



重庆高校学术出版基金资助

网上逆向组合拍卖研究

黄河 陈剑 徐鸿雁 著

重庆出版集团  重庆出版社

Study on Online
Procurement Combination Auction

359-39

网上逆向组合拍卖研究

*Study on Online
Procurement Combinatorial
Auction*

黄河 陈剑 徐鸿雁 著

重庆出版集团 重庆出版社

图书在版编目(CIP)数据

网上逆向组合拍卖研究/黄河著. —重庆: 重庆出版社, 2007.4

ISBN 978-7-5366-8511-6

I. 网... II. 黄... III. 因特网—应用—拍卖—研究 IV. F713.359-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 022886 号

网上逆向组合拍卖研究

WANGSHANG NIXIANG ZUHE PAIMAI YANJIU

黄河 陈剑 徐鸿雁 著

出版人: 罗小卫

责任编辑: 李支军

封面设计: 唐小慧

版式设计: 陈海鹰



重庆出版集团 出版
重庆出版社

重庆市长江二路 205 号 邮政编码 400016 <http://www.cqph.com>

重庆科情印务有限公司印刷

重庆市天下图书有限责任公司发行

重庆市渝中区双钢路 3 号科协大厦 14 楼 邮政编码 400013

全国新华书店经销

开本: 890mm × 1240mm 1/32 印张: 5.875 字数: 150 千字

版次: 2007 年 4 月第 1 版 印次: 2007 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5366-8511-6

定价: 15.00 元

如有印装质量问题, 请向重庆市天下图书有限责任公司调换: 023-63658950

版权所有, 侵权必究

目录

1

前言

- 1 1.1 网上逆向组合拍卖的应用背景
- 5 1.2 拍卖、逆向拍卖和组合拍卖的相关研究
- 9 1.3 网上逆向组合拍卖研究的意义、目的与思路
- 12 1.4 全书主要内容

2

文献综述

- 15 2.1 拍卖研究概述
 - 15 2.1.1 研究拍卖的原因
 - 16 2.1.2 拍卖的定义和类型
- 19 2.2 拍卖研究的重要假设
 - 19 2.2.1 估价模型
 - 21 2.2.2 投标者的对称性
 - 21 2.2.3 付酬函数
 - 23 2.2.4 风险态度
 - 23 2.2.5 收益等价原理
- 24 2.3 拍卖理论的主要研究方向
 - 25 2.3.1 投标者策略
 - 26 2.3.2 拍卖机制设计
 - 27 2.3.3 投标者共谋

29	2.3.4 拍卖效率
29	2.4 网上拍卖
32	2.5 逆向拍卖
32	2.5.1 逆向拍卖的原因
33	2.5.2 逆向拍卖的特殊性
35	2.5.3 逆向拍卖的主要研究内容
37	2.6 组合拍卖
38	2.6.1 组合拍卖的获胜者确定
41	2.6.2 组合拍卖的机制设计
43	2.6.3 组合拍卖的投标语言
44	2.7 文献综述小结

3

获胜者确定问题

49	3.1 问题的提出
50	3.2 模型
50	3.2.1 假设
52	3.2.2 拍卖步骤
54	3.3 逆向组合拍卖的获胜者确定问题和算法
54	3.3.1 获胜者确定问题
55	3.3.2 标号法的步骤
56	3.3.3 标号法的性质
58	3.3.4 算例
61	3.4 多因素 WDP 问题和算法
62	3.4.1 模型假设
63	3.4.2 数学描述和算法
64	3.5 本章小结

4

投标者获胜概率

- 66 4.1 问题的提出
- 67 4.2 获胜概率的一般表述
- 70 4.3 获胜概率的影响因素分析
- 76 4.4 获胜概率求解方法算例
- 83 4.5 本章小结

5

投标者均衡策略

- 85 5.1 问题的提出
- 86 5.2 存在一个第二类供应商的模型
 - 87 5.2.1 模型的假设和参数
 - 88 5.2.2 均衡策略分析
- 94 5.3 存在多个第二类供应商的模型
 - 94 5.3.1 模型的假设和参数
 - 94 5.3.2 均衡策略分析
- 100 5.4 基于 α 的比较静态分析
- 103 5.5 本章小结

