

人工智能经济学的思想端倪及建构路径

何大安

(浙江工商大学经济学院,浙江杭州310018)

摘要:人工智能技术的广泛运用正在悄然改变人类物质文明和精神文明。文章认为人工智能对社会经济、政治、文化乃至对意识形态的影响,已经展露出可建构人工智能经济学的思想端倪。基于数字经济的发展,需要解释人工智能会在哪些方面通过市场机制对厂商投资经营发生作用;厂商运用人工智能技术究竟能在多大程度上提供有效供给和预测需求,厂商在未来普遍采用大数据分析和人工智能技术进行投资经营选择时,社会经济实践会在多大范围内要求经济学家修正微观经济学基础的理性选择理论、厂商理论和产业组织理论;假若大数据分析和人工智能技术在未来果真会引发经济学革命,经济学家如何探寻人工智能经济学的建构路径等。文章拟依据微观经济学原理对以上诸问题作出分析性描述,对有可能在理论上站得住脚的人工智能经济学的建构路径展开研究,以期达到相对前卫的理论认知。

关键词:人工智能;大数据;数字经济;厂商投资选择

中图分类号:F011 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-2154(2021)09-0005-12

DOI:10.14134/j.cnki.cn33-1336/f.2021.09.001

Clue to the Thought of Artificial Intelligence Economics and Its Construction Path

HE Da'an

(School of Economics, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The wide application of artificial intelligence technology is quietly changing human material civilization and spiritual civilization. This paper holds that the influence of artificial intelligence on social economy, politics, culture and even ideology has revealed the ideological clue to constructing artificial intelligence economics. Based on the development of digital economy, we need to explain in which aspects artificial intelligence will affect manufacturers' investment and operation through market mechanism. To what extent can manufacturers use artificial intelligence technology to provide effective supply and forecast demand? When manufacturers generally use big data analysis and artificial intelligence technology to make investment and operation choices in the future, to what extent will socio-economic practice require economists to revise the rational choice theory, manufacturer theory and industrial organization theory? If big data analysis and artificial intelligence technology will really trigger an economic revolution in the future, how can economists explore the construction path of artificial intelligence economics? This paper intends to make an analytical description of the above questions according to the principles of microeconomics, and study the construction path of artificial intelligence economics, which may be tenable in theory, in order to achieve a relatively avant-garde theoretical cognition.

Key words: artificial intelligence; big data; digital economy; investment choice of manufacturers

收稿日期:2021-08-10

基金项目:浙江省高校人文社科重点研究基地(浙江工商大学应用经济学)资助项目

作者简介:何大安,男,人文社会科学资深教授,教育部人文社科重点研究基地浙江工商大学现代商贸研究中心教授,主要从事投资运行与产业结构调整、理性与非理性决策、大数据、互联网与经济学基础研究。

一、问题提出与理解

经济学作为一门学科,走过了重商主义→重农主义→古典经济学→新古典经济学→新古典综合→现代(主流和非主流)经济学的历程。撇开经济学的流派划分以及浩繁的理论评说,一个不可争辩的事实是,经济学的研究范围越来越细化。现代经济学曾根据不同分析对象和不同分析主线的需要,创建了诸如福利经济学、制度经济学、交易成本经济学、产权经济学、契约经济学等分支学科;这些在主流理论体系内创立的以不同名称命名的经济理论,是对长期存在并制约经济发展的核心变量的理论论证。不过,另一些经济学家面对非经济性活动或自然现象(外生变量)对经济发展的影响,曾提议创建诸如卫生经济学、灾害经济学、国防经济学等,并强调要结合哲学、数理、心理、历史等分析以期建立经济学帝国主义大厦。诚然,这些分析深化了特定经济问题的研究,拓展了经济学疆土,但经济学家至今尚未找到一种可兼容内生和外生变量的分析对象,并以之来建构特定分析对象的经济学。^①

任何一种学说在创立初期通常都会出现社会物质基础支撑的思想端倪。例如,蒸汽机技术导致的社会分工和协作是形成古典经济学的社会物质基础(亚当·斯密,2011)^[1],该理论的思想端倪起始于个人追求自身利益最大化这一以“经济人假设”为标志的经济意识形态;继它之后的新古典经济学的物质基础,是文艺复兴和启蒙运动推动的蓬勃发展的工业化,其思想端倪可理解成是对边沁“将自利选择‘定义’为自我偏好”的功利主义(约翰·伊特维尔等,1996)^[2]。从人类理性选择考察,如果进一步探讨新古典经济学试图说明个体怎样才能符合理性地选择(Harsanyi,1977)^[3]的理论观点,进一步探讨现代主流经济学旨在阐释个体如何选择才符合理性(Edgeworth,1981)^[4]的理论见解,我们同样可以发现支撑这些理论的社会物质基础及其思想端倪。再例如,凯恩斯经济学以有效需求为核心的宏观调控理论(凯恩斯,2002)^[5],它的物质基础是1929年至1933年的经济危机,思想端倪则是人们对市场失灵的切肤认知。但有必要指出的是,理论创新的思想端倪极有可能成为一种趋势化存在,而不仅仅作为一种思想涟漪。

随着人类社会步入大数据、互联网和人工智能等相融合的数字经济时代,厂商、个人和政府的投资经营开始以大数据为基本元素,以互联网为交易平台,以人工智能为技术手段。这种格局最显著的表现,是经由大数据判定的因果思维,会逐步取代以部分数据为依据而推论的因果思维;大数据思维的趋势化,将会引导人类把一切社会活动和自然界一切现象统统看成是“算法”(赫拉利,2017)^[6]。针对未来学家有关大数据思维和“算法”等观点,厂商运用新技术进行投资经营所取得的经济效率,已在一定程度上和范围内验证了这些观点的科学性。在当前的数字经济运行中,厂商越来越趋向于通过移动互联网、传感器、社交媒体、卫星定位系统等收集与自己投资经营活动相关的大数据,运用人工智能等技术来整合、储存、分类、加工和处理这些大数据。从理论上讲,厂商运用新技术进行投资经营的过程,就是厂商运用人工智能等技术来匹配大数据的过程,也就是构建人工智能经济学之物质基础的过程。

人工智能经济学的思想端倪起源于新技术基本元素(大数据)无所不包的边界,发端于大数据思维判定因果关系的经济效率,决定于人类运用人工智能技术对市场出清意义上的供给和需求的把握。人工智能技术在社会经济、文化、政治等领域的广泛应用,兴起了区别于历史上各种以人文主义为底蕴的人文主义(舍恩伯格,2012;凯利,2014;吴军,2016)^[7-9]。科技人文主义作为一种思潮,可用“大数据时代”或“人工智能时代”表征。事实上,大数据与人工智能在本质上雷同,我们无论是以大数据还是以人工智能来理解和说明科技人文主义,都必须围绕它们改变人类思维方式、认知过程、选择行为、操作程序、效用期望等展

