

机器人和人工智能对就业的影响及趋势

屈小博*

内容提要 以机器人、人工智能为代表的新技术革命对劳动力市场带来了巨大而深刻的变化。本文基于宏观和微观层面评述了新技术革命对就业需求和工作任务产生的影响与趋势。从经济发展和技术进步的历史看，机器人、人工智能是延续经济增长过程“自动化”驱动的新阶段，可能诱发报酬递增经济的出现，并影响企业的微观行为。新技术变革的“替代效应”使机器替代体力工作的同时增加了智力工作岗位的替代，而与之相反的“生产效率效应”则创造了增加劳动力需求和提高劳动收入份额的新工作任务，尤其是劳动力具有比较优势的新工作任务。机器人、人工智能改变了技能需求，并且正在重塑工作所需要的技能。研究者和政策制定部门需要把握新技术革命的特点及趋势，进行必要的制度变革和政策调整，未雨绸缪。

关键词 人工智能 自动化 就业效应 工作任务 技能

无论是忧惧还是欣喜，以机器人、人工智能为代表的新技术革命对就业的影响，不仅是被人们广泛争论的“机器/自动化替代劳动力”、从事“可编码的”重复性劳动和工作的工人受到冲击，而且是新技术提供了“平台创新”，带来了新的商业模式、组织模式和工作任务，新技术在创造工作岗位的同时也产生了社会对新产品与新服务的需求。毫无疑问，新技术已经使我们的社会和劳动力市场发生了革命性的变化。从技术革命的历史规律观察，把握新技术革命特点，深刻认识机器人、人工智能对就业需求的影响，通过工作任务的创造和消失、技能需求的变化，分析其正在对劳动力市场产生的广泛而深远的影响，这是研究者和政策制定部门都要予以重点关注和研究的领域。中国经济和世界经济都在面临着第四次工业革命的新挑战。

* 屈小博，中国社会科学院人口与劳动经济研究所、中国社会科学院人力资源研究中心，电子邮箱：quxb@cass.org.cn。作者感谢中国社会科学院创新工程项目“新时代就业结构变化与提升生产率研究”的资助。

一 新技术革命对经济增长假说的挑战与趋势

人工智能怎样影响经济增长？正如 Zeira（1998）提出的增长模型所述，技术进步的一部分就是生产过程的自动化。从历史的视角观察人类经济增长的过程，过去 150 年的经济增长过程就是被自动化驱动的。按照施瓦布的划分，自工业革命以来，从“珍妮纺纱机”到蒸汽机、到电力的工业革命，继电器、晶体管、半导体等继续了自动化的趋势，再从集成电路到计算机、互联网，生产的自动化一直就是经济增长的一个主要特征（克劳斯·施瓦布，2016）。而人工智能是延续这种自动化过程的下一个阶段，人工智能将使自动巡航、计算机自动控制汽车、核磁共振机器和放射学成为自然的进步。如果人工智能增加了商品和服务生产过程的自动化，在这个视角下，人工智能可以被视作为新技术革命下自动化的一种新形式，自动化的加速也同时伴随着新职业、经济活动、行业及工作任务的出现，允许以往不能被自动化的工作任务实现自动化生产。

尽管经济学家始终关注着技术变革的经济社会影响，但是以机器人、人工智能为代表的新技术革命，打破了以往经济发展过程中的边际成本递增或投资报酬递减的规律，意味着我们除了必须为进入“里夫金式”的零边际成本社会做好准备之外，还需要更好地认识一个可能出现的报酬递增经济（蔡昉，2019）。但由于自动化和“鲍莫尔成本病”是紧密相连的（Baumol，1967），农业和制造业的自动化导致这些部门快速增长，但同时也使这些部门的 GDP 份额下降，因为这些经历快速增长的被自动化商品，价格下降和较低替代弹性意味着其在 GDP 中的份额也是降低的。这是对新科技革命重要性的认识。

