

基于跳跃-扩散KMV模型的上市公司信用风险评估

王佳¹, 曹琼予²

(1. 东北大学秦皇岛分校 经济学院, 河北 秦皇岛 066000; 2. 复旦大学 经济学院, 上海 200433)

摘要: 本文在传统KMV模型基础上进行改进, 引入风险资产价格的跳跃因素, 构建跳跃-扩散KMV模型。分别从行业属性、公司属性和公司规模三个角度, 对我国126家上市公司的跳跃风险进行估计, 并对其信用风险进行度量。在此基础上, 以测算的违约距离为被解释变量, 以经济周期、跳跃风险及反映企业自身经营情况的财务指标为解释变量, 利用固定效应模型实证检验企业信用风险的影响因素。结果表明, 使用跳跃-扩散KMV模型度量上市公司信用风险的效果较好, 测量结果与我国实际情况较吻合; 同时企业的信用风险与其自身的偿债能力和跳跃风险呈显著正相关, 而与其盈利能力、成长能力、营运能力及宏观经济状况呈显著负相关。

关键词: 跳跃-扩散KMV模型; 信用风险; 跳跃风险; 极大似然法

中图分类号: F830.33 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)1—0160—09

一、引言

信用风险作为企业面临的主要风险之一, 一直以来备受重视和关注。2008年的次贷危机席卷全球, 各国经济都受到沉重打击, 许多企业信用评级急剧下滑甚至出现破产倒闭的现象。近年来, 我国商业银行的不良贷款余额和比率持续攀升, 据银保监会的最新数据显示, 2020年第三季度我国商业银行的不良贷款余额高达2.84万亿元, 较前一季度增加了986亿元。同时, 自2020年10月以来, 多家企业信用债发生实质性违约。企业信用风险事件频出的背后也反映出目前我国对于企业信用风险的度量和监管不到位, 各企业的信用风险管理能力偏弱。在这样的形势下, 有效识别和度量企业的信用风险, 提前做好风险预警非常重要。因此, 本文在充分借鉴国内外优秀文献的基础上, 结合实际情况, 对现有的信用风险度量模型进行针对性的改进, 在此基础上深入探讨企业信用风险的影响因素, 从而为企业的信用风险管控和相关经营决策提供客观的参考依据。

目前, 国际上比较成熟的信用风险度量方法主要有信用计量模型(credit metrics)、CreditRisk+模型、信用组合观点及信用监控模型(KMV)等。其中, 由于KMV模型能够通过股票市场数据和公司财务数据直接计算公司的信用风险, 使得KMV模型的应用最为广泛。国外学者Nyambuu和Bernard(2015)运用KMV模型对新兴经济体的主权违约风险进行评估, 并验证了用KMV模型度量发展中国家主权违约风险的合理性。Zhang和Shi(2016)在KMV模型基础上, 引入粒子群优化、模糊聚类等方法对非流通股的价格估计及违约点的计算参数进行改进, 结果表明, 改进后的混合KMV模型对信用风险的预测更为准确。Zhang和Li(2018)分别利用KMV模型和广义自回归条件异方差模型(GARCH)度量我国涉及碳融资的6家商业银行的信用风险和市场价格, 并利用因子Copula模型分析两风险间的相关性。Capasso et al(2020)利用KMV模型度量公司的信用风险, 并分析该风险与气候变化敞口间的关系, 研究表明, 公司的信用风险与公司碳排放和碳强度的总量呈负相关。国内学者对KMV模型的研究主要侧重于模型参数的修改及适用对象的拓展。唐振鹏等(2016)将门限条件异方差模型(TGARCH)与KMV模型相结合度量不同经济区、不同行业上市公司的信用风险。王莉

收稿日期: 2021-06-18

基金项目: 河北省自然科学基金“基于时变状态转移的河北省企业信用风险度量研究”(G2019501086); 河北省高等学校社科研究2020年度基金项目“基于Knight不确定性和状态转移的鲁棒优化问题研究”(SD202007); 河北省“三三三人才工程”资助项目“奈特不确定性下考虑Markov切换的多状态市场一般均衡定价研究”(A202101009); 河北环境工程学院人文青年拔尖人才培养项目“突发事件下京津冀地区低碳型港口物流供应链鲁棒优化问题研究”(2020RW-BJ02)

作者简介: (通讯作者)王佳, 博士, 东北大学秦皇岛分校经济学院副教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 风险管理; 曹琼予, 复旦大学经济学院硕士研究生, 研究方向: 信贷风险。

(2017)利用基于修正违约距离的KMV模型对上市企业的财务危机进行预警验证,结果表明,修正违约距离的KMV模型通过不同违约利率对应的违约成本影响财务危机。王慧和张国君(2018)以上市房地产企业为研究对象,利用穷举法对KMV模型的违约点计算参数予以修正,得出修正后模型计算的违约距离对房地产企业的预测效果较好;王佳等(2019)在传统KMV模型中引入指数条件异方差模型(EGARCH)和Copula函数研究上市公司的多资产联合违约概率,得到较好的拟合效果。以上学者均对KMV模型进行了适应性调整,但是没有考虑到现实中资产价格可能存在的跳跃行为,因而具有一定的局限性。

