金融市场风险测量模型—— VaR①

王春峰, 万海晖, 张 维
(天津大学管理学院, 天津大学金融工程研究中心, 天津 300072)

摘要: 详细介绍了目前测量市场风险的主流模型—— VaR,包括 VaR产生的背景、VaR的概念;综述了 VaR的各种计算方法及其发展动态,比较了各种计算方法的优缺点,指出了其各自的适用范围;最后就 VaR中存在的问题和发展方向进行了讨论.

关键词: 市场风险; 风险测量; VaR; 压力实验
分类号: F830.9 文献标识码: A 文章编号: 1000-5781(2000)01-0067-09

The model of market risk measurement—— VaR

WANG Chun-feng, WAN Hai-hui, ZHANG Wei
(Institute of Systems Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072)

Abstract In this paper, VaR, the mainstream model of market risk measurement is introduced. The background, conception, and the computing methods of VaR are surveyed in detail. At last, we discuss the problems in VaR and propose the directions of research in the future.

Keywords: market risk; risk measurement; VaR; stress test

1 VaR方法产生的背景

近 20年来,随着经济的全球化及投资的自由化趋势,金融市场的波动性日趋加剧,金融风险管理已成为金融机构和工商企业管理的核心内容.所谓金融风险是指金融机构、非金融企业和个人未来收益的不确定性[1].金融机构所面临的主要金融风险有市场风险、信用风险、流动性风险、操作风险和法律风险等.其中,市场风险是指由于利率、汇率、股指、商品价格等市场因素的变化而导致金融资产收益的不确定性.

70年代以前,由于金融市场价格变化比较平稳,金融风险突出地表现为信用风险,然而进入 70年代以来,全球金融系统发生了巨大变化: (1)全球金融市场的变革导致金融市场的波动性日趋加剧:以布雷顿森林体系崩溃为标志的固定价格体系演变为市场价格体系而导致的各类市场(外汇市场、货币市场、资本市场、商品市场)价格的波动性加剧、金融市场交易速度的加快与交易量的空前增加而导致的金融市场的复杂性和波动性、金融市场一体化趋势而导致的金融市场波动性的互动(co-movement)、放大与传染效应; (2)技术

① 收稿日期: 1998-12-14;修订日期: 1999-01-28.
基金项目: 国家自然科学基金 95重大项目(79790130)、霍英东青年教师基金、教育部跨世纪优秀人才基金、教育部优秀青年教师奖励基金、中科院开放实验室基金共同资助项目.
作者简介: 王春峰(1966-),男(汉族),河北人,博士,天津大学管理学院教授,博士生导师.

进步: 70年代以来由于现代金融理论的突破 (主要是 Black-Scholes期权定价公式)、信息技术 (计算机与通讯技术)的巨大进展及金融工程技术的出现与广泛应用 ,导致的以衍生工具的爆发性增长为标志的“金融创新”活动在提高了金融市场有效性的同时 ,也增加了金融市场的波动性与脆弱性; (3)金融创新与放松管制: 西方主要发达国家奉行的“放松金融管制”浪潮又为金融创新提供了良好的环境 .这三股力量及其交互作用使金融市场呈现出前所未有的波动性和脆弱性 ,市场风险成为今日金融风险的最主要形式 .

近年来 ,国际上诸多金融机构和跨国公司由于市场风险管理不善而导致的巨额损失比比皆是 ,从巴林银行的倒闭、日本大和银行巨额交易亏损到美国奥伦治县政府破产 ,充分说明了市场风险在金融机构面临的诸多风险中的核心地位 .

针对这种情况 ,金融监管当局、金融机构近年来一直在不断强化市场风险的管理与监管: 如从 1984年旨在防范信用风险的巴塞尔协议到 1996年的巴塞尔银行业全面监管原则的变化 ,反映了国际金融监管当局对市场风险作出的反应;许多著名金融机构如 J. P. Morgan、Bankers Trust、Chemical Bank、Chase Manhattan等都投入巨额经费开发市场风险管理技术[2].

市场风险管理就是金融机构或工商企业在准确辨识和测量市场风险的基础上 ,根据其竞争优势及风险偏好 ,利用各种工具和技术对风险进行规避与防范、转移 (分散化、对冲、保险)和保留 (风险定价和风险资本金配置)的过程 .市场风险管理的基础和关键在于测量风险 ,即将风险的特性定量化 .面对包含各式各样复杂衍生金融工具 (特别是期权类非线性工具)的组合证券 ,传统的线性度量如 delta、久期 (duration)、β已不再适用 ,即使引入凸性 (convexity),当标的 (underlying)资产价格发生巨大变动时也不能准确地估计风险 ,基于期权的度量如 gamma等虽可以计算单一证券的风险 ,但是它不能概括证券组合的总体市场风险[3].因此迫切需要一种既能处理非线性的期权又可提供总体风险的市场风险测量方法 ,在这个背景下 ,VaR(Value at Risk)方法便应运而生了 .

