

透明度与市场效率^①

——基于信息不对称的适应性学习研究

方立兵* , 丁 婧

(南京大学工程管理学院, 南京 210093)

摘要: 通过拓展 Pouget 模型, 考察了当所有投资者采用适应性学习(有限理性)规则更新信念时, 订单信息的透明度增加如何影响市场的价格发现效率和福利配置效率。结果表明, 透明度增加后, 市场效率大幅降低, 价格发现和福利配置都难以收敛到理性预期均衡。进一步剖析投资者的策略选择可以发现, 透明度增加后, 拥有信息优势的知情者倾向于提交对自己更加有利的订单, 而放弃均衡的交易策略; 非知情者为了规避由此带来的逆向选择风险, 也会放弃均衡策略而倾向于提交更加保守的订单, 最终导致市场效率大幅下降。

关键词: 计算实验金融; 订单簿透明度; 市场效率; 交易机制

中图分类号: F830.91 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2017)07-0043-14

0 引 言

透明度是证券市场交易机制设计的重要内容, 深刻影响市场运行的效率性和公平性。有关订单信息的透明度更是颇具争议。市场增加有关订单信息的透明度, 一方面使得投资者可以通过观察其他人的决策选择, 推断其交易动机, 进而更多的吸收其他私人信息, 更新自身的策略及价格预期, 最终提高市场的价格发现效率。另一方面知情者的信息搜寻和处理是需要付出成本的, 为了促进和维护市场的公平性, 交易所应当降低市场透明度, 以保护知情者的私人利益。但与此同时, 由于信息不对称的存在, 知情者又可能利用其信息优势采取“逆向选择”的交易策略, “掠夺”不知情者的私人利益, 从而损害市场的价格发现效率和福利配置效率。因此, 在信息不对称环境下, 二者的矛盾与权衡使得有关订单信息的透明度成为学术界和实务界争论的热点问题。特别是近年来蓬勃发展的高频交易者对高速获取深度市场行情信

息的需求旺盛, 使得对这一问题认识尤为迫切。

本文通过拓展 Pouget^[1]的研究, 构建了一个无限期重复博弈的计算实验模型, 在所有投资者采用适应性学习(adaptive learning)的信念更新规则下, 考察了每轮交易结束后, 投资者订单信息公开可观测时, 市场的价格发现效率和福利配置效率会受到怎样的影响。在此基础上, 进一步从投资者策略选择的角度, 分析了引起效率变化的行为原因。Pouget^[1]假设所有投资者基于适应性学习更新信念, 在订单信息交易后不透明的情况下, 研究了金融市场交易机制的设计问题。结果发现, 在指令驱动的集合竞价市场(call market), 经过有限轮(<200)交易后, 适应性学习(有限理性)的投资者仍将会选择符合理性预期均衡的交易策略, 市场的价格效率和配置效率也都会收敛到理性预期均衡。该文首次提出市场的交易机制设计能够弥补有限理性学习的不足, 并促成理性预期均衡。

与 Pouget^[1]的研究相比, 本文的核心理论贡

① 收稿日期: 2015-12-25; 修订日期: 2017-02-09。

基金项目: 国家自然科学基金青年资助项目(71401071); 教育部人文社会科学研究青年资助项目(14YJC790025)。

通讯作者: 方立兵(1980—), 男, 安徽舒城人, 博士, 讲师。Email: lbfang@nju.edu.cn

献在于,指出了透明度增加会大幅降低市场的价格发现效率和福利配置效率.进一步通过剖析投资者的决策选择,本文还发现,导致上述结果的原因在于,透明度增加后,在强化学习和信念学习的共同作用下,知情者更加倾向于利用自身的优势,选择偏离理性预期均衡的交易策略(订单),从而攫取更多的交易收益(trading gain);而非知情者为了规避由此带来的逆向选择风险,更加倾向于选择保守的交易策略.二者偏离理性预期均衡的交易策略,导致市场的价格发现效率和福利配置效率大幅下降.

从相关的理论文献来看,已有大量的学者采用各种数理建模方法研究了透明度对市场质量的影响,但这些理论文献大多是在投资者全部或部分为理性预期信念的框架下进行研究的.一些比较有代表性的研究如, Madhavan^[6]、Bloomfield 和 O'Hara^[5]、Rindi^[7] 和 Buti 和 Rindi^[8] 等.近期的研究,如 Cespa 和 Foucault^[9] 以及 Easley 等^[10] 考察了交易所如何披露交易价格信息对市场质量的影响. Lescourret 和 Robert^[11] 分别比较了市场透明或不透明时,交易者筛选订单(有选择性的隐藏订单,冰山订单)如何影响市场质量.与这些研究不同,本文则从所有交易者均为有限理性的角度进一步丰富了有关透明度如何影响市场效率的理论研究.

本文的订单信息透明与通常的订单簿透明所涉及的多档行情披露既有联系也有区别.前者包括了所有投资者的报价和各档报价上的累积深度,而后者仅包括多档报价及相应的累积深度.但在采用限价指令的市场中,订单的相关信息是投资者在博弈中充分考虑其他人的行动集信息而更新自身信念的重要决策依据.因此,本文的理论发现对于真实市场的订单簿披露机制仍有重要启示.从过去的经验来看,各国证券市场对于订单簿透明度进行了不同的改革实践.例如,我国股票市场曾多次致力于提升订单簿透明度,从早期仅披露 1 档最优报价到 1994 年增加至 3 档,2003 年再次增加至 5 档^[12-14],2006 年 7 月又进一步增加至 10 档,即 Level2 行情^[15].又如,多伦多股票交易所(TSE)曾于 1990 年通过建立称作 MBP(market

by price)的计算机系统,该系统实时地将有关订单簿的详细信息向公众发布,从而大幅提升了订单簿透明度^[16].纽约证券交易所(NYSE)曾于 2002 年引入开放订单簿机制,即 OpenBook^[17].以上针对透明度改革的实证研究虽然具有鲜明的现实背景和实践依据,但如何使得透明度改变前后的比较结果更加纯粹,即如何控制并剔除其他因素的共同影响,成为研究过程中的棘手问题.这些实证研究相比,本文的计算实验方法能够给出更加纯粹的研究结论.

随着实验经济学的兴起和发展,为了得到更加纯粹的结果,也有学者进行了实验室研究.例如, Bloomfield 和 O'Hara^[5, 18] 采用实验方法分别考察了不同透明度市场间的竞争结果,以及市场透明时对哪些交易者有利,对哪些交易者不利. Bloomfield 等^[19] 采用实验的方法研究了在限价指令簿环境下,当市场允许投资者隐藏部分订单(冰山订单)甚至完全隐藏订单的情况下,交易者的行为策略和市场效果. Biais 等^[20] 在图卢兹大学的实验室里,以 204 名学生为被试,研究了开盘透明度的设计问题. Gozluklu^[21] 也通过实验发现市场参与者并不倾向于提升透明度,且如果规则允许他们偏好于选择隐藏或部分地隐藏自己提交的订单.基于实验室的研究方法虽然比实证研究具有更加纯粹的实验环境,但对于被试的行为决策仍然很难进行有效的控制.与此不同,本文所采用的基于 Agent 的计算实验方法,不仅具有类似纯粹的实验环境,其实验过程对参与者的行为决策还具有更强的可控性.

