

中国人工智能产业趋势报告 2023



序 言

尽管 2022 年人工智能市场发展活跃度不及预期,但 2022 年对人工智能产业来说无疑是令人激动的一年。年中由 DALL-E 2 以及其后 Stable Diffusion 和 Midjourney 等文本-图像生成模型引起公众对人工智能生成内容的大量关注,年末 ChatGPT 的横空出世刷新了公众对人工智能的智能化水平的认知。

一系列现象级的事件预示着人工智能产业正发生着深刻的变革,产业的进步缩小了长久以来我们对人工智能的期待与功能间的差距的同时,也进一步拓展了我们对人工智能的想象空间,为更多智能化应用走进我们的生产生活奠定了坚实的基础。我们相信变革终将拨开发展迷雾,消弭技术坚冰,让人工智能真正成为产业发展新篇章的支柱。

易观通过产业界前沿应用、学术界研究进展与投融资市场情况,结合专家意见、行业观点、现象级事件与对人工智能产业的研究积累,发布 2023 年人工智能产业发展趋势报告。

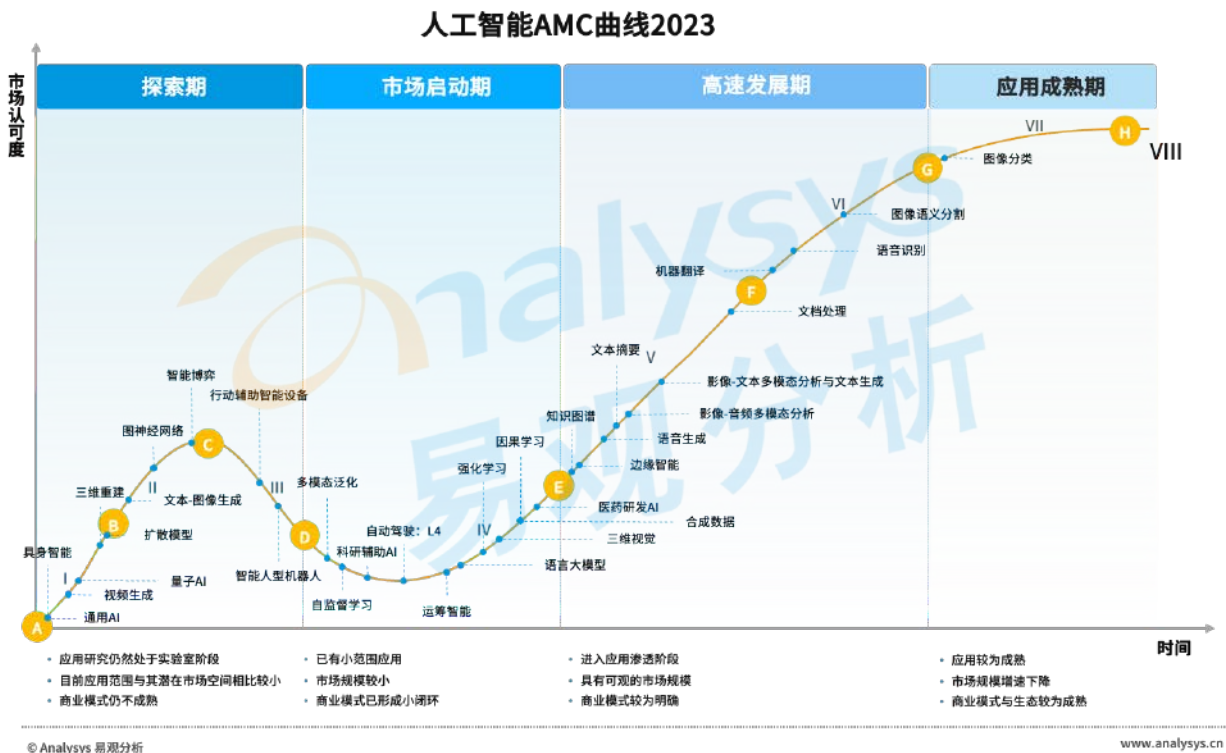
这份报告从人工智能产业的基础设施、算法模型、产业应用三方面出发分析各类趋势的关键要素,并深度剖析趋势的发展节点与核心驱动力。易观认为人工智能将加速走进千行百业,深度参与数字中国的建设的同时成为产业高端化的核心驱动力之一,而人工智能产业格局也将迎来快速的改变。

