

# 评“Smith 奥秘”与双向拍卖的研究进展

詹文杰<sup>1</sup>, 汪寿阳<sup>2</sup>

(1. 华中科技大学管理学院, 武汉 430074; 2. 中国科学院系统科学研究所, 北京 100080)

**摘要:**以 Smith 奥秘为出发点对双向拍卖的研究进展进行评述, 并指出这一重要研究领域的一些发展方向. 不仅从经典理论模型, 而且还从实验经济学角度对双向拍卖的研究进展进行评介, 其目的是希望有更多的读者能对实验经济学方法及其研究给予足够的关注.

**关键词:** Smith 奥秘; 双向拍卖; 实验经济学方法

**中图分类号:** F069.9; F224.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2003)01-0001-12

## 0 引言

维农·史密斯(Vernon Smith)在实验经济学领域做出了一系列开创性的研究工作:他成功地把实验方法运用于经济学研究,开创了实验经济研究新纪元;其次,他提出了许多重要的实验经济学研究方法;此外,他把实验经济学方法运用于市场机制的研究上,尤其是双向拍卖市场机制的研究.由于史密斯在该领域的突出贡献,与丹尼尔·卡恩曼(Daniel Kahneman)一起分享了2002年度的诺贝尔经济科学奖.随着史密斯的获奖,实验经济学的研究将会在全世界范围内掀起一波新的热浪.

双向拍卖(Double Auction)由于能够稳定而快速地收敛到竞争均衡,一直是实验经济学中常被研究的一种交易机制.通过改进钱柏林(Chamberlin)<sup>[1]</sup>的实验,史密斯(Smith)<sup>[2]</sup>首次成功地进行了有关双向拍卖的实验,结果发现:即使在买卖双方人数都很少、供求信息不充分的情况下,双向拍卖市场都能达到新古典经济学所预测的竞争均衡.随后的大量实验都验证了史密斯的结果.1982年,史密斯(Smith)<sup>[3]</sup>把双向拍卖的这个特性定义为“科学奥秘”(Scientific Mystery),后来在大量的

文献中被人们称为“Smith 奥秘”(Smith's Mystery).

为了解开“Smith 奥秘”,理论经济学家和实验经济学家都做了大量工作.本文将较为系统地评述双向拍卖研究中所取得的一系列重要成果,并对一些发展趋势进行展望.

## 1 双向拍卖概述

### 1.1 双向拍卖的运行方式

传统的拍卖方式可以分为两大类:公开拍卖(Outcry)和密封拍卖(Sealed-bid).其中,公开拍卖又有两种具体形式:英式拍卖(English Auction)和荷兰式拍卖(Dutch Auction);密封拍卖也有两种形式:封标第一价格拍卖(First-price Sealed-bid Auction)和封标第二价格拍卖(Second-price Sealed-bid Auction).需要指出的是,封标第二价格拍卖是由维克瑞(Vickrey)<sup>[4]</sup>首次提出的,因此也称为“维克瑞拍卖”(Vickrey Auction).

以上四种拍卖形式,从本质上说结构是一样的,都是“一对多”(One-to-Many, 1:N)的市场结构.在这种结构中,如果买方只有一个,那么卖方

收稿日期:2002-11-25.

基金项目:国家自然科学基金/香港研究资助局联合资助项目(70218001);国家杰出青年基金资助项目(70125001);国家自然科学基金项目(70271031).

作者简介:汪寿阳(1958—),男,江苏人,中国科学院管理、决策与信息系统重点实验室主任、研究员,中国科学院研究生院管理学院常务副院长.

就不止一个;如果卖方只有一个,那么买方就不止一个.买卖双方总有一方掌握着市场中的稀缺资源,具有资源的垄断优势,正是由于这种优势,使得“资源优势方”具有选择交易方式和制定交易规则的权利;而市场中“资源劣势方”虽然没有资源垄断优势,但他们具有“信息优势”,即“资源优势方”不知道他们真实的“产品估计”或“产品成本”.与“单向拍卖”不同,双向拍卖的市场结构是“多对多”(Many-to-Many, M:N),即买卖双方都不止一个,买卖双方同时失去了各自在“单向拍卖”中的相对优势,他们之间的关系变为一种供给和需求

的平等关系.

双向拍卖的市场运行方式是:在交易期间,任何买方可以公开宣布他愿意在某一特定价格上购买单位商品;与此同时,任何卖方也可以公开宣布他愿意在某一特定价格上出售单位商品.一旦买方的报价被卖方接受(或与之相反),就会有一个单位的商品成交;如果买方报价未被卖方接受(或与之相反),买方可以逐渐提高他的报价,卖方也可以逐渐降低起报价,直到一方被另一方接受为止;然后,新一轮的交易开始,直到不再有交易发生为止,或到达事先规定的交易结束时间.

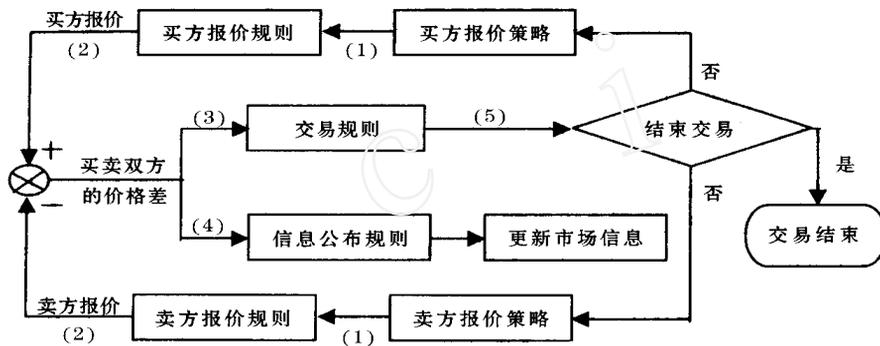


图1 双向拍卖的流程图

图1是双向拍卖的流程图.根据图1,双向拍卖市场中的交易过程具体如下:

(1) 买方和卖方给出各自的报价和参加交易的产品数量信息;

(2) 根据市场中的报价规则,判断交易者的报价是否合理,如果合理则被市场接受,不合理则通知他们重新报价;

(3) 根据交易规则来匹配市场中的买方和卖方,包括交易价格和交易数量,确定交易费用和交割时间等;

(4) 根据信息公布规则,显示市场中的买卖双方的报价、报价的次序、历史交易结果、利好消息和利空消息等;

(5) 根据交易规则判断交易是否终止,如果没有,则重新回到(1),开始新的交易;如果满足结束条件,则立即关闭双向拍卖市场.

可以看出,双向拍卖市场机制主要由两部分组成:(1)买方和卖方的交易策略;(2)双向拍卖的市

场环境,包括报价规则、交易规则和信息公布规则等.其中,交易策略决定每个交易者什么时候报价、报价多少、是否接受对方的出价等.市场环境中的报价规则决定买方和卖方的报价是否有效、能否修改、能否取消,交易规则决定市场中的买卖双方如何匹配、匹配后交易价格和数量的确定方式、交易费用的确定、交割的时间、交易结束的条件以及多个交易者报价相同时的处理办法等,信息公布规则决定如何公布市场中内部信息(包括买卖双方的报价、报价次序、历史交易结果等)和外部信息(包括市场中的利好消息和利空消息等).

