不确定性冲击下的等比例交易成本期权定价模型

陈 莹(博士) 胡二琴

(深圳大学经济学院 深圳 518060 湖北工业大学理学院 武汉 430068)

【摘要】本文以 Davis(1997)和 Monoyios(2004)提出的期权定价模型为基础,假设投资者具有常数相对风险厌恶(CRRA)效用函数,在标的资产的等比例交易成本中加入一个不确定性冲击,推导出新的期权定价模型,并利用新模型进行模拟定价,给出了更一般的期权价格区间。这使投资者能得到更准确的期权价格,也有助于投资者的风险管理。

【关键词】不确定性冲击 交易成本 常数相对风险厌恶 期权定价

一、引言

金融市场中,证券交易是存在静态的等比例交易成本(交易费用)的,但是突发信息的冲击、经济基本面的变化、政策的出台等不确定性的冲击是动态发生的,而且对交易成本影响很大。相关文献指出,若在交易成本中加入一个不确定性的冲击,则等比例的交易成本对资产收益有较明显的影响。考虑了不确定性冲击后,交易成本是资产定价模型中非常重要的因素(Huang,2003)。

本文将 Huang(2003)等的相关文献结论运用于期权定价理论,认为不确定性成本是市场上存在的固有成本,参照Davis(1997)和 Monoyios(2004)提出的模型,同时进行以下修改:其一,不再假设是等比例交易成本,而是在模型中引入不确定性冲击,标的资产能在市场上进行交易时,交易成本为等比例交易成本;当存在不确定冲击时,标的资产不能在市场上进行交易,此时则假设交易成本为无限大,投资者不能进行任何交易。其二,与 Davis(1997)和 Monoyios(2004)提出的模型不同,在对投资者的风险厌恶度量的设计中,假设投资者具有CRRA效用函数,因为 CRRA 效用函数是期权定价方法中无套利方法与一般均衡方法等价的充分条件,且相对风险厌恶的假设主要考察人们随着个人财富或者消费收益的变化,对风险资产的投资行为的变化,更加符合期权定价模型的要求。

二、文献回顾

自 Black—Scholes(1973)推导出期权定价公式(B-S 公式)后,针对 B—S 公式所涉及的五个不同的定价因素假设,许多学者提出了期权定价的修正模型。Leland(1985)第一次在期权定价理论中引入了交易成本。考虑了交易成本的期权定价模型往往需要复杂的计算,所以很多学者转而对对冲策略进行研究。Hodges 和 Neuberger(1989)定义了一个无交易区间:当在无交易区间里的时候,就不进行交易;一旦超出了无交易区间,马上进行交易,直到令到的值出现在无交易区间里才停止交易。Monoyios(2004)用 Markov 链近似方法对Davis 等(1993)的模型进行扩展,这种方法考虑到 Leland 的近似对冲方法无法估计的情况。Bates(2003)指出,现存的期权定价模型的假设和结果与市场存在较大差异,需要建立一些更加关注市场制度,包括做市商制度,交易成本变化的期权定价模型,本文研究正是基于此思想。

李伟等(2009)在市场含有 Knight 不确定性因素的环境下,采用二次规划方法确定模型参数,并对模糊期权价格进行去模糊化,得出更准确的市场价格预测。韩立岩等(2011)也讨论了在 Knight 不确定市场环境下,期权价格上下界的问题。以上对期权定价模型的讨论都是将交易成本设定为零,但是交易成本显然不恒为零。因此本文通过引入市场不确定性冲击对交易成本的影响来推导定价模型。

Stoll(2000)发现不同股票存在着不同的买卖价差,即不同股票具有不同的交易成本。许多市场(如我国)有涨(跌)停制度存在,即在涨(跌)停时无法交易,这时交易成本无限大。由于在期权定价模型中,投资者需要对自己所持有的标的资产进行动态调整以对冲期权合约,因此标的资产的流动性非常重要。本文研究将模型基本假设与标的资产的流动性联系起来,并推导出更贴近现实的期权定价模型。