6

机制设计

- 105 6.1 问题的提出
- 107 6.2 模型及其假设
- 111 6.3 激励相容
- 112 6.4 个体理性和预算平衡

115	6.5 付酬函数
117	6.6 考虑增加采购商收益的修改机制
120	6.7 修改机制的最优性
122	6.8 数值例子
126	6.9 本章小结

7

动态机制设计

128	7.1 问题的提出
130	7.2 动态逆向组合拍卖
130	7.2.1 拍卖规则
136	7.2.2 竞争均衡得分
137	7.2.3 拍卖优化模型
142	7.2.4 拍卖模型的原-对偶分析
147	7.3 采购商对单物品的要求打分
151	7.4 数值例子
154	7.5 本章小结

8

结 论

157	8.1 主要内容与创新
162	8.2 进一步研究方向

参考文献

附录 A

后记

I 前 言

1.1 网上逆向组合拍卖的应用背景

众所周知,电子商务是一个发展潜力巨大的市场。作为一种崭新的商务交易活动,电子商务是推动未来经济增长的关键动力。电子商务与传统商务相比,其中重要的一点区别就是电子商务中的价格机制。价格机制分为固定价格机制和动态价格机制两类。在传统商务中,一般采用的是固定价格机制,很重要的一个原因是这种机制的执行成本比较小。但是,由于 Internet 的普及和计算机高计算能力的特性,动态价格机制的执行成本得到显著降低。在电子商务中,采用动态价格机制进行的交易,在总交易额中所占的比重越来越大。拍卖,作为最常见的一种动态价格机制,是目前互联网上最流行的一种动态价格机制。Ebay.com, Onsale.com, 中国的雅宝(Yabuy.com), 酷必得(CoolBid.com)等等,都是拍卖网站。实际上,拍卖是对资源进行分配和交换的许多形式中的一种,其他常见的形式还有固定商品价格、数量折扣价格、谈判、甚至是彩票和赌博。那么,在很多情况下,为什么一定要采取拍卖和投标的方式来出售商品、采购物品或签订合同呢?因为在很大程度上,拍卖提供了其他经济手段不能提供的合理性和公平性。通常地,一个卖家会被置疑:为什么你要定这样的一个固定价格?为什么你要和某些特

别的买家谈判,而不是其他人?在使用拍卖之后,这样的问题将不再存在。业界里还有许多从事钢材、化工、医院器械、股票等的商家,在 B2B 和 B2C 商业模式中运用了在线拍卖,将其作为一种新的产品分销手段或者一种采购的价格决定机制。那么,业界的实践者和政府部门是如何利用电子采购或网上拍卖来完成采购业务的呢?

IT 界巨擘 IBM 在自身的发展过程中,通过实施电子采购达到开源节流、成功转型的经历是享誉全球业界的。20 世纪 90 年代中期,当 IBM 迫切需要电子采购系统解决公司大量采购业务时,市场上还没有现成的解决方案。那时,IBM 的采购运营极为分散——有 20 个业务单位负责采购,5 万多个供应商遍布世界各地,IBM 与每个供应商平均需要签订 6 份合同。采购部门只能控制 70% 的采购开销,处理每个采购订单的平均时间超过 30 天。IBM 在使用了自行开发的电子采购系统后的状况则截然不同:80% 的采购开支集中于 300 家产品供应商和 2 500 家非产品供应商,而且和每家供应商仅签订一份合同。采购部门控制了 98% 以上的开销,80% 的交易在 4 小时内即可完成。新的电子采购系统大幅度提高了采购的速度和灵活性,在 5 年中为 IBM 节省了超过 10 亿美元的成本。^[1]

名列中国 500 强企业榜首的中国石油天然气股份有限公司(以下简称中国石油)确定了从物资采购入手开展电子商务的方针。中国石油在西气东输管道项目的网上采购拍卖案例是传统商务和电子商务成功结合的一个范例。在项目前期,由于当时不具备相应的技术手段,只能采用传统方式进行全球招标,尽管管理成本和效率都不尽如人意,但第一次评标的价格还是获得了评委的认可。所以,当公司想在网上进行第二次全球招标时,采购方就有疑虑,认为第一次招标的结果是从全球 18 家经过优选的供应商中产

