

米尔格罗姆和威尔逊对拍卖理论的贡献^{*}

——2020年度诺贝尔经济学奖得主获奖成就评介

许敏波

摘要:保罗·米尔格罗姆和罗伯特·威尔逊由于在拍卖理论上的基础性贡献而获得2020年诺贝尔经济学奖。本文将主要从两个方面介绍他们的获奖成就:其一,围绕拍卖的信息结构,从共同价值和关联价值的视角出发,介绍他们对于拍卖理论的改进;其二,围绕无线电频谱牌照拍卖的实际应用,从多物品拍卖面临的现实挑战出发,介绍他们设计的几种拍卖形式及其应用价值。拍卖理论的研究与现实需求紧密结合,两位诺贝尔奖得主的研究从根本上拓展了拍卖理论的分析框架,为拍卖理论的发展和拍卖机制的设计与应用做出了关键性和开创性的贡献。

关键词:米尔格罗姆 威尔逊 诺贝尔经济学奖 拍卖理论 机制设计

一、引言

美国斯坦福大学教授保罗·米尔格罗姆(Paul Milgrom)和罗伯特·威尔逊(Robert Wilson)由于“对拍卖理论的改进和发明新的拍卖形式”而分享了2020年度诺贝尔经济学奖。诺贝尔经济学奖评审委员会在颁奖词中指出,他们研究了拍卖理论的运行规律,并将研究发现用于设计新的拍卖形式,最终使得世界各地的卖方、买方和纳税人都能从中受益。经济学家通常将拍卖作为市场化资源配置机制的代表,而拍卖理论的研究和拍卖机制的设计与应用是学术与现实紧密结合的典范。两位诺贝尔奖得主在拍卖理论研究上的贡献很好地体现了经济学基础理论应用于实践的指导意义。

罗伯特·威尔逊1937年出生于美国内布拉斯加州,在哈佛大学从本科一直读到博士,1963年博士毕业之后在洛杉矶加州大学短暂工作,1964年加入斯坦福大学商学院并工作至今,现为斯坦福大学管理学杰出荣誉退休教授。威尔逊先后当选为美国人文与科学院院士、美国国家科学院院士和美国经济学联合会杰出会士,荣获挪威经济学院、芝加哥大学和伦敦经济学院荣誉博士学位,2014年获得美国国会颁发的“金鹅奖”(Golden Goose Award),2015年获得BBVA基金会“知识前沿奖”(BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards),2018年获得美国国家科学院的约翰·卡蒂科学进步奖(John Carty Award for the Advancement of Science)。他是米尔格罗姆在斯坦福大学的博士论文指导教师,同时也是另外两位诺贝尔经济学奖得主阿尔文·罗思(Alvin Roth)和本特·霍尔姆斯特伦(Bengt Holmström)的博士生导师。

保罗·米尔格罗姆1948年出生于美国密歇根州底特律,父母都是犹太人,1970年在密歇根大学获得数学本科学位之后做了几年保险精算师的工作,1975年进入斯坦福大学学习并于1979年获得博士学位。他先后任教于西北大学和耶鲁大学,1987年回到斯坦福大学,在经济系任教至今,现为

^{*} 许敏波,北京师范大学经济与工商管理学院,邮政编码:100875,电子邮箱:mbxu@bnu.edu.cn。感谢匿名审稿人提出的修改建议,文责自负。

斯坦福大学人文科学讲席教授。因其学术成就,他当选为美国人文与科学院院士、美国国家科学院院士和美国经济学联合会杰出会士,曾经担任美国西部经济学国际联合会主席、美国经济学联合会副主席,荣获斯德哥尔摩经济学院荣誉博士学位,2013年获得BBVA基金会“知识前沿奖”,2014年和2018年分别与威尔逊一起获得“金鹅奖”和约翰·卡蒂科学进步奖。

威尔逊主要研究博弈论及其在商业和经济学上的应用,研究主题包括机制设计、定价理论以及其他产业组织和信息经济学相关问题。除了在拍卖理论上取得的重要成就,他在动态博弈的序贯均衡以及非线性定价等问题上的研究也是成就卓著。米尔格罗姆从博士论文开始研究拍卖理论,同时在现代微观经济学的多个领域都做出了杰出贡献,包括拍卖理论、激励理论、产业经济学、经济史、组织经济学和博弈论等,而他在拍卖理论上的贡献最为人所熟知。按照诺贝尔经济学奖评审委员会(Committee for the Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel, 2020)给出的获奖理由,本文将主要围绕他们改进拍卖理论和创新拍卖形式的工作进行详细展开和补充说明。

二、米尔格罗姆和威尔逊改进拍卖理论的研究

(一) 拍卖理论的早期发展

拍卖是一项古老的交易形式,公元前500年,古希腊历史学家希罗多德就记载了巴比伦人利用拍卖进行交易的情形(Krishna, 2002)。而现代拍卖理论可以追溯到威廉·维克里(Vickrey, 1961)的开创性研究。利用博弈论的分析框架,维克里首次建立了一个基础性的拍卖理论模型:考虑单个不可分割的物品通过拍卖进行交易, N 个潜在的竞拍者(买家)参与竞价,记为 $i \in \{1, 2, \dots, N\}$,每个竞拍者对于该物品的价值估计为 v_i ,代表其最高的支付意愿。竞拍者只知道自己的估值,不知道其他人的估值,但是了解每个人的估值都是从已知的分布函数 $F_i(\cdot)$ 中随机取值的,假设竞拍者的估值之间相互独立不相关,则称这种信息结构为独立私人价值(independent private value)。此时,按照不完全信息博弈的策略定义,竞拍者的报价策略可以表示为其估值的函数,记为 $b_i = \beta_i(v_i)$ 。

维克里详细分析了四种标准拍卖形式,即英式拍卖(English auction)、荷兰式拍卖(Dutch auction)、第一价格密封拍卖(first-price sealed-bid auction)和第二价格密封拍卖(second-price sealed-bid auction)^①。其中,前三种拍卖形式早已存在于现实世界中,而第二价格密封拍卖在这里首次被提出,因此也被称为维克里拍卖(Vickrey auction)。当竞拍者是风险中性且每个竞拍者的估值分布函数相同时,维克里发现四种拍卖形式之间存在某种“策略等价性”。具体而言,第二价格密封拍卖存在唯一的占优策略,竞价者的最优选择是报告自己的真实估值。而英式拍卖中,每个竞拍者在报价超过自己的估值时,会停止叫价,最终报价在第二高的价值处结束,拥有最高估值的竞拍者获胜。这两种拍卖形式的报价策略是等价关系。荷兰式拍卖和第一价格密封拍卖不存在占优策略,但是竞拍者在这两种拍卖形式下的最优均衡报价策略的函数形式是一样的,而且报价都会低于其估值。由于在四种拍卖形式下,最终获胜者都是估值最高的竞拍者,因此,四种形式都是有效的。可以证明,对于卖方而言,四种拍卖形式的期望收益都是相同的,即为所有竞拍者的估值中第二高估值的期望值,这个结论被称为“收益等价定理”(revenue-equivalence theorem),该定理后来被认为是整个现代拍卖理论最为核心的结论(Klemperer, 1999)。

维克里还拓展讨论了独立私人价值下的两种情形。首先是多个完全相同物品的拍卖,其次是竞拍者价值分布函数不同的非对称情形。他通过例子证明在非对称情形下,收益等价定理不再成立。20年之后,在另外一篇开创性的论文中,罗杰·迈尔森(Myerson, 1981)采用机制设计的分析框架

①英式拍卖指竞拍者轮流公开叫价,报价从低到高,最后报价(即最高报价)者获胜,并支付其报价;荷兰式拍卖也叫时钟拍卖(clock auction),指拍卖人从高价开始逐渐降低报价,第一个应价的竞拍者获胜,并支付该报价;第一密封拍卖指竞拍者同时将报价信息密封上报给拍卖人,拍卖人从中选出最高报价者获胜,并由其支付该最高报价;第二密封拍卖和第一密封拍卖的区别在于,最高报价者获胜但是支付第二高的报价。

更加严谨地证明,在独立私人价值、竞拍者风险中性和对称性的条件下,如果价值估计最低的竞拍者预期支付为零,此时最大化卖方期望收益的最优机制将包含四种标准拍卖形式,而且任何有效的拍卖机制都能满足收益等价定理。

