



基于期权定价理论的中国 非上市公司信用风险度量研究

戴志锋, 张宗益, 陈银忠

重庆大学 经济与工商管理学院, 重庆 400044

摘要:基于期权定价理论的非上市公司模型是由穆迪公司旗下的KMV公司开发的针对非上市公司信用风险度量和管理的模型。在介绍非上市公司模型的基础上,根据中国的实际情况对模型进行了初步调整和完善,并利用中国上市公司数据和某国有商业银行非上市公司的信贷数据对非上市公司模型在中国的适用性进行了验证,实证结果表明非上市公司模型在中国具有一定的预测能力,但预测准确率低于欧美国家。

关键词:非上市公司模型; KMV模型; 信用风险度量; 非上市公司

中图分类号:F830.59

文献标识码:A

文章编号:1672-0334(2005)06-0072-06

Credit Risk Measurement of Chinese Non-listed Companies based on Option Pricing Theory

DAI Zhi-feng, ZHANG Zong-yi, CHEN Yin-zhong

Economics and Administration College of Chongqing University, Chongqing 400044, China

Abstract: Private firm model is designed by KMV Corp. for measuring and monitoring credit risk of non-listed companies. This article modifies some methods and details of the model to adapt it to the Chinese situation and utilizes data from Chinese listed companies and some state-owned banks to test the validity of the model in China. The result shows that private firm model has some prediction power, but accuracy is obviously lower than those in developed countries.

Key words: Private firm model; KMV model; Credit risk; Non-listed companies

1 引言

2004年中国人民银行货币政策执行报告显示,目前中国的融资结构中银行贷款所占比重为82.9%,商业银行仍是我国金融风险的承担主体,而银监会估计我国银行总体风险的80%是信用风险^[1],信用风险是我国金融系统所面临风险中的核心。近些年,国际上对信用风险的研究已经取得了大量成果,信用风险的度量和管理的数量化、模型化、动态化和市场化等方向发展。

穆迪公司旗下的KMV公司开发的KMV模型(以其创办者Kealhofer、McQuown及Vasicek名字开头字母命名)就是国外学术界和实业界公认的重大成果之

一。国外学术界对KMV模型的研究实证结果表明,该模型是有效的信用风险量化技术^[2,3],《巴塞尔新资本协议》推荐使用KMV模型进行内部评级。KMV模型主要针对上市公司的信用风险,而商业银行贷款的企业大多数是非上市公司。KMV公司于1999年在KMV模型的基础上开发出适用于非上市公司信用风险度量的模型(private firm model, PFM),并于2001年公布了模型的一些技术资料^[4],KMV公司和相关学者对PFM模型进行了验证,表明该模型在北美和欧洲地区具有较强的预测能力^[5-7]。PFM模型的输入变量中既有反映企业历史经营状况的财务指标,又有反映市场对未来预期的价格信息,同时PFM

收稿日期:2005-09-09

基金项目:重庆市金融学会课题基金资助项目

作者简介:戴志锋(1977-),男,江苏人,重庆大学经济与工商管理学院硕士研究生,研究方向:信用风险度量管理等。

模型适用于银行的大多数的放贷企业,是穆迪公司主要推广的信用风险度量模型之一,PFM模型应受到国内学术界和实业界的重视。

中国学术界发表了关于KMV模型的一系列文章,表明该模型在中国具有一定的适用性,但需要完善。李秉祥的研究表明,KMV模型对中国上市公司财务困境的预测具有一定的有效性^[8];石晓军的研究认为,考虑到中国上市公司的特殊性,要对KMV模型进行扩展^[9];都红雯对KMV模型在中国的实证研究进行了很好的总结和展望^[10]。目前还未发现中国学术界关于PFM模型的研究。

本文在介绍PFM模型的基础上,根据中国的实际情况,采用回归方法和添加解释变量对模型在中国的运用进行了初步的调整和完善,同时中国上市公司数据的回归结果表明PFM模型的基本思想在中国也适用,因此利用中国上市公司的数据和某国有商业银行的非上市公司的信贷数据,运用PFM模型对中国非上市公司样本的违约距离进行计算,用检测力曲线对PFM模型在中国的适用性进行了测试。