^①这里所说的能够兼容内生变量和外生变量的分析对象,可以理解为是按主流经济理论的思路能够贯穿经济活动始终,并能够引领厂商投资经营朝特定方向发展的变量,科技因素通常具有这样的基质,故有人提出创建科技经济学;但问题在于,笼统地将科技因素作为这种兼容性变量,对厂商投资经营的方向引领还是比较模糊的。数字经济发展表明人工智能在很大程度上具有兼容内外生变量的特性,我们能不能在理论上探寻人工智能经济学的建构路径呢?这是一个值得研究的课题。

开,都必须解释它们对人类学习、工作、生活、憧憬等的影响。就经济领域的生产、交换、分配和消费而论,科技人文主义可看成是厂商投资经营的社会哲学背景,如果这种背景能够使人工智能经济学的思想端倪广泛出现,并且在将来会渗透于经济运行和发展的始终,那么,人工智能经济学的建构就有了物质基础。

经济学家建构人工智能经济学的困难,发生在如何依据现实把人工智能界定为影响经济活动的内生变量。从纯粹技术角度看,人工智能属于外生变量,但从其全方位影响和渗透厂商投资经营看,人工智能作为科技要素又明显具有内生变量属性。在厂商已运用人工智能匹配大数据来进行投资经营的现阶段,人工智能已明显展现出具有兼容内生变量和外生变量的特性。在未来,厂商投资经营受人工智能技术导引将是一种必然。具体地讲,厂商在未来投资和生产什么、投资和生产多少、产量和价格如何确定、怎样选择竞争路径以及怎样追求市场势力等,都需要通过人工智能匹配大数据的方法来解决和实现。这一清晰的发展前景表明科技人文主义有现实支撑的立论依据。然而,科技人文主义思潮的兴起,并非意味着人工智能已成为厂商投资经营的内生变量,人工智能会不会成为内生变量,关键在于它的运用能不能左右厂商的选择偏好、认知和选择行为等,这是经济学界定内生变量的依据所在。如果人工智能在未来能够成为厂商投资经营的内生变量,那么,经济学家就有可能围绕厂商运用人工智能进行的投资经营活动,对人工智能经济学的建构路径展开符合学术规范的论述。

一种新理论的建构路径通常与原有理论有着承接性,人工智能经济学的建构路径也不例外。从理论的承接性考察,经济学家可依据大数据、互联网和人工智能等融合的实际,对主流经济学的厂商决策、资源配置、产业组织等基础理论展开相关评说,并由此对人工智能经济学的建构路径进行探讨;至于逻辑上还需要考虑的国际贸易理论、经济周期理论、宏观调控理论等,基于它们都是以上理论的派生和延伸,因而这些理论的重塑可以参考以上理论的探讨。本文的结构安排是:第二部分拟在分析厂商运用人工智能进行投资经营的前提下,探讨厂商投资经营的决策行为,在理论上借助市场机制说明厂商的产量和价格确定、供求规划以及竞争路径的选择,以阐述人工智能对数字经济的推动;第三部分是文章的重点,假定人工智能已成为厂商投资经营的内生变量,运用经济学基础理论来探讨人工智能经济学的建构路径;第四部分是对建构路径的条件配置作出一些补充说明。

二、人工智能推动数字经济发展的理论描述

(一) 人工智能推动数字经济的发展,发端于依据大数据的因果思维正逐步取代以部分信息为根据的因果思维,起步于厂商运用人工智能技术有可能取得的满意的效用函数

工业化时代经济理论研究的一个重要特征,是理论推理和论证存在一定程度的主观判断。我们姑且不讨论这种主观判断存在的失误,但应当明白信息不完全是产生主观判断的原因,或者说,经济理论研究缺乏大数据支持就会产生主观判断。^①大数据的极大量、多维度和完备性等特征,对厂商以大数据思维取代过去以部分信息推论全体的因果逻辑思维来讲,给经济理论研究提供了新视域(何大安,2018)^[10]。总体来说,经济学家可以通过研究厂商以大数据为基本元素、以互联网为运作平台、以人工智能为手段的投资经营方式,分析厂商大数据思维下的产、供、销活动,解构厂商与厂商、厂商与消费者之间的行为互动。另外,大数据思维使经济学家在剔除主观判断的同时,会使经济学家关注机器学习、物联网、区块链、AR/VR、边缘计算等人工智能技术在投资经营中的运用。因此,人工智能推动数字经济的发展发端于大数据思维,它是大数据、互联网和人工智能相互融合的结果。

厂商运用人工智能进行投资经营能否取得满意的效用函数,是一个需要经过迂回分析才能明晰的问题。人工智能技术归根结底是大数据的分析和运用,厂商运用人工智能技术进行投资经营,通常需要经历

^①这里暗含着一个需要说明的观点,那就是大数据外延比信息大,信息来源于大数据。该观点的理论依据是不管你是否发现或感知大数据,它都不以人的意识而存在,而信息却是人们发现或感知的产物。大数据是人类科技水平达到一定高度才出现的概念。

大数据的收集和储存、整合和分类、加工和处理三大阶段,由于这三大阶段所使用的新科技手段都离不开人工智能技术,因而厂商处于不同阶段的新科技水平的差异,意味着厂商运用人工智能技术匹配大数据的数据智能化水平的差异,意味着厂商准确规划和确定产品和服务数量的差异,从而决定着厂商运用人工智能进行投资经营取得效用函数的差异。同时,厂商与厂商以及厂商与消费者之间的行为互动,要求厂商必须具有较高人工智能技术支持的网络协同化能力。网络协同化是厂商与客户的产供销活动在互联网交易平台上的协调,它以数据智能化为基础。厂商只有同时具备较高的数据智能化和网络协同化,才能够取得以市场势力为标志且有可能带来效用最大化的网络协同效应。从厂商投资经营的效用函数评判,网络协同化是厂商在大数据分析上的“知己知彼”,网络协同效应是厂商取得满意效用函数的前提。厂商追求网络协同效应的过程,就是人工智能推动数字经济发展的过程。

(二) 数字经济是人工智能为代表的新科技在厂商投资经营过程的综合反映,人工智能与数字经济的相关性可分别从短期和长期来考察

数字经济的产生和发展是大数据、互联网和人工智能等相融合的产物,在这一体现新科技综合的相互融合中,社会人工智能的技术层级会在很大程度上反映大数据分析、云计算能力、互联网运用等的技术层级。^①数字经济作为一种改变人类选择行为和资源配置模式的运行模式,主要表现为厂商如何运用云平台、云计算和人工智能手段进行投资经营,从而对产品和服务的供求数量及其结构的规划和确定。人工智能之所以是新科技在厂商投资经营过程的综合反映,是因为厂商无论是收集、储存、整合和分类初始的大数据,还是加工和处理直接影响产、供、销的大数据,厂商要想在参数选择和模型设计上做到准确高效,都需要运用高技术层级的机器学习、物联网、区块链、AR/VR、边缘计算等人工智能手段来解决和实现。同时,投资经营面对的大数据是数字化数据与非数字化数据之和,^②以大数据匹配而言,厂商加工和处理非数字化数据必须具备高超的人工智能水平。当绝大部分厂商能够运用高技术层级的人工智能手段进行大数据分析并由此展开产供销活动时,人类社会便进入了数字经济时代。