维克里由于在信息经济学领域的基础性贡献而获得 1996 年度诺贝尔经济学奖,而迈尔森由于在机制设计理论上的基础性贡献获得 2007 年度诺贝尔经济学奖,上述两篇论文都是他们最具代表性的工作,这也体现了拍卖作为一种广泛存在的交易机制和理论分析工具,在现代经济学理论体系中的重要地位。

另外,早期的拍卖理论研究还明确了评价拍卖机制的两个基本标准:其一是配置结果的有效性,即有效的拍卖机制应该让估值最高的竞拍者获得物品,实现配置结果的社会总价值最大化;其二是收益最大化,即让卖方获得最大的期望收益。拍卖理论的后续发展基本围绕着收益等价定理、配置有效性和收益最大化等问题进行分析。

(二) 威尔逊对于共同价值的研究

基于独立私人价值的拍卖理论认为,竞拍者只需要根据各自的价值估计进行报价,其报价策略不会受到其他人信息的影响。这样的理论预测在现实中遇到了挑战,典型的例子发生在油田等矿产资源开采权的拍卖交易中。参与竞拍的公司根据各自对油田储量有限的勘探信息进行权益估值,然后利用这些估值信息进行报价,结果赢得拍卖的公司发现事后的油田开采价值经常低于自己的估值,从而导致公司蒙受损失,这种现象称为“赢家诅咒”(winner's curse)。出现这种现象的主要原因是,油田的真实价值是确定的,而且对于所有公司都是一样的,利用有限信息测算的价值只是对油田真实价值的估计,拥有不同信息的公司得出不同的估值,而估值最高的公司可能是最为乐观的,从而高估了油田的真实价值。

理解“赢家诅咒”的关键是认识到竞拍者相互之间的估值信息是相关的,如果企业获知了对手的估值信息,则应该由此修正自己的估值。可以通过一个简单的例子来阐述这种关系:考虑两家企业竞拍一块油田的情形,油田的真实价值对于所有企业都一样,称为“共同价值”(common value),记为 v 。两家企业拥有不同的估值信号,分别记为 θ_1 和 θ_2 ,假设 $\theta_i = v + \epsilon_i, i \in \{1, 2\}$,其中 ϵ_i 表示均值为零的误差项。当企业报价时,如果它仅仅按照自己掌握的私人信息进行价值估计,则有 $E[v | \theta_i] = \theta_i$ 。由于报价策略是估值的增函数,报价高的企业赢得拍卖,如果企业 1 获胜,则意味着 $\theta_2 < \theta_1$ 。此时,企业 1 就应该意识到它对油田的估计价值应该修正为 $E[v | \theta_1, \theta_2 < \theta_1]$,对于共同价值的物品,自己的估值高于对手可能预示着自己高估了其价值。考虑到这一点,新的约束条件的引入应该会降低估计价值,即有 $E[v | \theta_1, \theta_2 < \theta_1] < \theta_1$ 。因此,企业仅仅基于自己私人信息的估值其实高估了油田的价值。

可见,“赢家诅咒”的出现是由于竞拍者未能正确计算其所赢得物品的价值,每个竞拍者在报价时应该将自己可能获胜这个信息用来修正其价值估计,当价值估计被修正之后,新的均衡策略就可以避免这种高估。威尔逊(Wilson, 1969)首先构建了一个第一价格密封拍卖的理论模型来分析共同价值情形下的均衡报价策略,在两个竞拍者的情形下提出了“条件独立”的信息结构,即在共同价值 v 给定的条件下,假设企业的私人估值信号的条件分布 $h_1(\theta_1 | v)$ 和 $h_2(\theta_2 | v)$ 相互独立。由贝叶斯法则可以得到,此时,两个企业的估值信号之间相互影响,每个企业观察到自己的估值信号 θ_i ,由此得到其他企业的估值信号的条件分布 $f_{ji}(\theta_j | \theta_i), j \neq \{1, 2\}, j \neq i$,以此作为自己的信念体系和决策依据。然后,威尔逊利用不完全信息博弈下的贝叶斯纳什均衡的概念来定义新的均衡,将企业的报价策略记为 $p_i(\theta_i)$,按照第一价格密封拍卖的竞价规则和企业期望收益最大化的目标,可以得出均衡报价策略需要满足的优化条件。两个企业报价策略的优化条件共同刻画了均衡策略需要满足的条件。在这个分析过程中,每个企业基于自己的私人信息,同时将对手的估值信号的条件分布引入决策分析,由此得到的均衡报价策略修正了仅仅基于私人估值信号采用的策略,可以避免赢家诅咒。最后,威尔逊利用正态分布的具体例子证明,在共同价值的信息结构下,竞拍者的最优策略是压低报

价来应对价值高估。显然,与私人价值的分析相比,这需要更加复杂的策略思维能力。

威尔逊(Wilson, 1967)还研究了信息不对称将如何影响共同价值拍卖的报价策略。假定有两位竞拍者,其中一位准确地知晓物品的价值,而另一位只能对物品价值进行大概的估计,在第一价格密封拍卖的均衡策略中,后者将采用随机化的报价策略。虽然拥有准确信息的竞拍者更有可能获胜并得到较高利润,但是信息不足的竞拍者依然有可能赢得拍卖并由此获利。

在后续的扩展研究中,威尔逊(Wilson, 1977)进一步完善了共同价值情形下第一价格密封拍卖的均衡报价策略所具有的性质。主要结论是,随着竞拍人数的不断增加,均衡竞拍价将最终收敛到物品的真实价值。这一研究结论为完全竞争情形下商品价格的形成机制提供了理论依据。

威尔逊是最早对“赢家诅咒”进行严谨理论分析的学者,虽然他在上述文章中并没有采用这样的说法。他关于共同价值拍卖的分析框架通常被称为“矿产权模型”(mineral rights model),上述1969年发表的开创性论文事实上在1966年已完成,随后其指导学生对整个分析框架进行了拓展(Ortega-Reichert, 1968)。最早关于“赢家诅咒”的实证研究来源于海上石油开采的经验证据(Capen et al, 1971),此外,米尔格罗姆(Milgrom, 1981b)给出了共同价值情形下第二价格密封拍卖的对称均衡策略。

威尔逊研究共同价值拍卖的最初目标是探究私人信息如何影响价格的形成,他在分析中采用的条件独立性信息结构很快得到了广泛认可和使用,成为几十年来被普遍采用的分析框架。比如,阿西和黑尔(Athey & Haile, 2007)在系统介绍拍卖的非参数估计方法时,就将矿产权模型采用的信息结构作为分析共同价值拍卖的标准设定。

(三)米尔格罗姆对于关联价值的研究

不管是私人价值还是共同价值,考虑的都是比较特殊的情形。在现实中,物品的价值可能同时具有这两种价值属性,此时需要构建统一的分析框架。假设 θ_i 表示竞拍者 i 的私人估值信号, $i \in \{1, 2, \dots, N\}$,广义地讲,每个竞拍者的价值可能依赖于所有潜在竞拍者的私人估值信号,记为 $v_i = V_i(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N)$,私人价值的情形相当于每个人的价值完全由个人估值决定,不依赖于其他人的估值,即 $v_i = V_i(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N) = \theta_i$,而共同价值的情形相当于所有人的价值都相同,即 $v_i = V_i(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N) = v$ 。由于每个竞拍者只能掌握自己的私人信息,并不能准确知道其他人的信息,所以在进行决策时只能将其他人的信息当作随机变量,其分布特征将最终影响竞拍者的选择。

米尔格罗姆(Milgrom, 1981a)首先引入随机变量的分布满足“单调似然比性质”(monotone likelihood ratio property, MLRP),用来刻画信息对价值变量分布的影响。假设对于单个竞拍者而言,关于价值的信号 θ' 比 θ 更受欢迎,也就是说获得信号 θ' 时竞拍者对于物品的价值有更高的估计,即意味着价值的条件分布 $G(\cdot | \theta')$ 一阶随机占优于 $G(\cdot | \theta)$ 。按照贝叶斯法则,如果用 $h(\theta | v)$ 表示给定物品价值 v 时竞拍者估值信号 θ 的条件分布,信号 θ' 比 θ 更受欢迎可以等价于当 $v' > v$ 时有 $h(\theta' | v')h(\theta | v) - h(\theta' | v)h(\theta | v') > 0$ 。进一步地,该条件可以定义为随机变量 θ 满足MLRP:似然比函数 $\frac{h(\theta | v)}{h(\theta | v')}$ 在 $v' > v$ 时为 θ 的单调减函数,在 $v' < v$ 时为 θ 的单调增函数。比如,对于某个服从正态分布的变量,假设可以得到其均值的信号,当均值信号更大时,这个变量取得较大值的可能性就会更大。直观地讲,当MLRP条件成立时,关于物品价值的“好消息”意味着物品的估值会更高。在此基础上,米尔格罗姆(Milgrom, 1981b)进一步研究了MLRP条件对于拍卖均衡策略的影响,如果好消息可以提高物品的估值,也会进一步提高竞拍者的最优叫价,即关于估值信号的竞价策略满足单调性。