三、模型设置

(一)金融市场

考虑了一个摩擦的金融市场,包含了无风险债券和风险股票,在时刻 τ 时,价格分别是 B_τ 和 S_τ,满足:

$$dB_\tau=r_fB_\tau d\tau \quad (1)$$

$$dS_\tau=\mu S_\tau d\tau+\sigma S_\tau dz_\tau \quad (2)$$

其中:$\{z_\tau\}$为标准维纳过程;$r_f(r_f\geqslant 0)$为常数无风险利率;μ、σ分别代表每单位时间股票收益的均值和波动率。

模型在 B-S 公式的条件下放松了无交易成本的假设,考虑在标的资产交易时存在等比例交易成本和不确定性冲击,

其他包括没有股息的分配,波动性是常数,没有卖空限制等条件则没有改变。在标的股票进行交易时会产生交易成本 k:

$$k=\begin{cases}k,\text{当标的资产可以交易时}\\ \infty,\text{当标的资产不能交易时}\end{cases} \quad (3)$$

当标的资产较顺利进行交易时,交易成本是等比例的,比例系数为 k;当标的资产因制度、市场或其他原因无法进行交易时,交易成本为无限大。其含义是:此时无法进行投资组合的动态调整,因为任何调整都会对效用函数产生无限大的负效用,所以投资者最优的投资策略为不进行任何交易,直到交易成本不再是无限大时。假设当不确定性发生时,两种状态的变换过程是服从强度为 η 的泊松过程。

(二)投资组合问题

假设一个有限的时间区间 $t\in[0,T]$,其中 T 是欧式期权的期满日。考虑一个投资者的效用函数 U 是凹的。初始的禀赋包括持有现金 a_t 和价格为 S_t 的股票 A_t股。投资者进行一个动态的投资交易,在时刻 τ 时,总的价值是 $W_{S_t,a_t,A_t,t,\triangle}(\tau)$。其中,所选择的交易策略为△,状态参数为$(S_t,a_t,A_t,t)$。此时,投资者的无风险资产——现金持有总量为$\hat{a}_{S_t,a_t,A_t,t,\triangle}(\tau)$,风险资产——股票持有的总股数为$\hat{A}_{S_t,a_t,A_t,t,\triangle}(\tau)$。因此,投资者总的财富为:

$$W_{S_t,a_t,A_t,t,\triangle}(\tau)=\hat{a}_{S_t,a_t,A_t,t,\triangle}(\tau)+S(\tau)\hat{A}_{S_t,a_t,A_t,t,\triangle}(\tau) \quad (4)$$

假设消费者不进行任何其他的消费,且投资者的目标是期满日 T 时总财富预期效用最大化,表示为:

$$J(t)=\max_{\triangle}E_t[U(W_{S_t,a_t,A_t,t,\triangle}(T))] \quad (5)$$

其中 E_t 表示 t 时刻的条件预期算子。式(5)表示在 t 时刻,选取适当的投资策略△,令投资者在期满日的效用函数达到最大值。

如果期初投资者把一部分财产投资到买卖欧式期权中,那么在期末,欧式期权的收入是某个非负的随机变量 $V(S(T))$。假设期权在 t 时刻的价格是 p,投资者用了 δ 数量的现金对这个期权进行投资,则:

$$J^o(S,a-\delta,A,\delta,p,t)=\max_{\triangle}E_t\left[U\left(W_{S_t,a_t-\delta,A_t,t,\triangle}(T)+\frac{\delta}{p}V(S(T))\right)\right] \quad (6)$$

其中上标 o 表示时刻 T 的与期权收入相关的投资组合。式(6)中的价值函数对初始现金禀赋的定价意味着买(或卖,则 δ<0)期权的资金来自于最初的财富,表示为:

$$J^o(S,a,A,\delta,p,t)=\max_{\triangle}E_t\left[U\left(W_{S_t,a_t,A_t,t,\triangle}(T)+\frac{\delta}{p}V(S(T))\right)\right] \quad (7)$$