人工智能与数字经济之间有着可分别从短期和长期考察的相关性。从短期看,由于厂商的人工智能水平相对稳定,他们收集、储存、整合、分类、加工和处理大数据的能力会受到既定水平的制约。比如,在厂商只能对数字化数据而不能对非数字化数据,只能对历史数据而不能对现期数据和未来数据进行大数据分析的情况下,社会的数字经济水平不会得到明显提高,这种情形可看成是人工智能与数字经济之间的弱相关。从长期看,随着厂商人工智能水平的不断提高,亦即厂商大数据分析能力开始从匹配数字化数据上升到非数字化数据,从匹配历史数据上升到现期数据乃至未来数据,厂商在能够准确规划产、供、销活动的同时,整个社会数字经济运行的覆盖面也会随之不断扩大;另外,数字经济发展会对人工智能的技术水平提出更高的要求,会对厂商形成一种具有反作用性质的外在强制。因此,人工智能与数字经济在长期内存在强相关。我们探寻人工智能经济学的建构路径,离不开对人工智能与数字经济之间相关性的分析。

(三) 单纯从技术角度考察,人工智能是外生变量,但从厂商投资经营的数据智能化分析,人工智能可看成是内生变量;我们探寻人工智能经济学的建构路径,可沿着人工智能推动数字经济发展这条主线思考

人工智能是一种起始于大数据思维并试图以机器代替人脑和人手的技术手段,人类成功挖掘计算机

^①学术界关于数字经济的观点可概括为:数字经济是以大数据为基本元素,以互联网为运作平台,以云计算、机器学习、物联网、区块链等人工智能技术为手段的投资经营活动(杨伟国等,2018)^[11]。经济学界对数字经济进行了两方面的研究:一是数字经济有什么样的性质规定及其规模变动特征(美国商务部,1999;泰普斯科特,2016;尼葛洛庞蒂,2017;中国信通院,2017)^[12-15],二是数字经济之投资经营的机理构成(何大安、许一帆,2020)^[16],很明显,后者是经济学家建构人工智能经济学的重要内容。

^②大数据是人类活动和自然现象的结果,它既可解释为数字化数据和非数字化数据之和,也可解说为历史数据、现期数据和未来数据之和(何大安,2018;何大安,2020)^[17-18],理解这一点很重要,它是经济学家建构人工智能经济学不可避免的分析基础。关于历史数据、现期数据和未来数据,下文将会在有些场合反复论及。

模拟、仿真、预测等功能是以大数据广泛运用为底蕴的,厂商将大数据普遍运用于投资经营,数据主义盛行已导致大数据分析成为社会经济、政治、文化等运行的一种大趋势(凯利,2016)^[19]。现有的人工智能技术对数字化数据的匹配有了长足进展,目前正努力推进和发展逻辑推理、概率推理、专家系统、指纹鉴定、语音识别、自然语言处理等人工智能技术来匹配非数字化数据。就这些新科技力图实现将非数字化数据转化为数字化数据而论,我们在理论上可以把人工智能解释为经济运行的外生变量。或许是因为这一事实,一些学者坚持认为人工智能和大数据是工具,撼动不了主流经济学基础,建立人工智能经济学的设想是一种悖论。这的确是一个有趣的理论问题,值得我们深入探讨。

其实,正如前文梗概描述的那样,在厂商运用数据智能化进行投资经营的过程中,我们既可以把人工智能界定为外生变量,也可以把人工智能界定为内生变量。诚然,厂商借助移动通信、互联网、传感器、社交媒体、定位系统等新科技手段收集、加工和处理大数据,通过人工智能技术将非数字化数据转化为数字化数据,努力从加工和处理历史数据走向加工和处理现期数据和未来数据,确实表现为一个纯技术的发展过程,但值得关注的是,这些会改变厂商投资经营的认知过程、决策依据和路径、决策手段和效用展望等。具体地讲,厂商针对提供原材料和中间品的生产客户以及针对大众的消费倾向、消费偏好、消费时尚等的变化,需要通过人工智能技术来匹配对应于他们行为方式的数字化数据、非数字化数据、历史数据、现期数据和未来数据,从而使人工智能成为内生变量。当绝大部分厂商的人工智能技术达到很高的层级时,人工智能无疑会成为催生数字经济的内生变量,并且这个内生变量会贯穿于数字经济运行和发展的始终。以此之故,从数字经济运行和发展看问题,我们以身兼外生变量和内生变量属性的人工智能作为分析主线,有着创新经济学的空间。

(四) 数字经济运行和发展的实质,是厂商运用大数据分析和人工智能技术以规划和确定产品和服务的数量和价格,人工智能技术广泛运用之时,便是数字经济覆盖面日益扩大之日

厂商利用互联网、大数据、云平台、云计算等规划产品和服务数量的主要人工智能手段,是机器学习和物联网两大技术,这是当前人工智能技术落地于厂商投资经营层面的重要标志。相对于过度关注统计计量的计量经济学,机器学习是厂商预测供求关系最有效的人工智能技术;机器学习运用决策树(Decision Tree)和支持向量机(SVM)等模型,运用岭回归(Ridge Regression)和套索算法(LASSO)等解决预测问题(Varian,2014;Athey,2015;Athey,2018)^[20-22]。物联网具有数据采集、数据处理和智能运用等功能,是融合了互联网技术、通信技术和信息技术的跨领域人工智能平台;相对于具有分布式账本、去中心化信任、时间戳、非对称加密、智能合约等五大技术特征并且具有价值互联网性质的区块链,物联网对厂商投资经营的大数据分析功能要强于区块链。因此,从厂商依据大数据分析和运用人工智能手段来预测产量和价格看,机器学习和物联网是推动数字经济发展的主要人工智能手段。

人工智能技术广泛运用的背景是大数据、互联网和人工智能等的全方位融合。以现阶段厂商投资经营实际而论,一些厂商已开始通过物联网技术收集、储存、整合和分类大数据以确定产品数量和价格;^①同时,也有一些厂商运用机器学习技术对多维度大数据进行加工和处理,从极大量和完备性的大数据中甄别和挑选出有助于确定产量和价格的大数据。我们应该注意的一个基本事实是:当大部分厂商运用物联网和机器学习技术来收集、储存、整合、分类、加工和处理大数据,并以此作为投资选择依据时,市场经济条件下以供求和价格波动为导向的市场机制就会让位于以大数据分析和人工智能运用为导向的市场机制。从理论上讲,调节产量和价格的市场机制的内容发生变化,经济运行模式也就发生变化。易言之,当绝大部分厂商运用大数据分析和人工智能技术进行投资经营时,社会经济运行模式也就进入了我们已感知或认识但尚未能在理论上予以清晰说明的数字经济时代。

