

基于 KMV 模型的企业债信用风险度量优化

余捷飞

西南证券博士后科研工作站

DOI:10.12238/ej.v7i9.1858

[摘要] 随着市场环境复杂化和金融产品多样化,传统信用风险度量方法显现出局限性。KMV模型结合市场数据和企业财务数据,通过计算企业资产价值与负债之间的距离,评估违约概率,能动态反映企业实时信用风险。研究结合现有评级主标尺,对KMV模型的违约距离计算方法进行了改进,验证不同分布假设下违约概率计算方法的准确性,选取最优分布函数以提升估算精度。实证分析结合上市公司实际财务数据,通过对违约距离分布进行拟合,提出动态调整违约率的方法,验证了优化模型在我国上市公司企业债信用风险度量中的有效性。

[关键词] 信用风险管理; KMV模型; 上市公司企业债; 信用评级

中图分类号: X820.4 **文献标识码:** A

Optimization of Credit Risk Measurement for Corporate Bonds Based on KMV Model

Jiefei Yu

Postdoctoral Research Station of Southwest Securities Co., Ltd

[Abstract] With the complexity of the market environment and the diversification of financial products, traditional credit risk measurement methods have shown limitations. The KMV model combines market data and corporate financial data to calculate the distance between asset value and liabilities, evaluate default probability, and dynamically reflect real-time credit risk of the enterprise. The study improved the default distance calculation method of the KMV model by combining existing rating criteria, verifying the accuracy of the default probability calculation method under different distribution assumptions, and selecting the optimal distribution function to improve estimation accuracy. Empirical analysis combined with actual financial data of listed companies, fitting the default distance distribution, proposing a method of dynamically adjusting the default rate, and verifying the effectiveness of the optimization model in measuring credit risk of corporate bonds of listed companies in China.

[Key words] credit risk management; KMV model; corporate bonds of listed companies; credit rating

1 研究背景

在当前金融市场中,信用风险管理对于证券公司的稳健运营至关重要。随着市场环境的日益复杂化和金融产品的多样化,传统的信用风险度量方法逐渐显现出其局限性,无法充分应对新兴风险因素的挑战。因此,探索更为精确和动态的信用风险度量方法成为研究的重点。近年来,金融机构和研究者们开发了多种先进的信用风险模型,以适应复杂多变的金融环境和日新月异的金融产品。这些模型通过动态监测,量化分析等特点,提供了对信用风险的深刻理解和精确管理。

在这些模型中,KMV模型因其结合市场数据和企业财务数据的特点,成为了一种广泛应用的信用风险度量工具。该模型通过计算企业资产价值与负债之间的距离,评估企业的违约

概率,不仅能够反映企业的实时信用风险,还能够揭示市场对企业未来发展的预期,在当代信用风险管理中具有举足轻重的地位。

基于以上研究背景,本文通过引入KMV模型并结合现有评级公司主标尺,度量我国上市公司企业债的信用风险,提升该模型在我国金融市场中的准确性和适用性。在研究路径上,本文首先对KMV模型中的违约距离(DD)计算方法进行了详细分析,并提出了结合评级主标尺的模型优化方案。然后,本文结合市场实际数据验证了不同分布假设下的违约概率计算方法,对比不同分布模型的拟合效果并选择最优分布函数,以提升违约概率的估算精度。通过以上方法,本文在现有评级-违约率主标尺模型的基础上引入违约距离作为中介变量,提出了一种动态调整违约率

的方法。此方法不仅保留了现有模型的计算逻辑,还通过KMV模型的特性反映了交易对手信用情况的实时变化,提升了模型的时效性和前瞻性。

2 文献综述

KMV模型自其提出以来,吸引了大量学者对其进行研究和拓展。早期的研究多集中在KMV模型的基本原理及其在市场风险预测中的应用。随着研究的深入,文献开始集中于探索KMV模型在不同市场和行业中的应用。在研究和运用过程中,KMV模型本身也在不断得到优化和改进。Bharath和Shumway(2008年)的研究对KMV模型的计算方法进行了调整,提出了更加精细的违约距离计算方法,为后续研究提供了重要参考^[1]。Muhammad等人(2017年)在对马来西亚上市公司的信用风险的研究中进一步改进了KMV模型,通过引入公司债务期限结构的影响,提高了模型的预测能力^[2]。