投资者总财富包括现金、股票和现金 δ购买的 δ/p 份期权的价值。在式(7)中,δ与 p 的大小是由时刻 t 的信息所测量的。若投资者不购买任何期权,那么总财富函数就与 δ和 p 不相关,也就是说:$J^o(S,a,A,0,p,t)=J(S,a,A,t)$。

定义 1:对于最初持有的投资组合(a,A),定义一个卖出保留价格 $P_s(S,a,A,t)$,即能卖出这个索取权的最低价格。

显然,P_s满足:

$$J^o(S,a+P_s(S,a,A,t),A,-P_s(S,a,A,t),P_s(S,a,A,t),t)=J(S,a,A,t) \quad (8)$$

P_s是卖出的保留价格,如果不达到这个价格,那么投资者将选择不进行交易。因此,不进行交易的效用函数与以此价格进行交易的价值函数相等。

定义 2:定义一个通用卖出保留价格 $\bar{P}_s(S,a,A,t)$,指的是在各不同的状态参数(a,A)下,卖出保留价格最高值。

显然,$\bar{P}_s$满足:

$$J^o(S,a+\bar{P}_s(S,a,A,t),A,-\bar{P}_s(S,a,A,t),\bar{P}_s(S,a,A,t),t)\geqslant J(S,a,A,t) \quad (9)$$

这保证了做空期权的投资者希望在高于 $\bar{P}_s$的任意价格卖出期权,此决策与投资者现在的投资头寸无关。

同理,可定义买入保留价格 $P_b(S,a,A,t)$和通用买入保留价格 $\underline{P}_b(S,a,A,t)$。Constantinides 和 Zariphopoulou(1999)指出,要保证投资者预期效用最大化,期权的交易价格必定会落在区间$[\underline{P}_b,\bar{P}_s]$中。因为如果一个期权交易者以 $P>\bar{P}_s$的价格卖出期权,那么此时买的人的行为就不是最优,而是次优的(他可以找到另外一个卖家以 $\bar{P}_s$的价格成交)。他们放松了风险中性等相关条件来考虑这个问题,并给出欧式期权的保留价格。

定义 3:假设投资者愿意以"公平"价格$\hat{p}$来对期权进行交易,他在初始的财富中用极小的一部分来对价格为$\hat{p}$ 的期权进行投资时,对投资者效用函数的影响是中性的。可将$\hat{p}$看作下式的解:

$$\left.\frac{\partial J^o(S,a-\delta,A,\delta,\hat{p},t)}{\partial\delta}\right|_{\delta=0}=J(S,a,A,t) \quad (12)$$

可得$\hat{p}$ 的定价公式:

$$\hat{p}(S,a,A,t)=\frac{E_t[U'(W_{S_t,a_t,A_t,t,\triangle^*}(T))V(S(T))]}{J_a(S,a,A,t)} \quad (13)$$

其中,U'是效用函数 U 的导数,$J_a(S,a,A,t)$是对 a 求偏导,$\triangle^*$表示最大化预期效用函数的交易策略。式(13)表明,$\hat{p}$不依赖于加入了期权的最优化问题的式(6)和式(7)。当不存在交易成本的时候,价格 p_s、p_b 和$\hat{p}$都被简化为 B-S 公式的期权价格。

那么,在交易成本和不确定性冲击的条件下,如何将式(13)转换成用数字估值方法进行计算,从而对期权进行定价呢?显然,在价格$\hat{p}$时,需要解决投资组合选择问题,计算出 $E_t[U'(W_{S_t,a_t,A_t,t,\triangle^*}(T))V(S(T))]$,最终能够得出期权价格$\hat{p}(S,a,A,t)$。如果一旦存在交易成本,那么期权价格就不能简单地用保留价格区间来进行表示,因为还要考虑交易成本对效用函数的影响。

(三)对冲策略

在没有交易成本的情况下,通过对冲可以求出期权价格。若考虑了等比例交易成本,连续的对冲肯定不是最优的,因为即使很小的交易成本,在高频率对冲中也会变得很大。本文运用的是效用最大化的方法:把定价问题加入到效用最大化问题中,可以在有期权交易的情况下,通过对没有期权与对期权进行交易的两种情况进行衡量和比较,得出最优交易策略。即在交易成本较大时,也能给出期权价格边界,因为当交易成本

