

风险相关性下的信用风险、市场风险和操作风险集成度量

李建平¹, 丰吉闯², 宋浩^{1,3}, 蔡晨¹

(1. 中国科学院科技政策与管理科学研究所, 北京 100190;

2. 中国科学技术大学管理学院, 安徽 合肥 230026;

3. 山东经济学院统计与数学学院, 山东 济南 250014)

摘要: 商业银行各种风险之间相关性的存在, 对其整体风险的度量产生重要影响。本文针对商业银行的信用风险、市场风险和操作风险这三类主要风险, 在考虑相关性基础上给出了风险集成过程, 通过 copula 函数和蒙特卡洛模拟方法计算了商业银行的整体风险, 同时研究了风险分散化效应和在不同 copula 函数下整体风险的变化情况。最后以主流文献中的数据做了实证分析, 结果显示本文提出方法能够很好的描述风险损失之间的相关性, 同时在能够抵御相同风险的情况下考虑相关性下的在险值与简单相加得到的在险值相比要小, 这能为银行业提高资金利用率提供了一定的理论和方法依据。

关键词: 风险相关性; 风险集成; 信用风险; 市场风险; 操作风险; Copula

中图分类号: C931; F830

文献标识码: A

1 引言

新巴塞尔协议给出了银行的三类风险——信用风险、市场风险和操作风险, 并明确监管资本的计算基于这三类风险^[1]。但为了支持高层管理者的资本金管理和资本金分配决策, 仅仅对不同类的风险分别进行评估和控制是不够的, 商业银行必须度量整体风险, 也就是需要解决风险集成问题。由于风险相关性的存在, 使得商业银行的整体风险度量成为一件困难的事情^[2]。虽然目前度量商业银行单个风险的技术比较成熟和准确, 但是对于如何准确度量整体风险至今仍没有有效的方法。

对于风险集成, 最简单的方法是把各种风险值进行相加。然而, 这种方法往往会过高的估计商业银行的整体风险, 因为该方法假设各种风险的最坏的情况同时发生, 即各种风险之间具有完全的共变性。另外一种计算整体风险的方法是方差/协方差方法, 该方法运用各种风险的风险值和各风险之间的相关性矩阵计算整体风险。

方差/协方差方法在两点上不符合实际情况。首先, 各种风险的线性相关矩阵描述的仅仅是风险之间的线性关系, 而对于没有考虑到风险之间的非线性相关关系。线性相关低估了风险的相关系数, 特别是极值情况下的相关关系^[3,4], 因此方差/协方差方法将会低估商业银行的整体风险。其次, 方差/协方差方法虽然容易实施, 但是在模型中的正态分布的假设不符合风险损失分布实际的情况。同时, 各种风险损失分布的特点给风险集成增加了难度。除了市场风险比较接近正态分布外, 信用风险和操作风险分布具有尖峰厚尾的特点。

由于以上两种方法的缺陷和银行业对整体风险的关注, 国内外学者尝试采用了不同的方法进行风险集成。Alexander 和 Pezier (2003)^[5]采用多因素方法集成信用风险和市场风险, 采用正态分布描述风险因素, 并且考虑了风险因素的相关性。Ward 和 Lee (2002)^[6]采用正态 copula 函数去集成整体风险, 其中假设信用风险服从 beta 分布, 生命保险的道德风险通过模拟得到。Dimakos 和 Aas (2004, 2007)^[7,8]吸收了贝叶斯理论的思想把联合风险分布分解为一组条件概率分布的乘积, 强调条件独立这样只需要考虑两两风险之间的相关性, 总的风险就等于条件边际风险和无条件信用风险的和。

收稿日期 2009-01-03; 修订日期 2009-11-16

基金项目: 国家自然科学基金(70701033, 70531040, 90718042)

作者简介: 李建平(1976-), 男(汉族), 浙江建德人, 中国科学院科技政策与管理科学研究所副研究员, 研究方向: 风险管理

Schlottmann 等(2005)^[9] 提出采用多目标规划的方法来集成风险,同时 Mitschele 等(2008)^[10] 利用智能系统进行风险集成。纽约联邦储备银行的两位专家 Schuermann 和 Rosenberg(2006)^[11] 运用 17 家银行持股公司 1994 ~ 2002 年的季度数据估计了各类风险的边缘分布,并通过 copula 函数得到了总的风险分布,结果显示简单相加各类风险的方法使得风险被高估了 40 % 多,同时他们发现总风险对风险权重比对风险之间的相关性系数敏感。

最近中国学者刘春航和陈璐(2009)^[12] 分析和总结了 Schuermann 和 Rosenberg 的成果,从分析角度,提出了关注银行集团的风险并表的一些问题,指出风险集成问题会对整体风险产生影响,强调现阶段监管的必要性。张金清和李徐(2008) 利用 copula 函数集成资产组合的信用风险和市场风险^[13]。

