

文章编号: 1003-207(2007)04-0093-05

基于新改进 GM(1, 1) 模型的中国企业 债券融资发展预测

董奋义

(河南农业大学信息与管理科学学院, 河南 郑州 450003)

摘要: 我国企业债券市场明显滞后于整个资本市场的发展, 加快发展企业债券市场的呼声日高。但是去除企业债券发展的束缚是一个渐进的过程。在此背景下, 本文对我国企业债券融资发展进行定量预测。考虑到影响我国企业债券发展的因素较多且不确定, 笔者采用灰色系统 GM(1, 1) 模型进行预测。GM(1, 1) 模型是有偏差的灰指数模型, 其精度取决于背景值的构造形式和初始条件的选取。已有的研究文献均是从一个侧面单独改进 GM(1, 1) 模型, 这里, 笔者提出一种同时优化背景值和初始条件的新 GM(1, 1) 模型。笔者发现新优化 GM(1, 1) 模型比单独优化背景值或单独优化初始条件有更高的模拟精度。在此基础上, 利用新改进 GM(1, 1) 模型对我国 2010 年之前的企业债券余额进行了预测。

关键词: 企业债券; 融资余额; GM(1, 1) 模型; 预测

中图分类号: F830, C391 **文献标识码:** A

1 引言

对于成熟市场经济国家的企业来说, 其资金来源的次序是: 先内源融资, 再外源融资; 而在外源融资的方式选择上, 短期资金主要以银行贷款为主, 长期资本则以债券融资和股权融资的方式筹集。但在这二者的选择上, 会优先选择债券融资, 然后才选择股权融资的方式。相应的, 在发达国家, 企业债券的融资数额通常是股票市场的三到十倍, 有的国家新发行股票低于退市股票的数量, 而公司债券的发行规模则越来越大, 甚至超过了国民生产总值^[1]。但是, 我国企业的融资构成中, 间接融资占绝对主导地位, 直接融资份额较小。在企业直接融资结构中, 债券融资又远远落后于股权融资的发展。

有关我国企业债券融资的研究文献, 多是对融资规模偏小的原因进行描述性规范性分析。关于对我国企业债券融资的实证研究, 仅有的一篇文章是对我国企业债券发行规模进行的多元线性回归分

析^[2]。由于我国企业债券发展时间短, 可利用的数据较少, 加之在影响企业债券融资发展的众多因素中, 不一定和企业债券融资额呈现简单的线性关系, 该文献提出的方法有一定的局限性。关于对我国企业债券融资发展的预测, 尚未见到国内外学者的相关研究文献。本文对我国企业债券融资发展进行定量预测, 考虑到企业债券融资的相关影响因素较多且不确定, 作者采用灰色系统 GM(1, 1) 模型进行预测。

GM(1, 1) 模型是灰色系统理论的核心内容之一, 其特点是建模过程简单, 模型表达式简洁, 便于求解, 能较好地地对系统行为特征值大小的发展变化进行预测, 其应用价值在越来越多的领域得到体现。GM(1, 1) 模型实质是通过对原始数据序列作一次累加生成, 使序列呈现出灰指数规律, 从而构造预测模型, 来预测系统的发展趋势, 其建模的一般过程是: 设原始非负序列为 $X^{(0)} = (x^{(0)}(1), \dots, x^{(0)}(n))$, 则 $X^{(0)}$ 的 1-AGO 序列为 $X^{(1)} = (x^{(1)}(1), \dots, x^{(1)}(n))$, 其中, $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$, ($k = 1, \dots, n$)。由 $X^{(1)}$ 构造背景值序列 $Z^{(1)} = (z^{(1)}(2), \dots, z^{(1)}(n))$, 其中 $z^{(1)}(k) = \alpha x^{(1)}(k) + (1 - \alpha)x^{(1)}(k - 1)$, ($k = 2, 3, \dots, n$), 一般取 $\alpha = 0.5$, 作紧邻均值生成。假定 $X^{(1)}$ 具有近似指数变化规

收稿日期: 2005-12-15; 修订日期: 2007-07-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70572001); 河南省科技攻关项目(0496480016); 河南省教育厅人文社科项目(2006-ZX-202)

