复杂金融产品绩效评估体系*

黄国平　殷剑峰　王增武　王　静

〔摘　要〕将复杂金融产品看成是关于其标的资产的或有要求权进行定价和收益分析,在此基础上从风险、收益和绩效三个方面对复杂金融产品进行评估,并在方法和过程上采用数字化模拟技术实现。选择 2006 年度我国银行理财市场具有典型结构且能够利用公开信息进行评估的理财产品作为实证分析事例,评估结果表明国内市场理财产品基本符合风险收益平衡原则。

关键词:复杂金融产品　或有权　风险　收益

JEL 分类号:G12　G13

一、引言

复杂金融产品与股票、债券等普通产品的本质区别在于其衍生性。从结构相对简单的期权、期货、远期等基本衍生工具到结构复杂的诸如资产支持证券(Asset Backed Securities,ABS),抵押贷款支持证券(Mortgage Backed Securities,MBS),抵押债务证券(Collateralized Debt Obligation,CDO)等资产证券化产品都可以称之为复杂金融产品。金融产品复杂性的结构化设计,从发行人的角度,主要是为了满足流动性要求,转移和对冲自身不愿承担的过多风险。另外,实现监管套利的好处也是某些复杂金融产品设计和发行的主要原因。从投资者的角度,相较于传统金融工具而言,复杂金融产品不仅更易满足投资者个性化和多样化的投资需求,而且还能够使得普通投资者分享通过传统方式不能参与的诸如贷款市场,大宗商品交易市场等投资收益。

近年来, 国内各种复杂金融产品不断以金融机构提供理财服务的形式走向广大普通投资者。截至 2008 年底,我国商业银行以理财服务形式所发行的复杂金融产品累计超过 7000 只。由于结构上复杂性和高杠杆性,投资者在分享复杂金融产品高收益和个性化服务过程中往往忽视或低估其所蕴涵的高风险性。一定意义上讲,当前由美国“次贷危机”所引发的全球范围内的金融危机正是因为复杂金融产品定价失误和风险揭示不足造成的。我国银行理财市场 2008 年初发生的所谓“收益门”事件①也说明,站在投资者角度,仅仅对复杂金融产品进行定价是不够的,还需要从平衡风险和收益的角度对复杂金融产品的投资绩效进行科学和合理评估。

平衡风险与收益的金融产品分析与度量可追朔到 20 世纪 60 年代夏普(Sharpe,1966),特雷诺(Trenyor,1965),詹森(Jensen,1968)等人研究。其中,在理论和应用上最广泛的绩效指标是 1966 年夏普(William F.Sharpe)提出所谓的夏普比(Sharpe Ratio),即单位风险的超额收益率。针对传统夏普比中以投资收益率的标准差度量风险的不足和缺陷,Murithi,Choi & Desai(1997),Dowd(2000),Cambell,Huisman & Koedijk(2001)等人提出各种方法,以改进和提高。Cambell,Huisman & Koedijk(2001)提出的基于风险价值(Value at Risk,VaR)的夏普比,因其概念清晰,计算方便在

*　黄国平,中国社会科学院金融研究所副研究员,经济学博士;殷剑峰,中国社会科学院金融研究所副研究员,经济学博士;王增武,中国社会科学院金融研究所助理研究员,理学博士;王　静,中国社会科学院数量经济技术经济研究所副研究员,经济学博士。

①　所谓“收益门”事件,是指 2008 年初相继发生的多家银行发行的多款理财产品实际到期收益率为零或负的事件。

理论和业界上获得广泛认同,不仅应用于投资绩效的评估,而且还用于组合资产的优化配置。

随着中国金融市场的发展,我国学者李仲飞、汪寿阳、邓小铁(Zhongfei Li,Shouyang Wang and Xiaotie Deng,2000),王聪(2001),李凌波、吴启芳、汪寿阳(2004),徐丽梅、吴光伟(2007)、谢佳利、杨善朝、梁鑫(2008),余升翔、马超群(2008)等对金融风险和投资绩效研究在理论、方法和应用上也取得了积极成果,但是大部分研究对象主要是针对股票、基金等普通产品。肖辉、鲍建平、吴冲锋(2006),华仁海、卢斌、刘庆富(2008),程刚、张珣、汪寿阳(2009)等人对国内相关复杂金融产品的研究主要集中于定价或价格发现方面,至于复杂金融产品的投资绩效方面的研究,则相对较少。

本文在对复杂金融产品合理定价的基础上,从平衡风险与收益的角度,构建复杂金融产品绩效分析框架和评估流程,并且根据复杂金融产品的支付结构、边界条件,以及标的资产的价值和收益过程,采用数字化的模拟评估分析方法对其风险、收益和绩效进行度量和评估。