考虑人工智能的“熊彼特模型”，即新创新代替旧创新，而创新的第一步能依靠机器来完成，创新的第二步则要求人的研究投入。从人工智能影响经济增长的长期假说来看，人工智能及其潜在的“奇点效应”（singularity effect）未来可能影响经济的增长及收敛。第一种假说是新的人工智能技术允许模仿和学习的前沿技术被自动化，这意味着，机器将很快能解决模仿前沿技术，那时分化的一个主要来源可能就是信用约束（Vinge，1993）。一定程度上，信用约束将阻止贫穷的国家或地区获得只有发达国家能负担得起的“超级智能机器”。那样，就会展现出发达国家集中他们所有的研究人员到前沿技术上的景象。这样就会增加世界的分化程度。第二种推测是人工智能在模仿范围和程度上的预期，潜在创新者将变成对他们发明专利的抵抗者，害怕在专利中暴露

新知识，由此导致垂直的模仿方式（Kortum, 1997; Jones, 2009）。商业秘密将变为规则代替专利，或者可供选择的创新就像今天的金融创新一样。第三种假设是在发达国家模仿和学习主要由超级智能机器来实现，研发人员变为完全专注于产品创新、增加产品的多样性，或者发明新的产品来代替现存的产品（Gordon, 2012）。因此，将商品和创新抽象为生产函数的产出模型可以把人工智能和经济增长相联系起来。

然而，人工智能的发展及其宏观经济效应取决于企业的大量潜在的微观行为，企业的激励和行为选择将会描绘出人工智能创新的进程。由于人工智能的引入，企业如何调整其内部组织、员工的技能构成以及工资决定机制（Aghion & Howitt, 1996; Aghion et al., 2015）？一是随着人工智能的引入，增加了技能与非技能之间的工资差距，因为后者比前者更容易被人工智能替代；二是人工智能的引入允许企业自动化和省掉由人履行的中间监测工作任务；三是由于个体建立信誉变得更加容易从而有利于自雇就业。同样地，人工智能越密集的企业雇佣更多的高技能工人，增加了把低技能工作任务外包的比例，给那些仍然留在企业内部的低技能工人更高的工资溢价。创新性或人工智能密集度会影响企业的组织形式，尤其是企业内部不同技能水平工人的互补性和可替代性。一些对人工智能和企业组织形式的经验研究还发现（Bloom et al., 2014），信息技术革命已经导致企业消除了中间范围的工作岗位，企业组织结构向更加扁平化转移，人工智能的发展增强了这种趋势。

把人工智能作为不断增加的自动化力量引入经济增长的模型，暗示自动化的增加使得要素报酬份额越来越趋向于资本。近些年，在美国和其他一些发达经济体中，资本的要素报酬份额上升已经成为令人瞩目的研究主题（Karabarbounis & Neiman, 2013; Elsbay et al., 2013）。自2000年起，很多部门保持了这种资本份额增长的趋势，包括农业、建筑业、化工、计算机及装备制造业、汽车制造、出版业、电信和通讯以及批发、零售贸易等；在一些服务业部门则保持了资本份额相对稳定或增加幅度比较微弱（Jorgenson et al., 2017），如教育、政府及卫生等部门。然而，最新研究发现，以机器人测量的自动化、机器人的采纳与资本份额增加之间没有系统的关系，而机器人的采纳与劳动生产率的提升相联系（Acemoglu & Restrepo, 2017; Graetz & Michaels, 2018）。

因此，人工智能对增长过程的长期潜在影响与趋势，体现在人工智能在生产技术上对创新所产生的效应，被配置到商品和服务的生产上，并由此潜在影响工作岗位及其收入份额。人工智能增加短期或永久的增长，取决于人工智能如何被精确地应用。正在进行的新技术革命带来的自动化减弱了人口急剧增长带来的作用，因为人工智能正在代替人产生创新。Aghion et al. (2019) 的最新研究认为，由于“鲍莫尔成本病”