### 1.2 双向拍卖的分类

一些学者对双向拍卖进行了如下分类:

(1) 弗雷德曼(Friedman)<sup>[5]</sup>首先把拍卖分为一次性拍卖和重复拍卖,重复拍卖由多个交易周期组成;然后根据报价是否能被修改,把拍卖又分为离散时间拍卖(Discrete-time Auction)和连续时间拍卖(Continuous-time Auction),其中,离散时间

拍卖中的买方和卖方无法修改报价,而连续时间拍卖买方和卖方可以随时修改报价。

(2) 歌德和桑德 (Gode and Sunder)<sup>[6]</sup>认为存在 3 种形式的双向拍卖。第 1 种称为同步双向拍卖 (Synchronized Double Auction),同步是指买方的报价和卖方是同步或批量进行的,并且买卖双方报价时互不知道对方的报价;第 2 种称为连续型双向拍卖 (Continuous Double Auction),该拍卖中的买方和卖方都是随机进行报价的,直到市场中的现实买方报价高于或等于现实卖方报价,交易发生;第 3 种称为半连续型双向拍卖 (Semi-continuous Double Auction) 或混合型双向拍卖 (Hybrid Double Auction),它综合了同步双向拍卖中买卖双方批量报价的特点,以及连续型双向拍卖中交易双方依次匹配的特点。

(3) 沃曼 (Wurman *et al.*)<sup>[7]</sup>等人则按单向拍卖的分类方法,把双向拍卖也分为密封型双向拍卖 (Seal-bid Double Auction) 和公开型双向拍卖 (Outcry Double Auction)。

以上 3 种分类方法是依据双向拍卖的不同规则进行的:弗雷德曼的分类依据了双向拍卖交易规则中的交易结束条件以及报价规则,歌德和桑德依据的主要是报价规则,沃曼等人则根据不同的信息公布规则来划分双向拍卖。到目前为止,双向拍卖的分类还没有一个统一的、公认的标准。

几乎在所有的双向拍卖市场中都采取了纽约证券交易所的规则 (New York Rule):即买卖双方随机报价,最高的买方报价作为现实买方报价 (Current Bid) 被公开,同样最低的卖方报价作为现

实卖方报价 (Current Ask) 也被公开;一旦有其它买方报价高于现实买方报价时,他的报价即为新的现实买方报价;同样道理,一旦有其它卖方报价低于现实卖方报价时,他的报价即为新的现实卖方报价。因此,为了便于研究,本文作者依据双向拍卖交易规则中的买卖双方发生交易的不同条件,将双向拍卖划分为连续型双向拍卖 (Continuous Double Auction, CDA) 和间隔型双向拍卖 (Periodic Double Auction, PDA)。

在连续型双向拍卖 (CDA) 中,只要现实买方报价高于或等于现实卖方报价就立刻发生交易,直到再也没有买方报价高于或等于卖方报价。而在间隔型双向拍卖 (PDA) 中,市场只在每个固定的交易间隔时间 (Clearing Time) 才判断是否有交易发生,如果此时现实买方报价不低于现实卖方报价,则有交易发生;否则不发生交易,进入下一个交易间隔;每个交易周期具有固定的交易间隔个数。

## 2 双向拍卖的理论研究

### 2.1 双向拍卖的经典理论模型

首先介绍关于双向拍卖的两个经典理论模型:静态模型和动态模型。

(1) 静态经典模型:竞争均衡 (Competitive Equilibrium)

竞争均衡模型是最常用的模型,其中的均衡价格 (Equilibrium Price) 和均衡次数 (Equilibrium Quantity) 几乎在所有双向拍卖的交易数据分析中都会用到。

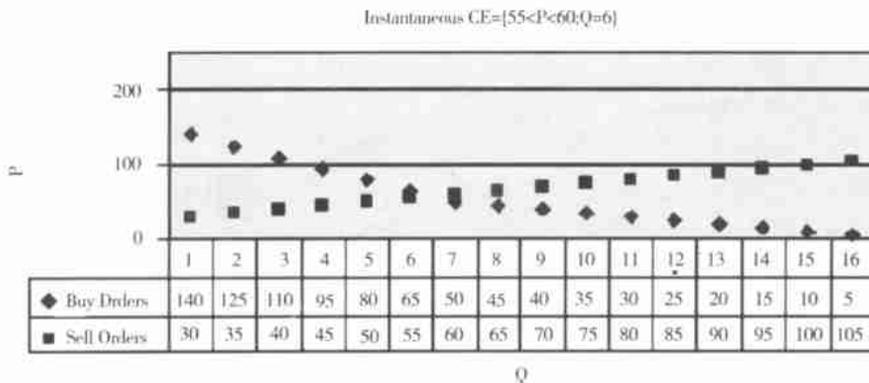


图 2 双向拍卖中的竞争均衡(来源: Brewer *et al.*, 1999)

如图 2 所示:买方估价从高到低依次排列,构成了双向拍卖市场中需求曲线;而卖方成本从低到高依次排列,构成了双向拍卖市场中供给曲线。可以看出,该市场中的均衡价格在 55 到 60 之间,均衡交易次数为 6。

传统经济学理论的解释是:由于市场这只看不见的手在起作用,买卖双方的交易最终会达到均衡价格和均衡次数。

(2) 动态经典模型:马歇尔路径 (Marshallian Path)

尽管竞争均衡模型能够预测市场中的交易价格和交易次数,但是它无法描述买卖双方是如何达到均衡的。而马歇尔路径可以从理论上解释达到均衡的具体过程:第 1 步,最高估价的买方与最低成本的卖方成交;第 2 步,估价第二高的买方与成本第二低的卖方成交;依次类推,直到剩余的所有买方估价都低于卖方成本,市场中再没有交易发生为止。

图 2 中的马歇尔路径是:第 1 次交易,估价为 140 的买方与成本为 30 的卖方成交;第 2 次交易,估价为 125 的买方与成本为 35 的卖方成交;第 3 次交易,估价为 110 的买方与成本为 40 的卖方成交;第 4 次交易,估价为 95 的买方与成本为 45 的卖方成交;第 5 次交易,估价为 80 的买方与成本为 50 的卖方成交;第 6 次交易,估价为 65 的买方与成本为 55 的卖方成交;在这之后的所有买方估价都低于 50,所有卖方成本都高于 60,再没有发生交易的可能(数据来源: Brewer *et al.*)<sup>[8]</sup>。

需要说明的是:马歇尔路径是双向拍卖中资源配置效率最高的交易路径,也是能够达到理论均衡点的交易路径,通过它所获得的收益值也最大。但是,在绝大多数双向拍卖市场中,实际交易的路径很难严格遵循马歇尔路径。