作者简介: 董奋义(1972-), 男(汉族), 河南平舆人, 河南农业大学信息与管理科学学院, 博士, 副教授, 研究方向: 决策分析、金融市场与企业融资。

律, 则白化微分方程为 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$ 。将上式离散化, 微分变差分, 得到 GM(1, 1) 灰微分方程 $x^{(0)}(k) + ax^{(1)}(k) = b$ 。用最小二乘法, 可以解得参数 a, b, 其中 a 称为发展系数, 其大小反映了序列的增长速度; b 称为灰作用量。 $\hat{a} = [a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$, 其中 $B = \begin{bmatrix} -z(1)(2) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z(1)(n) & 1 \end{bmatrix}$, $Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}$ 。 $X^{(1)}$ 的预测公式为 $\hat{x}^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak} + \frac{b}{a}$; $X^{(0)}$ 的预测公式为 $\hat{x}^{(0)}(k+1) = 1(1 - e^{-a}) \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak}$ 。

由上述建模过程可以看出, GM(1, 1) 模型作为灰色微分方程模型, 实质就是对原始数据作累加生成后的指数拟合, 因而是有偏差的指数模型。事实上, GM(1, 1) 模型的预测精度取决于: (1) a 和 b 的值, 而 a 和 b 的值依赖于原始序列和背景值的构造形式; (2) 灰色微分方程模型初始条件的选取, 原 GM(1, 1) 模型以 $\hat{x}^{(1)}(1) = x^{(1)}(1)$ 为初始条件。

关于背景值 $Z(1)$ 的构造形式的改进。 $z^{(1)}(k+1)$ 是 $[k, k+1]$ 这段时间内 $dx^{(1)}/dt$ 的背景值, $Z^{(1)}$ 的紧邻均值生成是一种平滑, 当时间间隔很小, 序列数据变化平缓时, 这样构造的背景值是合适的, 模型偏差较小。但当序列数据变化急剧时, 这样构造出来的背景值往往产生较大的滞后误差, 模型偏差较大, 因而在一定程度上影响了预测精度。文献[3, 7, 9, 14] 等从不同的方面通过对背景值的改进来提高 GM 模型建模精度; 文献[8, 10, 11] 通过对 GM 模型改进参数估计的方法来提高 GM 模型建模精度; 文献[12, 13] 通过优化灰导数白化值的方法改进了 GM 模型的建模精度; 文献[4] 通过把数据序列分成两组适当的数据序列, 并对两组数据序列分别进行灰色建模, 然后利用平移算子求出预测值。其中, 文献[3] 利用在区间内 $[k, k+1]$ 插值的方法, 令 $z^{(1)}(k+1) = \frac{1}{2n} [(n+1)x^{(1)}(k) + (n-1)x^{(1)}(k+1)]$, $n = 2, 3, \dots$, 来优化背景值, 具体 n 的取值可以通过试探法和经验公式法来确定; 文献[14] 利用在区间内 $[k, k+1]$ 积分的方法, 令 $z^{(1)}(k) = \frac{x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1)}{\ln x^{(1)}(k) - \ln x^{(1)}(k-1)}$, $k = 2, 3, \dots, n$, 优化了背景

值。

关于 GM(1, 1) 模型初始条件的优化。 GM(1, 1) 模型是利用最小二乘法得到的拟合曲线, 并不一定通过第一个数据点, 以 $\hat{x}^{(1)}(1) = x^{(1)}(1)$ 为初始条件的理论依据并不存在。另外是一个最旧的数据, 与未来关系不密切, 而且不是通过累加生成得到, 规律性不强。因此, 抛弃以为已知条件, 选用其他数据作为已知条件, 理论上可以得到预测精度更高的公式。文献[5] 提出以 $x^{(1)}(k+1) = (\hat{x}^{(1)}(m) - \frac{b}{a})e^{-a(k-m+1)} + \frac{b}{a}$ 为预测公式, 这里的 m 可以根据实际情况从 1, 2, ..., n 中选择。显然如果取 $m = 1$, 则变为原 GM(1, 1) 模型。文献[6] 根据新信息优先原理提出了以为初始条件的 GM(1, 1) 模型 $\hat{x}^{(1)}(k+1) = (x^{(1)}(n) - \frac{b}{a})e^{-a(k-n+1)} + \frac{b}{a}$ 。