相关约束,即使许多工作任务被自动化,增长仍然可能被局限,实质上很难被提高。因为企业可能会影响或者被高级人工智能影响,这是理解人工智能对宏观经济结果更深的启示。从企业组织结构视角来说,可以推测尽管从整体上人工智能是属于技能偏向型经济,但人工智能集中度较高的企业要么将低技能工作任务很大部分地外包给其他企业,要么给低技能工人支付较高的工资溢价将低技能工作任务保留在企业内部。

二 人工智能、自动化对就业需求的效应

机器人、人工智能对就业需求的影响依赖于其在具体工作任务中的相对比较优势。Acemoglu & Restrepo (2019)总结了自动化和人工智能对劳动力需求、工资及就业影响的理论研究框架,强调过去由劳动力从事的工作任务被机器人和人工智能创造的“自动化”所替代。这种替代效应具有减少劳动力需求和工资的效应。与以往技术进步不同的是,人工智能将替代更多的工作岗位,这是由于人工智能在替代体力工作任务的同时,同样也增加了对智力工作岗位的自动化。一是由人工智能技术进步降低了价格成本而催生新的工作岗位(Ernst et al., 2018)。人工智能在教育、健康、设计产业领域的应用,会导致新的就业机会需求。以教育行业为例,给一小部分学生提供私人教育项目和个性化指导的服务,需要支付高昂的成本,但是人工智能的应用可能使这种教育资源变得更大众化,在这个过程中创造了更多的教育职业——督导监测、设计和私人教育项目的执行。相似的情况在健康和老年照料服务行业同样存在。二是各种不同的生产性和交通性的工作任务自动化,包括维修、清洁、运输、驾驶等等。三是机器学习、深度学习和人工智能广泛涉及到决策的过程,包括管理决策制定、提升数据管理、故障缺陷和欺诈的检测、客户偏好和满意度的追踪等工作岗位。

但与之相反的抵消效应是“自动化”的生产效率效应,人工智能和机器人的广泛应用同样能增加劳动力需求。主要体现在:第一,由于相对更廉价的机器替代了劳动力所产生的生产效率效应,凭借减少工作任务的生产成本,自动化增加了非自动化工作任务的劳动力需求(Autor, 2015),并由此扩大和增加了非自动化工作任务的需求。这种生产效率效应主要是扩大正在经历“自动化”的部门本身的劳动力需求及“非自动化”部门的劳动力需求。第二,被自动化触发的资本积累和资本深化将增加劳动力需求。第三,自动化不仅是在更广泛的边界上替代了以前由劳动力履行的工作任务,而且同样更为集中地增加了已经被自动化的工作任务中机器的生产效率。这种现象被称为“不断深化的自动化”,趋势是创造生产效率效应而不是替代,由此导致了对劳动

力需求的增加。

更强大的抵消效应是人工智能带来的生产效率效应，相对于机器来说，劳动力具有比较优势的新工作任务、生产函数及经济活动不断被创造，这样对劳动需求的增加同样也增加了国民收入中劳动份额的增加。这些新工作任务产生的生产效率效应直接平衡了替代效应（Acemoglu & Restrepo, 2018a）。事实上，纵观历史，我们不仅能见证无处不在的自动化，而且也是一个新的工作任务为劳动力创造就业的持续过程。19世纪和20世纪的纺织、冶金、农业和其他一些行业被自动化的工作任务，在工厂中一些范畴新的工作任务如工程、维修、后勤和财务等，对替代的工人产生了劳动力需求。第一，被机器替代的劳动者可以产生一个更大的劳动力供给，用于新的工作任务的就业；第二，目前讨论最热烈的自动化技术——人工智能，可以作为许多服务行业的平台，创造新的工作任务。Bessen（2016）曾讲述了一个生动例子——ATMs（automated teller machines）对银行出纳员就业的影响，认为正是因为ATMs降低了银行运行的成本并且鼓励银行开设更多的分支机构，从而又增加了银行不能被ATMs自动化替代的专业出纳员的就业需求。生产效率也会导致更高真实收入因此也会产生更大的消费需求，包括很多没有被自动化的产品和服务。因此，来自其他产业更大的需求会抵消自动化的负面替代效应。从1980-2010年，新的工作任务、新职业的引入和扩张解释了大约一半的就业增长（Acemoglu & Restrepo, 2018a），尤其是劳动密集型的工作任务，相对于资本，新的工作任务能发挥劳动的比较优势。