文章总体结构安排如下:第二部分为复杂金融产品定价。在给出复杂金融产品一般定价公式的基础上,对典型结构进行比较分析。第三部分为复杂金融产品的绩效分析。在对复杂金融产品收益过程做出定义的基础上,给出能够进行数字化仿真的收益率公式。根据收益指标的分布特征,推导 VAR 和 CAVR 解析式, 给出 VAR 和 CVAR 数字化仿真表达式。第四部分为实证分析。选择 2006 年度我国银行理财市场具有典型结构且能够利用公开信息进行评估的理财产品作为实证分析事例,采用数字化的模拟仿真方法,在对复杂金融产品进行定价的基础上,从收益、风险和绩效三个方面进行评估。第五部分为总结。

二、复杂金融产品定价

复杂金融产品,形式上可能各不相同,所连接的标的(资产)也各具形态,但在结构上可以看作是(或包含有)更具一般形式的或有要求权(Contingent Claim)产品,其本质差别仅在于支付函数和边界条件的不同,因此,在理论和方法上,可以构建一个统一的一般化的框架和体系进行定价和分析。关于复杂金融产品的分析和定价可追索至 Black & Scholes(1973)及 Merton(1974)所发展的期权定价理论。法国学者 Pardoux 与我国学者彭实戈(Pardoux E,Peng S,1990)所引入的倒向随机微分方程为解决衍生工具的一般定价问题在数学上奠定了理论基础。复杂金融产品定价分析过程在数学上可表示为在给定的边界条件下,求解所谓的偏微方程概率解(Probabilistic solution)的柯西问题(Cauchy Problem)(Duffie,2001)。

在风险中性概率测度(Risk-Neutral Measure)Q 下,假设连接于复杂金融产品的基础资产价格在满足初始条件 $X_t=x$ 下,遵循如下的 ITO 过程:

$$dX_t=\mu(X_t,u)du+\sigma(X_t,u)dB_t^Q \tag{1}$$

相应的,在现实概率测度(Physical Measure)下,X 遵循的 ITO 过程为:

$$dX_t=\rho(X_t,u)du+\sigma(X_t,u)dB_t \tag{1a}$$

其中:$t\in[0,T]$,$X:R^N\times[0,T]\to R^N$,$\mu:R^N\times[0,T]\to R^N$,$\rho:R^N\times[0,T]\to R^N$,$\sigma:R^N\times[0,T]\to R^{N\times D}$,$B^Q$ 为风险中性测度下的布朗运动,B 为现实概率测度测度下的布朗运动。

定义函数:$$F(x,t)=E^Q_{x,t}\left(\int_t^T\varphi_{t,s}H(X_s,s)ds+\varphi_{t,T}G(X_T)\right) \tag{2}$$

其中:$E^Q_{x,t}(\cdot)$表示在风险中性概率测度下,在 t 时刻满足初始条件 $X_t=x$ 的期望,H 表示复杂金融产品的支付过程,$G(X_T)$为复杂金融产品在到期日 T 时的终端支付(终端条件);r 为无风险短利率(Short Rate)过程,$\varphi_{t,s}=\exp\left(-\int_t^s r(X_u,u)du\right)$为贴现函数。

定理 1:设 r,G,H,μ,σ 以及 F 是连续的,且 F 关于 t,x 分别可微和二阶可微的,则 $F(x,t)$为满

足支付过程为 H,终端条件为 G 的复杂金融产品在 t 时刻初始条件 $X_t=x$ 下的价值,并且 $F(x,t)$ 也是式(3)和式(4)所决定的偏微分方程的概率解(Probabilistic Solution)。

$$\zeta F(x,t)-r(x,t)F(x,t)+H(x,t)=0 \qquad (x,t)\in R^N\times[0,T] \tag{3}$$

$$F(x,T)=G(x) \qquad x\in R^N \tag{4}$$

其中:$\zeta F(x,t)=F_t(x,t)+F_x(x,t)\mu(x,t)+\frac{1}{2}\mathrm{tr}[\sigma(x,t)\sigma(x,t)^T F_{xx}(x,t)]$,$F_t(x,t)$ 为关于 t 的偏导,$F_x(x,t)$ 为关于 x 的一阶偏导,$F_{xx}(x,t)$ 为关于 x 的二阶偏导,$\mathrm{tr}[\cdot]$ 为矩阵的迹。

定理 1 证明,参见附录 1。

式(2)和式(3)分别为复杂金融产品一般化定价公式及对应的偏微分方程。目前,金融市场上出现的各类复杂金融产品的典型结构,都可以说是其中的某一特例(参见表 1)。称 $r(x,t)F(x,t)$ 为复杂金融产品在 t 时刻的时间价值,$\zeta F(x,t)$ 为复杂金融产品在 t 时刻的价值增值,则方程(3)所蕴含的经济含义可表述为:金融产品在任意 t 时刻的时间价值等于其在该时刻的价值增值与支付之和。