受国家、行业和企业发布的重大突发信息影响,金融市场中的风险资产价格往往会出现跳跃性的异常波动,偏离正常的随机游走范围。早期学者Merton(1976)在风险资产价格模型中考虑跳跃因素,构建跳跃-扩散过程。随后,一些学者提出基于跳跃-扩散过程的资产定价模型,分析风险资产的价值变化(Zhou and Zhang, 2020; Jing et al, 2021)。Tian et al(2014)引入泊松跳过程刻画突发事件对股票收益和资产价格的影响,并利用基于跳跃-扩散模型的期权定价公式分析资产的价值变化,结果表明考虑跳跃风险的模型在识别和度量违约概率方面明显优于纯扩散模型。杨柳勇和王礼月(2018)运用跳跃-扩散KMV模型对产能过剩行业上市公司的跳跃风险和信用风险进行度量,并得出结论,含资产价格跳跃的KMV模型在我国上市公司信用风险计量方面适用性较强,且信用风险和跳跃风险之间存在正相关关系。以上研究表明,将资产价格跳跃因素引入KMV模型中可以达到较好的信用风险度量效果,但已有利用跳跃-扩散KMV模型分析信用风险的研究中选择的样本个数均较少,无法验证模型的普遍适用性。

在信用风险影响因素方面,Yu et al(2015)建立Probit模型研究农户的违约概率与农村商业银行贷款利率的关系,研究表明,随着银行贷款利率的提高,农户违约概率增大。Ovi et al(2020)研究1998—2018年来自东南亚国家联盟(ASEAN)地区的银行中商业周期和收入多元化与银行的资本缓冲和信贷风险之间的关系,得出结论,银行通过收入多元化可以在经济低迷时实现资本节约并降低信贷风险。Barra and Ruggiero(2021)利用机器学习算法提取银行和国家层面的相关信息,探究其对不同国家内部和内部银行信用风险变化的影响,研究发现,银行级和国家级的特征对解释信用风险非常重要。国内学者胡胜等(2018)利用主成分分析法和Logistic模型原理,从偿债能力、获利能力、营运能力、发展能力和宏观经济指标5个方面,构建出我国房地产信用风险度量模型并探讨出信用风险影响主要因素;蒋胜杰等(2019)建立马尔科夫状态转移模型(MS)和马尔科夫状态转移向量自回归模型(MS-VAR)研究金融危机背景下信用环境在经济的波动和平稳两状态下的信用违约风险宏观驱动因素及跨区域传染效应;于博和吴菡虹(2020)以贷款减值准备占全部贷款的比重(LLR)作为商业银行信用风险的测度指标,通过分析同业杠杆率攀升对不同规模的商业银行信贷风险的异质性影响,得出结论,同业存单扩张会显著加剧中小银行的信贷风险。以上学者分别研究经济周期或企业内部因素对信用风险的影响,而鲜有将二者相结合的研究。现实中,企业的外部经济环境和内部经营环境都会影响企业的信用违约风险。因此,有必要将二者相结合检验企业信用违约风险的影响因素。

本文在传统结构化KMV模型基础上考虑资产价格跳跃行为,构建跳跃-扩散KMV模型度量我国各行业中上市公司的信用风险,探究考虑资产价格跳跃的信用风险监控模型对于我国上市公司的广泛适用性。进一步,同时考虑经济周期和企业自身因素,构建面板数据回归模型分析企业的外部经济环境和内部经营环境对信用风险的影响。本文的创新之处主要体现在两个方面:第一,使用跳跃-扩散KMV模型对我国上市公司的信用风险按行业、公司性质和规模进行分类度量,从不同的视角探究该模型对于我国企业信用风险计量的普适性;第二,以模型测算的违约距离为被解释变量,运用HP滤波(high-pass filter)划分经济周期,并利用面板数据回归模型综合分析经济周期和企业各项指标对信用风险的影响,从而为相关主体识别和控制信用风险提供针对性意见。

二、模型构建

(一)含资产价格跳跃的期权定价模型

传统KMV模型以Merton的期权定价理论为基础,假设公司资产对数收益率波动服从正态分布。然而,风险资产价格波动经常呈现出尖峰后尾的非对称分布特征,单纯基于Brown运动的纯扩散过程不能准确刻画资产收益率的波动。本文将资产价格波动分为两部分,即由一般信息所导致的连续性正常价格波动和由

于突发事件引起的资产价格跳跃性异常波动。假设资产价格的跳跃性波动遵循 Poisson 过程,根据 Merton (1976)提出的跳跃-扩散模型,假设资产价格在风险中性条件下所满足的跳跃扩散微分方程为

$$\frac{dV_t}{V_t} = (\mu_V - \lambda_V s_V)dt + \sigma_V dB_t + (J_V - 1)dN_t \quad (1)$$

$$s_V = E(J_V - 1) = \exp\left(\theta_V + \frac{\delta_V^2}{2}\right) - 1 \quad (2)$$

