第 28 卷 第 8 期
2009 年 8 月

技 术 经 济
Technology Economics

Vol. 28, No. 8
Aug., 2009

基于机会约束的在险收益动态投资决策模型

谭忠富[1],谢品杰[1],李晓军[2]
(1. 华北电力大学 工商管理学院,北京 102206;2. 南方电网国际有限责任公司,广州 510623)

摘 要:本文在标准 Black-Scholes 型金融市场假设下,利用在险收益(EaR)来度量投资组合的风险,建立了基于机会约束的在险收益动态投资决策模型,讨论了最优常数再调整策略意义下的最优投资策略,给出了有效边界的显式表达式,并结合算例说明了模型的求解方法。

关键词:机会约束;在险收益;动态投资决策
中图分类号:C934 **文献标识码**:A **文章编号**:1002-980X(2009)08-0077-04

投资组合选择及对其实施相应的风险管理是投资决策的核心问题。1952 年 Markowitz 建立了均值-方差模型,首次提出了用方差来度量风险,认为当实际收益(费用)偏离其期望值时,投资就存在风险。但在现实中,人们往往关注的是实际收益(费用)低于(高于)预期的情形,而方差无法描述投资者的这种风险偏好,因此,从风险管理的观点来看,方差并不是一个令人满意的风险度量。

基于此,国内外不少学者致力于寻找一个更为合理、实用的方法,以期更为准确地衡量和控制风险,并取得了许多研究成果。新近发展起来的风险价值(VaR,value at risk)概念,是用以衡量给定投资组合在未来资产价格波动下可能或潜在的损失。由于其采用简洁、清晰的概念描述了金融资产面临的市场风险,因此成为当今国际上最流行的金融风险管理方法之一。在此基础上,Emmer 等[1]提出了在险资本(CaR,capital at risk)的概念,用以代替方差来衡量风险,同时考虑到静态分析的局限性,建立了动态投资组合选择下的均值-CaR 模型。李仲飞等[2]则引入了另一种风险度量,即在险收益(EaR,earnings at risk),在标准 Black-Scholes 型金融市场的前提下,建立了动态投资组合的均值-EaR 模型,并讨论了模型的最优解和有效边界。

投资者往往要求实际收益率比某一期望收益要大,从而以该目标为导向制定相应的最优策略。然而,现实中所做的决策在某些情况下可能不满足约束条件,为此可以采取如下原则:允许所做决策在一定程度上不满足约束条件,但该决策应使约束条件成立的概率不小于某一事先给定的水平。该原则即为由 Charnes 和 Cooper 提出的一种随机规划,即机会约束规划[3]。

由于机会约束规划能够根据投资者自身的风险态度来选择一个合适的概率水平,因此具有很强的可操作性,其无论是在投资决策的理论研究还是实际运用中都占有重要的位置。例如郭福华[4]和韩其恒等学者[5]分别研究了单阶段前提下的基于机会约束的方差和 VaR 投资决策模型;彭大衡等学者[6]同样考虑到单阶段分析的局限性,研究了机会约束下动态投资决策模型,并利用 CaR 来衡量投资者所面临的风险。受上述文献的启发,本文采用 EaR 来度量投资组合的风险,在标准 Black-Scholes 型金融市场假设下,建立了基于机会约束的 EaR 动态投资决策模型,然后讨论了最优常数再调整策略意义下的最优投资策略和有效边界,进一步拓展了李仲飞等[2]的结论。

1 模型建立

1.1 模型假设

考虑一个标准 Black-Scholes 型金融市场,其中包含一种无风险资产 $(i=0)$ 和 n 种风险资产 $(i=1,2,\cdots,n)$,它们的价格过程 $P_0(t)$ 和 $P_i(t)$ $(i=1,2,\cdots,n)$ 在计划期 $t\in[0,T]$ 内满足方程(1):

$$\begin{cases} dP_0(t)=P_0(t)rdt,\ P_0(0)=1 \\ dP_i(t)=P_i(t)\left[b_i dt+\sum_{j=1}^{n}\sigma_{ij}dB_j(t)\right],\ P_i(0)=1 \end{cases} \tag{1}$$

