

违约率:理论方法及实证研究综述

李晓庆 郑垂勇

摘要: 违约率的传统估计方法主要有经验法、经济计量模型法、结构化模型法等,近年来又出现了一种集结构化模型的或有权益分析和经济计量模型的统计思想于一体的复合模型法。比较上述各种模型方法,经验法操作简单,但对违约企业历史数据的时间跨度要求苛刻;经济计量模型法被广泛用于企业违约率的估计,尤其在判定企业是否违约方面,模型的经验表现较好,但该方法主要使用静态的财务数据指标,其指标选择缺乏理论依据;结构化模型法有很好的理论基础,在估计企业的违约程度方面较有优势,但由于使用了复杂的期权定价模型及苛刻的假设条件,其应用受到限制;复合模型法在一定程度上能克服经济计量模型法和结构化模型法单独使用时的缺陷,其应用前景较为广阔。

关键词: 经验法 经济计量模型 结构化模型 复合模型

违约风险是借款人在债务到期时,无法或不想还本付息而使债权人遭受损失的风险,通常在借款人经营状况或财务状况不佳而导致违约甚至破产的情况下发生。违约率是指借款人出现违约风险的可能性,是决定信用风险的核心变量。根据文献以及信用风险管理的实践经验,赵先信(2004)将违约率的估计方法归纳为:经验法、经济计量模型法、结构化模型法等。近年来违约率的研究又有了新的进展,出现了集结构化模型的或有权益分析和经济计量模型的统计思想于一体的复合模型,这种复合模型在一定程度上克服了经济计量模型和结构化模型单独使用时的缺陷,其中以Alexandros Benos等(2005)的复合模型比较有代表性。本文对违约率的方法及其经验研究进行了梳理,希望能为今后我国企业违约率的研究拓宽思路。

一、经验法

所谓经验法就是通过经验数据,即实际的违约统计,来推断不同信用等级的违约率。采用该方法的前提是必须有样本容量足够大的信用评级数据库。国际上一些大国际商业银行和专业评级机构,都有自己的公司违约数据库。

当采用经验法来估计违约率时,我们不仅可从

年度数据库中得到违约率方面的信息,也可从中判断信用等级的转移情况。此外,利用这些年度数据库不仅能比较不同行业的评级变动情况,也可用来比较不同利率周期和商业周期的评级变动模式。不过经验法也有其缺陷:(1)由于信用违约及信用评级转移是一个动态过程,依赖于特定的体制条件和商业周期,过去的历史数据并不能完全说明将来的情况;(2)经验法假定同一评级内的债务人具有相同的违约率和信用评级转移概率,但这通常与现实不符。

著名的高级信用风险计量模型Credit - Metrics就是利用参数估计法的思路以转移矩阵的形式来表现违约率的,只是Credit - Metrics模型不仅考虑个体风险的违约率,更强调的是信贷组合风险集中的计量问题,即债务人同时出现违约风险的可能性。

二、经济计量模型

(一)经济计量模型的发展历程

随着数学和统计技术在企业信用分析中的运用,早期的经济计量模型——信用评分模型诞生了。最早建立了违约率与单个企业信用特征之间关系的是Fitzpatrick(1932),随后Fisher(1936)提出了对给定总体进行两个分组判别分析的概念,Durand(1941)运用判别分析技术分离出好的和差的消费者贷款。

信用评分模型取得重大进展是在 20 世纪 60 年代信用卡业务推出时期,出现了基于 5Cs 法的信用评分系统。

Beaver(1966)对早期信用评分模型进行重大改进,首次提出了单变量的企业破产预测模型,Altman(1968)基于 Beaver(1966)的单变量模型构建了多变量企业破产预测模型,即著名的 Z-Score 线性判别模型。

由于线性判别模型的正态分布假定的局限性,人们提出了 Logistic 模型。Martin(1977)、Ohlson(1980)和 Wiginton(1980)运用 Logistic 模型进行了企业破产预测。Logistic 模型假设违约或破产概率遵循对数规律,其误差项服从二项分布,并采用最大似然估计法进行参数估计。与 Logistic 模型相似的还有 Probit 模型,只是 Probit 模型假设违约率服从正态分布。

以 Ohlson(1980)为代表的 Logistic 模型实际上是广义线性回归模型,即变量之间存在线性关系,而更为复杂的关系,如非单调性等却被忽略了。Laitinen(2000)提出将 Logistic 模型中的输入数据转换为 Box-Cox 函数,由于转换函数中参数取值不同, < 1 为凹转换, > 1 为凸转换。除 Laitinen(2000)提出的转换方法外,还有二次 Logistic 模型,如下所示:

$$p = \frac{1}{1 + \exp\left(-\sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} X_i X_j\right)}$$

式中, β_0 是常数, β_i 是权重,解释变量 x 主要指企业的财务指标变量。二次 Logistic 模型不仅能反映违约率与每个解释变量之间的非线性关系,而且还能反映解释变量之间的相互影响。由于该模型包含了较多的参数,所以拟合程度较好,比普通的 Logistic 模型具有更强的预测能力。