表 1　复杂金融产品主要类型及其典型结构

名称	支付条件	边界条件	备注
远期协议 (Forward Agreement)	$H(X_s,s)=0, t\leqslant s\leqslant T$	$G(X_T)=(X_T-C)$	$X\in R$,C 为协议一方在到期日给另一方的固定支付额
期货 (Future)	$H(X_{s+ds},s+ds)=E^Q_{s+ds}(X_T)-E^Q_s(X_T), t\leqslant s\leqslant T$	$G(X_T)=X_T$	$X\in R$,C 表示在风险中性概率测度下 t 时刻的条件期望值
欧式买入期权 (European Call Option)	$H(X_s,s)=0 \quad 0\leqslant s\leqslant T$	$G(X_T)=(X_T-C)^+$	$X\in R$,C 为常数执行价格 $(z)^+=\max\{z,0\}$(以下同)
欧式买出期权 (European Put Option)	$H(X_s,s)=0 \quad 0\leqslant s\leqslant T$	$G(X_T)=(C-X_T)^+$	$X\in R$,C 为常数执行价格
美式买入期权 (American Call Option)	$H(X_s,s)=0 \quad 0\leqslant s\leqslant \tau$	$G(X_\tau)=(X_\tau-C)^+$	$X\in R$,C 为常数执行价格,$\tau\in(0,T]$ 为使得期权价值最大的停时(stopping time)
美式买出期权 (American Put Option)	$H(X_s,s)=0 \quad 0\leqslant s\leqslant \tau$	$G(X_\tau)=(C-X_\tau)^+$	$X\in R$,C 为常数执行价格,$\tau\in(0,T]$ 为使得期权价值最大的停时(stopping time)
回望期权 (Look back Option)	$H(X_s,s)=0 \quad 0\leqslant s\leqslant T$	$G(X_T)=(\max X_s-X_T)^+$	$X\in R$
亚洲期权 (Asian Option)	$H(X_s,s)=0 \quad 0\leqslant s\leqslant T$	$G(X_T)=\left(\frac{1}{T}\int_0^T X_s ds-C\right)^+$	$X\in R$
百慕大卖入期权 (Bermudan Call Option)	$H(X_s,s)=0 \quad 0\leqslant s\leqslant \tau$	$G(X_\tau)=(X_\tau-C)^+$	$X\in R$,$\tau\in\{t_1,t_2,\cdots,t_k\cdots\}$ 为使得期权价值最大的停时(stopping time),t_k 为预先规定的期权交割日
百慕大卖出期权 (Bermudan Put Option)	$H(X_s,s)=0 \quad 0\leqslant s\leqslant \tau$	$G(X_\tau)=(C-X_\tau)^+$	$X\in R$,$\tau\in\{t_1,t_2,\cdots,t_k\cdots\}$ 为使得期权价值最大的停时(stopping time),t_k 为预先规定的期权交割日
结构金融产品 (Structured Product)	$H(X_s,s)$ 根据设计需要有不同形式	$G(X_T)$ 根据设计需要有不同形式	$X\in R^N$,X 可表示为由 N 类资产组成的资产池(Asset Pool)
投资组合 (Portfolio)	$H(X_s,s)$ 根据组合设计有不同形式	$G(X_T)$ 根据组合设计有不同形式	$X\in R^N$,X 可表示为由 N 类资产组成投资组合

三、复杂金融产品的绩效分析

求解出复杂金融产品 t 时刻价值 $F(x,t)$,我们就可以根据支付过程和边界条件求解复杂金融产品在 t 时刻的收益及其分布,然后在此基础上构筑复杂金融产品的绩效评价体系。

定义 1:设复杂金融产品在 t 时刻($t\in[0,T]$)价值 $F(x,t)$ 外生给定,则我们称由式(5)①所决定的随机变量 $I^{x,t}$ 所形成的过程 I 为复杂金融产品的收益过程。

$$F(x,t)=\int_t^T \exp(-I^{x,t}(u-t))H(X_u,u)du+\exp(-I^{x,t}(T-t))G(X_T) \tag{5}$$

利用泰勒公式对 $\psi_{t,u}=\exp(-I^{x,t}(u-t))$ 进行展开,忽略二阶及以上高阶项,则 $\psi_{t,u}$ 可近似写为:

$$\psi_{t,u}\approx(1-I^{x,t}(u-t)) \tag{6}$$

将式(6)代入式(5),进行整理移项,我们可得到关于 $I^{x,s}$ 的具体计算公式:

$$I^{x,t}=\frac{\int_t^T H(X_u,u)du+G(X_T)-F(x,t)}{\int_t^T (u-t)H(X_u,u)du+(T-t)G(X_T)} \tag{7}$$