在上述研究的基础上,米尔格罗姆和韦伯(Milgrom & Weber, 1982)提出了一种超出前人研究的信息结构:关联性(affiliation),用于刻画不同信息之间的正相关关系。关联性是一个统计学中的分析概念,简单地讲,当一个竞拍者价值估计更高时,也会使得其他所有竞拍者的价值估计更高;反之,当一个竞拍者价值估计较低时,其他竞拍者的价值估计也可能会较低。以两个竞拍者为例, θ_1 和 θ_2 分别表示竞拍者的私人价值信号,假设每个信号存在两种可能的取值,满足 $\theta_1^H > \theta_1^L$ 和 $\theta_2^H > \theta_2^L$ 。用 $f(\theta_1, \theta_2)$

表示价值信号的联合密度函数,关联性可以表示为 $f(\theta_1^H, \theta_2^H) f(\theta_1^L, \theta_2^L) \geq f(\theta_1^H, \theta_2^L) f(\theta_1^L, \theta_2^H)$,也就是说,两个竞拍者的信号同时为较高取值或者同时为较低取值的可能性要大于其中一方为较高取值而另一方为较低取值的可能性。更加一般地,如果 z 和 z' 分别表示两个 N 维的随机向量,即 $z, z' \in \mathbb{R}^N$,用 $z \vee z'$ 表示两个向量在每个维度上的最大值,用 $z \wedge z'$ 表示在每个维度上的最小值,函数 f 表示联合密度函数,则变量的关联性可以表示为: $f(z \vee z') f(z \wedge z') \geq f(z) f(z')$ 。这个表达式刻画了信息之间的正相关关系,具有很强的应用价值,后来成为经济理论中分析信息结构的常见设定。

可见,关联价值的引入能够更好地刻画拍卖中参与者之间的价值关系。对于独立私人价值,上述表达式对应的是等式情形;在完全的共同价值情形下,如果单调似然比性质成立,则破产权模型的信息结构也能满足关联性的设定。对应于现实中的情形,竞拍者对于物品的偏好关系或者使用成本通常具有一定的私人属性,而物品的市场交易更多地反映共同价值,因此,同时具备私人价值和共同价值属性的信息结构能够更好地反映现实情形。

在关联价值的信息结构下,米尔格罗姆和韦伯(Milgrom & Weber, 1982)进一步给出了四种标准拍卖形式下的均衡竞价策略,同时可以便捷地对不同拍卖形式的期望收益进行比较。他们发现,此时收益等价定理不再成立,英式拍卖获得的期望收益高于第二价格密封拍卖,第二价格密封拍卖的期望收益高于荷兰式拍卖和第一价格密封拍卖;而荷兰式拍卖和第一价格密封拍卖由于在竞拍中的信息表现形式完全相同,因此依然可以获得相同的期望收益。这些结果后来被进一步提炼为不同机制之间收益比较的“联动原则”(linkage principle)。直观地讲,给定机制下的期望收益可以表示为交易过程中各种信号的函数,不同机制下对应的信号传导产生的边际期望收益不同,当边际期望收益越大时,该机制下的期望收益也会越大。比如,在英式拍卖中,由于价格和所有竞拍者的估值信息联动,公开不断上升的叫价形式使得竞拍者关于估值的好消息可以产生更大的边际效果,因此,英式拍卖的期望收益可以更高。比较而言,在第二价格密封拍卖中,物品的成交价格和第二高的竞拍者的估值信息联动,期望收益次之。而在荷兰式拍卖和第一价格密封拍卖下,由于竞拍者之间估值信号无法相互影响,价格和其他竞拍者的估值信息没有联动,因此,荷兰式拍卖和第一价格密封拍卖的期望收益最低。

按照联动原则的逻辑,如果卖方想要获得更高的期望收益,也可以通过披露更多关于物品的信息给竞拍者来实现。这些结论解释了大型拍卖行的很多常规经营行为,比如通常采用英式拍卖公开叫价,也会经常邀请竞拍者提前参观竞拍品,还会请专家提出分析意见。

米尔格罗姆的研究结合了私人价格和共同价值两种信息属性,正如他在诺贝尔奖的获奖讲演时提到的,关联价值的分析框架有助于回答两个重要问题:其一,如何比较不同拍卖形式的期望收益;其二,卖方是否可以通过信息披露获利。同时,他构建的分析框架具有很强的启发性,为后续相关研究提供了重要的分析工具。

(四)后续相关研究

威尔逊和米尔格罗姆关于拍卖理论中物品价值信息结构的开创性研究启发了后来的研究者,共同价值和关联价值与私人价值一起成为现代拍卖理论的三种价值形式,他们提出的分析框架成为拍卖理论研究的基础(McAfee & McMillan, 1987)。后续有大量的研究按照这样的基本设定进行拓展。比如,米尔格罗姆(Milgrom, 1979)分析了拍卖的成交价格收敛到共同价值的充分必要条件。米尔格罗姆(Milgrom, 1981b)关于拍卖中信号单调性的分析采用的也是共同价值的框架。马斯金(Maskin, 1992)证明了共同价值下第二价格密封拍卖的配置结果不再有效。克伦佩雷尔(Klemperer, 1998)在共同价值的框架下分析了当竞拍者的价值存在细微差异时将对拍卖结果产生的重大影响。克里希纳和摩根(Krishna & Morgan, 1997)利用关联价值和联动原则分析了全支付拍卖(all-pay auction)和消耗战(war of attrition)模型的均衡策略和收益比较。事实上,所有关于拍卖理论的研究都需要明确其分析框架采用的价值形式,也就意味着三种价值形式必居其一。

共同价值和关联价值两种形式有时也被统称为“相关价值”(interdependent value),主要是区别于独立私人价值。

大量的实证研究也采用了威尔逊和米尔格罗姆建立的分析框架和理论预测。例如,在简约型回归分析的研究中,亨德里克斯和波特等(Hendricks et al, 1987; Hendricks & Porter, 1988)利用美国海上油气田拍卖的交易数据检验了威尔逊和米尔格罗姆关于不对称信息拍卖的理论预测。在海上油气田的竞拍中,有些企业距离油田更近,拥有更多关于油田的信息,而距离较远的企业获得的信息更少。共同价值和关联价值的理论模型都预测,如果竞拍者的信息不对称,那么拥有信息优势的竞拍者更有可能参与竞拍,而且更有可能获得正的期望利润。反之,处于信息劣势地位的竞拍者参与竞拍的意愿更低,期望收益也更低,甚至很有可能亏损。这些结论都得到了实证研究的支持。另外,在拍卖的结构型模型估计研究中,很多研究直接依赖于共同价值和关联价值的理论框架。比如,有些研究试图利用结构模型区分拍卖中的私人价值和共同价值属性(Paarsch, 1992; Haile et al, 2003),有些研究分别基于私人价值、共同价值和关联价值的不同信息结构建立结构模型的非参数识别策略(Guerre et al, 2000; Athey & Haile, 2002; Li et al, 2002)。同时,由于拍卖机制的规则非常清晰,拍卖经常成为实验经济学的研究对象,而拍卖理论的很多结论也在控制性实验中得到检验。比如卡格尔和莱文(Kagel & Levin, 1986)在共同价值拍卖下设计实验,发现存在普遍的“赢家诅咒”现象,并且竞拍人数越多则过度竞价现象越严重,而经验的积累和及时的反馈有助于竞拍者克服赢家诅咒。更多关于拍卖的实验研究可以参考其综述性论文(Kagel, 1995; Kagel & Levin, 2014)。

