

人工智能赋能未来产业发展探析

高 芳, 赵志耘

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘 要: 当前, 人工智能进入第三次发展热潮, 它正超越单纯的技术维度, 以前所未有的速度渗透至经济社会的各个方面, 成为新一轮产业变革的核心驱动力。本文研究提出人工智能领域呈现指数级速度发展的三大表征, 分析人工智能驱动生产率增长的内涵, 梳理了英国、日本和美国近期以人工智能重点推动的领域, 并以智能医疗和自动驾驶两个领域为例, 探讨了人工智能赋能未来产业的路径。

关键词: 人工智能; 经济增长; 未来产业; 智能医疗; 自动驾驶

中图分类号: F416.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2018.11-12.001

近年来, 人工智能的发展引起国际社会的广泛关注。AlphaGo 打败李世石使得“人工智能”成为一个家喻户晓的名词, 与人工智能相关的国家级战略密集出台, 全社会关于人工智能的大讨论热烈展开, 人工智能的定义、技术与应用, 以及人工智能发展对经济、社会、法律、伦理道德等方面的影响都成为普遍关注的重点。本轮人工智能发展热潮之所以获得如此高的关注, 一方面源于其对人类行为模拟能力的飞跃式增长, 另一方面则更在于人工智能正超越单纯的技术革命的层面, 以前所未有的速度渗透至经济社会的各个方面, 推进物理世界、数字世界和生物系统的深度融合, 这种趋势必将引发经济社会等领域的深度变革, 从而迅猛改变世界经济发展, 甚至是全球竞争格局。为初步探讨人工智能可能产生的经济影响, 本文将研究提出人工智能领域呈指数级速度发展的三大表征, 分析人工智能为全球经济带来的新机遇, 梳理英国、日本和美国确立人工智能驱动经济增长核心地位的理念和举措, 以智能

医疗和自动驾驶两种典型应用场景为例, 研究提出人工智能赋能未来产业的路径和方式。

1 人工智能领域指数级速度发展的三大表征

在大数据、机器学习算法和数字计算能力这三大条件日臻成熟的基础上, 本次热潮中的人工智能以指数级速度发展而非线性速度发展的态势日趋明显。

一是人工智能技术自身呈现指数级迭代发展新趋势。以最为典型的深度神经网络技术为例, 全球顶级计算机视觉 ImageNet 竞赛获胜者采用的深度学习网络隐层层数从 2012 年的 8 层递增至 2015 年的 152 层^[1, 2], 到 2016 年则上升到 1 207 层, 即 4 年间增长了 150 倍。同时 3 个年度冠军的前 5 名错误率从 16.4% 下降至 3.57%, 到 2016 年则达到 2.991%, 实际上 2015 年机器识别 3.57% 的错误率已经优于人眼平均识别错误率 5.1%。在人工智能算法的硬件实现上, 以谷歌公司张量处理器 (Tensor Processor Unit, TPU) 芯片为例,

第一作者简介: 高芳 (1980—), 副研究员, 工学博士, 情报学博士后, 主要研究方向为科技政策与战略、重点科技领域信息分析。

通讯作者简介: 赵志耘 (1966—), 研究员, 经济学博士, 主要研究方向为科技政策与战略、宏观经济理论与政策; 电子信箱: zhiyunzhao@istic.ac.cn

项目来源: 中国科学技术信息研究所重点工作“国家新一代人工智能发展研究中心建设工作”(ZD2018-15); 科学技术部科技创新战略研究专项“新时代我国技术创新体系若干重大问题研究”(ZLY201739)。

收稿日期: 2018-12-10

自2016年开始,谷歌公司连续发布三代TPU芯片^[3],第一代TPU可单纯用于逻辑推理升级,TPU 2.0可用于神经网络模型训练,TPU 3.0性能则接近TPU 2.0的9倍,峰值运算速率达到100 petaflops(每秒千万亿次浮点运算)。