收稿日期:2009-04-24
基金项目:国家自然科学基金项目(70571023)、教育部"新世纪优秀人才支持计划"项目(NCET-06-02-8)、北京市哲学社会科学规划重点项目(07AFJG170)联合资助
作者简介:谭忠富(1964—),男,吉林长岭人,华北电力大学工商管理学院教授,博士后,博士生导师,研究方向:电力市场、能源经济、风险管理;谢品杰(1976—),男,浙江永嘉人,华北电力大学博士研究生,研究方向:电力市场、能源经济;李晓军(1979—),男,湖南安仁人,南方电网国际有限责任公司工程师,博士,研究方向:电力市场、风险管理。

在方程(1)中,r 为无风险资产的利率,b_i 为风险资产 i 的瞬时期望收益率,σ_{ij} 为影响第 i 种资产的第 j 个不确定性因素的瞬时标准差,$B(t) = (B_1(t), B_2(t), \cdots, B_n(t))^{\mathrm{T}}$,为 n - 维标准布朗运动。记 $b = (b_1, b_2, \cdots, b_n)^{\mathrm{T}}$,$\sigma = (\sigma_{ij})_{n\times n}$。为简单起见,我们假设 $b_i \geq r$ 且 σ 可逆。

对于投资组合 $\pi(t) = (\pi_1(t), \pi_2(t), \cdots, \pi_n(t))^{\mathrm{T}}$,其中 $\pi_i(t)(i = 1,2,\cdots,n)$ 为时刻 t 投资于第 i 种风险资产的比例,则时刻 t 投资于无风险资产的比例为 $\pi_0(t) = 1 - \pi(t)^{\mathrm{T}} I$,其中 $I = \underbrace{(1,1,\cdots,1)}_{n}$。设时刻 t 的财富为 $W^{\pi}(t)$,不考虑交易费用和税赋,且假设资产组合投资策略 $\pi(t)$ 是自融资的,则财富过程满足式(2):

$$\begin{cases} dW^{\pi}(t) = W^{\pi}(t)\{[(1-\pi(t)^{\mathrm{T}} I) r + \pi(t)^{\mathrm{T}} b] dt + \\ \qquad \pi(t)^{\mathrm{T}} \sigma dB(t)\} \\ W^{\mathrm{T}}(0) = w \end{cases} \tag{2}$$

在式(2)中,$W > 0$,为投资者的初始财富。

本文仅考虑投资组合是常数再调整策略意义下的情况,即对任意的 $t \in [0, T]$,资产组合投资策略 $\pi(t) = \pi = (\pi_1, \pi_2, \cdots, \pi_n)^{\mathrm{T}}$ 为一常数向量。需要注意的是,在这种策略下,虽然投资在各资产上的财富比例不随时间而改变,但由于不同时间段的资产价格是变动的,因此为了保持财富比例不变,就必须不断调整头寸,因而这种策略仍然是一个动态的投资策略。此时,根据标准的 Itô 积分以及 $E[e^{sB_j(t)}] = e^{\frac{s^2}{2}}$,可以得到时刻 $t \in [0, T]$ 时的财富过程[2]:

$$W^{\pi}(t) = w\exp[(\pi^{\mathrm{T}}(b - rI) + r - \|\pi^{\mathrm{T}}\sigma\|^2/2)t + \pi^{\mathrm{T}}\sigma B(t)]。 \tag{3}$$

且其期望值与方差分别为 $E[W^{\pi}(t)]$ 和 $Var[W^{\pi}(t)]$,如式(4)、式(5)所示。

$$E[W^{\pi}(t)] = w\exp[(\pi^{\mathrm{T}}(b - rI) + r)t]。 \tag{4}$$

$$Var[W^{\pi}(t)] = w^2\exp[2(\pi^{\mathrm{T}}(b - rI) + r)t][\exp(\|\pi^{\mathrm{T}}\sigma\|^2 t) - 1]。 \tag{5}$$

在式(5)中,$\|\cdot\|$ 表示 R^n 空间中的欧氏空间中的范数。

1.2　模型构建

李仲飞等学者[2]首次提出了在险收益概念,其具体表述如下:

定义 1:设 w 是初始资本,T 是已知的时间水平,$\rho_0(\pi)$ 为证券组合投资策略 π 的终端财富 $W^{\pi}(T)$ 的 α - 分位数,即 $P[W^{\pi}(T) \leq \rho_0(\pi)] = \alpha$,其中 $P(\cdot)$ 为概率,记 $\rho(\pi) = E[W^{\pi}(T) \mid W^{\pi}(T) \leq \rho_0(\pi)]$,即表示证券组合投资策略 π 的终端财富 $W^{\pi}(T)$ 发生在其 α - 分位数 $\rho_0(\pi)$ 之下的条件均值,则证券组合投资策略 π 的在险收益为 $EaR(\pi, w, T)$,如式(6)所示。

$$EaR(\pi, w, T) = E[W^{\pi}(T)] - \rho(\pi)。 \tag{6}$$

由此可知,在险收益利用证券组合投资策略的终期财富总均值与其在某一置信水平之下的条件均值之间的差距来衡量风险,因而较之方差等传统风险度量工具,该方法更侧重于对影响投资绩效的目标进行管理,从而更接近于投资者对风险的真实心理感受,并因此更有利于经营管理目标的实现。

若以 z_α 表示标准正态分布 Φ 的 α - 分位数,则在上述模型假设的基础上,在险收益 $EaR(\pi, w, T)$ 可以表示为方程(7)[2]。

$$EaR(\pi, w, T) = w\exp[(\pi^{\mathrm{T}}(b - rI) + r)T][1 - \frac{\Phi(z_\alpha - \|\pi^{\mathrm{T}}\sigma\|\sqrt{T})}{\alpha}]。 \tag{7}$$

正如前文所指出的,由于现实生活中投资者往往要求实际收益率比某一期望收益要大,并需要考虑到所做的决策在某些情况下可能不满足约束条件,因而需要机会约束规划对此做出相应的约束。

设 R 为投资者的末期期望回报率,则我们可以得到一个基于机会约束的 EaR 动态投资决策模型,如式(8)所示。

$$\begin{aligned} &\min_{\pi \in R^n} EaR(\pi, w, T) \\ &s.t.\ \mathrm{Prob}[W^{\pi}(T) \geq R] \geq \beta。 \end{aligned} \tag{8}$$

在式(8)中,β 为给定的置信水平,表示投资者终期实际财富大于等于期望收益的概率,投资者能够根据自身的风险承受能力来选择适当的 β 值,其值越大说明投资者对风险越是厌恶。

根据式(7)可知,当且仅当 $f(\pi) = [\pi^{\mathrm{T}}(b - rI) + r]T + \ln[1 - \frac{\Phi(z_\alpha - \|\pi^{\mathrm{T}}\sigma\|\sqrt{T})}{\alpha}]$ 取最小值时,目标函数取得最小值,又根据式(3),于是模型(8)等价于式(9)所示的模型。

$$\begin{aligned} &\min_{x \in R^n} f(\pi) = [\pi^{\mathrm{T}}(b - rI) + r]T + \ln[1 - \frac{\Phi(z_\alpha - \|\pi^{\mathrm{T}}\sigma\|\sqrt{T})}{\alpha}] \\ &s.t.\ \mathrm{Prob}\{w\exp[(\pi^{\mathrm{T}}(b - rI) + r - \|\pi^{\mathrm{T}}\sigma\|^2/2)t + \pi^{\mathrm{T}}\sigma B(t)] \geq R\} \geq \beta。 \end{aligned} \tag{9}$$

2　模型求解

为方便起见,但不失一般性,我们假设 $\alpha < 0.5$,$\beta > 0.5$,并因此有 $z_\alpha < 0$。

首先,根据式(4)和式(5),可得到式(10)。

$$\ln W^{\pi}(t) \sim N(\ln w + [\pi^{\mathrm{T}}(b - rI) + r - \|\pi^{\mathrm{T}}\sigma\|^2/2]t, \|\pi^{\mathrm{T}}\sigma\|^2 t)。 \tag{10}$$

于是,利用 $U = \frac{\ln W^{\pi}(T) - E(\ln W^{\pi}(T))}{\sqrt{Var(\ln W^{\pi}(T))}} \sim$