目 录

1 概述	1
2 基础设施篇	2
趋势 1: 人工智能发展需求将快速提升数据众包产业规模与专业性	2
趋势 2: 我国将形成芯片-人工智能产业内循环	2
趋势 3: 加速对边缘智能的探索需不同类型参与方进行紧密合作	3
3 算法模型篇	4
趋势 4: 文本-图像生成模型将出现针对细分领域需求的定制化产品	4
趋势 5: 大规模语言模型在专业领域的商业化方向仍需持续探索	5
趋势 6: 强化学习应用或将在科研与产业研发领域率先商业化	6
趋势 7: 图神经网络各类应用的商业价值均将大幅提升	7
趋势 8: 扩散模型将在年内应用于设计、建筑、广告等行业	8
4 产业应用篇	9
趋势 9: 产业界将出现更多结合算法模型原理进行设计的智能化应用	9
趋势 10: 科研人工智能作为国家战略其重要性将进一步提升	9
趋势 11: 智能设备在工业领域的应用渗透率将快速提升	10
趋势 12: 消费领域对行动辅助的需求或将促进相关智能设备先行发展	10
5 参考资料	11
易观分析版权声明 2023	14
关于易观分析	15

1 概述

易观人工智能 AMC 模型显示，图像分类与图像语义分割类应用已经较为成熟且有着较为稳定的市场空间，文本处理、语音识别与双模态等应用正逐渐实现对于市场的渗透。强化学习、因果学习、语言大模型等相关应用通过技术的迭代成功走出实验室，正不断摸索其商业模式。图神经网络、多模态泛化与自监督学习等应用正加速跨越从试验研发到产业落地的难关，对扩散模型、量子 AI、具身智能等的研究也将孕育智能程度更高、通用性更强的应用。建议短期关注处于市场启动期与高速发展期之间的应用成熟情况，长期关注处于探索期与市场启动期的应用研发进展。



2 基础设施篇

趋势 1：人工智能发展需求将快速提升数据众包产业规模与专业性

数据作为人工智能的产业基础,其重要性毋庸置疑。有研究认为目前训练大语言模型的语料数据已经出现缺口,且缺口正逐渐扩大。不仅语料数据,随着人工智能研究的不断推进以及产业应用的不断深化,对视觉、视频、语音以及专业领域高质高量数据的需求也正迅速增长。易观认为人工智能产业的整体发展致使对数据的需求快速增长,而这将刺激数据众包产业蓬勃发展,同时对数据质量要求的提升也对数据众包产业的专业性提出了更高的要求。

从产业应用来看,部分产业的智能化应用如高精度缺陷检测、工程设计空间规划等,由于功

能的局限性已难以满足产业智能化发展的要求,而功能的开发同样需要高质量、专业性的数据进行支持。易观认为目前制造业、医疗、工程建筑等行业对智能化应用的功能升级需求较大,因此将推动数据众包产业在相关行业率先发展。此外,“数据二十条”在数据资产化和数据价值开发方面的探索将形成对数据众包产业的利益保障。大语言模型和扩散模型的发展也将反哺数据众包产业,有效降低行业内企业的经营成本与研发成本。

趋势 2：我国将形成芯片-人工智能产业内循环

我国芯片产业在关键核心技术方面与国际先进水平存在代差,但芯片法案将倒逼我国切断对全球芯片产业链的依赖,进而加速促进我国进行核心技术迭代。易观预计我国芯片产业将在 3 年后实现 12nm 工艺芯片量产。从芯片产业生态来看,我国由龙头企业与核心科研机构主导的产业生态较为繁荣且颇具韧性,可以很好地应对市场冲击,也具备较高的价值与信息传导效率,因此有助于芯片产业的快速发展与迭代。

