

基于函数型数据的网拍虚假出价动机及影响识别

曹珂¹, 严明义²

(1. 西安财经大学 统计学院, 陕西 西安 710100;
2. 西安交通大学 经济与金融学院, 陕西 西安 710061)

摘要:以网络拍卖中的虚假出价行为为研究对象,在拍卖理论中的信息关联价值假设下,运用函数型数据分析方法并基于竞拍者随机到达的非齐次泊松过程特征,构建了卖者虚假出价动机阶段变化模型,对卖者参与虚假出价动机及影响进行分析。研究结果表明,卖者的虚假出价参与动机随着拍卖的进行逐渐减弱,拍卖方式、关联程度、竞拍者人数以及拍品价值均会影响卖者参与虚假出价的动机。其中,第二价格密封拍卖下卖者参与虚假出价的动机更强烈;关联程度越高的拍卖中更易发生虚假出价;竞拍者人数的增加则会减弱卖者的参与动机;拍品价值中个人估值占比越小,则越易发生虚假出价。最后通过实证分析验证了所得结论并给出具体管理启示,为进一步设计网络拍卖机制以减少虚假出价行为的发生、维护网络交易公平公正、提升拍卖市场运行效率具有实践意义。

关键词:网络拍卖;虚假出价行为;函数型数据;非齐次泊松过程;出价动机

中图分类号:TP311.13

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2023)09-0016-08

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2023.09.003

Identification of Motivation and Influence of Online-auction Shill Bidding Behavior Based on Functional Data Analysis

CAO Ke¹, YAN Ming-yi²

(1. School of Statistics, Xi'an University of Finance and Economics, Xi'an 710100, China;

2. School of Economics and Finance, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China)

Abstract: We use functional data analysis method to study the motivation and influence of bidding behavior under the assumption of information-related value in auction theory, and construct a model of seller bidding motivation stage change based on the characteristics of non-homogeneous Poisson process of random arrival of bidders, and analyze the seller's motivation and influence to participate in bidding. The results of the study show that the seller's motivation to bid gradually decreases as the auction progresses, and the auction method, the degree of association, the number of bidders and the value of the lot all affect the seller's motivation to participate in the bidding. Among them, the seller's motivation to participate in the bid under the second price seal auction is stronger. The more relevant the auction, the more likely it is to make bids. An increase in the number of bidders will weaken the seller's motivation to participate. The smaller the proportion of individual valuations in the value of the lot, the more likely it is that bids will occur. Finally, through empirical analysis, the conclusions obtained are verified and specific management enlightenment is given, which is of practical significance for further designing the online auction mechanism to reduce the occurrence of bidding, maintain the fairness and justice of online transactions, and improve the operational efficiency of the auction market.

Key words: online-auction; shill bidding; functional data analysis; non-homogeneous Poisson process; motivation of bidding

0 引言

随着网络信息技术的不断发展,线下拍卖中的虚假出价行为不可避免地出现在网络拍卖中。虚假出价(shill bidding)是以人为抬升最终成交价格为目的的网络拍卖欺诈行为。互联网交易的匿名性和多数竞拍

者无意识地纵容为识别和阻止网络拍卖虚假出价行为的发生带来困难。

目前已有一些研究关注到拍卖市场中的虚假出价行为,但由于研究前提假设的不同,所得结论并不一致^[1-5]。Chen Kong-ping(2018)^[6]通过对虚假出价程

收稿日期:2022-09-28

修回日期:2023-02-02

基金项目:陕西省自然科学基金青年项目(2022JQ-076)

作者简介:曹珂(1989-),女,通讯作者,博士,讲师,研究方向为网络拍卖、函数型数据分析方法;严明义(1963-),男,博士,教授,博导,研究方向为函数型数据分析方法。

度与拍卖成交价格的分析发现,虚假出价的存在会增加成交价格,而保留价格则会降低成交概率进而减少期望收益。林菡密和孙绍荣(2015)^[7]对第一价格密封拍卖中的竞拍者串谋行为进行分析,建立了串谋双方的竞价模型,认为串谋方的虚假出价策略与估价、竞拍者人数有关。王宏(2019)^[8]在独立私有价值假设下对多单位网络拍卖中的虚假出价行为展开分析,认为卖者的最优虚假出价策略是在拍卖开始时选择低的托投标,在观察到虚假出价信息后将托投标动态调整至最优水平。

从研究方法来看,拍卖数据由于虚假出价时间的不可预测性和不等间隔性,无法应用传统的统计、计量方法。Ramsay(1982)^[9]在其论文中将具有这种特征的数据首次命名为函数性数据(functional data, FD)。这些样本数据的产生过程是一个函数过程,由于函数性数据不同于传统统计方法所分析的时间序列数据(time series data)和横截面数据(cross-sectional data),也不同于计量经济学中讨论的面板数据(panel data),因此,传统的数据分析方法在具体应用中受到了挑战^[10]。

基于此,该文在关联价值的假设下,从期望收益变化角度定义卖者参与虚假出价的动机、阐述虚假出价动机产生路径。其次结合竞拍者出价到来的非齐次泊松过程特征,应用函数型数据分析方法构建卖者虚假出价参与动机阶段变化模型,对卖者参与虚假出价的动机进行量化分析,详细阐明卖者参与动机随时间、竞拍者人数以及拍品价值的影响变化情况。最后,结合所得结论,提出具有针对性的措施建议,以期能够减少网络拍卖中虚假出价行为发生,维护网络交易公平公正,提升拍卖市场运行效率。