## 2.2 不完全信息下的博弈论研究

由于拍卖市场中的交易者通常不知道其他人的估价或成本,以及风险偏好等信息,人们很自然地联想到用不完全信息下的博弈理论来研究拍卖市场。早在 1961 年,威克瑞(Vickrey)<sup>[4]</sup>就证明:对于封标第二价格拍卖中的任何一个买方,如果他的估价是  $v_i$ ,报价函数是  $b(v_i)$ ,当所有  $n$  个买方估价满足彼此独立的均匀分布时,那么买方期望效用最大的报价策略是  $b(v_i) = (n - 1) v_i / n$ 。哈

山伊(Harsanyi)<sup>[9]</sup>把不完全信息下的获得期望效用最大通解定义为贝叶斯 - 纳什均衡 (Bayesian Nash Equilibrium, BNE):

$$E(\cdot) = (v_i - b(v_i)) \cdot P(\text{win} | b(v_i)) \quad (2 - 1)$$

其中,  $E(\cdot)$  为买方的期望收益,  $v_i$  为买方估价,  $b(v_i)$  为买方报价。对式(2 - 1)求导:

$$d(E(\cdot)) / d(b(v_i)) = - d(P(\text{win} | b(v_i))) \quad (2 - 2)$$

使式(2 - 2)为零的  $b(v_i)$  为最优报价,所有买方都存在这样一个最优报价策略,即存在贝叶斯 - 纳什均衡 (BNE)。求贝叶斯 - 纳什均衡的关键是计算出  $P(\text{win} | b(v_i))$ ,而计算出该条件概率必须先知道所有买方估价的分布情况以及他们的风险偏好。

肖特基和萨缪尔森 (Chatterjee and Samuelson)<sup>[10]</sup>首先把贝叶斯 - 纳什均衡 (BNE) 运用于双向拍卖之中,他们考虑了只有一个买方和一个卖方、一件商品的简单情形,买方的报价为  $b$ ,卖方的报价为  $s$ ,成交价格为  $kb + (1 - k)s$ ,其中  $0 < k < 1$ 。他们发现:在这种简单双向拍卖市场中,采用线性贝叶斯 - 纳什均衡策略,买卖双方都有隐藏真实报价的动机,因此将使买卖双方错过交易的概率为  $1/6$ 。

赛特斯维特和威廉姆斯 (Satterthwaite and Williams)<sup>[11]</sup>把以上结论推广到有  $m$  个买方和  $m$  个卖方的情形,他们得出结论:双向拍卖市场中,采取贝叶斯 - 纳什均衡策略的买方,他的报价和估价之差满足  $v - B(v) = O(k/m)$ ;而卖方的报价和成本之差满足  $S(c) - c = O(k/m)$ ;市场中流失的收益为  $O(k/m^2)$ 。因此,随着买卖双方人数的增加,他们的报价将越来越接近真实报价,市场效率逐渐上升。

威尔森 (Wilson)<sup>[12]</sup>把双向拍卖市场中报价分为非严肃报价 (Non-serious Bid or Ask) 和严肃报价 (Serious Bid or Ask),非严肃报价是指买方的报价太低或卖方的报价太高,以致于这种报价发生交易的概率为零,与之相反的报价则为严肃报价。在此基础上,他提出了一种等待的报价策略 (Waiting Game for Making Serious Bids and Asks),即市场中的交易方都采取了荷兰式拍卖中的策略。一旦市场中的买方首先提出了一个严肃报价 (Serious Bid),卖方由于担心其它的卖方的加入而使自己

失去交易机会,急躁性 (Impatience) 开始上升,直到他的急躁性达到一定程度,使他不顾其它卖方的可能报价而率先提出自己的严肃报价 (Serious Ask); 如果市场中的卖方首先提出一个严肃报价 (Serious Ask), 买方报价情形与前面相似. 威尔森证明:这种等待的报价策略满足贝叶斯 - 纳什均衡 (BNE) 的必要条件,可以产生出很高的市场效率.

麦克爱菲 (McAfee)<sup>[13]</sup>研究了有  $m$  个买方和  $m$  个卖方的封标第二价格双向拍卖,并假定该市场中的每个交易者最多只能购买或出售一件商品. 假定市场中的买方报价按从大到小的顺序依次为  $b_1, b_2, \dots, b_m$ , 卖方报价按从小到大的顺序依次为  $s_1, s_2, \dots, s_m$ , 则市场中的有效交易次数  $k$  同时满足式 (2-3) 和 (2-4):

$$b_k \geq s_k \quad (2-3)$$

$$b_{k+1} < s_{k+1} \quad (2-4)$$

市场中的成交价格为

$$p_0 = \frac{1}{2} (b_{k+1} + s_{k+1}) \quad (2-5)$$

麦克爱菲证明:买方和卖方都存在优势报价策略 (Dominant Strategies), 就是真实地报出各自的估价和成本. 这种双向拍卖中的优势报价策略的重要特征是,均衡策略的计算可以不需要预先知道买方估价和卖方成本的分布情况.

到目前为止,用不完全信息下的博弈理论来研究双向拍卖所取得的理论成果是最丰富的. 尽管如此,该研究方法有一个最致命的弱点:要求预先知道买方估价和卖方成本的分布情况以及对手的风险偏好等 (麦克爱菲的优势报价策略除外).

为了克服这个致命弱点,弗雷德曼 (Friedman)<sup>[14]</sup>把双向拍卖简化为一个博泉德博弈过程 (Bertrand Game), 即市场中所有交易方都独立选择报价,并且忽略报价对其它交易方的影响以及报价不能被修改. 他得出结论:(1) 交易方存在最优报价策略;(2) 可以产生接近帕累脱最优 (Pareto Optimal) 的市场效率.

### 2.3 完全信息下的博弈论研究

弗雷德曼 (Friedman)<sup>[15]</sup>指出:用完全信息下的博弈论来研究双向拍卖是今后的研究方向. 他的理由如下:(1) 在双向拍卖的市场环境中,竞争均衡 (Competitive Equilibrium) 与纳什均衡 (Nash Equilibrium) 能够一致;(2) 在双向拍卖市场中的交易

方可以通过不断的学习,逐步提高获得市场信息的能力,从而使他们的报价行为达到类似于完全信息下的纳什均衡.

近年来,完全信息下的双向拍卖研究成为了一种新趋势并且取得了一定进展,其中萨德瑞 (Sadrieh)<sup>[15]</sup>的工作最具代表性. 为了简化双向拍卖的市场环境,他首先提出了一种简单的双向拍卖模式——轮流报价的双向拍卖 (Alternating Double Auction, ADA), 该模式与连续型双向拍卖 (CDA) 的最大区别在于:在 CDA 中,买方和卖方可以随时报价;而在 ADA 中,买方和卖方的报价严格按照规定好的报价周期 (Offer Cycle) 进行,每个报价周期分为两个报价轮次 (Round), 在买方报价轮次中只有买方才可以报价,而在卖方报价轮次中只有卖方才可以报价.