在中国金融市场,KMV模型的应用也得到了广泛的研究和验证。王玉莹(2023年)研究了KMV模型在中国上市公司中的应用,发现该模型能够较为准确地预测公司违约风险^[3]。康俊杰等人(2018年)通过分析上市地产企业的数据,探讨了KMV模型在评估地产行业信用风险中的应用,并提出了改进模型的建议^[4]。Liu和Chen等人(2020年)通过参数调整和违约概率计算优化等方式优化KMV模型,使其更适应中国市场的特殊性,提高其在中国上市公司信用风险测量中的有效性和准确性^[5]。

以上文献不难看出,KMV模型及拓展模型有效地整合了市场信息和公司特定数据,帮助市场参与者更好地理解 and 量化信用风险,与传统信用度量方法相比具有显著优势。一方面,模型基于资产市值和市场波动率等公开数据建模,适用于所有股票上市交易的公司,具有普适性;另一方面,模型在度量过程中依赖股票市值和波动,从而在动态地反映企业的实时信用风险之外,还揭示了市场对公司未来发展的预期,具有前瞻性。

3 KMV模型原理与违约距离计算

KMV模型的核心是对企业的违约距离进行度量。该模型将公司股东权益视为对公司资产的看涨期权。在这个模型中,公司的股票价格是期权价格,公司的资产是标的资产,公司的负债是股东向债权人购买的期权,公司的股东权益由公司负债的账面价值决定。在期权到期时,只有当标的资产的价值高于行权价时,股东才能从债权人处回购企业资产。否则,企业将面临违约风险的发生。由此,本章节认为上市公司股权价值及其波动率服从以下过程:

$$E = f(V, \sigma_V, D, r, t) = VN(d_1) + De^{-rt}N(d_2)$$

$$\sigma_E = f(V, \sigma_V, D, r, t) = \frac{VN(d_1)}{E} \sigma_V$$

其中,E表示公司股权价值,代表公司股票的当前价格;V表示公司资产价值,为本文所求的未知参数;D表示公司债务的账面价值,可以通过市场公开信息获得;r表示无风险利率,一般可用国债到期收益率替代,t表示债务期限; σ_E 表示公式股权价值的波动率,可以通过股价历史波动计算获得, σ_V 表示公司资产价值的波动率,为本文所求的另一个未知参数;N为正态分布的函数,其中参数 d_1 、 d_2 根据Black-Scholes-Merton模型定义如下:

$$d_1 = \frac{\ln(V/D) + (r + \sigma_V^2)/2t}{\sigma_V \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_V \sqrt{t}$$

由此,本文可以通过联求解以上方程,获得公司资产价值V及其波动率 σ_V 。

违约距离的另一个重要变量是公司的违约点。一般来说,违约点的是作为KMV模型中的负债度量,由短期负债和长期负债组成,主要刻画了公司在商业过程中的需要偿还的债务规模。KMV公司通过研究大量违约样本后,发现公司资产价值处于短期负债和长期负债的一半的总和附近时,公司就会发生违约。据此,KMV模型将违约点定义为:

$$DP = STD + 0.5LTD$$

其中STD为短期负债,LTD为长期负债。

最后,KMV模型计算违约距离的公式如下:

$$DD = \frac{E(V) - DP}{E(V)\sigma_V}$$

4 违约距离对评级-违约率模型的优化路径

在算得违约距离后,KMV模型应通过相关计量模型探索违约距离和违约概率之间的对应关系。但是,这种关系的构建需要从市场中获取大量的市场真实违约数据。我国违约数据库建立不够完善,违约样本过少,无法支持这种函数关系的拟合。为此,过往文献往往假设资产价值服从正态分布,即:

$$V \sim N(V, \sigma_V^2)$$

由此定义违约概率PD为:

$$PD = N(-DD) = N\left(-\frac{V - DP}{V\sigma_V}\right)$$

但在实际金融市场中,这种假设往往难以成立。与正态分布的对称性不同,金融资产的价值都具有偏峰性和肥尾性。这使得资产价值的正态性假设与实际情况有所背离,丧失了现实意义。如果券商在实际业务中使用这种方法,将不可避免地受到系统性偏差的影响。另外,这一模型完全使用定量分析重新对违约距离进行度量,与券商现有定性类模型的兼容性较差,使用这一模型会迫使业务部门完全否定现有模型的度量结果。这对于相对保守的风险管理业务来说,无疑是激进而危险的。因此,本章节用一种更加灵活的分布来表述这种对应关系,同时融合现有模型方法,让模型的度量结果的现实意义和兼容性更强。