数字经济果真像未来学家和社会物理学家所预言和憧憬的那样会成为一种以“算法”为特征的经济

^①前文反复谈及的厂商运用移动互联网、传感器、社交媒体、定位系统等收集大数据的情形,同样是在一定程度上和范围内的人工智能应用,因为这些收集大数据的设备或多或少存在人工智能因素,只是物联网收集和大数据的集约化程度很高显得非常耀眼罢了。在此,我们可看出大数据、互联网和人工智能等全面融合的背景含义。

模式吗?对这些预言和憧憬给予支持和批评的观点究竟哪一个更具有科学性,我们可以暂时搁置不论,但对于市场调节机制出现变化从而引发经济运行模式的变化,有许多问题值得讨论。其中,可不可以建立人工智能经济学,则是一个紧扣当前实际的课题。若可以,针对人工智能经济学的建构,经济学家应该从哪些方面探索建构路径呢?

三、人工智能经济学的建构路径探索

一门新学说的建构至少要完成两项不可绕避的工作:一是解说这门新学说与它所属学科的相关理论的学术承接,说明新建学说之于以往理论的取舍;二是围绕假设前提和分析参照系对新学说的建构途径展开论证,说明新学说建构途径的学理在多大程度上符合该学科规范。关于这两项工作的分析安排,本文不打算通过对相关理论的回顾来展开类似文献综述的评说,而是将相应的文献评说放置于探索建构路径的分析框架中。同时,对新学说假设前提和分析参照系之建构途径的探索,将以大数据、互联网和人工智能等相融合为背景,以大数据分析和人工智能运用为分析对象,重点研究厂商运用人工智能进行投资经营的程序、路径和过程,通过对这些程序、路径和过程的分析来探索厂商理论、资源配置理论、产业组织理论的建构路径。在笔者看来,这三大基础理论的建构是人工智能经济学的基石,如果经济学家能够打开这三大基础理论的建构通道,则人工智能经济学的建构就有了希望的火花。

(一) 基于大数据、互联网和人工智能等的深度融合有可能全面提供投资经营决策的大数据,可考虑以“完备信息”作为人工智能经济学的假设前提

经济学基础理论的发展主要经历了完全信息假设和不完全信息假设两大阶段,这两大假设是工业化不同进程的理论反映,它们演绎出了不同的经济理论体系。古典经济学的完全信息假设成为历史陈迹,起始于新古典经济学的不完全信息假设的思想端倪;随着以完全信息假设为前提的“经济人”范式被以不完全信息假设为底蕴的“理性经济人”范式所替代,新古典经济学的期望效用函数理论(Neumann和Morgens-tern,1947)^[23]便逐步成为经济学理性选择理论的主流。但是,正如赫伯特·西蒙(1989,2002)^[24-25]以“下棋和寻针例证”作出的批评那样,新古典经济学对偏好、认知和效用等有着一系列的给定条件约束(Arrow和Debreu,1954)^[26],这些约束不仅使自己的假设前提暧昧不清,而且在影响现代主流经济学确定效用函数变量的同时(Akerlof和Kranton,2005;Akerlof,2007)^[27-28],也对旗帜鲜明地坚持不完全信息假设的现代非主流经济学产生了潜在影响(Kahneman和Tversky,1974;Kahneman和Tversky,1979;Smith,1994)^[29-31]。换言之,不同时期的经济理论应用不完全信息假设的程度和范围存在差异。

在经济学世界,完全信息意味着完全理性,厂商在完全信息或完全理性下可以知晓选择结果。不完全信息意味着有限理性,厂商在不完全信息或有限理性下不可能知晓选择结果。厂商是否知晓选择结果,关系到效用最大化的实现问题。在大数据分析和人工智能技术出现以前,有限理性约束说明厂商只掌握部分信息,这部分信息之于大数据,在数量和范围上只是很小的一部分。具体地讲,它们只是数字化数据或历史数据的一部分,既不包括图书、图片、图纸、视频、声音、指纹、影像等非数字化数据,也不包括正在发生的现期数据,更不包括尚未发生的未来数据。这种情形表明,经济学不完全信息假设是对工业化时代厂商收集信息能力的一种理论描述,尽管这一假设具有立论的科学性,但却是一种距现实相去甚远的理论抽象。随着万物互联、低时延的5G通信以及移动互联网的覆盖面越来越大,厂商运用传感器、社交媒体、定位设备、机器学习、物联网、区块链、AR/VR、边缘计算等人工智能来收集、整合、分类、加工和处理大数据的技术水平会不断提高,厂商在未来存在获取相对准确和完整信息的可能性。

基于这样的推论,能否用“完备信息”作为建构人工智能经济学的假设前提呢?完全信息之于厂商投资经营,是针对厂商能够掌握产、供、销全部信息而言的。然而问题在于,即便厂商在未来能够通过大数据分析和人工智能技术收集到影响产、供、销的全部大数据,但并非代表厂商有能力整理和分类这些影响产、供、销的大数据,也并非代表厂商通过大数据分析能够加工和处理所有影响产、供、销的信息。所以,厂商在未来能否获取完全信息是一个备受争议的问题。我们可以把相对准确和完整的信息理解或定义为“完备

信息”。准确地讲,完备信息是处于不完全信息与完全信息之间的一种信息状态,它不可能出现在工业化的技术条件时期,只能出现在大数据、互联网和人工智能等全面融合时代。如果经济学家以完备信息作为建构人工智能经济学的假设前提,在很大程度上是符合新科技导引厂商选择行为实际的。

(二) 厂商理论是人工智能经济学的基础,经济学家探寻厂商理论的建构路径,首先要对大数据、互联网和人工智能相融合下的厂商选择偏好、认知和效用等,作出理论符合实际的框架性或方向性的解释

前文关于人工智能经济学的思想端倪以及人工智能推动数字经济发展的分析表明,我们不能单纯地把诸如机器学习、物联网、区块链、AR/VR、边缘计算等作用于厂商投资经营的过程,看成是人工智能经济学的技术背景,而是强调大数据、互联网和人工智能等的融合对人工智能经济学形成的综合作用。经济学家建构人工智能经济学的重要任务之一,是要建立符合大数据、互联网和人工智能等相融合的厂商理论,而建立这样的厂商理论必须对厂商的投资选择行为展开论证。人工智能运用背景下的厂商投资选择行为包括选择偏好、认知过程和效用期望等内容,如果经济学家能够以完备信息假设为假设前提将这些内容作为分析参照系,并且能够对这些内容展开框架性或方向性的解释,则对人工智能经济学建构路径的探索就迈出了重要一步。