二是人工智能成为科学研究第四范式的加速器,推动部分技术与产品研发周期快速缩短。在以“数据密集型科学发现”为主要特征的第四研究范式中,人工智能作为一种有效的数据分析工具,正发挥着越来越重要的作用。2012年7月,欧洲粒子物理研究所的物理学家们通过大型强子对撞机(Large Hadron Collider, LHC)发现希格斯玻色子时,便用模拟数据训练机器学习算法来“沙里淘金”——从假信号中“揪出”真光子。2017年初,瑞士苏黎世理工学院的天体物理学家开始尝试用神经网络对星系图片进行降噪处理,以便从模糊的星图中观测出更精细的细节等。在生命科学领域,2018年12月DeepMind公司研发出新的人工智能应用AlphaFold^[4],该程序可根据基因序列预测蛋白质三维结构。精确的蛋白质三维结构能帮助科学家更好地理解蛋白质在人体内的作用,对诊断和治疗由蛋白质错误折叠引起的疾病(如阿尔茨海默氏症、帕金森氏症和亨廷顿氏症等)至关重要,也将提高药物研发效率并降低成本等。实际上,在全球制药企业纷纷削减研发经费的大背景下,通过人工智能技术缩短药物研发周期已成为业界争相运用的

手段,日本京都大学的研究人员提出,人工智能能够将新药的平均研发周期缩短一半甚至2/3,同时研发费用则有望减半^[5]。

三是人工智能发展牵引产业界投资和企业组织战略等加速调整。如图1所示,从2012年到2017年第一季度,全球人工智能领域企业并购总量为216次,这其中仅2016年企业并购次数便占到35.6%,2017年第一季度并购数量更是超过了之前任何一个季度周期。同时值得关注的是,企业收并购跨领域、跨行业现象凸显,在并购活动中表现活跃的不仅包括谷歌、苹果、IBM等传统的信息技术类公司,还包括福特汽车和通用汽车等汽车制造商。总体来看,这些收并购活动可划分为三大类:一类是较为常见的产品和业务改进类并购,比如领英公司收购Bright.com公司将其匹配算法整合到简历搜索中, Twitter公司收购Magic Pony公司以提升其视频处理能力;一类是跨价值链业务补充,比如英特尔收购Mobileye公司的计算机视觉技术,作为自己高性能计算业务的补充;还有一类则是较为少见但有望产生变革型影响的供应链一体化导向并购,如福特和通用汽车收购人工智能初创公司,目的是在无人驾驶汽车产业中仍然保持其领先地位,医疗设备制造商Stryker收购机器人外科系统制造商Mako,则是要在一定程度上抵御其竞争对手对供应链的控制力等。

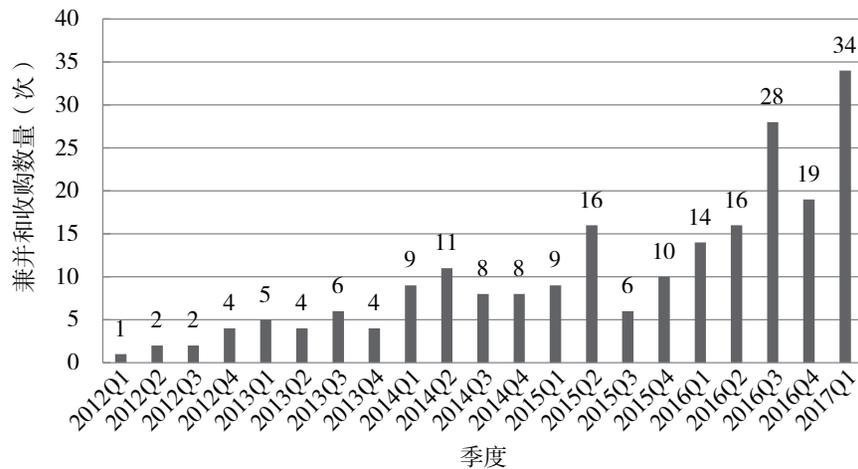


图1 2012—2017年人工智能领域并购数量变化图

数据来源与说明: CB Insights; 2017年数据仅包括第一季度。

2 人工智能为全球经济带来的机遇分析

技术变革推动经济发展，最直观的体现就在于促进生产率的增长。20世纪90年代以来，技术变革曾带来稳定的生产率增长，1993—2007年间以机器人应用实现的自动化，为17个国家的GDP和劳动生产率年增长率分别平均贡献了0.37和0.36个百分点（GDP和劳动生产率的平均年均增长率分别是3.14%和2%），这17个国家包括美国、韩国、澳大利亚和14个欧洲国家^[6]。也就是说，仅机器人这一项技术及产品的应用与扩散，对上述国家GDP平均增长的贡献就超过了1/10。同时，另有研究显示2005—2015年间，31个发达经济体中有30个经济体的生产率增长有所减慢，其中美国在1995—2005年间经济增长率基本保持在2.5%左右，这一数字在2005—2015年间仅达到1.0%，究其原因，除了投资增速持续放缓以外，技术变革驱动乏力也成为重要因素^[7]。