2 理论介绍

商业银行的贷款合约有收益分布不对称的特征,借款者的信用状况变化对贷款资产的市场价值变化的影响不对称,贷款者从信用改善得到的收益小于因信用恶化而遭受的损失,贷款人最大的回报是贷款利息,而违约时则可能损失全部本金和利息。债务合约的收益分布和卖出一份以公司资产为标的看跌期权的收益分布是同构的,基于此,Merton最早将期权模型引入信用风险的度量中^[11],他假设银行买入一笔看跌期权来对冲信贷资产的风险,该贷款组合有确定的无风险收益,借助Black-Scholes期权定价公式能求出贷款的市场价值和信贷利差的显式解。

2.1 KMV模型

KMV公司在Merton理论的框架下开发出了KMV模型^[12],即信用风险监管模型或违约预期模型。基本思想是,当企业资产的市场价值小于它将要偿还的负债(违约点)时,企业就会违约(见图1),因为在有限责任公司制下,企业所有者不会用企业资产以

外的资源来偿还借款。企业资产的市场价值、资产的市场价值波动率和违约点是KMV模型的三个关键变量。

关键变量的计算公式如下。

假设公司标的资产的市场价值服从维纳过程,即

$$dV = uVdt + \sigma_A Vdz \quad (1)$$

其中, V 为公司资产的市场价值, u 为资产的市场价值的期望收益率, σ_A 为资产的市场价值的波动率, dz 服从维纳过程。

公司股权价值与资产的市场价值之间的关系可表示为

$$E = VN(d_1) - e^{-r\tau}BN(d_2) \quad (2)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{V}{B} + (r + \frac{\sigma_A^2}{2})\tau}{\sigma_A \sqrt{\tau}} \quad (3)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{\tau} \quad (4)$$

公司股权价值波动率和资产的市场价值波动率之间的关系式为

$$\sigma_E = \frac{N(d_1)V}{E} \sigma_A \quad (5)$$

其中, E 为公司的股权价值, σ_E 为股权价值波动率, r 是无风险利率, τ 是距离债务到期日 T 的时间长度。

算出公司的股权价值及其波动率后,通过(2)式和(5)式可计算出资产的市场价值及其波动率。Jeffrey R. Bohn实证研究发现,公司的违约点约等于其短期负债加上二分之一的长期负债^[13]。在知道公司的这三个核心变量后,KMV模型计算该公司的违约距离为

$$DD = \frac{E(V) - DP}{E(V)\sigma_A} \quad (6)$$

其中, $E(V)$ 为资产的期望价值, DP 为违约点。

DD 值越小,表明企业的资产的市场价值越接近违约点,企业的违约可能性就越大。KMV公司根据其庞大历史资料数据中公司违约距离和预期违约率的对应关系,最终算出公司的预期违约率(EDF)^[14]。