评估和度量出复杂金融产品的收益指标及其分布,我们就可以分析和计算关于收益率的 VaR(Value at Risk)及 CVaR(Conditional Value at Risk)值,以此作为度量和评估复杂金融产品风险指标。然后,分析和计算衡量复杂金融产品绩效水平指标,即基于 VaR 和 CVaR(Conditional Value at Risk)的夏普比(Sharpe Ratio)。在 $I^{x,t}$ 概率密度已知的条件下,利用 Rockafellor & Uryasev(2000)研究结果,可以推导出 VaR(和 CVaR)指标的显性解。

定理 2 :设 p_t 为复杂金融产品在 t 时刻收益率 $I^{x,t}$ 的概率密度,同时令 $L(I^{x,t})=EI^{x,t}-I^{x,t}$($EI^{x,t}$ 为 $I^{x,t}$ 期望值)为关于收益的损失函数(Loss Function),且存在一阶矩,则置信度为 α(相应的分位数为 K_α),对应于该损失函数的 VaR 值为 $EI^{x,t}-K_\alpha$,并且相应的 CVaR 值为:

$$\Theta(\alpha,t)=EI^{x,t}-(1-\alpha)^{-1}\times\int_{-\infty}^{K_\alpha} I^{x,t}p_t(I^{x,t})dI^{x,t} \tag{8}$$

定理 2 证明,参见附录 2。

理论上,只要确定复杂金融产品收益的概率密度,我们就能够评估和计算复杂金融产品的收益和风险值。在收益分布密度未知的情况下,一种方式是根据式(7)产生关于收益的随机样本,采用诸如核估计(Kernal Estimate)或近邻密度估计(Nearest Neighbors Density Estimate)等方法进行密度估计,但是,从更实用的角度,本文倾向采用顺序统计量(Order Statistics)方法。

假设$\{I^{x,t}\}$是由式(7)所产生的关于复杂金融产品收益的随机样本,其从小到大的顺序统计量是 $I_1^{x,t},I_2^{x,t},\cdots,I_K^{x,t}$,则根据定理 2,在 α 的置信水平下的 VaR 的估计值可写为:

$$\tilde{\xi}(\alpha,t)=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}I_k^{x,t}-I_{\mathrm{int}[(1-\alpha)K]}^{x,t} \tag{9}$$

其中:int[g]为取整符号,表示取最邻近 g 的整数。相应的 CVaR 估计值为:

$$\tilde{\Theta}(\alpha,t)=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}I_k^{x,t}-\frac{1}{\mathrm{int}[(1-\alpha)K]}\sum_{j=1}^{\mathrm{int}[(1-\alpha)K]}I_j^{x,t} \tag{10}$$

同时,考虑到 $EI^{x,t}$ 的估计值$\tilde{E}I^{x,t}$ 可写为:$\tilde{E}I^{x,t}=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}I_k^{x,t}$ (11)

则基于 VaR 和 CVaR 的绩效评价指标夏普比(Sharpe Ratio)估计值$\tilde{S}_V(\alpha,t)$及$\tilde{S}_C(\alpha,t)$可写为:

① 公式(5)中基础资产 X 所遵循的价格过程为现实概率测度下的 ITO 过程。

$$\widetilde{S}_V(\alpha,t)=\frac{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}I_k^{x,t}-R_f(t)}{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}I_k^{x,t}-I_{\mathrm{int}[(1-\alpha)K]}^{x,t}} \tag{12}$$

$$\widetilde{S}_C(\alpha,t)=\frac{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}I_k^{x,t}-R_f(t)}{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}I_k^{x,t}-\frac{1}{\mathrm{int}[(1-\alpha)K]}\sum_{j=1}^{\mathrm{int}[(1-\alpha)K]}I_j^{x,t}} \tag{13}$$

其中：$R_f(t)$为 t 时刻相应期限的无风险基准利率。利用式(9)、(10)、(11)、(12)及(13)，我们就可以对金融理财产品的风险、收益以及平衡风险与收益的绩效水平进行数字化的评估和分析。一般情况下，在基础资产的分布确定情况下，只要收益是关于基础资产的连续函数，这时收益是依分布收敛的，则根据以上各式对 VaR，CVaR，期望收益，及基于 VaR 与 CVaR 的夏普比(Sharpe Ratio)所作估计值是无偏和收敛的。