三、米尔格罗姆和威尔逊创新拍卖形式的研究

(一)多物品拍卖和份额拍卖

拍卖理论从研究单个不可分割物品的拍卖开始,逐渐扩展到考虑多个物品同时拍卖的问题。在维克里(Vickrey, 1961)的研究中,就考虑了多个相同物品同时拍卖、每个竞拍者只竞拍一个单位物品的简单情形。如果将所有参与竞拍的多个物品看成一个整体,多物品拍卖(multi-object auctions)相当于将整体分割成不同的份额进行交易。因此,多物品拍卖的一种特殊形式就是份额拍卖(share auctions),比如中央银行通过拍卖公开发行 100 亿元的国债,参与竞拍的银行或投资机构不用对 100 亿元整体报价,只需要报告自己竞拍的份额和价格。威尔逊(Wilson, 1979)最早在共同价值的框架下对份额拍卖进行了研究,而且同时分析了统一价格拍卖(uniform-price auctions)和差异化价格拍卖(discriminatory auctions)的情形。统一价格意味着最终每单位物品的成交价格都相同,差异化价格指的是每单位物品的成交价格不同。他还试图对于两种不同的拍卖形式的期望收益进行比较,在这个简单的分析框架下,两种拍卖形式的期望收益和配置效率都不存在差异。这项研究结果的价值主要有两点:一方面,由于存在多个物品可以选择,竞拍者有动机故意压低自己的报价;另一方面,由于份额拍卖下可供选择的策略组合更加丰富,竞拍者可以在多个均衡间协调,进一步压低报价。最终,都会使得卖方的收益受损。

威尔逊在份额拍卖中提出的均衡报价策略后来被称为“需求函数均衡”(demand function equilibrium),竞拍者的报价策略是一个函数方程 $x(p)$,表示在价格 p 上愿意购买的份额为 x 。这种形式的均衡策略后来被广泛应用于博弈论中其他均衡问题的分析,当策略的使用者为市场的供给方时,对应的就是“供给函数”(supply function)策略。比如,克伦佩雷尔和迈耶(Klemperer & Meyer, 1989)在研究不确定性下的寡头竞争问题时就采用了这样的表达形式,通过供给函数将企业的策略表示成价格和产量的函数关系,这种设定得到了后续研究的广泛采用。而在电力行业中,电网通过份额拍卖从发电厂招标采购电力,发电厂作为电力的供给方和竞拍者,其报价策略就可以表示为供给函数,威尔逊(Wilson, 2002, 2008)就专门针对电力交易的特点分析了发电厂的供给函数均衡策略。

威尔逊关于份额拍卖的理论预测在实证研究中也得到了检验。比如沃尔弗拉姆(Wolfram, 1998)利用英国电力拍卖的数据研究发现,作为电力的供给方和电网公司招标采购的竞拍者,发电厂会策略性地抬高价格,最终使得电力采购方的利益受损。份额拍卖的另一个重要应用是国债拍卖,关于国债拍卖中应该采用统一价格还是差异化价格一直是经济学家争论的问题,弗里德曼(Friedman, 1960)就建议在美国的国债拍卖中采用统一价格拍卖替代差异化价格拍卖,认为统一价格拍卖可以提高国债拍卖的收益。霍尔塔奇苏和麦克亚当斯(Hortaçsu & McAdams, 2010)基于威尔逊(Wilson, 1979)的理论框架,采用土耳其的国债拍卖数据实证比较了两种拍卖机制的期望收益,结果发现从差异化价格拍卖转换到统一价格拍卖并未显著提高国债的拍卖收益。

(二) 频谱拍卖

拍卖理论的发展与实际的应用需求紧密结合,常见的应用场景包括油气田的拍卖、原木拍卖、政府招标采购等,其中无线电频谱牌照(radio-spectrum licenses)的拍卖机制设计对拍卖理论的发展起到了很大的促进作用,而米尔格罗姆和威尔逊以频谱拍卖(spectrum auctions)为研究对象,对拍卖机制进行了卓有成效的创新。

随着信息技术的发展,无线电频谱的作用日渐凸显。美国联邦政府将频谱按照频道和地区分成很多个不同的频谱牌照,包括广播、电视、通信等企业,要想获得相关业务的经营资格,就必须从联邦政府手中得到频谱牌照的使用权。早期的牌照分配方式是由政府无偿授权给选定的企业,通常由那些有需求的企业首先提出申请,联邦通讯委员会(Federal Communications Commission, FCC)专门负责组织听证会,对申请者的资格进行比较评判,从中选出最合适的企业进行授权。但是,这一过程过于烦琐,耗时很长,使得频谱牌照的发放进展缓慢,无法满足社会需要。美国国会尝试过采用摇号方式随机地分配牌照,虽然可以加快牌照的分配进度,但是牌照转卖的套利吸引了大量申请者,最终导致分配结果非常混乱。

美国国会早在1958年就组织过关于频谱牌照拍卖的听证会,科斯(Coase, 1959)曾积极建议拍卖频谱牌照。到了20世纪90年代,移动通信技术的发展推动了对于频谱牌照的强劲需求,最终迫使美国国会在1993年8月通过法案,授权FCC采用拍卖的方式分配无线电通信的频谱牌照。法案同时还对频谱拍卖期望达到的效果提出了具体要求:电信频谱要能得到充分有效的利用;能够促进新技术的快速应用;防止牌照过度集中形成垄断;确保少数民族裔、女性、小微企业等弱势群体能够获得部分资源等(McMillan, 1994)。可见,政府的主要目标是频谱牌照配置结果的有效性,没有明确提出拍卖收益最大化的目标。频谱拍卖是一个典型的相互关联的“多物品拍卖”,FCC按照地区和波段将电信频谱划分成几千个牌照,不同的频谱之间可能存在互补性或者替代性。通信公司想要更加有效地为用户提供通信服务,通常需要获得一定数量的牌照进行组合,而不同的公司想要的牌照组合不同。从理论和实践上讲,相互关联的多物品拍卖都存在很大挑战。在此之前,新西兰和澳大利亚等国都尝试过采用常见的方式拍卖频谱牌照,分配的实际效果都不太理想。为了实现牌照有效配置的目标,FCC和电信公司发动了大批经济学家进行新型拍卖机制的设计。

由于拍卖结果的有效性是最主要的政策目标,针对多个物品的拍卖,一个自然的选择机制是维克里-克拉克-格罗夫斯(Vickrey-Clarke-Groves, VCG)拍卖,该拍卖机制在维克里第二价格密封拍卖的基础上扩展得到。具体规则如下:(1)每个竞拍者可以针对多个物品的任意组合报价,无论是单独报价还是组合报价;(2)报价信息汇总之后按照报价进行组合以实现报价的总额最大,然后按照报价总额最大的组合分配物品给对应的竞拍者;(3)每个获胜的竞拍者支付的金额是如下两项之差,(a)假设该竞拍者不参与竞拍情形下对应的获胜组合的报价总额,(b)在实际的分配方案中其他获胜竞拍者的报价总额。比如,在单个不可分割物品的拍卖中,(a)项就是第二高的报价,(b)项为零,获胜的竞拍者支付的即为第二价格。

VCG 拍卖规则的特点是将分配方案和支付金额分开,竞拍者的报价会决定其是否能赢,但是不

直接决定赢了之后需要支付的金额。在这个机制下,竞拍者的最优策略是报告自己的真实价值。一般认为,在私人价值的框架下,VCG 拍卖可以实现配置结果的有效性。然而,当拍卖的多个物品的价值之间存在关联时,VCG 拍卖就未必适用了。可以通过下面两个例子来说明多物品关联拍卖面临的主要挑战。

案例 1。假设需要对两件物品 A 和 B 进行拍卖,有两个竞拍者参与竞价。竞拍者 1 认为这两件物品是互补的,同时获得 A 和 B 组合的价值是 2,获得单个物品的价值为 0。竞拍者 2 认为每个物品的价值都为 0.5,A 和 B 组合的价值为 1。如果采用 VCG 拍卖机制,当两个竞拍者都真实报告自己的估值时,由于竞拍者 1 报告的组合价值更高,所以竞拍者 1 获得两件物品,需要支付的金额是对手的报价 1,此时的分配结果是有效的,可以最大化社会总价值。

但是,如果竞拍者 2 为物品 A 报价 2,为物品 B 报价 0,同时再找个陪标者 3 为物品 A 报价 0,为物品 B 报价 2。此时,按照 VCG 拍卖规则,最高报价组合获得物品,竞拍者 2 和 3 的报价组合 $2+2=4$,高于竞拍者 1 的报价。因此,竞拍者 2 和 3 获得两件物品。如果没有竞拍者 2 的报价,其他竞拍者对于 A 的单独报价都为 0,因此竞拍者 2 为 A 支付的金额为 0。同样地,竞拍者 3 为 B 支付的金额也为 0。这样,竞拍者 2 通过虚假报价和陪标,可以同时获得两件物品,只需支付 0 的成本,此时的分配结果是无效的。