较大时，投资者可以选择不进行交易为最优策略。Davis(1997)正是在不能得到标准的套利解的情况下，通过给予投资者一个外部目标——效用函数最大化，得到了一个唯一的解。运用 Markov 过程定理，价格被表达成一个预期折现值。

(四)动态规划方程

首先定义可行解的区域 Θ，在此区域中，没有任何期权的交易，满足：

$$\Theta=\{(a,A,S)\in R^2\times R^+|a+(1\pm k)SA\geqslant 0\} \tag{14}$$

而一个可以接受的交易策略可以用 $(a(\tau),A(\tau),S(\tau))\in\Theta$ 来表示。

先对在状态参数(a,A,S,t)条件下，投资者的最优策略进行描述：状态空间(a,A,S,t)可以被分为三个区域，即买入、卖出和无交易区间，对应的最优策略分别是买入、卖出股票和不进行交易。一方面，当交易成本为等比例时，最优策略就是在无交易区间之外进行交易，通过最少量的交易，令持有量重新落入无交易区间。另一方面，当交易成本是无限大时，无论投资组合是在哪个区间，其最优策略均为不进行交易。因为无限大的交易成本对效用函数的损失是无限的，这与实际相符。投资者在进行对冲时，标的股票有可能交易量为零，或者当天不能进行交易。此时，由于市场的限制，投资就不能对头寸进行动态调整。用 $[\overline{\pi},\underline{\pi}]$ 表示无交易区间，其中 $\overline{\pi}$ 是无交易区间与卖出区间的边界，$\underline{\pi}$ 是无交易区间与买入区间的边界。显然，$\overline{\pi}$ 与 $\underline{\pi}$ 是由(a,S,t)所决定的，表示在无交易边界上持有的股票的数量。若变量是在无交易区间里面，此时对标的股票的持有股数是不变化的。若在买入或者卖出的区域里面，那么马上就会有相应的交易，令变量重新进入无交易区间。

在买入区域中，若按照最优投资策略调整，价值函数是保持不变的。即在买入区间，满足：

$$J(a,A,S,t)=J(a-(1+k)S\delta Q,S+\delta Q,S,t) \tag{15}$$

δQ 为让持有变量重新进入无交易区间所需购买的股票数量。若交易成本为无穷大时，则不进行任何交易，此时价值函数将不再是常数，而是变化的。

为了求出无交易边界，令 $\delta Q\to 0$，可得：

$$\frac{\delta J(a,A,S,t)}{\delta A}=(1+k)S\frac{\delta J(a,A,S,t)}{\delta a} \tag{16}$$

即在买入的区域里，风险资产与无风险资产的边际效用之比是购买一股股票的成本(1+k)S。

同样的，在卖出区间里，满足：$J(a,A,S,t)=J(a+(1-k)S\delta X,S-\delta X,S,t)$，其中 δX 表示卖出的股数。令 $\delta X\to 0$，就有：

$$\frac{\delta J(a,A,S,t)}{\delta A}=(1-k)S\frac{\delta J(a,A,S,t)}{\delta a} \tag{17}$$

在无交易区间，由于进行任意的股票交易的策略都是次优的，所以在无交易区间里有：

$$J(a,A,S,t)\geqslant J(a-(1+k)S\delta Q,S+\delta Q,S,t) \tag{18}$$

$$J(a,A,S,t)\geqslant J(a+(1-k)S\delta X,S-\delta X,S,t) \tag{19}$$

显然：

$$\frac{\delta J(a,A,S,t)}{\delta A}\leqslant(1+k)S\frac{\delta J(a,A,S,t)}{\delta a} \tag{20}$$

$$\frac{\delta J(a,A,S,t)}{\delta A}\geqslant(1-k)S\frac{\delta J(a,A,S,t)}{\delta a} \tag{21}$$

