

基于灰色系统理论的财务风险评价方法^①



莊芳芳

(昆明市交通技工学校, 昆明 650109)

通讯作者: 莊芳芳, E-mail: 504776664@qq.com

摘要: 准确的财务风险评价是预防和化解企业财务危机的有效措施. 文中提出了一种基于灰色系统理论的企业财务风险评价方法. 该方法采用灰色系统理论构建财务评价模型, 从企业财务指标和非财务指标两个方面生成评价指标体系. 基于混沌模型对粒子群进行改进, 采用改进后的粒子群算法对灰色系统权值进行优化. 最后以某房地产企业数据进行了实验分析. 结果表明, 该方法能够有效完成企业财务风险评价, 且具有较高的评价准确度.

关键词: 财务风险评价; 灰色系统; 粒子群; 混沌模型

引用格式: 莊芳芳. 基于灰色系统理论的财务风险评价方法. 计算机系统应用, 2020, 29(4): 231-235. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/7358.html>

Financial Risk Assessment Method Based on Grey System Theory

ZHUANG Fang-Fang

(Kunming Technical School of Transportation, Kunming 650109, China)

Abstract: Accurate financial risk assessment is an effective measure to prevent and resolve corporate financial crisis. In this study, a method of enterprise financial risk assessment based on grey system theory is proposed. The method uses the grey system theory to construct the financial evaluation model, and generates the evaluation index system from the two aspects of enterprise financial indicators and non-financial indicators. The particle swarm is improved based on the chaotic model, and the improved particle swarm optimization algorithm is used to optimize the weight of the gray system. Finally, an experimental analysis is carried out with a real estate enterprise data. The results show that the method can effectively complete the financial risk assessment of enterprises and has high evaluation accuracy.

Key words: financial risk assessment; grey system; particle swarm; chaotic model

随着我国市场经济制度的不断完善, 企业的外部竞争压力逐渐增加, 及时有效发现财务风险对于企业在市场竞争中占据优势地位十分重要^[1,2]. 对企业财务风险及时准确的评价成为了热点研究问题^[3,4].

企业财务风险评价可以分为统计评价法和非统计评价两类^[5]. 统计评价方法中, Fitzpatrick 基于统计学提出最早的财务风险定量评价模型^[6], 在此基础上研究人员构建了基于函数方程的多变量财务风险评价模型, 但评价准确性较低^[7]. 非统计评价方法是目前财务评价研究的热点, 常用方法包括决策树、随机森林、神经

网络、遗传算法、支持向量机等^[8-11]. 目前, 多数财务风险评价模型均单纯依靠财务指标实现风险预测, 而企业运行过程中非财务指标对财务风险同样具有较大影响. 企业财务历史数据对财务风险评价具有十分重要的意义, 但是企业历史数据杂乱、无序, 而现有财务风险评价方法均基于统计学假设, 难以适应当前企业财务数据特点.

为此, 本文构建了一个基于灰色系统理论的企业财务风险评价模型. 该模型能够综合考虑企业的财务指标和非财务指标, 充分利用灰色系统处理杂乱数据

① 收稿时间: 2019-09-03; 修改时间: 2019-09-23, 2019-10-21; 采用时间: 2019-10-22; csa 在线出版时间: 2020-04-05

的能力, 并采用经过混沌模型改进后的粒子群算法优化灰色模型权值系数, 最后利用某房地产公司的数据验证了该评价模型的有效性。

1 灰色系统基本理论

灰色系统理论源于对事物分析过程中不确定性的认知需要, 其基本原理是基于序列算子实现事物转变过程中出现的规律, 将原始无规律数据生成有规律序列, 然后再利用微分方程求解方法, 对事物的发展趋势进行客观科学的预测和分析^[12]。

GM(1, 1)预测模型是灰色系统的基本预测模型, 在各种预测和评价场合应用十分广泛。GM(1, 1)的基本建模过程如下。

假设系统特征的观测数列为:

$$X_i^{(0)} = [x_i^{(0)}(1), x_i^{(0)}(2), \dots, x_i^{(0)}(m)] \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

对观测数列进行累加计算, 生成的累加数列为:

$$X_i^{(1)} = \left[x_i^{(0)}(1), \sum_{k=1}^2 x_i^{(0)}(k), \dots, \sum_{k=1}^n x_i^{(0)}(k) \right] \quad (2)$$