本轮人工智能的发展有望促进生产率的增长，主要体现在以下几个方面。一是人工智能能够帮助企业和个体劳动者提升资源使用效率，特别是对生产设备等固定资产使用寿命的预防性维护，可显著降低企业的资本存量消耗；二是人工智能推动数字技术、产品和服务供给的边际成本显著下降，从而显性降低生产成本；三是人工智能催生更多高质量的创新活动，增加产品和服务的流通渠道，开发新的商务模式，同时人工智能对部分劳动力替代节省下来的成本，有助于企业将节省下来的投资用于拓展投资组合、开展更多的产品和服务创新活动等。

近两年，以麦肯锡、埃森哲等为代表的机构围绕人工智能对生产率和经济增长的影响开展了一系列实证研究，几乎全部预判了未来人工智能对生产率的促进作用。麦肯锡研究显示，投身工业4.0的企业对其收入和生产率增长的预期分别高达23%和26%^[8]，而人工智能在促进这一增长中将发挥核心作用。在预测分析人工智能对全球经济的影响时，埃森哲提出将人工智能看成一种新的生产要素，即独立于资本、劳动力和全要素生产率以外的一种生产要素，并构建一种新的经济增长模型，基于此模型，埃森哲预测，到2035年，人工智能的应用可普遍使12个发达国家的增加值总额（GVA）经济

增长率提升一倍^[9]。美国将会成为最大的受益者，其GVA年增长率会从2016年的2.6%增至2035年的4.6%。这12个发达国家包括美国、芬兰、英国、瑞典、荷兰、德国、奥地利、法国、日本、比利时、西班牙和意大利，他们的GDP总量在全球GDP中的占比超过50%。如果以6.3%为中国GVA增长率的基准水平，按照埃森哲新计算模型的预测结果，到2035年人工智能将使中国经济的预期增长率提升1.6个百分点，即年增速达到7.9%^[10]。

3 主要国家推动人工智能与相关产业发展的动向

正是认识和预判到人工智能技术的快速迭代与渗透能够真正解决问题并切实创造经济价值，英国、日本、美国等国家在谋划人工智能顶层设计时都着重挖掘人工智能对本国经济的驱动潜力。而在先期推进的应用领域中，医疗健康、汽车、制造业以及金融服务等领域成为多方的共同选择。

3.1 英国从产业视角出发重点关注三大领域

在全球各国人工智能发展战略部署中，英国是唯一专门从产业视角进行人工智能谋篇布局的国家。2017年10月中旬，英国文化传媒体育部（Department for Digital, Culture, Media & Sport, DCMS）和商务能源与产业战略部（Department for Business, Energy & Industrial Strategy, BEIS）联合发布《培育英国的人工智能产业》（Growing the Artificial Intelligence Industry in the UK）发展建议报告^[11]，这一报告主体内容随后被列入英国政府2017年11月出版的产业战略白皮书中，成为英国下一步发展人工智能的重要指引。报告提出发展人工智能会为英国带来巨大的经济社会效益。埃森哲预测，到2035年，人工智能将为英国经济提供8140亿美元（约合5.4万亿元人民币）的增量，英国国内生产总值（GVA测算）年增长率有望从2016年的2.5%增长至3.9%。普华永道公司预测，到2030年人工智能为英国带来的GDP增长将达2320亿英镑（约合2万亿元人民币）。

虽然人工智能在不同行业中应用的时间进度、收益以及可能遇到的困难瓶颈有所不同，但显而易见的是人工智能具有改善诸多行业运行现状的巨大潜力，这其中英国重点探讨了健康医疗、汽车以及