$N(0,1)$,可得式(11)。

$$\text{Prob}[W^{\pi}(T)\geq R]=\text{Prob}(\ln W^{\pi}(T)\geq \ln R)=\text{Prob}\{U\geq\frac{\ln R-E[\ln W^{\pi}(T)]}{\sqrt{Var[\ln W^{\pi}(T)]}}\}=\text{Prob}\{U<\frac{E[\ln W^{\pi}(T)]-\ln R}{\sqrt{Var[\ln W^{\pi}(T)]}}\}=\Phi\{\frac{E[\ln W^{\pi}(T)]-\ln R}{\sqrt{Var[\ln W^{\pi}(T)]}}\}。\tag{11}$$

由式(11)可得到式(12)所示的约束条件。

$$\frac{E[\ln W^{\pi}(T)]-\ln R}{\sqrt{Var[\ln W^{\pi}(T)]}}\geq\Phi^{-1}(\beta)=z_\beta。\tag{12}$$

下面,我们分两种情况来考虑式(12)的求解:

①首先考虑 $b=rI$,即市场是风险中性的情形,此时式(12)可变形为式(13)。

$$\|\pi^T\|^2\leq\frac{2(\ln w+r-\ln R)}{1+2z_\beta\sqrt{T}},\tag{13}$$

所以,模型(9)可等价为模型(13)。

$$\min_{x\in R^n} f(\pi)=rT+\ln[1-\frac{\Phi(z_\alpha-\|\pi^T\sigma\|\sqrt{T})}{\alpha}]$$

$$s.t.\ \|\pi^T\sigma\|^2\leq\frac{2(\ln w+r-\ln R)}{1+2z_\beta\sqrt{T}}。\tag{13}$$

注意到,当 $z_\alpha<0$, $\Phi(z_\alpha-\|\pi^T\sigma\|^2\sqrt{T})$ 随着 $\|\pi^T\sigma\|^2$ 的增大而增大,所以当且仅当 $\|\pi^T\sigma\|^2=0$,即 $\pi=0$ 时模型(13)有最优解,即投资者将所有的资产投资于无风险证券,实际上这是由于在风险中性市场中,市场不提供风险报酬所决定的。

②其次讨论 $b-rI\neq0$ 的情形,此时市场风险非中性。为求解优化模型(9),先考虑式(14)的求解。

$$\min_{x\in R^n} f(\pi)=[\pi^T(b-rI)+r]T+\ln[1-\frac{\Phi(z_\alpha-\|\pi^T\sigma\|\sqrt{T})}{\alpha}]$$

$$s.t.\ \|\pi^T\sigma\|=\varepsilon。\tag{14}$$

在式(14)中,ε 为任意正数。由 $\pi^T(b-rI)=(\pi^T\sigma)[\sigma^{-1}(b-rI)]\leq\|\pi^T\sigma\|\cdot\|\sigma^{-1}(b-rI)\|=\varepsilon\theta$,其中 $\theta=\|\sigma^{-1}(b-rI)\|$。可知,当 $\pi^T(b-rI)=\varepsilon\theta$ 成立,即取 $\pi=\pi_\varepsilon=\frac{\varepsilon}{\theta}(\sigma\sigma^T)^{-1}(b-rI)$ 时,式(14)有最小值,如式(15)所示。

$$f(\pi_\varepsilon)=(\varepsilon\theta+r)T+\ln[1-\frac{\Phi(z_\alpha-\varepsilon^2\sqrt{T})}{\alpha}]。\tag{15}$$

当 $\|\pi^T\sigma\|=\varepsilon$ 时,式(12)变形为式(16)。

$$\pi^T(b-rI)\geq\frac{z_\beta\varepsilon}{\sqrt{T}}+\frac{\varepsilon^2}{2}+\frac{\ln R}{T}-r-\frac{\ln w}{T}。\tag{16}$$

因为当 $\pi=\pi_\varepsilon$ 时,$\pi^T(b-rI)$ 取得最大值,故将 $\pi=\pi_\varepsilon$ 代入式(16),得到式(17)。

$$[\varepsilon-(\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}})]^2\leq(\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}})^2-\lambda。\tag{17}$$

在式(17)中,$\lambda=\frac{2}{T}\ln\frac{R}{w}-2r$,由(17)式可知 $\lambda\leq(\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}})^2$,否则式(17)将无解;同时需要注意的是:在市场风险非中性前提下,理性投资者对末期的期望收益应该大于全部投资到无风险债券所产生的末期财富,因此一个合理的假设为 $R>we^{rT}$,并由此成立 $\lambda>0$。对此,我们分两种情况进行分析。