在上述经济计量模型中,解释变量主要是企业的财务指标,但经验表明,除企业自身的特征变量外,宏观经济变量对企业违约率也起着决定性作用。著名的 Credit Portfolio View(简称 CPV)模型,就是通过建立多元经济计量模型来模拟宏观经济变量和违约率之间的关系,在 CPV 模型中,违约率公式如下:

$$p_{j,t} = \frac{1}{1 + e^{y_{j,t}}}$$

其中, $p_{j,t}$ 表示 j 公司在 t 时间的条件违约率(通过信用评级得到); $y_{j,t}$ 是宏观经济变量,如失业率、

国内生产总值(GDP)增长率、政府支出增长率等。

$$y_{j,t} = \beta_{j,0} + \beta_{j,1} X_{j,1,t} + \beta_{j,2} X_{j,2,t} + \dots + \beta_{j,t}$$

其中, β_j 是回归参数; $X_{j,i,t}$ 是 j 公司的第 i 个宏观经济变量; CPV 模型假设其时间序列服从一个二阶一元自回归 AR(2) 过程; $\beta_{j,t} \sim N(0, \beta_j)$ 。

随着数量统计、计算机等技术的发展,违约率的统计方法不断更新,除了上述违约率计量方法外,一些学者在此基础上发展了遗传规划模型、神经网络模型、决策树模型以及距离判别法与神经网络方法相结合的组合预测法等。此外,还有一些非参数的统计判别方法也可用于对企业违约的判定,如 k 阶近邻方法、聚类分析法以及由 Cortes 与 Vapnik(1995)引入的支持向量机法等。本文现对经济计量模型的主流方法及其经验研究进行简要评述。

(二) 线性判别模型及经验研究

1. 模型介绍

线性判别模型的基本思路是:假设企业的违约前景就包含在企业的财务状况中,将两组样本企业(违约企业与非违约企业)的财务指标作为数据样本,求取财务指标变量的线性组合,使得组内方差最小化的同时实现组间方差最大化,然后根据组内企业数目和错误分类成本的先验概率计算出临界值,将计算出的 Z 值与临界值进行比较,就可判断企业是否违约。

在该类模型中,比较有影响的是 Altman(1968)的 Z-Score 模型。Altman(1968)以美国制造业中的 33 家破产企业和 33 家非破产企业为样本,考虑 22 个财务指标,经逐步线性判别分析,萃取得到了 5 个最具预测能力的财务指标,并得到了一个回归式的判别函数:

$$Z = 1.2X_1 + 1.4X_2 + 3.3X_3 + 0.6X_4 + 1.0X_5$$

其中, X_1 为营运资本与总资产的比率; X_2 为保留盈余与总资产的比率; X_3 为息税前收益与总资产的比率; X_4 为股权市值与债务面值的比率; X_5 为销售收入与总资产的比率。当 Z 值 < 1.81 时,企业违约;当 Z 值 > 2.67 时,企业不会违约;当 Z 介于 1.81 和 2.67 之间时为灰色区域。

Altman 等(1977)在 Z-Score 模型的基础上提出了 Zeta 模型。在 Zeta 模型中,解释变量由原来的 5 个变为 7 个,其中 Zeta 的最优临界值为: $Zeta = \ln \frac{q_1 c_1}{q_2 c_2}$ 。式中, q_1 是以前的违约率; q_2 是以前的非违

约率; c_1 是发生第一类错误的成本,在数值上等于违约损失率; c_2 是发生第二类错误的成本,在数值上等于银行的机会成本与实际的贷款利率之差。Altman (1983)建立了非上市企业的 Z - Score 模型,当 Z 值小于 1.23 时,企业违约;当 Z 值大于 2.90 时,企业不会违约。Altman (1993)进一步对 Z - Score 模型进行修改,并得到了仅含 4 个解释变量的 Z - Score 模型: $Z = 6.56X_1 + 3.26X_2 + 6.72X_3 + 1.05X_4$,其中前 3 个财务指标与 Altman (1968)的一致, X_4 为股本账面价值与债务面值的比率。当 Z 值小于 1.1 时,企业违约;当 Z 值大于 2.6 时,企业不会违约。

2. 模型评价

线性判别模型以财务指标为基础对企业信用进行分析,得到的企业信用评分值能反映企业在一定时期内的信用状况(如违约或不违约),并且该模型具有较强的操作性、适用性及预测能力,是国内外预测企业违约的主流模型之一。但线性判别模型也存在一些缺陷:(1)由于模型主要依赖企业财务报表的账面数据而忽略了资本市场的影响,使模型预测结果的可靠性和及时性大打折扣;(2)由于缺乏对违约及违约风险的系统认识,模型理论基础薄弱;(3)从多元统计角度来看,为了保证模型有效,假定样本服从正态分布且样本协方差矩阵相等,但现实经济很难满足这一假定。