2.2 PFM模型

非上市公司股权的市场价值及其波动无法直接观察到,KMV模型的关键变量就难以直接估算。

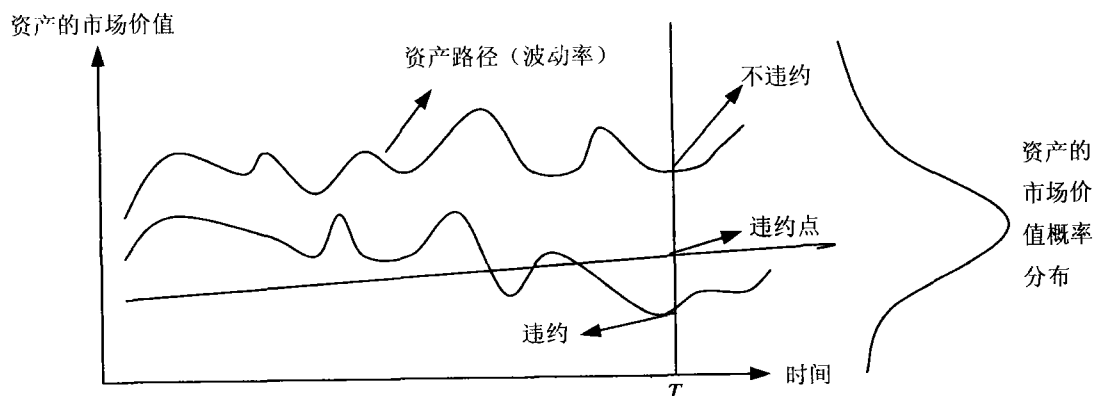


图1 KMV模型的企业违约示意图

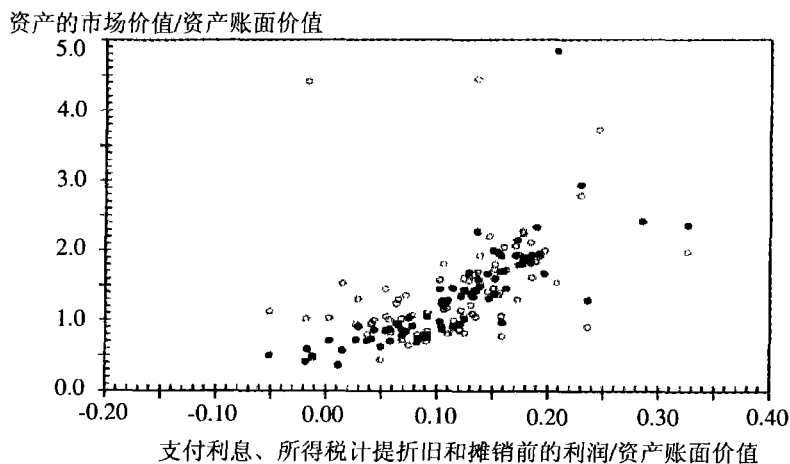
Figure 1 The Situation of Default in KMV Model

KMV 公司的 PFM 模型认为,同一地区和行业的上市公司和非上市公司面对相同的销售和供应市场、劳动力市场,如果这些企业的规模和赢利能力相近,那么宏观经济、货币财政政策、产业政策和市场结构调整等宏观、中观因素的变化对这些企业的影响也是相近的^[9]。上市公司的股票价格是由众多投资者的预期决定的,投资者不断地预期公司经营环境的变化以及这些变化对公司的影响。PFM 模型认为,非上市公司资产的市场价值及其波动率的变动与上市公司的变动具有较强的相关性,非上市公司的关键变量可以通过与之相似的上市公司的股价估算。

在资产的市场价值方面,财务理论认为公司资产市场价值是企业未来现金流入的折现总和,KMV 公司认为 *EBITDA* (支付利息、所得税计提折旧和摊销前的利润) 是现金流入的替代变量。他们发现,同一地域和行业的上市公司,它们资产的市场价值与其 *EBITDA* 具有较强的正向关系,*EBITDA* 是决定资产

的市场价值的关键指标。在操作中,KMV 公司根据非上市公司的情况,找出资料库中同一地区、行业具有相近 *EBITDA* 的所有上市公司,取它们资产的市场价值的中位数作为该非上市公司资产的市场价值。

在资产波动率方面,KMV 公司认为最相关的变量是公司的规模,在财务报表上用销售收入代表,同一地域和行业的上市公司的销售收入与资产波动率呈反比,因为企业规模越大,其产品、客户、供应商乃至投资就更多样化,抗风险的能力也就越强。在操作中,KMV 公司根据非上市公司的情况,找出资料库中同一地区、行业具有相近销售收入的所有上市公司,取它们资产的市场价值波动率的中位数作为该非上市公司的资产波动率。PFM 模型的违约点、违约距离及相应的违约预期率的计算与 KMV 模型一致,KMV 公司拥有全球 40 万家公司资料,PFM 模型预测的上市公司资产的市场价值和波动率与实际情况具有相当的一致性,如图 2 和图 3 所示。