生的,上网招标能不能产生更好的效果呢?最后,由于在7个小时的全封闭在线竞标过程中,几家供应商之间没有任何信息交流,结果就出现了非常有利于采购方的情况。最后,通过对订单进行分割,使综合成本下降了16.7%,直接节约采购成本1.2亿,等于全部收回了中国石油电子商务平台建设的前期投资。^[2]

政府采购行为中一个关键的问题是资金使用的效率和效益、采购过程的透明和公平。过去,珠海政府采购工作中存在采购效率不高,采购过程不透明等问题,影响政府采购的规范化运转,利用网上采购拍卖在形式上缓解了这些问题。在珠海,市民可在网上看到政府采购主要过程,珠海采购网逐步将采购过程以及预中标公告等环节都在网上显示,这就好比把采购过程放到了一个透明的盒子里,公众可以在网上大致了解到政府的采购行为。可以说,网上采购使得电子政务更加公开透明。在上海,在青岛,在南京,政府采购网上竞价引人关注,老百姓可以在一定程度上监督政府采购行为。一时间,全国大中小城市以及第三方机构的政府采购网站纷纷露面,网上采购(拍卖)成为政府采购改革的重要举措之一。^[3]

对于以出售为目的的拍卖(正向拍卖),目前网上比较流行的拍卖方式是英国式拍卖,世界最大的拍卖网站Ebay就是采用这种拍卖形式。除了基本的几种拍卖形式和这些拍卖形式的变体,与Internet的特性相适应,还出现了多种新型的拍卖形式,比如逢低买入(Group-buying Auction)的拍卖形式。

对于以采购为目的的拍卖(逆向拍卖),如果是只采购一种产品,数量可以是多个或者单个,那么在只考虑价格因素的情况下,相应的拍卖机制和上述机制可以是类似的,只是投标价格高低的影响正好和正向拍卖相反。如果要考虑采购物品的质量,逆向拍卖就将涉及多目标决策问题。更进一步,如果要一次性采购多种物

品,而且对于某些投标者而言,一些物品之间存在互补性,即某些物品的价值随着投标者得到另外某些物品而升高。拍卖者往往要将某些不同种类的物品,组成各种允许组合绑定在一起拍卖或采购,甚至让投标者自己任意选择感兴趣的物品组合,并对该组合投标,这样的拍卖形式被称为组合拍卖(Combinational Auction)。相应的采购拍卖形式就是我们研究的逆向组合拍卖。就组合拍卖而言,典型的实例是1993年到2001年之间,美国联邦通讯委员会(FCC)对广播波段完成数十亿美元的组合拍卖,它激起了理论界对组合拍卖空前高涨的研究兴趣。^{[4]431-495}在业界,大型的逆向组合拍卖案例也在不断增加,其中美国Home Depot公司在2000年完成的卡车承运商选择逆向组合拍卖是最经典的成功案例之一。Home Depot是全球最大的家庭装修装饰品零售和家装服务公司,在美国就有37个分销中心和1000多家分店。1999年,该公司在供应商、仓库和零售商之间的货运业务就达到近一千万辆卡车的运量之巨。^[5]在2000年之前,Home Depot对卡车运输公司的招标都是分别对每条线路给出起点和目的地,以及预测运量等信息,采用的是类似单物品逆向拍卖。实际上,运输公司本可以根据自身情况,在承接临近的线路和尽量避免返空的情况下降低运送成本,但由于原有拍卖机制不允许组合投标,使得这种组合的优势不能实现。2000年1月,Home Depot和I2 Technology联合开发了网上逆向组合拍卖系统,该系统允许运输服务供应商对多条线路组合投标。实际效果表明,虽然启发式的寻优算法还有不尽如人意的地方,但总的来说该系统的实施是成功的,它大大地降低了公司总运输成本。而且Home Depot在后来的几年中继续着这样的逆向组合拍卖,并开发了相应的WDP近似优化软件。^[9]其他的例子还有Logistics.com在集装箱运输业开展了B2B的逆向组合拍卖;Net Exchange利用逆向组合拍卖为Sears Logistics采购运输业务;^{[6]4-12}