在研究主题和研究方法上,与本文较为类似的研究有马正欣等^[22] 和 Kovaleva 和 Iori^[23] 等.马正欣等^[22] 采用计算实验方法的研究结果表明,适度增加订单簿透明度有利于市场价格发现,但在订单簿透明度过高的市场中,订单簿透明度增加后价格发现程度变化较弱甚至反而有所降低.本文的研究给出了类似的结果,但是,与马正欣等^[22] 的研究相比,本文进一步从投资者决策选择的角度分析了投资者订单信息的透明性增加如何影响市场效率,尤其是投资者行为决策发生了怎样的变化.这也是本文相对于 Kovaleva 和 Iori^[23]

的创新之处。

本文的透明度是针对交易结束后投资者的订单信息是否公开可得。这对近年来大量高频交易和算法交易技术对深度行情数据需求迫切,以及交易所公开披露或发售高频数据等现实问题都具有一定的参考价值。此前,美国证监会(SEC)就曾对交易所数据的公开披露或出售问题展开了讨论。2010年,纽约泛欧(NYSE Euronext)、NASDAQ、德意志交易所集团(Deutsche Börse)和东京股票交易所在平均约有19%的收益来自出售数据所取得的收益。2012年9月14日,华尔街日报(Wall Street Journal)报道 SEC 因纽交所(NYSE)向专门用户输送特殊市场数据而开出500万美元的罚单。这都涉及到交易后信息的透明度如何设计。对于以上现实问题,本文的研究结论预示着,在交易结束后公开披露或发售订单信息,会为知情交易者更好地利用自身信息优势、攫取更多的私人利益提供便利,进而损害市场的价格发现效率和福利配置效率。这也对 Angel 和 McCabe^[24]以及 Hoffmann^[25]针对高频交易者能够更快速获取市场其他投资者的订单信息,从而攫取更多私人利益等相关文献进行了补充。

本文的订单信息透明度增加后,投资者不仅能够观察到订单的买卖报价和交易方向,也能观察到订单来源信息。这对国际证券交易所关于交易匿名性的设计也有一定的参考价值。纽约证券交易所(NYSE)于2002年引入开放订单簿(open book)机制后,又于2007年1月引入混合交易系统(hybrid trading system),即大厅交易(floor-based trading)和电子自动化交易相结合。二者的显著区别是,基于传统的大厅交易,人们可以获悉订单经纪商的身份,即不具有匿名性,而电子自动化交易却是匿名的。随着电子通信技术的不断发展,基于中心化的网络交易系统不断涌现。与传统的大厅交易不同,这些现代化系统的显著特点之一是交易者提交的订单具有匿名性。泛欧巴黎证券交易所、法兰克福交易所、澳大利亚证券交易所和NASDAQ等都先后取消了订单的交易商身份信息,转为匿名交易。针对以上国际市场透明度降低的研究^[26-29]也给出了转为匿名交易有利于缩

窄价差、改进价格发现效率的证据。这与本文订单信息透明后定价效率大幅下降是一致结论的正反面。

对于监管层而言,监管实践通常致力于提升市场的透明度。特别是2008年金融危机后,监管层的深刻反思再次将增加市场透明度提升到关乎金融系统性风险的高度。例如,国际证监会组织(IOSCO)强调,市场不够透明是促成本轮金融危机的关键因素之一;为了缓解系统性风险,证券监管者必须在促进市场透明方面扮演基本角色,提高整个市场的透明度和信息披露水平^[30]。金融稳定理事会(FSB)、国际货币基金组织(IMF)和国际清算银行(BIS)也在其为G20峰会准备的报告中指出,应当努力推广使用有组织的交易平台,增加交易前和交易后的信息透明度^[31]。然而,本文的结果预示着监管层可以要求市场向其增加透明度以便更有效的实现监管目的,但不宜延伸至公共交易层面。

1 模型设计

1.1 市场结构和交易机制

这里的基准模型与 Pouget^[1]类似,考虑如下纯交换经济,一个真实价值为 v 的资产 v 是随机变量;每轮交易开始时事先给定 v 值;8个代表性投资者(参与主体,Agent)其中,知情者和非知情者各有4个,知情者在交易开始时即能获悉资产的真实价值 v ,非知情交易者则不能;4个知情者(非知情者)可以分成2个买者、2个卖者。于是,这个经济中的投资者结构可以用图1表示。

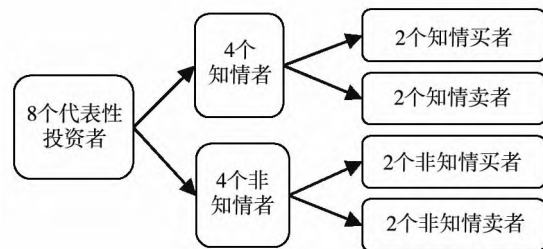


图1 实验环境中的投资者结构

Fig. 1 The structure of investors in the experimental environment
所有投资者期初的现金和风险资产禀赋均为

0; 市场允许卖空, 投资者没有预算约束. 市场交易机制考虑电子指令驱动的场内市场使用较为普遍的订单驱动的集合竞价机制(call market). 在此机制下, 每轮交易开始时, 所有投资者提交限价指令, 指令仅在本轮交易中有效. 交易结束前, 投资者不能看到订单信息. 在不影响主要结果的前提下, 为了简化模型, 借鉴 Pouget^[1]的做法, 假设指令规模为 1 个单位的风险资产, 申报价格为 1~9 的任意一个自然数. 所有投资者提交的订单被集中起来计算加总的供需曲线, 并以成交量最大的价格为交易价格. 如果有多个价格满足该条件, 则以其中超额需求最小的价格作为成交价格. 如果仍然有多个价格满足上述条件, 则在其中随机选择一个价格作为最终的成交价格. 此时, 如果存在非 0 的超额需求, 则采用随机配给的方式结束交易. 每轮交易结束后, 市场向所有投资者公布本轮成交价格和真实的资产价值, 投资者据此计算各自所获得的支付.

设交易结束的成交价格为 p , 投资者 i 的订单是否成交为 d_i , $d_i = 1$ 表示订单成交, 否则 $d_i = 0$. 则对于买者而言, 其获得的支付为 $d_i(v + x - p)$, 而对于卖者而言, 其获得的支付为 $d_i(p - (v - x))$, 其中 x 表示投资者完成交易后获得的私人价值. 为了使得 N 轮交易后均衡价格唯一, x 的取值小于价格变动的最小单位. 作为初步的结果, 先取 $x = 0.5$, 后续的稳健性检验进一步考虑 x 随机取值的情形. 在此设定下, 只要限价买单(卖单) 不低于(不高于) 成交价

$$A_i^j(t) = \frac{\phi \cdot N(t-1) \cdot A_i^j(t-1) + [\delta + (1-\delta) \cdot I(a_i^j, a_{-i}(t))] \cdot \pi_i(a_i^j, a_{-i}(t))}{N(t)} \tag{1}$$

$$N(t) = \rho \cdot N(t-1) + 1, t \geq 1 \tag{2}$$

其中参数 ρ 和 ϕ 分别表示前期的经验和选择倾向对本期经验和选择倾向的影响, 被称为折扣系数或遗忘系数; $N(t)$ 表示第 t 轮交易之前观察经验的次数; a_i^j 表示投资者 i 选择报价 j 的行动方案, $i = 1, 2, \dots, 8; j = 1, 2, \dots, 9$; $a_i(t)$ 表示投资者 i 在第 t 轮交易中选择的行动方案; $a_{-i}(t)$ 表示除投资者 i 外, 其他投资者在第 t 轮交易中选择的行动方案; $\pi_i(a_i^j, a_{-i}(t))$ 表示在其他投资者选择行动方案 $a_{-i}(t)$ 的情况下, 投资者 i 选择报价 j 所获得的支付; $I(\cdot)$ 为指示函数, 当 $a_i^j = a_{-i}(t)$ 时取 1, 否则取 0.

格, 投资者的订单就能成交(除非存在超额需求) 并获得相应的支付.

交易结束后, 投资者依据其获得的支付和学习规则更新交易策略. 然后, 开始新一轮的订单提交与撮合交易, 如此往复. 从这里可以看出, 本文的模型是一个无限期的重复博弈模型. 由于在此模型中, 投资者只能提交限价指令, 因此所有高于市价的买单和低于市价的卖单应当被视为“准市价订单”(quasi market order).

1.2 投资者的学习行为和交易策略的选择

投资者通过交易学习经验并更新自己的订单提交策略. 如前所述, 所有投资者的买卖方向和订单规模都是给定的, 仅申报价格, 取值为自然数 1~9. 在任意一轮交易中, 任一投资者的策略空间都只包括 9 种行动方案, 即报价 $j, j = 1, 2, \dots, 9$. 记投资者 i 在第 t 轮交易中选择第 j 种报价的倾向(attraction) 为 $A_i^j(t)$. 投资者通过适应性学习规则更新选择倾向 $A_i^j(t)$. 根据 Camerer 和 Ho^[3]提出的适应性学习模型, 认为人们的学习过程包括两种规则, 一是基于强化的学习规则, 即某行动方案在前一轮交易中成功了(获得正的支付), 在下一轮交易中被选择的倾向会增加, 否则会减少; 二是所谓的基于信念的学习规则, 即假想在前一轮交易中某个实际没有选择的行动方案被执行并获得成功, 则在下一轮交易中选择该行动方案的倾向会增加, 否则会减少. 根据这两种学习规则, 构造如下 $A_i^j(t)$ 的更新公式.

