

基于信息传导的期权对股票市场稳定性影响^①

赵尚梅¹, 孙桂平^{1, 2}, 杨海军^{1*}

(1. 北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100191; 2. 上海国际集团博士后工作站, 上海 200041)

摘要: 通过计算金融的方法构造了引入期权交易的人工股票市场模型, 构建了包含衍生品交易的相对完整的金融市场. 模型在期权交易模块中引入了不同类型的期权交易者, 使用基于多主体的撮合交易机制来完成期权定价, 并基于信息传导建立股票市场和期权市场之间的双向联系. 实验结果表明期权的引入导致股票市场的波动性增强, 股票收益率尖峰厚尾现象有所降低, 但波动性聚集增强. 此外期权市场的信息量和期权交易者类型也会对股票市场产生显著影响.

关键词: 人工股票期权市场; 稳定性; 信息传导

中图分类号: F830.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2015)06-0084-11

0 引言

随着金融创新的不断发展, 作为金融创新产物的金融衍生品在金融市场中交易的种类和交易量也不断增多, 金融衍生品市场的规模已经变得越来越庞大, 对世界经济的影响也更加深远, 金融创新也受到了较多的关注. 尤其是2008年全球金融危机发生, 使得金融创新吸引了全世界的目光.

在分析金融危机发生的原因时, 金融衍生品常常是关注的焦点. 有些人将金融危机发生的原因归结为金融衍生品失去了控制, 金融衍生品加剧了市场的不稳定; 而另一些人却持相反的观点, 他们认为金融衍生品本身没有问题, 可以起到稳定金融市场的作用, 是金融监管出现了问题. 由此可见, 争论的根源主要在于人们对金融衍生品和其标的资产之间的关系上存在分歧. 在这一大的背景下, 本文试图从计算金融的方法出发, 构建包含金融衍生品交易的人工金融市场, 展开金融衍生品对金融市场的影响研究. 实际市场中金融衍

生品的种类较多, 考虑到股票期权市场是金融衍生品市场的重要组成部分, 而学者对股票期权的争论也较多, 因此本文将股票期权为例展开研究.

1973年世界首家场内期权交易所——芝加哥期权交易所成立, 开始进行标准化股票期权合约的交易, 其期权定价基于B-S-M期权定价公式^[1], 由于标准化期权合约对期权交易带来很大的便利, 因此期权市场在世界范围内获得了迅速的发展. 期权市场的异常繁荣也催生了大量针对期权市场的研究, 其中包括股票期权市场对股票市场的影响, 然而由于两者之间的关系非常复杂, 尽管有许多学者对此进行了研究, 但是并未达成一致结论.

一些研究者发现期权交易的引入对股票市场产生了积极的影响. 例如, Hakansson^[2]和Ross^[3]发现期权的引入可以增加投资者的投资策略集, 从而改进了金融市场的不完全性, 期权交易可以减少股票市场的波动性. John等人^[4]引入了包含

① 收稿日期: 2012-10-03; 修订日期: 2013-05-10.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71171010; 70973007; 71373017); 教育部人文社科基金资助项目(09YJA630006); 上海市博士后科研资助计划资助项目(14R21421400).

通信作者: 杨海军(1970—), 男, 天津人, 副教授. Email: navy@buaa.edu.cn

信息主体的模型,发现公共信息的增加可以使股票市场变得更为有效. Kumar 等人^[5]发现期权可以为股票市场带来更高的流动性和更高的定价效率. 除上述研究者外,还有一些研究者也得出类似的结论^[6-8].

与此相反,一些研究者却认为期权会给股票市场带来不稳定因素,增加股票市场的波动性. Heer 等人^[9]的研究显示期权引入后股票收益率的方差增加. Wei 等人^[10]也认为期权的引入会导致股票波动率增加.

除上述观点外,还有部分研究者认为期权的引入对股票市场没有直接且显著的影响. 例如, Bollen^[11]认为期权的引入并不会显著的影响股票收益率的方差. Kabir^[12]也研究了引入期权带来的影响,结果显示股票价格有明显的下降,但是波动率却没有显著的变化.

上述研究者采用的都是相对传统的方法. 近年来,基于主体(agent-based models)的计算实验金融方法被广泛应用于经济和金融领域的相关研究^[13,14]. 基于主体的金融模型的基本假设从经典代表性的理性主体向有限理性的异质主体转变,后者采用经验方法对经济形势进行预测. 目前用来研究金融市场的基于主体的模型主要有 SFI-ASM(Santa Fe Institute Artificial Stock Market)和 GASM(Genoa Artificial Stock Market)等,大部分国内外研究者基于上述两个模型对相关经济金融问题进行研究^[13-21].

在期权市场对股票市场的影响方面,目前相关的研究工作很少. 只有 Sabrina 等人^[14]利用基于异质主体的模型研究了该问题,其研究结果显示期权引入后,股票价格的波动减小,期权套保策略对交易者的财富影响很大. 就目前来看,其研究工作存在一些局限性. 例如模型中股票没有红利支付,但是在现实市场中股票一般会定期支付红利. 此外,期权的交易者仅仅允许从做市商手中买入期权而不能卖出期权,且期权的价格完全由 B-S-M 公式决定,不考虑期权供需的影响. 为了克服上述局限性,本文将在 SFI-ASM 股票市场的基础上,引入股票期权交易,并允许交易者买卖期权,改进期权的定价机制,从而构建出更加符合实际的股票期权市场,然后利用该模型对本文关注的问题进行研究.

1 模型

1.1 股票交易模块

股票交易模块基于 SFI-ASM,该模块中共有两种资产进行交易:股票与无风险资产. 无风险资产每期的利率 $r_f = 0.1$. 股票每期的红利为

$$d_t = \rho d_{t-1} + (1 - \rho) \bar{d} + \varepsilon_t \quad (1)$$

其中 $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$, ρ 和 \bar{d} 为常数.