三 机器人、人工智能与工作任务和技能

机器人和人工智能在提高生产效率的同时，一方面确实改变了对工作任务中技能的需求。自2001年以来，对重复性任务所需要的具体工作技能的需求呈现下降的趋势。新兴经济体中从事非重复认知技能和社会行为技能密集型工作任务的就业比例从19%增加至23%，发达经济体中这一比例从33%增加至41%，这类技能组合以及不同技能组合所能获得的回报也在持续增加（Mason et al., 2018）。非重复性工作具备高超的分析技能、擅长的人际关系处理技能，比如团队工作、关系管理、人员管理和护理工作等，对从事这些工作的工人，机器人可以发挥辅助作用（World Bank, 2015）。另一方面，对于技能日益变得过于专业化、简单化的劳动者，其人力资本反而变得更加脆弱，就业岗位反而变得愈加不安全（蔡昉, 2019）。复杂的技术创造与简单的工作操作之间的不对称，也使劳动者特别是简单劳动者在要素报酬分配中处于不利

的谈判地位。这是新技术革命对就业和工资影响的主要趋势之一。

众多研究者指出，机器、计算机和机器人替代的“白领工人”和“蓝领工人”，是典型的中等技能和低技能职业，主要从事常规和手工操作的工作任务（Goos & Manning, 2007；Michaels et al., 2014；Acemoglu & Restrepo, 2017）。新技术对从事某项工作所需技能的影响也正在发生变化。按照传统的观点，高技能工人由于其在复杂工作任务中具有判断、解决、分析能力以及多种综合技能而能避免自动化带来的职业冲击，然而，新一代人工智能技术，再结合大数据和机器学习，已经对履行以前被认为只有人的判断才能从事的许多工作任务有潜在影响（Acemoglu & Restrepo, 2018b）。面临高级人工智能自动化挑战的职业包括会计、抵押贷款发放、管理咨询、财务策划、法律助理，以及多种医学专业，如放射学、一般诊疗甚至外科手术（Frey & Osborne, 2017）。新技术革命带来的不仅是低技能的自动化，而且也包括高技能的自动化。高技能自动化同时减少了低技能和高技能劳动力的实际工资，因而低技能自动化增加了低技能和高技能劳动力之间的收入不平等，高技能自动化却具有相反的效应，这是人工智能为代表的新技术革命的特点。

技能偏向型技术进步带来了不同职业需求和劳动市场结构的变化。Acemoglu & Autor (2011) 发现，在发达经济体中，自动化取代的劳动力似乎集中在中等技能工作中，导致了劳动力市场上的两极化趋势——需要高技能认知技能的工作和要求具有灵活性的低技能工作类型的就业增长速度最快。对欧洲的中等收入国家，具有非重复认知技能和人际交流技能的工人的需求正在持续上升，同时低技能非重复手工行业的工人需求量保持稳定（Arntz et al., 2016）。而 Graetz & Michaels (2018) 研究发现，机器人并不像 ICT (information and communication technologies) 两极化了劳动力市场（至少在制造业部门），相对于中等技能和高技能工人，机器人的使用减少了低技能工人的工作任务。然而，确定的是新技术革命带来工作任务的变化，正在重塑工作所需要的技能。技能已经成为劳动力市场供需匹配的关键（Akerman et al., 2015）。比起职业和学位来说，技能更能反映需求和供给，因为职业所需的专业知识和技能变化越来越快，学位往往在获得时就已经过时（Hardy et al., 2018）。当前工作性质的变革步伐需要遵循以技能为基础的方向，而不是以学位为基础的动态变化的劳动力市场。从新技术对就业影响的长期趋势来说，将技能作为分析变量可以为决策部门提供一个强有力的工具，帮助他们为未来做好准备，同时提高当下的应变能力（Glaeser, 2018）。