将累加数列 $X_i^{(1)}$ 中的离散时刻转化为连续时间变量, 即 $X_i^{(1)} = X_i^{(1)}(t)$ 。系统变化过程中, 数列 $X_2^{(1)}, X_3^{(1)}, \dots, X_m^{(1)}$ 会影响 $X_1^{(1)}$ 的变化率, 构建出的灰色模型微分方程可以表示为:

$$\frac{dX_1^{(1)}}{dt} + aX_1^{(1)} = b_2X_2^{(1)} + b_3X_3^{(1)} + \dots + b_mX_m^{(1)} \quad (3)$$

其中, a 和 $b_j(j = 2, 3, \dots, m)$ 均为微分方程的模型参数。式(3)的微分方程可以转化为线性方程组的形式:

$$Y_n = B\hat{\alpha} \quad (4)$$

其中,

$$\hat{\alpha} = (a, b_1, b_2, \dots, b_m)^T \quad (5)$$

$$Y_n = [x_1^{(0)}(2), x_1^{(0)}(3), \dots, x_1^{(0)}(m)]^T \quad (6)$$

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x_1^{(1)}(1) + x_1^{(1)}(2)] & x_2^{(1)}(2) & \dots & x_m^{(1)}(2) \\ -\frac{1}{2}[x_1^{(1)}(1) + x_1^{(1)}(3)] & x_2^{(1)}(3) & \dots & x_m^{(1)}(3) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x_1^{(1)}(m-1) + x_1^{(1)}(m)] & x_2^{(1)}(m) & \dots & x_m^{(1)}(m) \end{bmatrix} \quad (7)$$

基于最小二乘理论, 参数向量可以表示为:

$$\hat{\alpha} = (B^T B)^{-1} B^T Y_m \quad (8)$$

此时微分方程的近似解可以表示为:

$$\hat{x}_1^{(1)}(k+1) = \left[x_1^{(0)}(1) - \frac{1}{a} \sum_{i=2}^m b_i x_i^{(1)}(k+1) \right] e^{-ak} + \frac{1}{a} \sum_{i=2}^m b_i x_i^{(1)}(k+1) \quad (9)$$

按照数据序列累加原则, 原始序列可以通过累减计算进行还原:

$$\hat{x}_1^{(0)}(k+1) = \hat{x}_1^{(1)}(k+1) - \hat{x}_1^{(1)}(k) \quad (10)$$

灰色模型能够有效预测系统的发展趋势, 但预测过程中需要对预测模型进行校验, 以何事系统预测模型的准确性。目前, 校验灰色预测模型的常用方法为残差校验法, 该方法能够对模型的预测值和实测值进行逐点的校验。系统预测结果 $\hat{x}_1^{(0)}(k)$ 的绝对误差序列可以表示为:

$$\varepsilon^{(0)}(k) = |X_1^{(0)}(k) - \hat{x}_1^{(0)}(k)| \quad (11)$$

系统预测结果的相对误差序列可以表示为:

$$\delta^{(0)}(k) = \frac{X_1^{(0)}(k) - \hat{x}_1^{(0)}(k)}{X_1^{(0)}(k)} \times 100\% \quad (12)$$

2 多参数财务风险评价模型

2.1 指标体系

企业财务指标的选择对于企业财务风险的评价性能具有很大的影响。目前, 企业财务风险还没有形成一个统一的指标体系。本文对国内外在分析现有的企业财务风险评价指标体系的基础上, 对企业财务风险评价指标进行归纳总结和测试分析, 构建了一个由 13 个财务指标和 11 个非财务指标构成的企业财务风险评价指标体系。

(1) 财务指标

财务指标是评价企业财务风险的关键, 文中从企业经营风险、投资风险、筹资风险和现金流量 4 个方面提出了 13 个财务指标, 指标结构如图 1 所示。

(2) 非财务指标

企业的非财务指标对于财务风险评价具有重要作用。综合分析已有研究成果, 文中从企业内在因素和外在因素两个方面, 构建了 11 个非财务指标, 指标结构如图 2 所示。