案例 2。假设需要对两件物品 A 和 B 进行拍卖,有三个竞拍者参与竞价。竞拍者 1 认为两件物品互补,同时获得 A 和 B 的组合价值为 2,获得单个物品价值为 0;竞拍者 2 和 3 都认为单个物品的价值为 0.5,A 和 B 组合的价值为 0。在 VCG 拍卖机制下,如果真实报告每个人的价值,竞拍者 1 获得 A 和 B 的组合,为每件物品分别支付 0.5,此时配置结果是有效的。

但是,如果竞拍者 2 和 3 合谋,其中竞拍者 2 为物品 A 报价 2,为物品 B 报价 0,竞拍者 3 为物品 A 报价 0,为物品 B 报价 2,此时竞拍者 2 和 3 的组合报价 $2+2=4$,大于竞拍者 1 的组合报价。因此,竞拍者 2 获得物品 A,需要支付的金额为其他人对 A 的最高报价 0。同样地,竞拍者 3 获得物品 B,支付也为 0。显然,这样的分配结果也是无效的。

在这两个例子中,VCG 机制遇到麻烦的关键点在于,竞拍者 1 认为两件物品之间是互补的,这种相互关联性破坏了 VCG 机制成立的基础。同样地,在电信频谱牌照的拍卖中,牌照之间的互补性很强,使得 VCG 机制不再适用。因此,寻找新的拍卖机制以实现频谱牌照的有效配置目标,这成为拍卖理论研究的重点。

(三)同步多轮拍卖

从 1993 年 8 月美国国会通过频谱牌照拍卖的法案开始,到 1994 年 3 月美国联邦通讯委员会(FCC)选定最终采用的拍卖形式,中间有大量优秀的经济学家参与到拍卖机制的设计中。整个拍卖规则的设计完全依据经济理论的指导,FCC 的经济学顾问麦克米伦(McMillan, 1994)对拍卖机制设计过程中重点考虑的几个问题进行了解释和说明。第一个问题是选择公开拍卖还是密封拍卖。按照威尔逊和米尔格罗姆等的理论研究可知,公开拍卖的优势是可以减少“赢家诅咒”,通过信息披露获得更高的拍卖收益,其劣势在于,当竞拍者风险厌恶时,公开拍卖的收益低于密封拍卖,同时密封拍卖能够更加有效地防范竞拍者之间的合谋。权衡利弊之后,FCC 最终选择了多轮密封拍卖的形式,在每轮密封报价结束之后,政府可以选择性地披露有限的竞拍信息,然后利用这些信息引导新一轮的报价。第二个问题是同步拍卖还是序贯拍卖。同步拍卖指的是竞拍者对所有牌照同时报价;序贯拍卖指的是把牌照分成几批分别拍卖,对于前面已经完成的拍卖,竞拍者过后不能再反悔。选择同步拍卖的关键是确定拍卖停止的规则,米尔格罗姆和威尔逊提出了所有牌照报价同时停止的规则,同时对于竞拍者每一步的报价设定明确条件。最终,FCC 决定采用同步拍卖,并选择了米尔格罗姆和威尔逊提出的停止规则。第三个问题是是否允许组合报价。竞拍者可能希望对某些牌照的组合整体报价,而不愿意分别对单个牌照报价。考虑到组合报价可能存在“搭便车”的问题,最终,FCC

决定不接受组合报价。第四个问题是如何照顾特殊群体的利益。国会的法案要求照顾少数族裔、女性、小微企业等弱势群体的需求,FCC提出了设定一定比例专供特殊群体,同时给予其报价优惠等政策满足特殊群体的需求。最后一个问题是牌照拍卖之后政府是否参与后续利润分成,以及是否设置最低报价。考虑到对于单个牌照的利润很难计算,FCC放弃了利润分成的方案,同时保留在参与竞价公司较少的情况下设置最低报价的可能。

FCC最后提出的拍卖设计方案称为“同步多轮拍卖”(simultaneous multiple round auction, SMRA),将相互关联的多个频谱牌照同时进行拍卖。在拍卖开始时,每个牌照设置较低的起拍价,保证每个牌照都有多个竞拍者参与叫价。在第一轮报价开始后,每个竞拍者都可以同时对任意数量的牌照分别进行密封报价,该轮报价结束后会披露每个牌照的报价信息。在第二轮报价开始后,竞拍者根据第一轮报价的情况按照一定的“活动规则”(activity rules)再次调整自己的报价,密封报价信息在报价结束后公布,然后进入下一轮。最后当所有牌照都没有新的报价信息时,拍卖结束,报价最高的竞拍者获胜,并支付其报价。SMRA机制中关键的活动规则主要遵循了米尔格罗姆和威尔逊的提议,因此也被称为“米尔格罗姆和威尔逊活动规则”(Milgrom-Wilson activity rule),这种同步多轮的竞价机制可以让竞拍者更加灵活地进行牌照组合,提高资源的配置效率。

米尔格罗姆(Milgrom, 2000)对SMRA机制设计中考虑的问题进行了详细的理论解释,重点介绍了SMRA机制实现有效配置的前提条件,其中非常关键的是牌照之间可以相互替代。同时,为了加快报价流程,增加报价信息的有效性,米尔格罗姆和威尔逊在SMRA机制中创造性地设置了参与报价的“活动规则”。具体而言,该规则基于每个牌照的一个量化指数,通过牌照包含的频谱带宽或者覆盖的人口数量等信息计算得到,大体上反映牌照的价值。在拍卖开始时,每个竞拍者需要根据有意向竞拍的频谱的指数支付一定的押金,由此建立自己初始的“资格得分”(eligibility)。在竞拍过程中,如果竞拍者对于某个牌照报出了新的价格或者自身就是该牌照上一轮的最高报价者,则该竞拍者可以认为是活跃的竞拍者,而每一轮竞拍者的报价受到其资格得分的限制,如果超过了资格得分,则报价无效。每个竞拍者的资格得分还会根据报价过程中的活跃度进行调整,如果活跃度减少,则其资格得分也会相应地下降。在实际的频谱拍卖中,活动规则有效地限制了竞拍者等待观望的报价策略。

SMRA频谱拍卖付诸实践不久就获得了巨大成功。仅在1994年,FCC的频谱牌照拍卖就为美国联邦政府创造了200亿美元的收益,吸引了大量媒体和公众的关注,被《纽约时报》称为“有史以来最伟大的拍卖”。这种拍卖机制很快被世界其他国家普遍采用,既实现了频谱资源的有效分配和使用,也为各国政府筹集了大量公共资金。

不过,SMRA机制也有一些明显的弱点,最典型的是存在“需求减少”(demand reduction)问题(Ausubel & Cramton, 2002)。比如,两家公司竞拍两个完全相同的牌照时,假设公司1对单个牌照的估值是3,对两个牌照组合的估值是6;公司2对单个牌照的估值是2,对新增一个牌照的估值为0。这种情形下,理想的配置结果是公司1获得两个牌照,为每个牌照支付价格2,这样配置效用最高,而且收益也不错。然而,在SMRA机制下,如果公司1采取放弃一个牌照而只竞拍另外一个牌照的策略,则可以在0价格下获得单个牌照,其收益为3。如果公司1采取竞拍两个牌照的策略,会迫使公司2也在两个牌照上都加价,最终公司1赢得两个牌照的条件是分别为每个牌照支付价格2,实现的总收益为 $6-4=2$ 。因此,公司1会策略性地选择减少需求获得更多收益,导致配置的结果无效。

除此之外,由于SMRA不允许对于牌照组合打包报价,可能会使得有些竞拍企业被迫放弃存在互补关系的一些频谱牌照,降低了配置效率。在这个过程中,如果企业因为获得某个牌照而对另外存在互补关系的牌照志在必得,就会暴露自己的信息,从而导致其他企业抬高报价,这种情况也被称为“暴露问题”(exposure problem)。