①当 $\lambda=(\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}})^2$ 时,有 $\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}}=\varepsilon>0$。此时,当 $\varepsilon=\varepsilon_0=\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}}$ 时,$f(\pi_\varepsilon)$ 取最小值 $f(\pi_{\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}}})$,即最优投资比例如式(18)所示。

$$\pi=\pi_{\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}}}=(\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}})\frac{(\sigma\sigma^T)^{-1}(b-rI)}{\|\sigma^{-1}(b-rI)\|}。\tag{18}$$

下面考察模型(8)在这种情形下的有效边界。为此,将 $\varepsilon=\varepsilon_0$ 代入式(4)和式(7),经计算分析,可知最优投资策略 $\pi=\pi_{\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}}}$ 对应的末期期望财富 $\mu=E[W^{\pi}(t)]$ 和在险收益 EaR 满足式(19)所示的关系。

$$\begin{cases}\mu=E[W^{\pi}(T)]=w\exp[(\varepsilon_0\theta+r)T]\\ \varepsilon_0\theta T+rT=\ln[1-\frac{\Phi(z_\alpha-\varepsilon_0\sqrt{T})}{\alpha}]=\ln\frac{EaR}{\omega}。\end{cases}\tag{19}$$

经分析计算式(19),解出 $\varepsilon_0=\frac{\ln(\mu/w)-rT}{\theta T}$,并得到基于机会约束的均值-EaR 问题的有效边界,如式(20)所示。

$$EaR(\mu)=\mu[1-\frac{1}{\alpha}\Phi(z_\alpha-\frac{\ln(\mu/\omega)-rT}{\|\sigma^{-1}(b-rI)\|\sqrt{T}})]。\tag{20}$$

在式(20)中,$\mu>we^{rT}$。

②下面考虑 $\lambda<(\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}})^2$ 时的情形。此时,当且仅当 $\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}}>0$ 时式(15)有解,如式(21)所示。

$$0<-\sqrt{(\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}})^2-\lambda}+(\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}})\leq\varepsilon\leq\sqrt{(\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}})^2-\lambda}+(\theta-\frac{z_\beta}{\sqrt{T}})。\tag{21}$$

故此时约束条件等价于式(21)。

注意到,当 $z_\alpha<0$,所以 $\Phi(z_\alpha-\varepsilon^2\sqrt{T})$ 为 ε 的

减函数,因此 $f(\pi_\varepsilon)$ 随着 ε 的增大而增大,所以当 $\varepsilon = \varepsilon_1 = -\sqrt{\left(\theta - \frac{z_\beta}{\sqrt{T}}\right)^2 - \lambda} + \left(\theta - \frac{z_\beta}{\sqrt{T}}\right)$ 时, $f(\pi_\varepsilon)$ 取最小值 $f\left(\pi_{-\sqrt{(\theta - \frac{z_\beta}{\sqrt{T}})^2 - \lambda} + (\theta - \frac{z_\beta}{\sqrt{T}})}\right)$, 此时最优投资比例如式(22)所示。

$$\pi = \left[-\sqrt{\left(\theta - \frac{z_\beta}{\sqrt{T}}\right)^2 - \lambda} + \left(\theta - \frac{z_\beta}{\sqrt{T}}\right)\right] \frac{(\sigma\sigma^T)^{-1}(b - rI)}{\|\sigma^{-1}(b - rI)\|}。 \tag{22}$$

由式(22)可知,最优投资比例与情形(1)完全类似,我们也可以求得机会约束下的均值 — EaR 问题的有效边界,如式(23)所示。

$$EaR(\mu) = \mu\left[1 - \frac{1}{\alpha}\Phi\left(z_\alpha - \frac{\ln(\mu/\omega) - rT}{\|\sigma^{-1}(b - rI)\|\sqrt{T}}\right)\right], (\mu > we^{rT})。 \tag{23}$$

综合①、②两种情形,可以发现,在市场风险非中性的前提下,若模型(8)有解,则其解是唯一的,且可以统一表示成式(24)。

$$\pi = \varepsilon^* \frac{(\sigma\sigma^T)^{-1}(b - rI)}{\|\sigma^{-1}(b - rI)\|}。 \tag{24}$$