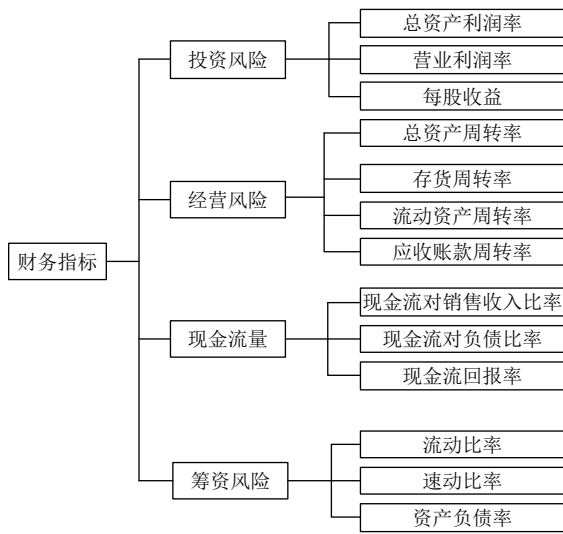


图1 财务指标

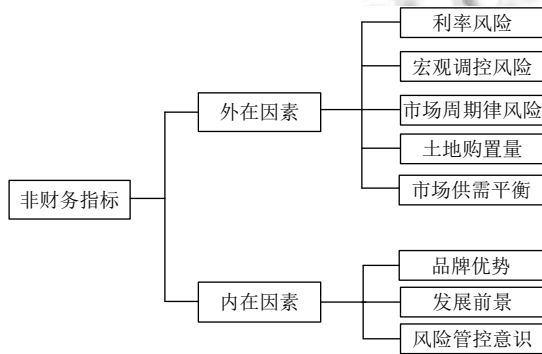


图2 非财务指标

2.2 模型构建

企业财务风险预警过程中涉及的指标众多, 直接应用传统灰色模型的预测效果不佳. 为此, 本节构建了一个多参数企业财务风险评价模型. 假设 $\{x_i^{(0)}(k)\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 为企业财务风险评价的特征参数序列, 则经过一次累加的生成序列为:

$$x_i^{(1)}(k) = \sum_{j=1}^k x_i^{(0)}(j) \quad (13)$$

参照灰色系统基本理论和企业财务风险评价实际问题, 对式 (13) 的累加序列建立一个常微分方程组:

$$\begin{cases} \frac{dx_1^{(1)}(t)}{dt} = a_{11}x_1^{(1)}(t) + a_{12}x_2^{(1)}(t) + \dots + a_{1n}x_n^{(1)}(t) + b_1 \\ \frac{dx_2^{(1)}(t)}{dt} = a_{21}x_1^{(1)}(t) + a_{22}x_2^{(1)}(t) + \dots + a_{2n}x_n^{(1)}(t) + b_2 \\ \vdots \\ \frac{dx_n^{(1)}(t)}{dt} = a_{n1}x_1^{(1)}(t) + a_{n2}x_2^{(1)}(t) + \dots + a_{nn}x_n^{(1)}(t) + b_n \end{cases} \quad (14)$$

将微分方程组写成矩阵形式:

$$\frac{dX^{(1)}(t)}{dt} = \mathbf{P}X^{(1)}(t) + \mathbf{Q} \quad (15)$$

其中, \mathbf{P} 和 \mathbf{Q} 为系统辨识参数:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$\mathbf{Q} = [b_1, b_2, \dots, b_n]^T \quad (17)$$

根据微分方程理论, 式 (15) 微分方程的前向和后向差分形式分别可以表示为:

$$X^{(1)}(t + \Delta t) - X^{(1)}(t) = \mathbf{P}X^{(1)}(t) + \mathbf{Q} \quad (18)$$

$$X^{(1)}(t + \Delta t) - X^{(1)}(t) = \mathbf{P}X^{(1)}(t + \Delta t) + \mathbf{Q} \quad (19)$$

其中, Δt 为系统单位时间间隔. 由前向差分方程和后向差分方程可以得出系统的背景值序列表达式为:

$$X^{(1)}(t + \Delta t) - X^{(1)}(t) = \mathbf{P}[\omega X^{(1)}(t) + (1 - \omega)X^{(1)}(t + \Delta t)] + \mathbf{Q} \quad (20)$$

式中, ω 表示背景值累减的权值, $0 \leq \omega \leq 1$.