金融服务 3 个领域的发展路径。

(1) 在健康医疗领域, 最具潜力的 3 个方向包括病情诊断、潜在流行病的早期发现与发病率追踪、医疗影像诊断。从时间发展脉络来看, 短期较为容易实现的是智能日程安排(比如门诊看病预约和手术排期), 中期则包括数据驱动的医疗诊断和药物开发, 最具长远潜力的是机器人医生对患者进行直接诊断和治疗。

(2) 在汽车领域, 最具潜力的 3 个方向包括自动共享车队、半自动驾驶、引擎监测与自动维护。从时间发展脉络来看, 短期较易实现的是自动驾驶辅助系统(如停车辅助、车道拥挤辅助等), 中期则包括汽车零部件按需制造与维护, 最具长期潜力的是实现发动机的监测与自动维护。

(3) 在金融服务领域, 最具潜力的 3 个方向包括个性化财务规划、欺诈侦查和反洗钱、流程自动化。从时间发展脉络来看, 短期较易实现的是机器人咨询、自动保险承保和机器人流程自动化(比如财务检查、合规性检查等), 中期则是基于消费者的情绪和偏好优化产品设计, 最具长期挑战性的是从单纯的预测向全面预防转变, 以降低客户“发生事故”的概率和进一步优化客户收益。

3.2 日本制定三大领域的产业化路线图

日本重点选择了制造业、物流和医疗护理三大领域, 研究制定了三阶段产业化路线图, 旨在通过人工智能手段逐步提升相关行业的效率。第一阶段, 到 2020 年, 突破无人工厂与无人农场技术, 普及利用人工智能进行药物开发, 通过人工智能预知生产设备故障。第二阶段, 2020 年至 2030 年, 实现物品配送的完全自动化, 机器人实现多功能化与相互协作, 实现个性化新药研制, 并在智能家居中实现对家电等的完全控制。第三阶段, 即 2030 年后, 使护理机器人成为家庭中的一员, 实现出行自动化及无人驾驶的普及(人为原因交通事故死亡率降为零), 能够进行潜意识的智能分析并实现本能欲望的可视化^[12]。

3.3 美国描绘八大应用场景

2016 年 10 月, 美国在全球率先提出人工智能发展战略, 与后续其他国家战略不同的是, 该战略仅仅是初步提出了人工智能未来发展方向和侧重点, 后续并未给出具体的实施计划。然而在人工智

能发展的必要性方面, 该版战略则将人工智能促进本国经济繁荣放在了首位, 强调新产品和新服务可以创造出新市场, 并改进多个行业现有产品和服务的质量和效率。以制造业、物流、金融、交通、农业、商业营销、信息通信服务以及科研过程等 8 个领域为例, 分别阐述了人工智能技术进步将如何优化上述行业或领域的流程, 从而提升生产效率、降低资源耗费, 同时更好地满足消费者个性化产品和服务需求等。

4 人工智能赋能未来产业场景分析

综合前述分析, 人工智能的发展正加快渗透至现有的各个行业和领域。这种渗透一方面表现为人工智能对已有场景的智能化升级与改造, 即借助人工智能手段实现了“有中生新”, 使得原有产业向智能化产业形态转变, 另一方面则是人工智能技术的进步催生诸多新的应用场景, 从而派生出相应的新产业形态, 实现了“无中生有”。

4.1 “行业 + 人工智能”升级已有产业场景分析

“行业 + 人工智能”是在已有行业中加入人工智能要素, 实现相关产业的智能化升级, 并在一定程度上推动产业间的融合发展, 智能医疗是其中最为典型的案例之一。

诸如医学影像识别、手术操作、药物研发、患者病历记录等传统医疗过程中的场景和应用, 其因叠加了人工智能要素而向智能医疗升级。这些场景主要包括医学影像(病灶识别与标注、影像三维重建辅助手术、靶区自动勾画与自适应放疗等)、辅助诊疗(医疗机器人)、疾病风险预测(基因测序与检测服务)、医院管理(病历结构化、分级诊疗等)、药物挖掘(新药研发、药物筛选、药物副作用预测等)和虚拟助理(语音电子病历、智能导诊、智能问诊、用药推荐等)。