在无交易区间里运用伊藤引理，得到效用函数的 Hamilton-Jacobi-Bellman(HJB)方程：

$$J_t+raV_a+\mu SV_S+\frac{1}{2}\sigma^2S^2J_{SS}=0 \tag{22}$$

那么问题就变成了一个偏微分方程：

$$\max\left[J_A-(1+k)SJ_a,(1-k)SJ_a-J_A,J_t+raJ_a+\mu SV_S+\frac{1}{2}\sigma^2S^2J_{SS}\right]=0 \tag{23}$$

He(1990)对二项式方法进行了扩展，并证明在离散状况中，或有索取权的价格和动态复制组合策略是收敛于它们相应的连续时间极限的。本文运用 He(1990)修改的二项式近似法，建立了离散状况下的债券和股票价格的过程。

运用上面的过程进行递归的动态规划，从而求解。注意到 $J^0(S,a,A,\delta,p,t)$ 与 $J(S,a,A,t)$ 都满足同样的动态规划方程，但是期满的边界条件是不同的。

假设在某个时刻 $t+\delta t$ 中，在买入区间，效用函数为：

$$E_B=E_{\delta t}J(e^{r\delta t}[a-(1+k)S\delta Q],A+\delta Q,\omega S,t+\delta t) \tag{24}$$

其中：δt 为一个很小的时间间隔；ω 为二叉树的随机变量，定义 $\omega=e^{(\mu-\sigma^2/2)\delta\mu\pm\sigma\sqrt{\delta\mu}}$，每次概率为 0.5。

在卖出区间，定义效用函数为：

$$E_S=E_{\delta t}J(e^{r\delta t}[a+(1-k)S\delta X],A-\delta X,\omega S,t+\delta t) \tag{25}$$

则在无交易区间，效用函数可以定义为：

$$E_{NT}=E_{\delta t}J(e^{r\delta t}a,A,\omega S,t+\delta t) \tag{26}$$

可得离散的动态规划方程为：

$$J(a,A,S,t)=\max(E_B,E_{NT},E_S) \tag{27}$$

这个方程说明在 δt 的时间间隔中，可能出现五种策略：策略一，在买入区间，当交易成本是等比例时，买入 δQ 股的股票；策略二，在买入区间，当交易成本是无穷大时，无法买入，不进行交易；策略三，在无交易区间，不进行交易；策略四，在卖出区间，当交易成本是等比例时，卖出 δX 股的股票；策略五，在卖出区间，当交易成本是无穷大时，无法卖出，此时不进行交易。

本文假设投资者是 CRRA 的，其效用函数为幂函数：$U(W)=\frac{W^{1-\alpha}}{1-\alpha}$，其中 α 是常数风险厌恶参数。则 $U'(W)=W^{-\alpha}$，代入上述公式进行数值计算。

本文用 Markov 链近似技术求出连续时间随机控制问题的数值解。Davis 等(1993)证明了价值函数 J(a,A,S,t)是式(23)的粘性解(在通常称为古典解的概念下，HJB 方程的解可能不是唯一的。为了用 HJB 方程来刻画最优指标函数，Grandall 和 Lions 引入了粘性解的概念，使得 HJB 方程解的存在性和唯一性问题得到解决。粘性解的概念是对于连续函数类中的

函数引入的,除此而外,不要求这种解具有更多的光滑性。若最优指标函数是 HJB 偏微分方程的粘性解,则该方程的粘性解在下式所定义的函数类中是唯一的)。所以,通过数值模拟可以得到期权价格区间。

四、数值模拟结果

在数值模拟过程中,本文运用与 Monoyios(2004)相同的参数设置:无风险利率 $r_f=0.10$,$\mu=0.15$,$\sigma=0.25$,$\eta=2.23$。在此基础上,对不同的风险厌恶参数 α 和交易成本 k 进行讨论。计算结果运用至少 100 时间步的股票价格树来进行计算。