3 基于混沌改进粒子群的灰色系统模型

上一节构建的多参数企业财务风险评价模型中, 权值 ω 的设定对模型的预测准确性影响较大. 目前, 用于权值寻优的常用算法有遗传算法、蚁群算法、牛顿二乘法 and 粒子群算法等. 测试结果表明, 在企业财务多参数灰色系统风险评价应用中, 遗传算法和蚁群算法的寻优复杂度很高, 难以实际应用, 而牛顿二乘法的寻优准确度很不理想, 粒子群算法的寻优速度和精度综合占优, 但是粒子群算法的初始粒子的位置和速度对寻优结果影响很大, 难以设定. 为此, 本节利用混沌模型对粒子群算法进行改进, 实现灰色财务风险评价模型的权值寻优.

3.1 粒子群算法

对于 D 维参数寻优空间, 粒子群中包含 L 个粒子, 粒子群算法利用粒子的飞行进行最优值搜寻. 假设粒子群中第 i 个粒子的飞行速度为:

$$V_i = [v_{i1} \quad v_{i2} \quad \dots \quad v_{iD}] \quad (21)$$

对应粒子的空间位置可以表示为:

$$F_i = [f_{i1} \quad f_{i2} \quad \dots \quad f_{iD}] \quad (22)$$

粒子飞行过程中的空间位置构成了粒子群寻优的潜在解空间,粒子飞行过程中,通过不断计算目标函数得出粒子空间位置的适应度值,以便对粒子位置的性进行衡量.

第*i*个粒子在飞行过程中经过的适应度值最大位置称为该粒子的个体极值,记为:

$$G_i = [g_{i1} \quad g_{i2} \quad \dots \quad g_{iD}] \quad (23)$$

所有粒子中的适应度值最大位置称为种群极值,记为:

$$\bar{G}_i = [\bar{g}_{i1} \quad \bar{g}_{i2} \quad \dots \quad \bar{g}_{iD}] \quad (24)$$

粒子群通过个体极值和种群极值对粒子飞行速度和空间位置进行更新:

$$\begin{cases} V_i^{k+1} = \lambda V_i^k + c_1 r_1 (G_i^k - F_i^k) + c_2 r_2 (\bar{G}_i^k - F_i^k) \\ F_i^{k+1} = F_i^k + V_i^{k+1} \end{cases} \quad (25)$$

其中, λ 表示惯性权重, k 表示当前迭代次数, c_1 和 c_2 表示粒子飞行的加速度因子, r_1 和 r_2 为分布在 $[0,1]$ 区间的随机数.惯性权重的作用是平衡粒子群算法的局部寻优能力和全局寻优能力,如果参数选择不合适,粒子群算法容易陷入局部最优.

3.2 混沌模型

混沌状态对初始指敏感,具有普适性和便利性等特点.目前,常用的混沌序列有 Logistic 映射,正 H 映射, Tent 映射等.在众多混沌系统中, Logistic 映射性能稳定,具有十分广泛的应用.

Logistic 映射的基本原理简要介绍如下.对于一个向量 $z = (z_1, z_2, \dots, z_{n_1})$, 其维度为 n_1 , 表达式为:

$$z_{i_2} = \mu z_{i_2-1} (1 - z_{i_2-1}) \quad (26)$$

式中, z_{i_2} 表示随机数, $z_{i_2} \in (0, 1)$, μ 表示控制参数, $\mu \in (2, 4)$. 当 $\mu = 4$ 时, Logistic 映射将会进入混沌状态, 能够生成遍历性最佳的混沌变量. 基于上式生成混沌分量:

$$z_{i_1 d} = 4z_{(i_1-1)d} (1 - z_{(i_1-1)d}) \quad (27)$$

将各个混沌分量载入混沌扰动范围 $[-\beta_d, \beta_d]$. 假设加入混沌扰动的粒子群位置更新为 F_i^{k+1} , 而不加入混沌扰动粒子群的更新位置为 \tilde{F}_i^{k+1} . 比较两个位置的适应度值, 如果 $f(F_i^{k+1})$ 优于 $f(\tilde{F}_i^{k+1})$, 则将粒子位置更新为 F_i^{k+1} .