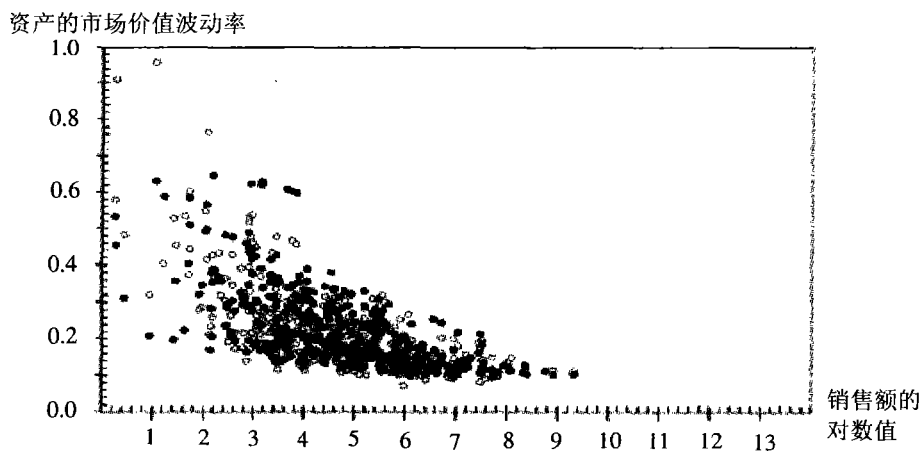


注:实心点为 PFM 模型的计算值,空心点为实际值

图 2 PFM 模型计算的上市公司资产的市场价值与实际值的比较

Figure 2 Listed Asset Values Computed through PFM Model and the Empirical

资料来源:参考文献[4]



注:实心点为 PFM 模型的计算值,空心点为实际值

图 3 PFM 模型计算的上市公司波动率与实际值的比较

Figure 3 Listed Asset Volatility Computed through PFM Model and the Empirical

资料来源:参考文献[4]

2.3 PFM 模型在我国运用的初步调整和完善

PFM 模型的基本思想认为公司资产的市场价值及其波动率与公司的财务指标有较强的线性关系。由于中国上市公司的数目较少,本文在将同一行业、规模和赢利差别不大的上市公司归类基础上,用回归方式计算该类上市公司资产的市场价值及其波动率与其财务指标的关系,再将非上市公司的财务指标带入回归式计算出非上市公司的 V 和资产的市场价值波动率 δ_v 。在资产的市场价值方面,由于中国企业操纵利润的情况较普遍,股票市场更看重企业规模而不是与利润相关的财务指标,中国信贷市场上银行贷款评估时也是更看重企业的规模,所以本文将公司资产账面价值增加为自变量。对中国上市公司数据进行处理时发现 $EBITDA$ 与公司资产的市场价值多数正相关,但 $EBITDA$ 对公司资产的市场价值的解释力度较小,这与欧美国家的情况不同;加入新的解释变量(资产账面价值)后,模型的拟合程度大大提高。中国上市公司的企业价值波动率与企业的销售收入也呈负相关,本文加入资产负债率指标以增加回归模型的解释力度,基于以下两点考虑。根据 KMV 模型,股权市场价值的波动比负债市场价值要大,所以企业价值波动率与负债率负相关;贷款率偏高的企业,出于自身风险控制的考虑和信贷条款的约束,会降低风险较高的投资的比例。本文采用的回归模型为(7)式和(8)式,对四种行业的中国上市公司的数据进行回归, t 值和 R^2 值都较理想,表明 PFM 模型的基本思想在中国是适用的。

$$\ln V = \alpha \ln(TA) + \beta \frac{EBITDA}{TA} + \xi \quad (7)$$

$$\delta_v = \alpha \ln(Sales) + \beta \frac{Debt}{TA} + \xi \quad (8)$$

其中, V 为企业资产的市场价值, TA 为账面总资产, δ_v 为资产的市场价值的波动率, $Sales$ 为销售收入, $\frac{Debt}{TA}$ 为资产负债率。