目前我国人工智能产业发展增速居世界前列,基于人工智能产业对芯片的巨大需求,易观

预计其对国产芯片的需求将快速增长。从需求类型来看,一是中小型研究机构、中型以下公司与个人研究者对高性能图形计算芯片需求量较大;二是大型公司与研究机构对大规模异构分布式计算的需求将形成对 CPU、GPU 芯片的大量需求;三是产业智能化应用对芯片的需求同样较大,且需求种类也较为多样。相应地,人工智能应用已成为芯片产业电路设计与缺陷检测等环节不可或缺的因素,且应用智能动态规划与大语言模型等技术对工艺改良、生产过程控制等环节具有重大意义,因此易观认为我国将形成“芯片-人工智能”的产业内循环。

趋势 3：加速对边缘智能的探索需不同类型参与方进行紧密合作

近年来边缘算力加速发展，在云-边-端协同的算力与通信基础设施建设框架内，边缘算力可以大幅降低产业应用对云端通信的需求，也可与端侧设备的算力形成互补，对智能化产业应用来说，可以更好地满足应用中高并发低延迟的要求。

易观认为边缘算力的发展对人工智能产业具有积极影响，但发展部署在边缘侧的人工智能应用仍需面对适配与优化的问题。与研发和云端算力相比，边缘算力的芯片架构不同，因此大量原本部署于云侧、端侧与私有化部署的智能化应用需要进行适配才能在边缘侧进行部署，这需要人工智能开发框架考虑对不同环境的适配与优化。

针对以上问题，目前如华为、百度等互联网背景厂商与京东、卡奥斯等产业背景厂商均已在相关方面做出大量努力，且已取得可观成绩，因此易观认为边缘侧的人工智能应用市场空间广阔。但由于产业对智能化应用的多样化需求与人

工智能应用开发的工程化需求，产业界仍需要对应用适配与优化的问题进行大量的探索，而这需要来自不同行业的、拥有不同核心技术的厂商们形成更加紧密的产业生态才能加速其探索的进程。

从另一个角度来看，生产端出于对数字化转型的需求，对边缘算力的需求相较于消费端也更大，而生产端对于智能化应用的功能与成本也更加敏感，因此更需要紧密合作的边缘智能产业生态来降低技术开发与应用成本，加速产业数字化转型。

另外，边缘算力的发展也将带来更多闲置算力，这部分算力理论上可以用来进行人工智能的训练，但仍然需要解决异步通信、异构算力等问题，而这需要人工智能产业界与计算机、通信等学术界进行更加紧密的合作，形成研究-研发-检验-应用的产学研用闭环后，加速验证并迭代相关问题的解决方案。

3 算法模型篇

趋势 4：文本-图像生成模型将出现针对细分领域需求的定制化产品

2022 年，文本-图像生成模型实现了在用户侧的快速推广，大众普遍认为其对语义的图像化表达精准度较高，可以很大程度降低将想象进行具象化的难度。由于巨大的应用潜力，产业界正积极探索文本-图像生成模型与业务的结合方式。

目前文本-图像生成较为明确的商业模式为按需付费与订阅制，也存在使用文本-图像生成类应用进行平台引流商业模式。但由于目前相关应用仍存在生成作品与训练数据的版权问题，因此易观认为对于文本-图像生成类应用可持续发展的商业模式应当积极探索向上游图库分润的机制，也应明确生成作品的版权归属。

目前各家文本-图像生成模型因为在训练数据、模型架构与模型版本等方面的区别，已经形成不同的图像风格，因此不同的用户也对不同的模型产生了偏好，产业界也会因需求不同而选择不同的文本-图像生成类产品。目前已有产品对不同行业不同环节的多样化需求的针对性仍不强，

易观认为在工业设计、产品设计等领域存在大量专业属性非常明显的细分需求，因此在 2 年内会出现针对细分需求的文本-图像类应用，定制化开发也有可能成为下一阶段产业界主流商业模式。此外，随着对扩散模型与辐射神经场模型等研究的深入，文本-图像生成模型或许将增加从文字到草稿再到三维建模的能力，而这也极大地拓展模型的应用空间。

