

政府管制研究系列文库



期权组合市场风险度量和 监管研究

QIQUAN ZUHE SHICHANG FENGXIAN DULIANG HE JIANGUAN YANJIU

陈荣达 著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE



政府管制研究系列文库

浙江省哲学社会科学重点研究基地项目
“金融衍生品组合市场风险度量和监管研究
(10JJD630245)”研究成果



期权组合市场风险度量和 监管研究

QIQUAN ZUHE SHICHANG FENGXIAN DULIANG HE JIANGUAN YANJIU

陈荣达 著



经济管理出版社

ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

期权组合市场风险度量和监管研究/陈荣达著. —北京:经济管理出版社, 2011. 8

ISBN 978—7—5096—1579—9

I. ①期… II. ①陈… III. ①期权交易—研究
IV. ①F830. 9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 167576

出版发行:经济管理出版社

北京市海淀区北蜂窝8号中雅大厦11层

电话:(010)51915602 邮编:100038

印刷:三河市海波印务有限公司

经销:新华书店

组稿编辑:张 艳

责任编辑:赵伟伟

责任印制:杨国强

责任校对:超凡

720mm×1000mm/16

10.25 印张 161 千字

2011 年 9 月第 1 版

2011 年 9 月第 1 次印刷

定价:29.00 元

书号:ISBN 978—7—5096—1579—9

• 版权所有 翻印必究 •

凡购本社图书,如有印装错误,由本社读者服务部
负责调换。联系地址:北京阜外月坛北小街 2 号

电话:(010)68022974 邮编:100836

前 言

本书针对市场变量回报的厚尾特征，对期权组合风险状况特性进行了科学的理论分析与定量分析，建立了分别以多元混合正态、多元 t 分布、多元 Laplace 分布来描述市场变量回报厚尾特征的非线性 VaR 度量模型，并对不同模型的特点进行了比较。

在此基础上，提出利用概率分布的傅立叶逆变换技术、次指数分布的风险函数变换技术、重要抽样技术、分层抽样技术、快速卷积技术、数值降维技术等金融计量、现代应用数学的前沿数值计算方法来研究市场变量回报厚尾情形下稀有事件模拟，以克服极小概率事件发生概率估计的困难，从而完善和发展期权组合市场风险度量技术，促使我国在该研究领域尽快达到世界领先水平，为我国金融监管机构和金融机构进行风险管理与投资组合的 Market-To-Market 测试提供理论依据和适用方法。

目 录

1 绪 论	1
1.1 研究意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	2
1.3 研究内容.....	8
2 厚尾分布情形下市场变量回报时变协方差矩阵估计	13
2.1 常用的市场变量回报时变协方差矩阵估计模型	14
2.2 基于 EM 算法的时变协方差矩阵估计模型	17
2.3 反映所估计出协方差值的误差指标	19
2.4 市场变量日回报时变协方差矩阵估计的实证分析	20
2.5 本章小结	25
附 录	25
3 期权组合风险度量的有效 Monte Carlo 模拟方法	29
3.1 引言	29
3.2 Delta-Gamma-Theta 模型	30
3.3 基于常用 Monte Carlo 模拟方法的非线性 VaR 计算	33
3.4 基于重要抽样技术的非线性 VaR 计算	34
3.5 基于重要抽样和分层抽样相结合技术的非线性 VaR 计算	38
3.6 多元正态分布情形下的模拟结果与分析	44
3.7 本章小结	47
4 基于多元 t 分布的期权组合风险度量的方差减少技术	49
4.1 基于 t 分布的期权定价模型及其对应的希腊字母	50