1 理论模型假设与构建

1.1 模型假设

假设共有 $n > 1$ 名对称竞拍者参与竞拍单件物品,令竞拍者 i 的信号为 X_i , X_1, X_2, \dots, X_n 是关联的且分布服从连续的密度函数 f , f 在定义域 $[x, \bar{x}]^n$ 内严格递增。竞拍者 i 对物品的估值不仅依靠其自身所拥有的信息 X_i , 还同时参考了其他竞拍者的虚假出价信息,竞拍者 i 的估值 $V_i = u_i(X)$ 为严格递增。

(1) 信息关联价值假设。

在关联价值和关联信号模型中,对于每个竞拍者,其他竞拍者的信号可以相互交换而不影响估价。反映在具体的模型中,密度函数 f 是可互换的,即对于所有竞拍者来说,估价的分布都是相同的。假设信号 X_1, X_2, \dots, X_n 为从分布 F 中取得的 n 个独立变量,令 $M_1^{(n)}, M_2^{(n)}, \dots, M_n^{(n)}$ 为上述 n 个变量的重新排列,使得 $M_1^{(n)}$

$\geq M_2^{(n)} \geq \dots \geq M_n^{(n)}$, 则随机变量 $M_k^{(n)}$, $k = 1, 2, \dots, n$ 为顺序统计量, $f^{(k;n)}$ 为信号 X_1, X_2, \dots, X_n 的第 k 阶统计量的概率密度函数, $F^{(k;n)}$ 则为对应的分布函数, $f_{-i,\theta}^{(k;n)}$ 为所有对手竞拍者的第 k 阶统计量的密度函数,即 $X_1, \dots, X_{i-1}, X_{i+1}, \dots, X_n$, $F_{-i,\theta}^{(k;n)}$ 为其对应的分布函数。由于对称性的存在,后续分析中省略脚标 $-i$ 。

定义价值函数 $v(x, y) = E[V_1 | X_1 = x, Y_1 = y]$ 和 $w(x, y) = E[V_1 | X_1 = x, Y_1 \leq y]$ 分别为当竞拍者 1 收到信号 x 且最高虚假出价对手竞拍者信号等于 y 时的期望收益和竞拍者 1 收到信号 x 且最高虚假出价对手竞拍者信号小于 y 时的期望收益,即价值函数 v 为竞拍者自身的估值函数,而价值函数 w 为竞拍者参考的最高虚假出价对手竞拍者的估值函数。由于价值函数 u_i 具有严格的单调性,因此 v 和 w 是严格递增的,这里记 $v(x) = v(x, x)$, $w(x) = w(x, x)$ 。由价值函数的单调性可知,当 $x > \bar{x}$ 时,有 $v(x) > w(x)$ 。

(2) 竞拍者到来过程分布假设。

实证研究发现,网络拍卖中竞拍者的虚假出价人数具由显著的阶段性特征^[11],大多数拍卖中竞拍者的到来速率表现出明显的波动性,该过程具有非齐次泊松过程特征。

假设在一场网络拍卖中,拍卖期限为 $[0, T]$, 第 i 个竞拍者的到来时刻为 t_i 且 $0 < t_i \leq T$, 虚假出价金额为 P_i , 则 $N(t)$ 表示到时刻 t 为止竞拍者到来的总人数。可知, $\{N(t), 0 \leq t \leq T\}$ 为一计数过程。又因为:

(1) $N(0) = 0$ 。

(2) $\{N(t), t \geq 0\}$ 具有独立增量。因为第 i 个竞拍者的到来是否发生主要依赖于上一位竞拍者的虚假出价金额,同样依赖于上一个虚假出价发生的时刻 t_i , 而与 t_i 之前的时刻无关,即时刻 t 的虚假出价次数 $N(t)$ 与 $(t, t+s]$ 的虚假出价次数 $N(t+s) - N(t)$ 相互独立。

(3) 由于截止效应(deadline effects)^[12]和早期效应(earliness effect)^[13]的存在,竞拍者的到来速率在一场拍卖中的波动具有阶段性,是时变的。

(4) 当时段长度 h 很小时,总会有:

$$P\{N(t+h) - N(t) = 1\} = \lambda(t)h + o(h) \text{ 和}$$

$$P\{N(t+h) - N(t) \geq 2\} = o(h)$$

综上所述,网络拍卖中竞拍者的到来过程具有非齐次泊松过程的所有特征,应用非齐次泊松过程对其进行描述。

1.2 虚假出价动机理论模型

(1) 不存在虚假出价的卖者期望收益。

令保留价格(reserve price)为 r , 是卖者以自身期

望值提前设定好的价格,任何低于保留价格 r 的虚假出价将不会成交。竞拍者 i 以信号 x_i 为参考的虚假出价函数在保留价格 r 附近是不连续的,即在保留价格 r 附近将不会有虚假出价。因此,可根据由保留价格 r 确定的临界值 x 得到不存在虚假出价时卖者的期望收益,共由两部分组成:当次高虚假出价是保留价格时的卖者期望收益与次高虚假出价来自于活跃的竞拍者时的卖者期望收益之和,由 $U^{\text{com}}(x)$ 表示:

$$U^{\text{com}}(x) = (F^{(2;n)}(x) - F^{(1;n)}(x)) \cdot w(x) + \int_x^{\bar{x}} v(u) f^{(2;n)}(u) du \quad (1)$$

其中,临界值 x 由保留价格 $r = w(x)$ 确定, $F^{(2;n)}(x) - F^{(1;n)}(x)$ 为拍品以保留价格成交的概率, $\int_x^{\bar{x}} v(u) f^{(2;n)}(u) du$ 为活跃竞拍者拍得物品的期望收益。