总体而言,关于如何有效集成商业银行风险方面已经引起了广泛的关注,但对如何实现风险集成的研究仍然处于探索阶段,而且在这些有限的研究中,具有实际意义的实证分析比较少,在一定程度上影响了所研究方法的可信性。在使用的方法中, copula 方法作为度量风险相关性的方法被多数的研究者所接受,然而,迄今为止用 copula 方法研究具体风险之间的相关性的,特别是包含信用、市场和操作三种风险之间的相关性非常少,虽然 copula 方法用于度量信用风险的违约相关性和市场风险中市场因子的相关性已被广泛采用^[14, 15]。

本文在考虑信用风险、市场风险和操作风险相关性的基础上,给出了风险集成过程,采用正态 copula 和 t-copula 函数作为风险损失率的相关结构。由于风险损失率分布不是本研究的重点,本文依据目前主流研究结果,假设三种风险损失率服从特定的分布:信用风险损失率服从 beta 分布,市场风险服从正态分布,信用风险损失率服从对数正态分布。最后,运用 Elsinger 和 Lehar(2006) 所研究的奥地利银行业数据^[16] 进行实证研究,同时揭示风险相关性对银行风险分散化效应。

2 研究方法

2.1 风险集成过程

假设变量 X_1 、 X_2 、 X_3 分别代表信用、市场和操作风险的损失与总资产的比率,即损失率,变量 X_1 、 X_2 、 X_3 的边际累计分布为 F_1 、 F_2 、 F_3 , 银行的总资产为 e , 那么总风险损失为 $Z = eX_1 + eX_2 + eX_3$ 。

本研究将采用 copula 函数来描述风险损失率 X_1 、 X_2 、 X_3 的相关结构,向量 $X = (X_1, X_2, X_3)$ 的分布 F 可以通过 copula 函数将 F_1 、 F_2 、 F_3 连接起来得到。损失率向量 $X = (X_1, X_2, X_3)$ 的联合分布就是损失边际累计分布函数的 copula 连接:

$$F(X_1, X_2, X_3) = C(F_1(X_1), F_2(X_2), F_3(X_3))。$$

(1)

Copula 函数将风险损失率向量的联合分布分解为边际分布和相关结构。因此, copula 函数能够灵活的描述不同变量的相关结构,同时采用的边际分布也不必相同。

风险集成的过程主要分为 4 步,如图 1 所示:

- (1) 参数确定: 分别确定三种风险的损失率分布和各自的分布参数, 以及估计风险损失率的相关系数;
- (2) 蒙特卡洛模拟: 选择合适的 copula 函数对风险损失率进行蒙特卡洛模拟;
- (3) 计算总风险损失率分布: 根据模拟的风险损失率计算总风险损失率分布;
- (4) 计算总风险的风险值: 根据总风险的损失分布计算总风险的风险值和风险分散化效应。

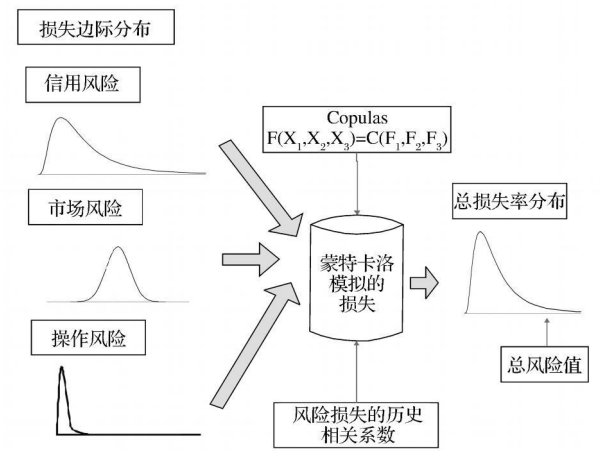


图 1 风险集成过程

2.2 参数确定

参数的确定包括风险的损失率分布、风险损失率的相关系数两个部分, 它们是进行蒙特卡洛模拟基础, 以下具体阐述它们确定的方法。

2.2.1 信用、市场和操作风险的损失率分布

在利用 copula 函数进行风险损失模拟时, 各种风险损失的边际分布是非常重要的。本部分给出风险损失分布和参数估计方法。由于确定各风险损失率分布不是本文研究的重点, 我们以风险的损失率作为变量, 根据现有的主流研究成果, 假定各种风险