现有的关于人工智能运用的经济理论研究,主要是将人工智能看成是一种由大数据决定的技术手段或工具,这些研究或是对人工智能技术与厂商投资经营实际的考量,结合博弈论和行为经济学等来解释人工智能技术运用对厂商选择行为的影响(Tennenholtz,2002)^[32],或是注重机器学习、物联网、区块链、AR/VR、边缘计算等具体人工智能技术的运用,试图运用模型来描述人工智能技术对市场设计、金融操作和厂商选择行为的影响(Dunis等,2016;Milgrom和Tadelis,2017)^[33-34]。这些理论研究在一定程度上和范围内解说了人工智能技术与厂商选择行为之间的相关性,但没有从基础理论层面解释人工智能技术如何影响厂商选择行为及其投资经营过程。也就是说,这些理论研究跳开了假设前提和参照系,直面产、供、销活动,没有在基础理论层面上发力。其实,经济学家建构新的厂商理论,必须对厂商的选择偏好、认知过程、效用期望等作出新解释,并据此对厂商投资经营活动进行论述,这是联系经济学基础理论对人工智能运用展开理论研究的基本环节,是建构人工智能经济学不能跨越的路径。

从基础理论层面考察,经济学家建构新的厂商理论的基本关注点,应该放在厂商选择的偏好函数、认知函数和效用函数上,需要具体探索路径是解析这些函数的构成机理。事实上,在大数据、互联网和人工智能等相互融合的背景下,厂商投资经营选择正在逐步形成两大群体:一类是在很高科技层级上运用大数据和人工智能进行投资选择的群体,这类厂商数量极少但却能引领其他厂商的投资选择,是厂商集群中的精英群体;另一类是还不能驾驭大数据和人工智能技术的普通群体,这类数量庞大群体的投资选择会受到精英群体的导引。经济学家探索人工智能经济学的建构路径,可考虑在分别描述精英群体和普通群体的偏好函数、认知函数和效用函数的基础上,以精英群体的三大函数来涵括普通群体的三大函数,从而突出精英群体运用大数据和人工智能进行投资经营取得极大收益对普通群体的引领作用。厂商理论这样的建构路径是以精英群体通过大数据和人工智能可以获取完备信息,能够在很大程度上知晓选择结果从而会取得效用最大化为前提的。当然,对假设前提和分析参照系这种框架性或方向性的解释,还需要经济学家在理论研究上进一步细化。

(三) 厂商投资经营方式变化会导致资源配置模式变化,经济学家可通过对厂商大数据分析和人工智能运用的研究,从资源配置模式变化来探索人工智能经济学的建构路径

厂商投资经营方式变化是指厂商投资和生产什么、投资和生产多少的经营方法和手段的变化。在工业化时代,厂商主要是根据供求关系和价格波动等市场信号来决定投资和生产什么以及投资和生产多少;这种以市场机制为依据的方法和手段,是信息不完全条件下的无奈选择,因为厂商根据部分信息进行选择很

难预知决策结果,他们投资和生产的产品和服务数量很难应对不断变化的有效需求。^①在大数据和人工智能时代,厂商之间的交易实质上是在互联网交易平台上的行为互动,当互联网的“时空统一、同步并联、客户拉动、实时评价”功能,会使厂商投资经营出现无约束“联结”和“去中间化”交易的场景,厂商通过大数据分析和人工智能技术来收集、加工和处理这些表征行为互动的大数据时,就会产生由大数据、互联网和人工智能等相融合导致的资源配置模式。假如厂商通过大数据分析和人工智能技术能够获得完备信息,这种新的资源配置模式就会优于市场机制的资源配置模式。据此,经济学家可考虑从资源配置模式变化来探索人工智能经济学的建构路径。

关于资源配置模式的变化,我们既可将之称为互联网资源配置模式,也可称之为人工智能资源配置模式或大数据资源配置模式。其实,怎样称呼并不是很重要,关键是要了解资源配置模式是因为大数据、互联网和人工智能等相融合而发生变化(本文称之为人工智能资源配置模式)。在数字经济运行中,产品和服务在互联网上的点击率、关注度、实时评价、网红、体验交流等行为互动大数据,通常是数字化数据、非数字化数据、现期数据三大类;^②经济学家可根据厂商运用人工智能匹配这三类大数据的能力,把厂商的人工智能技术水平划分为不同层级。很明显,只能匹配数字化数据而不能匹配非数字化数据、现期数据的厂商,其技术层级会低于既能匹配数字化数据也能匹配非数字化数据的厂商,更低于既能匹配数字化数据、非数字化数据也能匹配现期数据的厂商。经济学家从资源配置模式变化探索人工智能经济学的建构路径,可依据不同技术层级的厂商数量及其比率,来说明和论证人工智能资源配置模式会在多大程度上和范围内取代以价格波动和供求关系为调节手段的市场资源配置模式。

人工智能资源配置模式本质上仍属于市场运行范畴,这种通过大数据来分析产、供、销活动,进而通过人工智能技术来规划产品和服务数量的过程,至少有以下特征:(1)当前厂商的大数据分析不仅包括价格波动和供求关系直接提供的数字化数据,而且包括间接影响产品和服务的非数字化数据;(2)在未来,厂商运用人工智能技术对数字化数据、非数字化数据、历史数据、现期数据、未来数据的匹配,有可能获取产品和服务之准确数量的完备信息;(3)较之于以价格波动和供求关系为调节手段的市场资源配置模式,人工智能资源配置模式突出了人类以新科技为手段来规划产品和服务数量的格局。从这个角度看,作为新科技代表的人工智能不应被视为外生变量,而是应该将之作为内生变量而纳入经济分析模型中。如此,经济学家建构人工智能经济学的分析路径将会大大拓宽,人工智能经济学将有可能成为微观经济学家族的成员。

(四) 厂商运用人工智能技术进行投资经营取决于数据智能化,经济学家探索人工智能经济学的建构路径,可考虑通过数据智能化的解析,对厂商运用人工智能技术作出一般性理论描述

对厂商运用人工智能技术进行投资经营展开一般性理论描述,要点是分析数据智能化的技术层级变动以解说人工智能的内生变量属性,易言之,经济学家要在学理上将人工智能的技术运用看成是数据智能化的函数。如前所述,厂商数据智能化水平不同,则收集、储存、整合、分类、加工和处理大数据的能力就存在差异,这种因数据智能化水平不同所导致的大数据分析能力差异,充分反映在厂商运用人工智能技术对数字化数据、非数字化数据、历史数据、现期数据、未来数据等的匹配上。如果经济学家能够建立模型来概括厂商匹配不同类型数据的技术层级,并通过技术层级的一般分析来揭示厂商运用人工智能技术对产品和服务数量的规划,那么人工智能的外生变量属性就会淡化,而作为内生变量的人工智能就会落实到经济活动的实际场景中。经济学家对这种实际场景的分析,应围绕厂商数据智能化决定人工智能匹配大数据的技术层级,从而影响厂商投资和生产什么、投资和生产多少来展开。这是建构人工智能经济学的重要路径。