另外,他还定义了边际买方 (卖方)、内部边际买方 (卖方)、外部边际买方 (卖方) 等概念. 假设  $B_i (i = 1, \dots, n_b)$  和  $S_j (j = 1, \dots, n_s)$  分别表示轮流报价双向拍卖市场中的买方和卖方, 买方估价从大到小排列 ( $v_1 > v_2 > \dots > v_{n_b}$ ), 卖方成本从小到大排列 ( $c_1 > c_2 > \dots > c_{n_s}$ ). 买方边际估价  $v_m$  和卖方边际成本  $c_m$  满足下式:

$$\min (v_m - c_m | v_m = c_m) \quad (2-6)$$

估价为  $v_m$  的买方称为边际买方,成本为  $c_m$  的卖方称为边际卖方;所有估价大于  $v_m$  的买方称为内部边际买方  $B_i (i = 1, \dots, m-1)$ , 所有成本小于  $c_m$  的卖方称为内部边际卖方  $S_j (j = 1, \dots, m-1)$ ; 所有估价小于  $v_m$  的买方称为外部边际买方  $B_i (i = m+1, \dots, n_b)$ , 所有成本大于  $c_m$  的卖方称为外部边际卖方  $S_j (j = m+1, \dots, n_s)$ .

通过以上的简化和定义,萨德瑞证明了:尽管在轮流报价的双向拍卖市场中存在多个均衡状态 (Multiple Equilibria), 这些均衡状态被称为急躁均衡 (Impatience Equilibria), 它们使市场产生不同的交易结果,但是这些结果的市场效率都很高,因为所有的外部边际买方和卖方都不参加交易,而且交易价格都在  $(v_m, v_{m+1}, c_m, c_{m+1})$  所构成的微小区间内. 因此,通过博弈论方法求出的轮流报价的双向拍卖结果不是与传统的竞争均衡一致,就是非常接近竞争均衡.

史密斯早期进行的双向拍卖实验,其目的是为了检验新经典经济学的竞争均衡理论,通过实

验发现了“Smith 奥秘”,从而引起理论经济学家们对双向拍卖的关注.由于双向拍卖市场中的信息极不充分,人们很自然地联想到用不完全信息下的博弈论方法来研究它,尽管取得了一些成果,但是很难谈得上是实质性的突破.在这种情况下,一些经济学家另辟蹊径,尝试着用完全信息下的博弈论方法来研究双向拍卖,并取得了一定的进展.

### 3 双向拍卖的实验经济学研究

将实验用于双向拍卖的研究,主要基于以下两种考虑:

(1) 由于双向拍卖市场中的报价决策过程非常复杂,很难用精确的数学语言进行描述,单靠理论不能解决问题,借助实验的方法来研究成为了一种必然选择.双向拍卖的市场结构特殊,使得该拍卖市场中的买方和卖方,在选择报价和决定是否接受另一方报价时,都面临相似的困境:买方在选择报价或接受卖方报价的时候,不仅要考虑其它买方可能的报价,还要考虑其它卖方可能的报价;同样,卖方在选择报价或接受买方报价的时候,不仅要考虑其它卖方可能的报价,还要考虑其它买方可能的报价.

例如,如果一个卖方先给出报价,所有买方都会考虑是否接受该报价:如果选择接受该报价,会不会有别的卖方给出更低的报价呢?如果选择等一等,或回应一个更低的买方报价,价格可能下降;如果价格真的下降了,其它买方又可能介入,使价格重新上升.同样道理,如果一个买方先给出一个报价,所有卖方都会考虑是否接受该报价:如果选择接受该报价,会不会有别的买方给出更高的报价呢?如果选择等一等,或回应一个更高的卖方报价,价格可能上升;如果价格真的上升了,其它卖方又可能介入,使价格重新下降.

(2) 如果双向拍卖中的所有参数都可以通过实验来加以研究,那么人们最终会彻底解开“Smith 奥秘”.这些参数包括:双向拍卖的交易规则、买卖双方交易人数及分、交易策略、市场中的信息公开规则,等等.

有关双向拍卖研究的一些著名实验包括:钱柏林(Chamberlin)<sup>[1]</sup>,史密斯(Smith)<sup>[2]</sup>,普洛特和桑德(Plott and Sunder)<sup>[16]</sup>,弗雷德曼(Fried-

man)<sup>[17, 14]</sup>,圣塔菲实验(Santa Fe Institute)<sup>[18]</sup>,歌德和桑德(Gode and Sunder)<sup>[19]</sup>,克立夫(Cliff)<sup>[20]</sup>,基斯泰德和蒂克霍德(Gjerstad and Dickhuat)<sup>[21]</sup>等.这些实验通常分为3类:现场实验(Field Experiment)、实验室实验(Laboratory Experiment)和计算机仿真(Simulation).

#### (1) 现场实验

双向拍卖最基本的理论模型是传统经济学的竞争均衡(Competitive Equilibrium),实际的双向拍卖市场中的市场效率和交易价格与竞争均衡中的理论值相差多少呢?当交易者的私有信息被公布后,它对市场效率和交易价格的影响如何?交易者对市场信息的反应如何?由于在现实的双向拍卖市场中,交易各方的偏好和私有信息等是无法观察到的,因此只有通过间接的手段,如:市场的交易价格变化、交易者对市场信息的发现等,来研究市场效率问题.法玛(Fama)<sup>[22]</sup>最早总结了现场实验在这方面的研究工作;雷诺伊(LeRoy)<sup>[23]</sup>研究表明:报价策略和私有信息对市场效率和交易价格的影响,并不象人们认为的那样严重,它们的影响反而很弱.

现场实验研究的另一个重点问题是,不同市场机制之间的比较.科亨等(Cohen *et al.*)<sup>[24]</sup>把两种具有代表性的双向拍卖市场(纽约证交所 NYSE 和全美交易所 AMEX)与两种代表性不强的双向拍卖市场(东京交易所 TokyoSE 和瑞典·德·杰内若交易所 Rio de Janeiro)进行比较分析,他们发现:两种具有代表性的双向拍卖市场可以减少商品交易的价格,尤其在商品不是很多的情况.斯托尔和魏莱(Stoll and Whaley)<sup>[25]</sup>用纽约证交所的数据进行了类似的实验,得到了相似的结果.

#### (2) 实验室实验

由于在实验室进行实验时,研究人员可以观察到所有交易者的私有信息和偏好,可以控制市场交易,因此他们可以直接研究市场效率问题,以及进行不同交易机制的比较.值得注意的是,实验室环境一般比实际的双向拍卖市场的规模小,交易机制简单,因此得出的结果是一定意义上的理想结果.