4.2	多元 t 分布情形下的期权组合非线性 VaR 模型	53
4.3	基于重要抽样技术的 Monte Carlo 模拟方法	56
4.4	基于重要抽样和分层抽样耦合技术的 Monte Carlo 模拟方法 ...	60
4.5	多元 t 分布情形下的数值模拟结果与分析	66
4.6	本章小结	69
5	混合正态分布及其参数估计	71
5.1	混合正态分布的定义	71
5.2	混合正态分布的数字特征	73
5.3	混合正态分布的参数估计	78
5.4	一类特殊的多元混合正态分布及其参数估计	83
6	基于多元混合正态分布的期权组合风险度量	85
6.1	基于多元混合正态分布的期权组合非线性 VaR 模型	86
6.2	基于 Fourier-Inversion 方法的期权组合非线性 VaR 数值计算	89
6.3	多元混合正态分布情形下的数值结果与分析	91
6.4	本章小结	94
7	基于多元 Laplace 分布的期权组合风险度量	95
7.1	基于多元 Laplace 分布的期权组合非线性 VaR 模型	96
7.2	风险函数转换技术	99
7.3	Laplace 分布情形下的重要抽样技术	101
7.4	重要抽样技术在 Delta-Gamma-Theta 模型中的应用	104
7.5	多元 Laplace 分布情形下的模拟结果与分析	107
7.6	本章小结	110
8	期权组合市场风险度量的快速卷积方法	111
8.1	期权组合市场风险度量模型	112
8.2	快速卷积方法	114
8.3	案例验证	117
8.4	本章小结	121
	附 录	122

9 基于投影降维技术的期权组合非线性 VaR 模型	125
9.1 期权组合非线性 VaR 模型	127
9.2 非线性 VaR 度量传统降维方法	128
9.3 投影降维技术.....	129
9.4 快速卷积方法与投影降维技术的融合计算.....	132
9.5 数值结果与分析.....	136
9.6 本章小结.....	139
10 结论与研究展望	141
10.1 结论	141
10.2 研究展望	143
参考文献	145
后 记	155

1 绪 论

1.1 研究意义

2002 年中国几大有银行均推出个人期权交易产品，以及我国的一些金融机构、企业已经在国际金融市场上开展金融衍生交易，中国金融机构和投资者的投资、融资环境发生了巨大变化，可供投资、套期保值的金融产品也得到显著的增加。另外，期权等金融衍生工具在以小博大的同时也带来更大的风险。频繁的市场变量价格波动是导致期权资产组合价值损益变化的主要原因。如果没有一个系统地测量资产组合所面临的市场风险的模型，那么就不会得到量化的市场风险度，也无法使管理者对资产组合的营运作密切的监控，因而就不会减少出现较大资产组合损失的可能性。而且如果不深入了解金融衍生产品的复杂性机制，就会使中国的企业在使用境外的衍生工具时容易产生误导和不平等交易，2004 年的“中航油新加坡事件”之所以发生，其中一个重要原因是公司未能根据行业标准评估期权组合价值，公司由此未能正确估算期权组合的“逐日盯市”价值。中国会计准则于 2007 年 1 月起与国际财务报告准则趋同，新的准则体系里就有要求对期权和衍生产品进行估价、减值测试。因此，本书建立期权组合非线性 VaR 模型，试图揭示期权的特征和机制，将众多不可测的主观因素转化为运用统计和计量技术的客观概率数值，使得隐性风险显性化，以便于风险的管理和控制，而且非线性 VaR 度量技术还可推广用于期货等衍生产品的投资组合市场风险的度量，从而为人们

制定投资、套期保值和规避风险决策提供有益参考。

目前对期权组合非线性 VaR 的度量研究从两个方面展开：解析近似和结构 Monte Carlo 模拟。第一种方法是引入金融参数 Delta、Gamma、Theta，将期权组合价值变化近似表达式拓展成 Delta-Gamma-Theta 模型，然后通过市场变量的分布来求得投资组合价值变化的分布，得出一定置信水平下的分位点，用以求出相应的 VaR 值。第二种方法是结构 Monte Carlo 模拟模型，首先再现未来一定时期内市场变量的变化途径，然后针对市场变量的每一次实现，通过 Delta-Gamma-Theta 模型来计算期权组合的价值变化（这是因为运用期权定价模型的计算强度太大，尤其是对于很大的方案），求得未来一定时期内期权组合价值变化的经验分布，再利用分位点求得 VaR 的值。第二种方法比第一种方法计算繁琐，所需时间长，且所产生的伪随机数具有群聚性，从而大大影响了模拟效率，且具有模型风险。但是，由于 Monte Carlo 模拟方法能较好地处理非线性问题，并且估算精度较高，随着研究的深入和发展以及计算机软硬件技术的飞速发展，该方法已经和解析方法相互融合、相互渗透，从而成为计算非线性 VaR 的主流方法。但是，目前的研究在把解析近似方法和模拟方法相结合来快速计算非线性 VaR 方面，特别是市场变量回报特征呈现厚尾分布时，仍然存在一些明显需要完善的地方。而且国内在该领域方面的研究基本还处于起步阶段，所以尽快展开这方面的研究工作具有重要意义。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状分析