模型中有多个投资主体,都是风险厌恶的,他们的投资决策是使得下一期财富值的期望效用最大. 本期股价、下期股价和红利,以及对下期股价和红利的预测方差都会影响到投资主体在本期的股票投资决策,决策时投资主体会对下期股票价格和红利进行预测,下期股价和红利的期望值为

$$E_t(p_{t+1} + d_{t+1}) = a(p_t + d_t) + b \quad (2)$$

其中 a 和 b 是预测参数,每个投资主体都有多条预测规则,对应于不同的股票市场状况. 当投资主体进行决策时,他们会挑选出最符合当前股票市场状况的规则来进行预测. 股票市场状况包括以前的股票价格和股票红利的时间序列的信息. 每隔一段时间,投资主体会利用遗传算法对预测规则集合进行更新来适应股票市场的变化. 每期交易完成后投资主体对预测规则的方差和强度进行更新.

在每期交易中,股票做市商首先给出当期股票参考报价,并汇总所有投资主体在此价格下需要交易的头寸,得到股票市场总的供需状况,并不断调整股票报价来影响股票供需,当供需达到平衡时的价格就即为当期股票市场价格.

SFI-ASM 的一个重要特性是,如果所有的投资主体都是同质的,那么随着时间的推移,系统会收敛到一个线性的理性预期均衡状态(rational expectation equilibrium, REE). 此时股票价格仅是当期股票红利的线性函数,与市场中的过去信息无关, $p_t = f d_t + e$, f 和 e 为参数,此时股价也可以称为理性预期价格.

1.2 期权交易模块

1.2.1 期权的基本参数

本文所用的期权为欧式期权,将期权的生命期设为 60 天,相当于实际市场中 3 个月的期权,

模型每个交易周期视为一天. 模型中包括看涨和看跌两种期权, 它们的标的资产都为股票资产. 投资主体每期可以同时交易这两种期权, 进行买入或卖出操作.

期权的执行价格在新期权发行时设定, 在整个生命期内保持不变. 期权的执行价格等于股票价格加减常数 θ , 看涨期权执行价格 $X = p_t + \theta$, 看跌期权执行价格 $X = p_t - \theta$. θ 的取值根据股票价格的大小决定^[22], 在本文中 θ 值取为 1.5.

1.2.2 期权交易者类型

在模型中期权交易者被分为三种类型, 分别是随机交易者、投机交易者和套保交易者.

随机交易者代表了现实市场中存在的噪声交易者, 他们在做出买入、卖出或持有决策时, 是完全非理性的. 金融市场中噪声交易者的存在可以使得价格和风险水平偏离预期, 即使市场中的其它交易者是理性的^[23]. 在本文模型中随机交易者以 0.5 的概率买入或卖出随机数量的期权.

套保交易者通过持有股票期权来对冲持有股票的风险. 在模型中他们可以选择买入看跌期权或者卖出看涨期权来对冲. 套保交易者在选择期权对冲时可能由于资金、保证金或者交易的期权数量的限制, 使得不一定能完全对冲股票风险. 套保者本期的期权需求为

$$d_t = S_t - \sum x_{t-1} \tag{3}$$

其中 d_t 表示本期的期权需求, S_t 表示本期持股量. x_{t-1} 表示前一期持有的期权合约量, 如果买入看涨期权或者卖出看跌期权, 则该项为负, 反之为正.

投机交易者与套保交易者完全相反, 这些交易者将选择与持有股票具有相同头寸的期权, 这样可以在股票和期权上同时获益, 当然也面临两者的共同损失. 投机者本期的期权需求为

$$d_t = S_t + \sum x_{t-1} \tag{4}$$

其中公式(4)与公式(3)参数的含义相同.

1.2.3 期权做市商

模型中引入了期权做市商, 负责完成期权的定价、交易、盯市和执行. 在本文模型中, 期权做市商不直接买卖期权, 在交易中起中介作用.

1) 期权定价

在每期期权交易时, 投资主体首先给出期权

合约的需求量和报价. 众所周知, 期权价格可以通过 B-S-M 公式计算得到, 该公式中仅有一个不确定的参数——波动率, 它也是实际交易中需要经常估算的参数. 模型中投资主体通过预测波动率来得到期权的报价. 波动率预测值通过公式(5)给出.

$$\sigma_t = \begin{cases} \sigma_{h,t-1} + \alpha \varepsilon_t^1 & \text{投机交易者} \\ \sigma_{c,t-1} + \beta \varepsilon_t^2 & \text{套保交易者} \\ \frac{1}{2}(\sigma_{c,t-1} + \sigma_{h,t-1}) + \gamma \varepsilon_t^3 & \text{随机交易者} \end{cases} \tag{5}$$

其中 σ_t 是本期波动率预测值, $\sigma_{c,t-1}$ 是根据以前股票价格序列得到的波动率, 其中计算时用到的序列长度与期权剩余有效期相等, $\sigma_{h,t-1}$ 是根据上期期权价格得到的隐含波动率. $\varepsilon_t^i \sim N(0, 1)$, $i = 1, 2, 3$. 该随机变量加入的目的是增加交易者的异质性, 保证期权能够顺利成交. 为了体现不同类型交易者的特征, 设定 $\alpha > \gamma > \beta$, 这样投机交易者会看重期权价格的短期变化, 而套保交易者则关注期权价格的长期变化, 这也符合现实市场的情况.

期权做市商汇总每个投资主体对股票期权的供需情况, 得到总供给和总需求曲线, 从两条曲线的交叉点上就能得到期权的市场价格和成交量.