其中: V_t 表示资产价格; μ_V 表示资产价格的期望收益; σ_V 表示资产价格没有发生跳跃时的扩散波动率,二者均为常数; B_t 表示标准 Brown 运动; N_t 表示参数为常数 λ_V 的 Poisson 过程,满足 $P(N_t = n) = \frac{e^{-\lambda_V t} (\lambda_V t)^n}{n!}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$),描述资产价格的跳跃波动; J_V 表示 Poisson 过程中发生跳跃行为的跳跃幅度,该变量遵循均值为 θ_V 、方差为 δ_V^2 的对数正态分布,即 $\ln J_V \sim N(\theta_V, \delta_V^2)$; s_V 表示 $(J_V - 1)$ 的数学期望; B_t 、 N_t 和 J_V 相互独立。设 W_t 服从风险中性测度下的标准布朗运动,结合 Girsanov 定理,可得 $dW_t = dB_t + \frac{\mu_V - r}{\sigma_V} dt$,其中 r 为无风险利率,将 dW_t 的表达式代入式(1)得

$$\frac{dV_t}{V_t} = (r - \lambda_V s_V)dt + \sigma_V dW_t + (J_V - 1)dN_t \quad (3)$$

则式(3)的随机指数解为

$$V_T = V_t \exp\left[\left(r - \frac{1}{2}\sigma_V^2 - \lambda_V s_V\right)(T-t) + \sigma_V(W_T - W_t) + \sum_{i=0}^{N_{T-t}} \ln J_V^i\right] \quad (4)$$

其中: J_V^i 表示在时间间隔 $(T-t)$ 内资产价格发生第 i 次跳跃行为时的跳跃幅度; J_V^i 和 J_V 服从独立同对数的正态分布。

假设执行价格为 K 、到期日为 T 、到期期限为 $\tau=T-t$ 的欧式看涨期权的标的资产满足含资产价格跳跃的期权定价模型,结合式(2)、式(4)及 Merton(1976)的跳跃-扩散模型,可以得到含资产价格跳跃的期权定价公式为

$$c_t = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\lambda_V \tau \exp\left(\theta_V + \frac{\delta_V^2}{2}\right)} \frac{\left[\lambda_V \tau \exp\left(\theta_V + \frac{\delta_V^2}{2}\right)\right]^n}{n!} \left[V_t \phi(d_1) - e^{\lambda_V \tau \exp\left(\theta_V + \frac{\delta_V^2}{2}\right) - (r + \lambda_V)\tau - n\left(\theta_V + \frac{\delta_V^2}{2}\right)} K \phi(d_2) \right] \quad (5)$$

其中: c_t 表示期权价格; $d_1 = \frac{1}{\sqrt{\sigma_V^2 \tau + n\delta_V^2}} \left(\ln \frac{V_t}{K} + \tau \left[r - \lambda_V \left[e^{\left(\theta_V + \frac{\delta_V^2}{2}\right)} - 1 \right] + \frac{1}{2}\sigma_V^2 \right] + n\left(\theta_V + \frac{\delta_V^2}{2}\right) \right)$, $d_2 = d_1 -$

$$\sqrt{\sigma_V^2 \tau + n\delta_V^2}, \phi(d) = \int_{-\infty}^d \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx。$$

(二) 跳跃-扩散 KMV 模型

本文在传统结构化 KMV 模型的基础上,引入含资产价格跳跃的期权定价模型。将公司股权价值视为一个欧式看涨期权,公司资产为标的资产,公司债务价值为行权价格。由式(5)可得公司的股权价值表达式

$$V_E = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\lambda_A \tau \exp\left(\theta_A + \frac{\delta_A^2}{2}\right)} \frac{\left[\lambda_A \tau \exp\left(\theta_A + \frac{\delta_A^2}{2}\right)\right]^n}{n!} \left[V_A \phi(d_1) - e^{\lambda_A \tau \exp\left(\theta_A + \frac{\delta_A^2}{2}\right) - (r + \lambda_A)\tau - n\left(\theta_A + \frac{\delta_A^2}{2}\right)} V_D \phi(d_2) \right] \quad (6)$$

其中: $d_1 = \frac{1}{\sqrt{\sigma_A^2 \tau + n\delta_A^2}} \left(\ln \frac{V_A}{V_D} + \tau \left[r - \lambda_A \left[e^{\left(\theta_A + \frac{\delta_A^2}{2}\right)} - 1 \right] + \frac{1}{2}\sigma_A^2 \right] + n\left(\theta_A + \frac{\delta_A^2}{2}\right) \right)$; $d_2 = d_1 - \sqrt{\sigma_A^2 \tau + n\delta_A^2}$; E 、 A 和 D

分别表示股权价值、资产价值和债务账面价值; V_E 表示公司的股权价值; V_A 表示公司的资产价值; V_D 为公司的债务账面价值。

根据广义伊藤引理,将公司的股权价值视为公司资产价值和时间的函数,由式(6)可知, V_E 关于 t 一阶可

导,关于 V_A 二阶可导,符合广义伊藤引理的条件,进而得到

$$dV_E = \left\{ \frac{\partial V_E}{\partial t} + \left[r - \lambda \exp\left(\theta_A + \frac{\delta_A^2}{2}\right) \right] V_A \frac{\partial V_E}{\partial V_A} + \frac{1}{2} \sigma_A^2 V_A^2 \frac{\partial^2 V_E}{\partial V_A^2} \right\} dt + \sigma_A V_A \frac{\partial V_E}{\partial V_A} dW_t + v(J_V - 1)dN_t \quad (7)$$