IBM 帮助 Mars Incorporated 利用逆向拍卖开展采购业务^[723-35]等等。尽管,这些案例的获胜者确定方法掺杂了很多主观性和半定量方法,但是它们为我们昭示了逆向组合拍卖广泛应用的前景,并为理论创新提供了可贵的实际经验和研究背景。

1.2 拍卖、逆向拍卖和组合拍卖的相关研究

博弈论的奠基者之一是诺贝尔经济学奖得主、著名数学家纳什,他对均衡的定义及其存在性的证明奠定了包括拍卖在内的冲突与联合的形势下的分析结构。一般认为,正式拍卖理论始于1961年,^[88-36]拍卖理论的诞生无论在实证方面,还是在理论方面,都具有重要的意义。利用拍卖进行的交易总额巨大正是拍卖理论发展的实践基础。在理论方面,由于拍卖相对简单而且易于设定,所以许多经济理论,特别是不确定信息下的博弈理论,都能在拍卖中得以测试、验证和研究,拍卖为这些理论在经济领域的进一步应用奠定了基础。另一方面,拍卖理论本身就是一项比较基础的理论研究,它对于价格理论,特别是价格的形成过程具有显著的揭示作用。比如,可以通过对拍卖的研究,了解固定价格或者谈判中的价格是如何达到的;同样,最优拍卖理论和寡头垄断价格理论也可以类比,并且有助于多头垄断价格模型的建立。如今,拍卖理论和拍卖技术不仅仅应用于与价格有关的经济交易,还在许多分配问题,比如任务排队处理、消耗战、竞选、锦标赛和配给问题中得以应用。

众多专家和学者从不同角度使用诸多理论和方法对拍卖进行了研究,特别是博弈理论、运筹学方法、算法复杂性理论、统计方法和随机理论更是被频繁使用。在拍卖理论中,有四种基本的拍卖形式被广泛讨论:英国式拍卖(English Auction)、荷兰式拍卖(Dutch Auction)、首价密封投标拍卖(First-price Sealed-bid Auction)和次

价密封投标拍卖(Second-price Sealed-bid Auction)。由于荷兰式拍卖和首价密封投标拍卖是战略等价的^{[8]-36},所以准确地说,一般研究的拍卖形式只有三种:英国式拍卖、首价密封投标拍卖和次价密封投标拍卖。拍卖研究中,涉及到的最基本假设有四个方面:①投标者的估价模型;②投标者的风险态度;③投标者的对称性;④投标者的付酬函数。在投标者的估价模型为独立私有估价模型(IPV Model, Independent Private Value Model);投标者风险中性;投标者是对称的;投标者的付酬只取决于投标值的假设下,单物品拍卖中,可以得出拍卖理论最基本的一条原理——收益等价定理。即无论采用四种基本拍卖形式中的哪种拍卖形式,期望收益都相同。^{[8]-36}使用上述四个假设的模型,本书中称为基准模型。上述假设全部成立显然是有局限性的,后来的学者们讨论了在释放或者更换上述部分假设的情况下,收益等价定理是否还得以保持的问题,结论往往是否定的。

最优拍卖(Optimal Auction)是研究如何设计拍卖规则,才能最大化拍卖者的收益。在博弈论中,这归属于不完全信息下的静态博弈情况,有专门的分支——机制设计与之对应。所谓拍卖机制,就是接受投标作为输入,给出付酬和分配的结果作为输出的规则集。这套规则是拍卖者设定并且颁布的,而且拍卖者许诺会严格遵守这些规则;投标者如果认可这些规则,那么他就会参加拍卖并给出投标,等待是否得到拍卖品和付酬多少的结果。机制设计中最基本的一条定理是显示原理(Revelation Principle),即任何一种机制所能达到的配置结果,都可以通过一种激励相容的直接机制实现。根据显示原理,最优拍卖机制并不需要在浩如烟海的形形色色的机制中寻找,只需要在直接的激励相容的机制中寻找即可。关于直接机制和显示原理,我们还将 在 2.3.2 节和 6.2 节中详述。在基准模型的假设下,单物品最优拍卖机制相对简单,就是设定一个最优