2) 期权盯市

为了与现实市场一致, 加入了期权盯市环节, 在当期股票交易后和期权交易前进行. 模型中每位投资主体都在做市商处开设保证金账户, 如果卖出期权, 那么需要在保证金账户上存入保证金, 以确保该期权合约到期时能顺利执行. 如果买入期权, 则不需要存入保证金. 模型中采用的是无保护期权的保证金模式. 如果保证金账户余额不满足要求时, 投资主体将被要求补交保证金, 否则期权合约将被平仓. 投资主体保证金账户余额过多时, 也可以转出多余资金用于投资.

3) 期权执行

在期权到期日所有的价内期权合约都被执行, 此时合约双方进行股票和现金的交换. 如果合约一方没有足够的股票完成交易, 那么剩下的合约通过现金交割.

为了更好的研究期权对股票市场的影响, 模

型中每期的股票交易和期权交易不是同时进行, 期权交易在股票交易之后进行。

1.3 股票市场和期权市场之间的双向传导

前文已经对模型的两大模块进行了说明, 模型中股票对期权的影响机制是显而易见的, 每期股票价格和投资主体的持股量直接影响了随后的股票期权交易。而期权市场对股票市场的影响并不明显。在期权交易中, 期权合约的成交和执行使得合约双方的持股量和现金发生变动。下面将分析这种变动对股票交易的影响。

根据 SFI-ASM 模型, 决定投资主体股票持有量的唯一变量是本期股票价格, 下期股价和红利可以由本期股票价格预测得到, 而投资主体上期财富值和持股量对本期的股票需求没有影响。而期权交易影响的是投资主体的持股量和现金, 所以期权交易对股票市场的影响不能得到体现, 下面通过实验来进行验证。

实验中先不引入期权交易, 模型稳定运行一段时间后, 再将股票期权交易引入, 通过对比期权引入前后股票市场的变动情况来分析股票期权对股票市场的影响, 实验结果如表 1 所示。

表 1 股票期权引入前后股票市场各统计量

Table 1 The statistics of stock market

	无期权	有期权	有期权/无期权
股票价格均值	89.79	89.33	0.994 9
股票价格方差	10.47	10.28	0.981 9
股票价格偏度	-0.311 8	-0.324 2	1.039 8
股票价格峰度	3.379 2	4.046 2	1.197 4
成交量均值	15.21	15.26	1.003 3
成交量方差	231.64	228.65	0.987 1
收益率均值	0.105 6	0.106 1	1.005 0
收益率方差	0.000 347	0.000 395	1.138 3
收益率偏度	-1.390 7	-1.638 3	1.178 0
收益率峰度	24.09	22.51	0.934 4
Hurst 指数	0.515 4	0.504 1	0.978 1

表 1 中的 Hurst 指数是由 Hurst^[25]、Hurst 和 Black 等^[26] 提出利用重标极差 (R/S) 分析法对非线性随机时间序列进行分析时所用的指数。当 Hurst 指数等于 0.5 时, 一般认为时间序列是随机序列, 序列中的数据彼此互不相关; 当 Hurst 指数大于 0.5 时, 则认为时间序列具有记忆特征, 即数据具有保持前一状态的持续性; 当 Hurst 小于 0.5

时, 认为时间序列呈现出逆状态特征, 即下一时刻数据具有与前面数据相反变动的特性。徐龙炳和陆蓉^[27]、张维和黄兴^[28] 计算了我国沪深指数的日和周收益率序列的 Hurst 指数, 结果显示该指数均大于 0.5, 说明我国证券市场呈现出记忆性特征。

由于在金融市场中, 大多数情况下的收益率序列存在着自相关的特性, 这种线性关系往往会导致在进行 Hurst 指数估计时发生第一类错误, 而 AR(1) 过程的残差能够消除这种自相关性, 从而更好地揭示数据的内在特征^[26]。因此通常情况下需要使用 AR(1) 过程的残差来消除这种自相关性。本文在进行 Hurst 指数估计时, 首先将对数收益率序列进行 AR(1) 回归, 然后获得残差序列, 进而对残差序列进行 Hurst 指数估计。本文在计算 Hurst 指数时, 采用的股票收益率子序列的长度分别为 (10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 64, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 625, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 4 000), 共 25 个数据通过回归得到 Hurst 指数。

表 1 中第四列数据为某个统计量的有期权与无期权的对比值, 从表 1 中的数据可以看出, 7 个统计量的变化在 4% 以内, 其中 3 个统计量的变化在 1% 之内。而股票价格的峰度以及收益率的方差、峰度和偏度则变化较大, 这四者变化大的原因在于跳过程的引入, 跳过程会在论文后面部分提及。在模型中, 跳过程的引入是随机发生的, 跳过程发生的频率和强度都为随机变量, 所以导致在数据统计时, 两者之间存在差别, 如果计算所用的数据序列长度增加, 那么这种差别也将逐渐减小, 这个趋势可以从均值变化很小的结果上看出。

由此可见, 上述统计结果证实了本文对模型的猜测, 即投资主体的财富和持股量对股价时间序列没有显著的影响, 这种情况与现实世界相违背。可见在现有模型中, 期权市场和股票市场的影响是单向的。为解决这一问题, 本文从信息传导的角度来构造期权对股票的影响机制, 建立两者之间的双向传导关系。

众所周知, 信息在资产定价中起到了非常重要的作用, 在本文的股票交易模块中, 投资主体在制定决策时需要考虑以前的股票价格和股票红利的信息来对未来股票的价格和红利做出预测。在

引入期权市场后,投资主体也应该考虑期权市场的信息,即期权价格及成交量等所包含的信息对未来股价和红利的变动所造成的影响,这样就可以将两个市场的信息融合在一起,充分发挥信息在金融市场中的作用.期权市场信息将通过公式(2)引入到股票交易者对未来股价和红利的预测中来影响其投资决策,公式(6)为股票交易者对下期股价和红利的期望值.

$$E_i(p_{1,t+1} + d_{1,t+1}) = (a + \delta_{t-1})(p_t + d_t) + b \tag{6}$$

$$\delta_{t-1} = \mu(\kappa_1\varphi_{t-1} + \kappa_2\varphi_{t-2} + \dots + \kappa_s\varphi_{t-s}) \tag{7}$$

