

人工智能核心技术产业 白皮书

——深度学习技术驱动下的人工智能时代

中国信息通信研究院
中国人工智能产业发展联盟
2021 年 4 月

版权声明

本白皮书版权属于中国信息通信研究院和中国人工智能产业发展联盟，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院和中国人工智能产业发展联盟”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

前 言

今天，人工智能已经成为全球最为活跃的创新领域，对经济社会的发展影响深远。自 2012 年以来，以深度学习为代表的人工智能技术与产业浪潮汹涌澎湃，新的算法技术层出不穷，图像识别、机器翻译等智能任务水平逼近人类，技术红利快速释放，已在多个领域初具应用成效。

在过去一年中，人工智能的新算法不断涌现，深度学习仍是这一时期发展主线，尝试解决更为复杂的应用任务。人工智能的产业格局与生态体系更为明晰，开源开发框架格局逐步确立，以科技巨头引领的生态系统垂直整合速度不断加快；同时，产业发展重心开始转变，企业比拼重点从单项技术的“理论”准确率转向应用场景白热化的“跑马圈地”；人工智能的技术应用开始全面覆盖日常生活、科学研究、社会治理、商业创新和国家安全等经济社会的关键领域，以空前的广度和深度推动社会发展。然而，由于人工智能技术成熟周期相对较长，产业发展速度不及资本市场预期，资本热度开始减退。人工智能产业似乎显现出“陷入困境”与“高速发展”的矛盾现象。

在此背景下，我院发布人工智能核心技术产业白皮书，探讨以深度学习技术为主要驱动力的人工智能发展状况、技术创新重点与产业发展趋势，总结十三五期间我国发展情况，提出十四五期间的发展方向与机遇，以期与业界分享，共同推动我国人工智能的技术创新与产业发展。

编制说明

本白皮书撰写过程中获得了众多专家的指导和帮助。北京百度网讯科技有限公司、上海依图网络科技有限公司、科大讯飞股份有限公司、北京旷视科技有限公司、商汤智能产业研究院、京东科技集团、中国电信股份有限公司研究院、阿里云计算有限公司、华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、出门问问信息科技有限公司、中科寒武纪科技股份有限公司、北京澎思科技有限公司、新华三人工智能科技有限公司等单位的专家在白皮书成稿过程中提出了许多建设性意见，在此一并致谢。（排名不分先后）

目 录

一、人工智能核心技术产业发展总体态势.....	1
（一）深度学习技术进入升级优化阶段，产业开始步入高速发展阶段.....	1
（二）寒冬并非低谷，产业生态已现加速构建态势.....	1
（三）人工智能以空前广度与深度推动社会发展，加速产业结构升级进程..	4
二、人工智能技术创新重点.....	5
（一）深度学习试图从多角度融合创新，开启认知时代仍在探索.....	5
（二）任务场景愈加复杂，倒逼学习方式多元化发展.....	8
（三）深度神经网络理论体系尝试颠覆性创新，多分支融合趋势渐显.....	9
（四）预训练模型加速演进，试图实现语言处理领域的通用智能.....	10
（五）模型小型化成为提升模型运行效率的关键.....	11
（六）深度学习应用加速推动智能计算革命.....	12
三、人工智能产业发展趋势.....	12
（一）从谋求单点技术的“极致”，向场景化综合生态发展.....	12
（二）以科技巨头引领的产业垂直整合速度不断加快.....	14
（三）开发框架格局逐步清晰，已从百花齐放向几家分争转变.....	15
（四）以研发和技术服务为核心，产业开始打造平台化发展模式.....	18
（五）智能计算产业形态初显，呈现蓬勃发展态势.....	20
（六）全球数据鸿沟仍在加大，开放共享机制与数据服务能力加速构建...	22
（七）以开源开发框架为核心的生态体系雏形渐显，多种小生态同步形成..	24
四、我国人工智能发展重点与机遇.....	26
（一）十三五期间我国总体发展情况.....	26
（二）十四五期间我国发展方向与机遇.....	29

图 目 录

图 1 全球融资轮次数量分布2

图 2 人工智能规模经济 S 曲线4

图 3 人工智能技术发展阶段8

图 4 垂直一体化布局15

图 5 开源框架发展历程16

图 6 技术体系按创新程度和突破难度分级30

表 目 录

表 1 主要开源框架活跃情况	16
----------------------	----



一、人工智能核心技术产业发展总体态势

（一）深度学习技术进入升级优化阶段，产业开始步入高速发展阶段

人工智能技术体系与产业体系错位发展，深度学习理论突破速度逐步放缓，产业开始步入高速发展阶段。目前，本轮深度学习理论突破速度开始放缓，技术红利的持续释放驱动图像分类、机器翻译等多类感知任务准确率大幅增长，步入升级优化期。人工智能本轮爆发初期主要在探讨算法理论的可能性，聚焦探索强化学习、迁移学习等新的学习方式以及 AlexNet、VGG、GoogLeNet 等结构多样的算法模型；算法理论的不确定性和技术的不成熟耗费产业界大量精力和时间，阻碍人工智能大规模应用进程。目前，产业开始步入高速发展时期，2020 年技术标志性生产工具 TensorFlow 框架下载量爆发式增长，仅一个月¹超 1000 万次，占发布四年半下载总量（1 个亿+）的十分之一；同时，技术成本快速下降，同等算法水平所需计算量每八个月降低一倍，成本降低百倍，业内涌现出研发平台、技术服务平台等多样化的平台形态，工程技术正在引领产业快速发展。