(2) 存在虚假出价的卖者期望收益。

由于卖者的期望收益与竞拍者的虚假出价支付相关,因此为了得到存在虚假出价时的卖者期望收益,首先需要得到存在虚假出价时的竞拍者出价 $b(x)$ 。当拍卖中存在虚假出价行为时,原有的均衡状态不再是可持续的,因此任何考虑虚假出价的均衡状态下,保留价格与最低虚假出价之间都不应存在差距。设 x^{shill} 为参与虚假出价的临界值, $r^{\text{shill}} = w(x^{\text{shill}})$ 为对应的最小可能虚假出价。

设 $G^* = G^0 b$ 为卖者根据所掌握信息情况进行虚假出价的累积分布函数, g^* 为对应的概率密度函数,定义域为 $[x^{\text{shill}}, \bar{x}^{\text{shill}}]$ 。假设对手竞拍者根据信息以策略 $\beta(\cdot)$ 虚假出价,卖者按 g^* 虚假出价,则竞拍者的期望收益如下,拥有信息 x 的竞拍者的最优虚假出价策略由最大化以下条件得到:

$$\max_{y \in [x, \bar{x}]} \left\{ \int_{x^{\text{shill}}}^y [(w(x, u) - \beta(u)) \cdot F_x^{(1;n-1)}(u) + \int_u^y (v(x, s) - \beta(s)) f_x^{(1;n-1)}(s) ds] g^*(u) du \right\} \quad (2)$$

根据一阶条件,最优虚假出价为:

$$b(x) = \alpha(x)w(x) + (1 - \alpha(x)) \cdot v(x) \quad (3)$$

其中, $\alpha(x) = \frac{g^*(x) \cdot F_x^{(1;n-1)}(x)}{g^*(x) \cdot F_x^{(1;n-1)} + G^* \cdot f_x^{(1;n-1)}(x)} \circ$

假设卖者在存在虚假出价时的期望收益为 $U_s^b(x)$ 。同样由两部分构成:第一部分为不存在虚假出价时诚实竞拍者拍得商品的期望支付,第二部分为卖者参与虚假出价且虚假出价为第二高价格时诚实竞拍者的期望支付,有如下表达式:

$$U_s^b(x) = (F^{(2;n)}(x) - F^{(1;n)}(x)) \cdot b(x) +$$

$$\int_x^{\bar{x}} b(s) f^{(2;n)}(s) ds \quad (4)$$

其中, $b(x) = \alpha(x)w(x) + (1 - \alpha(x)) \cdot v(x)$, $\alpha(x) = \frac{g^*(x) \cdot F_x^{(1;n-1)}(x)}{g^*(x) \cdot F_x^{(1;n-1)} + G^* \cdot f_x^{(1;n-1)}(x)} \circ$

(3) 虚假出价动机模型构建。

假设拍卖时长为 $[0, T]$, 根据竞拍者到来的阶段性变化模式,可以证明竞拍者到来的速率函数 $\lambda(s)$ 具有如下三个阶段的具体数学表达式:

$$\lambda(s) = \begin{cases} c(1 - \frac{d_1}{T})^{\alpha_1 - \alpha_2} (1 - \frac{s}{T})^{\alpha_1 - 1}, & 0 \leq s \leq d_1 \\ c(1 - \frac{s}{T})^{\alpha_1 - 1}, & d_1 \leq s \leq T - d_2 \\ c(\frac{d_2}{T})^{\alpha_2 - \alpha_3} (1 - \frac{s}{T})^{\alpha_2 - 1}, & T - d_2 \leq s \leq T \end{cases} \quad (5)$$

其中,参数 $c > 0$, $\alpha_j > 0$ ($j = 1, 2, 3$) 均为常数, T 为拍卖的已知时长, d_1 、 d_2 为不同阶段时间划分点且 $0 \leq d_1 < T - d_2 \leq T$ 。该函数是 $[0, T]$ 上的连续函数,推导过程见 Shmueli and Jank (2007) [14]。

拍卖结束时,如果总竞拍者人数为 n , 即 $N(T) = n$, 则竞拍者到来发生时间的分布函数为:

$$M(s) = \begin{cases} \frac{CT}{\alpha_1} (1 - \frac{d_1}{T})^{\alpha_1 - \alpha_2} [1 - (1 - \frac{s}{T})^{\alpha_1 - 1}], & 0 \leq s \leq d_1 \\ \frac{CT}{\alpha_1 \alpha_2} [(\alpha_1 - \alpha_2) (1 - \frac{d_1}{T})^{\alpha_2} + \alpha_2 (1 - \frac{d_1}{T})^{\alpha_2 - \alpha_1} - \alpha_1 (1 - \frac{s}{T})^{\alpha_2}], & d_1 \leq s \leq T - d_2 \\ 1 - \frac{CT}{\alpha_3} (\frac{d_2}{T})^{\alpha_2 - \alpha_3} (1 - \frac{s}{T})^{\alpha_2 - 1}, & T - d_2 \leq s \leq T \end{cases} \quad (6)$$

式中:

$$C = [\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 / T] / [(1 - \frac{d_1}{T})^{\alpha_2} \alpha_3 (\alpha_1 - \alpha_2) + \alpha_3 \alpha_2 (1 - \frac{d_1}{T})^{\alpha_2 - \alpha_1} + (\frac{d_2}{T})^{\alpha_2} \alpha_1 (\alpha_2 - \alpha_3)]$$

相应的密度函数为:

$$m(s) = \begin{cases} C(1 - \frac{d_1}{T})^{\alpha_2 - \alpha_1} (1 - \frac{s}{T})^{\alpha_1 - 1}, & 0 \leq s \leq d_1 \\ C(1 - \frac{s}{T})^{\alpha_2 - 1}, & d_1 \leq s \leq T - d_2 \\ C(\frac{d_2}{T})^{\alpha_2 - \alpha_3} (1 - \frac{s}{T})^{\alpha_2 - 1}, & T - d_2 \leq s \leq T \end{cases} \quad (7)$$