(四) 组合时钟拍卖

虽然同步多轮拍卖(SMRA)取得了很大成功,并被世界各国广泛采用,但是其中存在的问题继续激励着大家不断创新,米尔格罗姆与合作者提出了多种新的机制来改进 SMRA,其中,很重要的一种机制称为“组合时钟拍卖”(combinatorial clock auctions, CCA)(Ausubel, Cramton & Milgrom, 2006)。组合报价的首要挑战是计算负担。比如,如果有 10 个物品拍卖,每个竞拍者都面临 $2^{10} - 1 = 1023$ 种不同组合方式,对每个组合进行估价将耗费大量的时间,当物品数量增加时,计算工作量就会更大。随着计算机技术的发展,这个问题大大缓解,同时,通过合理的机制设计,可以最终克服计算复杂的问题。

CCA 机制首先是为了解决竞拍者的组合报价需求和 SMRA 机制中的“需求减少”问题,整个拍卖过程包含两个阶段。第一个阶段采用一种动态时钟拍卖的形式揭示竞拍者的信息,帮助拍卖双方进行各种组合的价值估计;第二阶段采用密封组合报价,基于 VCG 的拍卖规则确定拍卖结果和支付价格。具体而言,CCA 机制可以表述如下:

第一阶段,动态时钟拍卖。拍卖人同时对于每个物品分别从低到高报价,竞拍人根据报价提出自己的需求,如果所有竞拍者的总需求超过了物品的总供给,则由拍卖人重新提高物品的报价,然后再次由竞拍人报告自己的需求。直到每个物品的超额需求都为零,即达到市场出清状态,则报价停止,这个阶段的报价结束。可见,这个阶段的主要目的是发现消费者的需求函数。奥苏贝尔(Ausubel, 2004)详细研究了动态时钟拍卖实现多物品有效配置的原理。

第二阶段,密封组合报价。在第一阶段披露的竞价过程信息基础上,竞拍人根据自己的需求组合进行密封报价,每个竞拍人可以对多个组合同时报价,相当于报告一个自己的需求函数。所有密封报价结束之后,按照 VCG 规则确定竞拍赢家及其支付金额。VCG 的分配规则是选择配置结果的总价值最大的组合,支付金额遵循第二价格法则。

另外,非常重要的一点是,存在三条“活动规则”(activity rule)将两个报价阶段链接起来,使得第一阶段时钟拍卖的需求行为能够转变为第二阶段组合报价的约束条件。第一,组合报价不能低于第一阶段展现的需求价格;第二,如果没有更好的配置结果,第一阶段最终的竞价结果将被采用;第三,竞拍者第二阶段的报价在第一阶段报价基础上的增加幅度受到限制。

如果没有第一阶段,CCA 机制就等价于 VCG 拍卖,而设置活动规则的目的是为了激励竞拍者真实地报告自己的需求信息。整体而言,CCA 机制是对 SMRA 机制的改进,克服了 SMRA 机制的两个主要缺陷,有利于提高配置效率。在该机制提出之后,英国政府首先在 2008 年将 CCA 机制用于无线电频谱牌照的拍卖,取得了很好的效果,很快得到了世界各国的广泛采用。

当然,CCA 机制依然存在一些缺陷。比如,小公司可能会因为参与竞拍的预期收益很小而放弃竞拍,或者竞拍者会恶性竞价使得其他竞拍者支付更高,另外,由于可能存在多重均衡,某些均衡结果可能是无效的(Levin & Skrzypacz, 2016; Janssen & Kasberger, 2019)。

(五) 激励拍卖

“激励拍卖”(incentive auctions)是米尔格罗姆提出的另外一种重要的拍卖机制,用来帮助 FCC 将无线电频谱的牌照从广播电视领域回收后,重新用于无线宽带通讯。被称为“激励拍卖”是因为其目的是创造一种激励,使得广播电台愿意放弃其频谱牌照。事件的背景是,随着各种无线通信技术和设备的飞速发展,对无线宽带频谱的需求大增,美国政府提出了一个“国家宽带计划”(National Broadband Plan),打算将其他用途的一些宽带频谱转移到无线通信上来,而有些用于超高频广播电视的频谱正好符合这样的要求。如果直接通过常规的市场化手段进行频谱交易,会遇到集体行动问题,因为广播电台使用的频率大体属于一个相近的区域,而无线通信的频率需要和广播电台的频率区间尽量分离,这样可以避免不同类型信号之间互相干扰。如果没有政府的干预和协调,市场自由交易就会出现典型的“钉子户”敲竹杠的问题。比如,某个频道的所有者不愿意

转让频道,将会迫使相关频道都无法使用,而政府的干预可以强制性地将这些频道转移到其他频道上去。

然而,这种交易不是一个简单的双边拍卖交易,主要面临的技术挑战有三点:第一,交易中买的物品和卖的物品是不同的。由于电台频谱和无线通信频谱的用途不同,两类牌照不是同样的物品,这会使得定价和交易都变得更加复杂。第二,需要将不愿意出售的广播电台迁移到新的频道上。这个问题非常复杂,需要对3000多家广播电台进行重新组合,避免信号干扰,这种重新组合将面临无数的限制性条件。第三,竞拍者对于牌照的价值未知。由于最终的频谱到底如何分配并不清楚,某些新的移动宽带频谱可能会受到一定程度的信号干扰,具体的干扰程度又取决于实际的频谱分配状况,从而使得任何人都无法在拍卖结束之前明确知道牌照的价值。米尔格罗姆在诺贝尔奖的获奖演讲中感叹,这是他遇到的最具挑战的问题。

米尔格罗姆带领的研究团队(Milgrom et al, 2012; Milgrom & Segal, 2017)首先设计了整个激励拍卖的规则,大体上由三个部分构成:第一,向前拍卖(forward auction),由宽带频谱的买方提出自己的牌照需求;第二,逆向拍卖(reverse auction),由广播电视频谱的卖方提出其出售条件;第三,市场出清规则(clearing rule),决定每种牌照交易的数量。在向前拍卖过程中,由FCC采用“增价时钟拍卖”(ascending clock auction)机制,不断提高报价确定买方在不同价格下的需求状况;而在逆向拍卖中,FCC采用“减价时钟拍卖”(descending clock auction)逐步降低报价了解卖方的交易条件;最终的市场出清规则链接起两个拍卖阶段,同时考虑预算平衡原则,使得买方的报价总额足够支付卖方的报价总额。

FCC在2017年采用这种激励拍卖机制成功地实现了无线电频谱的用途转换,在逆向拍卖过程中,回收了14个频道,花费成本101亿美元。之后在向前拍卖中,将部分频谱拍卖获得198亿美元的收益,政府在这个过程中获得接近100亿美元的净收益,另外还留出更多频谱资源用于将来的使用。

(六)其他相关的拍卖设计

米尔格罗姆和威尔逊将拍卖的机制设计引入频谱拍卖的成功经验启发了政策制定者和研究人员,以频谱拍卖为指引,多种创新型的拍卖机制被应用于其他领域的资源配置中。比如,克伦佩雷尔(Klemperer, 2010)为银行资产清算设计的“产品混合拍卖”(product-mix auction)就是一种组合报价的新型拍卖形式。与同步多轮拍卖(SMRA)类似,这种拍卖通过竞拍者报价信息识别其价值形式,然后实现均衡配置结果。但是拍卖过程只有一期,可以防止竞拍者合谋,同时提高交易速度,更加适合金融资产清算时对于及时性的要求。另外一种重要的关联物品的新型拍卖形式是“位置拍卖”(position auction),瓦里安(Varian, 2007)分析了谷歌搜索在广告竞价中采用的位置拍卖机制,广告方根据自己的产品特性选择一组关键词,然后针对每个关键词竞价,当用户搜索关键词时,相关广告按照竞价高低进行排序,广告方按照用户点击相关链接的次数支付最终的广告费用。谷歌采用的位置拍卖类似于VCG的第二价格机制。

各种新型拍卖机制为实现资源的有效配置和其他政策目标提供了重要指引,然而并非所有的拍卖机制都能真正实现其预期的目标。理论机制的实施效果受到多方面因素的制约,一方面,机制设计本身可能就存在缺陷,比如规则设计不合理、机制本身缺乏弹性、未能有效反映竞拍者的真实需求等;另一方面,即使拍卖的机制设计本身没有问题,如果各项规则不能得到有效执行,也很难实现预期效果,比如计划和组织无序、关键时间点混乱、规则落实不到位等。同时,各种机制设计本身反映了不同利益相关方的诉求,也有可能存在代理人问题,机制的设计者所考虑的目标不一定总是与社会利益一致。这些问题影响了拍卖机制的实施效果,也对拍卖机制的理论研究不断提出新的要求。