其中添加项 δ_{t-1} 表示期权市场历史数据所包含的综合信息. μ 为大于零的权重系数,表示期权市场对股票市场的影响程度,该值越大,影响也越大. φ 表示某期的期权市场信息.模型中包含之前 s 期的期权市场信息, $\kappa_1, \kappa_2, \dots, \kappa_s$ 是每期的权重系数,可以不相等,它们之和为 1.

$$\varphi_{t-1} = 0.25\psi_{t-1,1} + 0.25\psi_{t-1,2} - 0.25\psi_{t-1,3} - 0.25\psi_{t-1,4} \tag{8}$$

其中 $\psi_{t-1,1}, \psi_{t-1,2}, \psi_{t-1,3}$ 和 $\psi_{t-1,4}$ 分别表示 $t-1$ 期的看涨期权的价格信息、交易量信息以及看跌期权的价格信息、交易量信息.这些信息的重要程度相同,具有相同的权重系数.

$$\psi_{t-1,i} = \begin{cases} 1 & x_{t-1,i} > x_{t-2,i}, x_{t-2,i} > x_{t-3,i} \\ -1 & x_{t-1,i} < x_{t-2,i}, x_{t-2,i} < x_{t-3,i} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \tag{9}$$

其中 $x_{t-1,i} (i = 1, 2)$ 分别表示 $(t-1)$ 期的看涨期权价格和看涨期权成交量.

基于金融衍生品的价格发现作用,本文将期权信息以上述方式引入模型中,从而基于信息传导机制建立了相对完整的股票期权市场.从公式(9)可以看出,如果看涨期权的价格或者成交量在过去两期内连续增加,那么视为股票的利好信息,将有助于推动股价上升,反之亦然.看跌期权的价格和交易量的信息表达与看涨期权类似,只是符号相反.

1.4 复合泊松过程

在现实金融市场中,由于突发因素的存在,股票价格有时会突然发生剧烈的变化.为了模拟这一情景,本文在股票红利过程中引入跳过程,即引

入外部信息,这些信息可以是利空,也可以是利好.为了保持系统稳定,红利过程中跳跃不能出现得太频繁,也不能幅度过大.

跳过程用复合泊松过程构造,模型中首先构建泊松过程,引入一系列服从指数分布的随机变量 $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots$, 他们满足独立同分布,均值为 $\frac{1}{\lambda}$. 假设在 $\tau_i (i = 1, 2, \dots)$ 时刻,产生幅度为 1 的跳动形成泊松过程,记为 $N(t)$, 其强度为 λ . 复合泊松过程可以表示为 $Q(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} Y_i, t \geq 0$, 其中 $N(t)$ 是泊松过程,其强度为 $\lambda, Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_i$ 是独立同分布的正态随机变量, $Y_i \sim N(0, 0.7225)$.

表 2 红利和股价的统计量

Table 2 The statistics of dividend and stock price

	旧红利过程	新红利过程	旧股票价格	新股票价格
均值	9.99	9.99	97.71	96.70
方差	0.079	0.140	4.520	9.036

复合泊松过程引入后,进行了相关实验,实验中未引入期权交易,实验结果见表 2,可以看出复合泊松过程引入后,股价均值变化小,方差变化大,股价的变化幅度大于红利的变化幅度,这些改变说明了股价的跳跃性变动的增多,股票市场与现实中的情况更为接近.

到此为止,本文的模型构建完毕,接下来将利用该模型通过一系列的实验来展开研究.

2 实验

2.1 实验参数

模型中投资主体的数量为 200,每个投资主体都可以进行股票和期权的交易.股票模块中可交易的股票数量为 200 股,每个投资主体的预测规则数量为 100,初始现金为 20 000,其它参数见表 3.

期权交易模块参数见表 4,“开始时间”是期权交易开始的时间,通过设置该参数,可以在股票市场比较稳定后,再引入期权交易,此外还可以通过该参数在同一实验中对分析期权引入前后的影响.模型中 1 份期权合约的标的资产是 1 股股票,合约的份数允许有小数.模型中不同类型期权交易者的比例相等.

表 3 股票交易模块的参数值

Table 3 Parameter values of stock trade module

参数	数值	参数	数值
\bar{d}	10.0	a	0.95
ρ	0.95	b	4.505 3
$D(d_t)$	0.146 3	$a \text{ range}$	0.7 - 1.2
f	6.333 3	$b \text{ range}$	-10.29 - 19.71
e	16.773 2		

表 4 期权交易模块的参数值

Table 4 Parameter values of option trade module

参数	数值	参数	数值
开始时间	10 000	γ	0.5
λ	0.01	μ	0.02
α	0.6	s	6
β	0.4		

2.2 模型的稳定性

首先分析模型的稳定性。实验中模型运行 10 000 代之后期权开始进行交易,多次实验结果显示,当模型超过 20 万代时模型依然保持稳定。股票的市场价格从 5 000th 开始保持稳定。当从 10 000th 开始期权交易时,股票价格的稳定性并没有显著变化,依然保持相对稳定。从每个投资主体的预测偏差来看,预测方差 5 000th 之前与股票价格类似,变动很大,但之后慢慢变小,随着股票价格趋向稳定,50 000th 之后每个投资主体的预测方差都小于 2.0。从稳定性上看,本文的模型是合理的。