将存在虚假出价时卖者期望收益表达式(4)重新整理得到基于竞拍者随机到达的卖者期望收益:

$$U_s^b(x) = nF(x)^{n-1} [1 - F(x)] \cdot b(x) + \int_x^x b(s)n(n-1)(1-F(s)) F(s)^{n-2} f(s) ds \quad (8)$$

类似的,通过重新整理式(1)可以得到不存在虚假出价时的卖者期望收益:

$$U^{\text{com}}(x) = nF(x)^{n-1} [1 - F(x)] \cdot w(x) + \int_x^x v(u)n(n-1)(1-F(u)) F(u)^{n-2} f(u) du \quad (9)$$

将式(8)与式(9)相减,得到卖者参与虚假出价动机表达式:

$$I_s = U_s^b(x) - U^{\text{com}}(x) = (F^{(2;n)}(x) - F^{(1;n)}(x))(b(x) - w(x)) + \int_x^x (b(u) - v(u))f^{(2;n)}(u) du = nF(x)^{n-1} [1 - F(x)] \cdot [b(x) - w(x)] + \int_x^x [b(u) - v(u)]n(n-1)(1-F(u)) F(u)^{n-2} f(u) du \quad (10)$$

式中,竞拍者人数 n 为:

$$n(s) = \begin{cases} c(1 - \frac{d_1}{T})^{\alpha_1 - \alpha_2} (1 - \frac{s}{T})^{\alpha_1 - 1} d_1, & 0 \leq s \leq d_1 \\ c(1 - \frac{s}{T})^{\alpha_1 - 1} (d_2 - d_1), & d_1 \leq s \leq T - d_2 \\ c(\frac{d_2}{T})^{\alpha_2 - \alpha_1} (1 - \frac{s}{T})^{\alpha_1 - 1} (T - d_2), & T - d_2 \leq s \leq T \end{cases}$$

$$\text{竞拍者出价为: } b(x) = x - \frac{\int_{b_0}^x F^{n-1}(v) dv}{F^{n-1}(x)}。$$

2 虚假出价动机的影响分析

2.1 拍卖方式

这里参考 MW^[15]的分析方法,引入“拟收入的单峰性”假设(unimodality of the quasi-revenues)。与 MW 研究中一般对称模型的推导类似,设定两个“拟收入”函数假设。在独立私有价值假设下有 $w = v$, 此时的“拟收入”假设就与 Myerson 研究中的假设一致,即期望收益是保留价格的单峰函数。

假设 1:(拟收入的单峰性)以下函数是严格拟凹的拟收入函数:

$$R_1 = (F^{(2;n)}(x) - F^{(1;n)}(x)) \cdot w(x) + \int_x^\infty w(u)f^{(2;n)}(u) du \quad (11)$$

$$R_2 = (F^{(2;n)}(x) - F^{(1;n)}(x)) \cdot v(x) + \int_x^\infty v(u)f^{(2;n)}(u) du \quad (12)$$

其中, x^* 为拟收入函数 R_1 的解, $r^* = w(x^*)$ 为对应的保留价格。

根据假设 1,卖者的最低虚假出价大于 r^* , 即 $r^{\text{shill}} \geq r^*$ 。而当卖者承诺不参与虚假出价时,其最优保留价格 r_{sp}^{**} 则会低于“拟收入”函数 R_1 的最优保留价格 r^* , 即 r^* 将存在虚假出价以及不存在虚假出价时的保留价格进行划分。

定理 1:当卖者承诺不参与虚假出价时,第二价格拍卖中的最优保留价格满足: $r_{\text{sp}}^{**} < r^*$ 。

由于第一价格拍卖的竞拍机制为价高者得,且支付金额为最高虚假出价,任何欺诈行为均会影响成交率进而降低期望收益。所以,第一价格拍卖中的均衡结果不会受到虚假出价影响。结合前述定理,得到定理 2。

定理 2:当信号分布独立且存在虚假出价时,均衡状态下,第一价格密封拍卖得到的收入高于第二价格密封拍卖,即:

$$r_{\text{sp}}^{**} = r_{\text{fp}}^{**} < r^* = r^{\text{shill-opt}} \leq r^{\text{shill}}$$

其中, r_{fp}^{**} 为第一价格拍卖中的最优保留价格(存在或不存在虚假出价时)。

由定理 2 可知,存在或不存在虚假出价时的第一价格密封拍卖下的最优保留价格会小于存在虚假出价时第二价格密封拍卖中的最优保留价格。因此,第二价格密封拍卖中的成交概率更低,应用第一价格密封拍卖均衡时的卖者期望收益更高,卖者在第一价格密封拍卖中的虚假出价动机更强烈。

2.2 关联程度

假设存在两种不同的拍卖环境:信号分布相同的拍卖 1 和拍卖 2。假设拍卖 i 不存在虚假出价时的期望收益为 $U_i^{\text{com}}(x)$, $U_i^{\text{shill}}(x)$ 为拍卖 i 中存在虚假出价时的期望收益,拍卖 1 和拍卖 2 中估值 $v_1(x) > v_2(x)$ 且 $w_1 = w_2$ 。在关联价值假设下,竞拍者根据自身拥有的信号 x 以及最高对手虚假出价信号 $w_i(x)$ 估值随着最高对手竞拍者出价的增加而提高,当最高对手竞拍者的信号为 x 时,其估值为 $v_i(x)$, $v_i(x) - w_i(x) > 0$ 恰好反映竞拍者自身估值与最高对手竞拍者估值间的差距。相比于拍卖 2,拍卖 1 中的差距更大,说明竞拍者在拍卖 1 中更关注自身所获得的虚假出价信号,而拍卖 2 中竞拍者则更关注对手竞拍者的虚假出价信号,即拍卖 2 中的关联程度更高。