图 1 是在平价条件下,本文模型、Monoyios(2004)模型与 B-S 模型所得的欧式看涨期权价格与初始股票持有股数之间的关系,其中 $\alpha=0.1$,$k=0.005$。由于 B-S 模型与投资者风险偏好无关,也不考虑存在交易成本的情况,因此所给出的价格是不随投资者初始股票的持有量改变而改变的。另外两个模型,当股票数量在买入的区间时,期权价格高于无交易区间,当股票数量在卖出区间时,期权价格小于无交易区间。模拟的结果与假设一致,当投资者在买入区间需要买入时,他对期权的估值必定比在卖出区间的投资者高。对于看跌期权,结果则刚好与之相反。由于假设条件不同,与 Monoyios(2004)模型相比,本文模型的无交易区间更小。这是由于不确定性预期的产生会使投资者作出相应的对冲调整,因此无交易区间变小。而在无交易区间中,由于投资者选择不进行交易,因此不确定性的冲击与期权的价格无关,只是影响了无交易区间的大小。而由于不确定性假设的加入,与 Monoyios(2004)模型相比,本文模型推导出的期权价格区间更大。当在特殊市场环境下(此时市场冲击参数会较大)时,期权价格的波动更大,用本文模型进行模拟有助于更好地进行风险预测。