趋势 5：大规模语言模型在专业领域的商业化方向仍需持续探索

ChatGPT 的出现使社会普遍承认大规模语言模型 (LLM) 的应用潜力。以 ChatGPT 为代表的 LLM 其强大能力的核心是具备大量通用领域的知识,但目前专业领域知识较少。对 LLM 来说,掌握众多专业领域知识对训练数据量与模型参数量均有非常高的要求,而在技术与成本方面的严格限制使目前的 LLM 不能满足相关要求。因此易观认为未来 2 年内由于搜索与推荐对通用领域与众多专业领域知识的要求,LLM 在相关应用上仅能作为辅助方式进行商业推广,而在文本内容生产与编程方面对多领域专业知识的要求相对较低,因此相关应用的商业模式或将早于搜索与推荐成熟。

除了在自然语言处理任务方面,ChatGPT 已证明 LLM 可以很好地应用在如数学与物理等以逻辑语言进行表述的领域。易观认为 LLM 在概念的精准与模糊映射、概念间的逻辑关系、概念的推理等方面已经具备在多领域进行应用的功能基础。

但从商业化应用的要求出发,LLM 的开发在数据与算力方面的成本仍然非常高,且专业领域 LLM 应用开发对跨领域人才的依赖度非常高,但跨领域人才仍存在非常大的供需缺口。因此虽然应用潜力巨大,但易观认为 LLM 在未来 3 到 5 年的商业化方向仍需持续探索。综合考虑功能、需求、战略重要性、成本、人才等方面,易观认为 5 年后在先进制造业、航空航天业等对技术要求高,且对成本敏感性相对较低的领域,LLM 的应用将实现快速渗透。

有研究认为,目前 LLM 的参数量与训练数据量不匹配,以至于其潜力并未得到充分挖掘。易观认为 LLM 训练数据与参数量级间的关系存在最优路径,而这需要在学术界与产业界形成一定共识,从而可以更好地平衡 LLM 的功能与成本,这将有利于 LLM 应用进行商业化探索。易观预计共识的形成至少需要 5 年的时间。

趋势 6：强化学习应用或将在科研与产业研发领域率先商业化

长久以来，强化学习探索的重点为模仿人类的行为与决策，甚至是超越平均人类水准的自主决策能力，因此目前强化学习的应用主要由两方面组成。一方面是以规则、策略与博弈为核心的兵棋推演、游戏、交易策略等，易观认为这部分应用目前市场空间较小。另一方面是以类人决策为核心的无人驾驶、机器人行动控制等，易观认为这部分因为技术的限制，目前应用的性能不足以支撑其商业化发展。

ChatGPT 使用基于人类反馈的强化学习进行指令微调。从效果来看，ChatGPT 的强大能力与强化学习密不可分，易观认为强化学习证明了其能力的同时也为其商业化应用带来了新的视角，即从对能力的需求出发，探索强化学习的应用方向。

基于科学研究与产业研发对强化学习在规则、策略、博弈与类人决策方面能力的旺盛需求，易观认为强化学习的商业化应用将转向相关市场。在科学研究方面，强化学习可以用来学习人类决策以替代重复性强的任务，或辅助进行新规则的发现；产业研发方面，强化学习可以用来进行新工艺的研发，或用来操控复杂机械设备。易观预计强化学习在科学研究与产业研发方面的市场虽然对专业性要求较高，但由于应用价值更高，在 3 年内相关应用将进行商业化推广。

趋势 7：图神经网络各类应用的商业价值均将大幅提升

易观认为由于功能的大幅提升，图神经网络（GNN）将加速应用渗透。在图的学习方面，针对单一 GNN 模型通常只能应对单一任务的情况，已有通用的模型-任务匹配评估方法，可以为动态场景理解、反金融欺诈检测等需要应用多种 GNN 模型的复合型任务，设计更加具有功能针对性的应用。在分类、聚类、搜索与推荐等任务中，对节点位置信息与节点身份信息更具表达性的深度图网络（DGN）相较于原有的 DGN 有着更佳的表现，在营销人群匹配、三维空间分类与分割与舆论影响预测等应用中效果明显提升。

在图的生成方面，相较于传统的图生成模型，图循环神经网络（GraphRNN）已经可以实现单一图的学习与生成、生成的图的规模也与之前的方法相比有了 50 倍的提升，在构建知识图谱、分子结构发现等方面的应用效果有着大幅提升，在生物学、工程学与社会学等学术研究中也有着更高的应用价值。在生成满足条件约束的图方面，相较于其他图模型，图卷积策略网络（GCPN）在分子发现方面的应用效果有着非常明显地提升，而其算法也可应用在生成布尔可满足方程与电路设计等方面。