^①瓦尔拉斯和帕累托曾对资源配置展开过一般均衡分析(Warlas, 1954; Pareto, 1971)^[35-36],后期经济学家则对不变规模报酬模型下生产效率的均衡问题进行了探讨(Hayek, 1945; Koopmans, 1951; Dantzig, 1951)^[37-39],但由于信息不完全和有限理性约束,产品和服务数量怎样才能满足社会有效需求问题一直没有在理论上得到令人满意的解决方法。

^②互联网交易平台上的行为互动大数据,一般不出现历史数据和未来数据。

关于人工智能与经济理论结合的一般性分析,迄今为止尚不多见,这或许是因为太局限于人工智能的技术运用而没有将之理解为内生变量。第一位获得克拉克奖的女性经济学家 Susan Athey 曾率先对机器学习之于经济活动进行了因果推断,对这种因果推断展开进一步研究(Athey 等,2017)^[40],并讨论了预测和因果推理(Athey,2019)^[41],另有经济学家研究了人工智能的最优政策估计(Kleinberg 等,2015)^[42],但这些分析和研究是典型的人工智能技术运用的研究。国内学者林木西和张紫薇(2019)^[43]从经济学资源配置视角对区块链能够降低信息不对称和交易成本,从而有可能建立“完全竞争市场”作出了分析,认为在建构企业和政府的动态博弈模型的基础上,通过“区块链+生产”平台让智能合约机制、溯源机制、P2P 机制、数字双胞胎机制等改变生产方式决策的成本与收益,让市场机制推动企业向绿色生产方式转型。总体来说,这方面的研究文献很多,但它们不属于将经济理论与人工智能结合的一般性研究,这有待于在理论分析层级上升华。

人工智能的技术运用可以看成是大数据、互联网和人工智能相融合的聚合点或归宿点,它在社会生产、流通、分配和消费等环节的全方位运用,为经济学家展开一般性经济理论分析提供了物质基础。数据智能化作为升华人工智能之理论分析层级的一个重要概念,其分析基点在于人类运用人工智能对大数据的收集、储存、整合、分类、加工和处理。就人工智能经济学的建构来讲,经济学家首先需要分析单个厂商如何运用人工智能技术来预测成本与收益以及规划产量和价格,分析竞争和垄断的形成路径,解释厂商达到什么样的人工智能技术层级才能有效扩大供给端;经济学家需要对全体厂商人工智能技术层级的变动作出解说,论证宏观经济层次上的供给端与全体厂商人工智能技术层级的关联,并通过数据智能化的分析来建构人工智能经济学。厂商人工智能的技术层级变动也反映在厂商与厂商以及厂商与消费者之间的行为互动上,为此,人工智能与经济理论结合的一般性分析,需要关注这种行为互动所引致的网络协同化。

(五) 厂商之间的行为互动会形成产品和服务交易的网络协同化,对网络协同化展开符合经济学规范的理论研究,是建构人工智能经济学的另一条重要路径

经济学关于“供求关系→价格波动→厂商选择→效用期望”之市场资源配置机制的理论经典,之所以难以解决市场失灵或不能实现帕累托最优,是因为工业化时代的经济学家分析厂商之间的行为互动,局限于产品和服务的上下游联系以及由此反映的供求和价格信号等方面,在不具备大数据分析和人工智能技术的情况下,厂商不可能拥有完备信息对厂商之间的行为互动展开分析。从理论上讲,厂商之间行为互动的网络协同化,是对厂商交易过程“知己知彼”的一种理论概括。从实践方面看,在产品和服务的供给量既定的情况下,如果大部分厂商投资经营能够实现较好的网络协同,他们对产品和服务的规划便能够相对准确地应对社会的有效需求;同时,在产品和服务的供给量扩大的情况下,网络协同化会扩大产品和服务的需求端。随着全社会产品和服务需求端的扩大,厂商与厂商以及厂商与消费者之间的产品和服务交易要最大限度地符合社会有效需求,则需要大数据分析和人工智能技术的充分发展。

如前所述,属于精英群体的厂商可通过云平台和云计算对人们的选择偏好、认知和效用期望等进行大数据分析,并通过人工智能技术对大数据的匹配,有可能在掌握客户需求的完备信息下选择投资经营。经济理论研究要关注的是,当绝大部分厂商迈入精英群体的行列,绝大部分厂商通过大数据和人工智能技术使产、供、销活动进入“知己知彼”状态,即绝大部分厂商可以通过人工智能技术处理互联网交易带来的行为互动大数据从而实现网络协同化时,社会经济运行和发展便具备了瓦尔拉斯一般均衡理论所描述的基础。经济学家对网络协同化的认识,除了需要在理论上描述它具有扩大需求端的功能外,还需要对网络协同效应进行分析。网络协同效应涉及的问题比较宽泛,从人工智能经济学的建构路径看,在符合经济学规范的前提下对产量和价格决定以及对竞争和垄断的形成展开分析,即对产业组织的重塑展开理论分析,是解析网络协同效应的最重要的落脚点。

(六) 厂商运用人工智能来匹配产、供、销大数据,会改变过去以市场信号调节产量和价格的市场决定机制,会改变产业组织架构,经济学家对产业组织重塑的解析,是建构人工智能经济学的重要路径

在大数据和人工智能时代,产业组织问题正逐步演化为厂商与厂商以及厂商与消费者之间的网络协

同化问题。这一演化过程起步于“互联网+”模式,对整个社会经济运行来讲,只有实现了“人工智能+”模式才能获得全社会意义上的网络协同化。诚然,“互联网+”模式能够“去中间化”从而导致资源配置方式在一定程度上的变革,但由于这种新的市场型制度安排的技术进入门槛较低,大部分实施“互联网+”模式的厂商难以应对诸如在线支付、信用担保、物流仓储调节、质量监控、收益分享、道德风险防范等复杂场景和生态,于是,由产量和价格决定以及竞争和垄断形成路径共同塑造的产业组织,仍然不能全面摆脱企业上下游纽带、区域关联、运输半径、中心外围战略等的约束,换言之,产业组织架构仍然在很大程度上显现出以纵向布局为特征的格局。由此,我们可以看出互联网是改变产业组织的一个重要平台,但它还不能成为重塑经济学的内生变量。