由式(3)可得公司的资产价值和股权价值在风险中性条件下分别满足如下跳跃-扩散微分方程:

$$dV_A = (r - \lambda_A s_A)V_A dt + \sigma_A V_A dW_t + V_A(J_A - 1)dN_t \quad (8)$$

$$dV_E = (r - \lambda_E s_E)V_E dt + \sigma_E V_E dW_t + V_E(J_E - 1)dN_t \quad (9)$$

对比式(7)和式(9)中 dW_t 项的系数,可得

$$\sigma_E = \frac{V_A \partial V_E}{V_E \partial V_A} \sigma_A \quad (10)$$

由式(6)求得 $\frac{\partial V_E}{\partial V_A}$,并将其代入式(10),可得资产价值 Brown 运动波动率(或称为资产价值扩散波动率)

σ_A 和股权价值 Brown 运动波动率(或称为股权价值扩散波动率) σ_E 满足关系式(11):

$$\sigma_E = \frac{V_A \sigma_A}{V_E} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\lambda_A \tau \exp\left(\theta_A + \frac{\delta_A^2}{2}\right)} \frac{\left[\lambda_A \tau \exp\left(\theta_A + \frac{\delta_A^2}{2}\right) \right]^n}{n!} \phi(d_1) \right\} \quad (11)$$

公司的资产价值波动率 σ_{TA} 由扩散波动率 σ_A 和跳跃波动率 δ_A 两部分组成,三者满足关系式(12):

$$\sigma_{TA} = \sigma_A^2 + \lambda_A \delta_A^2 \quad (12)$$

同理,公司的股权价值波动率也存在上述关系

$$\sigma_{TE} = \sigma_E^2 + \lambda_E \delta_E^2 \quad (13)$$

参考 Leland(2004)的研究, $\mu_A = \mu_E \frac{V_E}{V_A}$ 。在风险中性条件下, μ_A 和 μ_E 分别对应式(8)、式(9)中 $r - \lambda_A s_A$ 和 $r - \lambda_E s_E$,结合式(2),可得资产价值跳跃波动率和股权价值跳跃波动率的关系为

$$r - \lambda_E \left[\exp\left(\theta_E + \frac{\delta_E^2}{2}\right) - 1 \right] = \frac{V_A}{V_E} \left\{ r - \lambda_A \left[\exp\left(\theta_A + \frac{\delta_A^2}{2}\right) - 1 \right] \right\} \quad (14)$$

基于以上对资产价格及资产价格波动率的推导,利用跳跃-扩散 KMV 模型度量公司信用风险的具体步骤如下:

第一步,确定公司的股权价值(V_E)。我国上市公司的股票分为流通中的股份和非流通的限售股份,而限售流通股份在市场上没有买卖交易的价格。因此用每股净资产对限售流通股的价格进行估计,即

$$V_E = \text{流通股股数} \times \text{当年股票平均收盘价格} + \text{非流通股股数} \times \text{每股净资产} \quad (15)$$

第二步,确定公司的债务账面价值(V_D)。

$$V_D = \text{流动负债账面价值}(STD) + \text{非流动负债账面价值}(LTD) \quad (16)$$

第三步,确定公司的股权价值波动率(σ_{TE})。利用历史波动率法估计上市公司的股权价值波动率(σ_{TE})。

首先,股票的日收益率为 $\mu_i = \ln\left(\frac{P_i}{P_{i-1}}\right)$, P_i 表示第 i 天股票收盘价格;然后,由股票日收益率(μ_i)求得股票日收益波动率(σ);最后,用股票日收益波动率(σ)计算股票的季度收益波动率(σ_{TE}),即 $\sigma_{TE} = \sigma\sqrt{N}$, N 为股票季度交易天数。

第四步,利用极大似然法估计股权价值的跳跃参数(λ_E 和 δ_E)。根据式(13),给定 σ_{TE} ,三个变量 σ_E 、 λ_E 和 δ_E 已知其中两个即可求得第三个参数值。假设公司资产价值和股权价值面临的跳跃风险相同,且发生跳跃行为的好坏消息分布的概率对称,即 $\lambda_A = \lambda_E$, $\theta_A = \theta_E = 0$ (Zhang 和 Shi, 2016)。根据式(9)公司股权价值满足的随机微分方程,求得股票价格收益率的概率密度函数式(17),运用极大似然法即可估计出股权价值的跳跃参数(λ_E 和 δ_E),再利用式(13),求得股权价值的扩散波动率(σ_E)。

$$f(x) = \frac{\lambda_E \Delta t}{\sqrt{2\pi(\sigma_E^2 \Delta t + \delta_E^2)}} \exp\left(-\frac{\{x - [r - \lambda_E E(J - 1)]\Delta t\}^2}{2(\sigma_E^2 \Delta t + \delta_E^2)}\right) + \frac{1 - \lambda_E \Delta t}{\sqrt{2\pi\sigma_E^2 \Delta t}} \exp\left(-\frac{\{x - [r - \lambda_E E(J - 1)]\Delta t\}^2}{2\sigma_E^2 \Delta t}\right) \quad (17)$$

第五步,利用最小二乘法估计资产价值(V_A)、跳跃参数(δ_A)和扩散波动率(σ_A)。联立式(6)、式(11)和式(14),取 r 为一年期定期存款利率,运用 MATLAB 编程对联立方程组求解,即可得参数 V_A 、 δ_A 和 σ_A 的值。