期权组合市场风险度量模型的研究始于 20 世纪 90 年代后期，经过多年的发展，模型研究得到不断的深入。从对期权组合市场风险度量模型研究发展阶段上分，国际上关于这方面的研究过程大致经历三个发展阶段：Delta 类模

型、Delta-Gamma-Theta 市场变量回报多元正态模型、Delta-Gamma-Theta 市场变量回报厚尾分布模型。这三个阶段是基于市场变量回报分布形式、期权组合总价值变化近似方法及其灵敏度分析基础上进行模型分析和测算的,并且每个阶段都对前一阶段进行了一定程度的改进。

第一个阶段:Delta 类模型。

在 Delta 类模型中,假设市场变量回报分布服从多元正态分布及其期权组合总价值能够很好地被一阶近似(即 Delta),在这个假设的基础上,组合总价值变化服从一元正态分布,然后利用正态分布的统计特性及 VaR 的定义,计算出给定置信度下 VaR 的值。这一阶段在这方面作出重要贡献的学者及其模型有:Garbade (1986) 的 Delta 正态模型、J. P. Morgan (1994) 的 Delta 加权正态模型、Hsieh (1993) 的 Delta-GARCH 模型。Delta 加权正态模型与 Delta 正态模型不同之处在于,加权正态模型使用不同的权重来估计市场变量回报分布的时变协方差矩阵,并且越近期的赋予的权重越大,它实际上是 GARCH (1, 1) 的特殊形式,其目的是能够对市场变量变化做出快速反应,是对正态模型的等权重协方差矩阵的改善。

总的说来,Delta 类模型通过线性模型来估计期权组合价值的变化,简化了 VaR 计算。对市场变量变化并不很显著时,Delta 近似是相对准确的,但对极端的情况并不是那样的准确,这是因为存在 Gamma 效应(考虑了市场变量变化的二阶影响)。特别是当期权接近或成为两平期权时,较小的市场变量变化会引起很大的 Delta 值的变化,而且一个期权的 Delta 和 Gamma 部分紧密相关,因此当期权接近或成为两平期权时,以及距到期日时间接近于零时,Gamma 变化剧烈,此时 Delta 类模型存在较大的误差。

第二个阶段:Delta-Gamma-Theta 市场变量回报多元正态模型。

假设市场变量回报分布服从多元正态分布,与 Delta 类模型相比,它同时还考虑了 Gamma 效应和 Theta 效应。其中,Gamma 效应考虑了市场变量变化的非线性影响,Theta 效应考虑了期权到期时间变化的影响。这样匹配了期权价格与市场变量价格的凸性,同时期权组合总价值回报分布已不是正态分布,它的解析形式有时无法求得,通常这些模型引进了矩匹配方法来解决这个问题。