钱柏林(Chamberlin)<sup>[1]</sup>在他的实验中引入了交易成本和估价参数,并提供了一个搜寻双方交易价格的机制,但是他的实验结果表明市场效率

不是很高。相反,史密斯(Smith)<sup>[2]</sup>所作的实验类似于一个重复的双向拍卖的市场,他的实验中,产生的市场效率很高。从那以后,大量的实验室实验结果证实:双向拍卖的市场通常产生出接近100%的市场效率。

### (3) 计算机仿真

通过计算机仿真,可以用计算机程序模拟人的交易行为,进行交易行为(交易策略)的研究。最著名的计算机仿真实验是由圣塔菲(Santa Fe Institute)<sup>[18]</sup>组织的计算机交易策略比赛,有30几个计算机交易策略参加了比赛,它们都能产生接近100%的市场效率。比较每个计算机程序获得的收益,结果明尼苏达大学的开普兰(Kaplan)设计的策略获得了优胜。

在所有的计算机交易策略中,歌德和桑德(Gode and Sunder)<sup>[19]</sup>提出的“零信息”(Zero-Intelligence, ZI)报价策略模型最具代表性,它已经成为衡量其它策略的基准点模型(Benchmark)。ZI模型可以很好地模拟没有经验的交易者行为,并预测交易价格的次序。通过“零信息”的实验,歌德和桑德发现:双向拍卖市场中的资源配置有效性(Allocation Efficiency)与其市场结构、交易双方的动机、掌握的信息以及学习能力无关,作用于市场中的“无形的手”,它所具有的能力超过人们想象的,正是由于这支“无形的手”的存在,才使得市场中的单个交易个体不管是否具有理性,都能使市场最终表现为集体理性。

近年来,随着实验经济学的发展,双向拍卖的实验研究逐渐成为主流。在这些实验研究中,也出现了一种新的趋势,即用多代理系统(Multi-Agent Systems, MAS)来比较各种交易策略的优劣。瑞建等(Rajan *et al.*)<sup>[26]</sup>、雷巴龙等(Chan *et al.*)<sup>[27]</sup>、卡多索和奥利维拉(Cardoso and Oliveira)<sup>[28]</sup>、泰绍若和戴斯(Tesauro and Das)<sup>[29]</sup>、戴斯等(Das *et al.*)<sup>[30]</sup>都进行了这方面的研究。多代理系统的双向拍卖研究可以分为3种形式:

(1) 代理与代理的比较研究(Agent vs. Agent)。最早进行这种研究的应该是圣塔菲(Santa Fe Institute)<sup>[18]</sup>,有30几个计算机交易策略参加了比赛;泰绍若和戴斯选取了4种计算机报价策略(ZI, Kaplan, ZIP, and MGD)进行了多代理系统下的比较实验。

(2) 人与人的比较研究(Human vs. Human)。布朗道伊等(Brandouy *et al.*)<sup>[31]</sup>在实验室环境中进行这方面的研究,他们选取了12个自愿者参加实验,其中有学习金融、财务和经济的研究生。

(3) 代理与人的比较研究(Agent vs. Human)。戴斯等(Das *et al.*)<sup>[30]</sup>在IBM的沃特森实验经济学实验室(IBM Watson Experimental Economics Laboratory)进行了这方面的研究,他们得出的结论是:由于代理在计算和记忆方面的优势,人们更愿意用代理来替代人来进行报价。

本文作者在双向拍卖的实验经济学研究方面也做了一些工作<sup>[32, 33]</sup>: (1) 提出了一个新的观测指标——马歇尔偏移量(Marshallian Deviation),用来检验双向拍卖市场中的交易次序(Transaction Order)和交易路径(Transaction Path)<sup>[34]</sup>; (2) 研究了双向拍卖市场中,不同分布的供需曲线对市场主要参数的影响,以及非均衡状态下供给变化和 demand 变化对双向拍卖市场中的主要观测指标的影响<sup>[35]</sup>; (3) 研究了各种“零信息”模型多代理系统中获得收益的一般规律<sup>[36]</sup>。

在理论经济学家对双向拍卖的市场机理研究没有实质性突破的情况下,实验经济学家开始尝试用实验手段来研究该问题。他们的指导思想是:一旦人们通过实验掌握了双向拍卖中的所有参数的变化规律,就能够彻底解开“Smith 奥秘”。这方面,歌德和桑德的工作最具代表性,双向拍卖的实验经济学研究因此成为了一个研究热点。

## 4 双向拍卖的报价策略研究

双向拍卖的报价策略很多,下面是最具代表性的几种报价策略模型。其中,以“零信息”模型<sup>[19]</sup>最为著名,尽管“零信息”模型比较简单,但是它很好地反映了市场中交易个体的无理性行为和有限理性行为,已经成为双向拍卖领域中,研究交易策略的“基准模型”(Benchmark),被实验经济学家们所广泛采用。其它主要报价策略模型还有:克立夫(Cliff)<sup>[20]</sup>提出的“增强型零信息”模型(Zero-Intelligence Plus, ZIP),基斯泰德和蒂克霍德(Gerstad and Dickhuat)<sup>[21]</sup>提出的一个基于信心函数(Belief Function)来计算最大期望收益的报价模型(即“GD模型”),桑居等(Sunju, Durfee and

William)<sup>[37]</sup> 给出的一个有自适应能力的报价模型“p-strategy”, 以及詹文杰等(Zhan *et al.*)<sup>[38]</sup> 提出的“k-零信息”模型(k-ZI).

(1) “零信息”模型

该报价模型是由歌德(Gode)和桑德(Sunder)<sup>[19]</sup>于1993年首次提出, 有两种具体的表现形式: 一种是“约束型零信息”模型(Zero-Intelligence with Constraint, ZI-C), 另一种是“无约束零信息”模型(Zero-Intelligence Unconstrained, ZI-U). “约束型零信息”模型中的约束条件是: 买方的报价不能低于其对所购商品的估价, 卖方的报价不能低于其成本, 否则报价被视为无效而被市场忽略. “无约束零信息”模型(ZI-U)中的买卖双方都没有任何约束条件限制, 买方的报价可以低于其对所购商品的估价, 卖方的报价也可以低于其成本.

假设双向拍卖市场允许的最低报价为  $O_{\min}$ , 最高报价为  $O_{\max}$ , 则“约束型零信息”模型的数学描述为

$$\begin{aligned} B_i &\sim (O_{\min}, V_i], \text{均匀分布} \\ S_i &\sim [C_i, O_{\min}), \text{均匀分布} \end{aligned} \quad (4-1)$$

其中:  $B_i$  表示第  $i$  个买方的报价,  $V_i$  表示第  $i$  个买方的估价;  $S_i$  表示第  $i$  个卖方的报价,  $C_i$  表示第  $i$  个卖方的成本. 即买方的报价为最低报价到其估价之间均匀分布的任意值, 卖方的报价为其成本到最高报价之间均匀分布的任意值.