损失率服从特定的分布: 信用风险损失率服从 beta 分布, 市场风险服从正态分布, 信用风险损失率服从对数正态分布。

1) 信用风险的边际分布

银行信用风险来源于贷款的借款方、债券发行人及衍生产品的交易对手的违约可能性。每一笔贷款的期望损失可以表示为违约风险敞口、违约频率和违约损失率的乘积。把每一笔贷款的期望损失相加可得到组合的期望损失 μ , 信用组合的风险水平取决于贷款违约损失的相关性。信用风险模型通过单笔贷款与总信用风险的损失的相关性具体描述了单笔贷款对总风险损失的影响。在本研究我们把组合信用风险损失的均值 μ 和标准差 σ 作为已知条件。

为了能够考虑损失的相关性我们不仅需要知道信用风险损失的均值 μ 和标准差 σ , 而且需要知道损失率的分布, 我们用 r 表示损失率, 等于信用风险总损失除以总的风险敞口。本文采用总资产 e 代替总的风险敞口, 这不会影响最终信用风险损失结果。一般认为 beta 分布能够比较好的拟合信用风险损失率^[7,8], 本研究假定信用风险损失率服从 beta 分布。损失率 r 的概率密度函数是:

$$b(r) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} r^{\alpha-1} (1-r)^{\beta-1} \quad 0 < r < 1. \quad (2)$$

其中 Gamma 分布函数为:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty t^{\alpha-1} e^{-t} dt, \text{ for } \alpha > 0.$$

Beta 分布完全由 α 和 β 两个参数决定, 他们可以通过损失率 r 的均值和方差 $\mu' = \mu/e$, $\sigma' = \sigma/e$ 采用矩估计的方法得到, 具体关系如下:

$$\alpha = (1 - \mu') \left(\frac{\mu'}{\sigma'} \right)^2 - \mu'$$

$$\beta = \frac{\alpha}{\mu'} - \alpha$$

2) 市场风险的边际分布

银行市场风险实际上是由于利率、汇率、股票、商品等价格变化导致银行损失的风险。市场风险实际包括利率风险、汇率风险、股市风险和商品价格风险四大部分。银行通过度量短时间展望期的(一般 10 天) VaR 来衡量银行的市场风险大小, 并且假设市场具有充足流动性。

金融资产收益率分布假设是现代金融市场风险分析的前提, 通常假设金融市场收益率服从正态分布^[17], 对于市场风险损失率(收益率)本研究采用正

态分布。巴塞尔新资本协议要求计算银行 10 天展望期的风险, 本文选取 10 天作为计算市场风险的时间展望期。

3) 操作风险的边际分布

根据 BCBS 的定义, 操作风险是由于不完善或有问题的内部操作过程、人员、系统或外部事件而导致的损失的风险。这一定义是根据操作风险的原因定义的, 包含了法律风险, 但是不包含策略性风险和声誉风险^[1]。巴塞尔新协议提供了三种计算操作风险资本金的方法: (i) 基本指标法, (ii) 标准法和 (iii) 高级计量法。基本指标法和标准法不具有风险敏感性, 高级计量法具有风险敏感性, 适合大银行和操作风险比较大的银行。操作风险损失分布具有尖峰厚尾特征, 为了能够将操作风险纳入风险集成的框架, 我们需要假设操作风险损失服从特定的分布。大量的研究证明操作风险损失服从对数正态分布^[18,19], 所以在本研究选用对数正态分布作为一年操作风险损失率的分布:

$$L^{per} \sim \text{lognormal}(\mu^{per}, \sigma^{per}). \quad (3)$$

我们将采用专家意见和已有的分位点信息计算对数正态分布的参数。我们已知 α 分位点操作风险的大小, 另外, 专家们很容易给出一年操作风险最容易发生的影响, 也就是一年损失的众数。采用这两个信息以及对数正态分布的特征, 我们可以得到一下公式:

$$m^{per} = \exp(\mu^{per} - (\sigma^{per})^2)$$

$$C^{per}(\alpha) = \exp\{\mu^{per} + \sigma^{per} \Phi^{-1}(\alpha)\}$$

通过解方程我们就可以得到参数 μ^{per} 和 σ^{per} 。

2.2.2 风险损失的相关系数

采用 copula 函数来描述变量之间的相关结构不仅需要变量的边际分布, 而且需要变量之间的相关系数。采用历史数据可以计算得到信用、市场和操作风险损失率的相关系数。皮尔逊相关系数和斯皮尔曼秩相关系数是两种最常用的相关系数。但是, 皮尔逊相关系数的计算假设两个变量的联合分布是二元正态分布, 这与风险损失相关的实际不符, 所以在采用历史数据计算风险损失率的相关系数时, 运用斯皮尔曼秩相关系数比皮尔逊相关系数更合适。