3. 模型的经验研究现状

国外有关线性判别模型的研究文献可分为两类:一类是重新选择解释变量,并推导出解释变量之间的线性组合关系;另一类是直接采用 Altman 的 Z - Score 模型用于不同行业的研究。Theodossiou (1993)基于线性判别模型对美国 1970 - 1987 年间的 197 家正常企业和 62 家破产企业研究发现:对企业违约影响显著的指标是固定资产与总资产的比率、净营运资本与总资产的比率、每股收益与股价的比率、营业收入与总资产的比率等,与 Altman (1968)的 Z - Score 模型相比,其模型的预测能力更好。Italian CFSD (1999)对 1 920 家正常企业和 1 885 家破产企业进行分析发现,包含 20 个财务指标的线性判别模型准确率为 91.7%。Richard (2002)基于 Altman (1993)的 Z - Score 模型对 1988 - 1999 年间的服务业进行研究,结果表明,模型的预测性很好,准确率为 82.1% ~ 92.3%。Martha (2005)基于 Altman (1993)的 Z - Score 模型对 1996 - 2003 年间的医疗保健业进行了

实证研究,结果表明,该模型的预测准确率仅为 64.8%。除上述文献外,国外有关线性判别模型的研究文献还有很多,据 Dimitras 等 (1996)的统计,当时有关该模型的研究文献已达 158 篇,这些文献包括了对不同国家、不同时期、不同行业 and 不同财务指标选择的研究,如 Edmister (1972)、Elam (1975)、Moyer (1977)、Taffler 与 Tisshaw (1977)、Altman 与 Lavalle (1981)、Zmijewski (1984)、Austrian - CFSD (1995)、French - CFSD (2000)等。

国内运用线性判别模型对企业违约率进行研究的文献有两类:一类是基于上市公司的财务困境研究(属于违约的一种);另一类是基于商业银行内部信贷台账系统对银行放贷客户的违约研究。王春峰等 (1998)对某国有银行的企业短期贷款偿还情况进行分类分析,确定了 5 个关键财务比率指标,模型准确率为 90%。施锡铨、邹新月 (2001)将 2000 年被 ST 或 PT 的上市公司作为违约组来研究企业违约,研究表明模型具有较强的预测能力,其准确率在 90%以上。上述文献在处理企业风险等级方面,只有违约或不违约两个水平,方洪全、曾勇 (2004)基于某市金融机构的信贷企业资料,建立了 4 水平(将贷款划分为正常、逾期、呆账、呆滞 4 类)的企业信用违约多元线性判别模型,研究表明,4 水平的线性判别模型对该金融机构的贷款有较强的预测能力。除上述文献外,还有其他文献如陈静 (1999)、陈晓等 (2001)、蔡红艳等 (2003)、管七海等 (2004)、张玲等 (2005)等。

(三) Logistic 模型及经验研究

1. 模型介绍

Logistic 模型的基本思路:将已违约和非违约样本进行分类(0 - 1 分类),选取一组指标作为解释变量。取得这些先验数据的样本后,将 PD 设为违约率,取 $PD / (1 - PD)$ 的自然对数,即对 PD 作 Logistic 转换,建立回归方程进行分析,并根据银行、投资者的风险偏好程度设定违约边界,由此确定分析对象是否属于违约组。Logistic 方程如下:

$$PD = 1 / [1 + \exp(-\sum b_i x_i)]$$

其中, $\sum b_i x_i$ 为 $b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n$ 的线性组合。

Logistic 模型实际上是广义线性回归模型,其误差项服从二项分布,而非正态分布,因此常采用最大似然估计法对模型参数进行估计。与 Logistic 相似的还有 Probit 回归法,只是 Probit 假设违约率服从正

态分布,其函数形式为: $PD = \frac{b_i x_i}{\sqrt{2\pi}} \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-t^2/2} dt$ 。

理论上,Probit 法在处理小概率问题上较有优势,但由于给定样本中的极端观测值较少,所以两种模型在实践应用中的差异不是很大。

2. 模型评价

从 20 世纪 80 年代起,Logistic 模型开始成为判断企业是否违约的一种主流方法。与线性判别模型相比,它的主要优点是对破产的先验概率或样本数据分布不作任何假设。实践还表明,Logistic 模型对判别二分变量有着良好的效果,在违约率计算过程中有良好的适用性,而且采用 Logistic 模型会降低犯一类错误的概率。但 Logistic 模型也存在一些不足:(1) 由于采用极大似然估计法来估计参数,该模型需要的样本数量较多;(2) 对中间领域的判别敏感性较强,使模型预测结果不稳定;(3) 在违约率接近 1 或 0 时,模型会出现低估现象,在违约率接近 0.5 时,模型会出现高估现象。

3. 模型的最优样本配比与分界点问题

当采用 Logistic 模型时,不得不考虑样本配比(违约样本数与非违约样本数的比例)和违约的分界点问题。有关样本配比问题,Zavgren (1985) 认为样本配比 1:2 要好于 1:1。由于分界点关系到模型犯一类错误和二类错误的概率,所以 Logistic 模型分界点的问题很早就有研究,如 Therofanis (1987) 基于 Aderson (1962) 对分界点的研究提出了最优的分界点公式。我国学者石晓军等 (2005) 基于国内上市企业设计了 15 种样本配比和相应的临界点情景,结果表明,1:3 的样本配比和 0.674 的临界点更适合我国的情况。