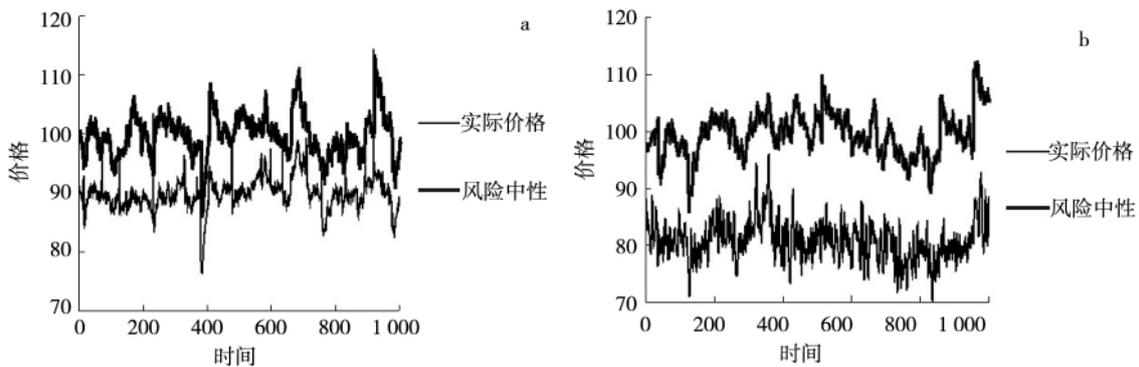


图 1 股票价格时间序列

(a: 未引入期权; b: 引入期权)

Fig. 1 The price time series of stock

表 5 股票价格和交易量的统计值

Table 5 The statistics of stock price and trade volume

	无期权的 股票价格	有期权的 股票价格	无期权的 成交量	有期权的 成交量
均值	89.81	80.12	14.81	11.96
方差	10.40	20.31	230.12	115.98
峰度	4.52	3.45	—	—

2.3 期权市场对股票价格和成交量的影响

为了便于直接比较,取 100 000 为开始时间,在这之前不引入期权交易,100 000th 之后才引入期权交易。

图 1 是从股票价格时间序列上随机截取的两个片段,从图中可以看出两者之间存在很大差异。期权交易引入后,股价波动增强,股票市场价格 (p_t) 和风险中性价格 (d_t/r_f) 之间的差距增大。采用数据长度为 50 000 时计算相关统计量,结果见表 5。

从股价来看,期权交易引入前后的差距更为明显,表现为均值减小,峰度减小,方差则大幅增加。从股票成交量来看,成交量均值下降,与股票价格不同的是,其方差也大幅下降。这说明,持有股票风险的增加和相对不稳定的股票价格促使投资主体更倾向于持有无风险资产,这导致了股票成交量稳定下降。

从实验结果可以看出,在本文模型中期权的引入并没有使得市场更加稳定,相反,股价的波动反而增大了,持有股票风险的增加,导致股票的平均价格下降。指出的是,在未引入期权交易前,股票的价格已经达到 REE 相对稳定的状态,引入期权后,虽然模型最终也达到稳定状态,但此时股票价格已经偏离了 REE 状态,尽管股票市场价格和风险中性价格之间的变化趋势是一致的。

2.4 期权市场对股票的收益率和波动性的影响

期权对股票收益率的影响主要考察收益率的尖峰厚尾分布和波动性聚集这两个方面,下面首先分析股票收益率的尖峰厚尾分布.

现实市场中时间序列短于一个月的股票收益率并不呈现理论模型中常常假设的正态分布,具有尖峰厚尾的特征^[29].由于在风险管理上对股票风险价值(VaR)的计算要求相对精确的收益率分布,近年来,收益率尖峰厚尾的分布特征已经得到了越来越多的关注,而对该特征的解释也给大量金融经济学家造成了困扰.

股票收益率的计算一般采用对数收益率,在本文中,因为股票每期都有红利支付,所以采用的

$$r_t = \ln\left(\frac{p_t + d_t}{p_{t-1}}\right)$$

表6 对数收益率的统计值

Table 6 The statistics of stock logarithmic return

	无期权的 收益率	有期权的 收益率
均值	0.105 6	0.120 4
方差	3.46E - 04	9.37E - 04
峰度	22.14	14.49
Hurst 指数	0.538 0	0.626 6

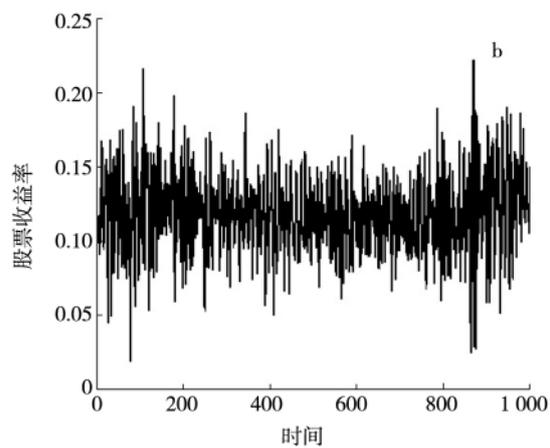
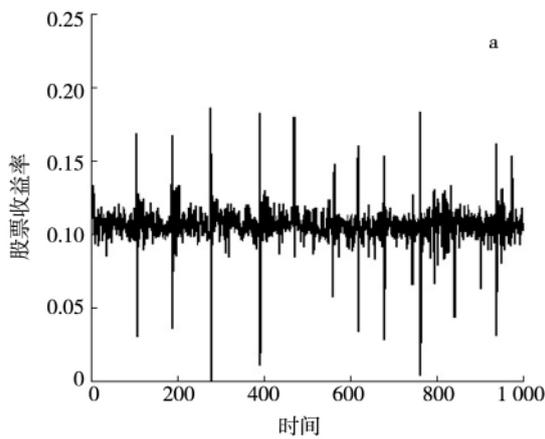


图2 股票对数收益率的时间序列

(a: 未引入期权; b: 引入期权)

Fig.2 The time series of stock logarithmic returns

图2是从股票收益率时间序列上随机截取的两段,表6是相应的统计结果,所用的序列长度为50 000.