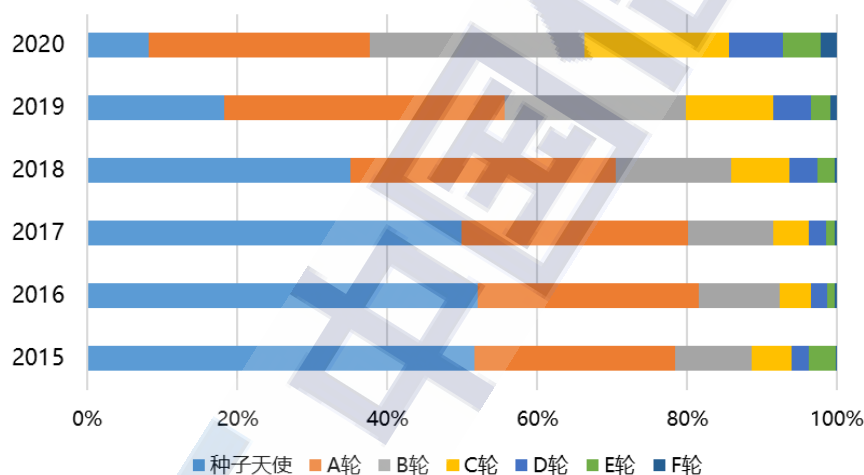
（二）寒冬并非低谷，产业生态已现加速构建态势

资本寒冬已经出现。其中，预期过高是主要原因。人工智能企业增速明显放缓，2019、2020 年全球每年新增人工智能企业数量已不足 100 家²，且投融资的轮次后移趋势不断扩大。2020 年 B 轮及以上融资笔数占总笔数的 62.3%，较上一年增长 40%以上。同时，曾获大笔融资的知名创新企业由于预期过高、虚假宣传等原因退出产业舞台。曾对标英特尔的芯片企业 Wave Computing，是人工智能计算领

¹ 根据 2020 年 4 月 TensorFlow 官方发布数据显示。

² 数据来源：中国信息通信研究院。

域最受关注的独角兽之一，2020 年 4 月由于数据流处理器性能不达预期而宣告破产；智能会计工具 ScaleFactor 宣称利用人工智能技术自动化生成财务报表，但实际却部分采用人工外包方式处理，在融资 1 亿美元后于 2020 年 3 月宣告倒闭。此外，资本早期对人工智能产业回报周期过于乐观是资本寒冬的另一原因。移动互联网在偏向工程属性的前提下，资本预期取得成效的时间为二到四年；与之相较，人工智能与传统行业核心业务深度融合，需更高的技术准确率和更深刻的行业理解力。因此，人工智能产业孕育时间更长，资本市场的期望和现实出现较大偏差。



来源：中国信息通信研究院

图 1 全球融资轮次数量分布³

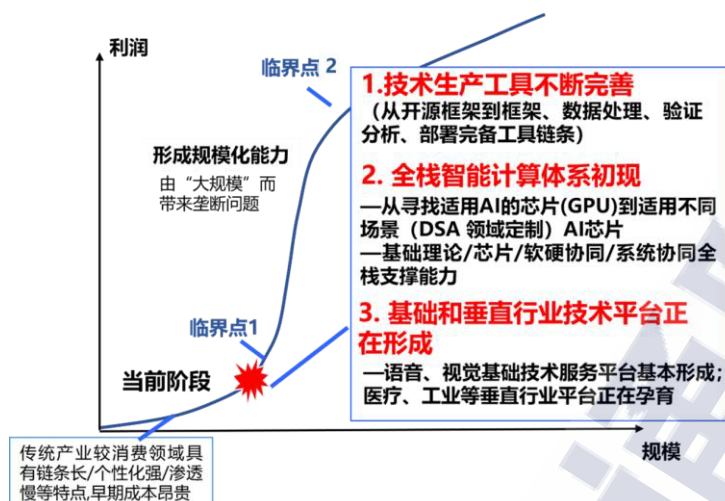
从技术基础理论突破到工程化落地应用，既有技术红利已为产业发展奠定坚实基础。当前，虽然资本市场的泡沫逐步破裂，但优质企业的估值仍在持续增长，独角兽企业不断出现，产业呈现良性发展态势。深度学习技术局限性似乎导致人工智能产业发展将遇天花板，然而事实并非如此。虽然，可解释性、理解推理等局限性确已显现，但这是下一时期理论技术突破重点，不能因此否定图像识别、语音合成、机器翻译等感知类任务上的应用技术成就和产业应用前景。目前，基