4. 模型的经验研究现状

较早对违约率的 Logistic 模型进行研究的有 Martin (1977)、Ohlson (1980)、Izan (1984)、Zavgren (1985) 等,其中以 Ohlson (1980) 最具代表性。Ohlson 以 1970 - 1976 年间 105 家破产企业及 2 058 家非破产企业为样本,选择 9 个解释变量构建了企业违约率的 Logistic 模型,其研究表明,模型准确率达 92% 以上,企业规模、资本结构、经营绩效和当前资产变现能力 4 个财务指标对违约率有显著影响。为了避免“模型预测能力高估”的问题,Ohlson 指出,应该采用样本企业违约前两年的数据。Lo (1986) 对线性判别模型和 Logistic 模型进行实证比较发现,若样本数

据服从正态分布,则线性判别模型的预测效果好于 Logistic 模型;若样本不服从正态分布,则 Logistic 模型预测效果更好。Lo 建议后续研究者应先利用 Hausman 检验法对财务指标分布特征进行检验。国外对 Logistic 模型的研究有很多,据 Barniv 与 Mcdonald (1999) 的统计,1989 - 1996 年,在会计和金融类杂志中有 178 篇文章是对该模型的研究。近年来,Laitinen (1999) 基于 15 个解释变量的 Logistic 模型对芬兰的 3 200 个样本企业进行研究,结果表明,模型具有很好的预测能力,模型准确率为 95%。Kolari 等 (2002) 将 Logistic 模型用于银行业的破产预测研究,结果表明,Logistic 模型对 1989 - 2002 年间的美国商业银行的破产具有很好的预测性。William H. Beaver (2005) 以 1962 - 2002 年间的 544 个破产企业和 4 327 个非破产企业为样本数据,构建了 Logistic 模型,其研究表明:资产收益率、息税前现金流、资产负债率 3 个传统财务指标对违约率的影响显著,但仅使用传统财务指标的 Logistic 模型准确率为 86%,较 Ohlson (1980) 模型的准确率有所下降,通过引入市场相关变量(股票指数、股价波动率)可提高 Logistic 模型的预测能力。

国内学者对 Logistic 违约率模型也进行了深入研究。马九杰等 (2004) 基于 Logistic 模型对我国县域中小企业贷款违约率进行了实证分析,结果表明:企业的资本结构、资产周转状况、股权状况对企业违约有显著影响,企业家个人特征对企业信用风险有较大影响。于立勇等 (2004) 在我国国有商业银行实际数据的基础上,利用正向逐步选择法 (Forward Stepwise) 构建了较为科学的信用风险评估指标体系,通过 Logistic 回归模型构建了违约率的估计模型,研究表明 Logistic 模型具有较强的预测能力。考虑到现阶段我国上市公司的信用数据具有的高维性和高相关性等特点对 Logistic 分析产生的负面影响,梁琪 (2005) 引入了能够有效降维和消除 Logistic 方程共线性等问题的主成分分析法对我国沪深两市上市企业进行了实证研究,结果表明,基于主成分分析法的 Logistic 模型在解释和预测准确率方面均优于简单的 Logistic 模型。除上述文献,国内的研究还有吴世农等 (2001)、姜天等 (2004) 等。

三、结构化模型

(一) 理论介绍

结构化模型根据企业债务的微观结构,运用期权定价原理研究违约行为的动因和分布,进而表述信用风险。该模型包括了 Black 和 Scholes (1973) 以及 Merton (1974) 对结构模型所做的开创性工作,简称 BSM 模型。真正基于 BSM 模型的期权定价理论来预测企业违约率的是美国 KMV 公司开发的 Credit - Monitor 模型,并提出了理论预期违约率和经验预期违约率两个概念。

1. 理论预期违约率

理论预期违约率的基本思路是从公司股票市场价值及其波动性和负债的账面价值估计公司资产的市场价值及其波动性,再由到期债务值计算公司的违约点,并依此来确定违约距离和预期违约率。

由企业资产收益服从对数正态分布,以资产收

经验预期违约率 = $\frac{\text{年初违约距离为 } m_A \text{ 样本企业在一年中违约的数量}}{\text{年初违约距离为 } m_A \text{ 的样本企业数量}}$

(二) 模型评价

基于股票市场的结构化模型具有前瞻性,能够对上市公司信用价值进行逐日盯市的连续评估,尤其是对单个公司而言,该模型是一种有用的早期预警系统。在实践应用中,结构化模型揭示了公司违约触发机制,指出公司资本结构变化对公司违约的影响,被广泛应用在有违约风险债券的定价中。随着我国资本市场的逐渐成熟和企业违约数据库的不断完善,结构化模型可作为市场参与者和管理层预测企业破产、评价证券投资风险、信贷决策、信用风险管理的有效工具。但结构化模型的适用范围有限,仅对上市公司有用,且易于对市场泡沫产生过度反应。此外,结构化模型一些苛刻的假设条件如资产价值服从正态分布、资产连续可交易性、资产波动率不变等都是制约该模型的障碍。