“无约束零信息”模型(ZI-U)的数学描述为

$$\begin{aligned} B_i &\sim (O_{\min}, O_{\max}), \text{均匀分布} \\ S_i &\sim (O_{\min}, O_{\max}), \text{均匀分布} \end{aligned} \quad (4-2)$$

其中:  $B_i$  表示第  $i$  个买方的报价,  $S_i$  表示第  $i$  个卖方的报价. 可以知道, ZI-U 模型中的买方和卖方的报价都为最低报价和最高报价之间的均匀分布的任意值, 买方的报价甚至可以高于其估计 ( $B_i > V_i$ ), 卖方报价也可以低于其成本 ( $S_i < C_i$ ).

通过该模型, 歌德和桑德发现: 双向拍卖市场中的资源配置有效性(Allocation Efficiency)与其市场结构、交易双方的动机、掌握的信息以及学习能力无关, 作用于市场中的“无形的手”, 它所具有的能力超过人们想象, 正是由于这只“无形的手”的存在, 才使得市场中的单个交易个体不管是否具有理性, 都能使市场最终表现为集体理性.

他们的理由是: “无约束零信息”模型可以被

看作是市场中的无理性个体, “约束型零信息”模型被看作是市场中的有限理性个体, 它们都能使市场的最终效率达到 90% 以上.

(2) “k-零信息”模型

詹文杰等<sup>[38]</sup>在“约束型零信息”模型的基础上, 提出了一个“k-零信息”模型假设双向拍卖市场允许的最高报价为  $O_{\max}$ , 则“k-零信息”模型的数学描述为

$$\begin{aligned} B_i &\sim (kV_i, V_i) \\ S_i &\sim (C_i, O_{\max} - k \cdot (O_{\max} - C_i)) \end{aligned} \quad (4-3)$$

其中:  $B_i$  表示第  $i$  个买方的报价,  $V_i$  表示第  $i$  个买方的估价;  $S_i$  表示第  $i$  个卖方的报价,  $C_i$  表示第  $i$  个卖方的成本.  $k$  的取值范围为  $[0, 1]$  闭区间上的任意值, 当  $k=0$  时, 报价策略为“约束型零信息”策略; 当  $k=1$  时, 交易策略为“真实报价”策略(Truth-telling). 因此, 不同的  $k$  值代表不同的报价策略. 由此可见, ZI 模型只是  $k$ -ZI 模型的一个特例.

对于第  $i$  个买方, 当报价为  $B_i$  时, 他的利润率计算公式为

$$i = \frac{V_i - B_i}{V_i} \quad (4-4)$$

由于  $B_i$  为  $(kV_i, V_i)$  区间的均匀分布, 因此其利润率为  $(0, 1-k)$  区间的均匀分布, 最高期望利润率为  $(1-k)$ . 当  $k=0$  时, 最高期望利润率为 1; 当  $k=1$  时, 最高期望利润率为 0.

对于第  $i$  个卖方, 当报价为  $S_i$  时, 他的利润率计算公式为

$$i = \frac{S_i - C_i}{C_i} \quad (4-5)$$

由于  $S_i$  为  $(C_i, O_{\max} - k(O_{\max} - C_i))$  区间的均匀分布, 因此其利润率为  $(0, (1-k)(O_{\max}/C_i - 1))$  区间的均匀分布, 最高期望利润率为  $(1-k)(O_{\max}/C_i - 1)$ . 当  $k=0$  时, 最高期望利润率为  $O_{\max}/C_i - 1$ ; 当  $k=1$  时, 最高期望利润率为 0.

因此, 参数“ $k$ ”的经济意义是: 对于买方来说,  $(1-k)$  是其最高期望利润率; 对于卖方来说,  $(1-k)$  与其最高期望利润率成正比.

(3) “增强型零信息”模型(Zero-Intelligence Plus, ZIP)

在“零信息”模型的基础上, 克立夫(Cliff)<sup>[22]</sup>提出了“增强型零信息”模型.

该模型的基本思想是:由于市场中的交易个体成本或估价是固定的,其报价是由利润率水平决定的,在开始阶段,交易个体随机产生一个利润率,在每次交易成功之后,交易个体会在原来利润率的基础上,随机微增利润率;当交易不成功时,交易个体会在原来利润率的基础上随机微减利润率.交易个体的约束条件是,利润率不能为负,即买方的报价不能低于其对所购商品的估价,卖方的报价不能低于其成本. ZIP 模型中,买卖双方调整利润率的伪代码程序见图 3.

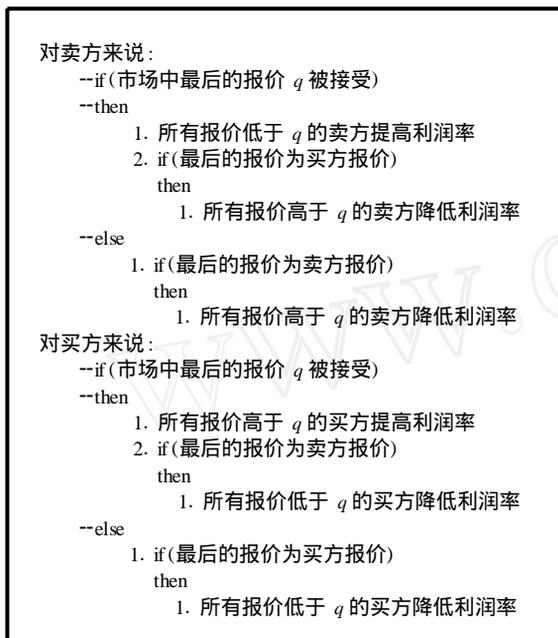


图 3 ZIP 模型中调整利润率的伪代码流程图

通过实验,克立夫得出结论:采取 ZIP 模型的交易者,他的报价策略比 ZFC 更复杂,但是与人相比还是要简单得多;从均衡的角度和收益分布情况来看,ZIP 交易者的实验结果比 ZFC 更接近于实际人的报价策略.

(4)“基斯泰德 - 蒂克霍德模型”(“GD 模型”)

基斯泰德和蒂克霍德(Gerstad and Dickhurat)<sup>[23]</sup>给出了一个基于信心函数(Belief Function)来计算最大期望收益的报价模型,也有人称之为“GD 模型”.

信心函数指:“GD”交易者根据最近 L 次的买方和卖方报价(记为 HL)计算出来的主观概率  $p(x)$ ,该主观概率表示的是,当交易者报价为  $x$  时被接受的可能性.

因此,卖方的信心函数计算公式为

$$p(a) = \frac{TAG(a) + BG(a)}{TAG(a) + BG(a) + RAL(a)} \quad (4-6)$$

其中:TAG(a)是 HL 中卖方报价大于 a 且被买方接受的个数,BG(a)是 HL 中买方报价大于 a 的个数,RAL(a)是 HL 中卖方报价小于等于 a 的个数.可以看出,  $p(a)$  表示的是卖方报价等于 a 时,其报价被买方接受的主观概率.当  $a = 0.00$  时,  $p(0.00) = 1$ ;同时,一定存在一个大于零的数 M,使得  $p(M) = 0$ .