³ 投融资这里主要统计的是风险投资，不包含战略轮（国内）和其他风险投资。

于深度学习理论的优化技术层出不穷，RegNet⁴、GPT-3 等模型不断提升视觉处理、阅读理解等基础智能任务水平，虚拟助手、多语种翻译等智能应用已开始进入规模化应用阶段，大量的行业应用场景加速深度融合，技术能力和优化速度可见 5 到 8 年的红利。

产业各环节逐步明晰，规模化应用突破已现曙光。人工智能技术在消费互联网领域发展速度较快，智能推荐、视觉识别、语音助手等智能技术能力已深度应用至电商、社交、资讯等消费互联网平台以及手机、无人机等消费终端中，并加速与核心业务进行整合。**当前，智能技术正在向更多的行业领域渗透，融合渗透仍需时日孕育。**相较于消费互联网领域，传统行业的知识获取和积累需要较长时间，应用场景碎片化的特点导致低成本、易用、泛化能力较强的能力平台构建需较长周期。总体来看，人工智能产业正处于 S 曲线中快速发展的临界位置（如下图），现阶段智能技术落地成本较为昂贵，导致智能产品绝对量增加时，其单位成本并未明显下降。目前，人工智能头部企业加速布局，**不断完善技术生产工具**（开源开发框架、数据处理、验证分析、部署监测等完备研发工具链），**加速建立全栈智能计算技术体系**（形成基础计算理论、芯片、软硬协同、系统协同全栈技术支撑能力），**探索孕育基础和垂直行业技术平台**；产业规模化发展的进程正在不断加速，规模经济有望形成。

⁴ 2020 年 4 月，脸书人工智能实验室何恺明团队推出新型网络设计范式 RegNet，性能优于 2019 年 5 月谷歌提出图像分类模型（SOTA）EfficientNet，且在 GPU 上的速度提升 5 倍。



来源：中国信息通信研究院

图2 人工智能规模经济 S 曲线

（三）人工智能以空前广度与深度推动社会发展，加速产业结构升级进程

人工智能已全面覆盖社会运行的基本要素，内生性提升全局运转效率。从社会运行角度，人工智能加速影响日常生活、科学研究、商业创新和国家安全等社会运行的基本要素。一是人工智能与科学研究的结合已开始改变基于传统学术经验的科学研究方式，实现从大量已知论文、实验数据中挖掘未知理论，加速提升化学、材料、物理、药物研发等领域文献获取速度与实验发现效率，成为下一时期科技竞争的重要动力。二是人工智能成为商业创新与竞争的下一个主战场，传统行业巨头加速布局智能供应链、质量检测、商业决策等细分应用，有望显著提升生产流程、质量控制、商业营运等环节效率，改善工作条件；三是娱乐、消费电子、医疗等生活领域的智能应用不断贴近、细化场景需求，室内安防无人机、人性化虚拟助手等智能消费产品不断涌现，问诊机器人及智能影像逐步推广使用，医疗资源紧缺、分布不均等一些行业痛点开始缓解；四是疫情加速教育培训向在线智能化发展，试题 OCR 识别、辅助批改等应用已从试点向规模化发展，推动

教学管理向精准管理转变，助力个性化学习体系的建立；五是全球领先国家已充分意识到人工智能技术与国防安全融合的重要程度，投入针对性资金推动预测维护、自动驾驶、情报分析、智能飞控等国防智能应用的发展。

人工智能渗透率的提升有望显著加快全产业链结构的优化速度，牵引产业向高附加值的产品与服务转变。一方面，人工智能作为众多技术创新核心，是下一时期最为关键的高附加值产业。据预测，到 2030 年约 70% 的行业企业将使用人工智能技术，预计为全球增加 13 万亿美元的附加值⁵。另一方面，人工智能加速提升传统行业高附加值产品的比重，进一步优化产业结构。人工智能技术与核心业务、专家经验深度融合，行业主营产品和运行方式的智能化程度正在不断提升，衍生新产品与新服务。《麻省理工科技评论》全球 50 家聪明企业（TR50）榜单中已显现传统行业企业的身影，如布局医药研发赋能平台的传统药物研发厂商药明康德，利用智能技术提升物流收派效率的顺丰科技等。

二、人工智能技术创新重点

（一）深度学习试图从多角度融合创新，开启认知时代仍在探索

深度学习仍然是人工智能技术发展的主导路线。当前，基于大量标注数据进行训练是深度学习技术实际应用的主要路线，从 1400 余万幅图片的 ImageNet 数据集至 2020 年脸书和卡内基梅隆大学构建的超过 130 万种化合物分子间作用数据集 Open Catalyst，模型训练所需标注数据普遍达十万以上。然而，这种路线在取得良好成效的同时，面临着严重依赖标注数据的问题，带来在更多细分场景中应用落地的

⁵ 数据来源：麦肯锡。



扫码添加客服免费获取完整报告