在此设定下, 参数 δ 的取值控制了投资者的学习行为遵从怎样的规则. 当 $\delta = 0$ 时, 投资者只会强化第 t 轮交易中选择且成功执行(获得正的支付) 的行动方案 $a_i(t)$. 当 $\delta > 0$ 时, 投资者同时具备强化学习和信念学习. 即第 t 轮交易中没有选择的行动方案, 如果在假想的情况下能够成功执行则该行动方案的选择倾向也会增加. δ 控制了两种学习规则对选择倾向的权重. 投资者 i 在第 $t + 1$ 轮交易中选择报价 j 的概率由选择倾向 $A_i^j(t)$ 转化而得. Camerer 和 Ho^[3]通过实验证明 Logit 函数是拟合最好的一种方法.

$$P_i^j(t+1) = \frac{e^{\lambda \cdot A_i^j(t)}}{\sum_{k=1}^9 e^{\lambda \cdot A_i^k(t)}} \quad (3)$$

其中参数 λ 刻画的是行动概率 $P_i^j(t+1)$ 对选择倾向 $A_i^j(t)$ 的敏感度, 取决于心理感知或主体受到激励的程度. 最后, 需要说明的是, 知情交易者在资产真实价值 v 取 3 或 7 时, 分别采用不同的策略更新路径 $A_i^j(t)$.

$$A_i^j(t) = \frac{\phi \cdot N(t-1) \cdot A_i^j(t-1) + I(a_i^j, a_{-i}(t)) \cdot \pi_i(a_i^j, a_{-i}(t))}{N(t)} \quad (4)$$

从公式 (4) 可以看出, 在指示函数 $I(\cdot)$ 的作用下, 投资者只会强化第 t 轮交易中选择且成功执行(获得正的支付)的行动方案 $a_i(t) = a_i^j$, 而不会强化其他没有选择的行动方案. 此时, 订单信息是否透明并不会改变 $A_i^j(t)$ 的更新过程.

当 $\delta > 0$ 时, 投资者的学习过程同时具备强化学习和信念学习. 在基于信念的学习规则下, 如果订单信息是不透明的, 每轮交易结束后, 投资者仅能获得本轮成交价格 p 和资产的真实价值 v . 因此, 根据前述支付的计算方式, 投资者的 $\pi_i(a_i^j, a_{-i}(t))$ 只是 p 和 v 的函数. 然而, 如果订单信息透明, 投资者会在每轮交易结束后, 根据其他投资者的订单提交情况, 评估没有选择的行动方案能

1.3 订单信息透明及其对投资者行为的影响

本文的订单信息透明指的是, 投资者可以在交易结束后观察到其他所有投资者提交的订单明细信息, 因此本文的订单信息透明指的是交易后订单信息公开可得. 根据公式, 当投资者仅采用基于强化的学习规则($\delta = 0$)时, 订单信息是否透明不会影响投资者的倾向更新过程. 此时的公式所刻画的更新过程退化为

够带来怎样的支付. 此时, $\pi_i(a_i^j, a_{-i}(t))$ 是资产真实价值 v 和订单明细信息 $orderdetail$ 的函数. 之所以不再包括成交价格 p 是因为, 如果订单信息透明, 在基于信念的学习规则下, 投资者假想如果所放弃的行动方案被选中, 则市场出清的成交价格就可能改变. 由于 $orderdetail$ 集中了本轮交易中所有投资者提交的订单, 因此投资者能够准确地计算自己所放弃的行动方案如果被选中, 会为其带来怎样的支付. 这是订单信息是否透明如何影响投资者行为决策的关键环节, 也是本文对 Pouget^[1]的关键拓展. 上述逻辑描述的订单信息透明度在交易过程中的作用可以用图 2 表示.

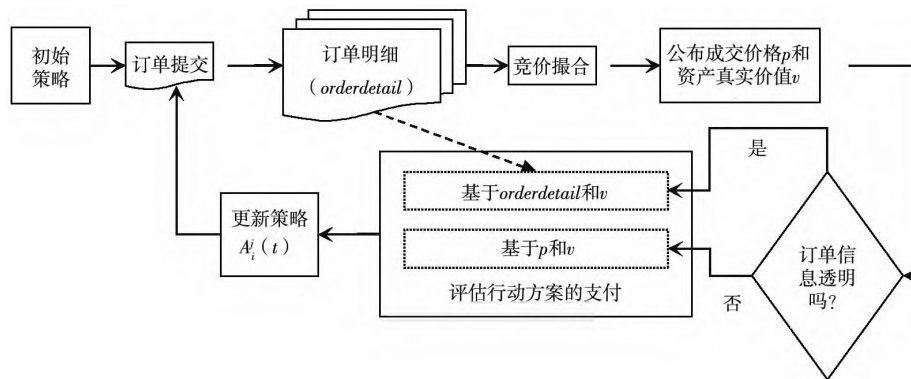


图 2 订单明细透明在交易过程中的作用

Fig. 2 The role of transparent order-detail in trading

1.4 实验设计

为了给出统计意义下的实验结果, 这里进行 1 000 次实验, 每次实验包括 200 轮交易(runs). 参照 Pouget^[1]的做法, 在每轮交易中, 资产的真实价值 v 的取值互不相关, 且分别以 0.5 的概率取 3 和 7. 在本文的“3.1 技术参数的稳健性”进一步对 v 的取值个数和大小做了稳健性检验.

每次交易开始时, 知情交易者知道 v 的取值,

并选择相应的路径更新 $A_i^j(t)$. 然后, 依据公式 (3) 确定投资者在 $t+1$ 期对各行动方案的选择概率 $P_i^j(t+1)$. 基于此构造累积分布函数 $F_i^j(t+1)$, 为了产生投资者的实际选择, 产生 0-1 分布的随机数 u , 若 $F_i^{j-1}(t+1) < u < F_i^j(t+1)$, 则选择行动方案 $j, j = 2, 3, \dots, 8$; 若 $0 < u < F_i^1(t+1)$ 则选择方案 1; 若 $F_i^8(t+1) < u < 1$ 则选择方案 9.

对于公式 (1) 中的学习规则控制参数 δ , 当

$\delta = 0$ 时, 投资者不具备基于信念的学习规则, 订单信息是否透明并不影响其决策选择. 因此, 这里仅考虑 $\delta > 0$ 的情形. 作为一个基准结果, 并且为了便于将这里的结果与 Pouget^[1] 进行比较, 这里令 $\delta = 1, N(0) = 1, \rho = 0, \phi = 1, A_i^j(0) = 1, \lambda = 1$. 其中 $\delta = 1$ 表示投资者会根据真实的支付(强化学习)和假想的支付(信念学习)对各种行动方案的选择倾向 $A_i^j(t)$ 进行权重相同的更新; $N(0) = 1$ 是初始的经验观察次数; $\rho = 0$ 和 $\phi = 1$ 是过去经验和选择倾向的衰减系数, 前者为 0 意味着每一轮的经验观察都是一轮新的学习, 后者为 1 则使得前一轮学习的选择倾向无损失的保留到下一轮; $A_i^j(0) = 1$ 意味着在第 1 轮交易开始前, 所有投资者都等可能的选择每种行动方案. Camerer 和 Ho^[3] 通过实验研究的方法给出了上述参数的合理取值范围. 本文将在“3.1 技术参数的稳健

性”进一步变换学习参数 δ, ρ 和 ϕ 的取值进行稳健性检验.

2 实验结果与分析

2.1 透明度对市场效率的影响

这里分别从价格的信息效率和福利的配置效率两个方面, 考察订单透明和不透明两种情况下的市场效率. 为了与 Pouget^[1] 进行比较, 价格的信息效率采用每轮交易发生后, 实际的成交价格 and 风险资产的真实价值之差的绝对值(偏离差)进行衡量. 如果市场的信息效率能够实现理性预期均衡, 则该偏离差应当为 0. 对市场配置效率的考察, 则分别从所有投资者的收益之和、知情交易者的收益之和以及非知情交易者的收益之和三个方面进行分析. 图 3 展示了订单信息不透明时的市场效率结果.