从基础理论考察,厂商采取“人工智能+”模式能够获得网络协同化的原因,在于高层级的人工智能技术有可能匹配客户的选择偏好、认知和效用期望等内蕴的能够左右产、供、销活动的大数据,从而可以应对和处理投资经营的复杂场景和生态。正是基于人工智能具有这样的内生变量基质,产业组织会演变成网络协同架构。对于经济学基础理论的重塑来讲,产业组织的网络协同架构取代经济体系中原有的纵向垂直架构有着革命性意义,它可以导引经济学家在数据智能化的基础上对网络协同化展开全方位的分析,即分析厂商与厂商以及厂商与消费者之间的产量和价格如何确定、竞争和垄断的路径怎样形成等问题。这两大类构成产业组织理论的问题很复杂,当经济学家将之作为人工智能经济学的建构路径时,需要通过大数据分析奠定完备信息的假设前提下,建立一系列符合大数据、互联网和人工智能等相融合的分析模型,以突出人工智能作为内生变量的“显赫”地位,从而架构出人工智能经济学的基本分析框架。

经济学家完成人工智能经济学建构路径的探索是一回事,成功建构人工智能经济学却是另一回事。在现阶段,我们依据大数据分析把人工智能作为内生变量纳入微观经济分析,从而对人工智能经济学建构路径的探索,与其说是对建立一种成熟学说的理论描述,不如说是对未来人工智能充分发展在经济理论研究上的一种分析展望。实际上,建构人工智能经济学需要有很多条件配置,对这些条件配置的解释是不可或缺的,也就是说,只有具备了这些条件配置,人工智能经济学才能够建立起来。

四、人工智能经济学建构的条件配置分析

人工智能问世已经半个多世纪,它成为重塑经济学基础理论的一种思想端倪,起源于未来学家和社会物理学家关于未来一切由大数据主宰以及人类一切活动都可以归结为“算法”等的思想理念。然而,比照于经济实践,尽管厂商的投资经营活动开始运用机器学习、物联网、区块链、AR/VR、边缘计算等人工智能技术,但由于人工智能运用的覆盖面还没有扩张至企业产供销活动的每一个细节,厂商的投资经营仍然要受到以价格和供求关系为信号的市场机制的支配。关于人工智能经济学的思想端倪,我们既可以在哲学意义上将之看成是一种经济意识形态,也可以将它理解为是对人工智能为代表的新科技之未来运用前景的展望。很明显,提出建构人工智能经济学的学术主张,属于对新科技未来发展有可能左右经济活动的一种前景描述;但当厂商还不能在产供销活动中广泛运用人工智能,或者说人工智能还没有成为微观经济运行的内生变量时,人工智能经济学就不具备建构的基础。从这个意义上理解,人工智能经济学建构的基本条件配置,是必须从思想端倪转变为人工智能广泛运用于厂商投资经营实践。

人工智能作为新科技运用的聚焦点和归宿点,其亮点主要反映在匹配大数据的“算法”上。“算法”有高低层级之别,它只有达到顶级状态才有可能使厂商获取完备信息,才有可能使人工智能经济学的假设前提成立。完备信息假设对于人工智能经济学的建构十分重要,它是人工智能成为微观经济学之内生变量的基础。本文只是梗概地表述了这一假设前提,并没有对之展开学理性论证,从理论建构的严谨性来看,完备信息假设无疑是我们建构人工智能经济学的理论条件配置。经济学家要解决这一条件配置,必须紧扣大数据、互联网和人工智能等相融合做文章,通过三者的关联来解析将来人工智能可以准确匹配大数据的技术基质,说明厂商运用人工智能技术的未来前景在理论上对应于完备信息假设的逻辑自洽。在笔者看来,虽然这一假设之于人工智能经济学建构是一种潜在的条件配置,但它是这一理论建构的至关重要的基点。

人工智能匹配大数据之技术层级的高低,是考察全体厂商能在多大程度上和范围内收集、储存、整合、分类、加工和处理大数据,这个问题涉及对全社会人工智能技术运用水平的考量。人工智能要成为重塑微观经济学的内生变量,不仅要求全体厂商能够收集、储存、整合、分类投资经营的大数据,而且要求能够加工和处理大数据,并且要求厂商在未来能够挖掘大数据,这便关联到本文反复提及的人工智能对数字化数据、非数字化数据、历史数据、现期数据、未来数据的匹配问题。假若全体厂商局限于加工和处理数字化数据和历史数据,不能对非数字化数据、现期数据和未来数据进行挖掘、加工和处理;那么,人工智能经济学的建构便受到了技术制约。或者说,人工智能成为内生变量就缺乏社会经济实践基础,人工智能经济学只能处于思想端倪状态而得不到新科技的支持。诚然,人工智能匹配大数据的技术运用是大数据专家或人工智能专家干的活,但经济学家要明晰这种技术条件配置对理论建构的影响,要能够从人工智能技术运用的广度和深度来提炼和概括这种技术条件配置的作用机理。

经济学家探索人工智能经济学的建构路径需要得到市场经济体制的支撑。具体地讲,人工智能资源配置机制的发挥是在市场经济体制的框架内进行的,如果政府干预经济的覆盖面过大,那么从全社会的角度看,即便厂商能够通过大数据和人工智能技术获取完备信息或准确信息,人工智能的资源配置机制也难以全面发挥作用,这可以理解为建构人工智能经济学之制度约束的条件配置。虽然这一条件配置跨越了人工智能经济学的内生变量分析范围,但当经济学家着重讨论人工智能资源配置机制对产量和价格决定以及竞争和垄断形成的作用,从而对人工智能经济学建构路径展开扩散性分析时,通常会涉及与政府行为联系的相关讨论,于是这一条件配置便显现出它的约束。不过,这里将制度作为条件配置与新制度学派将制度作为基本分析变量有所不同,它强调市场制度是构建人工智能经济学的现实前提,当这一前提得以确立,制度因素在人工智能经济学的分析视野中,同样会被解析为一种“算法”。

当今数字经济的发展正处于“互联网+”模式向“人工智能+”模式的转变阶段,这种转变之于人工智能技术提升,应该说对人工智能经济学是否能够建构有着全局条件配置的作用。这是因为,只有绝大部分厂商进入“人工智能+”模式的投资经营,并且能够运用机器学习、物联网、区块链、AR/VR、边缘计算等技术把产供销活动的所有大数据都转换成“算法”,人工智能才可以作为经济运行和发展的内生变量,经济学家才能以人工智能作为内生变量来分析资源配置机制以说明产业组织的重塑。如果说单个厂商的技术条件配置是人工智能经济学的微观分析基础,那么,全体厂商的技术条件配置则是建立在微观分析基础之上的整体性条件配置。基于现阶段“人工智能+”模式尚未普及和技术层级制约,人工智能经济学的构建还只是处于思想端倪阶段,但这并不妨碍经济学家对人工智能经济学建构的憧憬。

