕, 韩华, 唐菲. 基于 PSO-SVM 的多分类财务预警模型[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2013, 35(2): 265-268.