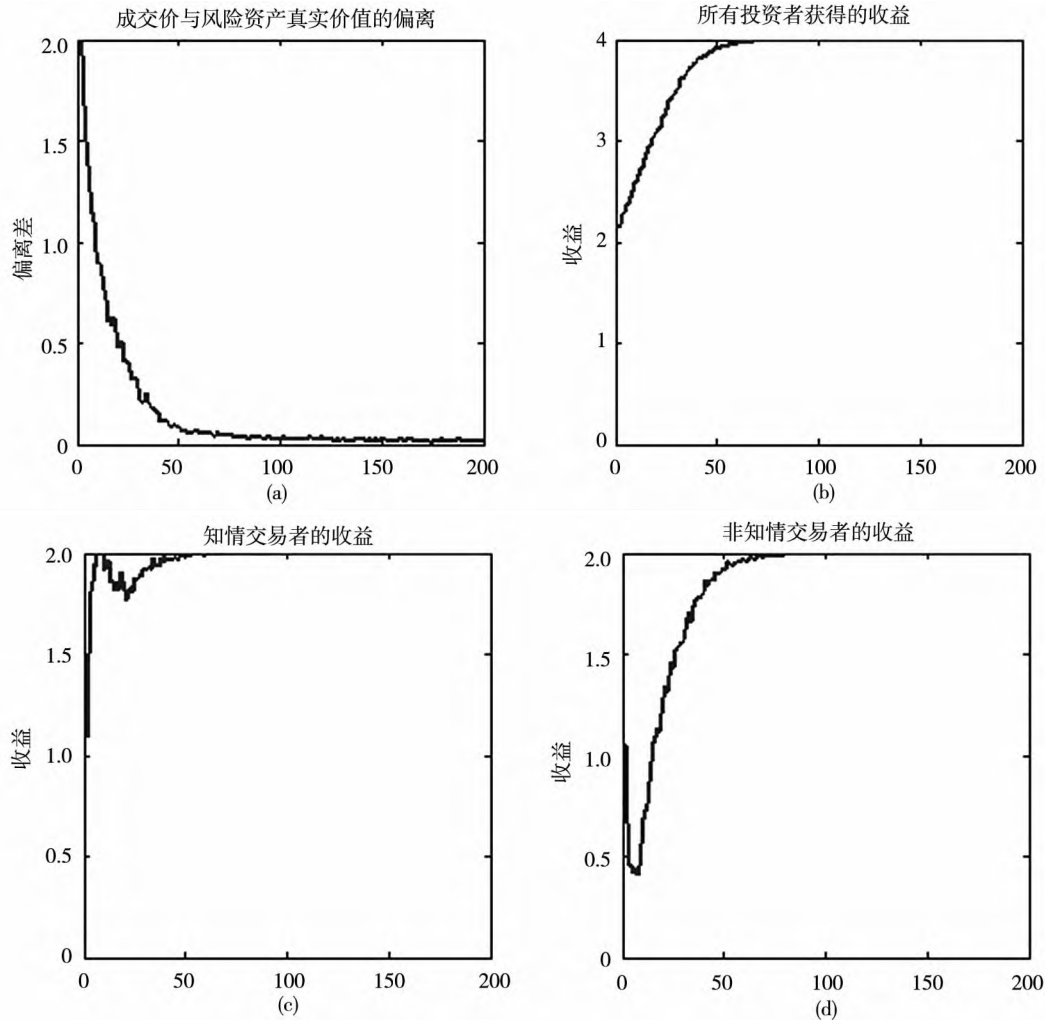


图 3 订单信息不透明时的市场效率
Fig. 3 Market efficiency with opaque order detail

从图 3 的 (a) 可以看出,在订单信息不透明的情况下,经过有限轮次的交易,市场能够收敛到真实的资产价格,知情交易者拥有的私人信息能够得到完全揭示.具体表现为:随着交易轮次的增加,成交价与资产真实价值之差的绝对值(偏离差)呈现指数下降趋势,且在经历 100 轮交易后,偏离差近乎为 0.从福利的配置效率来看,在经历 50 轮交易之后,所有投资者获得的总支付近乎为 4(=0.5×8),特别是 100 轮交易后能够持续维持理性预期均衡的总支付,即不再产生福利损失,所有投资者都能得到各自的私人收益.此外,从知

情交易者和非知情交易者的收益来看,在经历 100 轮交易后,两类投资者的总支付也都持续地维持 2(=0.5×4)的总支付.这也说明社会福利在知情交易者和非知情交易者之间实现了合理的分配.因此,总的来说,在订单信息不透明的市场上,经过有限轮次的交易后,无论是价格的信息效率还是福利的配置效率,市场都能达到理性预期均衡.因此,订单信息不透明的结果与 Pouget^[1]是一致的.

图 4 展示了订单信息透明的情况下市场价格的信息效率和福利的配置效率.

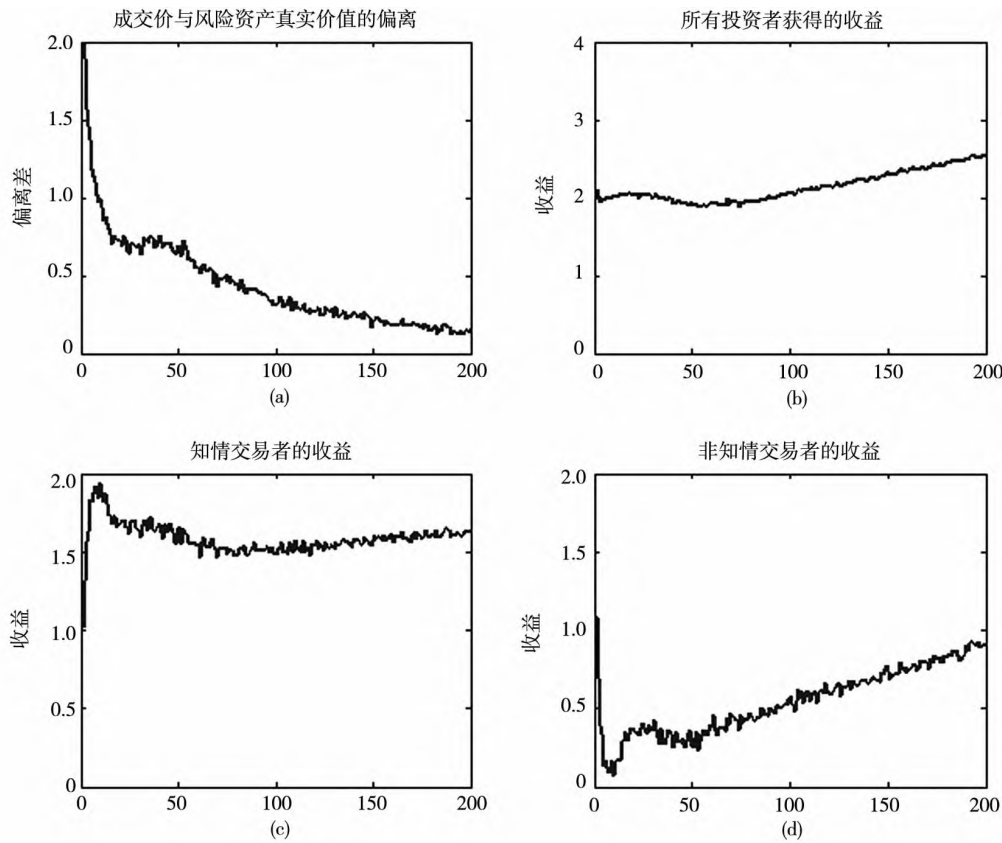


图 4 订单信息透明时的市场效率(200 轮交易)

Fig. 4 Market efficiency with transparent order detail (200 runs)

从图 4 可以看出,在订单信息透明时,无论是价格的信息效率还是福利的配置效率均不能收敛到理性均衡.首先,图 4 的 (a) 的结果显示,成交价格与资产的真实价值之间始终存在较大的偏离,第 200 轮交易的偏离差均值约为 0.16,1 000 次实验的第 200 轮交易的偏离差标准误约为 0.58,相应的 t-值为 2.76.在任意常见的显著性水平下,都可以显著拒绝偏离差的均值为 0.其次,从福利的配置效率来看,整个市场并没有得到充分的经济福利,所有投资者获

得的收益之和并不能收敛到 4,甚至始终维持在 3 以下(如图 4 的 (b) 所示).除此之外,从 (c) 和 (d) 给出的知情交易者和非知情交易者的收益来看,两类投资者的收益也都没有达到 2.此外,知情交易者的收益高于非知情交易者的结果意味着,前者可能会利用自身的信息优势选择对其更加有利的交易策略而获得更高的收益.