四、实证分析

选择 2006 年度我国银行理财市场主要银行发行的 27 只具有典型结构且能够利用公开信息进行评估的理财产品作为实证分析事例(参见表 2)①，采用数字化的模拟仿真方法，在对复杂金融产品进行定价的基础上，从收益、风险和绩效三个方面进行评估。

本文所使用的原始数据主要来源于以下几个方面：其一，理财产品的产品发行和收益结构方面的数据主要来自于第一理财网（http://www.amoney.com.cn）和中国金融产品网(http://www.jrcp.com.cn)；其二，有关汇率、利率、股票等金融市场资产和指数数据来源于万得资讯(Wind 资讯)数据库和彭博资讯(http://www.bloomberg.com)；其三，宏观经济和金融数据来源于中国经济信息网统计数据库(http://db.cei.gov.cn/)。

评估和分析的具体过程可概括如下：

1. 根据历史数据，进行参数估计和系统辨识；

2. 对复杂金融产品的支付函数和边界条件进行程序化实现；

3. 对方程(2)与方程(7)所描述的价值和收益过程利用 Monte Carlo 仿真技术，进行数字化实现；

4. 考虑发行人的信用风险，对方程(7)所计算出的复杂金融产品的收益率进行调整。采用简化式模型(Reduced Model, RM)，假定违约过程遵循强度为 λ 泊松过程，且一旦违约，回收率为 0。于是，可利用黄国平等(2007)分析对收益率进行调整，调整后的收益率 $I_A^{x,t}$ 可写为：

$$I_A^{x,t}=I^{x,t}(1-\lambda) \tag{14}$$

违约强度 λ 的具体取值分为两档，其一是中、农、工、建、交等国有控股银行及荷兰银行、汇丰等大型国际性银行，我们取违约强度 为 0.5%，其他银行一律取违约强度 λ 为 1%。

针对当前国内利率市场化水平现状，从投资者的角度，用相应期限的存款利率作为无风险利率基准，将每种产品的期望到期收益率与同期限的存款利率之间的差值作为单个产品超额收益率。由于目前的国内的存款利率与通常作为无风险基准利率的同业拆借利率(如 Libor 与 Shibor)或国债利率相比，明显偏低。因此，本文以存款利率为基准的超额收益率相较于通常水平亦偏高，致使我们测算和评估理财产品的投资绩效水平亦偏大。但是，考虑到目前国内普通投资者进入同业拆借市场和国债市场存在的壁垒和门槛，从投资者的角度，选择存款利率作为无风险参考利率

① 表 2 中标的资产为无的产品为普通型储蓄类产品。

表 2　2006 年度国内银行理财市场典型产品及类型

序号	发行银行	产品名称	币种	标的资产类型	起息日	到期日	委托期限(月)
1	上海银行	慧财产品	人民币	无	2006-6-27	2006-12-27	6
2	中国工商银行	稳得利理财债券型产品	人民币	无	2007-2-5	2008-2-5	12
3	中国建设银行	利得盈人民币理财产品	人民币	无	2006-6-10	2006-12-11	6
4	北京银行	心喜信用挂钩型产品	人民币	信用	2006-6-16	2006-6-16	12
5	中国光大银行	阳光理财“A 计划”产品	美元	无	2006-1-26	2007-1-26	12
6	广发银行	丰收外汇理财产品	美元	无	2006-3-5	2007-12-5	21
7	平安银行	平安储蓄协议存款产品	美元	无	2006-8-1	2007-9-1	13
8	浦发银行	汇理财外汇理财产品	美元	无	2006-7-12	2007-1-12	6
9	招商银行	金葵花稳健收益型产品	美元	无	2006-9-27	2007-3-27	6
10	中信银行	理财宝产品	美元	无	2006-9-18	2007-9-18	12
11	荷兰银行	挂钩结构性存款产品	美元	股票	2006-5-16	2009-5-16	36
12	恒生银行	保本可自动赎回投资产品	美元	股票	2006-9-15	2008-3-15	18
13	花旗银行	挂钩美日欧三股指产品	美元	股票	2006-11-1	2008-11-1	24
14	汇丰银行	股票挂钩保本投资产品	美元	股票	2006-4-24	2007-10-24	18
15	渣打银行	新能源与环保概念股产品	美元	股票	2006-6-30	2008-6-30	24
16	兴业银行	奥运分享机会产品	美元	股票	2006-7-14	2006-8-14	24
17	交通银行	挂钩中国能源系列产品	美元	股票	2006-6-13	2007-6-13	12
18	中国银行	汇聚宝新华富时中国 25 指数挂钩型产品	美元	股票	2006-1-26	2007-4-26	15
19	中国工商银行	深港联动股票挂钩型产品	港元	股票	2006-7-21	2008-7-21	24
20	东亚银行	按日计息挂钩保本型产品	美元	黄金	2006-3-10	2007-3-9	12
21	深圳发展	聚汇宝黄金挂钩型产品	美元	黄金	2006-6-22	2007-12-22	18
22	中国农业银行	汇利丰黄金挂钩型产品	美元	黄金	2006-4-13	2007-4-13	12
23	中国银行	汇聚宝挂钩黄金产品	美元	黄金	2006-6-14	2006-12-14	6
24	花旗银行	欧元兑美元每日区间累计收益结构性投资账户产品	美元	汇率	2007-1-9	2007-5-9	4
25	中国银行	汇聚宝汇率挂钩型产品	美元	汇率	2006-7-19	2007-1-19	6
26	民生银行	民生·财富外汇理财产品	美元	利率	2006-4-20	2007-4-20	12
27	厦门国际	利率区间型产品	美元	利率	2006-11-29	2007-5-29	6