第六步,计算公司的违约点(DP)。以 KMV 模型为基础,将违约点(DP)设定为公司短期负债(STD)与 50% 的长期负债(LTD)之和,即

$$DP = STD + 0.5LTD \quad (18)$$

第七步,计算违约距离(DD)度量各公司的信用风险。违约距离的计算公式为

$$DD = \frac{V_A - DP}{V_A \sigma_{TA}} \quad (19)$$

三、实证分析

(一) 样本选取与数据处理

本文选取的样本区间为 2011 年 1 月到 2020 年 9 月,以沪深两市的全部上市公司为研究对象,为避免模型结果出现异常,剔除公司股权价值小于债权价值、2011 年后上市及由于停牌等原因缺失交易数据的公司,共筛选出 126 家样本公司。以证监会最新行业分类标准对 126 家样本公司所属行业进行划分,样本涉及农林牧渔业、采矿业、制造业、电力热力燃气水生产供应业、建筑业、批发零售业、交通运输业、住宿餐饮业、信息服务业、金融业、房地产业、租赁商务服务业、科研服务业、水利环境公共设施管理业、卫生与社会工作业、文化体育娱乐业和综合共计 17 个行业。数据来源于 Wind 数据库、Choice 金融终端和网易财经数据库。选取中国人民银行公布的一年期定期存款利率为无风险利率。

(二) 公司股价的跳跃风险分析

利用各样本公司股票的日收盘价数据计算其对数收益率,然后对股票收益率的概率密度函数构建对数似然函数,利用极大似然法估计跳跃参数(λ_E 和 δ_E)。根据式(13),以 $\lambda_E \delta_E^2$ 衡量各上市公司股价跳跃风险的大小,分别从行业属性、企业属性和公司规模三个角度分析公司股价的跳跃行为。

首先,按照证监会最新行业分类对样本公司进行划分,不同行业上市公司股价跳跃风险的描述性统计表 1。可以看出,建筑行业样本公司股价的跳跃风险最大且波动较为剧烈,其次是科研服务、信息服务和金融业,而交通运输和住宿餐饮业的跳跃风险较小。这是因为,建筑、金融、科研服务和信息服务等行业受国家政策影响较大,当出现突发性重大政策调整和变化时,股价波动比较剧烈,跳跃风险比较大,而对于交通运输、住宿餐饮等行业,其社会需求相对刚性,受到重大事件影响稍微小一些。

其次,按照公司性质,将样本公司划分为中央国有企业、地方国有企业、公众企业、民营企业和外资企业,各属性公司股价跳跃风险的描述性统计表 2。可以看出,民营企业股价的跳跃风险较大,中央和地方国有企业的跳跃风险较小,公众企业和外资企业的跳跃风险中等。这是因为,国有企业作为政府大力支持的企业,其背后有国家支撑,不易在重大突发事件中受到较大的影响。而民营企业受国家宏观经济政策的影响较大,政策的频繁变动往往会给民营企业的

表 1 按行业属性分类的上市公司跳跃风险描述性统计

行业	平均值	标准差	最大值	最小值	样本量
农林牧渔	0.0662	0.1004	0.9401	0.0058	6
采矿	0.0430	0.0531	0.5562	0.0028	9
制造	0.0661	0.1001	1.4531	0.0016	36
电热燃水	0.0440	0.0790	0.7579	0.0022	8
建筑	0.1005	0.2136	1.3113	0.0080	2
批发零售	0.0519	0.0801	0.7671	0.0046	12
交通运输	0.0246	0.0327	0.2118	0.0021	7
住宿餐饮	0.0365	0.0714	0.5550	0.0042	2
信息服务	0.0827	0.1403	1.6628	0.0024	11
金融	0.0719	0.0787	0.6010	0.0083	6
房地产	0.0595	0.0621	0.4345	0.0043	5
租赁商务服务	0.0641	0.0769	0.5813	0.0036	5
科研服务	0.0894	0.1307	0.7824	0.0011	3
水环公	0.0495	0.0626	0.3687	0.0009	4
社区卫生	0.0639	0.0675	0.2498	0.0076	1
文体娱	0.0676	0.1064	0.7570	0.0037	5
综合	0.0607	0.0540	0.3562	0.0091	4

生存发展带来显著影响,从而表现为民营企业股价的跳跃风险较大。

第三,按照wind数据库中提供的公司规模划分标准,将样本公司划分为大型企业和中小微企业两大类,两类企业股价跳跃风险的描述性统计见表3。可以看出,大型企业股价的跳跃风险较小,中小微企业股价的跳跃风险较大。这是因为,大型企业往往具备较强的资产运作能力和持续增长动力,股票价格往往比较稳定,跳跃风险相对较小,而中小微企业受其自身发展和资源限制,对于突发重大事件的敏感性比较高,因而股价的跳跃风险更大。

(三)上市公司的信用风险度量结果与分析

根据第三节中信用风险度量的具体步骤,结合上市公司股价的跳跃风险情况,运用最小二乘法计算各公司的违约距离,违约距离越大,公司所面临的信用风险越小。本文分别从行业属性、企业属性和公司规模三个角度对样本公司的信用风险进行分析。