这里可能面临的一个质疑是,交易的轮数不是足够大.这里进一步将交易轮次增加到 2 000 次、

5 000 次和 10 000 次, 结果发现, 随着交易轮次的增加, 成交价格与真实价值的偏离差一直未能没有收敛到 0; 知情者和非知情者的收益也都没有收敛到 2, 且知情交易者的收益维持在 1.8 以上, 而非知情交易者的收益维持在 1.8 以下, 即福利配置也都没有收敛到均衡状态, 且知情者比非知情者获得更多收益. 限于篇幅, 具体结果不再给出, 但欢迎感兴趣的同仁来信索取.

综上, 在订单信息透明的情况下, 无论是价格的信息效率还是福利的配置效率, 市场难以实现理性预期均衡. 于是, 一个很自然的问题就是为什么订单信息透明之后不能实现均衡的市场效率呢? 下面在订单信息透明和不透明两种情况下, 从投资者决策选择的角度分析市场效率下降的根本原因.

2.2 投资者的决策选择

图 5 中的 (a) 和 (b) 分别给出了订单信息不透明和透明两种情形下, 知情的买者在资产的真实价值取 3 和 7 时, 对不同行动方案的选择概率.

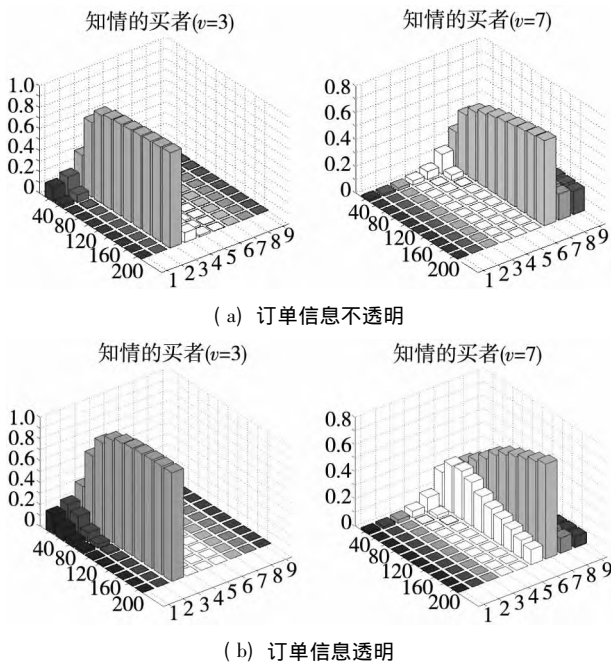


图 5 知情的买者对不同行动方案的选择概率

Fig. 5 The informed buyers' choice probability of actions

注: 1) x 轴表示 1~9 种报价 (行动方案); 2) y 轴表示交易轮次, 为了方便统计和呈现, 每 20 轮交易取一次选择概率的均值; 3) z 轴表示选择概率, 为了降低随机性, 取 1000 次试验的平均值; 4) 以下如不做特殊说明, 与此相同.

首先, 图 5 中 (a) 的结果与 Pouget^[1] 是类似的, 即知情买者的交易策略会收敛到理性预期均衡. 这里需要说明的是, 知情的买者之所以不会以

100% 的概率直接提交与资产真实价值相同的买单, 甚至有一定的可能选择准市价订单, 是因为其面临着非知情者的策略不确定性. 对于本文关注的主要问题, 进一步比较图 5 中的 (a) 和 (b) 的结果可以看出, 当资产的真实价值较低 ($v = 3$) 时, 无论订单信息是否透明, 在经历有限轮次的交易之后, 知情买者都能够学习到均衡的交易策略. 但在资产的真实价值较高 ($v = 7$) 时, 知情的买者学习到均衡的策略的速度大幅降低, 而且相对于其他非均衡的行动方案, 方案 6 (申报 6 的买价) 始终有相对较高的选择概率. 出现这个结果的原因在于, 不知情者的策略不确定性使得知情者的这类偏离理性均衡的订单依然能够成交. 此时, 基于信念的学习规则使得知情买者的该类行动方案的选择倾向依然能够得到强化. 因此, 知情买者有一定的可能放弃理性均衡的行动方案, 转而选择这种对自己更为有利的行动方案, 进而获得更多的支付. 这也解释了图 4 中, 订单信息透明时, 知情者的收益在趋于稳定时总是高于非知情者. 由此可见, 订单信息透明后, 在资产真实价值较高时, 知情的买者可能放弃均衡的行动方案, 而选择对自己更加有利的行动方案 (提交报价略低于资产真实价值的订单) 是市场定价效率和配置效率均大幅下降的根本原因之一.

下面进一步分析知情的卖者和非知情者的策略选择. 图 6 和图 7 分别给出了知情的卖者和非知情者分别在订单信息不透明和透明两种情形下的策略选择概率.

从图 6 可以看出, 在订单信息不透明时, 知情的卖者在资产价值较高和较低时都会选择均衡的交易策略. 此外, 在资产的真实价值较高 ($v = 7$) 甚至可能选择准市价订单, 即有一定概率提交卖价为 6 的订单. 这与 Pouget^[1] 的结果也是一致的. 不同的是, 在订单信息透明时, 如果资产的真实价值较高 ($v = 7$) 知情的卖者仍然会选择均衡的交易策略; 但如果真实价值较低 ($v = 3$) 知情的卖者也可能放弃均衡的行动方案, 而以较高的概率 (相对于其他非均衡的行动方案, 准市价单除外) 选择价格略高于真实价值的行动方案. 其理论逻辑与订单信息透明且资产的真实价值较高 ($v = 7$) 时, 知情的买者以一定的概率放弃均衡策略, 而选择提交买价略低于真实价值的行动方案是一致的 (图 5 (b)). 由此可见, 知

情的卖者在资产真实价值较低时, 也可能会放弃均衡的行动方案 而选择卖价略高于真实价值的订单, 从而获得更多支付, 其结果是降低了市场的价格发现和福利配置效率.

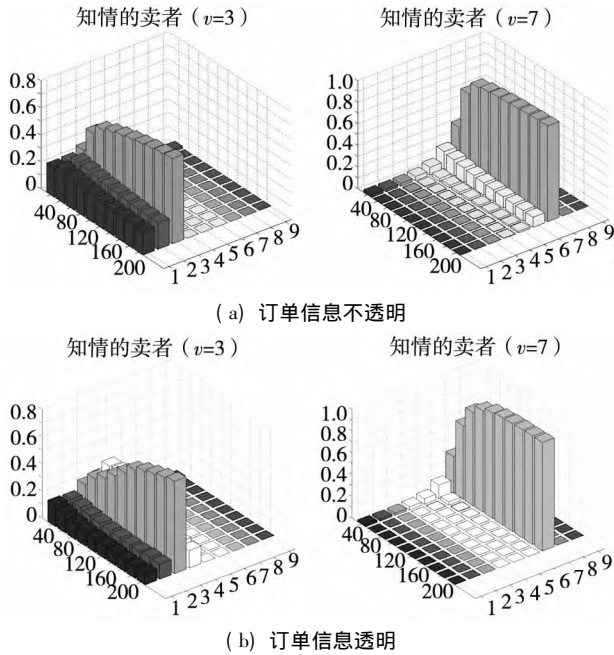


图 6 知情的卖者对不同行动方案的选择概率
Fig. 6 The informed sellers' choice probability of actions

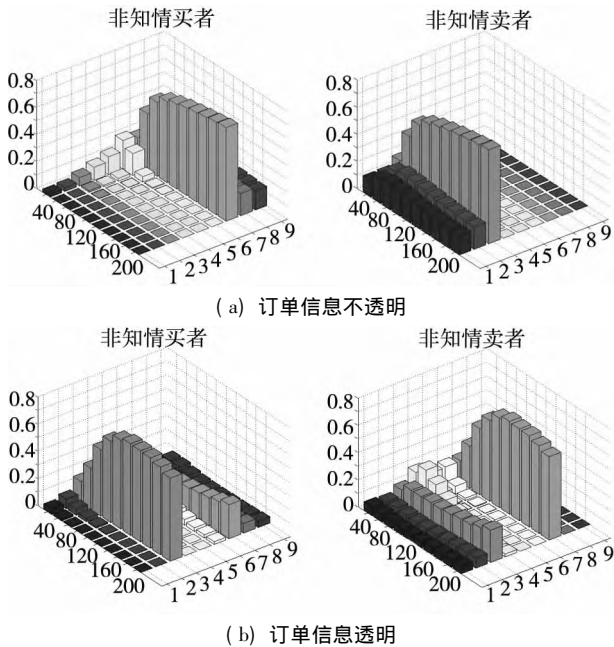


图 7 非知情者对不同行动方案的选择概率
Fig. 7 The uninformed traders' choice probability of actions