自 80年代 VaR首次被一些金融公司用于测量交易性证券的市场风险后 ,VaR已获得广泛应用 .一些权威金融研究机构近年来的调查表明: VaR已经为众多商业银行、投资银行、非金融公司、机构投资者及监管机构所使用和关注 .许多金融机构都将 VaR作为防范金融风险的第一道防线 ,并且开发了利用 VaR进行风险管理的软件 ,如 J. P. Morgan公司的 RiskMetrics系统等[2,4].监管机构则利用 VaR技术作为金融监管的工具 ,如在巴塞尔委员会发布的巴塞尔银行业有效监管核心原则及欧盟的资本充足度法案中 ,VaR成为其监管市场风险的重要工具 .除了测量市场风险供管理者决策参考及实施金融监管 ,VaR还用于设定交易商市场风险的限额、测定估值 /风险模型的有效性及评价绩效等方面 .如 Banker Trust在绩效评价中使用“风险调整的资本收益”指标 RAROC (risk adjusted return of capital)取代资本收益指标 ROC (return of capital)来反映交易员的经营业绩 ,以防止交易员的过度投机行为 (RAROC= ROC/VaR值).

本文旨在详细介绍 VaR产生的背景、定义;综述已有的 VaR的各种计算方法和发展动态 ,比较其优缺点 ,指出其各自的适用范围;讨论目前 VaR存在的问题和可能的发展方向 .

2 VaR的概念

所谓 VaR(Value at Risk) ,按字面意思解释就是“按风险估价” ,它是在市场正常波动情形下对证券组合可能损失的一种统计测度 .实际上 VaR的概念非常简单 ,如图 1所示 .首先使用当前的价格表 (利率、汇率、商品等的价格)对当前的证券组合进行估价 ,然后使用未来情景价格表对证券组合的未来价值重新估价 ,并且计算证券组合价值的变化—— 即证券组合未来的收益或损失 .如果使用一系列的未来情景价格表对证券组合的未来价值进行估价 ,就可以得到证券组合未来收益的一个分布 .这样就可得到在给定置信水平下的证券组合未来损失值即为 VaR.

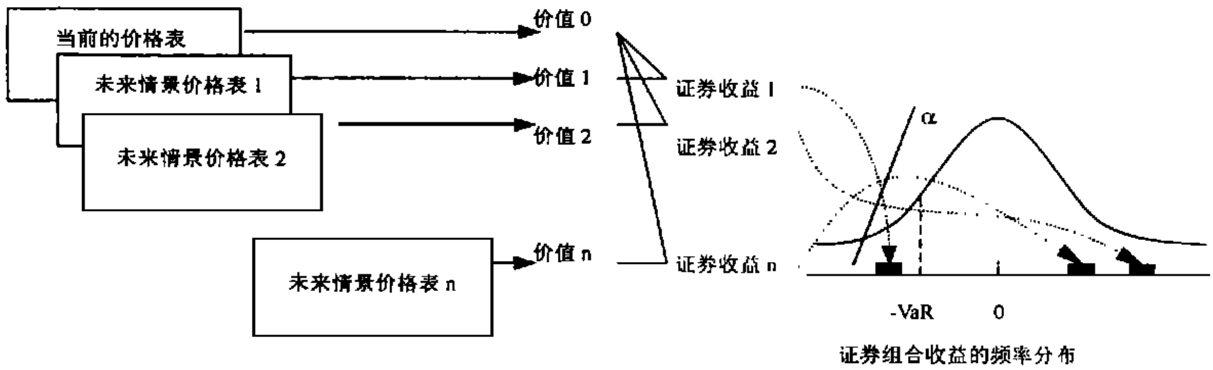

图 1 VaR的概念

具体说来, VaR是指在一定的持有期及置信度内,某一证券组合所面临的最大的潜在损失.用数学公式来表示

$$\mathrm{prob}(\Delta P > -VAR) = 1 - T$$

其中 ΔP为证券组合在持有期 Δt内的收益, VaR为在置信水平 T下处于风险中的价值.

例如, J. P. Morgan公司 1994年年报披露, 1994年该公司一天的 95% VaR值为 1500万美元.其含义是指,该公司可以以 95%的可能性保证, 1994年每一特定时点上的证券组合在未来 24小时之内,由于市场价格变动而带来的损失不会超过 1500万美元.

VaR将证券组合的风险概括为一个简单的数字,便于高层管理者掌握 上报给监管机构以及在年报中披露.

3 计算 VaR的方法

3. 1 VaR计算的基本思想 步骤

VaR本质上是对证券组合价值波动的统计测量,其核心在于构造证券组合价值变化的概率分布.基本思想仍然是利用证券组合价值的历史波动信息来推断未来情形,只不过对未来价值波动的推断给出的不是一个确定值,而是一个概率分布.例如已知过去 101天的某一证券的历史波动情况,推断第 102天该证券的价值.最简单的方法是计算过去 101天该证券的波动 (如标准差),以此得出第 102天该证券的价值波动.但这样得出的值实际上是一种用过去的平均情况推断未来,误差显然太大.而 VaR的思想是,过去 101天的波动构成了 100种波动情景,在第 102天每一种波动都可能发生,因此第 102天的价值波动存在 100种可能性,由此其价值波动构成了一个概率分布.

在大多数情况下,由于证券组合庞大而复杂,且保留证券组合中所有证券的历史数据不太现实,因此直接估算某种证券组合的收益 (或损失)几乎是不可能的,在 VaR的计算中将每一个证券映射为一系列“市场因子” (market factors)的组合.市场因子是指影响证券组合价值变化的利率汇率、股指及商品价格等基础变量.