显然, 上述两类改进方法各自独立地提高了 GM(1, 1) 模型的精度, 这里, 笔者把两类改进方法同时运用, 提出一种同时优化背景值和初始条件的 GM(1, 1) 模型, 称之为新 GM(1, 1) 模型。由于两种改进方法完全独立互不影响, 新 GM(1, 1) 模型从逻辑上应该比单独一种改进方法得到的 GM(1, 1) 模型精度更高。本文综合上述两类改进方法, 以 $x^{(1)}(n)$ 为优化初始条件, 以 $z^{(1)}(k+1) = \frac{1}{2n} [(n+1)x^{(1)}(k) + (n-1)x^{(1)}(k+1)]$ 为优化背景值, 来建立新 GM(1, 1) 模型。

2 企业债券融资 GM(1, 1) 模型的建立及结果分析

2.1 各 GM(1, 1) 模型的建立及精度比较

国内学者在分析中国企业债券融资市场的问题时, 无一例外地仅把企业债券各年度发行额作为参考数据, 这样虽也在一定程度上说明了问题, 但也具有明显的不足之处。由于发行企业债券到期是要偿还的, 而企业债券各年度发行量只表明债券融资的活跃程度, 不能充分反映企业债券融资市场的发展状况。相比之下, 企业债券未清偿余额更能反映企业债券融资市场的大小。因此, 这里用企业债券融资未清偿余额代表企业债券融资的系统行为特征, 取 1997 年到 2003 年的数据为原始特征数据序列 (表 1), 来建立各 GM(1, 1) 模型, 以便进行模拟精度比较。

表 1 相关年末企业债券余额(亿元)

年份	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
余额	521.02	676.93	778.63	861.63	1008.63	1333.63	1691.63

资料来源《中国金融统计年鉴》、《中国统计年鉴》。

原 GM(1, 1) 模型的时间响应式为:

$$\hat{x}(1)(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} = 2744.315^{e^{0.198k}} - 2223.295 \quad (1)$$

以 $x^{(1)}(7)$ 为初始条件的 GM(1, 1) 模型时间响应式为

$$\hat{x}(1)(k+1) = \left[x^{(1)}(7) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(k-6)} + \frac{b}{a} = 2772.555^{e^{0.198k}} - 2223.295 \quad (2)$$

依据谭冠军的背景值优化方法, 我们首先要确定背景值序列 $Z^{(1)} = (z^{(1)}(1), z^{(1)}(2), \dots, z^{(1)}(7))$,

其中 $z^{(1)}(k+1) = \frac{1}{2n} [(n+1)x^{(1)}(k) + (n-1)x^{(1)}(k+1)]$ 。关于 n 的取值, 这里采用文献[3] 给出的经验公式法确定: $n = \left[\sum_{i=2}^N R_i \right]^{\frac{1}{N-1}} + (N-1)$, N

为原始建模数据个数, 这里 $N = 7, R_i = x^{(1)}(i)/x^{(1)}(i-1), i = 2, 3, \dots, 7$ 。经计算 $n = 7.453$ 。所以有 $z^{(1)}(k+1) = \frac{1}{14.906} [8.453x^{(1)}(k) + 6.453x^{(1)}(k+1)]$ 。进而, $Z^{(1)} = (521.02, \dots, 5912.80)$ 。由此可得优化背景值 GM(1, 1) 模型时间响应式为

$$\hat{x}(1)(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} = 2747.8473^{e^{0.20047k}} - 2226.8173 \quad (3)$$

依据上述初始条件优化和背景值优化结果, 我们可得新 GM(1, 1) 模型的时间响应式为

$$\hat{x}(1)(k+1) = \left(x^{(1)}(7) - \frac{b}{a} \right) (e^{-ak}) + \frac{b}{a} = 2732.837^{e^{0.20047k}} - 2226.8173 \quad (4)$$

利用上面建立的四个 GM(1, 1) 模型, 我们分别计算各 GM(1, 1) 模型的模拟数据, 并把相应的实际数据 $x^{(0)}(k)$ 、模拟数据 $\hat{x}^{(0)}(k)$ 、残差 $\varepsilon(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)$ 和相对误差 $\Delta = \frac{|\varepsilon(k)|}{x^{(0)}(k)}$ 列于表 2—表 5。

由表可以看出, 新优化 GM(1, 1) 模型的平均相对误差最小, 是 2.19%; 原 GM(1, 1) 模型的平均相对误差最大, 是 4.80%; 初始条件优化 GM(1, 1) 模型和背景值优化 GM(1, 1) 模型的平均相对误差居中, 分别是 4.06% 和 3.34%。显然, 新优化 GM(1, 1) 模型有最高的模拟精度。