定理 3:假设存在两个拍卖,拍卖 1 和拍卖 2,信号分布相同且有 (w_1, v_1) 和 (w_2, v_2) , 其中, $v_1(x) > v_2(x)$, $U_1^{\text{shill}}(x) - U_1^{\text{com}}(x_1^{**})$ 和 $U_2^{\text{shill}}(x) - U_2^{\text{com}}(x_2^{**})$ 分别为拍卖 1 和拍卖 2 中存在虚假出价和不存在虚假出价的卖者期望收益差异,则在第二价格拍卖中,关联

程度越高的拍卖中卖者期望收益差异越大,卖者参与虚假出价的动机就越大,即:

$$U_1^{\text{shill}}(x) - U_1^{\text{com}}(x_1^{**}) < U_2^{\text{shill}}(x) - U_2^{\text{com}}(x_2^{**}) \quad (13)$$

2.3 拍品价值与竞拍者人数

为了更加清晰地了解当存在虚假出价时竞拍者人数以及拍品价值对卖者参与虚假出价动机的影响情况,这里对信号分布采用特殊形式的假设并进行数值分析。假设信号 X_i 独立且为 $[0,1]$ 上的均匀分布,拍品估值是信号 x 的线性函数,即:

$$\mu_i(x_i, x_{-i}) = \alpha x_i + (1 - \alpha) \frac{\sum_{j \neq i} x_j}{n - 1}, \alpha \in [\frac{1}{n}, 1]$$

其中, α 为竞拍者估值中个人估值占比, n 为参与竞拍人数。沿用上文竞拍者估值的假设并结合卖者存在

虚假出价时的期望收益式(8)与不存在虚假出价时的期望收益式(9),分别计算出不同参数下的卖者期望收益取值,如表 1 所示。

可以看到,卖者参与虚假出价的动机是竞拍者人数 n 和个人估值占比 α 的减函数。此外,随着物品价值中个人估值占比 α 的增大,竞拍者估值中参考对手竞拍者出价信息的比例将减少,说明竞拍者仅依靠自身估值便可虚假出价,此时参与虚假出价所带来的卖者期望收益的增加也将减少,卖者的参与动机逐渐减弱。综合竞拍者人数和物品价值的数值分析结果来看,拍卖中的竞拍者人数越多、拍品估值中个人估值占比越高,竞拍者可获得的信息越多且仅依靠个人估值就可确定虚假出价,卖者参与虚假出价的动机就会越小。

表 1 卖者期望收益的数值变化

N		2			3	4	5	10	∞
α		1/2	2/3	3/4	1		1/2		
成交概率	有虚假出价	0.84	0.81	0.79	0.75	0.94	0.97	0.99	1
	无虚假出价	0.65	0.68	0.69	0.75	0.8	0.89	0.94	1
期望收益	U^{shill}	0.360	0.377	0.386	0.42	0.446	0.503	0.543	0.636
	U^{com}	0.333	0.363	0.378	0.42	0.428	0.492	0.536	0.636
	$U^{\text{shill}} - U^{\text{com}}$	0.027	0.014	0.008	0	0.018	0.011	0.007	0

3 实证分析与验证

3.1 模型参数估计

(1) 数据说明。

本次拍卖数据搜集源自淘宝网 17 个拍卖类别,包括 20 个拍卖子类的拍卖 4 282 个,共计出价 96 106 次。其中,7 天期 7 个拍卖类(9 个拍卖子类)包含 3 天、5 天、7 天和 10 天四个期限的拍卖,10 个拍卖类(18 个拍卖子类)仅含 7 天期拍卖。不同期限拍卖类样本选择情况见表 2。

表 2 不同期限拍卖类样本选择情况

类别	3 天	5 天	7 天	10 天
古董		20(420)	132(2 882)	46(936)
手机与 PDA	211(5 382)	103(2 549)	39(1 278)	4(123)
相片	57(1 225)	29(653)	62(1 426)	8(197)
硬币与 硬币	24(505)	26(502)	217(4 263)	34(694)
纸币 纸币	12(223)	25(495)	144(2 719)	18(356)
珠宝与 珠宝	12(233)	36(744)	96(2 211)	61(1 506)
手表 手表	21(473)	15(286)	130(2 894)	11(655)
健康与美容	25(592)	74(1 973)	133(3 309)	16(386)
艺术	3(70)	5(124)	44(941)	55(1 363)
总计	365(8 703)	333(7 746)	997(21 923)	253(6 216)