但是, 各种风险之间的相关系数往往具有时变性, 通过数据估计出来的相关系数往往很难具有代表性, 所以本文采用 CRO Forum 和 CROs (2006)^[20] 统计的银行业信用风险, 市场风险和操作风险的之间相关性系数的均值作为风险损失率之间的相关系

数。

2.3 基于 copula 的蒙特卡洛模拟方法

本研究采用 normal-copula 和 t-copula 函数来描述风险损失率的相关性, 虽然它们共同属于椭圆 copula 函数类, 但是 t-copula 比 normal-copula 能够更好的描述风险之间的极值相关性。另外一种 copula 函数是阿基米德 copula 函数类, 但是阿基米德 copula 函数存在着一些限制, 例如仅仅只能描述正相关或者仅仅部分负相关, 同时在同二元向多元推广的过程中存在很多的限制。因此, 在本研究中不考虑运用阿基米德 copula 函数, 而是采用 normal-copula 和 t-copula 函数。

所谓的 normal-copula 即为多元正态分布下的 copula 函数, 其定义为: 假设 $X = (X_1, X_2, \cdots, X_n)$ 是多元正态分布, 并且若 (a) 其边际函数 F_1, \cdots, F_n 皆为正态分布 (b) 存在唯一的 copula 函数 (即 normal-copula), 使得

$$C_R^N(u_1, \cdots, u_n) = \Phi_R(\phi^{-1}(u_1), \cdots, \phi^{-1}(u_n)) \quad (4)$$

其中 Φ_R : 标准的多元正态分布, 其相关矩阵为 R ;

ϕ^{-1} 则是单维标准正态分布的反函数;

则 C_R^N 为 normal-copula。

t-copula 是指多元 t 分布下的 copula 函数, 若假设 $X = (X_1, X_2, \cdots, X_n)$ 服从多元标准正态分布, 其相关矩阵为 R , Y 是 χ^2 分布的随机变数, 自由度为 ν , 则 t-copula 函数为:

$$C_{\nu, R}^t(u_1, \cdots, u_n) = t_{\nu, R}(t_{\nu}^{-1}(u_1), \cdots, t_{\nu}^{-1}(u_n)) \quad (5)$$

风险分散化效应 = $\frac{\{VaR(X_1) + VaR(X_2) + VaR(X_3)\} - VaR(X_1 + X_2 + X_3)}{VaR(X_1) + VaR(X_2) + VaR(X_3)}$ 。 (6)

3 实证分析

3.1 数据描述

本文采用 Elsinger 等学术论文中的与研究相关的数据, 来研究风险集成问题。在论文中作者利用现代风险管理和银行之间贷款的网络模型来评估奥地利银行业的系统稳定性。但是在他们的研究中没有考虑到信用风险, 市场风险和操作风险之间的相关性, 我们 Elsinger 等学者的基础上, 在考虑相关性情况下计算奥地利银行总体风险。本文用到数据包括: 市场风险、信用风险的均值与方差和操作风险分位点以及总资本, 具体见表 1、表 2 和表 3。

其中 $u_i = \frac{\sqrt{\nu}}{\sqrt{Y}}X_i, i = 1, \cdots, n$ 。

拥有相关结构风险损失率 X_i 多元分布的解析形式一般不能得到, 一种近似的解法是采用蒙特卡洛模拟的方法。蒙特卡洛模拟的通用方法是利用条件抽样的来构造多维相关变量, Cherubini 等 (2004) 给出了生成相关性结构变量的具体步骤^[21]。

2.4 计算总损失分布

假设信用、市场和操作风险的损失率模拟值分别为 $(x_1, x_2, x_3)_1, (x_1, x_2, x_3)_2 \cdots; (x_1, x_2, x_3)_n$, 总资产为 e 。根据总的风险损失率 $z_i = (x_1 + x_2 + x_3)_i$ 和蒙特卡洛模拟的结果, 我们可以得到总风险损失率 z_1, z_2, \cdots, z_n 。

随着模拟次数的增加, 总风险损失率 z_1, z_2, \cdots, z_n 序列经验分布收敛到总风险损失率 Z 的分布。当模拟数量达到一定数量时, 经验分布和实际分布接近, 可以根据总风险损失率 z_1, z_2, \cdots, z_n 序列经验分布计算总损失的风险值。

2.5 计算总体风险值和风险的分散化效应

基于 VaR 模型度量银行的各种风险已经得到国内外银行的认同。VaR 以其易于理解的方式直观的给出了风险的大小, 而且利用监管机构的监管。本文采用通用的 VaR 模型作为度量风险的工具, 若总风险损失 z_1, z_2, \cdots, z_n 序列经验分布为 F , $VaR(u) = eF^{-1}(u) = e \times \inf\{z: F(z) \geq u\}$ 。