3 实证过程与结果

3.1 我国非上市公司样本的违约距离计算

3.1.1 数据来源和样本选择

本文上市公司的研究数据取自深圳市国泰安公司开发的中国股票市场研究数据库。用2000年~2002年的三年时间序列数据计算股权价值的波动

率,用2002年底同行业的截面数据做回归,为非上市公司 PFM 模型的关键指标计算提供基准。从中国股票市场研究数据库中抽取4个行业,每个行业选取40家左右上市公司,然后剔除样本中股价异常波动的5家流通股。

2002年和2003年的非上市公司数据源于某国有商业银行的信贷系统,选取较大规模贷款客户的财务指标信息和还贷记录,用于验证 PFM 模型在我国的适用性。非上市公司数据的统计性描述见表1。

3.1.2 上市公司的参数计算

(1) 股权价值波动率

公司股权价值波动率以股票收益波动率代替。选取上市公司2000年~2002年的日收盘价格,采用拟合波动率较好的 GARCH(1,1) 方法计算股票日收益的变动率,通过 MATLAB6.1 软件实现。

(2) 股权价值

我国股票市场具有股权分置的特殊性,本文实证中采用的计算公式,即

$$\text{股权价值} = \text{股票价格} \times \text{流通股股数} + \text{每股净资产} \times \text{非流通股股数} \quad (9)$$

(3) 违约点

本文采取 KMV 公司的计算公式

$$DP = CL + 0.5LL \quad (10)$$

其中, CL 和 LL 分别为2002年底财务报告的公司流动负债和长期负债。

(4) 假定未来公司资产的增长率为零,取 $\tau = 1$ 年, $r = 2\%$ 。利用 MATLAB6.1 软件编程解(2)式和(5)式,采用插值法估算出公司资产的市场价值及其波动率。

3.1.3 参数和财务指标的回归

计算出155家上市公司的 V 和 δ_v 后,根据(7)式和(8)式,运用 Eviews 软件对不同行业上市公司2002年底的财务数据进行回归(由于数据的可得性, $EBITDA$ 用税前利润加利息和折旧替代),回归结果见表2和表3。

3.1.4 非上市公司违约距离的计算

将不同行业非上市公司的财务数据代入相应的回归方程(7)式和(8)式,求解出非上市公司资产的市场价值及其波动率。根据(9)式计算出非上市公司的违约点之后,再根据(6)式计算该公司的违约距离,计算结果的描述性统计见表4。

表1 非上市公司信贷数据统计性描述

Table 1 Statistic Description of Credit Data of Non-listed Companies

	公司样本个数	违约个数 (2003年)	账面资产平均值(元)	账面资产标准差(元)
房地产业	34	8	1 109 969 000	280 401 010
电子行业	21	12	476 878 000	119 436 900
化工行业	22	12	496 825 000	91 345 000
机械行业	21	6	871 054 000	420 275 300

表2 分行业的上市公司资产的市场价值回归方程
Table 2 Regression Models of Listed Asset Value of Different Industries

	房地产业 (36 家)	机械行业 (39 家)	电子行业 (41 家)	化工行业 (39 家)
C	7.960*** (0.00)	7.049*** (0.00)	5.183*** (0.00)	7.510** (0.01)
$\ln(TA)$	0.638*** (0.00)	0.673*** (0.00)	0.766*** (0.00)	0.650*** (0.00)
$\frac{EBITDA}{TA}$	0.908* (0.095)	0.476* (0.071)	1.193** (0.047)	0.658* (0.069)
R^2	0.885	0.827	0.925	0.620
修正 R^2	0.879	0.817	0.921	0.599

注:括号内数字为估计参数的检验值 p 。* 为 $p < 10\%$, ** 为 $p < 5\%$, *** 为 $p < 1\%$

表3 分行业的上市公司的资产波动率回归方程
Table 3 Regression Models of Listed Asset Volatility of Different Industries