类似地,买方的信心函数计算公式为

$$q(b) = \frac{TBL(b) + AL(b)}{TBL(b) + AL(b) + RBG(b)} \quad (4-7)$$

其中:TBL(b)是 HL 中买方报价小于 b 且被卖方接受的个数,AL(b)是 HL 中卖方报价小于 b 的个数,RBG(b)是买方报价大于 b 的个数.同样可以看出,  $q(b)$  表示的是买方报价等于 b 时,其报价被卖方接受的主观概率.当  $b = 0.00$  时,  $p(0.00) = 0$ ;同时,也一定存在一个大于零的数 M,使得  $p(M) = 1$ .

分别计算出买方和卖方的信心函数后,然后计算他们的最优报价.假设第 i 个卖方打算卖掉他的第 k 件商品,该商品的成本为  $c_i^k < oa$ ,卖方可以在  $a < [0, oa)$  的区间内找到一个最优报价  $a^*$ ,使得期望收益  $E[ S_{s,i}^k(a, c_i^k) \cdot p(a) ]$  最大.当然,卖方报价为  $a^*$  时,并不能保证其报价一定被买方接受.因此,对于第 i 个卖方来说,他卖掉第 k 件商品的最大收益为

$$S_{s,i}^k = m \times \{ \underset{(ob,oa)}{m} \times E[ S_{s,i}^k(a, c_i^k) ], 0 \} \quad (4-8)$$

同样,假设第 j 个买方打算买进第 l 件商品,他对该商品的估价为  $v_j^l > ob$ ,买方可以在  $b < [ob, )$  的区间内找到一个最优报价  $b^*$ ,使得期望收益  $E[ S_{b,j}^l(b, v_j^l) \cdot q(b) ]$  最大.当然,买方报价为  $b^*$  时,并不能保证其报价一定被卖方接受.因此,对于第 j 个买方来说,他买进第 l 件商品的期望收益为

$$S_{b,j}^l = m \times \{ \underset{(ob,oa)}{m} \times E[ S_{b,j}^l(b, v_j^l) ], 0 \} \quad (4-9)$$

(5)“p-strategy 模型”

桑居等人(Sunju, Dufee and William)<sup>[32]</sup>给出了一个有自适应能力的交易模型“p-strategy”(详见图 4).该模型的核心思想在于,它把双向拍卖过程看作一个马尔科夫链(Markov Chain),并同时考虑了交易过程的动态性和交易结果的不确定

性;由于“p-strategy”能自主判断何时使用哪种报价模型,因此避免了随机模型的缺点.图4中的函数 pstrategy 是卖方的报价策略函数,通过该函数,卖方可以计算出期望收益最大的报价策略以及最优报价.

```
function Adaptive p-strategy() returns a strategy
  i: 报价模型选择 (FM, CP, and P-strategy)
  wlb, wub: 时间窗口平移
  Δ: 时间间隔
  N( ai ): 窗口内各报价模型的使用频率表
  Q( i ): 各模型的平均收益表
  f( Q, N ): 产生式规则的评价函数,用于增加 Q 和减少
  N / *更新 Q 和 N */
  wlb = wlb + Δ; wub = wub + Δ
  for 每个 i
    根据时间间隔 ( wub - wlb ) 内模型 ai 的个数更新
    N( ai )
    根据模型 i 的平均收益更新 Q( i )
  end
  / *选择 f-value 值最大的报价策略 */
  action = argmax ( f( Q( i ), N( i ) );
  return action
```

图4 p-strategy 算法(来源:Sunju et al., 1999)

双向拍卖的报价策略模型,从没有任何学习能力和自适应能力的“零信息”模型,逐步向提高学习能力和自适应能力的方向发展.目前,许多新的理论和方法被大量运用到这个领域,如:人工智能、机器自学习等,使得双向拍卖报价决策模型成为了一个非常活跃的研究领域.

### 5 研究展望

从经济学角度看,双向拍卖的市场机理问题——“Smith 奥秘”还没有彻底被解决,人们还没有

完全弄清楚双向拍卖中的资源配置的有效性问  
题、交易次数和交易价格的形成等问题.这些问题的解决,需要时间,也需要发展新的研究方法  
与工具.

从决策科学角度看,双向拍卖市场中的交易  
双方都面临着非常复杂的决策过程,买方和卖  
方的交易策略问题特别值得关注.正如黑耶克  
(Hayek)<sup>[39]</sup>所指出的:交易行为的多样性和市场  
信息的不充分性,正是双向拍卖市场的特点之  
所在,如果我们抛开这两点来研究双向拍卖,就  
没有抓住问题的本质难点.这个问题后来被称  
为“黑耶克难题”(Hayek's Problem).

从实际应用角度看,双向拍卖具有非常广  
阔的应用前景.由于双向拍卖能够有效地解决  
“串谋”和“恶意报价”等问题,应用前景广阔,  
尤其在同质物品(Homogeneous Goods)的交  
易机制中,双向拍卖已处于垄断地位,如:纽  
约证券交易所(NYSE)、纳斯达克(NASDAQ)  
和芝加哥商品交易市场(Chicago Exchanges)  
等,都采用了不同形式的双向拍卖交易机制.  
目前,成功的商业性双向拍卖网站有:Fast  
Parts、LabX、Dallas Gold and Silver Ex  
change 等<sup>[40]</sup>.随着双向拍卖的实际应用领  
域不断扩大,许多新的问题需要不断研究和  
解决.

由于 Internet 技术与 e-Business 的快  
速发展,在线拍卖(e-Auction)成为了拍  
卖理论中的研究热点.而对于在线拍  
卖而言,在线双向拍卖不仅是研究的  
重点也是难点所在,许多涉及到决  
策科学的重要基本问题都有待去  
研究<sup>[33]</sup>.

用实验方法来研究双向拍卖已成为了  
双向拍卖研究的一种主要趋势.一旦  
人们通过实验掌握了双向拍卖中  
的所有参数的变化规律,那么就离  
最终彻底解开“Smith 奥秘”的日子  
为期不远了.