下面分析非知情者的交易策略. 从图 7 可以看出, 在订单信息不透明时((a) 图), 无论是非知情的买者还是卖者都倾向于提交准市价订单, 且交易行为也能够较为快速地收敛到均衡策略. 可

见, 此时的非知情者会积极的参与市场交易, 甚至提交激进的市价订单. 但是, 在订单信息透明时((b) 图) 非知情交易者在观察到其他投资者的订单后, 基于信念的学习规则促使其选择保守订单的行动方案得到更多的强化, 进而规避知情者的逆向选择风险. 因此, 非知情的买者(卖者) 更加倾向于申报价格较低的买单(价格较高的卖单). 于是, 非知情的买者(卖者) 更加倾向于提交价格为 3(7) 的买单(卖单), 但基于该策略很可能面临不能成交的风险, 因此, 价格为 7(3) 的买单(卖单) 也会被赋予一定的选择概率, 从而增加了非知情者的策略不确定性. 相应的, 也正因为非知情者的这种不确定性, 使得知情者选择偏离均衡策略且对自己更加有利的订单能够得以成交, 最终使得双方都难以形成符合理性均衡的交易策略.

最后, 综合图 5 ~ 图 7, 可以认为, 开放订单信息导致市场效率下降的原因主要源自如下两个方面. 首先是知情交易者因为能够观察到其他投资者提交的订单, 为了获得更多的收益, 其作为知情者拥有的信息优势会促使其在一定程度上放弃均衡的行动方案, 而选择对自己更加有利(带来更多支付) 的行动方案, 进而使得这类投资者策略选择难以收敛到理性预期均衡. 这同时也使得非知情者面临更高的逆向选择风险. 其次, 非知情交易者因为能够观察到其他投资者提交的订单, 为了获得收益或规避损失, 该类投资者更加倾向于选择相对保守的行动方案, 进而使得这类投资者的策略选择也难以收敛到均衡状态. 在这两种非均衡行为的作用下, 市场的定价效率和配置效率均难以达到理性预期均衡. 导致两类投资者都以一定的可能放弃均衡策略的根本原因是, 在订单信息透明的情况下, 无论是知情者还是非知情者, 因为在交易结束后能够观察到其他投资者的订单, 在基于信念的学习规则的作用下, 他们都能够发现并更加倾向于选择对自己更加有利的行动方案, 而这个行动方案却不是促使整个市场实现最优效率的行动方案, 最终损害了市场效率.

3 稳健性检验

3.1 技术参数的稳健性

鉴于计算实验方法的研究结果常常对模型中

设定的技术参数比较敏感,本文进一步从如下方面对上述结果技术参数的稳健性进行了研究. 这里参照 Pouget^[1]的做法,首先将资产的真实价值由等概率的2种取值(3,7)调整为等概率的3种取值(3,5,7). 这样做的目的是为了考察如果增加资产真实价值随机变化的复杂性,上述结果是否会发生改变. 其次,资产的真实价值等概率的取(3,7)调整为(2,8),进而考察资产的真实价值存在极端取值的情况下,本文的均衡结果是否会发生改变. 再次,投资者通过交易获得的收益由0.5调整为0-1之间的随机数,进而考察交易收益存在随机噪声的情况下,上述结果是否会改变. 最后,模型中的其他一些参数也进行了调整:如 $\delta = 1$ 分别调整为0.3, 0.4, ..., 0.9; $\rho = 0$ 分别调整为0.1, 0.2, ..., 0.5; ϕ 分别调整为0.7, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95等, λ 分别调整为0.5, 0.6, ..., 2. 学习参数 δ 、 ρ 和 ϕ 以及敏感系数 λ 的改变,需要适当调整交易轮次的最大值,但最大交易轮次为1000次时,所有技术

参数的改变均不会影响收敛结果的数量特征.

3.2 知情者信号有噪声

本文进一步在 Pouget^[1]的基础上放松了知情者信号为确定性信号的约束,进一步考察了知情者信号有噪声的结果. 加入该稳健性检验的动机在于,当知情者信号有噪声时,知情的买(卖)者提交略低(高)于真实价值的买(卖)单可能纯粹出于信号本身的随机性,从而“排除”知情者的逆向选择只是在确定性信号下才会出现的疑虑. 具体过程如下,知情交易者只知道未来资产价值分布,而无法获知准确的信息. 假设未来资产价值有“高(*high*)”和“低(*low*)”这两种状态:当未来状态为“高”时,资产价格 v 的值为6、7、8之间均匀分布;当未来状态为“低”时,资产价格 v 的值为2、3、4之间均匀分布. 因此,知情交易者的选择倾向变为 $A_i^l(t, \nu = high)$ 和 $A_i^l(t, \nu = low)$. 在不透明且知情交易者信号有噪声的情况下,市场的效率均衡发生了一定变化,具体如图8所示.

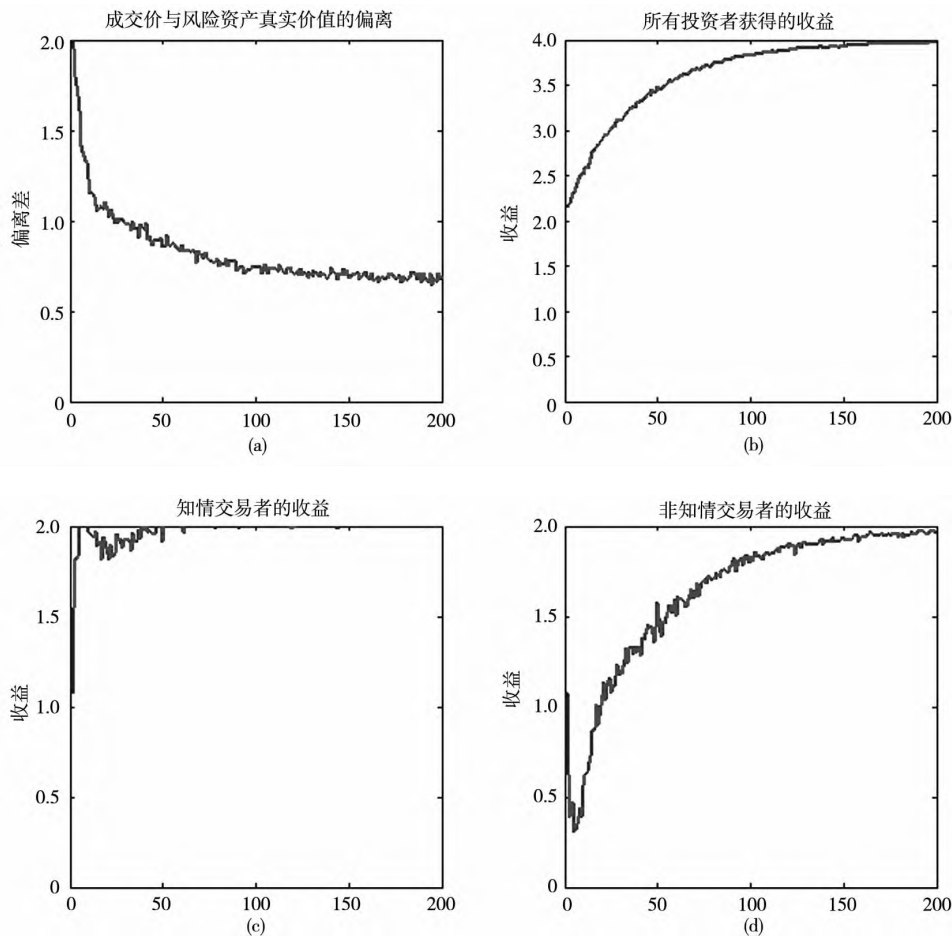


图8 订单信息不透明且知情者信号有噪声时的市场效率
Fig. 8 Market efficiency with opaque order detail and noisy signal of informed trader

各类投资者均衡的交易策略如图 9 所示.