水平,更符合现实。具体结果参见表 3。

根据我们的分类评估结果,当前,我国银行理财产品发展总体状况如下:其一,我国银行理财市场上所发行的各类形式的理财产品基本符合风险与收益现平衡的原则。普通储蓄型产品风险较小,收益也最低,股票连接型产品的风险最大,收益亦最高。其二,比较发行规模与种类占主导地位的人民币和美元这两大类产品,总体而言,美元产品的投资绩效优于人民币产品。目前,国内市场的外币类产品定价和设计很多是源自外资金融机构,这在一定程度上说明中资金融机构在产品设计和开发能力方面与外资机构还存在差距。

五、结束语

复杂金融产品评估体系在分析范式上将产品看作是关于其连接标的或有要求权(Contingent Claim)。在研究方法和过程设计上,根据产品的风险和收益结构,从风险、收益和绩效三个方面进

表 3　2006 年度国内银行理财市场典型产品评估结果

序号	基准利率	期望收益率	超额收益率	99%VaR	99%CVaR	基于 VaR 夏普比	基于 CVaR 夏普比
1	0.02070	0.02403	0.00333	0.00021	0.00022	16.15432	14.68575
2	0.02520	0.02535	0.00015	0.00013	0.00014	1.14559	1.04887
3	0.02070	0.02146	0.00076	0.00005	0.00005	14.25997	14.17754
4	0.01350	0.02396	0.01046	0.00024	0.00027	43.43771	39.34031
5	0.03000	0.04270	0.01270	0.00042	0.00046	30.16650	27.70204
6	0.03188	0.04500	0.01320	0.00052	0.00059	25.16270	22.54406
7	0.03020	0.04523	0.01503	0.00041	0.00045	36.81831	33.39682
8	0.02875	0.04926	0.02051	0.00063	0.00070	32.35229	29.41539
9	0.02875	0.05089	0.02214	0.00068	0.00075	32.70943	29.61650
10	0.03000	0.05053	0.02053	0.00068	0.00075	30.28388	27.53080
11	0.03500	0.07282	0.03782	0.01710	0.01871	2.21146	2.02117
12	0.03125	0.09920	0.06795	0.00226	0.00244	30.11403	27.82477
13	0.03250	0.23378	0.20128	0.01027	0.01129	19.60055	17.82815
14	0.03125	0.15958	0.12833	0.00920	0.01013	13.94710	12.67417
15	0.03250	0.05131	0.01881	0.00037	0.00041	50.69911	46.08999
16	0.03250	0.13824	0.10574	0.00740	0.00817	14.28911	12.94240
17	0.03000	0.07970	0.04970	0.00100	0.00150	48.15430	33.13333
18	0.03063	0.02053	–0.01010	0.00071	0.00079	–14.18410	–12.73853
19	0.02750	0.07984	0.05234	0.00054	0.00061	97.61256	85.82827
20	0.03000	0.07970	0.04970	0.00100	0.00113	48.15430	43.98230
21	0.03125	0.05440	0.02315	0.00431	0.00470	5.37767	4.93044
22	0.03000	0.06030	0.03030	0.00100	0.00110	29.54020	27.54545
23	0.02875	0.04230	0.01355	0.00055	0.00060	24.63876	22.39888
24	0.02790	0.02216	–0.00574	0.00017	0.00019	–34.07399	–30.32207
25	0.02875	0.04400	0.01525	0.00107	0.00117	14.31831	13.01665
26	0.03000	0.04830	0.01830	0.00071	0.00078	25.69860	23.31299
27	0.03000	0.05088	0.02088	0.00073	0.00080	28.55985	25.95705