该阶段的突出代表有：J. P. Morgan (1996) 利用 Johnson 分布族把期权组合价值回报转换为标准正态分布，然后再求得 VaR 值，但该模型给出的结果精确度不高且有时不稳定。Britton-Jones & Schaefer (1999) 把期权组合价值变化的表达式写成一个非中心 x^2 分布的线性组合，运用一个随机变量的前三阶矩来匹配，即与组合总价值变化的前三阶矩相等，构成一个非线性方程组，从而得到要估计三个参数的值，再求出相应的 VaR 值。但是此模型有一个缺点：在求解非线性方程组时，有时候很难得到它的三个参数精确解。Mina & Ulmer (1999) 提出了结构 Monte Carlo 模拟模型，利用计算机产生市场变量的一系列价格，然后使用二次近似 Delta-Gamma-Theta 模型来计算组合总价值变化和相应的 VaR。这个随机模拟过程实际上是再现组合总价值变化分布的过程，但是这种方法计算繁琐、时间长，且所产生的伪随机数具有群聚性，大大影响模拟效率，且具有模型风险。在此基础上，Glasserman 等 (2001) 使用了一种有效的 Monte Carlo 模拟方法：利用 Delta-Gamma-Theta 近似所包含的投资组合价值变化的有用的信息来选择有效的样本分布，即使用重要抽样技术来进行稀有事件（与 VaR 问题相对应）模拟，通过改变市场变量回报分布的期望向量和协方差矩阵在该区域产生更多的样本，使得这一事件在这种情况下不再是稀有事件，从而达到减少模拟时间和相对误差的目的。而 Hardle 等 (2002) 的 Fourier-Inversion 方法的基本原理是在期权组合价值变化的二次近似的矩母函数表达式基础上，利用特征函数与矩母函数的关系以及关于概率分布的傅立叶逆变换方法、数值积分的近似计算的迭代算法，试算出期权组合的 VaR 值。由于特征函数完全刻画了随机变量的概率分布，就统计性质而言，没有损失分布的信息，但是 Hardle 等所给的模型是针对 Delta-Gamma 模型的，没有考虑金融参数 Theta，而且推导出的结果需做一些修正，并且得到的 VaR 值需要多次试算。而 Castellacci & Siclari (2003) 使用 Cornish-Fisher 方法计算组合总价值变化的前四阶矩来调整置信区间，以校正 Delta、Gamma、Theta 风险对正态分布偏斜影响，从而得到近似分位数，该模型优点是快速且是解析的，然而此方法缺点是忽视了部分信息，存在鲁棒性差的毛病，有时给出不可接受结果，并且使用该方法来计算风险度时，要注意置信度和该公式阶数的选择。

第三个阶段：Delta-Gamma-Theta 市场变量回报厚尾分布模型。

由于第一、第二阶段模型是基于市场变量回报为多元正态分布的，然而大量实证研究指出，市场变量回报的经验分布显示出尖峰厚尾性。这意味着传统正态分布假设无法完全反映这一特征。对市场变量尖峰厚尾性方面早期研究有 Mandelbrot (1963), Fama (1965), Pratetz (1972), Blattberg & Gonedes (1974)。近年来, Bouchaud 等 (1997)、Eberlein 等 (1998)、Heyde (1999)、Hosking 等 (2000) 使用了不同方法和数据发现这些高频金融数据表现出正的高峰度和厚尾性，而且这些研究还发现金融数据的尾部并未厚到以至于产生无限方差的程度，尽管高阶矩（例如五阶或更高阶）可能是无限的。

对于市场变量回报分布为厚尾分布的 VaR 估计，t 分布 (Layron 等, 2001)，极值理论 (Gencay & Selcuk, 2004)，偏斜的 t 分布 (Jondeau & Rockinger, 2003)，Pearson 的 IV 分布、Johnson 的 SU 分布并结合 GARCH 模型 (Yan, 2005)，混合正态分布 (Alexander & Lazar, 2006)。但是，他们都是针对单个市场变量的 VaR 估计。Umberto 等 (2004) 用 Copula 来估计随机变量间的联合分布并对投资组合进行了风险分析，Bauwens 等 (2006) 总结了各类多元 GARCH 模型在投资组合的 VaR 估计中的应用，包括的模型有 Vech-GARCH 模型、BEKK 模型、常值条件相关系数多元 GARCH 模型、动态条件相关系数多元 GARCH 模型、因子 GARCH 模型等。上述模型中的投资组合是不含期权的。

然而，对与市场变量有着非线性关系的期权的 VaR 估计研究，多元厚尾分布的情形远比多元正态分布复杂。在正态情形下，如果随机变量不相关，则它们是独立的，因而容易得到期权组合价值变化的矩母函数和特征函数。但是这个特征对多元厚尾分布并不适合，即使不相关，它们不一定独立，这时进行矩阵运算和数值计算就很难展开了。但是，随着计算技术的飞速发展，新的功能更强大的计算理论与计算程序不断出现，通过间接的方法，可以克服厚尾性的非线性 VaR 度量技术上的困难。目前比较有代表性的模型有以下几个：