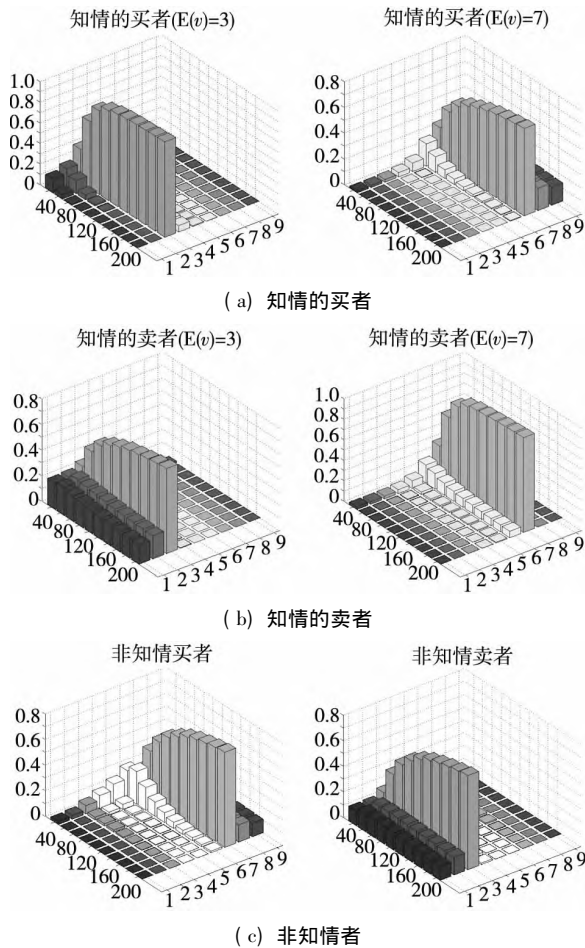


图 9 订单信息不透明且知情者信号有噪声时各类投资者的交易策略

Fig. 9 The trading strategy of all investors with opaque order detail and noisy signal of informed trader

订单信息透明时市场的效率以及各类交易者的策略分别如图 10 和图 11 所示.

从图 8 可以看出, 均衡的配置效率依然与理性预期均衡一致, 但是价格发现效率有 0.67 左右的偏离. 这与知情交易者的信号为 2, 3, 4 和 6, 7, 8 的均匀分布是一致的. 从各类投资者的交易策略(图 9) 来看, 在订单信息不透明时, 知情者的信号是否有噪声并不改变本文的主要结果. 从图 10 和图 11 可以看出, 除了因为资产真实价值本身的随机性所带来的价格偏离差之外, 知情者的信号是否有噪声也不会改变本文先前的结果. 由此可见, 即便知情者的信号是随机的, 在订单信息透明的情况下, 其仍然倾向于选择偏离理性均衡的行动方案. 换句话说, 知情者是否获得确定性信号并不改变其选择偏离均衡的交易策略.

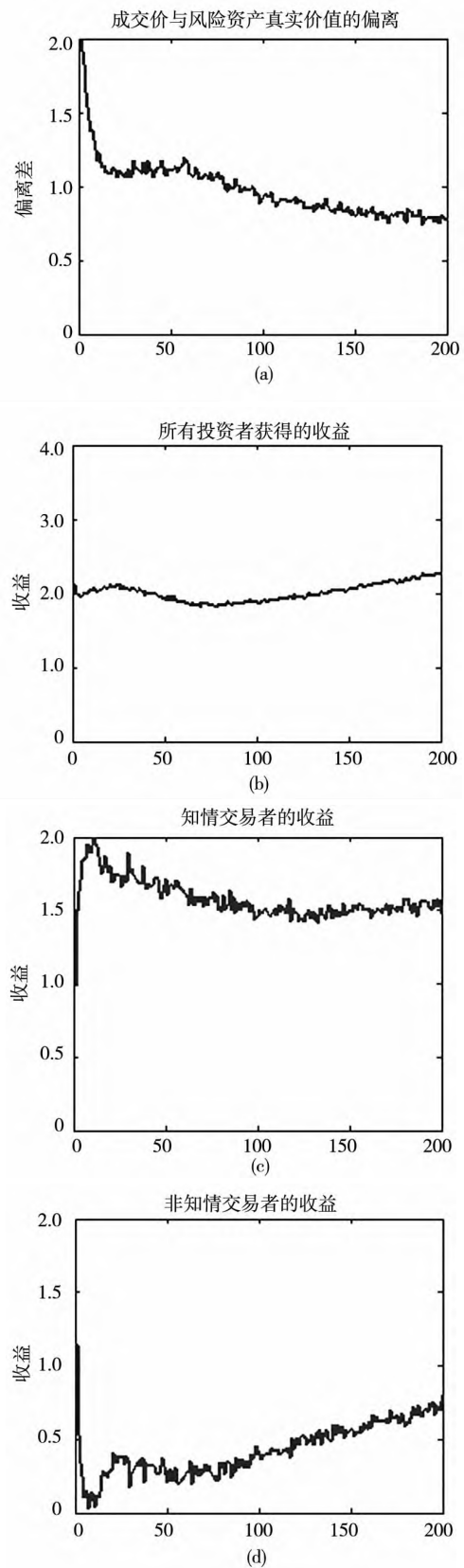


图 10 订单信息透明且知情者信号有噪声时的市场效率

Fig. 10 Market efficiency of transparent order detail and noisy signal of informed trader

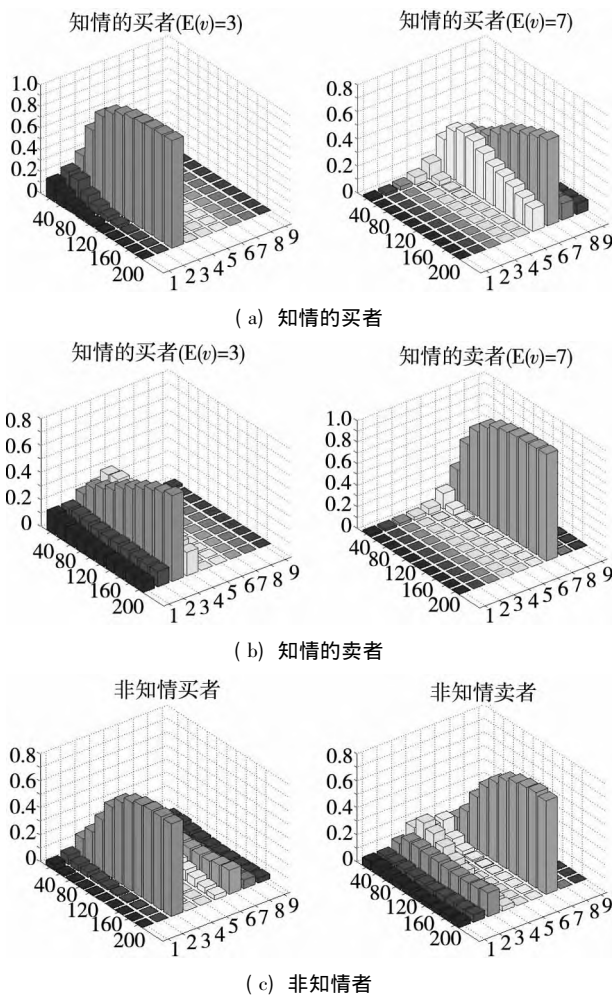


图 11 订单信息透明且知情者信号有噪声时各类投资者的交易策略
 Fig. 11 The trading strategy of all investors with transparent order detail and the noisy signal of informed trader

4 结束语

金融市场的透明度一直是交易机制设计的重要议题,深刻影响着市场信息揭示的效率性以及福利配置的公平性.有关订单信息的透明度更是颇具争议.争论的焦点主要集中在如下两个方面.一方面订单信息透明能够让交易者更加便利地学习其他私人信息,从而促进市场的价格发现效率.另一方面,因为知情者搜寻信息是需要成本的,订单信息透明会鼓励不知情者的“搭便车”行为,从

而损害知情者的私人利益;但与此同时,知情者也因为能够观察到不知情者的行动,可能采取逆向选择策略,从而攫取更多的私人收益.这都会损害市场的价格发现效率和福利配置效率.那么,订单信息透明究竟会对市场效率产生怎样的影响?与订单信息不透明相比,订单信息透明时投资者的决策选择会发生怎样的变化?本文通过拓展 Pouget^[1]的模型,在所有投资者采用适应性学习(有限理性)进行信念更新的设定下研究了上述问题.