资料来源:由所搜集拍卖样本资料整理而来。

(2) 估计结果。

运用上述方法分别对 20 个拍卖子类的 7 天期拍卖数据进行了估计,相应的参数估计见表 3。

表 3 20 个 7 天期拍卖子类的参数估计值

拍卖类	$\hat{\alpha}_1$	$\hat{\alpha}_2$	$\hat{\alpha}_3$	\hat{d}_1	\hat{d}_2 / 分钟
古董	2.005 8	0.302 4	0.787 4	2.317 5	0.108 3
艺术	1.163 6	0.179 0	0.462 8	5.187 0	16.56
儿童	1.512 9	0.446 8	0.815 3	2.324 7	1
书籍	1.459 6	0.248 8	0.701 0	3.396 2	0.125 8
照片	6.334 4	0.401 8	0.717 6	1.255 8	0.001 9
手机	1.560 5	0.230 2	0.779 6	4.401 3	0.464 0
服装	4.772 6	0.391 1	0.691 3	2.070 8	0.057 8
硬币	4.942 7	0.143 0	0.558 0	2.164 5	1.060 2
纸币	2.455 0	0.227 7	0.632 1	3.146 6	0.058 7
收藏	4.075 4	0.658 3	0.774 1	1.391 2	0
工艺	2.982 1	0.344 1	1.196 2	2.306 4	0.132 6
健康与美容	1.753 5	0.553 0	0.772 9	3.577 2	0
园艺	5.892 7	0.519 9	1.021 5	2.363 7	0.001 8
珠宝	2.917 7	0.467 8	0.793 9	2.690 1	0
手表	6.371 9	0.300 1	0.673 6	1.531 4	0.117 6
乐器	5.389 8	0.336 9	0.634 3	1.741 6	0.012 5
瓷器	4.923 5	0.324 2	0.643 0	2.229 1	0.004 3
运动品	3.200 3	0.275 4	0.781 7	2.133 7	0.310 2
邮票	8.201 6	0.478 9	0.537 2	1.617 7	0
门票	4.527 5	0.493 7	0.800 4	2.064 5	0

数据来源:对20个拍卖子类利用文中给出的方法估计参数并整理而得。

3.2 虚假出价动机阶段性变化的特征分析

卖者参与虚假出价得到的期望收益会高于不存在虚假出价时的期望收益,成为其参与虚假出价的主要动机。这里以艺术品类拍卖为例,分别绘制存在与不存在虚假出价时的卖者期望收益曲线,分析卖者参与虚假出价动机的阶段性变化特征。这里假设信号 X_i 独立且为 $[0,1]$ 上的均匀分布,竞拍者估值是信号 x 的线性函数,即:

$$\mu_i(x_i, x_{-i}) = \alpha x_i + (1 - \alpha) \frac{\sum_{j \neq i} x_j}{n - 1}$$

$$\alpha \in \left[\frac{1}{n}, 1 \right] \quad (14)$$

其中, α 为竞拍者估值中个人估值占比, $(1 - \alpha)$ 则为估值中参考其他信息占比, n 为参与竞拍人数。结合上文得到的艺术品类参数估计值和卖者的期望收益式(8)和式(9),分别绘制卖者在存在与不存在虚假出价时的期望收益阶段变化曲线,如图1所示。

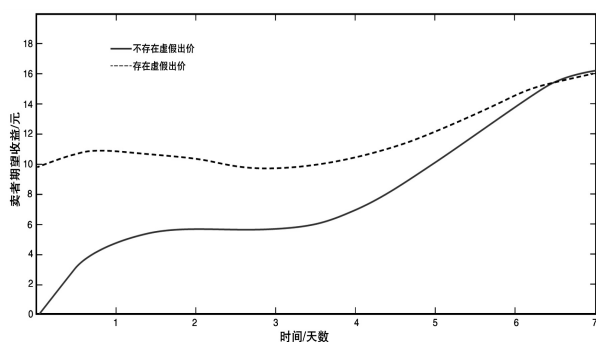


图1 卖者期望收益阶段变化曲线

存在虚假出价时的卖者期望收益高于不存在虚假出价时的卖者期望收益,二者的差值是时间的减函数,即随着拍卖的进行,第一阶段二者差值最大,说明此阶段卖者参与虚假出价的动机最强烈,第二阶段二者差距逐渐缩小,在拍卖结束前趋于一致,意味着卖者参与虚假出价的动力随着拍卖的进行而不断减弱。这就解释了在现实拍卖中,卖者为了增加竞拍的激烈程度,通常偏向于在拍卖初期和中期参与虚假出价,增加拍卖的激烈程度从而吸引更多的诚实竞拍者出价,而在拍卖末期,为了避免赢标风险,多数卖者避免选择在拍卖末期参与虚假出价,即在参与虚假出价推高竞拍者出价以获取稍高的期望收益与卖者赢得拍品间权衡,多数卖者会选择参与虚假出价而避免赢标带来的损失。

3.3 竞拍者人数对虚假出价动机的影响分析

根据卖者期望收益阶段变化模型逐一绘制竞拍者人数从2(假设至少存在一名虚假出价者)至70变化

时的卖者期望收益曲线。通过比较不同竞拍者人数下的卖者期望收益对应的最优保留价格可以看到,所有卖者期望收益曲线均存在两个峰值,当竞拍人数少于30人时,卖者期望收益曲线的第二个峰值高于第一个峰值,此时的卖者最优保留价格位于第二个峰值处,对应较高的卖者期望收益,说明卖者此时通过参与虚假出价将原有保留价格提高至最优保留价格便可获得更高的期望收益,即卖者存在参与虚假出价的动机;当竞拍人数超过30人时,卖者期望收益曲线的第一个峰值便会超过第二个峰值,卖者的最优保留价格位于第一个峰值处,说明卖者无法通过参与虚假出价修改保留价格以获得更高的期望收益,此时卖者的参与动机降低,卖者参与虚假出价的动机随着竞拍者人数的增加而减弱。下面分别选取了竞拍者人数 n 为2、35、61时的卖者期望收益随保留价格变化曲线,见图2~图4。