对图的研究也打开了从图的方向审视人工智能研究的视角。深度神经网络本身具有图的结构，以图的方式学习深度神经网络内信息交换的过程，可以改进深度神经网络的结构设计，加深对神经网络理解的同时更能推进深度学习的研究进展。此外，图也可以用来处理数据缺失，而图神经网络也可以用来表示多个任务间的关系，以更好地解决人工智能从多个任务中学习的问题。

易观预计图神经网络的相关应用将逐渐推进商业化进程。从目前研究进展来看，GNN 的功能有很大可能出现质的飞跃，可以大幅提升其商业化的价值，且可降低技术拥有成本。另外数据众包产业的转型升级也将进一步降低 GNN 相关应用的技术使用成本。

趋势 8：扩散模型将在年内应用于设计、建筑、广告等行业

作为目前文本-图像生成类任务的主流底层模型，易观认为扩散模型的性能与功能均有望快速提升。从扩散模型的相关研究来看，性能的提升主要在体现为对采样过程的改进；功能的提升主要体现为使扩散模型具备处理特殊结构数据域的能力。此外，扩散模型与生成对抗模型 (GANs)、自回归模型 (ARMs) 等生成模型在概念、结构、设计、应用等方面的交叉有可能提升各类模型的生成能力。

易观认为除文本-图像生成外，文本-语音生成、超分辨率、图像修复等应用有望在 1 年内实现在设计、建筑、广告、电影、医疗等行业的商业化探索。

易观认为更多扩散模型的应用在 3 年内将逐渐成熟。声波信号处理和点云补全与生成的应用会进行商业化试水，且点云补全与生成的应用将为工业制造业的设计环节带来巨大突破。时间

序列补全与预测在金融业、供应链、营销与销售等方面均有应用，金融业的相关应用或将逐渐成熟，而由于成本与效率方面的限制，在供应链、营销与销售等环节的应用范围或将较小。学术研究中，分子学与材料学对于扩散模型的应用可能会率先成熟。

对于语义分割、异常检测等商业空间更大的扩散模型应用，易观认为 5 年后其成本与效率可以初步满足商业化的基本要求。由于算力与技术的限制，视频生成在 3 年后才能实现在小范围内的应用。

扩散模型在自然语言处理、稳健学习方面的任务中均有不错的表现，但具体应用的商业化可能性还需要进一步验证。易观认为扩散模型的价值将在数字孪生、元宇宙、web3 等技术应用中得以最大化体现。

4 产业应用篇

趋势 9：产业界将出现更多结合算法模型原理进行设计的智能化应用

易观认为科研中对人工智能应用方式的思考，对产业界如何应用人工智能具有很强的参考价值。目前产业界对人工智能的应用停留在对模型功能的直接应用，但科研中的许多应用需要充分考虑算法特性与模型结构，并结合各学科的科研规则来设计相关应用。产业界可以充分借鉴其成功经验，从底层原理入手进行应用的设计：如可将各参与方视为节点，将参与方间的信息交换视为边并形成图，结合不同行业的业务目的以图神经网络的方式设计用于流程优化的智能化应用；也可将生产工艺中的各项规则进行整理并视为工艺规则语言，结合大语言模型的能力设计进行工艺优化的智能化应用。易观认为从底层原理出发

进行设计的产业应用其潜在市场空间远大于目前人工智能市场规模，且产业智能化深化发展的需求将促进此类应用的开发。

从底层原理出发进行设计的产业应用也需要大量高水平跨学科人才以支撑其发展。目前相关人才的供应缺口已经显现且缺口将在未来几年内加速扩大。较为合理的人才培养机制需要下游应用企业、上游技术供应商、学校和学术机构戮力同心，针对细分行业智能化转型需求设计人才培养项目，且需从应用开发分工角度考虑细分专业人才的联合培养机制。