表 2 原 GM(1, 1) 模拟精度表

序号	实际数据	模拟数据	残差	相对误差
1	521.02	521.02	0	0
2	676.93	601.01	75.92	11.22%
3	778.63	732.37	46.26	5.94%
4	861.63	892.81	-31.18	3.62%
5	1008.63	1088.36	-79.73	7.90%
6	1333.63	1326.68	6.95	0.52%
7	1691.63	1617.14	74.49	4.40%
平均相对误差				4.80%

表 4 背景值优化 GM(1, 1) 模拟精度表

序号	实际数据	模拟数	残差	相对误差
1	521.02	521.03	-0.01	0
2	676.93	642.02	34.91	5.16%
3	778.63	735.29	43.34	5.56%
4	861.63	891.81	-30.18	3.50%
5	1008.63	1062.91	-54.28	5.38%
6	1333.63	1360.18	-26.55	1.99%
7	1691.63	1661.90	29.73	1.76%
平均相对误差				3.34%

表 3 初始条件优化 GM(1, 1) 模拟精度表

序号	实际数据	模拟数据	残差	相对误差
1	521.02	542.26	-21.24	4.08%
2	676.93	637.08	39.85	5.89%
3	778.63	740.02	38.61	4.96%
4	861.63	902.05	-40.42	4.69%
5	1008.63	1069.55	-60.92	6.04%
6	1333.63	1340.34	-6.71	0.50%
7	1691.63	1653.80	37.83	2.24%
平均相对误差				4.06%

表 5 新 GM(1, 1) 模拟精度表

序号	实际数据	模拟数据	残差	相对误差
1	521.02	506.02	15	2.88%
2	676.93	656.69	20.24	2.99%
3	778.63	761.22	17.41	2.24%
4	861.63	875.83	-14.2	1.65%
5	1008.63	1046.83	-38.2	3.79%
6	1333.63	1342.75	-9.12	0.68%
7	1691.63	1672.82	18.81	1.11%
平均相对误差				2.19%

2.2 预测结果及其分析

我们利用上面所建立的新优化 GM(1, 1) 模型也就是式(4), 对 2010 年之前我国企业债券融资余额情况进行预测, 这里我们给出具体预测值(表 6)。从表 6 可以发现, 我国企业债券融资有加速发展的趋势。到 2010 年企业债券市场规模将能达到 2003 年股市流通市值 13178.52 亿元的二分之一。到 2010 年我国企业债券新增余额 1221.6 亿元, 而 2003 年我国股票市场融资额也仅有 1357.8 亿元。

届时企业债券融资作为企业外源融资工具之一的重要性将会得到进一步的体现。

表 6 2010 年之前企业债券余额预测值(亿元)

年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
余额	2019.732468.	133015.	923685.	444503.	505503.	176724.	77

事实上,我国于 1984 年开始发行企业债券,并于 1987 年颁布了《企业债券管理暂行条例》,将企业债券的发行纳入到国家的资金管理计划。在此后的几年时间里,企业债券得到了迅猛的发展。但由于当时市场经济体制的不完善,企业债券市场出现了一定的非理性成分,许多地方企业发行的债券,出现了到期不能兑付的情况。在这种情况下,国家于 1993 年出台了《企业债券管理条例》,严格限制企业发行债券。严格的政府约束对于规范当时的企业发债行为、扭转混乱的企业债券市场秩序,起到了重要作用,但同时也严重阻碍了企业债券市场的健康发展^[15]。英国剑桥经济学家萨思的研究表明,发展中国家政府严格控制企业发行债券的一个主要原因是,为了维持直接控制的金融管理模式,避免企业过多地通过债券融资破坏统一利率政策的执行^①。由于我国正处于利率市场化的进程之中,统一的利率政策尚未有实质性的突破,去除企业债券融资的体制束缚将是一个长期的、渐进的过程,新的《企业债券管理条例》的迟迟没有出台便是很好的例证^②。目前我国银行融资依然占据绝对主导地位,但银行体系非常脆弱,存在着巨额的不良债权。而股票市场又存在着股权分置、上市公司法人治理结构错位等固有缺陷,扩充企业融资渠道的主要任务责无旁贷地落在发展企业债券市场上。随着利率市场化进程的加快和企业信用制度的建立健全,我国企业债券融资将得到快速的发展。