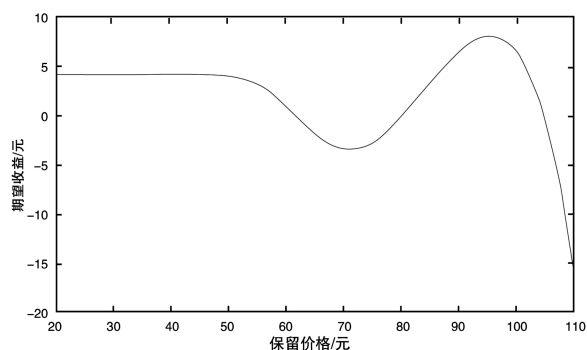


图2 $n=2$ 时卖者期望收益随保留价格变化曲线

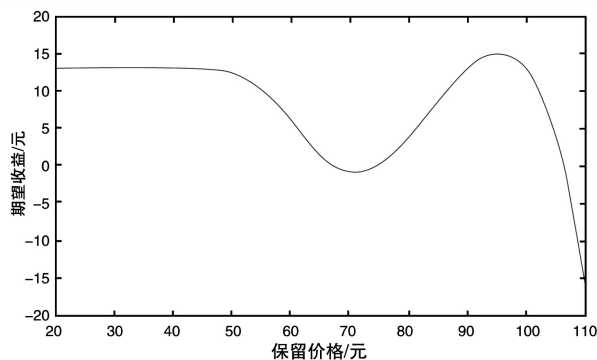


图3 $n=35$ 时卖者期望收益随保留价格变化曲线

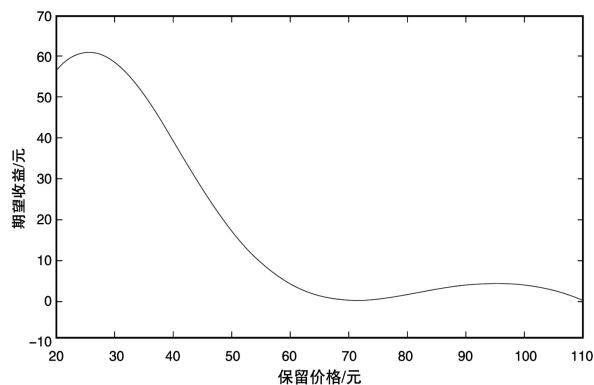


图4 $n=61$ 时卖者期望收益随保留价格变化曲线

3.4 拍品类别对虚假出价动机的影响分析

得到 20 个拍卖子类下卖者期望收益随保留价格

变化曲线,见图 5。

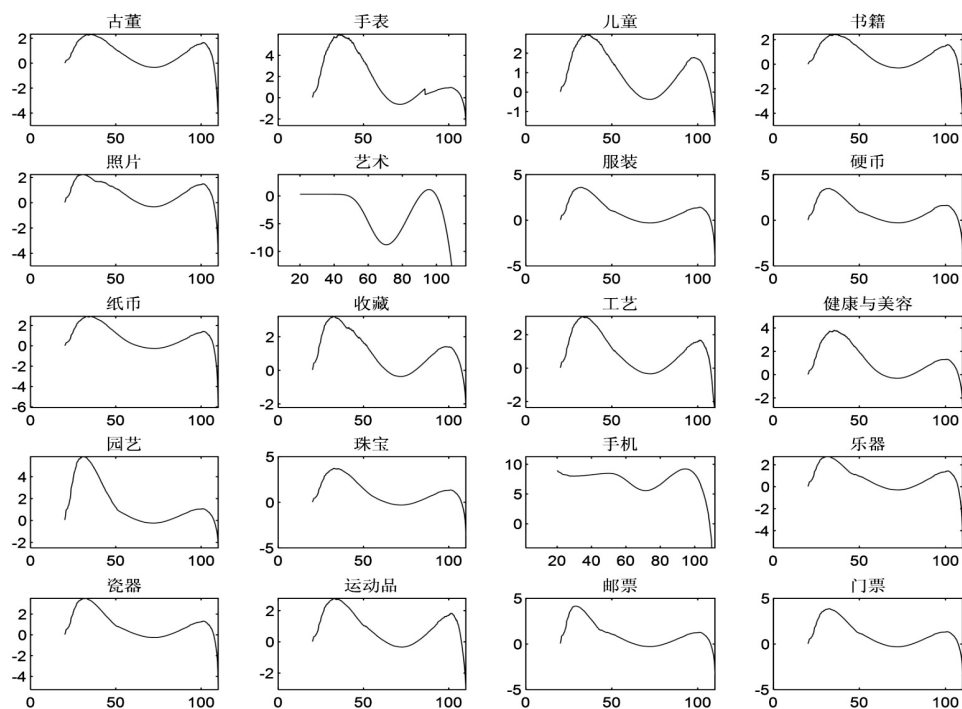


图 5 20 个拍卖子类卖者期望收益随保留价格变化曲线

可以看到,尽管初始假设相同,20 个拍卖子类中不同类拍品下的卖者期望收益与保留价格的变化却不尽相同。首先,通过比较纵轴可以看到,艺术品、收藏、珠宝类拍卖由于拍品单价较高,所获得的卖者期望收益普遍高于其他类拍品。其次,手表、收藏类、园艺类拍卖下,保留价格第一峰值对应的卖者期望收益高于第二峰值下的卖者期望收益,说明卖者在拍卖前期已设定好的保留价格在拍卖进行时并不会为追求更高期望收益而更改,即这几类拍卖中的卖者没有参与虚假出价的内在动力。再次,古董、书籍、照片、乐器类等拍卖中保留价格前后两个峰值对应的卖者期望收益值相近,在没有网站相关规则约束和监督下,卖者也许会考虑在拍卖进行中对保留价格进行更改以获得更高收益,但更改保留价格的内在动力并不充足。最后,对于艺术品、手机两类拍卖而言,保留价格第一峰值对应的卖者期望收益则低于第二峰值对应的卖者期望收益,说明卖者的期望收益会随着拍卖的进行、竞拍人数的增多而增加,卖者可以通过竞拍者的虚假出价行为逐渐了解其估值,此时卖者有更改最初保留价格以获得更高期望收益的内在动力,但由于大多数拍卖网站相关规则限制,一经设定的最初保留价格在拍卖开始后无法进行修改,卖者只能通过注册虚假账号或与他人虚假出价的方式参与竞拍,以达到改变初始保留价格、获得更高期望收益的目的。