基于上述基本思想, VaR计算的基本步骤包括: 辨识市场因子,并将证券组合中的每一证券价值用市场因子表示 (映射);推测市场因子未来某一时期 (如一天)的变化情景;由市场因子的未来情景估测证券组合的未来价值 (盯市, Mart-to-Market);求出损益分布,在给定置信度下计算出 VaR值.

这里计算的关键有二: 其一是市场因子未来变化的推测;其二是证券组合价值与市场因子间的关系 (线性 非线性).

1)证券组合价值变化与市场因子变化的关系

除了期权类显著非线性的金融工具,大多数证券价值的变化都是市场因子变化的线性函数,这类证券组合的价值变化可以用它对市场因子的敏感性 (sensitivity)来刻画.而对于期权这种特殊的金融工具,一般用模拟的方法来描述其价值与市场因子之间的非线性关系;另一方面也可以用近似的方法来处理,即在假设 Black-Scholes期权定价公式能够准确地对期权进行估价的基础上,取该公式的一阶近似或二阶近似;

2) 未来的市场因子变化的推测

推测市场因子未来变化的方法有三种,一种是历史模拟法—— 利用市场因子历史状况直接推测市场因子未来的情景;第 2种是 Monte Carlo 模拟法—— 利用 Monte Carlo模拟市场因子的未来情景;第 3种是方差 - 协方差 (分析)方法—— 在市场因子变化服从多元正态分布情形下,可以用方差和相关系数来描述市场因子的未来变化.

根据以上的分析,不同情况下计算 VaR的方法不同,大体上可分为三大类: 历史模拟法、分析方法和 Monte Carlo模拟法.

3.2 历史模拟法

历史模拟法是一种简单的基于经验的方法,它不需要对市场因子的统计分布作出假设,而是直接根据 VaR的定义进行计算,即根据收集到的市场因子的历史数据对证券组合的未来收益进行模拟,在给定置信度下计算潜在损失.其具体步骤如下: 首先识别基础的市场因子,并用市场因子表示出证券组合中各个金融工具的盯市价值;计算市场因子过去 N 个时期的实际变化,结合当前市场因子的价值估计市场因子未来某一时期的情景值 (N 个);由定价公式得到证券组合未来的盯市价值 (N 个),与当前市场因子下的证券组合价值比较得到证券组合未来的潜在损益;根据潜在损益的分布,在给定置信度下计算 VaR值.

3.3 分析方法

由于历史模拟法必须保留市场因子过去 N 个时期所有市场因子的历史数据,而且必须对证券组合中每一个证券进行估价,计算起来比较繁琐,所以人们想寻求一种较为简单的方法.分析方法就是在假定市场因子的变化服从多元正态分布情形下,利用正态分布的统计特性简化计算的方法.

根据证券组合的价值函数的形式和市场因子的模型的不同,分析方法可分为不同类型.

3.3.1 delta- 正态模型[5]

在 Garbade的模型中,假设证券组合的价值函数取一阶近似 (即 delta),且市场因子服从多元正态分布.在这个假设的基础上,证券组合的价值变化服从一元正态分布.用 $P(t, x_{n\times 1})$表示证券组合的价值函数,其中 t 表示时间,x 表示 n 维市场因子向量.

假设 P-1　$P(t,x)$ 对每一个自变量取一阶导数,

$$P_t = \frac{\partial P(t,x)}{\partial t},$$

$$g'_{n\times 1} = \left[\frac{\partial P(t,x)}{\partial x_1}, \frac{\partial P(t,x)}{\partial x_2}, \cdots, \frac{\partial P(t,x)}{\partial x_n}\right],$$

高阶导数设为零.

假设 X-1　x 的回报 $r \sim N_n(0, \sum^{1r})$,其中 $r_{it} = (x_{i,t+\Delta t} - x_{it})/x_{it}$, $i = 1, 2, \cdots, n$;

设 $\Delta x_t \equiv x_{t+\Delta t} - x_t$, 则 $\Delta x_t \sim N_n(0, x_t \sum^{1r} x_t)$,其中 $x_t \sum^{1r} x_t = \sum^{1}$.

假设 X-1为正态性假设,该模型又称为市场因子的同方差模型(HOM).

根据 VaR的定义,由其数学公式可知,VaR可转化为证券组合价值变化 ΔP 的分布的一个分位数.由泰勒展开式,得

$$P(t,x) = P(t_0, x_0) + P_t(t - t_0) + g'(x - x_0) + R_2 = P(t_0, x_0) + P\Delta t + g'\Delta x + R_2$$

其中 $P(t_0, x_0)$ 为证券组合在 t_0 时刻的盯市价值,R_2 为包含二阶导数和高阶导数在内的误差项.由假设 P-1得 $R_2 = 0$,则 $\Delta P(\Delta t, \Delta x) \equiv P(t,x) - P(t_0, x_0) = P_t\Delta t + g'\Delta x$

命题 1　用 ΔP_1 表示 $\Delta P(\Delta t, \Delta x)$ 的一阶近似,则 ΔP_1 服从一元正态分布,即

$$\Delta P_1 \sim N(P\Delta t, g\sum^{1} g)$$

VaR的计算公式可以转化为

$$\mathrm{Prob}\left[\frac{\Delta P_1 - P\Delta t}{\sqrt{g\sum^{1} g}} > \frac{-VaR - P_t\Delta t}{\sqrt{g\sum^{1} g}}\right] = 1 - T$$

$$\mathrm{Prob}\left[Z > \frac{-VaR - P_t\Delta t}{\sqrt{g\sum^{1} g}}\right] = 1 - T$$

设 $Z(T)$ 为置信水平 T 下的标准正态分布的分位数,则

$$Z(T) = \frac{-VaR - P\Delta t}{\sqrt{g\sum^{1} g}}$$

$$VaR = -P_t\Delta t - Z(T)\sqrt{g\sum^{1} g}$$

总的说来,delta-正态模型将 theta (P) 和 delta (g) 引入模型中,简化了 VaR的计算.