趋势 10：科研人工智能作为国家战略其重要性将进一步提升

近年来人工智能在数学、理论物理学、应用物理学、工程学、化学、生物、材料学、气象学、医学等多个科研领域均有应用探索，且人工智能的应用均为相关领域的研究带来新的思考与发现，如利用人工智能重新审视现有物理规律，利用强化学习操控可控核聚变的研究装置等。科学技术的发展决定了一个国家甚至一个时代的发展上限，因此易观认为人工智能在科研领域的应用对于国家发展的战略意义已经十分明显且仍将不断增强。由于科研智能化在发展战略中的基础性与重要性，易观预计人工智能赋能的科研服务将在

3 年后形成可观的市场空间，但由于科研服务与人工智能结合带来的技术门槛，相关市场的进入难度极高，因此需要加速探索更加合理的市场机制。

另外，易观认为人工智能科研应用安全性问题的重要性也将迅速提升，而因此形成的市场空间也将十分可观。但相关市场的技术门槛同样极高，也会设置准入门槛，因此先发优势将是企业竞争优势的决定性因素。

趋势 11：智能设备在工业领域的应用渗透率将快速提升

随着工业数字化转型将更多地向生产制造环节渗透，对智能设备的需求也将稳步增长。同时如 AGV、工业机器人、智能传送带等工业智能设备的价格随着产能的上升，平均单价也在逐渐下降。预计云边端协同与工业通信将在 5 年后实现普及，工业智能设备的智能化水平也将有大幅度

提升，工业智能设备的应用价值将迅速放大，因此易观预计工业领域智能设备的市场规模将在未来 5 年内稳步增长，而 5 年后将迎来增长拐点。

趋势 12：消费领域对行动辅助的需求或将促进相关智能设备先行发展

目前由于在数据、算力、相关软件技术成熟度、材料、设备等方面技术与工艺的限制，自动驾驶、行动辅助装备、人工外骨骼、人型机器人等行动智能设备的收益与成本间仍存在较大的不平衡，因此 5 年内相关市场的发展速度或将较低。易观预计 5 年后因行动姿态估计、增材制造等技术的逐渐成熟，如义肢、运动康复设备与助老设备等行动辅助设备的成本将逐渐降低，而在医疗、

康养、养老等方面的相关需求也将出现明显增长，且相关领域对高客单价的接受度相对较高，因此相较于其他消费领域行动智能设备，行动辅助智能设备的商业化将先行发展，而之后大众对行动辅助智能设备接受度的提升也将促进人工外骨骼在多个领域的应用渗透。

5 参考资料

- [1] Castelvechi, Davide. "DeepMind' s AI helps untangle the mathematics of knots." *Nature* 600.7888 (2021): 202-202.
- [2] Tu, Zhengzhong, et al. "Maxvit: Multi-axis vision transformer." *arXiv preprint arXiv:2204.01697* (2022).
- [3] Micheli, Vincent, Eloi Alonso, and François Fleuret. "Transformers are sample efficient world models." *arXiv preprint arXiv:2209.00588* (2022).
- [4] Davies, Alex, et al. "Advancing mathematics by guiding human intuition with AI." *Nature* 600.7887 (2021): 70-74.
- [5] Blundell, Charles, et al. "Towards combinatorial invariance for Kazhdan-Lusztig polynomials." *Representation Theory of the American Mathematical Society* 26.37 (2022): 1145-1191.
- [6] Davies, Alex, et al. "The signature and cusp geometry of hyperbolic knots." *arXiv preprint arXiv:2111.15323* (2021).
- [7] Kirkpatrick, James, et al. "Pushing the frontiers of density functionals by solving the fractional electron problem." *Science* 374.6573 (2021): 1385-1389.
- [8] Fawzi, Alhussein, et al. "Discovering faster matrix multiplication algorithms with reinforcement learning." *Nature* 610.7930 (2022): 47-53.
- [9] Degraeve, Jonas, et al. "Magnetic control of tokamak plasmas through deep reinforcement learning." *Nature* 602.7897 (2022): 414-4
- [10] Lin, Zeming, et al. "Language models of protein sequences at the scale of evolution enable accurate structure prediction." *BioRxiv* (2022).
- [11] Nijkamp, Erik, et al. "Progen2: exploring the boundaries of protein language models." *arXiv preprint arXiv:2206.13517* (2022).
- [12] Cho, Nathan H., et al. "OpenCell: Endogenous tagging for the cartography of human cellular organization." *Science* 375.6585 (2022): eabi6983.
- [13] Lu, Hongyuan, et al. "Machine learning-aided engineering of hydrolases for PET depolymerization." *Nature* 604.7907 (2022): 662-667.
- [14] Kapoor, Sayash, and Arvind Narayanan. "Leakage and the Reproducibility Crisis in ML-based Science." *arXiv preprint arXiv:2207.07048* (2022).
- [15] Baker, Bowen, et al. "Video pretraining (vpt): Learning to act by watching unlabeled online videos." *arXiv preprint arXiv:2206.11795* (2022).
- [16] Li, Yujia, et al. "Competition-level code generation with alphacode." *Science* 378.6624 (2022): 1092-1097.
- [17] Nijkamp, Erik, et al. "Codegen: An open large language model for code with multi-turn program synthesis." *ArXiv preprint, abs/2203.13474* (2022).
- [18] Christopoulou, Fenia, et al. "PanGu-Coder: Program Synthesis with Function-Level Language Modeling." *arXiv preprint arXiv:2207.11280* (2022).
- [19] Tay, Yi, et al. "Efficient transformers: A survey." *ACM Computing Surveys* 55.6 (2022): 1-28.
- [20] Dehghani, Mostafa, et al. "The efficiency misnomer." *arXiv preprint arXiv:2110.12894* (2021).