风险分散化效应是全面度量商业银行整体风险的风险相对于完全相关结构下商业银行整体风险的减少的比例, 即:

信用、市场和操作风险之间的相关系数是运用 copula 进行风险损失模拟的前提条件, 而各种风险之间的相关系数往往具有时变性, 通过数据估计出来的相关系数往往很难具有代表性, 所以本文采用 CRO Forum 和 CROs 统计的银行业信用风险, 市场风险和操作风险的之间相关性系数的均值, 具体见表 4。

表 1 基于市场因子变化的 10 天展望期奥地利银行系统市场风险总损失的期望和方差

市场风险	均值	标准差	总资产
百万欧元	36	2805	575, 000
占总资产比例	0. 01%	0. 49%	

表 2 一年展期信用风险损失的期望和方差

信用风险	均值	标准差	总资产
百万欧元	971	800	575,000
占总资产比例	0.17%	0.14%	

表 3 一年展期操作风险损失的 99.5%分位点

操作风险	99.5%分位点	总资产
百万欧元	971	575,000
占总资产比例	0.17%	

表 4 信用、市场和操作风险之间的相关系数

	信用风险	市场风险	操作风险
信用风险	1	0.66	0.3
市场风险		1	0.3

3.2 信用、市场和操作风险分布参数估计

信用、市场和操作风险的损失分布率服从的分

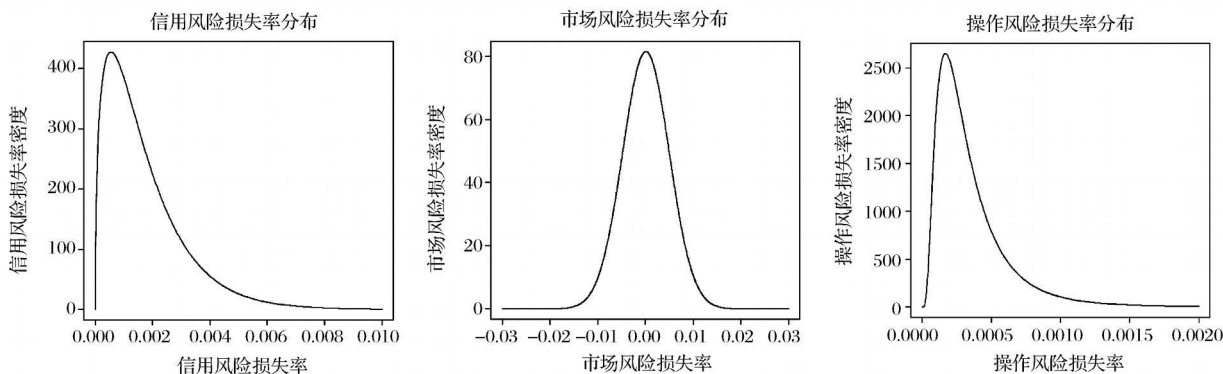


图 2 信用、市场和操作风险损失率边际分布图

3.3 正态和 t-copula 相关结构下模拟的损失率

模拟次数越多,模拟结果的经验分布和实际分布越接近,但是需要更多的时间。为了平衡时间和精度,利用 copula 模拟方法、各风险损失率分布函数和风险之间的相关系数,在正态 copula、t-1 copula、t-5 copula 和 t-10 copula 相关结构下我们模拟产生每种风险损失率的 100000 个观察值,它们代表了在不同相关结构下风险损失率的分布。由于本文关注的是在相关结构下风险的损失,所以每一种风险损失不是单独的对总的风险损失起作用,而是通过相关关系来实现单一风险损失对总损失的影响。

为了直观地理解风险损失之间的相关性,在图 3 我们给出了在不同相关结构下风险损失率的 3 维散点图(5000 个模拟值)。不同的散点图直观地给出了在不同相关结构下模拟出的风险损失率的相关性。模拟结果符合在相关结构下风险损失的预期,特别是在尾部。t-1 copula 下风险损失率相关性最大,损失率同时出现极端值的最多,说明信用风险、

布都有两个参数。根据我们的数据,采用模型部分参数估计方法对不同风险损失率的假设和参数估计方法的方法,各风险损失率的分布参数如表 5。

表 5 不同风险损失率分布参数的估计结果

信用风险		市场风险		操作风险	
μ	0.17%	μ	0.01%	m	0.017%
σ	0.14%	σ	0.49%	C	0.17%
α	1.47	mean	0.01%	meanlog	-8.20
β	863.24	sd	0.49%	sdlog	0.70