3.3.2 delta-加权正态模型[2]

delta-加权正态模型又称为“RiskMetrics”,是由 J.P. Morgan公司提出的.在 delta-加权正

态模型中,证券组合的价值函数也取一阶近似,假设 P-1成立;尽管仍然保留市场因子变化的协方差矩阵,但市场因子的模型不同.在这里使用加权正态模型(WTN)来估计市场因子回报的协方差矩阵$\sum_t^{2r}$,$\sum_t^{2r}$是时变的.

假设 X-2 $\sum_t^{2r}$的每一个元素

$$e_{ij(t)} = \sum_{k=0}^{\infty} k_k (r_{i(t-k)} - \bar{r}_i)(r_{j(t-k)} - \bar{r}_j)$$

其中 $k_k = \lambda^k (1-\lambda), 0 < \lambda < 1$

$\Delta x_t \sim N_n(0, x_t \sum_t^{2r} x_t)$, 其中 $x_t \sum_t^{2r} x_t = \sum_t^2$.

加权正态模型与正态模型的不同之处在于,在计算 $e_{ij(t)}$ 时残差平方的权重不同.在假设 X-1下,残差平方的权重均为 $1/N$,其中 N 为样本容量;在假设 X-2下,残差平方的权重由 k_k 决定.对于大样本而言,k_k 之和为 1,且越近期的权重越大.这样的权重能够迅速地对市场因子的变化作出反应,比不变的权重显然要好.

根据 $e_{ij(t)}$ 的计算公式,还可以推出

$$e_t^2 = \lambda e_{t-1}^2 + (1-\lambda)(x_t - x_{t-1})^2$$
$$= \lambda e_{t-1}^2 + (1-\lambda) u_{t-1}^2$$

注意到传统的 GARCH(1,1)模型的一般形式为 $e_t^2 = T + U e_{t-1}^2 + V u_{t-1}^2$,与上式非常类似. WTN模型也就是当 $T=0, U=\lambda, V=1-\lambda$ 时, GARCH(1,1)模型的特殊形式.实际上,WTN模型是一个无截矩的 IGARCH模型.

VaR的计算与 delta-正态模型中的计算是一样的,不同的只是估计 Σ 的方法.

3.3.3 delta-GARCH模型[6]

顾名思义,在 delta-GARCH模型中,证券组合的价值函数取一阶近似,并且使用 GARCH模型来描述市场因子.对于财务变量回报的分布 ARCH模型具有良好的特性,即持续的方差和处理厚尾的能力.ARCH模型是由 Engle首先提出的[7],并得到了极大的推广,Hsieh选择了其中的 EGARCH模型[6]:

$$r_t = \_ + Z_t$$
$$Z_t | K_{t-1} \sim N(0, h_t)$$
$$\ln h_t = T + U \ln h_{t-1} + h\left[\frac{|Z_{t-1}|}{h_{t-1}} - (2/c)^{1/2}\right] + V\frac{Z_{t-1}}{h_{t-1}}$$

其中 K_{t-1}是 $t-1$时刻的信息集合,T、U、h和 V是利用极大似然法估计的参数.自然对数的使用保证了方差 h_t为正数而不必使用其他的约束.h和 V项组成一个均值为零的独立同分布的随机序列,使得方差 h_t随着 Z_{t-1}的符号的不同而产生不同的反应.由于股票价格的大幅度下滑比大幅度上升会产生更大的波动(由 Black于 1976年发现[8]),所以这一点显得尤为重要.

如果 $h>0, V=0$,则当 $|Z_{t-1}| < (2/c)^{1/2}$时,h_t 受到的影响为正,反之为负;其中 $E(|Z_{t-1}|) = (2/c)^{1/2}$.如果 $h=0, V<0$,则当 $Z_{t-1} < 0$时,h_t受到的影响为正,反之为负.

同样,delta-GARCH模型与 delta-正态模型和 delta-加权正态模型的区别在于 Σ 的计算.根据多元 GARCH模型利用极大似然准则估计 t时刻市场因子的协方差矩阵$\sum_t^3$.

3.3.4 gamma-正态模型[9]

Wilson的模型是第一个反映证券组合价值函数凸性的模型,即证券组合价值函数取二阶近似,假设 P-1为假设 P-2所替代;同时市场因子的变化服从多元正态分布,假设 X-1成立.在这两个条件下,证券组合的价值变化服从二元正态分布.