相对于历史上以往的自动化，人工智能作为新技术的特点就是不断有新的工作任务产生，尤其是自动化过程中能发挥劳动力比较优势的工作任务。Acemoglu & Restrepo

(2019)发现，现实经济和劳动力市场对新技术的反应和调节受制于一个更为关键的因素——技术与技能的错配，新技术、新工作任务的要求与劳动者技能之间的错配。这种错位减缓了劳动力需求的调节、扩大了收入不平等，也减少了来自自动化和新工作任务创造的生产效率收益。快速的自动化深度学习、人工智能的一些最新发展正在重新改变资源向其他技术进步配置，尤其是创造新工作任务的技术，导致我们在通过创造新工作、新部门和新产品扩大劳动力需求的能力上，正面临新洞见上的枯竭（Bloom et al. , 2017）。

四 人工智能技术趋势与制度变革

机器人和人工智能对劳动力来说，比以前的技术进步浪潮能产生很多不同的结果。更重要、更持久、更有普遍意义的岗位替代，在于自动化过程中的人工智能和机器人的应用。创新的内容和速度是人工智能的技术趋势，这给就业带来的影响取决于自动化与创新之间的较量（Picado, 2017）。自动化进程导致旧部门中就业的减少，创新则促使新部门和新工作任务的产生，未来的就业总量同时取决于这两者。从技术变革的历史，自动化是伴随经济增长的进程，未来就业的前景实际就是取决于新部门或新工作任务的劳动力密集度。如果制度变革有利于创新，公共政策鼓励“创造性破坏性质”的自主创新活动，就会促进新部门和新工作任务创造，从而增加就业。

人工智能新技术扩散和应用的一个显著趋势是技术成本的降低，但却不能均等地渗透（Aghion et al. , 2019）。超大型企业的自然垄断倾向会使它们通过算法和应用程序，排斥竞争与简单化劳动者技能，劳动者的人力资本变得更加脆弱。随着新部门、新工作任务的兴起，新技术的需求和工作任务与劳动者技能之间的差距，是目前中国人力资本积累体系面临的巨大挑战。中国正在从劳动密集型的制造业向高技能、技术密集型生产转型，不仅面临新技术应用下后来者的挑战，还必须与发达经济体中劳动力成本高、资本密集型的生产者，以及亚洲和东欧地区劳动力成本适中、技术密集型的生产者展开竞争（Glaeser, 2018）。对新技术革命的政策应对更应该未雨绸缪，提前让整个中国社会尤其是教育体系、职业培训体系做好准备，让劳动力资源和劳动力结构适应人工智能带来的变化与趋势。

人工智能最新发展趋势下，应对技术性失业成为政策制定部门必须要面对的一个重要问题。自动化的“替代效应”趋向于使国民收入中劳动份额下降，加剧了资本回报与劳动报酬之间的收入不平等。如果自动化把劳动者从生产率较高的制造业部门替代转向生产效率较低的消费服务业部门，必然伴随着工资率的下降，从而产生对劳动