### 参考文献:

[1] Chamberlin E H. An experimental imperfect market [J]. Journal of Political Economy, 1948, 56: 95—108  
 [2] Smith V L. An experimental study of competitive market behavior [J]. Journal of Political Economy, 1962, 70: 11—137  
 [3] Smith V L. Microeconomic systems as an experimental science [J]. American Economic Review, 1982, 72: 923—955  
 [4] Vickrey W. Counterspeculation, auctions and sealed tenders [J]. Journal of Finance, 1961, 16: 8—37  
 [5] Friedman D. The Double Auction Market Institution: A Survey, The Double Auction Market: Institutions, Theories, and Evidence [M]. Edited by Daniel Friedman and John Rust, New York: Addison-Wesley, 1993. 3—25  
 [6] Gode D K, Sunder S. Double Auction Dynamics: Structural Consequences of Non-Binding Price Controls[R]. Current Revision:

- February 1999, <http://www.gsia.cmu.edu/andrew/sunder/limit.pdf> (downloaded)
- [7] Wurman P R, Wellman M P, Walsh W E. A Parametrization of the Auction Design Space [R]. Downloaded from <http://citeseer.nj.nec.com/wurman00parametrization.html>, 2000
- [8] Brewer P J, Huang M, Nelson B, Plott C R. On the Behavioral Foundations of the Law of Supply and Demand: Human Convergence and Robot Randomness [M]. Social Science Working Paper 1079, Pasadena: California Institute of Technology, December 1999
- [9] Harsanyi J C. Games with incomplete information played by Bayesian players [J]. *Management Science*, 1967, 14: 159—182, 320—334, 486—502
- [10] Chatterjee K, Samuelson W. Bargaining under incomplete information [J]. *Operations Research*, 1983, 31: 835—851
- [11] Satterthwaite M A, Williams S R. The Bayesian Theory of the  $k$ -Double Auction [M]. In *The Double Auction Market: Institutions, Theories, and Evidence*, Edited by Daniel Friedman and John Rust, New York: Addison-Wesley, 1993. 99—123
- [12] Wilson R. Equilibrium in Bid-Ask Markets [A]. In *Arrow and the Ascent of Economic theory: Essays in Honor of Kenneth J. Arrow* [M]. Edited by G. Feiwel, London: McMillan, 1987
- [13] McAfee R P. A dominant strategy double auction [J]. *Journal of Economic Theory*, 1992, 56: 434—450
- [14] Friedman D. A simple testable model of double auction markets [J]. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1991, 15: 47—70
- [15] Sadrieh A. The Alternating Double Auction Market: A Game Theoretic and Experimental Investigation [M]. Berlin; New York: Springer, 1998
- [16] Plott C R, Sunder S. Efficiency of experimental security markets with insider information [J]. *Journal of Political Economy*, 1982, 90(4): 663—698
- [17] Friedman D. On the efficiency of double auction markets [J]. *American Economic Review*, 1984, 74: 60—72
- [18] Rust J, Miller J H, Palmer R. Behavior of Trading Automata in a Computerized Double Auction Market [M]. In *The Double Auction Market: Institutions, Theories, and Evidence*, Edited by Daniel Friedman and John Rust, New York: Addison-Wesley, 1993. 155—197
- [19] Gode D K, Sunder S. Allocative efficiency of markets with zero intelligence (ZI) traders: Market as a partial substitute for individual rationality [J]. *Journal of Political Economy*, 1993, 101: 119—137
- [20] Cliff D, Bruten J. Zero is not Enough: On the Lower Limit of Agent Intelligence for Continuous Double Auction Markets [R]. The First Hewlett-Packard International Workshop on Interacting Software Agents, Bristol, September 1996
- [21] Gerstad S, Dickhaut J. Price formation in double auctions [J]. *Games and Economic Behavior*, 1992, 22: 1—29
- [22] Fama E. Efficient capital markets: A review of theory and empirical work [J]. *Journal of Finance*, 1970, 4: 383—417
- [23] LeRoy S. Efficient capital markets and martingales [J]. *Journal of Economic Literature*, 1983, 27(4): 31—43
- [24] Cohen K J, Maier S F, Schwartz R A, *et al.* The Microstructure of Securities Markets [M]. New Jersey: Prentice-Hall, 1986
- [25] Stoll H R, Whaley R E. Stock market structure and volatility [J]. *Review of Financial Studies*, 1990, 3(1): 37—71
- [26] Rajan V, Slagle J R, Dickhaut J, Mukherji A. Decentralized problem solving using the double auction market institution [J]. *Expert Systems with Applications*, 1997, 12: 1—10
- [27] Chan N T, LeBaron B, Lo A W, Poggio T. Agent-Based Models of Financial Market: A Comparison with Experimental Markets [R]. <http://citeseer.nj.nec.com/339528.html> (downloaded), 1999
- [28] Cardoso H L, Schaefer M, Oliveira E. A Multi-Agent System for Electronic Commerce Including Adaptive Strategic Behaviours [R]. Downloaded from <http://citeseer.nj.nec.com/320321.html>, 1999
- [29] Tesauo, Gerald, Das R. High-performance Bidding Agents for the Continuous Double Auction [R]. Presented at Economic Agents, Models and Mechanisms Workshop, International Joint Conference on Artificial Intelligence, Seattle, August, 2001
- [30] Das R, Hanson J E, Kephart J O, Tesauo G. Agent-Human Interactions in the Continuous Double Auction [R]. To appear in the Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Seattle, August, 2001
- [31] Brandouy O, Barneto P, Leger L. Insider Trading. Imitative Behavior and Price Formation in a Simulated Double-Auction Stock Market [R]. Economic Research Paper No. 00/01, Loughborough University, UK, January 2000
- [32] 詹文杰. 基于实验经济学的双向拍卖研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2002

- [33] 马俊, 汪寿阳, 黎建强. e-Auctions:理论与实务[M]. 北京: 科学出版社, 2003
- [34] Zhan Wenjie, Shouyang Wang, Jinglong Zhang, Jie Yang, K K Lai, Marshallian deviation: New observable criterion to measure transaction paths in double auction markets [J]. Journal of Systems Science and Complexity, 2000, 15: 261—277
- [35] Zhan Wenjie, Wang Shouyang, Lai K K. Influence of Imbalance between Supply and Demand on Two Types of Double Auction Markets [R]. MADIS Working Paper No. 2002 - MP - 012, 2002
- [36] Zhan Wenjie, Wang Shouyang, Yang Jie, Zhang Jinlong, Lai K K. Competitive Analysis of Augmented Zero-intelligence Agents for Double Auction Markets [R]. MADIS Working Paper No. 2002 - MP - 028, 2002
- [37] Sunju P, Durfee E H, William P B. An Adaptive Agent Bidding Strategy Based on Stochastic Modeling [R]. Proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agents (Agents '99), 1999
- [38] Zhan Wenjie, Shouyang Wang, Jinglong Zhang, K K Lai. k-ZI: A general zero-intelligence model in continuous double auction markets [J]. International Journal of Information Technology and Decision Making, 2002, 1(4): 620—638
- [39] Hayek F. The use of knowledge in society [J]. American Economics Reviews, 1945, 35(4): 519—530
- [40] Lucking-Reiley D. Auctions on the internet: What's being auctioned, and how? [J]. The Journal of Industrial Economics, Sep. 2000, 48: 227—252

## Review on the Smith's mystery and development of double auctions

ZHAN Wen-jie<sup>1</sup>, WANG Shou-yang<sup>2</sup>

1. School of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China

2. Institute of Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

**Abstract:** In this paper, we review some main progress in research on double auctions and the Smith's mystery. Also we discuss a few development trends in double auctions for future investigations. The main purpose of this paper is to attract more people to pay their attention to both the experimental economics methodologies and development of the experimental economics.

**Key words:** double auction; Smith's mystery; experimental economics