(三) 结构化模型的扩展

上面的结构化模型为标准结构化模型,又称为违约时间固定的扩散过程模型,随着人们对结构化模型研究的深化,在标准结构化模型基础上又出现了很多的扩展模型。Shimko 等 (1993) 将随机利率引入模型中,并对负债的破产程序进行了定义。Longstaff 与 Schwartz (1995) 通过嵌入 Vasicek 单因子利率模型把利率的动态过程引入标准结构化模型中。Panjer 等 (1998) 推导了在债务到期前可违约的随机违约时间结构化模型,并给出了违约时间的分布函数。Zhou (1997) 将跳跃过程引入到资产价值运动中,假设公

益标准差来表示违约距离为:

$$DD = [\ln(V_0/DP_T) + (r - \frac{\sigma_A^2}{2})T] / \sigma_A \sqrt{T}$$

理论预期违约率 $EDF = N(-DD)$

其中, DP_T 表示到期日 T 时的公司违约点(由于长期债务能给企业提供缓冲, KMV 根据经验判定公司违约点通常等于短期债务 + 1/2 长期债务), r 为无风险利率, V_0 为期初资产价值, σ_A 为资产波动率, $N(\cdot)$ 为累计正态分布函数。

2. 经验预期违约率

理论预期违约率的计算以正态分布假设为前提,但正态分布很薄的细尾通常与现实不符,而且理论预期违约率通常会很低,与数据库中记载的历史违约频率差距较大。因此, KMV 对理论预期违约率进行了修正,修正后的公式如下:

司价值由一个与市场有关扩散过程(体现了系统性风险)和一个跳跃过程(体现了非系统性)构成,即违约时间固定的跳跃 - 扩散模型,后来一些学者进一步推导了违约时间随机的跳跃 - 扩散模型。

上述结构化模型在处理违约边界(违约点)时通常将其作为外生变量,实际上,违约边界是个内生变量。Black 与 Cox (1976)、Leland (1994)、Leland 与 Toft (1996) 推导了内生违约边界模型。这些模型认为企业破产即股东将企业资产的所有权转让给债权人是一种最优的结果,违约边界可通过最优化内生得到,它由公司资产价值的运动方式、债务的数量与期限、破产费用及税率决定。

虽然扩展后的结构化模型越来越复杂,但模型的基本思想很简单:一旦确定了随机变量的随机过程,当违约变量高于或低于事先设定的边界时,理论上我们就能得到违约率的解析解或数值解。

(四) 模型的经验研究现状

在国外,结构化模型在违约率研究方面已获得广泛认可,并成为违约风险领域的一个市场标准。Grosbie (1997)、Delianedis 与 Geske (2001) 的研究表明,结构化模型具有很强的早期预警能力,且模型还能给出有关信用评级变动和企业违约的早期信息。Leland (2002) 对 Leland 与 Toft (1996) 模型(内生违约边界)和 Longstaff 与 Schwartz (1995) 模型(外生违约边界)进行实证比较发现,前者得到的违约率与企业的实际违约风险更接近。Hillegeist 等 (2004) 比较了

结构化模型和经济计量模型后发现,结构化模型的预测能力要优于经济计量模型。Duan 和 Fulop (2005)的研究则表明,由于股票市场交易噪声的存在,结构化模型会高估企业的违约率。国外对结构化模型研究还有很多,如 KMV (1998)、Geske (1998)、Kealhofer 等 (1998)、Vassalou 与 Xing (2003)、Hull 等 (2004)、Vassalou 与 Xing (2004)、Bom 等 (2004) 等。

在我国,一方面资本市场尚不完善,股票市场并非完全有效;另一方面我国股票市场还存在约 2/3 的非流通股国有股和法人股,导致非流通股的市场价值很难确定,所以国内对结构化模型的研究还很少,不过随着我国金融市场的不断深化,近年来,对该模型的研究开始增加。赵秉祥 (2004) 基于期望违约率模型对上市公司的财务困境预警进行了研究,研究表明,期望违约率模型对企业困境具有良好的预测能力。国内有关结构化模型的研究还有杨星等 (2004)、石晓军等 (2004) 等。

四、复合模型

从实践经验及研究文献来看,上述模型各有优劣。能否将不同模型的优点整合到一个模型中,如将结构化模型计算得到的违约距离作为经济计量模型中的解释变量,然后和其他解释变量一起来预测企业的违约率。国外学者对这一思路进行了尝试,其中以 Alexandros Benos 等 (2005) 构建的复合模型比较有代表性。Alexandros Benos 等 (2005) 对标准的结构化模型进行扩展,假设了一个更加复杂的资本结构、允许红利支付、违约边界的随机性及允许违约后只有部分回收率等,并推导出了一个更符合实际的新违约距离。下面对其复合模型中违约距离的推导过程进行简要介绍。