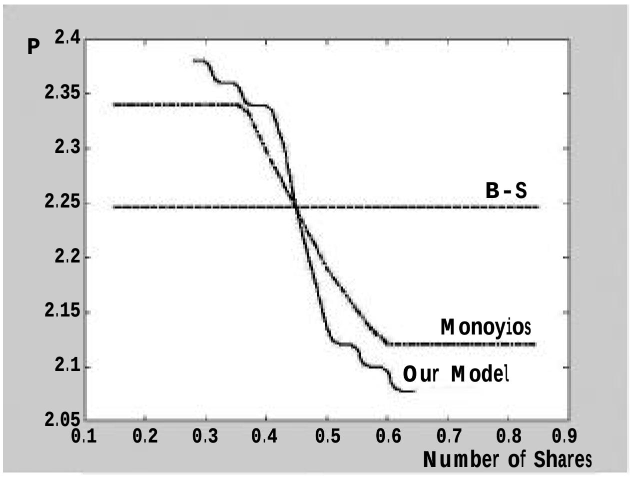

图 1 平价条件下欧式看涨期权价格与初始股票持有股数之间的关系

注:横轴表示投资者初始持有股数,纵轴表示欧式看涨期权价格。虚线表示 B-S 模型;虚点线表示 Monoyios(2004)模型;实线表示本文模型。

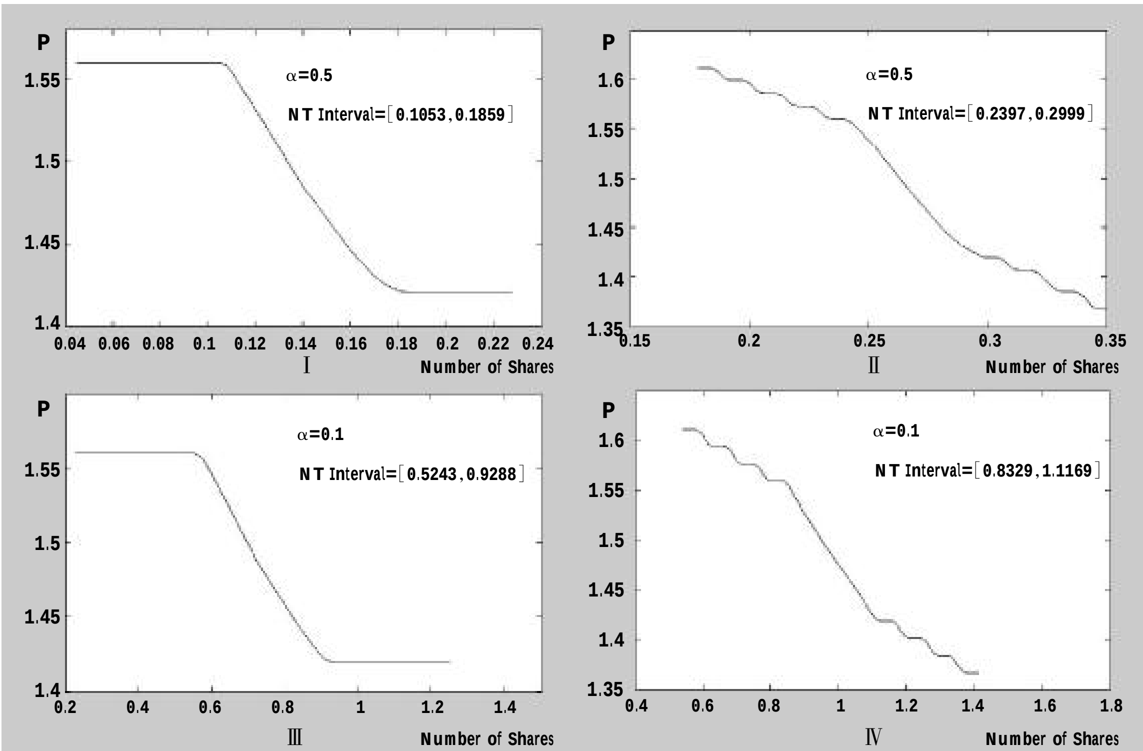

图 2 平价条件下不同风险厌恶参数时,欧式看涨期权价格与初始股票持有股数之间的关系

注:横轴表示投资者初始持有股数,纵轴表示欧式看涨期权价格。图中左上角的模型Ⅰ是风险厌恶系数时,Monoyios(2004)所求出的无交易区间与期权价格;右上角的模型Ⅱ是风险厌恶系数时,本文模型所求出的无交易区间与期权价格;左下角的模型Ⅲ是风险厌恶系数时,Monoyios(2004)模型所得到的结果;右下角的模型Ⅳ是风险厌恶系数时,本文模型所得到的结果。

图 2 是在平价条件下，投资者风险厌恶参数不同时，Monoyios(2004)模型与本文模型中欧式看涨期权价格与初始股票持有股数之间的关系。纵向对比模型Ⅰ和模型Ⅲ分别是 $\alpha=0.5$ 和 $\alpha=0.1$ 时 Monoyios(2004)模型所得到的结果与模型Ⅱ和Ⅳ则分别是 $\alpha=0.5$ 和 $\alpha=0.1$ 时本文模型所得到的结果发现：当投资者风险厌恶参数值变化时，并不影响所求出的期权价格边界，但投资者初始持有的股数会有变化。当 α 变小时，投资者初始持有的股数增大，图形向右移动。而且，由于投资者的风险厌恶程度变化，无交易区间的大小也随之而变化。这与现实相一致。当投资者更加厌恶风险时，他会选择进行更多的对冲交易来规避风险。横向对比两个模型可以看出，本文模型比 Monoyios(2004)模型所得到的期权价格边界更大。相同的参数设置下，本文模型所得出的无交易区间要比 Monoyios(2004)模型得出的小，且在相同的期权价格条件下，投资者初始持有的股数更多。

下表为不同执行价格与不同交易成本参数条件下，三个模型所求出的不同的欧式看涨期权的价格区间。为了便于比较，本文将运用与 Monoyios(2004)模型相同的参数设置：无风险利率 $r_f=0.10$，$\mu=0.15$，$\sigma=0.25$，$S_0=15$，$\alpha=0.1$，$\eta=2.23$。然后对不同的执行价格和交易成本 k 进行讨论。分别讨论了当期权是实值、虚值和平价时的情况，并给出了不同交易成本条件下，无交易区间的边界。当交易成本参数 k 增大时，无交易区间变小，期权价格区间增大。与 Monoyios(2004)模型相比，本文模型所得到的无交易区间更加小，期权的边界更大，由于本文模型中包含了不确定性冲击，因此得到的价格更加可信。

本文模型推出的最优交易策略如下：无交易成本时的最优投资组合必定包括在无交易区间中，且随着交易成本的增大，无交易区间变宽；与相关文献分析结果相同，当存在交易成本时，无交易区间与股票价格之间的关系是一个双曲线的关系；当时间越接近期满日 T 的时候，无交易区间急速增大，这是因为当离期满日越来越近时，投资组合的改变对效用函数增长的正面效应越来越少，投资者宁愿选择不进行交易；当投资者的风险厌恶增大时，无交易区间变小，且图形移向更小的股票持有值。