3 结语

由于政府的严格管制,我国企业债券市场严重滞后于股票市场和国债市场的发展,这一局面严重影响了资本市场的功能,降低了资本市场资源配置效率。但是去除企业债券融资的体制束缚将是一个长期的、渐进的过程。本文采用灰色系统 GM(1,1)模型对我国企业债券融资发展进行预测。由于 GM(1,1)模型的预测精度取决于背景值的构造形式和初始条件的选取,而已有的研究文献均是从一个侧面单独改进 GM(1,1)模型。因此,我们提出了一种同时优化背景值和初始条件的新 GM(1,1)模型进

行预测。通过对各 GM(1,1)模型的模拟数据比较,发现新优化 GM(1,1)模型比单独优化背景值或单独优化初始条件有更高的模拟精度。在此基础上,利用新改进 GM(1,1)模型对近期我国企业债券余额进行了预测。预测结果显示,2010 年企业债券余额将达到目前股市规模的一半。

注:①见汪红丽,《中国企业债券市场发展的实证分析》,证券市场导报,2002.5

②我国于 1999 年开始对《企业债券管理条例》进行修订,多年过去了,新的企业债券管理条例至今没有颁布实施。

参考文献:

- [1] 邢天才.中外资本市场比较研究[M].大连:东北财经大学出版社,2003:32-62.
- [2] 汪红丽.中国企业债券市场发展的实证分析[J].证券市场导报,2002,(5):63-66.
- [3] 谭冠军.GM(1,1)模型的背景值构造方法和应用[J].系统工程理论与实践,2000,(4):98-103.
- [4] 宋中民,张署红.灰色系统的分离建模方法[J].系统工程理论与实践,2002,(5):103-107.
- [5] 张大海,江世芳,史开泉.灰色预测公式的理论缺陷及其改进[J].系统工程理论与实践,2002,(8):140-142.
- [6] 党耀国,刘思峰,刘斌.以 $x(1)(n)$ 为初始条件的 GM 模型[J].中国管理科学,2005,13(2):132-135.
- [7] 李俊峰,戴文战.GM(1,1)改进模型的研究及在上海市发电量建模中的应用[J].系统工程理论与实践,2005,3.
- [8] 吉培荣,黄巍松,胡翔勇.灰色预测模型特性的研究[J].系统工程理论与实践,2001,(9):105-108.
- [9] 宋中民,同小军,肖新平.中心逼近式灰色 GM(1,1)模型[J].系统工程理论与实践,2001,(5):110-113.
- [10] 刘斌,刘思峰,翟振杰,党耀国.GM(1,1)时间响应函数的最优化[J].中国管理科学,2003,11(4):54-57.
- [11] 沈继红,赵希人.利用最小二乘估计改进 GM(2,1)模型[J].哈尔滨工程大学学报,2001,(4):64-66.
- [12] 穆勇.优化灰导数白化值的无偏灰色 GM(1,1)模型[J].数学的实践与认识,2003,(3):13-16.
- [13] 王义闹,刘开第,李应川.优化灰导数白化值的 GM(1,1)建模法[J].系统工程理论与实践,2001,(5):124-128.
- [14] 罗党,刘思峰,党耀国.灰色模型 GM(1,1)优化[J].中国工程科学,2003,(8):50-53
- [15] 董奋义,范钰,陈新昌.我国企业债券融资发展滞后的思考[J].西南民族大学学报,2004,(1):301-304.

Prediction to Corporate Bond Financing Based on New GM(1, 1) in China

DONG Fen yi

(School of Information and Management Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Enterprise bonds obviously lag far behind the whole capital markets in China. The voice of quickening development of enterprise bonds markets is more and more higher. But wiping off the bondage of administrative framework to enterprise bonds development will be a long-time process. In this background, the paper makes quantitative prediction to corporate bonds financing in China. Considering that factors which affect corporate bonds development are more and uncertain, the author predicts it with GM(1, 1) model. GM(1, 1) is a gray exponential model with distortions, its precision lies on conformation of background value and selection of original condition. In literature, GM(1, 1) models were optimized, with one side, GM(1, 1) models. Independent adoptions of optimizing background values and original conditions of GM(1, 1) can, at a certain extent, improve the precision of the model. Based on the idea that we have above reasoned, it is produced that a new GM(1, 1) model of integrated optimizing its background value and original condition. Through comparisons of simulation data, the author finds that new GM(1, 1) model has a higher simulation precision.

Key words: corporate bonds; outstanding bond fund; GM(1, 1); prediction