根据各个风险损失率分布和相应的参数,可以作出损失分布密度图,如图 2。从图上我们可以清晰的看到各风险损失分布各不相同,市场风险呈现出对称性,而信用风险和操作风险是有偏的分布,呈现出尖峰厚尾的特点。

市场风险和操作风险同时发生的情况可能性比较大;normal-copula 结构下风险损失率相关性最小,因为信用风险、市场风险和操作风险同时发生的情况极少。比较 t-copula 下风险损失率相关性和 normal-copula 结构下风险损失率相关,容易发现 t-copula 能够更好的描述极值情况下风险的相关关系,特别是在尾部。

3.4 总风险损失率分布

根据总风险损失率计算公式 $z_i = (x_1 + x_2 + x_3)_i$ 和蒙特卡洛模拟的结果,我们可以得到总风险损失率 z_1, z_2, \dots, z_n 。风险集成是为了说明奥地利银行业在风险相关下总风险损失率,总损失率是在考虑了相关性以后各种风险损失率的和。为了评估在不同相关结构下总风险损失率分布之间的不同,我们给出损失率分布的一些统计指标,详见表 6。

从表 6 我们可以得出:在各种 copula 下,作为描述中心趋势的均值结果比较相近;作为描述离散程度的标准差存在差异,但是差异也不是很大;偏度

都大于 0, 说明所有的分布都是有偏的, 而且是左偏的; 所有的峰度都大于 3, 说明总损失率分布都存在厚尾的现象; 同时在 t-1 copula 相关结构下偏度和

峰度最大, 说明在 t-1 copula 下得到的总损失率最具有偏度和尖峰厚尾的特征。

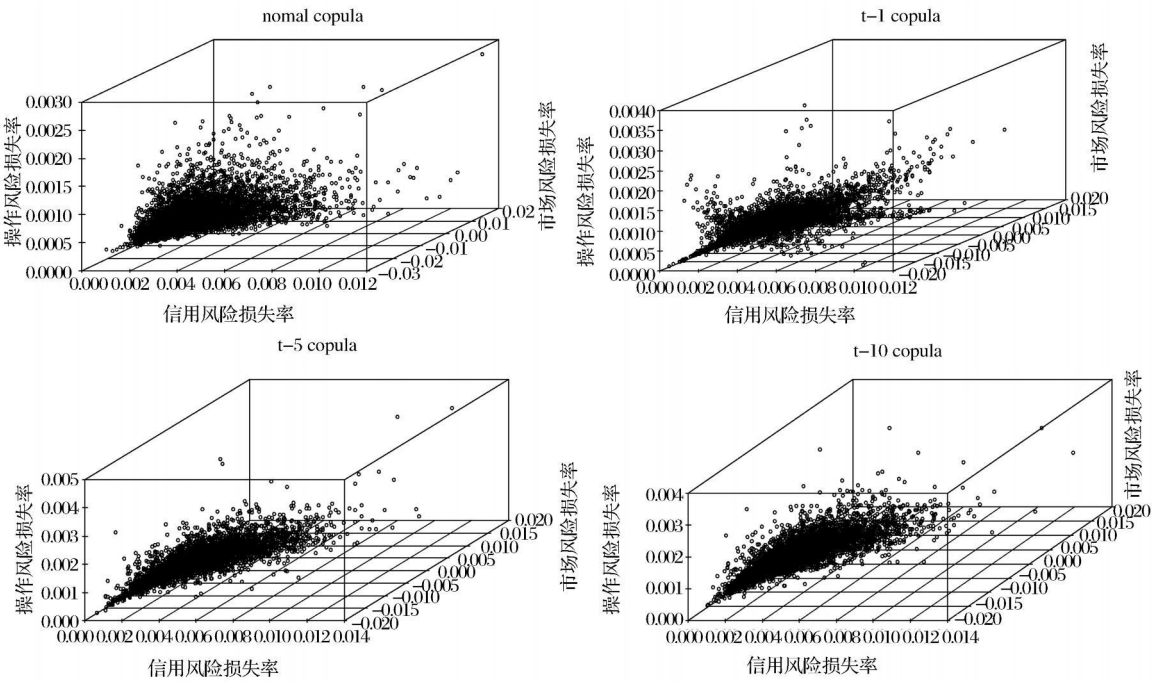


图 3 在每种相关结构下各种风险损失率的三维散点图

表 6 不同相关结构下模拟的总风险损失率的统计特征

Copula	Normal copula	t-1 copula	t-5 copula	t-10 copula
Min.	-0.0236	-0.0220	-0.0226	-0.0207
Median	0.00195	0.00187	0.00193	0.00194
Mean	0.00218	0.00219	0.00218	0.00218
Max.	0.0370	0.0377	0.0384	0.0383
s. d.	0.00596	0.00589	0.00595	0.00597
Skewness	0.232	0.391	0.274	0.266
Kurtosis	3.21	3.64	3.36	3.33