从表6与图2中可以看出在期权引入前后的股票收益率序列存在明显差异.期权引入前,股票收益率整体变化不大,只是不定期的出现一次剧烈变动,这是由于外部信息(跳过程)的加入导致股票价格出现突变,从而使得收益率呈现明显的尖峰厚尾分布.期权引入后,股票收益率的均值和方差均增加,而峰度明显减小,尖峰厚尾分布有所降低,但仍高于正态分布.从Hurst指数上可以看出,期权市场会对股票市场中的某些冲击做出反应,且该反应具有持续性.从图形上看,引入期权后的收益率时间序列与现实情况更为接近.

接下来分析股票收益率的波动性聚集效应,对于该现象,目前理论上仍缺乏值得信服的

解释.本文采用GARCH模型来分析收益率的波动性.GARCH模型^[30]主要有两个组成部分:均值方程与条件方差协方差方程.均值方程采用ARMA模型,条件方差协方差方程采用GARCH(1,1)模型,该模型已经被Lamoureux和Lastrapes^[31]证明适合于绝大部分的金融时间ARMA(p,q)模型

$$r_t = \gamma_1 r_{t-1} + \dots + \gamma_p r_{t-p} + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \dots + \theta_q a_{t-q} \quad (10)$$

GARCH(1,1)模型

$$a_t = \sigma_t \varepsilon_t, \sigma_t^2 = c + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (11)$$

其中 r_t 为当期股票收益率, p, q 是ARMA过程的阶数. ε_t 服从均值为0、方差为1的正态分布, a_t 服从均值为0、方差为 σ_t^2 的正态分布,其它常数的取值为 $c \geq 0, \beta_1 \leq 1, \alpha_1 + \beta_1 < 1$.

首先对ARMA(p,q)模型的参数进行估计和检验,结果如下:

表 7 未引入期权的 ARMA 的参数估计值

Table 7 The parameters of ARMA model before option is introduced

参数	数值	标准差	t 检验值	概率
C	0.105 58	0.000 05	2 000.60	0.000 0
AR(1)	-0.138 86	0.012 37	-11.22	0.000 0
MA(1)	-0.232 59	0.012 15	-19.14	0.000 0

表 8 引入期权的 ARMA 的参数估计值

Table 8 The parameters of ARMA model after option is introduced

参数	数值	标准差	t 检验值	概率
C	0.119 83	0.000 86	139.74	0.000 0
AR(1)	1.718 53	0.011 29	152.28	0.000 0
AR(2)	-0.510 85	0.023 45	-21.79	0.000 0
AR(3)	-0.619 26	0.016 82	-36.82	0.000 0
AR(4)	0.409 52	0.004 99	82.12	0.000 0
MA(1)	-1.538 15	0.012 26	-125.50	0.000 0
MA(2)	0.392 18	0.023 03	17.03	0.000 0
MA(3)	0.161 74	0.011 84	13.66	0.000 0

在表 7 与表 8 中,所有参数在 1% 的水平下都是显著的.上述结果显示在引入期权后,ARMA 模型的滞后阶数明显增加,说明收益率具有一定的记忆性,从 ARMA 模型的常数项可以看到股票平均收益率在引入期权后明显增加,与上文的分析一致,其平均收益率增加约为 1.4%.

在确立 ARMA 模型后,本文对股票收益率残差进行 ARCH 效应检验,结果显示不论是否引入期权交易,股票收益率序列在 1% 的显著性水平下都存在着 ARCH 效应.接下来建立 GARCH 模型进行定量分析,结果见表 9,所有的参数在 1% 的显著性水平下都是显著的.

表 9 GARCH (1,1) 的参数估计值

Table 9 The parameters of GARCH (1,1) model

参数值	c	α_1	β_1
未引入期权交易	1.68E - 04	0.429 76	-0.005 09
引入期权交易	1.62E - 05	0.058 38	0.914 06

从表 9 中可以清楚地看到,与 ARCH 检验结果一致,不论是否引入期权交易,股票收益率的波动性聚集现象都非常明显.从具体参数值上看,在期权交易引入后,ARCH 效应的程度发生了变化.GARCH 模型中的 α_1 和 β_1 代表了波动性聚集的强度,表 9 的数据显示期权引入后, α_1 减小, β_1 增大,且 β_1 增大的幅度更大,两者共同作用的结果是波动性聚集强度增大,这说明在引入期权交易

后,股票市场的波动性聚集现象更为明显,这从侧面说明期权交易的存在是股票市场出现波动性聚集的原因之一.

2.5 期权市场信息量对股票市场的影响

在公式(7) 中期权市场信息的期数为变量,该参数可以控制期权信息量的多少,本文将通过调整该参数来观察期权市场的信息量对股票市场的影响.在各期信息权重的设置上,赋予上一期 ($t-1$) 信息以最大权重,其它权重则相等,具体参数设置见表 10.

表 10 不同信息量下的权重系数

Table 10 The weighing coefficients of information at different times

权重系数	$t-1$	$t-2$	$t-3$	$t-4$	$t-5$	$t-6$
1	1.0	/	/	/	/	/
2	0.6	0.4	/	/	/	/
3	0.5	0.25	0.25	/	/	/
4	0.4	0.2	0.2	0.2	/	/
5	0.3	0.175	0.175	0.175	0.175	/
6	0.2	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16

表 11 是根据六次实验结果计算得到的相关统计量.结果显示随着信息量的增多,股票均价增加,而方差不断减小,期权市场的信息对于股票市场具有重要作用.期权市场信息的增多可以减小股票价格波动,具有稳定股票市场的作用.从股票均价来看,期权市场的信息对股票市场的影响存在边际递减效应,即随着信息量的增多,边际信息量对股票价格的影响递减,例如期权市场信息期数从 1 增加到 2 时,股票价格增加了 10.17,而当其从 5 增加到 6 时,此时股票价格仅仅增加了 1.19.此外,表 11 中显示股价方差越大,股价越低,这与金融市场规律也相吻合.