的保留价格;简单地说,就是如果最高投标超过保留价格,那么物品出售;否则,拍卖者自己保留物品。^{[9]58-73[10]1533-1550}

时至今日,关于传统拍卖的研究文献非常之多。与之相比,由于 Internet 的出现只是最近 10 年左右的事情,所以关于在线拍卖的研究还比较少。传统拍卖研究的很多结论可以直接应用于在线拍卖,但是由于在线拍卖基于 Internet,在时间和空间概念上与传统拍卖差距较大——在线拍卖不要求所有投标者共处一室同时投标,带有互联网鲜明的分布性特征和异步性特征。Chui 和 Zwick (1999)从地理分布、拍卖品所属类别、商业模式、拍卖者角色、安全性和投标代理等角度对在线拍卖进行了综述,并且初步指出了在线拍卖的一些成功因素,诸如经营适当的产品类型、产品定位、产品聚类、对消费者的吸引、特定的拍卖规则等。^[11]

逆向拍卖的首要特征之一是投标值和评价目标的多因素性。对于单物品的多因素逆向拍卖,Che 讨论了价格和质量两个因素的逆向拍卖模型,证明了在该模型中对于拍卖者最优的打分标准是其效用函数。^{[12]668-680}Branco 设计了假定两个供应商的成本函数相关情况下的最优拍卖机制。^{[13]63-81}Beil 和 Wein 设计了一种开放式升序多因素逆向拍卖机制。在假定采购者知道供应商的成本函数的形式,但不知道具体参数取值的情况下,拍卖者通过前面数轮的投标值,就可以求出供应商的成本函数;并在最后一轮拍卖中通过改变打分策略最大化自己的效用。相应的供应商策略是广泛应用的最佳近视反应(Myopic Best Response, MBR)策略或者 MBR 策略的改进方法。^{[14]1529-1545}当然,我们知道 MBR 策略要实时地不断为供应商提供当前最优投标值,必须依靠计算机的迅速计算,并依靠网络进行快速准确的多因素投标。上述三篇文章都是研究单物品的逆向拍卖,对于多因素的处理都是利用类似效用函数打分的办法来衡量供应商的优劣,这样的方法对于单物品的采购拍卖应该是

基本适用的。同时,这对研究多种物品的逆向拍卖很有启示,对于某个物品或者组合有相同兴趣的供应商之间的优劣权衡就类似这样的情况。

组合拍卖的首要问题是获胜者确定问题。关于组合拍卖的获胜者确定问题(WDP),Cramton、RothKopf、Sandholm 等人对该问题的数学描述、建模及其求解算法都作了大量研究。^{[4][431-495][15][1131-1147][16][1-54]}一般组合拍卖(General Combinational Auctions)允许投标者对所有拍卖品任意组合投标,其 WDP 是 NP 完全问题。如果用枚举法求解组合拍卖 WDP 问题,在拍卖品种类较多的时候,由于可能的投标组合数太大,其计算次数太多而不可行;利用动态规划的方法,避免了枚举法中对各子集的重复搜索,将计算次数的上界降低;启发式算法也是解决该问题的一类方法,Sandholm 构造的一种启发式算法能够保证在任何中止算法的时候,所寻找到的结果是到该时刻为止的最优可行解。^{[16][1-54]}Brown 利用分支定界方法设计了多物品组合拍卖的启发式算法。^[17]研究组合拍卖 WDP 的另一个重要的思路是通过限定拍卖组合的种类,从而使得多项式时间的优化算法成为可能。因为在实际的生产和生活中,组合的个数并不像理论上那么多,所以通过某种规则设定一些特定的拍卖组合似乎是合理的。特别是 RothKopf 提出了组合拍卖的几种可计算的(Computational)典型结构,并给出了相应 WDP 的优化算法,其中对于拍卖组合构成树型结构的情况,给出了不要求全部物品都售出时卖家(Auctioneer)收益最大化的算法,模型设定每种物品只有一个单位数量,算法没有考虑不同投标者对某种相同物品同时中标的情况。^{[15][1131-1147]}实际上,组合拍卖的获胜者确定问题是拍卖理论中和运筹学以及算法复杂性理论结合最紧密的部分。但是,对于拍卖研究的重要内容——机制设计而言,组合拍卖的获胜者确定又是其重要的逻辑前提——我们必须找到哪些投标者是拍卖的获胜