不同执行价格与不同交易成本参数条件下，模型无交易区间及欧式看涨期权的价格区间

Strike	Ask Price	Bid Price	Monoyios Ask	Monoyios Bid	B-S Price	Strike	Ask Price	Bid Price	Monoyios Ask	Monoyios Bid	B-S Price
k=0.005	NT Region=[0.391 5,0.521 8]		NT Region=[0.386 6,0.578 0]			k=0.02	NT Region=[0.298 4,0.636 0]		NT Region=[0.270 2,0.719 6]		
10	6.210 9	5.821 3	6.047 1	5.898 0	5.974 8	10	6.380 2	5.381 0	6.267 5	5.671 6	5.974 8
13	3.603 3	3.410 5	3.584 1	3.450 3	3.527 2	13	3.914 7	3.185 3	3.779 8	3.246 3	3.527 2
15	2.301 6	2.089 2	2.286 4	2.177 5	2.246 4	15	2.450 8	1.996 9	2.447 5	2.007 3	2.246 4
17	1.356 9	1.214 0	1.341 9	1.264 1	1.327 6	17	1.483 6	1.074 7	1.461 2	1.136 1	1.327 6
20	0.588 6	0.497 3	0.542 3	0.504 8	0.537 2	20	0.631 0	0.426 9	0.606 3	0.434 8	0.537 2
k=0.01	NT Region=[0.402 5,0.591 3]		NT Region=[0.349 9,0.619 7]			k=0.03	NT Region=[0.247 3,0.701 1]		NT Region=[0.181 3,0.824 3]		
10	6.227 1	5.805 8	6.119 9	5.824 8	5.974 8	10	6.527 9	5.329 5	6.406 8	5.524 2	5.974 8
13	3.683 2	3.215 9	3.647 6	3.383 7	3.527 2	13	3.986 4	3.093 1	3.907 0	3.115 9	3.527 2
15	2.352 7	2.010 8	2.337 6	2.121 2	2.246 4	15	2.672 9	1.901 2	2.555 6	1.901 2	2.246 4
17	1.391 8	1.207 5	1.378 8	1.221 0	1.327 6	17	1.600 2	1.000 1	1.544 5	1.058 9	1.327 6
20	0.601 2	0.442 1	0.561 3	0.480 5	0.537 2	20	0.701 4	0.331 5	0.653 7	0.394 8	0.537 2

注：Strike 表示执行价格，k 表示交易成本。Ask Price 和 Bid Price 表示本模型求出的期权价格区间；Monoyios Ask 与 Monoyios Bid 表示 Monoyios(2004)模型所求出的期权价格区间；B-S Price 为 B-S 模型所求出的价格。

五、小结

本文将以往相关文献所得出的结论运用于期权定价理论，对标的资产考虑了不确定性冲击的等比例交易成本，进而对期权定价模型进行讨论。在新模型中，本文假设投资者具有 CRRA 效用函数，标的资产的流动性也会影响期权价格。当标的资产可以在市场上进行交易时，交易成本为等比例交易成本；当不确定冲击来临，标的资产不能再进行交易，此时假设交易成本为无限大，则投资者不能进行任何交易。这样的假设更加符合市场的实际情况。

最后用数值模拟方法对期权价格区间进行了计算，模型能根据市场冲击的大小(通过参数设置)给出更为一般的期权定价区间，能够为投资者对期权进行更准确的定价提供参考，从而更好地进行风险管理。

【注】本文受广东省自然科学基金(编号：S2011040003193)、国家自然科学基金(编号：11001179)、深圳大学人文社会科学基金(编号：09QNCG15)资助。

主要参考文献

1. Black F., Scholes M.. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. Journal of Political Economy, 1973; 81

2. Hodges S. D., A. Neuberger. Optimal Replication of Contingent Claims under Transaction Costs. Review of Futures Markets, 1989; 8