总之, 虽然总损失率的中心趋势一致, 但是不同的相关结构得到不同的总的损失率分布, 这给我们直观的感觉对于不同的相关结构总的风险是不同的, 在下一节讨论这个问题。

3.5 总风险和风险的分散化效应

在不同的 copula 风险相关结构下总风险损失率的分布不同。现在就用风险损失率的分布来计算总的风险在险值和风险分散化效应。研究在不同的置信水平下、不同的相关结构下的风险值和集成风险管理的分散化效应, 并且讨论不同 copula 函数对在险值的影响。

表 7 和 8 给出了在不同的置信水平下、不同的相关结构下奥地利商业银行业整体风险的大小以及

在险值占总资产的比例。比如在 99.97% 的置信区间下, 采用正态 copula 函数作为风险的相关关系计算得到的 VaR 为 14703.95 百万欧元, 占总资产的比例为 2.56%; 在 99% 的置信水平下, 采用 t-1 copula 相关结构得到的总风险的 VaR 为 10375.01 百万欧元, 占总资产的 1.80%。

表 7 不同相关结构下总风险损失 VaR 单位: 百万欧元

置信 区间	Normal copula	t-1 copula	t-5 copula	t-10 copula	完全 相关
90%	5700.12	5575.85	5628.60	5679.37	6101.77
95%	7083.29	7074.02	7088.14	7080.55	7752.80
99%	9870.69	10375.01	10035.17	10041.44	11141.57
99.5%	11032.24	11654.65	11167.96	11186.71	12489.87
99.8%	12350.17	13350.96	12786.55	12693.30	14211.86
99.97%	14703.95	16982.45	15694.45	15788.96	17649.73

表 8 不同相关结构下总风险损失在险值占总资产的比例

置信 区间	Normal copula	t-1 copula	t-5 copula	t-10 copula	完全 相关
90%	0.99%	0.97%	0.98%	0.99%	1.06%
95%	1.23%	1.23%	1.23%	1.23%	1.35%
99%	1.72%	1.80%	1.75%	1.75%	1.94%
99.5%	1.92%	2.03%	1.94%	1.95%	2.17%
99.8%	2.15%	2.32%	2.22%	2.21%	2.47%
99.97%	2.56%	2.95%	2.73%	2.75%	3.07%

整体来看,采用 copula 方法计算的风险值要小于简单相加得到的风险值。从列来观察,银行要求的置信水平越高在险值越大。从横向来观察,在相同的置信水平下,风险之间的相关结构对在险值产生影响,各种风险之间的尾部相关性越大,在险值越大。t-copula 函数比正态 copula 函数更能有效地描述风险的尾部相关。

表 9 给出了采用全面风险管理以后在险值相对于完全相关下在险值降低的比例,即在不同的置信水平和不同的相关结构下奥地利商业银行业整体风险相对于完全相关性情况下整体风险的风险分散化效应。在考虑相关结构的情况下整体在险值有所降低,从表上我们可以看出在险值减少介于 3.78%至 16.69%之间。这为银行节能够提高资本利用提供了一定的理论依据。

在相同的置信水平下,风险之间的相关结构影响风险的分散化效应,各种风险之间的尾部相关性越大,在险值降低的比例越小;在相同相关结构情况下,除了自由度为 1 的 t-copula 相关结构外,随着置信水平的提高风险分散化效应有增加的趋势。

表 9 不同相关结构下风险分散化效应

置信 区间	Nomal copula	t-1 copula	t-5 copula	t-10 copula
90%	6.58%	8.62%	7.75%	6.92%
95%	8.63%	8.76%	8.57%	8.67%
99%	11.41%	6.88%	9.93%	9.87%
99.5%	11.67%	6.69%	10.58%	10.43%
99.8%	13.10%	6.06%	10.03%	10.69%
99.97%	16.69% *	3.78% *	11.08%	10.54%

注: * 代表最大值和最小值

4 结语

本文在考虑相关性下,采用 copula 方法将商业银行的信用风险、市场风险和操作风险进行了风险集成,给出了采用该方法进行风险集成的具体步骤。实证结果显示,即使在我们假设比较保守的情况下,我们仍然得到了风险分散化效应,这为银行节能够提高资本利用提供了一定的理论依据。同时我们发现,采用 copula 函数能够很好的对风险之间的相关关系进行很好的描述,而 t-copula 函数比正态 copula 能够更好的描述风险的尾部相关。另外,实证结果显示不同的相关结构对在险值和风险的分散化效应的影响比较大。由于数据的限制,本文假设风险损失服从特定分布,这很容易推广到其它分布;另外,风险之间的相关结构为几种形式,没有能够选择最优的相关结构,因此运用数据准确的确定风险之