行评价，以数字化模拟仿真技术实现。利用 2006 年度在国内市场公开发行的银行理财产品作为实证分析实例，评估结果表明国内市场理财产品基本符合风险收益平衡原则，但是，中资金融机构在产品设计和开发能力方面与外资机构还存在差距。本文所提出的评估方法不仅适用于单个产品，而且也适用于组合层次上评估。当连接的基础资产代表单个的股票、债券等普通金融产品，则评价对象是期货、期权、远期等基本衍生工具。当标的资产是某一特定的资产池（Assets Pool）或组合投资，则我们的评估对象是组合层次上评估。当前，我们在实证上只做了关于初始起息日至到期日的收益、风险及绩效方面的分析，没有进行持有期内关于时间的动态分析，我们在今后的研究中进一步的完善和发展。

参考文献

程刚，张珣，汪寿阳（2009）：《原油期货价格对现货价格的预测准确性分析》，《系统工程理论与实践》，第 8 期。

华仁海，卢斌，刘庆富（2008）：《中国期铜市场的国际定价功能研究》，《数量经济与技术经济研究》，第 8 期。

黄国平，吉昱华，伍旭川（2007）：《存贷款利差定价分析》，《经济理论与经济管理》，第 10 期。

李凌波，吴启芳，汪寿阳（2004）：《周内效应和月度效应：中国证券投资基金市场的实证研究》，《管理学报》，第 1 期。

王聪(2001):《证券投资基金绩效评估模型分析》,《经济研究》,第9期。

肖辉,鲍建平,吴冲锋(2006):《股指与股指期货价格发现过程研究》,《系统工程学报》,第4期。

谢佳利,杨善朝,梁鑫(2008):《VaR 样本分位数估计的偏差改进》,《数量经济与技术经济研究》,第12期。

徐丽梅,吴光伟(2007):《引入流动性的证券投资组合模型构建与实证研究》,《系统工程理论与实践》,第6期。

余升翔,马超群(2008):《面向动态风险评价及投资决策的 IRRV 模型》,《中国管理科学》,第6期。

Black, F and M. Scholes (1973): "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *Journal of Political Economy*, 81, 637-654.

Cambell, R., R. Huisman and K. Koedijk (2001): "Optimal Portfolio Selection in a Value-at-Risk Framework", *Journal of Banking and Finance*, 25, 1789-1804.

Dowd, K. (2000): "Adjusting for Risk: An Improved Sharpe Ratio", *International Review of Economics and Finance*, 9, 209-222.

Duffie, D. (2001): *Dynamic Asset Pricing Theory*, New Jersey: Princeton University Press.

Jensen, M. (1968): "The Performance of Mutual Funds in the Period 1945-1964", *Journal of Finance*, 23, 389-416.

Li, Z., S. Wang and X. Deng (2000): "A Linear Programming Algorithm for Optimal Portfolio Selection with Transaction Costs", *International Journal of Systems Science*, 31, 107-117.

Merton, R. (1974): "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates", *Journal of Finance*, 29, 449-470.

Murthi, B., Y. Choi and P. Desai (1997): "Efficiency of Mutual Funds and Portfolio Performance Measurement: A Non-parametric Approach", *European Journal of Operational Research*, 98, 408-418.

Pardoux, E. and S. Peng (1990): "Adapted Solution of Backward Stochastic Differential Equation", *Systems and Control Letters*, 14, 55-61.

Rockafellar, R. and S. Uryasev (2000): "Optimization of Conditional Value at Risk", *Journal of Risk*, 2, 21-41.

Sharpe, W. (1966): "Mutual Fund Performance", *Journal of Business*, 39, 119-138.

Treynor J L(1965): "How to Rate Management Investment Funds", *Harvard Business Review*, 43, 63-75.

附录1:定理1证明

设 t 为初始时刻,$X_t=x$,对于任意$(x,t)\in R^N\times[0,T]$,定义一个 ITO 过程 Y 为:

$$Y_s=F(X_s,s)\varphi_{t,s}+\int_t^s H(X_u,u)\varphi_{t,u}du,\qquad s\in(t,T] \tag{1}$$

其中:$\varphi_{t,s}=\exp\left(-\int_t^T r(X_u,u)du\right)$为贴现函数。

Y_s 表示的是复杂金融产品在 s 时刻相对于初始 t 时刻的价值和支付折现之和,因此是一个鞅(Martingale)。

为此,在 t 时刻初始条件为 $X_t=x$ 给定的情况下,利用 ITO 公式,则:

$$Y_T=Y_t+\int_t^s\varphi_{t,s}[\zeta F(X_s,s)-r(X_s,s)F(X_s,s)+H(X_s,s)]ds+\int_t^T\varphi_{t,s}F_x(X_s,s)\sigma(X_s,s)dB_s^Q \tag{2}$$