进一步的,卖者参与虚假出价的动机与拍品价值

中个人估值占比相关。竞拍者在参与竞拍手表、园艺、书籍、乐器等拍卖类别时,个人估值占比较高,仅根据自己的估值便可按真实估值虚假出价,该类拍卖下卖者的参与动机较弱。艺术品类别下的拍品具有非统一性、非实用性和非再生性等特征,这类拍品的价值往往是不确定的,所以竞拍者在参与艺术品类拍卖虚假出价估值不仅会依赖自身所拥有的信息,还会参考对手竞拍者的估值虚假出价信息,为卖者实施虚假出价提供了空间。

4 结束语

虚假出价对拍卖结果的影响在现有多数研究中被低估了。该文通过分析卖者参与动机随时间的变化情况以及受拍卖方式、关联程度、竞拍者人数和拍品价值的影响变化情况,得到以下结论并提出可操作性建议:(1)卖者参与虚假出价的动机来自于期望收益的变化,存在虚假出价时的卖者期望收益高于不存在虚假出价时的期望收益,二者的差值随拍卖的进行不断缩小,参与动机也相应减弱。(2)卖者在第二价格密封拍卖中的虚假出价动机更强烈,且关联程度越高,虚假出价动机也越大。(3)竞拍者人数的增加,并不会增强卖者参与虚假出价的动机。当竞拍者人数增加时,卖者最优保留价格对应的期望收益的增加则逐渐减少,卖者无法通过虚假出价获得较高的期望收益,参与虚假出价的动机减弱。(4)卖者的参与动机与拍品价

值中个人估值占比相关。竞拍者在参与价值较为固定的拍卖类别时,仅根据自己的估值便可虚假出价,而较少参考其他竞拍者的虚假出价,该类别下的虚假出价动机较弱;当竞拍者参与价值不确定性较高的竞拍时,拍品价值中个人估值占比较小,多数竞拍者会参考对手竞拍者的估值虚假出价信息,卖者参与虚假出价的动机较强。

基于以上结论,拍卖平台可以选择适当延长拍卖时间、扩大宣传等方式畅通信息流通渠道,吸引更多的竞拍者参与竞拍,以减弱卖者参与虚假出价的动机。此外,拍卖平台还可以通过标注拍品估值、丰富详情描述等方式为竞拍者估值做参考,以减少竞拍过程中买卖双方信息不对称程度,有效抵御网络拍卖中虚假出价行为的发生。对于竞拍者而言,可以选择竞拍时间较长且参与人数较多的拍卖参与竞拍。在拍品类别的选择上,可以多选择价值较为固定且二手交易市场活跃的拍卖类别参与竞拍。而在参与艺术品等价值不确定性较高的拍品拍卖时,首先应提高自身的艺术素养并按个人真实估值虚假出价,最大限度地降低虚假出价对虚假出价的影响。

参考文献:

- [1] GRAHAM D A, MARSHALL R C. Collusive bidder behavior at single-object second-price and English auctions[J]. *Journal of Political Economy*, 1987, 95(6): 1217-1239.
- [2] BHARGAVA B, JENAMANI M, ZHONG Y H. Counteracting shill bidding in online English auction[J]. *International Journal of Cooperative Information Systems*, 2005, 14(2-3): 245-263.
- [3] WATANABE T, YAMATO T. A choice of auction format in seller cheating: a signaling game analysis[J]. *Economic Theory*, 2008, 36(1): 57-80.
- [4] WILCOX R T. Experts and amateurs: the role of experience in Internet auctions[J]. *Marketing Letters*, 2000, 11(4): 363-374.
- [5] LAMY L. The shill bidding effect versus the linkage principle[J]. *Journal of Economic Theory*, 2009, 144(1): 390-413.
- [6] CHEN K, LIANG T, CHANG T, et al. Shill bidding, reserve price and seller's revenue[J]. *Reserve Price and Seller's Revenue*, 2018, 56: 107-114.
- [7] 林菡密, 孙绍荣. 密封第一价格拍卖中的竞拍者串谋分析——基于“强”卡特尔的第一价格预拍[J]. *运筹与管理*, 2015, 24(3): 258-265.
- [8] 王宏. 多单位网上拍卖中的托投标分析[J]. *审计与经济研究*, 2019, 34(1): 97-107.
- [9] RAMSAY J O. When the data are functions[J]. *Psychometrika*, 1982, 47: 379-396.
- [10] 苏本跃, 郑丹丹, 盛敏. 基于函数型数据时间序列建模的单传感器日常行为识别[J]. *模式识别与人工智能*, 2018, 31(7): 653-661.
- [11] CHEN S L, LUO Y F, YANG X H. A comparative analysis of english auction and first-price sealed-bid auction with shill bidding[M]. Beijing: Beijing Univ Aeronautics & Astronautics Press, 2008: 369-373.
- [12] 靳雪晴. 函数型数据分析若干方法[J]. *现代计算机*, 2021, 27(34): 77-80.
- [13] 姚晓红, 黄恒君. 非负半监督函数型聚类方法[J]. *计算机科学与探索*, 2021, 15(12): 2438-2448.
- [14] SHMUELI G, RUSSO R P, JANK W. The BARISTA: a model for bid arrivals in online auctions[J]. *The Annals of Applied Statistics*, 2007, 1(2): 412-441.
- [15] MILGROM P R, WEBER R J. A theory of auctions and competitive bidding[J]. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1982, 5(5): 1089-1122.