间的最优的相关结构将是下一步研究的方向。

参考文献:

- [1] Basel Committee on Banking Supervision. International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards. A Revised Framework — Comprehensive Version [M]. Bank for International Settlements, Basel, Switzerland, 2006.
- [2] Jarrow R. A., Turnbull, S. M.. The intersection of market and credit risk [J]. Journal of Banking and Finance, 2000, 24: 271—299.
- [3] Embrechts, P., McNeil, A. J., Straumann D.. Correlation; Pitfalls and alternatives [J]. Risk, 1999, 12: 69—71.
- [4] Rachev, S. T., Menn, C., Fabozzi, F.. Fat-Tailed and Skewed Asset Return Distributions: Implications for Risk Management, Portfolio selection, and Option Pricing [M]. New York: John Wiley, 2005.
- [5] Alexander, C., Pezier, J.. On the aggregation of market and credit risks [Z]. ISMA Centre Discussion Papers in Finance, No. 2003—13, University of Reading, 2003.
- [6] Ward, L., Lee, D.. Practical application of risk-adjusted return on capital framework [Z]. CAS Forum Summer 2002, Dynamic Financial Analysis Discussion Paper, 2002.
- [7] Dimakos, X. K., Aas, K.. Integrated risk modeling [J]. Statistical Modelling, 2004, 4: 265—277.
- [8] Dimakos, X. K., Aas, K.. Risk capital aggregation [J]. Risk Management, 2007, 9: 82—107.
- [9] Schlottmann, F., Mitschele, A., Seese, D.. A multi-objective approach to integrated risk management [J]. Evolutionary Multi-Criterion Optimization, 2005: 692—706.
- [10] Mitschele, A., Schlottmann, F., Seese, D.. Integrated risk management: Risk aggregation and allocation using intelligent systems [J]. Computational Methods in Financial Engineering, 2008: 317—342.
- [11] Rosenberg, J. V., Schuermann, T.. A general approach to integrated risk management with skewed, fat-tailed risks [J]. Journal of Financial Economics, 2006, 79: 569—614.
- [12] 刘春航,陈璐. 银行集团的风险并表: 风险计量及评估方法 [J]. 国际金融研究, 2009, 2: 88—96.
- [13] 张金清,李徐. 资产组合的集成风险及其应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2008, 28(6): 14—21.
- [14] 童中文,何建敏. 基于 Copula 风险中性校准的违约相

- 关性研究[J]. 中国管理科学, 2008, 16(5): 22—27.
- [15] 叶五一, 缪柏其. 基于 Copula 变点检测的美国次级债金融危机传染分析[J]. 中国管理科学, 2009, 17(3): 1—7.
- [16] Elsinger, H., Lehar, A.. Risk assessment for banking systems[J]. Management Science, 2006, 52(9): 1301—1314.
- [17] Black, F., Scholes, M.. The pricing of options and corporate liabilities[J]. The Journal of Political Economy, 1973, 81(3): 637—654.
- [18] Hull, J.. Risk Management and Financial Institutions[M]. Pearson Education, 2007.
- [19] Feng, J., Chen, J., Li, J.. Operational risk measurement via the loss distribution approach[C]. Proceedings of 2009 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, Nanjing, China, 2009: 1744—1748.
- [20] Chief Risk Officer Forum (CRO Forum) and The Institute of the Chief Risk Officers (CROs). Insights from the joint IFRI/CRO Forum survey on Economic Capital practice and applications[R]. 2006.
- [21] Cherubini, U., Luciano, E., Vecchiato, W.. Copula methods in finance[M]. John Wiley & Sons Chichester, UK, 2004.

Integrating Credit, Market and Operational Risk Based on Risk Correlation

LI Jian-ping¹, FENG Ji-chuang², SONG Hao^{1,3}, CAI Chen¹

(1. Institute of Policy & Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei, 230026, China;

3. School of Statistics and Mathematics, Shandong Economic University, Jinan 250014, China)

Abstract: The correlations among the credit, market and operational risk significantly influence the integrated risk. This paper proposes a model to integrate credit, market and operational risk considering correlation. The integrated risk is computed by Copula function and Monte Carlo simulation. The diversification benefit and the overall risk variation from different copulas are explored. At last, the empirical results base on an accepted literature data show, this proposed model can describe the risk correlation well, and the VaR of this model is smaller than that of simply adding up the three different risks. This paper presents a unique way for the commercial banks to evaluate integrated risks and improve the financial utilization.

Key words: risk correlation; risk integration; credit risk; market risk; operational risk; Copula