4 评价模型应用

基于混沌模型改进粒子群对灰色模型权值进行优

化的基本思想是, 首先建立粒子群与 GM(1, 1) 预测模型权值参数的映射关系, 然后利用 Logistic 映射对粒子群算法初始粒子的位置和速度进行设定, 通过不断更新个体极值和全局极值迭代粒子位置和速度, 将最优解作为 GM(1, 1) 预测模型的权值参数, 最后构建 GM(1, 1) 预测模型实现企业财务风险预测.

本节以某房地产公司近年财务实际数据为例, 验证文中构建的多参数灰色系统财务风险评价方法性能. 按照 2.1 节提出的财务风险评价指标体系, 表 1 和表 2 分别给出了该公司从 2014 年至 2018 年的财务指标和非财务指标数据.

表 1 公司财务指标数据

指标	2014	2015	2016	2017	2018	权值
总资产利润率	89.90	94.44	100	100	89.02	0.0397
营业利润率	72.56	71.82	70.36	69.87	67.92	0.1310
每股收益	78.90	82.54	86.89	83.21	80.99	0.0721
总资产周转率	80.98	82.34	67.87	76.33	78.71	0.0205
存货周转率	73.76	71.16	69.76	68.54	62.01	0.0367
流动资产周转率	67.82	64.09	63.73	61.56	60.76	0.0197
应收账款周转率	89.05	90.76	85.43	78.50	77.69	0.0946
现金流收入比率	73.22	77.83	78.92	87.53	93.28	0.0789
现金流负债比率	60.98	61.12	65.64	58.88	53.21	0.0417
现金流回报率	73.21	74.78	75.76	76.71	75.98	0.2225
流动比率	98.99	100	99.76	100	98.77	0.1490
速动比率	97.65	100	99.78	100	98.23	0.0651
资产负债率	76.43	82.45	83.90	82.87	78.82	0.0284

表 2 公司非财务指标数据

指标	2014	2015	2016	2017	2018	权值
利率风险	82.45	78.87	80.32	89.63	90.43	0.3002
宏观调控风险	73.81	67.52	61.90	62.52	62.78	0.1509
市场周期律风险	57.32	67.74	69.98	87.53	71.90	0.1124
土地购置量	67.63	78.41	89.52	71.23	73.63	0.1322
市场供需平衡	89.52	76.92	90.41	87.62	71.85	0.0535
品牌优势	67.42	68.29	68.73	72.53	78.73	0.1213
发展前景	78.42	89.73	90.52	92.21	94.73	0.0292
风险管控意识	93.52	91.78	88.33	89.21	90.42	0.1003

将公司指标数据输入到多参数灰色财务评价模型中, 得出的财务风险评价价值如图 3 所示. 图 3 分别给出了原始灰色系统评价模型 (GM 模型)、传统粒子群优化灰色系统模型 (PSO-GM 模型) 和本文构建的改进粒子群优化灰色系统模型 (ICPSO-GM 模型) 的评价结果, 并给出了该公司财务风险的实际值, 其中 2019 年和 2020 年只有预测值.

结果表明, 该公司的财务风险值呈现出逐年下降

的趋势,对比3种财务风险评价方法可知,GM模型对财务风险的评价误差最大,这是因为灰色模型虽然能够很好地表征财务风险评价问题,但缺乏权值难以设定,对评价结果影响较大;利用粒子群对灰色模型的权值进行优化后,PSO-GM模型的财务风险评价性能有所提升,评价误差明显小于GM模型,但粒子群算法的初始粒子的位置和速度对寻优结果影响很大,同样会影响评价结果的准确度;而经过混沌模型对粒子群初始粒子的位置和速度进行优化后,ICPSO-GM模型能够获得最优的评价结果,评价误差最小.测试结果验证了本文构建财务风险评价方法的有效性.

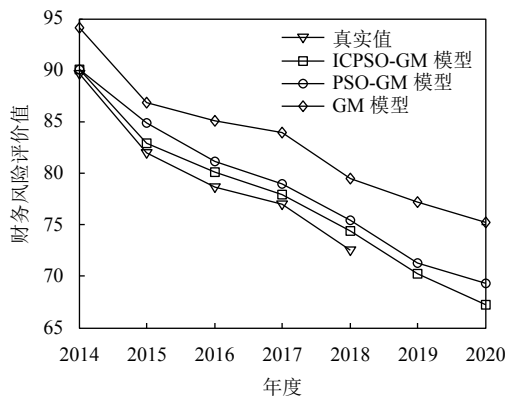


图3 财务风险评价结果

为了进一步测试文中财务风险评价模型的性能,将其与传统的财务比率评价方法进行对比分析,测试条件不变,对比分析结果如表3所示.