	房地产业 (36 家)	机械行业 (39 家)	电子行业 (41 家)	化工行业 (39 家)
C	0.901*** (0.00)	0.916*** (0.00)	0.657*** (0.00)	0.896*** (0.00)
$\ln(Sales)$	-0.028*** (0.00)	-0.027** (0.027)	-0.015** (0.023)	-0.026** (0.028)
$\frac{Debt}{TA}$	-0.196*** (0.00)	-0.250*** (0.00)	-0.190*** (0.00)	-0.1800*** (0.00)
R^2	0.591	0.632	0.436	0.264
修正 R^2	0.567	0.612	0.406	0.223

注:括号内数字为估计参数的检验值 p 。* 为 $p < 10\%$, ** 为 $p < 5\%$, *** 为 $p < 1\%$

表4 非上市公司的违约距离的统计性描述
Table 4 Statistic Description of Default Distance of Non-listed Companies

	房地产行业	机械行业	电子行业	化工行业
DD 均值	2.577	2.628	2.535	2.414
DD 标准差	1.09	0.133	0.16	0.102

3.2 PFM 模型在中国适用性的验证

本文采用国际上通用的检测信用风险模型预测能力的检测力曲线^[15],将非上市公司样本的 DD 值由小到大排列,以样本某一百分位数(如10%)的 DD 值 d_0 为临界点,将所有 DD 值小于 d_0 且实际违约的非上市公司的个数除以样本总违约的个数,即可得到临界点为 d_0 的检测准确率。不断变大样本的百分比及其对应的 DD 值,就可得到 PFM 模型的检测力曲线。检测力曲线与随机曲线围成的面积除以完全准确预测曲线与随机曲线围成的面积,得到模型的预测准确率。此比例大于零,表明模型可能具有预测能力;此比例越趋近于1,则模型预测能力越强。图4是中国非上市公司样本的检测结果,PFM 模型的预测准确率为34.8%。以样本20%的 DD 值作

为判断违约的阈值,对违约预测正确的比率是68%,而将未违约公司错判成违约的比例是32%。

总体上看,PFM 模型在中国具有一定的预测能力,但预测能力偏低,明显低于其在欧美发达国家的70%左右的预测准确率^[4,5],如果要在我国实践中运用需要进一步验证和完善。

4 结论

本文实证结果表明 PFM 模型对我国信用风险度量具有一定的适用性。PFM 模型以现代金融理论——风险中性定价为背景,将现代期权定价理论应用于信用风险度量中;PFM 模型既包含了反映企业历史经营状况的账面资料信息,又包含了市场对宏观经济、行业周期、企业经营环境等因素的预期的

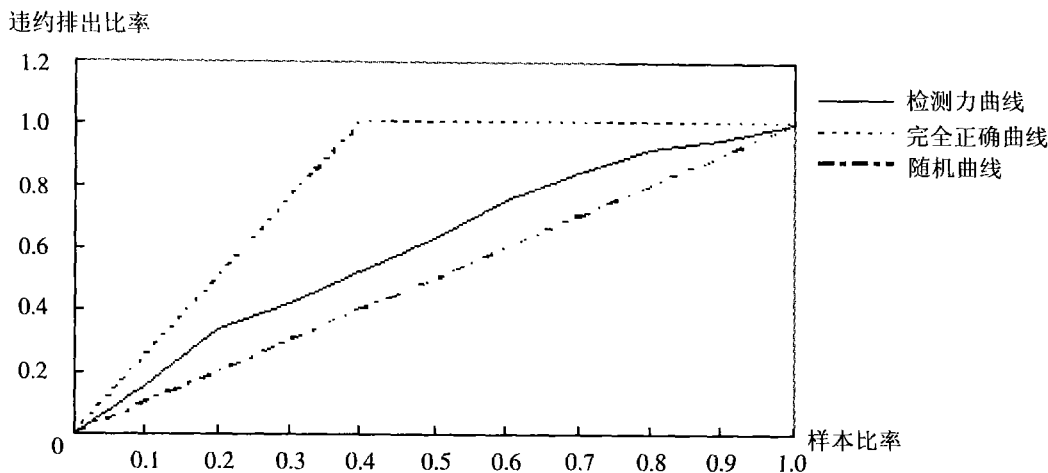


图4 PFM模型在中国适用性的检测力曲线验证
Figure4 Validity of PFM Model in China Through Power Curve