者,才能使得该拍卖机制可行。

在组合拍卖的机制设计研究中,通常需要问这样的问题:这样的拍卖方式是否是有效率的?它是激励相容的吗?是个体理性的吗?它是否比不允许组合投标的拍卖更能使拍卖者的收益增加?另外,设计者必须考虑在顺序拍卖(Sequential Auction)和同时拍卖(Simultaneous Auction)之间,在渐进拍卖(Progressive Process)、多轮拍卖(Iterative)和一次性密封拍卖(One-shot Sealed)之间,在各物品单独拍卖(Independently)和允许组合投标的拍卖之间,做出权衡。就付酬函数而言,还需要选择首价密封方式、VCG方式或者市场出清价格等付酬方式。总体来说,组合拍卖的机制设计具有两个最大的特点:①WDP问题的计算复杂性;②投标者之间复杂的合作与竞争关系。^{[18]1485-1503} 处理计算复杂性问题,诉诸转嫁计算负担给投标者、采用启发式算法、有限制地使用组合投标和限制投标组合的结构等方法。在投标者问题上,要注意处理暴露问题(Exposure Problem)和门槛问题(Threshold Problem),并要考虑机制能使拍卖以合理的步伐进行,也就是使投标者能够较有效率地投标。另外,就机制的优化目标而言,还要权衡拍卖者效用最大化和分配效率(Allocation Efficiency)这两个常常很难统一的目标。从实用性的角度,要考虑机制对于每个投标者的公平性,至少应该让投标者认为机制是公平的;应该使机制易于理解和使用;要使拍卖失败的可能性尽量降到最小,等等。

1.3 网上逆向组合拍卖研究的意义、目的与思路

经典拍卖理论的一个缺憾在于博弈论框架下的拍卖机制不能解决组合拍卖问题,因为组合拍卖的获胜投标者确定问题是一个NP完全问题,其计算量很大,在采购物品种类太多的情况下,一般

认为无法计算。同时,对于多因素拍卖的研究还很不成熟,涉及多物品多因素拍卖的理论分析文献十分少见。另外一个理论缺憾是没有动态机制设计的经典理论,对于复杂拍卖的动态过程考察不够,缺乏科学研究的框架。在基于实际应用的理论研究中,对于多物品采购这个课题缺乏系统的定量的科学研究。特别地,关于多物品采购拍卖的获胜者确定问题、获胜概率问题、投标策略问题和机制设计的理论分析未见成果。本书希望立足多物品采购的实用背景,借鉴组合拍卖和多因素拍卖的基本分析方法和研究思路,开展对多物品采购拍卖中几个侧重点的理论研究。希望研究成果既能够在一定程度上反映商务实际,对实际商务运作有所帮助;更希望能够对该领域相关理论空白有所贡献。试图利用一些合理的特殊组合投标结构降低问题的计算复杂性,并考察组合采购中的多因素问题。希望考察多因素组合拍卖中投标者行为特征,希望能够在多因素组合拍卖(动态)机制的研究中有所创新。

在当今信息化时代,考虑到利用网络和计算机来提高计算能力,快速地获取和更新投标信息,并迅捷地计算和发布拍卖各阶段的有用结果是自然的。容易理解,如果制造商或政府部门希望在一次采购活动中采购多种物品,那么这些物品之间应该存在密切的相关性,这样的相关性对于供应商是十分重要的——他们会由于能提供其中的若干种物品而降低自己的供应总成本,这一点和出售组合拍卖十分相似。这就是我们利用组合拍卖理论研究多物品采购的基本依据。问题的另外一个方面是,由于逆向拍卖的实质是采购活动,采购品的质量也是必须考虑的因素,当质量和价格同时作为供应商的投标参数和获胜投标者确定问题的标准时,逆向拍卖自然又是一个多目标优化决策问题。这样,在理论上,组合优化和多目标优化问题的结合使得逆向组合拍卖这个课题更具挑战性。迄今为止,还没有对上述问题进行系统定量描述和分析的文