表4为按行业属性分类的上市公司违约距离的描述性统计。可以看出,不同行业的上市公司违约距离有所差异。科研服务和住宿餐饮业的违约距离较大,公司面临的信用风险相对较小。而采矿业、农林牧渔和文化体育娱乐业的违约距离较小,信用风险较大。结合各行业公司的跳跃风险情况,住宿餐饮业的跳跃风险比较小,而违约距离较大,信用风险较小;文体娱乐和农林牧渔业的跳跃风险较大,而违约距离较小,信用风险较大。由此看出,信用风险与跳跃风险之间存在一定的相关关系。但科研服务和采矿业的跳跃风险和信用风险之间并没有明显的相关关系。

表5为按公司性质分类的上市公司违约距离的描述性统计。可以看出,公众企业和外资企业的违约距离较大,信用风险较小。而中央和地方国有企业、民营企业的违约距离较小,信用风险较大。虽然国有企业跳跃风险较小,但是近年来,随着政府对国有企业的支持力度不断加大,给国有企业的发展提供了隐性担保,这在无形中鼓励国企进行数量更多的风险经营行为,同时也暴露出国企风险管控不到位的问题。而民营企业受经营水平和管理能力的限制,更容易受到外部影响,其跳跃风险和信用风险都较大。

表6为按公司规模分类的上市公司违约距离的描述性统计。可以看出,对于不同规模的公司,其信用风险与跳跃风险的相关关系均较为明显,大型企业凭借其强大的资金运作能力和风险管控能力,其信用风险和跳跃风险都较小,而中小微企业受规模和政策限制,自身发展水平有限,信用风险和跳跃风险都处于比较高的水平。

综合以上分析可以发现,上市公司的跳跃风险和信用风险存在一定的相关关系,但信用风险并不仅仅受到跳跃风险这一因素的影响,宏观经济状况和企业自身的经营情况都可能会对其信用风险产生一定的影响。因此,有必要对上市公司信用风险的影响因素进行进一步的研究。

表2 按公司属性分类的上市公司跳跃风险描述性统计

企业属性	平均值	标准差	最大值	最小值	样本量
中央国有企业	0.0509	0.0766	0.6837	0.0021	18
地方国有企业	0.0445	0.0624	0.7124	0.0022	38
公众企业	0.0631	0.0976	0.6569	0.0011	5
民营企业	0.0738	0.1156	1.6628	0.0009	60
外资企业	0.0605	0.0741	0.5813	0.0057	5

表3 按公司规模分类的上市公司跳跃风险描述性统计

公司规模	平均值	标准差	最大值	最小值	样本量
大型企业	0.0598	0.1008	1.6628	0.0009	97
中小微企业	0.0639	0.0754	0.7579	0.0022	29

表4 按行业属性分类的上市公司违约距离描述性统计

行业	平均值	标准差	最大值	最小值	样本量
农林牧渔	3.8825	2.1353	11.2324	0.0635	6
采矿	3.0021	2.2340	10.9983	0.0961	9
制造	4.8612	1.9111	17.0043	0.6014	36
电热燃水	4.4615	2.8398	13.4156	0.2145	8
建筑	4.5373	1.8250	10.0094	0.7876	2
批发零售	4.5986	2.1676	13.0859	0.0741	12
交通运输	4.4679	3.0517	12.4140	0.4654	7
住宿餐饮	5.5915	2.9054	12.7386	0.3082	2
信息服务	4.2284	2.0873	16.5189	0.1543	11
金融	4.0789	1.7404	9.9013	0.0715	6
房地产	4.3090	1.9164	12.1877	0.0656	5
文体娱	3.3120	2.3372	11.8408	0.0774	5
租赁商务服务	4.2752	2.0166	10.9087	0.2023	3
科研服务	5.8188	3.3883	28.3264	0.2187	4
水环公	5.2591	2.2664	10.9259	1.9508	1
社会卫生	4.2858	2.2381	12.8806	0.4185	5
综合	4.1861	1.6995	9.3900	0.3372	4

表5 按公司性质分类的上市公司违约距离的描述性统计

企业属性	平均值	标准差	最大值	最小值	样本量
中央国有企业	4.2518	2.3388	15.9950	0.0635	18
地方国有企业	4.4115	2.5879	18.9506	0.0656	38
公众企业	4.8701	2.3873	13.4156	0.2023	5
民营企业	4.3924	2.1294	28.3264	0.0715	60
外资企业	4.8571	1.6417	10.7540	1.2637	5

表6 按公司规模分类的上市公司违约距离的描述性统计

企业规模	平均值	标准差	最大值	最小值	样本量
大型企业	4.4641	2.3439	28.3264	0.0635	97
中小微型企业	4.2529	2.1594	16.6557	0.0656	29

(四)上市公司信用风险的影响因素分析

以前文度量的上市公司违约距离(DD)为被解释变量,以宏观经济因素、公司股价跳跃因素及反映公司自身盈利能力、偿债能力、成长能力和营运能力的指标为解释变量,对上市公司信用风险的影响因素进行分析,具体变量定义见表7。建立基于面板数据的多元线性回归模型

$$DD_{it} = \beta_0 + \beta_1 CYCLE_{it} + \beta_2 JUMP_{it} + \beta_3 ZCFZL_{it} + \beta_4 ROA_{it} + \beta_5 MGSY_{it} + \beta_6 ZCZZL_{it} + \varepsilon \quad (20)$$