(一) 模型假设

1. 股票价格是个随机过程、允许卖空、没有税收和交易费用、证券是无限可分的、市场上不存在套利机会、证券交易具有连续性、无风险利率保持不变。在债务到期时,若企业资产价值大于其债务价值,企业不会违约,否则企业违约。

2. 企业资产价值服从几何布朗运动: $dV_t = V_t \mu dt + V_t \sigma dW_{1t}$ 。其中, V 为企业资产市场价值, μ 为企业资产期望回报率, W_{1t} 是标准布朗运动, σ 为企业资产波动率。

3. 由于在债务存续期间,支付给股东的红利会

影响企业的资产价值,为此假定企业在债务到期前支付的红利现值为 D ,则企业的资产价值为 $V - D$ 。

4. 考虑企业破产发生的律师费、管理费、机会成本以及绝对优先求偿权无法实现等,认为银行在贷款违约后只能回收部分贷款,参考 Altman (1992)、S&P (2001)、Credit Grades (2002) 等的研究成果,假定长期债务回收率为 80% ~ 90%,其波动率约为 22%,短期债务回收率为 50% ~ 60%,其波动率约为 28%。

5. 假设借款企业的资本结构由所有者权益和多种类型的债务构成。多种类型的债务主要包括期限不超过一年的流动性借款记为 D^l ,其他短期债务记为 STL ,长期借款记为 D^n ($n > 1$),其他长期债务(如可转换债券以及可转换优先股等)记为 LTL 。

6. 标准结构化模型中的违约点 DP 是已知常量,但在现实中,企业的违约点通常是一个随机变量,为此模型假设违约点服从几何布朗运动:

$$dDP_t = rDP_t dt + DP_t dW_{2t}$$

其中, r 为无风险利率, σ 为违约点的波动率, W_{2t} 为独立于 W_{1t} 的标准布朗运动。

(二) 违约距离的推导

基于上述假设,可以推导出在债务到期 T 时,企业资产的市场价值 A_T :

$$A_T = (A_0 - D) \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T + \sigma\sqrt{T}Z\right)$$

随机违约点 DP_T 为: $DP_T = DP_0 \exp\left(\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T + \sigma\sqrt{T}Z\right)$

其中, $DP_0 = \text{短期债务} + 1/2 \text{长期债务}$, Z 为服从标准正态分布的随机误差变量。

由结构化模型对违约的定义知,在 T 时企业资产价值小于违约点,则企业违约,即:

$$(A_0 - D) \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T + \sigma\sqrt{T}Z\right) < DP_0 \exp\left(\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T + \sigma\sqrt{T}Z\right)$$

对不等式两边取对数:
 $\ln\left(\frac{A_0 - D}{DP_0}\right) - \frac{\left(\frac{\sigma^2}{2} - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{2} + \sigma\sqrt{T}Z - \sigma\sqrt{T}Z < 0$, 令不等式左边为 X , 则违约率 PD 为:

$PD = P(X < 0)$, 在正态分布的假设下,违约率 PD :

$$PD = N\left(-\frac{\ln\left(\frac{A_0 - D}{DP_0}\right) - \frac{\left(\frac{\sigma^2}{2} - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{2}}{\sqrt{\left(\frac{\sigma^2}{2} + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}}\right)$$

违约距离 DD :

$$DD = \frac{\ln\left(\frac{A_0 - \frac{2}{DP_0}}{\frac{2}{\sqrt{(\frac{2}{A} - 2)T}}}\right)}{\sqrt{(\frac{2}{A} - 2)T}} \dots\dots\dots (1)$$

(三) 模型中参数的估计

$$\text{设 } A_0 = S_0 + D_0^{ST} + L_0^{ST} + D_0^{LT} + L_0^{LT}$$

其中, A_0 为期初的资产价值, S_0 为期初的权益价值, D_0^{ST} 为期初的银行短期借款, D_0^{LT} 为期初的银行长期借款, L_0^{ST} 、 L_0^{LT} 分别为期初的其他短期债务和其他长期债务。 S_0 可通过股票市场直接观测得到, 而债务市场价值无法直接得到, 为此 Alexandros Benos 等 (2005) 对债务市场价值进行了如下估计:

当违约发生时, 企业的其他短期债务一般要求按面值进行支付, 即 $L_0^{ST} = STL$; 对其他长期债务, 参照 KMV 公司的经验做法, 令 $L_0^{LT} = 0.5 \times LTL$; 长、短期银行借款为:

$$D_0^{ST} + D_0^{LT} = \sum_{T=1}^5 D^T e^{-rT} (1 - R_T) PD_T$$

$$\text{则 } A_0 = S_0 + STL + (1/2)LTL + \sum_{T=1}^5 D^T e^{-rT} (1 - R_T) PD_T \dots\dots\dots (2)$$

由 Ito 引理可进一步推导出企业的权益波动率与资产波动率之间的关系:

$$s = \frac{1}{S_0} \sqrt{\left(\frac{\partial S_0}{\partial A_0}\right)^2 A_0^2 + \left(\frac{\partial S_0}{\partial DP_0}\right)^2 DP_0^2} \dots\dots\dots (3)$$