由于 Y 是一个鞅,因此其漂移项 $\varphi_{t,s}[\zeta F(X_s,s)-r(X_s,s)F(X_s,s)+H(X_s,s)]=0$, 即:$\zeta F(X_s,s)-r(X_s,s)F(X_s,s)+H(X_s,s)$。 (3)

又因为 $Y_T=F(X_T,T)\varphi_{t,T}+\int_t^T H(X_u,u)\varphi_{t,u}du$ (4)

$$Y_t=F(x,t) \tag{5}$$

代入式(2),并且移项,则:

$$F(X_T,T)\varphi_{t,T}=F(x,t)+\int_t^T\varphi_{t,s}[\zeta F(X_s,s)-r(X_s,s)F(X_s,s)]ds+\int_t^T\varphi_{t,s}F_x(X_s,s)\sigma(X_s,s)dB_s^Q \tag{6}$$

利用偏微方程关系式(3)和终端条件式 $F(X_T,T)=G(X_T)$对式(6)进行化简,则:

$$G(X_T)\varphi_{t,T}=F(x,t)-\int_t^T\varphi_{t,s}H(X_s,s)ds+\int_t^T\varphi_{t,s}F_x(X_s,s)\sigma(X_s,s)dB_s^Q \tag{7}$$

对式(7)进行移项,则

$$F(x,t)=G(X_T)\varphi_{t,T}+\int_t^T\varphi_{t,s}H(X_s,s)ds+\int_t^T\varphi_{t,s}F_x(X_s,s)\sigma(X_s,s)dB_s^Q \tag{8}$$

对式(8)两端同时取期望,则我们就可以得到如下的复杂金融产品的定价关系式,即 $F(x,t)=E_{x,t}^{Q}\left(\int_t^T\varphi_{t,s}H(X_s,s)ds+\varphi_{t,T}G(X_T)\right)$。证毕。

附录 2:定理 2 证明

设 $\Omega^{x,t}$ 为复杂金融产品收益 $I^{x,t}$ 的集合,引进一个关于 ξ 连续可微的凸函数 $\prod_\alpha(\xi)$,其具体形式为:

$$\prod\nolimits_\alpha(\xi)=\xi+(1-\alpha)^{-1}\times\int_{I^{x,t}\in\Omega^{x,t}}[L(I^{x,t})-\xi]^+p_t(I^{x,s})dI^{x,s} \tag{9}$$

其中:$[z]^+=\max\{z,0\}$。

根据(Rockafellor & Uryasev,2000)[①]的研究结果,CVaR 就是以 ξ 为参数的 $\prod_\alpha(\xi)$ 极小值,同时,相应的 VaR 值就是使得 $\prod_\alpha(\xi)$ 为极小值的 ξ 值。

利用损失函数 ,则式(9)变为:

$$\prod\nolimits_\alpha(\xi)=\xi+(1-\alpha)^{-1}\times\int_{-\infty}^{EI^{x,t}-\xi}(EI^{x,t}-I^{x,t}-\xi)p_t(I^{x,t})dI^{x,t} \tag{10}$$

对式(10)进行关于 ξ 求导,且令其导数 $\prod'_\alpha(\xi)=0$,我们可得到如下的关系式:

$$(1-\alpha)=\int_{-\infty}^{EI^{x,t}-\xi}p_s(I^{x,s})dI^{x,s} \tag{11}$$

根据式(11)我们可知,$EI^{x,t}-\xi$ 是置信水平为 α 的分位数 K_α,即

$$EI^{x,t}-\xi=K_\alpha \tag{12}$$

根据式(12),我们可知,对应于该损失函数的 VaR 值为

$$\xi=EI^{x,t}-K_\alpha \tag{13}$$

将式(13)代入式(10)则:

$$\prod\nolimits_\alpha(\xi)=EI^{x,t}-K_\alpha+(1-\alpha)^{-1}\times\int_{-\infty}^{K_\alpha}(K_\alpha-I^{x,t})p_t(I^{x,t})dI^{x,t} \tag{14}$$

利用式(11)结果,我们可知 $(1-\alpha)^{-1}\times\int_{-\infty}^{K_\alpha}(K_\alpha)p_t(I^{x,t})dI^{x,t}=K_\alpha$,将其代入式(14),则我们可得:

$$\prod\nolimits_\alpha(\xi)=EI^{x,t}-(1-\alpha)^{-1}\times\int_{-\infty}^{K_\alpha}I^{x,t}p_t(I^{x,t})dI^{x,t}=\Theta(\alpha,t) \tag{15}$$

式(13)和式(15)分别就是我们所得到的 VaR 及相应的 CVaR 关系式。证毕。

(责任编辑:罗 滢)

① 参见 Rockafellar R T, S Uryasev. Optimization of Conditional Value at Risk , The Journal of Risk, 2000, 2 (3), pp. 21-41.