假设 P-2 $P(t,x)$ 对 t和 x 的一阶和二阶导数分别为 $P_t = \frac{\partial P}{\partial t}$,$P_{tt} = \frac{\partial^2 P}{\partial t^2}$,$g = \frac{\partial P}{\partial x}$, $P_{tx} = \frac{\partial^2 P}{\partial t \partial x}$,$H_{n\times n} = (H_{ij})$,其中 $H_{ij} = \frac{\partial^2 P}{\partial x_i \partial x_j}$,高阶导数设为零.

根据 Wilson对 VaR的定义,VaR转化为如下优化问题:

$$\max_{\Delta x} -\Delta P(t, \Delta x)$$
$$\text{s. t. } F(\Delta x) \leqslant T$$

根据假设 X-1和 P-2①得

$$\max_{\Delta x} -\left(P\Delta t + g'\Delta x + \frac{1}{2}\Delta x' H \Delta x\right)$$
$$\text{s. t. } \Delta x \sum{}^{-1} \Delta x \leqslant \kappa$$

作为第一个反映证券组合价值函数凸性的模型,Wilson的模型得到了极大关注.但是,对于包

① Wilson在其分析中省略了 P_{tx} 和 P_{tt} 项,也许是由于 $\Delta\Delta x$和 $\Delta\Delta t$的量极小,也许由于它们在 Black-Scholes方程中并没有出现.

含大量市场因子的证券组合来说,这种方法并不可行,因为二元问题必须利用优化软件包使用数值算法来解决. Wilson推荐了一些方法来简化计算、减少计算时间,但是这些方法都会带来未知量的误差.

3.3.5 gamma-GARCH模型[10]

Fallon在总结前人工作的基础上提出了gamma-GARCH模型.该模型假设证券组合价值函数取二阶近似,并且使用多元 GARCH模型来描述市场因子,即假设 P-2成立,且有假设 X-3: 状态变量的回报 r_t 的分布

$$r_t = \_ + u_t$$

$$u_t | \mathrm{J}_{t-1} \sim N(0, \sum\nolimits_t^{3r})$$

其中 r_t, $\_$, u_t 为 n 维向量, $\sum_t^{3r}$ 为 $n \times n$ 阶矩阵, J_{t-1} 为 $t-1$时刻的信息集合,协方差矩阵 $\sum_t^{3r} = V_t R V_t$,其中 R为时变的矩阵,特征根为 d_{ij}; V_t 为时变的对角矩阵,其特征根为 $\overline{v_{ii(t)}}$,其元素为

$$v_{ii(t)} = \mathrm{T}_{0i} + \mathrm{T}_{1i} u_{i,t-1}^2 + \mathrm{U}_i v_{ii(t-1)}, \quad i = 1, 2, \cdots, n$$

$$v_{ij(t)} = \mathrm{d}_{ij} \overline{v_{ii(t)}} \, \overline{v_{jj(t)}} \quad i, j = 1, 2, \cdots, n \text{且} i \neq j$$

在假设 X-3下,市场因子的变化 $\Delta x_t \sim N_n(0, \sum_t^3)$,其中 $\sum_t^3 = x_t \sum_t^{3r} x_t$.

VaR的计算与 gamma-正态模型类似,证券组合的价值变化仍服从二元正态分布,差别仅在于 Σ 的计算.

3.3.6 增量 VaR模型[4]

前述 VaR仅仅用于测量市场风险,现实中人们往往需要选择某种交易来改善 VaR 降低风险,换句话说就是如何选择那些能够降低 VaR的交易.

一般来说,人们从历史数据中提取信息,归纳为一个简单的 VaR值.这种 VaR的计算过程是单方向的、不可逆的,因此企图通过反向操作来选择最佳交易是标准 VaR计算方法所无法解决的问题.由于 VaR的计算中存在着非线性,证券组合中的交易以一种复杂的方式相互作用,因此不能单独分析可选交易,这就需要通过计算增量 VaR来解决.计算增量 VaR的方法就是分别计算证券组合中加入一项新的交易前后的 VaR值,比较这两个 VaR值: 如果 VaR降低了,则新交易是风险减少的;否则是风险增加的.计算每一项交易的增量 VaR,通过增量 VaR的比较达到挑选交易的目的.当机构拥有的证券组合十分庞大的时候,这种通过前后比较的方法计算起来非常缓慢,无法实现证券的实时交易. 金融工程师协会开发的 VaRdelta就是为了解决这种问题[4].其方法在于,首先将交易按照标准的分析方法映射为一系列现金流,计算 VaR及其梯度. VaR的梯度又称为 VaRdelta矢量,它的方向就是使 VaR增长最快的现金流的方向.可以看出 VaRdelta矢量与可选交易无关,只与当前的证券组合有关.若可选交易的现金流与 VaRdelta矢量之间的夹角小于 90°,则 VaR是增加的;若夹角大于 90°,则 VaR是减少的.通过引入 VaRdelta矢量,避免了在加入一项新交易时重新计算一遍 VaR.

以上分析方法的核心是对市场因子协方差矩阵进行估计.市场因子的数据有两种来源: 一个是当前交易的期权的市场价格,它反映了人们对市场的预期;另一个是市场因子的历史数据.由于无法得到组合证券中所有工具的期权价格,所以一般采用后一种方式,即根据观察到的市场因子的历史数据进行趋势外推,估计未来的市场因子的协方差矩阵.如上所示,趋势外推的方法可以是简单的移动平均和指数移动平均,也可以采用复杂的 GARCH模型.具体来说,分析方法的步骤如下:

(1) 识别基础的市场因子,将证券组合中的实际工具映射为一系列只受单一市场因子影响的标准头寸. 这个过程称为“风险映射”(risk mapping),是分析方法中关键的一环.