其中, A_0 、 A_0 、 DP_0 为未知参数, 通过非线性方程 (1)、(2) 和 (3), 使用 Newton - Raphson 迭代法, 可以求出三个未知参数的估计值, 并最终得到违约距离。

将违约距离与其他财务指标变量一起作为经济计量模型 (Alexandros Benos 等 (2005) 选择的经济计量模型是 Probit 模型) 的解释变量, 以此来估计企业的违约率。

(四) 模型评价

复合模型是集结构化模型的或有关权益分析和经济计量模型的统计思想于一体的复杂模型, 从理论上说它能避免经济计量模型和结构化模型单独使用时的缺陷。Alexandros Benos 等使用 2002 年的加拿大和美国的 270 家上市企业对三种模型进行了实证比较, 结果表明, 复合模型的预测能力明显优于结构化模型和经济计量模型, 在复合模型中, 违约距离是违约率的显著影响因子。国外有关复合模型的研究有 Sodehart 等 (2000)、Tudela 与 Young (2003)、Georges 等 (2006) 等, 他们的研究都表明复合模型具有很好

的预测性。在国内, 刘国光等 (2005) 实际上也对复合模型进行了研究, 只是他没有提出复合模型这一概念。刘国光等 (2005) 将标准结构化模型计算得到的违约距离作为 Logistic 模型中的一个解释变量来对上市企业的财务困境进行预测, 结果表明, 考虑违约距离的 Logistic 模型能明显地提高模型的危机判断准确率。

五、结论及建议

综观上述违约率的估计方法, 这些方法复杂程度不同, 而且模型也各有优劣。经验法操作简便, 但需要商业银行拥有足够的基础数据 (通常要 5 年以上历史数据)。经济计量模型无论在方法论还是模型的应用方面都取得了不错的成绩, 但在如何选择违约率的影响因素和指标变量上缺乏理论依据。结构化模型有很好的理论基础, 但由于使用了复杂的期权定价模型及苛刻的假设条件, 对于资本市场不完善的发展中国家, 其应用受到限制。总的来说, 经济计量模型在判定企业是否违约上较有优势, 能提供有关企业违约的明显的和带有甄别性的信息, 而结构化模型在估计违约程度上较有优势。鉴于此, 一些学者提出了违约率的复合模型。在国外, 对复合模型的研究已越来越多, 对复合模型在我国的应用前景, 本文持积极乐观的态度。但在复合模型的具体运用上, 本文认为, 我们应考虑国内企业独特的股权结构、市场经济主体的信用意识、破产法律和程序等具体因素, 构建适合我国企业的复合模型。从复合模型的研究文献来看, 其解释变量主要是违约距离和财务指标变量, 能否将宏观经济变量、行业特征变量等加入到复合模型中? 神经网络方法是一种具有自组织、自适应、自学习特点的非参数方法, 它对样本数据的分布要求不严格, 不仅具有非线性映射能力和泛化能力, 而且还有较强的“鲁棒性”和较高的预测精度, 我们是否能基于输入数据为违约距离、财务指标变量、行业特征、宏观经济变量等的神经网络来拟合违约率?

注释:

所谓 5Cs 法是指借款人 5 个方面的特性: 道德品质 (Character)、盈利及还款能力 (Capacity)、资本实力 (Capital)、抵押品 (Collateral) 和经营环境 (Condition or Cycle), 前 4 个特性主要针对借款人个人微观特征而言, 第 5 个特性主要针对宏观经济条件 (经济周期波动) 而言。通过对借款人 5 个方

面的分析,判断其信用风险大小并决定是否给予贷款。

例如,一个年轻的小公司经理人,由于缺乏经验,会有较高的风险偏好,所以较小的年龄通常与公司高风险偏好相关。随着经理人的成熟,他将获得经验并有更多的贷款抵押物品,从而在风险决策时会比较谨慎。当他快退休时,其潜在继承者可能会为权利而争斗,或者即将接管公司的继承者是本不打算从事经营的人,这些因素都会使决策有较高的风险偏好。这一事实表明,年龄与风险之间的关系呈U型和非单调性而非线性函数所能描述。

Black和Cox(1976)在模型中假设公司发行无期限债券且债务数量固定。

Leland(1994)也假设公司债务无期限,但考虑了最优债务数量的资本结构。

Leland与Toft(1996)将模型的债务无期限假设拓展到任意期限,同时债务期限和其他因素一起决定内生违约边界,由于Leland与Toft模型假设了一个时间上均匀的债务结构,因此,它的内生违约边界在各时期是固定的,通过模型内生得到的违约边界有可能低于债务本金,这也就解释了公司为什么经常能够在负资本状况下正常经营的原因。

参考文献:

1. 赵先信:《银行内部模型和监管模型——风险计量与资本分配》,上海,上海人民出版社,2004。
2. Benos, Alexandros and Papanastopoulos, George, 2005. "Extending the Merton Model: A Hybrid Approach to Assessing Credit Quality." Working Paper. (It is Accepted at Mathematical and Computer Modelling Journal).
3. Beaver, W., 1966. "Financial Ratios as Predictors of Failures." *Journal of Accounting Research*, No. 6, pp. 71 - 102.
4. Altman, E., 1968 "Financial Ratios, Discriminate Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy." *Journal of Finance*, 23(4), pp. 589 - 609.
5. Ohlson, James A., 1980. "Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy." *Journal of Accounting Research*, 18(1), pp. 109 - 131.
6. Altman, E.; Haldeman and Narayanan, 1977. "ZETA Analysis: A New Model to Identify Bankruptcy Risk of Corporations." *Journal of Banking and Finance*, 1(1), pp. 29 - 54.
7. Altman, E., 1983. *Corporate Financial Distress: A Complete Guide to Predicting, Avoiding, and Dealing with Bankruptcy*. 1st ed., New York.
8. Altman, E., 1993. *Corporate Financial Distress and Bankruptcy: A Complete Guide to Predicting and Avoiding Distress and Profiting from Bankruptcy*. 2nd ed., New York: John Wiley and Sons.
9. Theodossiou, P., 1993. "Predicting Shifts in the Mean of a Multivariate Time Series Process: an Application in Predicting Business Failure." *Journal of American Statistical Association*, Vol. 88, pp. 441 - 449.
10. 武剑:《内部评级理论、方法与实务》,66页,北京,中国金融出版社,2005。
11. Hanson, Richard O., 2002. A Study of Altman's Revised Four - variable Z - score Bankruptcy Prediction Model as it Applies to the Service Industry, UMI 博士论文库。
12. Jennings, Martha E., 2005. Applicability of Altman's Revised Four - variable Z - score as a Bankruptcy Predictor for

Health Maintenance Organization, UMI 博士论文库。

13. 王春峰等:《商业银行信用风险评估研究》,载《管理科学学报》,1998(1)。
14. 施锡铨、邹新月:《典型判别分析在企业信用风险评估中的应用》,载《财经研究》,2001(10),第62~57页。
15. 方洪全、曾勇:《银行信用风险评估方法实证研究及比较分析》,载《金融研究》,2004(1),第62~69页。
16. Zavgren, C., 1985. "Assessing the Vulnerable to Failure of American Industrial Firms: A Logistic Analysis." *Journal of Business Finance and Accounting*, 12, pp. 19 - 45.
17. 石晓军等:《Logistic 违约率模型的最优样本配比与分界点研究》,载《财经研究》,2005(9),第38~48页。
18. Lo, A. W., 1986. "Logit Versus Discriminant Analysis: A Specification Test and Application to Corporate Bankruptcies." *Journal of Econometrics*, 31, pp. 152 - 178.
19. Laitinen, E. K., 1999. "Predicting a Corporate Credit Analyst's Risk Estimate by Logistic and Linear Models." *International Review of Financial Analysis*, 8(2), pp. 97 - 121.
20. Kolar, J.; Gennon, D., et al., 2002. "Predicting Large US Commercial Bank Failure." *Journal of Economics and Business*, 54, pp. 631 - 387.
21. Beaver, William, H., et al., 2005. "Have Financial Statements Become Less Informative? Evidence from Ability of Financial Ratios to Predict Bankruptcy." *Review of Accounting Studies*, 10, pp. 93 - 122.
22. 马九杰等:《县域中小企业贷款违约行为与信用风险实证分析》,载《管理世界》,2004(5),第58~66页。
23. 于立勇、詹捷辉:《基于 Logistic 回归的违约概率预测》,载《财经研究》,2004(9),第15~23。
24. 梁琪:《企业经营管理预警:主成分分析在 Logistic 回归方法中的应用》,载《管理工程学报》,2005(1)。
25. Shimko, D.; Tejima, N. and Van Deventer, D., 1993. "The Pricing of Risky Debt when Interest Rates are Stochastic." *The Journal of Fixed Income*, pp. 58 - 65.
26. Longstaff, F. and Schwartz, S. E., 1995. "A Simple Approach to Valuing Risky Fixed and Floating Rate Debt." *Journal of Finance*, Vol. 51(3), pp. 789 - 819.
27. Zhou, Chun Sheng, 1997. "A Jump - diffusion Approach to Modeling Credit Risk and Valuing Defaultable Securities." *Federal Reserve Board, Washington*.
28. Leland, H., 2002. "Predictions of Expected Default Frequencies in Structural Model of Debt." Working Paper. University of California.
29. Hillegeist, S.; Keating, K. E. and Cram, P. D., 2004. "Lundstedt G. K., Assessing the Probability of Bankruptcy." *Review of Accounting Studies*, 9, pp. 5 - 34.
30. Duan, J. C. and Fulop, A., 2005. "Estimating the Structural Credit Risk Model when Equity Prices are Contained by Trading Noise." Working Paper, University of Toronto.
31. 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》,载《中国管理科学》,2004(5),第12~16页。
32. 刘国光等:《考虑违约距离的上市公司危机预警模型研究》,载《财经研究》,2005(11),第59~68页。

(作者单位:河海大学商学院 上海 210002)
(责任编辑:K)