- [21] Lewkowycz, Aitor, et al. "Solving quantitative reasoning problems with language models." *arXiv preprint arXiv:2206.14858* (2022).
- [22] Polu, Stanislas, et al. "Formal mathematics statement curriculum learning." *arXiv preprint arXiv:2202.01344* (2022).
- [23] Xia, Weihao, and Jing-Hao Xue. "A Survey on 3D-aware Image Synthesis." *arXiv preprint arXiv:2210.14267* (2022).
- [24] Srivastava, Aarohi, et al. "Beyond the Imitation Game: Quantifying and extrapolating the capabilities of language models." *arXiv preprint arXiv:2206.04615* (2022).
- [25] Bavarian, Mohammad, et al. "Efficient training of language models to fill in the middle." *arXiv preprint arXiv:2207.14255* (2022).
- [26] Tay, Yi, et al. "Efficient transformers: A survey." *ACM Computing Surveys* 55.6 (2022): 1-28.
- [27] Peebles, William, and Saining Xie. "Scalable Diffusion Models with Transformers." *arXiv preprint arXiv:2212.09748* (2022).
- [28] Huang, Jie, and Kevin Chen-Chuan Chang. "Towards Reasoning in Large Language Models: A Survey." *arXiv preprint arXiv:2212.10403* (2022).
- [29] Hoffmann, Jordan, et al. "Training Compute-Optimal Large Language Models." *arXiv preprint arXiv:2203.15556* (2022).
- [30] Ouyang, Long, et al. "Training language models to follow instructions with human feedback." *arXiv preprint arXiv:2203.02155* (2022).
- [31] Villalobos, Pablo, et al. "Will we run out of data? An analysis of the limits of scaling datasets in Machine Learning." *arXiv preprint arXiv:2211.04325* (2022).
- [32] Gan, Zhe, et al. "Vision-language pre-training: Basics, recent advances, and future trends." *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision* 14.3–4 (2022): 163-352.
- [33] Krishna, Ranjay, et al. "Socially situated artificial intelligence enables learning from human interaction." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119.39 (2022): e2115730119.
- [34] McGrath, Thomas, et al. "Acquisition of chess knowledge in alphazero." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119.47 (2022): e2206625119.
- [35] Yang, Ling, et al. "Diffusion models: A comprehensive survey of methods and applications." *arXiv preprint arXiv:2209.00796* (2022).
- [36] Yang, Ling, et al. "Diffusion models: A comprehensive survey of methods and applications." *arXiv preprint arXiv:2209.00796* (2022).
- [37] "AlphaFold Reveals the Structure of the Protein Universe." RSS, www.deepmind.com/blog/alphafold-reveals-the-structure-of-the-protein-universe.
- [38] Peebles, William, and Saining Xie. "Scalable Diffusion Models with Transformers." *arXiv preprint arXiv:2212.09748* (2022).
- [39] Schneider, Phillip, et al. "A Decade of Knowledge Graphs in Natural Language Processing: A Survey." *arXiv preprint arXiv:2210.00105* (2022).
- [40] Yuan, Hao, et al. "Explainability in graph neural networks: A taxonomic survey." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* (2022).
- [41] You, Jiaxuan. *Empowering Deep Learning with Graphs*. Stanford University, 2021.