四、米尔格罗姆和威尔逊拍卖理论研究的外溢性影响

拍卖理论和经济学中的很多研究领域存在关联,比如信息经济学、博弈论、机制设计等,这些领域都将拍卖理论作为重要的应用问题进行研究。米尔格罗姆和威尔逊关于拍卖理论的研究对于这

些相关领域的研究也产生了重要的影响。

首先,米尔格罗姆和威尔逊关于拍卖中竞价策略的分析可以扩展到关于交易和分配机制的一般性研究中。比如,迈尔森(Myerson, 1981)在一般交易规则下,讨论了不完全信息下的最优拍卖机制,其实就受到了威尔逊和米尔格罗姆早期研究的影响。米尔格罗姆和斯托基(Milgrom & Stokey, 1982)采用共同价值情形下的双边交易机制进行分析发现,当买卖双方都是风险厌恶时,不同私人信息也会导致零交易的问题。米尔格罗姆还将拍卖竞价思维引入金融市场的交易价格和在线广告的研究中(Glosten & Milgrom, 1985; Arnosti et al, 2016)。车和盖尔(Che & Gale, 2000)研究预算约束下的资源最优分配机制时就大量引用了威尔逊和米尔格罗姆的拍卖模型的构建思想。而阿卜杜勒卡迪鲁路和森梅兹(Abdulkadiroğlu & Sönmez, 2003)在研究美国的学校申请和学生分配的选择机制时也受到了米尔格罗姆拍卖机制设计研究的启发。

其次,关于关联价值的定义和内涵被广泛地应用到信息经济学和组织经济学的研究中。比如,米尔格罗姆和罗伯茨(Milgrom & Roberts, 1990)将关联价值的思想和表达形式从分布函数进一步拓展到一般函数,得到超模(supermodularity)的概念,用来研究博弈策略的互补性。而霍尔姆斯特伦和米尔格罗姆(Holmström & Milgrom, 1994)利用超模函数研究了激励体系在公司组织形式中的意义和价值,成为公司组织理论的经典论文。

另外,作为博弈论的一种典型应用,由于提供了大量实证分析证据,拍卖理论及其应用的发展有力地推动了博弈论的研究进展。正如马斯金(Maskin, 2004)所指出的那样,在博弈论其他相关领域的研究者眼中,他们无法观察到研究对象的真实博弈策略,能够提出的模型最多只是对于实际情形的近似估计,但是,拍卖理论的研究者却可以准确地知道其研究对象所遵循的规则和采取的具体措施。因此,拍卖理论成为研究者广泛采用的理论工具。比如,在拉丰(J. J. Laffont)和梯若尔(J. Tirole)关于契约理论和竞争政策的大量研究中,都以拍卖理论作为研究的基石。

克伦佩雷尔(Klemperer, 2000)建议每位经济学家都应该学习一些拍卖理论。首先,拍卖理论和很多经典的经济学理论紧密联系。比如,交易机制和定价问题、市场规制和竞争政策等,而最优拍卖机制和垄断定价有相似之处。其次,拍卖的分析框架为很多问题的研究提供了理论工具。比如,将收益等价定理的理论框架用来分析司法体系改革,可以比较不同司法体系的成本问题。同时,理解拍卖理论将有助于理解很多的经济学问题。比如,当竞拍者人数增加时,拍卖的价格会趋近于物品的真实价值,这种逻辑可以用来分析完全竞争的市场均衡。

米尔格罗姆和威尔逊关注的是信息如何影响人们的行为,以及如何通过拍卖机制的设计实现信息传递,最终实现资源有效配置的目标。他们的研究为众多关联领域的研究提供了启示。

五、结论与启示

米尔格罗姆和威尔逊将拍卖理论与机制设计的实践应用紧密结合,拓展了私人信息如何影响市场运行方式的分析框架。他们早期关于共同价值和关联价值的工作属于基础理论研究,主要是利用和发展了博弈论的基本工具,分析在不同信息结构下行为人将如何策略性地进行选择。从20世纪90年代开始,他们将拍卖机制设计应用于公共资源的实际分配当中,设计了电信频谱、电力和自然资源等的交易机制。拍卖理论的基础性研究经验为他们应对各种挑战并构建新的拍卖形式奠定了基础。本文主要介绍了他们在拍卖理论方面的工作,实际上,他们的学术贡献涵盖非常广泛的研究领域(参见张苏,2013;霍兵,2019)。

通过梳理两位诺贝尔奖得主在拍卖理论上的获奖成就,可以得出如下几点启示:

首先,对于经济学研究者而言,善于观察真实世界中存在的经济和商业现象非常重要。米尔格罗姆和威尔逊正是通过观察现实中的拍卖交易,发现其中存在的信息问题,从而提出理论构想并进行严谨的经济分析。他们积极参与商业实践,在政府提出频谱拍卖的设想时,通过自己的敏锐观察,

将频谱拍卖中纷繁复杂的经济现象提炼为抽象而又精致的数理模型,根据政策目标的需要设计全新的拍卖形式,实现了社会资源的优化配置。威尔逊在诺贝尔奖的获奖演讲中特别强调,研究者需要深入地了解所研究行业的真实情况,才能取得有效进展。

其次,对于经济学的学科发展而言,只有不断从真实世界中吸取营养,才能发现和提炼有意义的研究问题,并通过分析和解决实际问题推动学科的发展。事实上,经过几十年的快速发展,拍卖理论的基本框架已经逐渐成熟。目前的研究主要有三个趋势,一是将新出现的交易机制纳入拍卖理论的分析框架中,完善已有的研究体系。比如,最近有研究分析一种新型的网络拍卖形式“美分拍卖”(penny auction)的基本特征,并比较其与传统交易机制的差异(Xu et al, 2019)。二是根据实际需要设计新的拍卖机制,或者不断改进已有的拍卖机制。事实上,目前关于频谱拍卖的机制改进研究依然没有停止。三是利用各种实证方法检验已有的理论,而结构模型的非参数估计和实验方法都是目前最为流行的方法。

另外,对于政策制定者而言,需要保持开放的态度,积极推动理论和政策应用相结合,能够及时跟学术界沟通政策目标和实际需要,调动科研力量解决社会实际问题。两位诺贝尔奖得主指导政府按照经济理论设计全新的频谱拍卖制度,最终实现了资源的高效配置,这一经验对于我国当前的经济改革具有重要借鉴意义。我国正处在全面深化改革的关键时期,完善要素市场化配置等改革任务迫切需要理论创新和制度创新,而中国的经济发展也为经济理论的创新提供了很好的历史机遇。

最后,两位诺贝尔奖得主积极进取、永不停歇的学术精神也很值得我们学习。米尔格罗姆和威尔逊都是年事已高的老者,依然亲力亲为、孜孜不倦地继续在学术前沿探索,不断创造新的优秀成果。例如,米尔格罗姆继续对频谱拍卖的机制提出新的构想(Milgrom & Segal, 2020),而威尔逊还在关注电力交易和投资的最优机制(Chao & Wilson, 2020)。在诺贝尔奖的获奖讲演中,他们都介绍了目前正在推进的研究工作,两位学者的学术成就和学术精神必将不断激励后来的研究者。

参考文献:

- 霍兵,2019:《保罗·米尔格罗姆对当代经济学的贡献》,《经济学动态》第5期。
- 张苏,2013:《罗伯特·威尔逊对当代经济学的学术贡献》,《经济学动态》第2期。
- Abdulkadiroğlu, A. & T. Sönmez(2003), “School choice: A mechanism design approach”, *American Economic Review* 93(3):729—747.
- Arnosti, N., M. Beck & P. Milgrom(2016), “Adverse selection and auction design for internet display advertising”, *American Economic Review* 106(10):2852—2866.
- Athey, S. & P. Haile(2002), “Identification of standard auction models”, *Econometrica* 70(6):2107—2140.
- Athey, S. & P. Haile(2007), “Nonparametric approaches to auctions”, In: J. J. Heckman & E. E. Leamer (eds), *Handbook of Econometrics*, 6A, Amsterdam: Elsevier.
- Ausubel, L. (2004), “An efficient ascending-bid auction for multiple objects”, *American Economic Review* 94(5):1452—1475.
- Ausubel, L. & P. Cramton(2002), “Demand reduction and inefficiency in multi-unit auctions”, University of Maryland Working Paper, No. 96—07.
- Ausubel, L., P. Cramton & P. Milgrom(2006), “The clock-proxy auction: A practical combinatorial auction design”, In: P. Cramton et al(eds), *Combinatorial Auctions*, MIT Press.
- Capen, E. C., R. B. Clapp & W. M. Campbell (1971), “Competitive bidding in high risk situations”, *Journal of Petroleum Technology* 23(6):641—653.
- Chao, H. & R. Wilson(2020), “Coordination of electricity transmission and generation investments”, *Energy Economics* 86, article 104623.
- Che, Y. K. & I. Gale(2000), “The optimal mechanism for selling to a budget-constrained buyer”, *Journal of Economic Theory* 92(2):198—233.
- Coase, R. H. (1959), “The federal communications commission”, *Journal of Law and Economics* 2(5):1—40.

