

计算经济学

关键词：计算经济学 机制设计

特邀编辑：陆品燕
微软亚洲研究院

计算经济学 (computational economics) 是一门涉及计算机科学、经济学、数学、博弈论、社会科学等领域的交叉学科。网络，特别是网络经济的发展是其一个重要的推动力量。一方面，传统的经济形式和商业模式在网络时代发生了许多变化，经典的经济理论需要不断被检验和修正，从而产生新的经济学理论；另一方面，随着分布式系统、网络以及云计算等技术的发展，一个计算任务的完成往往需要多方合作，使得计算机协议或算法设计不仅要满足有效性、容错性等传统需要，还要考虑博弈论和经济学的约束。所以，无论从经济学还是从计算机学科的发展角度看，两者的交叉和结合都呈现出不可阻挡的趋势。

近年来，学术界在这个交叉学科里取得了长足的进步，一些新的理论得到发展，并且越来越深刻地影响着这两个学科。随着新的现象和实践的不断出现以及理论的不断深入，计算经济学所包含的内容也在不断扩充，其主要内容可以分为以下三点。

经济学中的计算问题 计算无处不在，任何一门成熟的学科都涉及一些计算问题，在经济学中，这样的概念尤其多。以经济学中的最基本概念“纳什均衡”以及“市场均衡”的计算为例，它们与传统计算机科学中所研究的计算问题存在很大区别：它们不是判定问题，纳什均衡点的存在性是有纳什定理直接保证的；它们也不是优化问题，因为没有一个优化的目标。从本质上讲，它们是一类不动点的计算问题，所以从传统的 NP-Complete (non-deterministic polynomial, 非确定多项式完全问题) 角度来研究他们的计算复杂度并不合适。为此，美国加州大学伯克利分校的克里斯托斯·帕帕迪米特里欧 (Christos Papadimitriou) 教授定义了 PPAD (polynomial parity arguments on directed graphs, 有向图的多项式校验参数) 计算复杂类来描述这类问题，并与其合作者一起证明了在 4 人及以上的博弈中，纳什均衡的计算是属于 PPAD-Complete 的。哥伦比亚大学的陈汐教授和上海交通大学

的邓小铁教授把结果加强到二人博弈的纳什均衡的计算也是属于 PPAD-Complete 的。这些计算复杂性的结果让我们反思经济学的基本假设。卡马尔·基恩 (Kamal Jain) 博士有句名言：“If your laptop can't find it (equilibrium), then neither can the market” (如果你的笔记本电脑不能找到均衡的话，市场也不能找到)。如果这个说法是成立的，那么经济学的基本假设 (市场会达到均衡状态) 就值得商榷。这说明了计算机科学和经济学两者交叉有深刻的意义，并且在本质上影响着对方的发展。

经济学中也有很多优化的计算问题，比如最优定价问题：确定一组价格使得 (期望的) 收益最大。它们也和传统计算机科学中的优化问题有很大区别，因为这里设计的是价格而不是分配本身，最后的分配或者买卖是用户根据价格和自己的利益最大化来决定的。传统的优化问题一般是直接设计一种分配使得某个目标函数最大化。经济学中有一些很重要的计算问题目前还没有得到

很好的解决,其中一个为奇偶博弈的胜负判定问题。这个问题是为数很少,既属于NP又属于coNP,但不清楚多项式时间算法是否存在的问题之一。

经济学视角下的计算问题

传统的计算问题,特别是一些优化问题主要研究算法的有效性、准确性等。一个基本的假设是:算法的设计者完全掌握问题的所有输入,并且能完全地实现算法输出的结果。但在一个分布式,特别是网络的环境中,这样的假设可能不成立。计算所涉及的各方会出于各种利益考虑来操控算法的输入或输出。一个非常典型的例子是搜索引擎的排序算法,排序算法希望根据网页的相关性和重要性进行排序,使用户找到自己查找的信息,它的输入是网页相关的信息。但是网页的设计者会为了让自己排名更靠前而特意做一些针对搜索引擎算法规则的优化。所以我们在设计算法的时候,必须要把这些因素考虑在内,尽量避免或者减少这些操控所带来的不利影响。当然,这种思路也必然是从经济学的视角出发的,这就是机制设计的基本想法:我们希望设计一个机制,使得参与计算的各方即便从自己利益最大化的角度出发,也会主动配合我们的算法,提供真实的数据。这样的机制被称为是真实的。

计算视角下的经济学问题

随着计算经济学研究的进展,一些过去主要用于计算机科学中的概念、工具或观念也被引入到经济学研究中,其中一个很重要的

概念就是“近似”。在经济学中,以往只有“最优”和“不是最优”的区别,而没有“近似最优”的概念。以一个非常普遍的现象为例:当一个系统在稳定状态(纳什均衡)的时候,它的社会效率往往不是最优的。也就是说,当大家都从自身利益出发的时候,社会总体利益会受损。但在传统的经济学中,没有办法尝试衡量在不同系统中这种损失的程度。基于计算机科学中常用的近似比的概念,计算机科学家提出了“最坏均衡比”来衡量损失的大小,并开发出一套方法,在不同的系统中来估计这个均衡比的大小。这个数量成为设计一个博弈系统时很重要的衡量标准。另外一个例子是多项式时间的概念,多项式时间是计算机科学中被广泛用来衡量算法效率高低的标准。这个概念也被用在经济学中,以判断一个系统是否会快速收敛到稳定状态。

本专题围绕“计算经济学”的主题,邀请了几位专家从各自的专业角度,结合近年来的进展和未来趋势进行了探讨。组稿重点放在了机制设计方面。根据是否有金钱交换,机制又可分为两类:涉及金钱的部分称为“拍卖理论”,不涉及金钱的称为“社会选择理论”。两者之间联系密切,但适用场合不一样,研究的重点也有所区别。

美国伦斯勒理工学院夏立荣的《计算社会选择理论简介》一文主要关注了不涉及金钱的机制

设计,比如投票机制的设计等,这部分研究对社会科学有很大的意义,比如什么样的民主制度更加有效以及鲁棒。新加坡南洋理工大学陈宁和李梦玲的《稳定匹配算法的研究和演变》一文主要讲一个特定的而且被广泛使用的机制设计——稳定匹配,它的实现也不涉及金钱。稳定匹配在大学招生、课程分配和校内住房分配等很多场合被使用,收到了很好的效果。它的提出者——2012年诺贝尔经济学奖的得主阿尔文·罗思(Alvin E. Roth)和劳埃德·沙普利(Lloyd Shapley)主要的贡献就是提出和实现了稳定匹配算法。清华大学唐平中的《计算经济学与最优机制设计问题》一文主要探讨了涉及金钱的机制设计,即拍卖机制的设计。文章重点讲了什么样的拍卖机制可以给卖家带来最大的收益。这些研究对网络经济时代商业模式的设计很有参考意义。浙江财经大学程郁琨和上海交通大学邓小铁的《社交网络·互联网·市场·人之算法博弈论》一文则以更加宏观的视角,讨论了在网络时代下很多问题都需要引入博弈论的视角来进行研究。■



陆品燕

CCF会员。微软亚洲研究院主管研究员。上海交通大学讲席教授。主要研究方向为计算复杂性、算法、算法博弈论。pinyan@microsoft.com