- [42] Tan, Xu, et al. "A survey on neural speech synthesis." *arXiv preprint arXiv:2106.15561* (2021).
- [43] Hu, Chengming, et al. "Teacher-Student Architecture for Knowledge Learning: A Survey." *arXiv preprint arXiv:2210.17332* (2022).
- [44] Baevski, Alexei, et al. "Data2vec: A general framework for self-supervised learning in speech, vision and language." *arXiv preprint arXiv:2202.03555* (2022).
- [45] Reuther, Albert, et al. "AI and ML Accelerator Survey and Trends." *2022 IEEE High Performance Extreme Computing Conference (HPEC)*. IEEE, 2022.
- [46] Lang, Christopher Ilic. Applications of Probabilistic Machine Learning Models to Semiconductor Fabrication. Diss. Massachusetts Institute of Technology, 2022
- [47] Li, Xiang. The Study on the Architecture and Optimization of Deep Convolutional Networks. Nanjing University, 2020.
- [48] Qu, Zhongnan. "Enabling Deep Learning on Edge Devices." *arXiv preprint arXiv:2210.03204* (2022).
- [49] You, Jiaxuan. "Empowering Deep Learning with Graphs." *Ph.D. Thesis in Computer Science, Stanford University* (2021).

易观分析版权声明 2023

1. 本报告包含的所有内容（包括但不限于文本、数据、图片、图标、研究模型、LOGO、创意等）的所有权归属易观分析（Analysys，以下称“本公司”），受中国及国际版权法的保护。对本报告上所有内容的复制（意指收集、组合和重新组合），本公司享有排他权并受中国及国际版权法的保护。对本报告上述内容的任何其他使用，包括修改、发布、转发、再版、交易、演示等行为将被严格禁止。

2. 本报告及其任何组成部分不得被再造、复制、抄袭、交易，或为任何未经本公司允许的商业目的所使用。如果正版报告用户将易观分析提供的报告内容用于商业、盈利、广告等目的时，需征得易观分析书面特别授权，并注明出处“易观分析”，并按照中国及国际版权法的有关规定向易观分析支付版税。如果用户将易观分析提交的报告用于非商业、非盈利、非广告目的时，仅限客户公司内部使用，不得以任何方式传递至任何第三方机构、法人或自然人。如果本公司确定客户行为违法或有损企业的利益，本公司将保留，包括但不限于拒绝提供服务、冻结会员专有帐户、追究刑事责任的权利。

3. 本公司对报告中他人的知识产权负责。如果你确认你的作品以某种方式被抄袭，该行为触犯了中国及国际版权法，请向本公司做版权投诉。

4. 本报告有关版权问题适用中华人民共和国法律。我们保留随时解释和更改上述免责事由及条款的权利。

关于易观分析

易观分析是中国数智化领域专业的科技和 market 分析机构。

经过 20 多年与金融、互联网、消费、传媒等行业和客户不断的价值互动和共同成长，易观分析积累了大量独有的高质量内容，包括各类行业、企业、技术与产品数据库、成熟的模型体系，并通过专业的商业和技术分析师，帮助客户在数字化商业模式和数字化技术方面，有效进行选择，评估和最佳实践导入，从而提升客户的数字业务能力，显著改善市场竞争力。

易观分析建立了以易观千帆、易观博阅为基础的订阅产品以及分析师订阅服务矩阵，希望通过专业、独立、客观的数据和商业分析与技术分析，成为引领行业和企业数智化的航标灯，做到让科技有道，让创新可依！



官方网址：www.analysys.cn

电子邮件：ygfx@analysys.com.cn

客服电话：4006-010-231