其一，Glassman 等 (2002) 的厚尾分布模型。针对市场变量回报尾部分布，Glassman 等 (2002) 克服了 VaR 计算非线性、多维问题的困难，在建模中使用多元 t 分布来描述市场变量回报分布的厚尾特征，利用 t 分布由相

互独立正态分布和 x^2 分布构成的思想进行转换,对期权组合总价值变化二次近似表达式 (Delta-Gamma-Theta) 进行变换和矩阵运算,并利用了 Abate & Whit (1992) 关于概率分布的傅立叶逆变换技术,来计算厚尾分布的投资组合的 VaR。但这种方法存在一定的缺陷,求投资组合的 VaR 值时,需要多次试算,有时得不到精确的 VaR 值。而且不同的市场变量分布的厚尾程度可能不一样,这样它们各自所对应的自由度 v 也应该不一样,但该模型采取了不同市场变量回报分布的自由度一样的处理方法,这样会影响 VaR 值的精度,模型中还没解决这方面的问题。

其二,Albanese 等 (2004) 的快速卷积法。为了克服厚尾性的非线性 VaR 计算上的困难,Albanese 等把市场变量回报正交化得到新的随机向量,使得它和市场变量向量具有相同的协方差,选择能够捕获厚尾性的分布来表示这个新的随机向量,并对它分布的参数进行估计,然后对通过 Delta-Gamma-Theta 近似得到期权价值变化的表达式进行矩阵变换,对期权总价值变化分布的密度函数进行离散化处理,利用卷积公式和快速傅立叶变换以及线性插值近似计算出相应的 VaR 值。该算法的优点在于不用假设市场变量回报的分布很清晰,因此在选择回报的分布类型方面有更大的弹性,但该算法在市场变量数目很大时,鲁棒性比较差。

此外,Feuerverger & Wong (2000) 使用了 Lugannani & Rice (1980) 的鞍点近似法 (一种混合模型) 来计算市场变量回报分布为多元正态的期权组合的市场风险值,然后他们指出该方法还可以用于厚尾分布的非线性 VaR 计算。Wiberg (2002) 引入混沌理论来计算厚尾情形的非线性 VaR 问题。

综观该领域的近期研究与发展可以看出,厚尾分布的非线性 VaR 计算难度与强度都比多元正态复杂。为了得到更加精确的 VaR 值,研究人员提出了一些有效的改进技术,来完善和发展期权组合非线性 VaR 度量技术。

1.2.2 国内研究现状分析

国内对于市场变量回报分布为厚尾分布的 VaR 估计,极值理论与参数法结合 (马超群等, 2001), t 分布的 GARCH 模型 (陈守东、王鲁非, 2002),

一般误差分布模型（田新时等，2003），用修正 Weibull 分布（卢方元，2004），g-h 分布（潘志斌等，2006）。而对多个市场变量回报分布为多元厚尾分布情形，杨晓光、马超群（2002）研究了在 VaR 风险度量之下收益具有厚尾性质的投资组合收敛性问题，史敏（2005）将非对称 Laplace 分布和 t-Copula 相结合对投资组合风险进行度量，徐绪松、侯成琪（2006）研究了非正态稳定分布条件下投资组合收益和风险的度量并建立了均值—尺度参数投资组合模型。上述模型中的投资组合是不含期权的。

关于期权组合市场风险的度量技术方面的国内相关文献比较少，并且目前的研究主要集中在假设市场变量的回报为多元正态分布方面。田新时等（2002）假设市场变量回报服从多元正态分布，对包含期权等非线性头寸的投资组合变化二阶近似表达式进行矩阵运算，然后用 x^2 分布来拟合投资组合回报，运用矩匹配估计方法求得非线性方程组 x^2 分布的相应未知参数，且得到的 VaR 值与局部 Monte Carlo 模拟进行了比较。可以说该观点是相关研究领域比较深入的研究分析成果，其他的文献大都是概念性介绍与阐述。