或者说,在不同的投资机会下,最优投资策略也不同,但它们只相差一个常数倍数。同时,也可以看到,最优投资策略只是通过 $\theta = \|\sigma^{-1}(b - rI)\|$ 与风险证券产生联系,而与证券的个数没有明显的依赖性,这与 Emmer 等[1]和李仲飞等[2]学者的观点一致,此结论可以解释为一种共同基金定理。

3　算例分析

设市场上只有一种股票和一种无风险债券在计划期 $[0, T]$ 内交易,其回报率分别为 $b = 0.12$ 和 $r = 0.05$,股票的标准差为 $\sigma = 0.2$,并假设投资者的初始财富 $w = 1000$,分别取置信水平 $\alpha = 0.05$,$\beta = 0.85$,此时,$Z_\alpha = -1.64$,$Z_\beta = 1.03$,$\theta = \|\sigma^{-1}(b - rI)\| = 0.35$,$\frac{(\sigma\sigma^T)^{-1}(b - rI)}{\|\sigma^{-1}(b - rI)\|} = 5$。由上述讨论可知,当 $R \le w\exp\left[\frac{1}{2}(\theta\sqrt{T} - z_\beta)^2 + rT\right] = 1000\exp\left[\frac{1}{2}(0.35\sqrt{T} - 1.03)^2 + 0.05T\right]$ 时,模型(8)有解。对于理性的投资者,其目标为追求终期财富的最大化,因为考虑其期望的终期收益 R 取等号,即 $R = 1000\exp\left[\frac{1}{2}(0.35\sqrt{T} - 1.03)^2 + 0.05T\right]$ 时的情形,此时投资者最优投资策略为 $\pi = \left(\theta - \frac{z_\beta}{\sqrt{T}}\right)\frac{(\sigma\sigma^T)^{-1}(b - rI)}{\|\sigma^{-1}(b - rI)\|} = \left(0.35 - \frac{1.03}{\sqrt{T}}\right) \times 5$。例如,当 $T = 6$ 时,有 $R = 1370.13$,$\pi = -0.352$,这说明投资者为了保证其第 5 期期末的财富不低于 1370.13 的概率在 0.85 以上,其实施如下最优投资策略,即卖空其初始财富 35.2 %的股票,然后将所得与原先初始资本全部投资于债券。又如当 $T = 10$ 时,$R = 1653.59$,$\pi = 0.121$,此时其投资策略应该为将其初始财富的 12.1 %投资于股票,而将剩余的 87.9 %投资于债券。

参考文献

[1] EMMER S, KLUPPELBERG C, KORN R. Optimal portfolios with bounded capital at risk[J]. Math. Finance, 2001, 11(4): 365-384.

[2] 李仲飞,汪寿阳. EaR 风险度量与动态投资决策[J]. 数量经济技术经济研究, 2003, 20(1): 45-51.

[3] Charnes A, Cooper W W. Chance-constrained programming[J]. Management Science, 1959, 6(1): 73-79.

[4] 郭福华,彭大衡,吴健雄. 机会约束下的均值—VaR 投资组合模型研究[J]. 中国管理科学, 2004, 12(1): 28-34.

[5] 韩其恒,唐万生,李光泉. 机会约束下的投资组合问题[J]. 系统工程学报, 2002, 17(1): 87-91.

[6] 彭大衡,姚元瑞. 带机会约束的动态投资决策模型研究[J]. 中国管理科学, 2005, 13(1): 9-13.

Dynamic EaR Investment Decision Model Based on Chance-constrained

Tan Zhongfu[1], Xie Pinjie[1], Li Xiaojun[2]

(1. Department of Business Administration, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;
2. China Southern Power Grid Co., Ltd, Guangzhou 510623, China)

Abstract: In the standard Black-Scholes type financial market, the dynamic EaR investment decision model with chance-constrained is established, in which the risk portfolio is measured by the EaR. The optimal investment strategy is discussed in terms of the optimal constant rebalance, the explicit expressions of efficient frontier are obtained, and the method to solve the model is illuminated by a numerical example.

Key words: chance-constrained; earning at risk; dynamic investment decision