者技能学习的负激励，增大了技术与技能的错配，制约劳动生产率的提高（O'Connor, 2017）。因此，应对技术性的失业既是一个历史现象，也是一个持久的话题。对于没有时间和能力掌握新技能，又要为生存挣扎的劳动者来说，给予技术变革脆弱群体的社会制度保护，就显得尤为必要。为此，Lowrey（2018）认为，“无条件基本收入”不仅是应对前所未有的新技术变革带来的失业问题，还是包含了消除贫困、颠覆性工作理念和重构世界的崭新思维和终极方案。新技术的变革趋势使得以雇佣关系为识别标准提供保险的模式越来越不适合技术变化的趋势，转为直接要求国家为工人提供社会保险。这对中国现行的劳动力制度提出了挑战。

参考文献：

- 蔡昉(2019)，《经济学如何迎接新技术革命?》，《劳动经济研究》第2期，第3-20页。
- 克劳斯·施瓦布(2016)，《第四次工业革命：转型的力量》，北京：中信出版集团。
- Acemoglu, Daron & David Autor (2011). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. In David Card & Orley Ashenfelter (eds.), *Handbook of Labor Economics, Vol. 4, Part B*. North Holland: Elsevier, pp. 1043 - 1171.
- Acemoglu, Daron & Pascual Restrepo (2017). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *NBER Working Paper*, No. 23285.
- Acemoglu, Daron & Pascual Restrepo (2018a). The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment. *American Economic Review*, 108 (6), 1488 - 1542.
- Acemoglu, Daron & Pascual Restrepo (2018b). Low-Skill and High-Skill Automation. *Journal of Human Capital*, 12 (2), 204 - 232.
- Acemoglu, Daron & Pascual Restrepo (2019). Artificial Intelligence, Automation, and Work. In Ajay Agrawal, Joshua Gans & Avi Goldfarb (eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. Chicago: The University of Chicago Press, pp. 197 - 236.
- Aghion, Philippe & Peter Howitt (1996). Research and Development in the Growth Process. *Journal of Economic Growth*, 1 (1), 49 - 73.
- Aghion, Philippe, Benjamin Jones & Charles Jones (2019). Artificial Intelligence and

- Economic Growth. In Ajay Agrawal, Joshua Gans & Avi Goldfarb (eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. Chicago: The University of Chicago Press, pp. 237 – 282.
- Aghion, Philippe, Peter Howitt & Susanne Prantl (2015). Patent Rights, Product Market Reforms and Innovation. *Journal of Economic Growth*, 20 (3), 223 – 262.
- Akerman, Anders, Ingvil Gaarder & Magne Mogstad (2015). The Skill Complementarity of Broadband Internet. *Quarterly Journal of Economics*, 130 (4), 1781 – 1824.
- Arntz, Melanie, Terry Gregory & Ulrich Zierahn (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 189.
- Autor, David (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29 (3), 3 – 30.
- Baumol, William (1967). Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis. *American Economic Review*, 57 (3), 415 – 426.
- Bessen, James (2016). *Learning by Doing: The Real Connection Between Innovation, Wages, and Wealth*. New Haven: Yale University Press.
- Bloom, Nicholas, Charles Jones, John Reenen & Michael Webb (2017). Are Ideas Getting Harder to Find? *NBER Working Paper*, No. 23782.
- Bloom, Nicholas, Luis Garicano, Raffaella Sadun & John Reenen (2014). The Distinct Effects of Information Technology and Communication Technology on Firm Organization. *Management Science*, 60 (12), 2859 – 2885.
- Elsby, Michael, Bart Hobijn & Aysegul Sahin (2013). The Decline of the U. S. Labor Share. *Brookings Papers on Economic Activity*, 44 (2), 1 – 63.
- Ernst, Ekkehard, Rossana Merola & Daniel Samaan (2018). *The Economics of Artificial Intelligence: Implications for the Future of Work*. Geneva: International Labour Office.
- Frey, Carl Benedikt & Michael Osborne (2017). The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254 – 280.
- Glaeser, Edward (2018). Framework for the Changing Nature of Work. Working Paper, Harvard University.
- Goos, Maarten & Alan Manning (2007). Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of