研究表明,在订单信息不透明的情况下,经过有限轮次的交易后,市场收敛到符合理性预期的均衡状态,价格发现效率和福利配置效率均能达到最优.从投资者的交易行为来看,知情交易者和非知情交易者也都会选择均衡的订单策略:前者会依据自己的私人信息,提交与真实的资产价值一致的买单和卖单,而后者也会提交准市价订单.然而,在订单信息透明的情况下,市场则难以收敛到理性预期均衡.原因在于,知情交易者因为能够观察到非知情者的订单策略,他们会利用自身的信息优势,选择对自己更加有利的订单策略,并放弃均衡策略.另一方面,非知情交易者为了规避逆向选择风险,也会放弃均衡策略,转而提交更加保守的订单.在这两方面因素的作用下,市场难以收敛到均衡状态.在改变模型中相关技术参数和知情者信号是否存在噪声的条件下,上述结果的主要特征均保持不变.

近年来,金融科技创新(FinTech)蓬勃发展,大量高频交易和算法交易技术对深度行情数据需求迫切.很多国际著名交易所公开披露或发售高频数据也引起监管层的严肃关注.这其中就涉及到一些深度信息的透明度,如订单信息的披露或出售.因此,本文的研究结论对这些现实问题具有重要的参考价值.此外,本文的订单信息透明度虽然有别于通常所说的订单簿透明度,但二者之间的联系也使得本文的研究结论可为订单簿透明度设计提供理论参考.最后,本文的研究结论对于国际股票市场的交易匿名性设计也有一定的参考价值.

参考文献:

[1]Pouget S. Adaptive traders and the design of financial markets[J]. The Journal of Finance ,2007 ,62(6) : 2835 -2863.

- [2] Brock W A , Hommes C H. A rational route to randomness [J]. *Econometrica* , 1997 , 65(5) : 1059 – 1095.
- [3] Camerer C , Ho T. Experienced-weighted attraction learning in normal form games [J]. *Econometrica* , 1999 , 67(4) : 827 – 874.
- [4] Cespa G , Foucault T. Sale of price information by exchanges: Does it promote price discovery? [J]. *Management Science* , 2014 , 60(1) : 148 – 165.
- [5] Bloomfield R , O' hara M. Can transparent markets survive? [J]. *Journal of Financial Economics* , 2000 , 55(3) : 425 – 459.
- [6] Madhavan A. Security prices and market transparency [J]. *Journal of Financial Intermediation* , 1996 , 5(3) : 255 – 283.
- [7] Rindi B. Informed traders as liquidity providers: Anonymity , liquidity and price formation [J]. *Review of Finance* , 2008 , 12(3) : 497 – 532.
- [8] Buti S , Rindi B. Undisclosed orders and optimal submission strategies in a limit order market [J]. *Journal of Financial Economics* , 2013 , 109(3) : 797 – 812.
- [9] Cespa G , Foucault T. Sale of price information by exchanges: Does it promote price discovery? [J]. *Management Science* , 2014 , 60(1) : 148 – 165.
- [10] Easley D , O' Hara M , Yang L. Differential access to price information in financial markets [J]. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* , 2016 , 51(4) : 1071 – 1110.
- [11] Lescourret L , Robert C Y. Transparency matters: Price formation in the presence of order preferencing [J]. *Journal of Financial Markets* , 2011 , 14(2) : 227 – 258.
- [12] 董 锋 , 韩立岩. 中国股市透明度提高对市场质量影响的实证分析 [J]. *经济研究* , 2006 , (5) : 87 – 96.
Dong Feng , Han Liyan. Empirical study on the effects of transparency in Chinese stock market [J]. *Economic Research Journal* , 2006 , (5) : 87 – 96 . (in Chinese)
- [13] 许香存 , 李 平 , 曾 勇. 交易前透明度、市场深度和交易者构成——基于中国股票市场的实证研究 [J]. *系统管理学报* , 2008 , 17(3) : 273 – 277.
Xu Xiangcun , Li Ping , Zeng Yong. Pre-trade transparency , market depth and composition of traders [J]. *Journal of Systems & Management* , 2008 , 17(3) : 273 – 277. (in Chinese)
- [14] 王茂斌 , 孔东民. 市场透明度改变影响交易者行为吗? [J]. *证券市场导报* , 2007 , (11) : 11 – 19.
Wang Maobin , Kong Dongmin. Does the change of market transparency impact on the behavior of investors? [J]. *Securities Market Herald* , 2007 , (11) : 11 – 19. (in Chinese)
- [15] 刘秀红 , 徐龙炳. 市场交易过程信息透明度与市场质量——来自上交所 Level-2 行情的证据 [J]. *经济管理* , 2010 , 32(9) : 16 – 25.
Liu Xiuhong , Xu Longbing. Transparency and market quality: Evidence from SSE's quotation named level-2 [J]. *Economic Management* , 2010 , 32(9) : 16 – 25. (in Chinese)
- [16] Madhavan A , Porter D , Weaver D. Should securities markets be transparent? [J]. *Journal of Financial Markets* , 2005 , 8(3) : 265 – 287.
- [17] Boehmer E , Saar G , Yu L E I. Lifting the veil an analysis of pre-trade transparency at the NYSE [J]. *The Journal of Finance* , 2005 , 60(2) : 783 – 815.
- [18] Bloomfield R , O' hara M. Market transparency: Who wins and who loses? [J]. *Review of Financial Studies* , 1999 , 12(1) : 5 – 35.
- [19] Bloomfield R , O' hara M , Saar G. Hidden liquidity: Some new light on dark trading [J]. *The Journal of Finance* , 2015 , 70(5) : 2227 – 2274.
- [20] Biais B , Bisière C , Pouget S. Equilibrium discovery and preopening mechanisms in an experimental market [J]. *Management Science* , 2014 , 60(3) : 753 – 769.
- [21] Gozluklu A E. Pre-trade transparency and informed trading: Experimental evidence on undisclosed orders [W]. working paper , 2015.
- [22] 马正欣 , 张 维 , 熊 熊 , 等. 指令簿透明度增加与市场价格发现——基于计算实验金融方法的指令驱动市场研究 [J]. *南开经济研究* , 2011 , (1) : 132 – 143.

- Ma Zhengxin , Zhang Wei , Xiong Xiong , et al. Increasing order book disclosure will promote price discovery? A research in order-driven market based on agent-based computational finance [J]. *Nankai Economic Studies* , 2011 , (1) : 132 – 143. (in Chinese)
- [23] Kovalova P , Iori G. The impact of reduced pre-trade transparency regimes on market quality [J]. *Journal of Economic Dynamics and Control* , 2015 , (57) : 145 – 162.
- [24] Angel J J , McCabe D. Fairness in financial markets: The case of high frequency trading [J]. *Journal of Business Ethics* , 2013 , 112(4) : 585 – 595.
- [25] Hoffmann P. A dynamic limit order market with fast and slow traders [J]. *Journal of Financial Economics* , 2014 , 113(1) : 156 – 169.
- [26] Foucault T , Moinas S , Theissen E. Does anonymity matter in electronic limit order markets? [J]. *Review of Financial Studies* , 2007 , 20(5) : 1707 – 1747.
- [27] Theissen E. Trader anonymity , price formation and liquidity [J]. *Review of Finance* , 2003 , 7(1) : 1 – 26.
- [28] Comerton-Forde Carole , Tang Kar-Mei. Anonymity , liquidity and fragmentation [J]. *Journal of Financial Markets* , 2009 , 12(3) : 337 – 367.
- [29] Simaan Y , Weaver D G , Whitcomb D K. Market maker quotation behavior and pretrade transparency [J]. *The Journal of Finance* , 2003 , 58(3) : 1247 – 1267.
- [30] IOSCO. Mitigating systemic risk a role for securities regulators [R]. Madrid: International Organization of Securities Commissions , 2011.
- [31] FSB/BIS/IMF. Macroprudential policy tools and frameworks [R]. Basel: Bank for International Settlements , 2011.

Transparency and market efficiency: A study of adaptive learning with asymmetric information

FANG Li-bing* , DING Jing

School of Management and Engineering , Nanjing University , Nanjing 210093 , China

Abstract: The model of Pouget is extended to investigate the impact of order transparency on the efficiency of order-driven markets where there are full of adaptive learning (limited rational) investors. The results show that both the efficiency of information revealing and welfare allocation will deviate from rational equilibrium when investors can observe the order details of the others in the regime of transparency. The reason is that the informed traders take advantage of their private information and submit non-equilibrium orders which are more beneficial to him. The uninformed traders also abandon the equilibrium strategy and submit more conservative orders to avoid adverse selection risk. Both of the traders' choice substantially reduce the market efficiency.

Key words: agent-based computational finance; order book transparency; market efficiency; market design