而专门针对期权组合市场风险度量技术方面的研究，国内研究工作在这之前是比较薄弱的。陈荣达等（2004，2005，2005）在市场变量回报为多元正态分布情形下分别使用 Cornish-Fisher 方法、Fourier-Inversion 方法、Monte Carlo 方法对期权组合进行了风险度量，使得这一研究工作得以改观。陈荣达等（2006）基于市场变量回报为多元 t 分布的假设对期权市场风险进行了度量，进一步提升了这一问题的研究层次。但是这些研究工作主要集中在研究问题的一个方面，而且得到的 VaR 值有时不稳定，没有建立全面的厚尾性期权组合市场风险度量模型来分析问题，没有将解析方法和结构 Monte Carlo 模拟方法有机地结合起来研究问题。在这期间，施建华、黄可明（2004）、张勇等（2005）、姚远（2005）相继发表了相关领域的研究论文，但是研究层次也没有突破多元正态分布的假设。史雅茹、金朝嵩（2006）运用 Laplace 分布来计算单个股票期权 VaR 的新方法，但是该方法是针对单个期权，没有从投资组合的角度来考虑问题。

根据上述国内外研究现状分析，现有研究存在着以下三个主要不足之处：

（1）用多元 t 分布描述不同的市场变量回报厚尾特征时，而且还可以用

多元混合正态、尾部更厚的多元 Laplace 分布来描述市场变量回报厚尾特征，拓宽和丰富期权组合非线性 VaR 度量模型。

(2) 如何把重要抽样技术和分层抽样技术等方差减少技术应用到市场变量回报多元厚尾分布的假设下的非线性 VaR 模型中，克服厚尾情形下的稀有事件模拟的困难，进行有效的 Monte Carlo 模拟，目前这方面研究还不够。

(3) 对期权组合的风险度量。当市场变量数目很大时，计算工作量随着维数的增加而迅速增加，使得实现起来十分的困难。这时人们自然想到简化或减少市场变量的维数而对期权组合价值变化的内容又没有太大的损失，通过低维的与其相似的另一期权组合价值变化的函数来实现。Jorion (2001) 使用主成分分析法思想来解决这个问题，Albanese 等 (2002) 对由 Delta-Gamma-Theta 近似得到期权组合价值变化的函数以均方误差最小为目标进行最优化处理，得到能保留原来信息又能降维的另一期权组合价值变化的函数，用少量的维数来捕获大部分的风险，从而降低计算 VaR 的时间。但是，他们针对的是回报分布为多元正态的假设，没有涉及多元厚尾分布情形。

总之，当市场变量回报分布是厚尾分布时，期权组合非线性 VaR 度量模型及数值方法的研究需要不断完善和发展。

1.3 研究内容

对期权组合市场风险度量的基本过程进行了系统的研究，主要研究内容包括以下八个方面：

(1) 研究厚尾分布情形下的市场变量回报协方差矩阵的估计。

对波动性和相关性进行精确的估计，是金融市场风险测量的关键。由于市场变量回报时间序列的厚尾特征，本书使用 t 分布描述市场变量回报的厚尾特征，引入 EM 算法估计多元 t 分布的协方差矩阵，并和常用的协方差矩阵估计模型进行比较。实证结果表明，从反映估计出协方差值的精度的 MSE、MADE 和 RADE 值三个指标来看，基于 EM 算法所估计出的协方差

值的误差从总体上比等权重模型、多元 EWMA 模型、多元 GARCH (1, 1) 所估计出的协方差值的误差要小。

另外, 多元 GARCH (1, 1) 模型虽然能描述实际时间序列厚尾现象, 但计算繁琐, 待估参数众多, 大大影响了它的使用; 基于 EM 算法的模型最大的优点是有解析迭代公式、计算简单和稳定, 且能捕捉市场变量回报的厚尾特征。但该算法也有它的缺陷: 在估计协方差矩阵时, 对不同市场变量回报序列选用相同的自由度。实际上不同市场变量回报序列的厚尾特征并不一样, 如何解决这个问题是下一步待研究的问题。