对于经济周期变量,由于GDP当期水平值序列具有明显的趋势主导和季节因素扰动的波动特征,首先对GDP序列进行季度调整,消除季度成分,在此基础上使用HP滤波法提取周期成分,通过比较当期值与前期值周期成分值的大小,将经济上行期赋值为1,经济下行期赋值为0,并以此作为衡量经济周期的指标(王琳等,2020)。

1. 平稳性检验和协整检验

为避免数据出现虚假回归,本文对被解释变量和各解释变量进行平稳性检验,结果见表8。可以看出,各变量的P值均在1%之内,说明各变量序列都是平稳的。同时,为避免数据出现伪回归,利用Kao方法对被解释变量和解释变量之间的协整关系进行检验,结果见表9。可以看出,t值为-5.4846,对应P=0.0000,说明解释变量与被解释变量之间存在长期的均衡关系,可以进行面板数据回归。

2. 回归结果与分析

对样本数据进行Hausman检验,检验结果见表10。可以看出,P=0.0453,在5%的显著性水平下拒绝原假设,选择固定效应模型进行面板数据回归,回归结果见表11。

从表11可以看出,F统计量的值为508.3488,对应P=0.0000,表明模型整体回归效果在1%的显著性水平下较为显著,具有统计意义。同时,违约距离与经济周期、资产报酬率、每股收益及资产周转率呈现显著正相关,而与跳跃风险和资产负债率呈显著负相关。具体地,当经济处于上行期时,违约距离变大,企业信用风险变小,即经济状况改善能够降低企业的信用风险。而企业自身的盈利能力、成长能力和营运能力越强,说明企业的经营情况较好,相应的违约距离变大,企业信用风险变小。除此之外,企业受突发事件影响产生股价异常波动带来的跳跃风险会显著增大企业的信用风险,这与前面对跳跃风险和违约距离的描述性分析相吻合。另外,企业的负债占比过高也会对其信用状况产生不利影响,当企业流动性不足导致资不抵债时,企业信用风险无限大甚至破产倒闭。由以上分析可以看出,回归模型中各解释变量的经济意义均与实际情况相吻合。这也验证了运用含资产价格跳跃的KMV模型度量上市公司信用风险的合理性和准确性。

四、结论与建议

本文结合我国实际情况引入含资产价格跳跃的跳跃-扩散KMV模型分别从行业属性、公司属性和公司规模三个层面对上市公司的跳跃风险进行刻画,并分析其信用风险情况,在此基础上,以模型测算得到的违

表7 变量定义

影响因素	变量名称	符号表示
宏观经济因素	经济周期	CYCLE
跳跃因素	跳跃风险	JUMP
偿债能力	资产负债率	ZCFZL
盈利能力	资产报酬率	ROA
成长能力	每股收益	MGSY
营运能力	资产周转率	ZCZZL

注:数据来源于wind数据库。

表8 各变量的平稳性检验

检验值	DD	CYCLE	JUMP	ZCFZL	ROA	MGSY	ZCZZL
Z	-29.4485	-66.9522	-23.5642	-4.0655	-8.0333	-5.2827	-2.9416
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016

表9 协整检验结果

t	P	残差方差	HAC方差
-5.4846	0.0000	3.9234	0.7442

表10 Hausman检验结果

面板回归模型	统计值	自由度	P
固定效应	12.8598	6	0.0453

表11 上市公司信用风险影响因素的面板回归结果

变量	系数	标准误	t统计量	p
C	5.7957	0.1506	38.4819	0.0000
CYCLE	0.4618	0.1826	2.5290	0.0115
JUMP	-10.4324	0.6958	-14.9936	0.0000
ZCFZL	-4.2598	0.2750	-15.4891	0.0000
ROA	2.8044	0.5099	5.4997	0.0000
MGSY	0.0724	0.0212	3.4181	0.0006
ZCZZL	0.3900	0.1371	2.8439	0.0045
R ²	0.3833			
调整后的R ²	0.3826			
F统计量	508.3488			
P	0.0000			

约距离为被解释变量,选择经济周期、跳跃风险及衡量企业自身偿债能力、盈利能力、成长能力和营运能力的财务指标为解释变量,运用固定效应模型进行面板数据回归,以分析企业信用风险的影响因素。结果表明,使用跳跃-扩散KMV模型度量企业的信用风险与实际情况相符,外资企业的信用情况要显著好于民营和国有企业,大型企业的信用风险要高于中小微企业的信用风险。同时,由面板数据回归结果可知,企业的信用风险与其自身的偿债能力和跳跃风险呈显著正相关,与其盈利能力、成长能力、营运能力及宏观经济状况呈显著负相关,即当经济处于上行期,公司跳跃风险和资产负债率较低、经营情况较好时,其违约距离越大,信用风险越小。

基于以上分析,本文提出如下建议:首先,在信用风险度量方面,考虑资产价格波动中存在的跳跃风险,并引入跳跃-扩散KMV模型度量上市公司的信用风险更有效,模型测算结果也较符合我国实际情况;其次对于企业信用风险的影响因素,良好的宏观经济运行情况可以增强投资者信心,能够显著降低上市公司的信用风险。因此宏观经济的有效调控和稳定运行显得尤为重要;同时,各企业更应结合自身情况,合理调整自身经营战略,保持适当的资本结构和盈利能力,提升自身应对经济变化的能力,努力提高自身信用等级,降低信用风险,能够更好地促进企业持续健康发展。