- Work in Britain. *The Review of Economics and Statistics*, 89 (1), 118 – 133.
- Gordon, Robert (2012). Is U. S. Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds. *NBER Working Paper*, No. 18315.
- Graetz, Georg & Guy Michaels (2018). Robots at Work. *The Review of Economics and Statistics*, 100 (5), 753 – 768.
- Hardy, Wojciech, Roma Keister & Piotr Lewandowski (2018). Educational Upgrading, Structural Change and the Task Composition of Jobs in Europe. *Economics of Transition*, 26 (2), 201 – 231.
- Jones, Benjamin (2009). The Burden of Knowledge and the Death of the Renaissance Man: Is Innovation Getting Harder? *Review of Economic Studies*, 76 (1), 283 – 317.
- Jorgenson, Dale, Mun Ho & Jon Samuels (2017). *Educational Attainment and the Revival of U. S. Economic Growth*. Chicago: University of Chicago Press.
- Karabarbounis, Loukas & Brent Neiman (2013). The Global Decline of the Labor Share. *Quarterly Journal of Economics*, 129 (1), 61 – 103.
- Kortum, Samuel (1997). Research, Patenting and Technological Change. *Econometrica*, 65 (6), 1389 – 1419.
- Lowrey, Annie (2018). *Give People Money: How a Universal Basic Income Would End Poverty, Revolutionize Work and Remake the World*. New York: Crown Publishing.
- Mason, Andrew, Vera Kehayova & Judy Yang (2018). Trade, Technology, Skills and Jobs: Exploring the Road Ahead for Developing East Asia. Background paper, World Bank, Washington D. C. .
- Michaels, Guy, Ashwini Natraj & John Reenen (2014). Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence from Eleven Countries over Twenty-Five Years. *The Review of Economics and Statistics*, 96 (1), 60 – 77.
- O'Connor, Sarah (2017). For Clues to the Productivity Puzzle, Go Shopping. *Financial Times*, February 22.
- Picado, Augie (2017). The Real Reason Manufacturing Jobs Are Disappearing. https://www.ted.com/talks/augie_picado_the_real_reason_manufacturing_jobs_are_disappearing/transcript.
- Vinge, Vernor (1993). The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era. *Vision – 21: Interdisciplinary Science and Engineering in the Era of*

Cyberspace, 11 – 22.

World Bank (2015). Georgia: Skills toward Employment and Productivity (STEP), Survey Findings (Urban Areas). World Bank Research Report, Washington D. C..

Zeira, Joseph (1998). Workers, Machines and Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 113 (4), 1091 – 1117.

A Review on Impacts of Robots and AI on Employment and Their Trends

Qu Xiaobo^{1,2}

(Institute of Population and Labor Economics, Chinese Academy of Social Sciences¹;

Center for Human Resources Research, Chinese Academy of Social Sciences²)

Abstract: The new technological revolution represented by robots and artificial intelligence (AI) has brought huge and profound changes to labor market. The paper reviews the impacts and trends of new technological revolution on demand of employment and task from macro and micro perspectives. The age of robots and AI is a new stage in the history of economic development and technological progress. This age relays the automated driven economic growth process, which may bring about the emergence of increasing returns on scale and affect the micro-behavior of enterprises. The “substitution effect” of the new technological changes not only causes the replacement of the labor workers by the machine, but also leads to the replacement of intellectual work post by machine. Meanwhile, the “offsetting effect” of new technological changes creates new job task that can increase the demand for labor force and increase the share of labor income, especially where the labor force has comparative advantages. Robots and artificial intelligence have changed the requirement for skills and are reshaping the skills needed for work. Researchers and policy-makers should stay informed of the characteristics and trends of the new technological revolution and prepare plans or make relevant institutional changes and policy adjustments.

Keywords: artificial intelligence, automation, employment effects, task, skill

JEL Classification: E24, J24, O33

(责任编辑：周晓光)