(2) 研究市场变量回报为轻尾情形下的期权组合风险度量的方差减少技术。

为了克服极小概率事件发生概率估计的困难, 在市场变量回报为多元正态分布的假设下, 提出了把重要抽样技术发展到期权组合非线性 VaR 模型中, 估计出组合损失概率。为了进一步减少模拟估计误差, 在重要抽样技术基础上使用分层抽样技术, 进行更有效的 Monte Carlo 模拟。数值结果表明, 在市场变量回报为多元正态分布的假设下, 重要抽样技术算法比常用 Monte Carlo 模拟法的计算效率更有效; 而重要抽样技术和分层抽样技术相结合算法比重要抽样技术算法更有效地减少模拟所要估计的组合损失概率的方差, 有着更高的计算效率。

(3) 研究市场变量回报为多元 t 分布情形下的期权组合风险度量的方差减少技术。

首先推导出基于 t 分布的期权定价模型, 再将重要抽样技术发展多元 t 分布情形下的期权组合非线性 VaR 模型中, 进行有效的 Monte Carlo 模拟, 估计出组合的损失概率。为了进一步减少模拟估计误差, 在重要抽样技术基础上使用分层抽样技术, 进行更有效的 Monte Carlo 模拟。模拟结果表明, 在市场变量回报为多元 t 分布的假设下, 重要抽样技术算法比常用 Monte Carlo 模拟法的计算效率更有效; 而重要抽样和分层抽样耦合技术算法比重要抽样技术算法更有效地减少模拟所要估计的组合损失概率的方差, 计算效率更高。

(4) 研究混合分布及参数估计。

对混合正态分布及其参数进行估计, 为基于多元混合分布的期权组合非

线性 VaR 度量做好准备,通过对混合正态分布进行详细的研究分析,将混合正态分布引入到期权组合非线性 VaR 度量模型之中,主要研究运用 EM 算法对混合正态分布的参数进行估计。

(5) 研究市场变量回报为多元混合正态分布情形下的期权组合风险度量。

为了进一步丰富厚尾分布情形下的非线性 VaR 模型,提出了一种多元厚尾分布情形下的期权组合非线性 VaR 模型。用多元混合正态分布来描述市场变量回报分布厚尾特征,推导出多元混合正态分布情形下的反映期权组合价值变化的矩母函数;在此基础上,利用特征函数和矩母函数关系,进一步将概率分布的 Fourier-Inversion 方法和数值积分近似计算的迭代算法——自适应 Simpson 法则发展到多元混合正态分布情形下的期权组合非线性 VaR 模型中,估计出期权组合的 VaR 值。数值结果表明,使用 Fourier-Inversion 方法得到的 VaR 值与使用 Monte Carlo 模拟方法得到的 VaR 值相差不大,但使用 Fourier-Inversion 方法的计算速度要明显快于 Monte Carlo 模拟方法。

(6) 研究市场变量回报为多元 Laplace 分布情形下的期权组合风险度量。

多元 t 分布、多元混合正态分布的尾部是以多项式形式衰减的尾部分布族,而当市场变量回报的分布的尾部以指数类型衰减时,这时使用多元 t 分布或多元混合正态分布来描述市场变量回报分布的厚尾特征,显然不是很妥当。为此,用多元 Laplace 分布来描述这种市场变量回报分布厚尾性,引入风险函数转换技术和关于多维 Laplace 多重积分近似计算的结果,来解决多元 Laplace 分布情形下的反映期权组合价值变化的矩母函数问题;进一步将重要抽样技术发展到了多元 Laplace 分布情形下的期权组合非线性 VaR 模型中,使得该情形下不再是稀有事件 Monte Carlo 模拟,从而减少 Monte Carlo 模拟计算工作量,更精确地估计出组合的损失概率。数值结果表明该算法比常用 Monte Carlo 模拟法的计算效率更有效,且能很大程度上减少所要估计的损失概率的方差,也丰富了厚尾分布情形下的非线性 VaR 模型。

(7) 研究期权组合市场风险度量的快速卷积方法。

为了得到期权组合的风险值,假设组合中各市场变量回报分布厚尾特征用 t 分布来描述,本书使用了快速卷积方法,利用把连续问题离散化的思想,把各市场变量回报的概率密度函数离散化,再利用概率分布的快速傅立叶变