表3 评价结果对比

年度	实际值	财务比率评价方法		本文评价方法	
		评价值	误差(%)	评价值	误差(%)
2014	89.64	94.12	4.99	90.08	0.49
2015	81.98	84.87	3.52	82.74	0.92
2016	78.64	81.09	3.11	80.13	1.89
2017	76.97	78.92	2.53	77.92	1.23
2018	72.57	75.44	3.95	74.69	2.92
2019	—	71.23	—	70.62	—
2020	—	69.27	—	67.31	—

表3结果表明,本文构建的灰色系统模型对公司财务风险的评价误差均低于2%,而财务比率方法的评价误差均高于2%,部分年度评价误差甚至高于4%,对比结果验证了多参数灰色系统模型的财务风险评价准确性优于财务比率方法.这是因为本文构建的灰色系统模型采用了综合评价指标,既考虑了财务指标,又加入了非财务指标,对企业财务风险的分析更加全面.并

且,灰色系统模型能够充分挖掘隐藏在历史数据中的规律性特征,通过将指标数据转化为灰色向量,进行自适应学习,能够显著提升企业财务风险评价的科学性和客观性.财务比率方法的基本原理是财务预算,不能够充分利用企业的历史数据,评价的主观性很强,评价性能不佳.

5 结论

本文研究了企业财务风险评价问题,基于灰色系统理论建立了财务评价评价模型,并构建评价指标体系,利用粒子群对灰色系统权值进行了优化,并采用混沌模型对粒子群进行了改进.实验结果表明,该评价方法能够对企业财务风险进行有效评价与预测.下一步的研究方向是如何提升灰色系统财务风险评价的计算效率.

参考文献

- 阮昕简. 基于二进制时间序列算法构建财务预警系统. 信息技术, 2015, (7): 156-160.
- 付连军. 外部冲击、杠杆率与财务风险预警模型. 会计之友, 2019, (11): 27-30. [doi: 10.3969/j.issn.1004-5937.2019.11.005]
- 王博, 王建玲. 企业财务管理风险的模糊多属性评价法. 统计与决策, 2019, 35(1): 186-188.
- 范松枝, 陈国营. 上市企业柔性财务融资预测仿真研究. 计算机仿真, 2016, 33(12): 415-418. [doi: 10.3969/j.issn.1006-9348.2016.12.088]
- 赵智繁, 曹倩. 基于数据包络和数据挖掘的财务危机预测模型研究. 计算机科学, 2016, 43(S2): 461-465.
- Brabazon A, O'Neill M. Anticipating Bankruptcy Reorganisation from Raw Financial Data Using Grammatical Evolution. In: Cagnoni S, Johnson CG, Cardalda JJR, et al., eds. Applications of Evolutionary Computing. Berlin: Springer, 2003. 368-377.
- 李杰, 王蔚佳, 刘兴智. 多元统计分析在企业财务危机预警中的应用. 重庆建筑大学学报, 2004, 26(5): 118-123.
- 邓敏, 韩玉启. 基于支持向量机的大学财务困境预警模型. 南京理工大学学报, 2012, 36(3): 551-556.
- 赵亚, 李田, 苑泽明. 基于随机森林的企业信用风险评估模型研究. 财会通讯, 2017, (29): 110-114.
- 王玉斌, 刘建和, 施炳宽, 等. 基于CHAID算法和贝叶斯网络的基金风险预警研究. 会计之友, 2016, (22): 98-102. [doi: 10.3969/j.issn.1004-5937.2016.22.024]
- 蔡欢. 基于遗传算法和LS-SVM的财务危机预测. 统计与决策, 2017, (2): 33-36.
- 贺金龙, 吴晟, 周海河, 等. 基于GM(1, 1)-PCA的环境预测与分析研究. 信息技术, 2018, (1): 105-109.