当前,券商对违约率的认定方式主要是通过债务的风险分类和定级标准映射违约率的方式。业务人员首先对债券进行风险因素统合,根据既定的风险评价指标体系和风险定级标准对债券进行分类和定级,然后再根据不同类级对应的外部违约率主标尺表来为债券赋予违约概率。在这一过程中,虽然有部分券商会通过专家法对每个债券的违约率根据实际情况进行微调,但这种微调十分依赖专家的个人业务水平,其时效性和透明度都很低。

为使债券违约率能够跟发债主体的实时偿还能力挂钩,本研究拟通过违约距离作为微调债券违约率的依据。由于违约距离具有明显的肥尾性,本章节将选择能够产生肥尾分布密度曲线的分布函数(如伽马分布,对数正态分布等)代替正态分布进行拟合,并选取AIC和BIC较低的模型。同时,本章节观测到评级之间的违约率差值随着评级的下降而拉大(如AA级公司债违约率与A级公司债违约率的差值,大于AA级公司债违约率与AAA级公司债违约率的差值)。考虑到违约率和违约距离的强相关性,本研究认为这种差值的变化同样来自于标的资产价值的肥尾性,并假设违约距离和违约率属于同类分布函数。因此,在对违约距离的分布函数进行拟合后,本章节将根据这一分布族类和违约率取值范围,构造债券违约率的分布函数。

考虑到我国尚无通用的违约数据库,我国券商一般使用将境内外主体评级映射至国际外部评级主标尺的方法确定评级-违约率的关系。因此本章节在实证分析环节也以此方法作为基础模型。本章节所采用的国内评级到国际外部评级的映射规则如下表一所示:

在以上评级中AA类评级所涵盖的主体数量最多,故本文以国内评级为AA的上市公司为例,构造基于KMV违约距离的评级-违约率优化模型。基于以上标准,本文选出满足样本条件的上市发债主体共407家,通过万得(wind)数据库提取其2022年12月31日的股权价值、股权年日均波动率以及短长期债务数据,并利用Matlab求解微分方程,获得AA类上市公司的违约

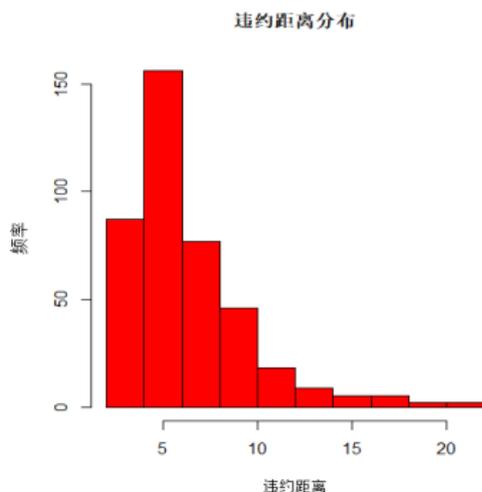
距离。

表一 上市公司企业债评级-违约主标尺

国内评级公司主标尺	境外债券信用风险等级	PD 百分比
AAA	BBB+	0.15
AA+	BBB	0.22
AA	BBB-	0.34
AA-	BB+	0.52
A+	BB	0.79
A	BB-	1.21
A-	B+	1.85
BBB+	B	2.83
BB+	B-	4.32
B	CCC+	6.60
CCC+	CCC	10.98
CC+	CCC-	15.40
C	CC to C	23.53
D	D	100

在对违约距离进行拟合之前,本文首先需要对数据进行清洗。为防止模型出现此类异常值,本文将违约距离进行1%的Winsor缩尾处理。处理之后的违约距离柱状分布图如图一:

从该图可以看出,样本中的大量AA级主体的违约距离在5以内,其分布呈明显的左偏特点,与预期假设相同。故本文选用可以兼容肥尾特性的非对称分布对违约距离进行拟合。在使用RStudio进行分布拟合后,部分非对称分布和对照项的拟合结果如下表二:



图一 AA类上市公司违约距离分布频率

表二 非对称分布拟合评价表现

分布名	AIC	BIC
对数正态分布	1872.673	1880.691
伽马分布	1918.748	1926.765
柯西分布	2044.35	2052.36
威布分布	1999.96	2007.98
正态分布(对照项)	2080.18	2088.2

从表中可以看出,对数正态分布的AIC和BIC均最小,说明其对违约距离的拟合程度最高。因此,本文假设违约距离的分布族类为对数正态分布。违约距离的对数正态分布拟合参数为:

表三 违约距离参数模拟结果

对数分布参数	值估计	标准误
对数均值	1.73	0.021
对数标准差	0.42	0.015

同时,本文也注意到作为对称对照项的正态分布的AIC和BIC均最大,说明对称分布对违约距离的拟合程度不如非对称分布高,印证了违约距离和资产价格的正态性假设并不合理,与现有文献结论相符。至此,本文认为对数正态分布 $N1 \sim \text{LogN}(1.73, 0.42^2)$ 基本捕捉了违约距离的分布特点。

考虑到违约距离是违约率的实时量化,本文假设AA类主体的违约率 PD_{AA} 同样服从对数正态分布。根据现有评级逻辑,本文设定 PD_{AA} 的均值为AA类主体的主标尺违约率,故 PD_{AA} 的对数均值 $\log\mu$ 为 $\ln(0.34)$ 。同时,本文根据主标尺定义,设定AA类主体的违约率 PD_{AA} 的上下界为AA+和AA-类主体的主标尺违约率,即 $PD_{AA} \in (0.22, 0.52)$ 。根据正态分布的经验规则(正态分布68%的数据分布在第一个标准偏差之内,95%的数据落在第二个标准偏差之内,99.7%的数据落在均值的前三个标准偏差之内),本文将 PD_{AA} 的对数均值到对数边界较近的一边设定为对数标准差 $\log\sigma$ 的3倍,即 $\log\sigma = (\ln(0.52) - \ln(0.34))/3 = 0.14$ 。综上,本文设定 PD_{AA} 服从对数正态分布 $N2 \sim \text{LogN}(-1.08, 0.14^2)$ 。

在获得了违约距离和违约率的分布后,投资者可通过AA类主体违约距离的累积分布把违约距离映射为违约率。具体过程为:算得某AA级上市主体的违约距离为4.12后,将其带入违约距离对应的对数正态分布 $N1$ 得到累积分布概率0.23,再将累积分布概率带入违约率对应的对数正态分布 $N2$,得到这一主体在2022年12月31日的违约率估计值0.27%。

由于对数正态分布的特性,本文求得的违约率有可能穿过上下界。因此,此处将 PD_{AA} 的合理取值范围设定为0.519(上界-0.01)到0.221(下界+0.01)以符合现有评级逻辑。如果最后结果突破取值范围,应在评级层面对该上市公司展开研讨,以确定是否应对其进行重新分级分类,或直接取相关评级上下限。

5 小结

本文基于KMV违约距离,对上市主体违约率的计算方法进行了深入改进。在详细讨论了传统KMV方法存在的不足之后,本文提出了一个优化方案,该方案结合了现有的计算逻辑,将基于主体评级的静态违约率转化为受实时主体股权价值影响的动态过程。通过对AA级上市主体的重新度量,本文展示了该方法在保留当前业务计算逻辑的同时,成功地将主体违约率从“一个模型一个违约率”转变为“一个主体一个违约率”,从而大大提高了模型的合理性和颗粒度。

自2008年金融危机以来,权益、债券及衍生品市场的规模发展迅猛,金融环境变得更加复杂,市场数据也更加多元化。这一变化对我国金融市场的风险管理水平和模型技术提出了严峻的考验。与此同时,我国的信用风险管理仍处于发展阶段,投资者风险度量方式存在同质化倾向,多采用将主体、债券评级后归属到某一固定主标尺,再根据专家经验微调的方式来度量违约率。这种静态、主观和粗放性的度量方法,难以适应当前日趋庞大复

杂的金融市场需求。随着金融市场的进一步发展和数据分析技术的进步,风险管理模型需要持续优化和更新。本文提出的方法为这一目标提供了一个切实可行的路径。通过引入动态过程和精细化的违约率计算,使得风险管理更加符合现代金融市场的需求,有助于提升整个金融行业的风险管理水平,推动风险评估的标准化和科学化。希望本文的研究成果能够为风险管理领域的进一步发展提供借鉴和启示,促进金融市场的健康稳定发展。

[参考文献]

[1] Bharath S T, Shumway T. Forecasting default with the KMV-Merton model[C]//AFA 2006 Boston Meetings Paper. 2004.

[2] Muhammad Hafidz Anuwar, M. Jaffar. (2017). Grading the probabilities of credit default risk for Malaysian listed companies by using the KMV-Merton model. 2017 AIP Conference Proceedings, 5857.

[3] 王玉莹.我国上市公司信用债违约风险评估研究[D].曲阜师范大学,2023.

[4] 康俊杰.基于KMV-Logistic模型的上市地产企业债务违约风险度量分析[D].中国石油大学(北京),2023.

[5] Liu, T., & Chen, X. (2020). Research on Credit Risk Measurement of China's Listed Companies with KMV Model.