(2) 假设市场因子的变化服从的分布,估计分布的参数,如方差和相关系数.

(3) 使用市场因子的方差和相关系数计算相应标准头寸价值变化的方差和相关系数.标准头寸的方差由市场因子的方差和标准头寸对市场因子的敏感性决定,相关系数与市场因子之间的相关系数数值相等,但有时符号不同.

(4) 使用标准的统计方法根据标准头寸价值变化的方差和相关系数计 VaR.

事实上,分析方法的本质在于利用概率统计知识极大地简化了 VaR的计算.

3.4 Monte Carlo模拟法[2]

Monte Carlo模拟法与历史模拟法十分类似,

它们的区别在于前者利用统计方法估计历史上市场因子运动的参数然后模拟市场因子未来的变化情景,而后者则直接根据历史数据来模拟市场因子的未来变化情景.其具体步骤如下: 首先识别基础的市场因子,并用市场因子表示出证券组合中各个金融工具的盯市价值;假设市场因子的变化服从的分布(如多元正态分布),估计分布的参数(如协方差矩阵和相关系数);利用 Monte Carlo 方法模拟市场因子未来变化的情景,根据定价公式计算证券组合未来的盯市价值及未来的潜在损益;根据潜在损益的分布,在给定置信度下计算 VaR值.

采用 Monte Carlo模拟法计算 VaR时,存在两个重要缺陷: 其一是计算量大: 一般来说,复杂证券组合往往包括不同币种的各种债券、股票、远期和期权等多种证券,其基础市场因子包括多种币种不同、期限不同的利率、汇率,股指等,构成一个庞大的因子集合. 以 J. P. Morgan 的 RiskMetrics系统为例,VaR的计算最多可涉及包括美国在内的 15个国家,每个国家都有 10 – 14个不同期限的利率,再加上各国的股票指数、商品价格指数,使得市场因子成为一个庞大的集合.即使市场因子的数目比较少,对市场因子矢量的多元分布进行几千次甚至上万次的模拟也是非常困难的; (2) 其二 Monte Carlo模拟的维数高、静态性的缺陷.传统的蒙特卡洛模拟法由于采用抽样方法产生随机序列,均值和协方差矩阵不变,而经济问题中的变量都具有时变性,用静态的方法处理时变变量时必然会产生一定的偏差;而且传统蒙特卡洛方法难于从高维的概率分布函数中抽样. 针对这两种缺陷,近年来许多学者对传统的 Monte Carlo 方法进行了改进. (1) 针对 Monte Carlo方法计算效率低的缺陷, Jamshudian和 Zhu 提出了一种 scenario 模拟方法来改进传统的 Monte Carlo方法[11].传统的 Monte Carlo模拟方法根据市场因子的分布生成大量等概率的情景,而 scenario 模拟则采用多项分布将市场因子服从的多元正态分布离散化,生成有限数目的具有不同概率的情景,从而极大地简化了计算,这一方法目前已应用于 Sakura全球资本公司(SGC)的风险模拟系统 Sakura Prime 中; (2) 针对 Monte Carlo方法静态性的缺陷,王春峰等人提出了一种 Markov Chain Monte Carlo模拟(MCMC)方法①,该方法将随机过程中的马尔科夫过程引入到蒙特卡洛模拟中,利用 Gibbs抽样方法来构造转移核,通过建立一个马尔科夫链,实现动态模拟(即抽样分布随模拟的进行而改变),实证结果表明 MCMC方法提高了估算精度.

由于 Monte Carlo方法能较好地处理非线性问题,且估算精度好,特别是随着计算机软硬件技术的飞速发展,该方法越来越成为计算 VaR的主流方法.

表 1 VaR计算方法的比较

	历史模拟法	分析方法	Monte Carlo模拟法
数据收集的状况	困难	容易	容易
方法实现的难易程度	较容易	容易	困难
计算的速度	快速	快速	除非证券组合包含的工具相当少,否则较慢
向高层管理者解释的难易程度	容易	较容易	困难
市场不稳定	结果将产生偏差	除非使用其他的标准差和相关系数,否则结果将产生偏差	除非使用其他的分布参数,否则结果将产生偏差
检验其他假设的能力	无	可以检验其他的标准差和相关系数的假设,不能检验其他分布的假设	都可以检验

3. 5 不同计算方法的评价

既然计算 VaR有如此多种不同的方法,具体应用时应该选择哪一种方法来计算呢? 这要根据证券组合中是否包含大量的期权或隐含期权的金融工具、数据收集的状况、方法实现的难易程度、计算的速度、向高层管理者解释的难易程度、市场的稳定性和检验其他假设的能力等条件来决定.若证券组合中只包含少量的期权时,市场因子的

① 王春峰等,金融市场风险测量的 MCMC-VaR模型,天津大学金融工程研究中心研究报告(将在《管理科学学报》发表)

变化与证券价值的变化的关系是近似线性的,分析方法中的 delta法是最佳的选择,因为它不需要定价模型,而且有商业化的软件,如 RiskMetrics软件包等;而如果证券组合包含了大量的期权或隐含期权的金融工具时,则应采用修正的分析方法、历史模拟法或 Monte Carlo模拟法.修正的分析方法是在 delta方法的基础上,充分考虑期权的非线性风险,使用 gamma、vega、theta、rho等来修正线性的 delta方法.这三种方法的比较如表 1所示.