传统医疗中, 通过医学影像进行病灶识别, 实现对重大疾病的治疗和预防等, 通常要更多地借助医生在诊疗现场的经验与判断。影像科医生受读片速度的限制, 读片量有限, 阅片压力大, 同时部分医生经验有限, 容易出现误判情况。而基于人工智能技术开发的医疗影像辅助诊断系统, 通过机器学习算法对医生事先准确标注过的影像数据进行学习, 可以形成程序化的判别流程, 对医生人力资本

形成替代效应,有助于解决工作效率低、准确率低、工作量大的问题,弥补影像科医生数量不足的缺陷,提升阅片准确度,辅助提升医生的工作效率。借助互联网和无线通信等技术手段,医疗影像信息等的远程传输使得诊疗流程甚至可以在任何时间和任何地点完成,从而部分地缓解医疗资源稀缺等难题。

同时,人工智能技术的引入,将推动医疗产业与健康产业以及养老产业等的融合发展,行业界限变得日趋模糊。比如,伴随智能可穿戴设备的产品形态愈加丰富,以及智能服务型机器人等逐渐进入消费级市场,运动、健身以及烟酒饮食等数据与基因、体检、诊疗等医疗类数据日渐整合,在此基础上实现的数据挖掘与集成分析,使得医疗问题逐渐转化为慢病管理和预防问题,医疗、健康以及养老等需求日渐在同一平台上牵引形成智能大健康产业。其中的参与主体也变得更加多样,不仅包含医药行业中的医院、体检中心、制药企业等,还包括健康管理、生物技术等医疗相关领域的参与者,以及保险公司、机器学习服务提供商、硬件生产商等相关服务机构。

4.2 “人工智能+行业”催生新产业场景分析

“人工智能+行业”是指行业本身在人工智能技术尚未突破之前并不存在,而在技术突破推动新产品和新服务形成之后,创造出一条全新的产业链,自动驾驶是较为典型的案例之一。

自动驾驶汽车是一个复杂的、软硬件结合的智能自动化系统,需要综合运用自动控制技术、现代传感技术、计算机技术、信息与通信技术以及人工智能等。虽然从20世纪70年代开始已经陆续有发达国家率先进行了自动驾驶汽车的研究^[13],但囿于当时的技术发展水平,形成的试验车在行驶里程、行驶速度以及稳定性方面尚不能达到理想状态,因此仍停留在概念性产品阶段。进入21世纪之后,传感技术(多种传感器、摄像头以及雷达等)、高精度地图及导航技术、驾驶行为学习与决策模拟等技术的群体性突破,推动自动驾驶汽车研发进入了可商用化和产业化的新阶段。其中,在高校和科研机构中较为典型的自动驾驶产品有美国卡内基·梅隆大学研制的NavLab系列智能车辆、意大利帕尔玛大学VisLab实验室研制的ARGO系列试验车等。2013年ARGO试验车在无人驾驶的情况下,成功

识别交通信号灯、避开行人、驶过十字路口和环岛等。

自动驾驶这一全新产业不仅可带来巨大的经济利益,其市场规模还与人们新型出行服务需求的增长呈现正相关关系,使得这一全新产业的市场主体范畴超越了自动驾驶汽车制造商,传统的信息技术科技巨头以及基于互联网技术的出行服务提供商都将参与其中。麦肯锡预测,到2030年自动驾驶汽车总销售额将达到约2300亿美元,自动驾驶汽车销售量在全球汽车销售中的占比将达到15%^[14]。波士顿咨询公司预测,到2030年自动驾驶汽车在全球汽车销售的占比将为10%^[15]。产业界中,以奥迪、福特、沃尔沃、通用、宝马等为代表的传统汽车制造厂商都在加快在无人驾驶汽车领域的布局,一方面在已有车型中渐进式提高汽车驾驶自动化与智能化水平,另一方面则积极研发无人驾驶技术。英特尔、英伟达、三星等传统的科技巨头希望在自动驾驶硬件与软件开发中,仍然能够延续其长期积累下来的技术与市场竞争优势。谷歌、Uber、百度等快速进入这一领域,相比传统汽车制造厂商,这些企业更加专注于高度自动化和完全自动化驾驶技术的研发,而吸引他们的不仅是自动驾驶汽车的市场收益,更重要的是作为出行服务提供商(共享出行、出租业务等),将引导消费者出行方式的转变。