表 11 不同信息量下的股票价格统计值

Table 11 The statistics of stock price under different information length

信息期数	1	2	3	4	5	6
均值	62.48	72.65	79.15	84.32	87.46	88.65
方差	30.81	23.17	24.78	24.92	21.22	16.67

2.6 期权交易者的比例对市场的影响

如前文所述,模型中引入了三种不同类型的期权交易者,本节将研究不同类型期权交易者的比例对股票市场的影响,本节改变交易者的比例,进行了多组实验,实验结果见表 12.

表 12 不同类型期权交易者比例的股票价格统计值

Table 12 The statistics of stock price under different proportion of option traders

比例式	均值	方差	比例式	均值	方差
0.25 - 0.25 - 0.25 - 0.25	87.197	63.410	0 - 0 - 0.6 - 0.4	91.510	13.661
0.15 - 0.15 - 0.35 - 0.35	88.038	48.726	0 - 0 - 0.5 - 0.5	89.389	16.170
0.05 - 0.05 - 0.45 - 0.45	89.737	16.555	0 - 0 - 0.4 - 0.6	89.394	14.506
0 - 0 - 0.9 - 0.1	98.431	12.975	0 - 0 - 0.3 - 0.7	89.125	14.016
0 - 0 - 0.8 - 0.2	97.487	12.718	0 - 0 - 0.2 - 0.8	89.371	14.180
0 - 0 - 0.7 - 0.3	96.462	13.062	0 - 0 - 0.1 - 0.9	89.359	16.088

表 12 中第一列的含义以“0.15 - 0.15 - 0.35 - 0.35”为例进行说明,该式表示非期权交易者、随机交易者、套保交易者和投机交易者的比例分别为 15%、15%、35% 和 35%。在实验设计上,套保交易者和投机交易者作为两类主要的期权交易者类型,他们比例的变化多于其他类型。

表 12 结果显示不同类型期权交易者的比例确实对股票市场造成了影响。可以看出随着非期权交易者和随机期权交易者比例的减小,股价均值增加,方差减小,金融市场更加稳定,这显示其他期权交易者的增加给市场带来了稳定因素。而随机期权交易者是股票市场的不稳定因素。从套保期权交易者和投机期权交易者的比例上看,套保交易者的增加有助于稳定市场,而投机交易者则起到相反的作用,这也与实际的情况类似,从侧面说明了本文模型的合理性。

3 结束语

为了研究期权市场对股票市场的影响,本文在基于 SFI-ASM 的股票交易模块上,增加了欧式股票期权交易模块,从而构成了一个相对完整的人工金融市场。在期权交易模块中,引入了三种类型的交易者;在期权定价机制上,采用了基于多主体的撮合交易机制,使模型更符合现实金融市场。

参考文献:

- [1]Black F, Scholes M S. The pricing of options and corporate liabilities [J]. *Journal of Political Economy*, 1973, 81: 637 - 654.
- [2]Hakansson N H. Changes in the financial market: Welfare and price effects and the basic theorems of value conservation [J]. *The Journal of Finance*, 1982, 37: 977 - 1004.
- [3]Ross S. Options and efficiency [J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1976, 90: 75 - 89.
- [4]John K, Koticha A, Subrahmanyam M. The micro-structure of options markets: Informed trading, liquidity, volatility and efficiency [R]. Working Paper, New York: New York University, 1994.

在期权市场和股票市场的关系上,从信息传导的角度将期权市场信息导入股票交易中,从而建立了两者之间的双向传导机制。此外,将复合泊松过程引入到股票的红利过程中,结果显示股票价格更具有突变性,与真实的金融市场更吻合。

实验结果表明期权交易导入后,确实对股票市场产生了影响,其股价均值下降,方差增加。股票收益率则呈现出收益率均值和方差增加,收益率的尖峰厚尾仍然存在,只是程度有所下降,说明期权市场对股票市场突变的反应具有持续性。此外 GARCH 模型的结果显示,期权交易引入后,波动性聚集变强,说明期权交易是产生金融市场中波动性聚集的根源之一。

在期权市场信息的影响上,结果显示与期权市场信息较少时对股票市场的影响相比,随着信息的增多,平均股票价格增加,方差下降,造成股票市场不稳定影响的程度有所降低,这说明了期权市场的信息对股票市场的重要性。信息的增多可以减少股票价格上的波动,期权市场信息对股票市场的影响呈现出边际效应递减的规律。