4 VaR应用时的几个问题

VaR是一种测量市场风险的新型技术,关于如何正确使用和计算 VaR存在着许多争议,主要存在以下几方面:

4.1 非线性问题的处理

由于期权在证券组合中占有越来越大的比重,所以证券组合的收益呈现出越来越明显的非线性.理论上可以使用模拟(历史模拟或 Monte Carlo模拟)方法或线性化方法,但模拟方法计算十分复杂,而期权的非线性又不满足 delta方法的条件,这时需考虑对 delta方法进行修正.

期权价值可以看作是一些基础因素的非线性函数,即 $P = P(R, \sigma, K, \tau, r)$,其中 P 为期权价值,R 为标的资产的价值,σ 为标的资产收益的标准差,K 为期权的执行价格,τ 为到期期限,r 为无风险利率.设 S 为标的资产的现价,P_0 为期权的现价,由泰勒展开式得

$$\mathrm{d}P \approx \frac{\partial P}{\partial R}\Big|_{P_0}\mathrm{d}S + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 P}{\partial R^2}\Big|_{P_0}(\mathrm{d}S)^2 + \frac{\partial P}{\partial \sigma}\Big|_{P_0}\mathrm{d}\sigma + \frac{\partial P}{\partial \tau}\Big|_{P_0}\mathrm{d}\tau + \frac{\partial P}{\partial r}\Big|_{P_0}\mathrm{d}r$$

$$\mathrm{d}p \approx \Delta \cdot \mathrm{d}S + \frac{1}{2}\Gamma \cdot (\mathrm{d}S)^2 + \Lambda \cdot \mathrm{d}\sigma + \Theta \cdot \mathrm{d}\tau + P \cdot \mathrm{d}r$$

其中 Δ 为期权的 delta测度,即期权的价值变化对其标的资产价值变化的比率;

Γ 为 gamma测度,即期权的 delta变化相对于标的资产价值变化的比率;

Λ 为 vega测度,即期权的价值变化与标的资产波动率变化的比率;

Θ 为 theta测度,即期权的价值变化相对于时间变化的比率,又称作时间损耗;

P 为 rho测度,即期权的价值变化与利率变化之间的比率.

第一部分的近似也就是前面所提到的线性分析方法—— delta法,gamma与 theta在上文也有所涉及.考虑 gamma、theta、vega和 rho,引入非线性,将使期权的估价更加准确.

4.2 “肥尾”问题

一般来说,人们都假设组合证券的收益服从正态分布.但是,通过对实际数据的检验发现,许多金融变量的概率密度函数图形的尾部都要厚过正态分布的尾部.也就是说,在现实中,较极端的情况(如巨额盈利或亏损)发生的概率要高于标准正态分布所表明的概率,而这些极端情况的发生可能会带来致命的风险从而导致公司破产.因此人们用压力实验①来作为 VaR方法的补充.此外,人们还用其他的分布(如 t 分布、正态分布的混合形式)和模型(如 GARCH模型)来替代正态分布.由于 t 分布的尾部要比标准正态的尾部肥大,从而能更准确地描述金融变量的分布.t 分布尾部的大小由自由度 n 决定,当 n 较小时,其尾部较肥大,当 $n \to \infty$ 时,t 分布的概率密度函数近似于标准正态分布的概率密度函数,二者的尾部也就相互重合.

4.3 持有期的长度和置信水平

在 VaR的定义中有两个定量因素,即持有期的长度和置信水平.这两个因素的不同设置会导致 VaR值的不同,具体设置需考虑资产的交易性、管理者的风险偏好、公司的资本状况、风险文化等因素.例如,J. P. Morgan公司在 95% 的置信水平下分别计算 1个和 25个交易日的 VaR值;而巴塞尔委员会最新的提议是,在 99% 的置信度下计算 10个交易日的 VaR值.他们假定管理者发现问题并迅速采取补救措施需要 10天的时间,同时 99% 的置信水平反映了管理者维持健全的金融系统的愿望和抵消设置风险资本对银行利润不利影响之间的均衡.

置信水平的选择反映了公司的风险厌恶程度和损失超过 VaR值所支付的成本,以及监管机构对市场正常波动的定义.

① 压力实验也就是各种极端情景下的压力模拟.

流动性不同的金融工具应设置不同的持有期长度,如频繁交易证券组合的金融公司选择的持有期为一天,而机构投资者和非金融公司使用的持有期较长.当持有期 T 较长时,可以使用两种方法进行计算: 一是根据一天持有期的 VaR值进行推算,二是直接根据 T 天的资产收益计算 T 天持有期的 VaR值.选择哪一种方法进行计算是由资产收益的自相关性及非线性的程度来决定的.前一种方法通过将一天的风险测度乘以时间长度的平方根来实现较长持有期的风险测量.

$$VAR_T = \sqrt{T} \circ VAR_{\text{daily}}$$

这种外推的方法适用于远期和互换等线性产品,但不适用于期权这种非线性产品,这时应使用第 2种方法进行计算.