信息(即股票价格);模型还可以根据市场价格的变动及时调整对非上市公司的信用风险评价。与其他只以企业账面资料为基础的信用风险度量模型相比较,PFM模型具有一定的优越性,对我国金融机构的信贷决策具有一定的指导意义。

实证结果同时表明PFM模型在中国的预测准确率较低,本文认为有以下几点原因。①中国缺乏关于商业银行信用风险记录的大型数据库,这限制了对信用风险度量模型的运用、验证及完善,这也是中国信用风险研究比较滞后的原因之一。②中国股票市场有效性问题。中国股市尚处于规范和发展阶段,上市公司拥有较大的“壳资源”,股价对信息的反应不充分,非理性和人为操纵的因素较多。③KMV和PFM模型在中国的运用需要进一步完善。例如,非上市公司和上市公司的对应关系如何更准确,本文采用的回归方法只是一种较粗略的对应关系;期权理论在公司价值评估中取得了很大的发展,提出了多种形式的期权定价公式,哪一种期权定价公式对中国更合适;在中国股市非流通股占70%的情况下,上市公司的股权市值如何计算;贷款企业的违约点在中国如何确定;贷款企业的道德风险如何纳入模型的计算等。④本文是就KMV和PFM模型公开的资料进行研究。KMV公司出于赢利目的,只公布了模型的部分技术资料,需要学者们进一步加强模型的关键公式和技术细节的研究。

参考文献:

- [1] 李伏安. 银行业总体风险仍然偏高[R]. 中国金融风险管理国际研讨会, 北京, 2005.
- [2] Altman E. I., A. Saunders. Credit risk measurement: developments over the last twenty years [J]. *Journal of Banking and Finance*, 1997, 21(12): 1721 - 1742.
- [3] Michael B. Gordy. A comparative anatomy of credit risk models [J]. *Journal of Banking and Finance*, 2000, 1(2): 119 - 149.
- [4] Nyberg M., Sellers M., Zhang J. Private firm model introduction to the modeling methodology [R]. KMV LLC, 2001.
- [5] Stephen Kealhofer, Brian Dvorak. Modeling the default risk of unlisted firms [R]. KMV LLC, 2001.
- [6] Bjørne Dyre H. Syversten. How accurate are credit risk models in their predictions concerning Norwegian enterprises? [R]. Norwegian Bank, 2002.
- [7] Stefan Blochwitzl, Thilo Liebig. Benchmarking deutsche bundesbank's default risk model [R]. Bank of International Settlement, 2001.
- [8] 李秉祥. 基于期望违约率模型的上市公司财务困境预警研究[J]. *中国管理科学*, 2004, (5): 12 - 16.
- [9] 石晓军, 陈殿左. 债权结构、波动率与信用风险——对中国上市公司的实证研究[J]. *财经研究*, 2004, (9): 9 - 11.
- [10] 都红雯, 杨威. 我国对KMV模型实证研究中存在的若干问题及对策思考[J]. *国际金融研究*, 2004, (1): 22 - 27.
- [11] Robert C. Merton. On the pricing of corporate debt, the risk structure of interest rates [J]. *Journal of Finance*, 1974, 29(2): 449 - 470.
- [12] Michel Crouhy, Dan Galai, Robert Mark. A comparative analysis of current credit risk models [J]. *Journal of Banking & Financial*, 2000, 24(1 - 2): 59 - 117.
- [13] Jeffrey R. Bohn. Using marketing data to value credit risk instruments [R]. KMV LLC, 1999.
- [14] Peter Crodby, Jeffrey R. Bohn, Xweling. Modeling default risk [R]. KMV LLC, 2003.
- [15] 陈业宁, 王衍智, 许鸿英. 台湾企业财务危机之预测: 信用评分法与选择权评价法孰优[J]. *风险管理学报(台湾)*, 2004, 16(2): 155 - 179. □