在不同类型期权交易者对股票市场影响方面,试验结果表明套保交易者的增加可以稳定市场,投机交易者和随机交易者对市场来说是不稳定的因素,其中随机交易者的作用更加显著。

- [5] Kumar R , Sarin A , Shastri K. The impact of options trading on the market quality of the underlying security: An empirical analysis [J]. *The Journal of Finance* , 1998 , 53: 717 - 732.
- [6] Skinner D. Options markets and stock return volatility [J]. *Journal of Financial Economics* , 1989 , 23: 61 - 78.
- [7] Conrad J. The price effect of option introduction [J]. *Journal of Finance* , 1989 , 44: 478 - 498.
- [8] Sorescu S M. The effect of options on stock prices: 1973 to 1995 [J]. *Journal of Financial* , 2000 , 55: 487 - 514.
- [9] Heer B , Trede M , Wahrenburg M. The effect of option trading at the dtb on the underlying stocks' return variance [J]. *Empirical Economics* , 1997 , 22: 233 - 245.
- [10] Wei P , Poon P S , Zee S. The effect of option listing on bid-ask spreads , price volatility and trading activity of the underlying OTC stocks [J]. *Reviews of Quantitative Finance and Accounting* , 1997 , 9(2) : 165 - 180.
- [11] Bollen N P B. A note on the impact of options on stock return volatility [J]. *Journal of Banking and Finance* , 1998 , 22: 1181 - 1191.
- [12] Kabir R. The price and volatility effects of stock option introductions: A reexamination [R]. Discussion Paper , Tilburg University , Tilburg , Netherland , Center for Economic Research , 1997.
- [13] LeBaron B , Arthur W B , Palmer R. Time series properties of an artificial stock market [J]. *Journal of Economic Dynamics & Control* , 1999 , 23: 1487 - 1516.
- [14] Sabrina E , Michele M , Alessio S. Modeling and simulation of an artificial stock option market [J]. *Computational Economics* , 2008 , 32: 37 - 53.
- [15] 刘文财, 张 维. 基于 Agent 的金融市场模型研究进展综述 [J]. *系统工程学报* , 2003 , 18(2) : 135 - 140.
Liu Wencai , Zhang Wei. Review on some research advances in Agent-based financial market models [J]. *Journal of Systems Engineering* , 2003 , 18(2) : 135 - 140. (in Chinese)
- [16] 刘兴华, 汤兵勇. 智能体建模和资本市场复杂性 [J]. *管理科学学报* , 2005 , 8(4) : 35 - 42.
Liu Xinghua , Tang Bingyong , Agent-based modeling and complexity of capital market [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2005 , 8(4) : 35 - 42. (in Chinese)
- [17] 张 维, 武自强, 张永杰, 等. 基于复杂金融系统视角的计算实验金融: 进展与展望 [J]. *管理科学学报* , 2013 , 16(6) : 85 - 94.
Zhang Wei , Wu Ziqiang , Zhang Yongjie , et al. Agent-based computational finance on complex financial system perspective: Progress and prospects [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2013 , 16(6) : 85 - 94. (in Chinese)
- [18] 杨 敏, 马进胜. 基于主体的人工股市建模及其实证研究 [J]. *管理科学学报* , 2010 , 13(5) : 91 - 96.
Yang Min , Ma Jinsheng. On agent-based artificial stock market modeling and its application [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2010 , 13(5) : 91 - 96. (in Chinese)
- [19] 饶育蕾, 彭叠峰, 彭 娟. 有限注意、盯市与投资者财富动态—基于 agent 的计算模拟 [J]. *系统工程* , 2011 , 29(6) : 22 - 28.
Rao Yulei , Peng Diefeng , Peng Juan. Limited attention and investor' s wealth dynamic-computational simulation based on the agent [J]. *Systems Engineering* , 2011 , 29(6) : 22 - 28. (in Chinese)
- [20] 陈 莹, 袁建辉, 李心丹, 等. 基于计算实验的协同羊群行为与市场波动研究 [J]. *管理科学学报* , 2010 , 13(9) : 119 - 128.
Chen Ying , Yuan Jianhui , Li Xindan , et al. Research on collaborative herding behavior and market volatility: Based on computational experiments [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2010 , 13(9) : 119 - 128. (in Chinese)
- [21] 张永杰, 张 维, 熊 熊. 投资策略与投资收益: 基于计算实验金融的研究 [J]. *管理科学学报* , 2010 , 13(9) : 107 - 118.
- [22] Zhang Yongjie , Zhang Wei , Xiong Xiong. Strategies and investment returns: Agent-based computational finance perspective [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2010 , 13(9) : 107 - 118. (in Chinese)
- [23] Hull J C. *Options , Futures , and Other Derivatives* [M]. 6th edn. Prentice-Hall International , Upper Saddle River , New Jersey , 2005.
- [24] DeLong B J , Shleifer A , Summers L , et al. Noise trader risk in financial markets [J]. *The Journal of Political Economy* , 1990 , 98(4) : 703 - 738.
- [25] Hurst H E. The long-term storage capacity of reservoirs [J]. *Transaction of the American Society of Civil Engineers* , 1951 ,

116: 770 – 808.

- [26]Hurst H E , Black R P , Simaika Y M. Long-term Storage in Reservoirs: An Experimental Study[M]. London: Constable , 1965.
- [27]徐龙炳,陆 蓉. R/S 分析探索中国股票市场的非线性[J]. 预测,1999,2: 59 – 62.
Xu Longbing , Lu Rong. Research on nonlinearity of Chinese stock markets with R/S[J]. Forecasting 1999 , 2: 59 – 62. (in Chinese)
- [28]张 维,黄 兴. 沪深股市的 R/S 实证分析[J]. 系统工程,2001,19(1): 1 – 5.
Zhang Wei , Huang Xing. Empirical study on the Shanghai stock exchange and Shenzhen stock exchange with R/S[J]. Systems Engineering , 2001 , 19(1) : 1 – 5. (in Chinese)
- [29]Mandelbrot B B. The variation of certain speculative prices[J]. Journal of Business , 1963 , 36: 394 – 419.
- [30]Bollerslev T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity[J]. Journal of Econometrics , 1986 , 31: 307 – 327.
- [31]Lamoureux C G , Lastrapes W D. Persistence in variance , structural change , and the GARCH model[J]. Journal of Business & Economic Statistics , 1990 , 8(2) : 225 – 234.

Stabilization effect of option market on stock market based on information conduction

ZHAO Shang-mei¹ , SUN Gui-ping^{1 2} , YANG Hai-jun^{1*}

1. School of Economics & Management , Beihang University , Beijing 100191 , China;

2. Postdoctoral Centre , Shanghai International Group Co. . Ltd , Shanghai 200041 , China

Abstract: Using methodologies in computational finance , this paper constructs an artificial stock market including stock options , forms a relative complete financial market including derivative trading. In the option trading module , different types of option traders are employed; multi-agent matchmaking tradeoff model is introduced in option pricing , based on information conduction between option market and stock market. The experiment results show that after the options being introduced , the volatility of the stock market increases , the strength of high peak and fat tail decreases , and the persistence of volatility of stock return strengthens. The amount of information of option market and the proportion of different types of option traders also have significant impact on the stock market.

Key words: artificial stock option market; stabilization; information conduction