4. 4 金融资产和金融市场的相关性程度

VaR可以计算由多种金融工具组成的证券组合的风险.由单一证券风险的分别测定到整个证券组合风险的集成测定需要首先求出各种证券之间的相关系数.相关系数的不同界定标准会导致不同的 VaR值.计算集成风险的传统方法是进行简单加总,国际清算银行巴塞尔委员会 (BIS)采用的就是这种方法[12].他们认为只有在同种金融资产内部的不同品种之间存在着收益相关,不同金融资产的收益不相关.显然,按照 BIS的标准计算出的 VaR将高估实际存在的风险.

而大多数 VaR模型都认为不同种类的金融资产之间存在着收益相关,并且利用这种相关性来达到风险分散的目的,如 J. P. Morgan公司的 RiskMetrics系统.

4. 5 未来的可预测性和信息依赖性

一些学者指出,测量市场风险的 VaR模型存在两个明显的缺点,其一是 VaR的基础问题—— VaR事实上假定用金融市场过去的波动模式可以预测未来的波动性模式,这一假定对于缓慢波动的市场是成立的,而对于极度波动性市场这种假定往往是错误的;第二个缺点是信息输入问题—— VaR的测量结果直接与输入的市场数据相关,不同的输入会导致相当大的差异,如在历史数据输入时,如果包含了某些特殊数据 (类似 1987年的股市崩溃),则会严重地高估 VaR值.

目前许多学者正在探索克服这些缺点的途径,例如引入更为精确的波动性预测技术,在计算 VaR时首先剔除异常数据,然后引入压力实验 (Stress test)来补偿 VaR[13].

5 结束语

作为风险分析总体框架的三个组成部分——敏感性分析、VaR和压力实验中最重要的一环, VaR测量了正常市场条件下证券组合的市场风险[12].此外, VaR还可用于由于市场价值变化而引起的信用风险的测量 (作者将另文介绍).

参 考 文 献:

[1] Freeman A. A survey of international banking[M]. The Economist, 1993, 1~ 37

[2] Morgan Guaranty Trust. RiskMetrics - Technical Document[M]. 3rd ed. New York Morgan Guaranty Trust, 1995

[3] Smithson C, Minton L. Value at Risk[J]. Risk, Jan. 1996, 9 (1): 25~ 27

[4] Garman M B. Making VaR proactive[R]. Research report, FEA, 1996

[5] Garbade K. Assessing risk and capital adequacy for treasury securities[R]. Topics in Money and Securities Markets. Bankers Trust, 1986

[6] Hsieh D. Implications of nonlinear dynamics for financial risk management[J]. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 1993, 28 (1): 41~ 64

[7] Engle R. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation [J]. Journal of Finance, 1982, 50 (3): 821~ 851

(下转第 85页)

[5] Orszage J M, Yang H. Portfolio choice with Knightian uncertainty [J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 1995, 19(4): 873~900
[6] Lin W, Byrnes C I. H_∞-control of discrete-time nonlinear systems [J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 1996, 41(4): 494~510

(上接第 66页)

参 考 文 献:

[1] 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域—— 开放的复杂巨系统及其方法论 [J]. 自然杂志, 1990, 13(1): 3~104
[2] 钱学森. 哲学研究 [J]. 1989, 10(3):
[3] 顾培亮. 系统分析与协调 [M]. 天津: 天津大学出版社, 1998
[4] 周广声等. 信息系统工程原理、方法及应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1998
[5] 钱学森等. 论系统工程 [M]. 湖南科学出版社, 1983
[6] (美) Mitchell Waldrop著,陈玲译. 复杂—— 诞生于秩序与混沌边缘的科学 [M]. 北京: 三联书店, 1997
[7] Shenhar A J, Zeev Bonen. The new taxonomy of systems: toward an adaptive systems engineering framework [J]. IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics. 1997, 27(2): 137~145
[8] 车宏安等. 软科学方法论研究 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1995
[9] 邹生等. 管理信息大系统分析与设计的一个新方法 [J]. 系统工程学报, 1997, 12(4): 39~46
[10] Ahituv N, Neumann S. A flexible approach to information system development [M]. MIS Quart., 1984, 69~78
[11] Shenhar A J. On system properties and systemhood. Int. J. General Syst., 1991, 18(2): 167~174
[12] Manne S J, Collins l. Reconstructuring an aging infrastructure [J]. Project Manage. J., Apr. 9~24, 1990

(上接第 75页)

[8] Black F. Studies of stock market volatility changes [C]. 1976 Proceedings of the American Statistical Association, Business and Economics Section, 1976, 177~181
[9] Wilson T. Plugging the GAP [J]. Risk, 1994, 7(10): 74~80
[10] Fallon W. Calculating Value-at-Risk [R]. Working paper. The Wharton Financial Institutions Center. University of Pennsylvania, 1996, 96~49
[11] Jamshudian F, Yu Zhu, Scenario simulation model for risk management [J]. Financial Products, 1996, 50: 17~21
[12] Basle Committee on Bank Supervision. Bank for International Settlement: Planned supplement to the capital according to incorporate market risks [R]. Basle, 1995
[13] 王春峰,万海晖,张 维. 金融市场风险测量的总体框架 [J]. 国际金融研究, 1998, 9: 8~12