经济学家建构人工智能经济学,是一项学理和实际具有一致性的系统工程。我们沿着思想端倪到建构路径来进行探索,只是开启了这项系统工程的学理窗口;从这个窗口到完善的理论,还有很多工作要做;经济学家建构完善的人工智能经济学,不仅涉及对厂商运用大数据和人工智能的分析,对新科技层级变动所引发的数字经济模式的分析,而且关系到微观经济理论与宏观经济理论的衔接对人工智能经济学的要求。这些复杂的研究工作一定会出现许多困难,它需要经济学家付出辛勤劳动来完成。

参考文献:

- [1] 亚当·斯密. 国民财富的性质及其原因的研究[M]. 杨敬年,译. 西安:陕西人民出版社,2011:6-17.
- [2] 约翰·伊特维尔,默里·米尔盖特,彼得·纽曼. 新帕尔格雷夫经济学大辞典(第一卷)[M]. 北京:经济科学出版社,1996:243-246.
- [3] HARSANYI J C. Rational Behavior and Bargaining Equilibrium in Games And Social Situations[M]. Cambridge: Cambridge University Press,1977:84-102.
- [4] EDGEWORTH F. Mathematical Psychics[M]. London:Kegan Paul,1981:36-64.
- [5] 约翰·凯恩斯. 就业、利息与货币通论[M]. 高鸿业,译. 北京:商务印书馆,2002:7-16.
- [6] 尤瓦尔·赫拉利. 未来简史:从智人到神人[M]. 林俊宏,译. 北京:中信出版社,2017:75-80.
- [7] 维克托·迈尔·舍恩伯格. 大数据时代[M]. 周涛,译. 杭州:浙江人民出版社,2012:234-238.
- [8] 凯文·凯利. 新经济新准则[M]. 刘仲涛等,译. 北京:电子工业出版社,2014:157-188.

- [9] 吴军. 智能时代: 大数据与智能革命重新定义未来[M]. 北京: 中信出版集团股份有限公司, 2016: 39-85.
- [10] 何大安. 大数据思维改变人类认知的经济学分析[J]. 社会科学战线, 2018(1): 47-57.
- [11] 杨伟国, 张成刚, 辛茜莉. 数字经济范式与工作关系变革[J]. 中国劳动关系学报, 2018(5): 56-60.
- [12] 美国商务部. 浮现中的数字经济(1, 2卷)[M]. 姜奇平等, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 1999: 15-40.
- [13] 唐·泰普斯科特. 数字时代的经济学[M]. 毕崇毅, 译. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [14] 尼古拉·尼葛洛庞蒂. 数字化生存[M]. 胡泳, 范海燕, 译. 北京: 电子工业出版社, 2017.
- [15] 中国信通院. 中国数字经济发展白皮书[R]. 北京: 中国信通院, 2017.
- [16] 何大安, 许一帆. 数字经济运行与供给侧结构重塑[J]. 经济学家, 2020(4): 57-67.
- [17] 何大安. 互联网应用扩张与微观经济学基础[J]. 经济研究, 2018(8): 177-192.
- [18] 何大安. 大数据、人工智能与厂商竞争路径[J]. 商业经济与管理, 2020(7): 5-16.
- [19] 凯文·凯利. 科技想要什么[M]. 严丽娟, 译. 北京: 电子工业出版社, 2016: 87-214.
- [20] VARIAN H. Big data; New tricks for econometrics[J]. Journal of Economic Perspectives, 2014, 28(2): 3-27.
- [21] ATHEY S, IMBENS G. Machine learning methods for estimating heterogeneous causal effects[J]. Statistics, 2015, 113(27): 7353-7360.
- [22] ATHEY S, CALVANO, EMILIO G. The impact of consumer multi-homing on advertising markets and media competition[J]. Management Science Journal of the Institute of Management Sciences, 2018, 64(4): 1574-1590.
- [23] NEUMANN V, MORGENSTERN O. Theory of games and economic behavior[M]. Princeton: Princeton University Press, 1947: 1-38.
- [24] 赫伯特·西蒙. 现代决策理论的基石[M]. 杨砾, 徐立, 译. 北京: 北京经济学院出版社, 1989: 45-62.
- [25] 赫伯特·西蒙. 从实质理性到过程理性[M]. 黄涛, 译. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2002: 245-270.
- [26] ARROW K, DEBREU G. Existence of equilibrium for a competitive economy[J]. Econometrica, 1954, 22(3): 265-290.
- [27] AKERLOF G A, KRANTON R E. Identity and the economics of organizations[J]. The Journal of Economic Perspectives, 2005, 19(1): 9-32.
- [28] AKERLOF G A. The missing motivation in macroeconomics[J]. The American Economic Review, 2007, 97(1): 5-36.
- [29] KAHNEMAN D, TVERSKY A. Judgement under uncertainty: heuristics and biases[J]. Science, 1974, 185(4157): 17-34.
- [30] KAHNEMAN D, TVERSKY A. Prospect theory: an analysis of decision under risk[J]. Econometrica, 1979, 47(2): 263-291.
- [31] SMITH V L. Economics in the laboratory[J]. Journal of Economic Perspectives, 1994, 8(1): 113-131.
- [32] TENNENHOLTZ M. Game theory and artificial intelligence[C]. D'Inverno M, Luck M, Fisher M, Preist C. Foundations and Applications of Multi-Agent Systems. Workshop On foundations & Applications of Multi-agent Systems, 2002: 49-58.
- [33] DUNIS C, MIDDLETON P, KARATHANASOPOULOS A, et al. Artificial intelligence in financial markets[M]. New York: Palgrave Macmillan, 2016: 69-106.
- [34] MILGROM P, TADELIS S. Artificial intelligence and market design[R]. NBER Working Paper, 2017: 7-10.
- [35] WALRAS L. Elements of economics[M]. London: George Allen & Unwin, 1954: 153-163.
- [36] PARETO V. Manual of political economy[M]. New York: Kelley, 1971: 173-191.
- [37] HAYEK F. The use of knowledge in society[J]. American Economics Review, 1945, 35: 519-553.
- [38] KOOPMANS T C. Analysis of production as an efficient combination of activities[M]. New York: Wiley, 1951: 33-97.
- [39] DANTZIG G B. The programming of interdependent activities[M]. New York: Wiley, 1951: 19-32.
- [40] ATHEY S G, IMBENS G W, WAGER S. Efficient inference of average treatment effects in high dimensions via approximate residual balancing[J]. Journal of the Royal Statistical Society; Series B (Statistical Methodology), 2017, 80(4): 597-623.
- [41] ATHEY S. The impact of machine learning on economics[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2019: 507-552.
- [42] KLEINBERG J, LUDWIG J, MULLAINATHAN S. Prediction policy problems [J]. The American economic review, 2015, 105(5): 491-495.
- [43] 林木西, 张紫薇. “区块链+生产”推动企业绿色生产[J]. 经济学动态, 2019(5): 42-56.