参考文献

- [1] 胡胜,雷欢欢,胡华强,2018.基于Logistic模型的我国房地产企业信用风险度量研究[J].中国软科学,(12): 157-164.
- [2] 蒋胜杰,傅晓媛,李俊峰,2019.金融危机下信用违约风险的宏观驱动因素及跨区域传染效应——基于亚洲、北美、欧洲三大区域的实证分析[J].中央财经大学学报,(6): 20-32.
- [3] 唐齐鸣,黄菁,2010.中国上市公司违约风险的测度与分析——跳-扩散模型的应用[J].数量经济技术经济研究,27(10): 101-115.
- [4] 唐振鹏,陈尾虹,黄友珀,2016.上市公司信用风险的度量[J].统计与决策,(24): 174-179.
- [5] 王慧,张国君,2018.KMV模型在我国上市房地产企业信用风险度量中的应用[J].经济问题,(3): 36-40.
- [6] 王佳,杨艾琳,王旭,2019.基于修正KMV-Copula模型的组合信用风险度量研究[J].会计之友,(7): 53-58.
- [7] 王莉,2017.引入违约距离的修正KMV模型在财务危机预警中的应用[J].统计与决策,(17): 88-91.
- [8] 王琳,赵登攀,冯婧,2020.经济周期、金融周期动态演变下企业杠杆率探析——来自中国上市公司的经验证据[J].财经理论与实践,41(6): 10-17.
- [9] 杨柳勇,王礼月,2018.行业与区域视角下的债券信用风险度量——基于LJD-KMV模型的实证研究[J].财会月刊,(14): 155-161.
- [10] 于博,吴菡虹,2020.银行业竞争、同业杠杆率攀升与商业银行信用风险[J].财经研究,46(2): 36-51.
- [11] ALITAB D, BORMETTI G, CORSI F, et al, 2020. A jump and smile ride: Jump and variance risk premia in option pricing [J]. Journal of Financial Econometrics, 18(1): 121-157.
- [12] BARRA C, RUGGIERO N, 2021. Do microeconomic and macroeconomic factors influence Italian bank credit risk in different local markets? Evidence from cooperative and non-cooperative banks[J]. Journal of Economics and Business, 114: 105976.
- [13] CAPASSO G, GIANFRATE G, SPINELLI M, 2020. Climate change and credit risk [J]. Journal of Cleaner Production, 266: 121634.
- [14] JING B, LI S, MA Y, 2021. Consistent pricing of VIX options with the Hawkes jump-diffusion model[J]. North American Journal of Economics and Finance, 56: 101326.
- [15] LELAND H E, 2004. Predictions of default probabilities in structural models of debt [J]. The Journal of Investment Management, 2(2): 5-20.
- [16] MERTON R C, 1976. Option pricing when underlying stock returns are discontinuous [J]. Journal of Financial Economics, 3(2): 125-144.
- [17] NYAMBUU U, BERNARD L, 2015. A quantitative approach to assessing sovereign default risk in resource-rich emerging economies[J]. International Journal of Finance & Economics, 20(3): 220-241.
- [18] OVI N, BOSE S, GUNASEKARAGE A, et al, 2020. Do the business cycle and revenue diversification matter for banks' capital buffer and credit risk: Evidence from ASEAN banks [J]. Journal of Contemporary Accounting and Economics, 16(1): 100186.
- [19] TIAN L, WANG G, WANG X, et al, 2014. Pricing vulnerable options with correlated credit risk under jump-diffusion processes [J]. Journal of Futures Markets, 34(10): 957-979.
- [20] YU J, LU Y, WANG Z, 2015. Application of the credit metric in the credit risk management of commercial banks [J]. Academic, 5: 297-301.

- [21] ZHANG X, LI J, 2018. Credit and market risks measurement in carbon financing for Chinese banks[J]. *Energy Economics*, 76: 549-557.
- [22] ZHANG Y, SHI B, 2016. Non-tradable shares pricing and optimal default point based on hybrid KMV models: Evidence from China[J]. *Knowledge-Based Systems*, 110: 202-209.
- [23] ZHOU Q, ZHANG X, 2020. Pricing equity warrants in Merton jump-diffusion model with credit risk[J]. *Physica A*, 557: 124883.

Credit Risk Evaluate of Listed Companies Based on Jump-Diffusion KMV Model

Wang Jia¹, Cao Qiongyu²

(1. School of Economics, Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066000, Hebei, China;
2. School of Economics, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: In order to construct a jump-diffusion KMV model, the jump factors of asset price were introduced to improve the traditional KMV model. From the perspectives of industry attribute, company attribute and company size, the jump risk and credit risk of each company were measured separately. Then, the default distance measured by the model was used as the dependent variable. The economic cycle, jump risk and indicators reflecting the company's own operating conditions were selected as independent variables. The fixed effect model was used to empirically test the influencing factors of corporate credit risk. The results show as follows. Using the jump-diffusion KMV model to measure the credit risk of listed companies is effective, and the measurement results are consistent with the actual situation in our country. Meanwhile, the credit risk of a company is significantly positively correlated with its own solvency ability and jump risk. And it has a significant negative correlation with its profitability, growth ability, operating ability and macroeconomic conditions.

Keywords: jump-diffusion KMV model; credit risk; jump risk; maximum likelihood method