- Committee for the Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel(2020), “Improvements to auction theory and inventions of new auction formats”, Scientific Background on the Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel.
- Friedman, M. (1960), *A Program for Monetary Stability*, New York: Fordham University Press.
- Glosten, L. & P. Milgrom(1985), “Bid, ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed traders”, *Journal of Financial Economics* 14(1):71–100.
- Guerre, E., I. Perrigne & Q. Vuong(2000), “Optimal nonparametric estimation of first-price auctions”, *Econometrica* 68(3):525–574.
- Haile, P., H. Hong & M. Shum(2003), “Nonparametric tests for common values at first-price sealed bid auctions”, NBER Working Paper, No. 10105.
- Hendricks, K. & R. Porter(1988), “An empirical study of an auction with asymmetric information”, *American Economic Review* 78(5):865–883.
- Hendricks, K., R. Porter & B. Boudreau(1987), “Information, returns, and bidding behavior in OCS auctions: 1954–1969”, *Journal of Industrial Economics* 35(4):517–542.
- Holmström, B. & P. Milgrom(1994), “The firm as an incentive system”, *American Economic Review* 84(4):972–991.
- Hortaçsu, A. & D. McAdams(2010), “Mechanism choice and strategic bidding in divisible good auctions: An empirical analysis of the Turkish treasury auction market”, *Journal of Political Economy* 118(5):833–865.
- Janssen, M. & B. Kasberger(2019), “On the clock of the combinatorial clock auction”, *Theoretical Economics* 14(4):1271–1307.
- Kagel, J. H. (1995), “Auctions: A survey of experimental research”, In: J. H. Kagel & A. E. Roth (eds), *Handbook of Experimental Economics*, Vol. 2, Princeton University Press.
- Kagel, J. H. & D. Levin(1986), “The winner’s curse and public information in common value auctions”, *American Economic Review* 76(5):894–920.
- Kagel, J. H. & D. Levin(2014), “Auctions: A survey of experimental research”, The Ohio State University Working Paper.
- Klemperer, P. D. (1998), “Auctions with almost common values: The ‘wallet game’ and its applications”, *European Economic Review* 42(3–5):757–769.
- Klemperer, P. D. (1999), “Auction theory: A guide to the literature”, *Journal of Economic Surveys* 13(3):227–286.
- Klemperer, P. D. (2000), “Why every economist should learn some auction theory”, Invited Lectures to 8th World Congress of the Econometric Society.
- Klemperer, P. D. (2010), “The product-mix auction: A new auction design for differentiated goods”, *Journal of the European Economic Association* 8(2–3):526–536.
- Klemperer, P. D. & M. A. Meyer(1989), “Supply function equilibria in oligopoly under uncertainty”, *Econometrica* 57(6):1243–1277.
- Krishna, V. (2002), *Auction Theory*, San Diego: Academic Press.
- Krishna, V. & J. Morgan(1997), “An analysis of the war of attrition and the all-pay auction”, *Journal of Economic Theory* 72(2):343–362.
- Levin, J. & A. Skrzypacz(2016), “Properties of the combinatorial clock auction”, *American Economic Review* 106(9):2528–2551.
- Li, T., I. Perrigne & Q. Vuong(2002), “Structural estimation of the affiliated private value auction model”, *RAND Journal of Economics* 33(2):171–193.
- Maskin, E. (1992), “Auctions and privatization”, In: H. Siebert(eds), *Privatization: Symposium in Honor of Herbert Giersch*, Tübingen: Mohr (Siebek).
- Maskin, E. (2004), “The unity of auction theory: Milgrom’s masterclass”, *Journal of Economic Literature* 42(4):1102–1115.
- McAfee, P. & J. McMillan(1987), “Auctions and bidding”, *Journal of Economic Literature* 25(2):699–738.
- McMillan, J. (1994), “Selling spectrum rights”, *Journal of Economic Perspectives* 8(3):145–162.
- Milgrom, P. (1979), “A convergence theorem for competitive bidding with differential information”, *Econometrica* 47(3):679–688.

- Milgrom, P. (1981a), "Good news and bad news: Representation theorems and applications", *Bell Journal of Economics* 12(2):380—391.
- Milgrom, P. (1981b), "Rational expectations, information acquisition, and competitive bidding", *Econometrica* 49(4):921—943.
- Milgrom, P. (2000), "Putting auction theory to work: The simultaneous ascending auction", *Journal of Political Economy* 108 (2):245—272.
- Milgrom, P. et al(2012), "Incentive auction rules option and discussion", *Appendix C to the FCC's Notice of Proposed Rulemaking*, GN Docket No. 12—268.
- Milgrom, P. & J. Roberts(1990), "Rationalizability, learning, and equilibrium in games with strategic complementarities", *Econometrica* 58(6):1255—1277.
- Milgrom, P. & I. Segal(2017), "Designing the US incentive auction", In: M. Bichler & J. Goeree (eds), *Handbook of Spectrum Auction Design*, Cambridge University Press.
- Milgrom, P. & I. Segal(2020), "Clock auctions and radio spectrum reallocation", *Journal of Political Economy* 128 (1):1—31.
- Milgrom, P. & N. Stokey(1982), "Information, trade and common knowledge", *Journal of Economic Theory* 26(1):17—27.
- Milgrom, P. & R. Weber(1982), "A theory of auctions and competitive bidding", *Econometrica* 50 (5):1089—1122.
- Myerson, R. (1981), "Optimal auction design", *Mathematics of Operations Research* 6(1):58—73.
- Ortega-Reichert, A. (1968), "Models for competitive bidding under uncertainty", PhD dissertation, Stanford University.
- Paarsch, H. (1992), "Deciding between the common and private value paradigms in empirical models of auctions", *Journal of Econometrics* 51(1—2):191—215.
- Varian, H. (2007), "Position auctions", *International Journal of Industrial Organization* 25(6): 1163—1178.
- Vickrey, W. (1961), "Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders", *Journal of Finance* 16(1):8—37.
- Wilson, R. (1967), "Competitive bidding with asymmetric information", *Management Science* 13 (11):816—820.
- Wilson, R. (1969), "Competitive bidding with disparate information", *Management Science* 15(7): 446—448.
- Wilson, R. (1977), "A bidding model of perfect competition", *Review of Economic Studies* 44(3): 511—518.
- Wilson, R. (1979), "Auctions of shares", *Quarterly Journal of Economics* 93(4):675—689.
- Wilson, R. (2002), "Architecture of power markets", *Econometrica* 70(4):1299—1340.
- Wilson, R. (2008), "Supply function equilibrium in a constrained transmission system", *Operations Research* 56(2): 369—382.
- Xu, M. , S. Li & J. Yan(2019), "All-pay auctions with a buy-price option", *Economic Inquiry* 57(1):617—630.

Milgrom and Wilson's Contributions to Auction Theory

— A Review of 2020 Nobel Laureates' Academic Contributions to Economics

XU Minbo

(Beijing Normal University, Beijing, China)

Abstract: The 2020 Nobel Memorial Prize in Economics has been awarded to Paul Milgrom and Robert Wilson for their contributions to auction theory. This paper introduces their achievements from two aspects: firstly, they improved the auction theory to examine the information structure of common value and affiliated value; secondly, they designed several auction formats to solve the problem of multi-object auctions, especially in spectrum auctions. Auction theory combines basic research with practical applications, and these two Laureates took crucial steps towards building a fundamental framework for auction theory and auction design applications.

Keywords: Paul Milgrom; Robert Wilson; Nobel Memorial Prize in Economics; Auction Theory; Mechanism Design

(责任编辑:李仁贵)

(校对:刘洪愧)