5 总结与展望

综上所述,人工智能驱动未来产业发展,一种是通过持续性的技术创新,实现产业或行业技术的更新与迭代,推动已有产业的转型与升级,实现从1到 n 的增长,这种路径所涉及的领域与场景在当前阶段较为清晰,除了前文提到的智能医疗,还有智能农业、智能制造、智能物流、智能金融等领域。另一种是人工智能技术与其他新兴技术的发散多向突破,以不可预测的方式催生新产业,实现从0到1的突破,这种路径所涉及的领域与场景则较难提前预知。未来,人工智能技术的发展仍然有诸多不确定性,即使是在海量数据资源和高性能计算资源可用的前提下,数据智能路径中以深度学习为代表的算法演进也有可能遇到“天花板”,而类脑智能、量子智能等新路径或许将在某个节点实现突破。因此,我们还需要更加重视新的人工智能理论与关键

技术的储备, 以免错失未来产业发展先机。■

参考文献:

- [1] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks[C]. In Proceedings of the International Conference on Neural Information Processing Systems, Lake Tahoe, NV, USA, 2012: 1097-1105.
- [2] He K, Zhang X, Ren S, et al. Deep Residual Learning for Image Recognition[C]. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 2016: 770-778.
- [3] Jouppi N P, Young C, Patil N, et al. In-Datacenter Performance Analysis of a Tensor Processing Unit[C]. 2017 ACM/IEEE 44th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA), Toronto, ON, Canada, 2017: 1-12.
- [4] Deepmind. AlphaFold: Using AI for scientific discovery[EB/OL]. (2018-12)[2018-12-05]. <https://deepmind.com/blog/alphafold/>.
- [5] 新华社. 日本拟开发人工智能参与药品生产 [EB/OL]. (2017-06) [2018-12-01]. http://www.xinhuanet.com/2017-06/20/c_1121176799.htm.
- [6] Graetz Georg, Michaels Guy, Robots at Work[R]. London: Centre for Economic Policy Research (CEPR), 2015.
- [7] Executive Office of the President of the US. Artificial Intelligence, Automation and the Economy[R]. Washington DC, 2016.
- [8] McKinsey. Industry 4.0: How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector[R]. New York City: McKinsey, 2015.
- [9] Mark Purdy, Paul Daugherty. Why AI is the Future of Growth[R]. Accenture, 2016.
- [10] 马克珀迪, 邱静, 陈笑冰. 人工智能: 助力中国经济增长 [R]. 上海: 埃森哲, 2017.
- [11] Dame Wendy Hall, Jérôme Pesenti. Growing the Artificial Intelligence Industry in the UK[R]. London: Department for Digital, Culture, Media & Sport and Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2017.
- [12] 王德生. 全球人工智能发展动态 [J]. 竞争情报, 2017, 13(4): 49-56.
- [13] Lowrie J, Thomas M, Gremban K, et al. The Autonomous Land Vehicle (ALV) preliminary road-following demonstration[J]. Intelligent Robots and Computer Vision (Proc. SPIE 579), 1985:336-350.
- [14] Paul Gao, Hans-Werner Kaas, Detlev Mohr, et al. Automotive Revolution: Perspective Towards 2030: How the Convergence of Disruptive Technology-driven Trends Could Transform the Auto Industry[R]. McKinsey, 2016.
- [15] Michelle Andersen, Thomas Dauner, Davide Di Domenico, et al. 科技颠覆人类出行, 车企利润何去何从[R]. The Boston Consulting Group, 2018.

Analysis on the Development of Future Industry Driven by Artificial Intelligence

GAO Fang, ZHAO Zhi-yun

(Institute of Scientific and Technological Information of China, Beijing 100038)

Abstract: Artificial intelligence is being deeply integrated with and widely permeating into every area of the human society. And it has become the leading force of the new round of industrial revolutions. Three major characterizations of exponential speed development in the field of artificial intelligence are proposed. The connotation on how artificial intelligence bring the productivity growth is analyzed. From the perspective of industrial development, the key areas of artificial intelligence in the UK, Japan and the United States are displayed. Taking intelligent medical and self-driving cars as examples, the path of how artificial intelligence empowered future industry is discussed.

Key words: artificial intelligence; economic growth; future industry; intelligent healthcare; self-driving