

2030 年的人工智能与生活

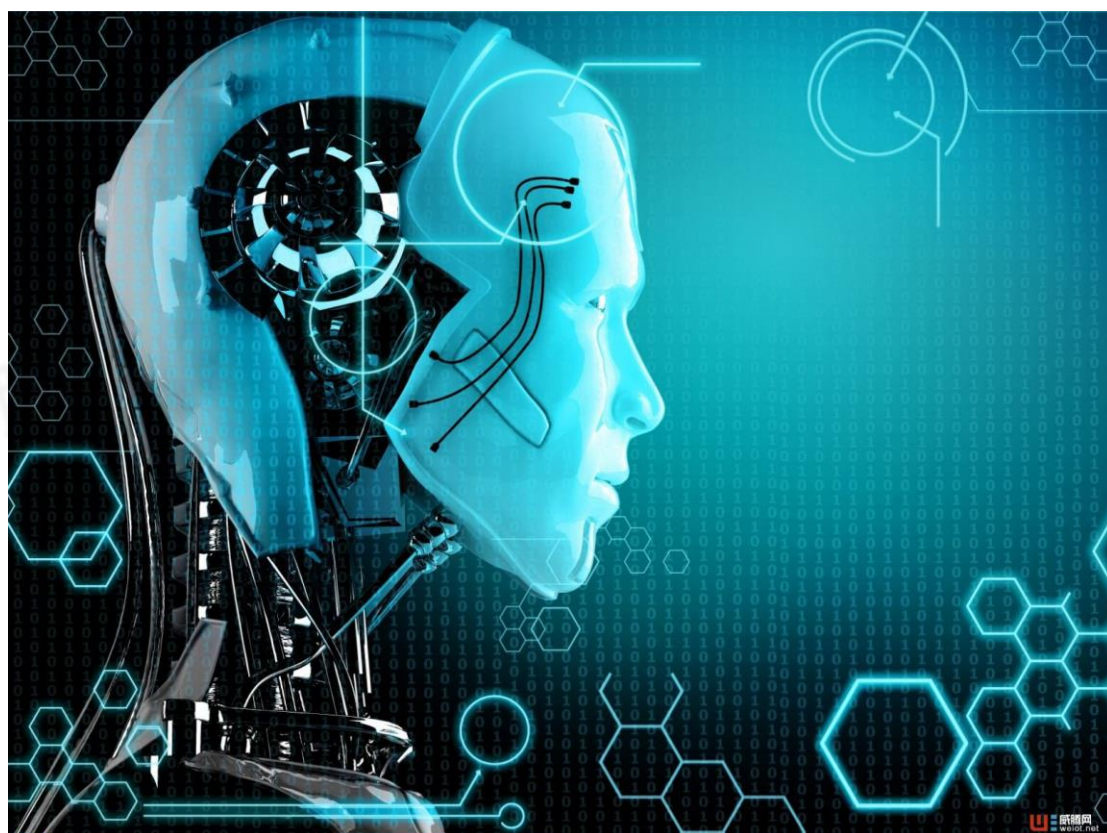
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LIFE IN 2030

(斯坦福大学 2016 年 9 月发布)

AI 世代 编译整理



前言



“人工智能百年研究” (The One Hundred Year Study on Artificial Intelligence)项目启动于 2014 年秋季，这是一个关于人工智能(AI)及其对人类、社区和社会所带来影响的长期调研项目。其研究内容包括相关科学和工程，以及 AI 计算系统的部署。负责该项目的常务委员会组建了一个研究小组(Study Panel)，每五年对 AI 的发展状况进行一次评估，这也是该项目的主要的任务。

在这篇报告中，研究小组将回顾从上次报告到现在这段时间内人工智能的进展，展望未来的潜在进展，并阐述这些进展可能带来的技术和社会挑战，以及市场机遇，所涉及的领域包括：道德伦理、经济，以及与人类认知相兼容系统的设计等。该项目定期对 AI 进行回顾的主要目的是：提供一个综合、连贯的 AI 发展状况，以及 AI 发展所带来的社会影响。这些研究希望能在人工智能研究、发展、系统设计、以及对个人和社会有利的项目与政策上，为人们提供专业的指南。

“人工智能百年研究”参照了之前的一项名为“AAAI Asilomar Study”的研究。2008 年至 2009 年间，美国人工智能协会(AAAI)时任总裁埃里克·霍维茨(Eric Horvitz)组建了一个 AI 专家组。该专家组采取“分散式”工作方式，专家们对 AI 的短期发展、长期可能性，以及法律和道德问题进行了研究。后来，这些专家聚集在加州阿西洛玛(Asilomar)，召开了

一次为期三天的会议，来分享和讨论他们的研究发现。关于这次会议内容的简短书面报告，连同专家们与同事的后续讨论内容，在 AI 和其他学术界引发了强烈反响。“阿西洛玛会议”的影响，以及 AI 逐渐走进人们的日常生活中，激发了我们长期持续研究 AI 的想法。

“人工智能百年研究”这篇报告是我们这项至少持续 100 年的研究系列中的第一篇。2015 年夏季，常务委员会指派了一个研究小组，负责组建现在这个初始的研究小组，并任命德州大学奥斯汀分校教授彼得·斯通(Peter Stone)担任该小组的主席。该研究小组于 2015 年秋季正式组建，由 17 名成员组成，包括学术界、企业实验室和行业内的人工智能专家，以及法律、政治科学、政策和经济方面的人工智能学者。

这些研究人员代表着不同的专业、地区、性别和职业阶段。常务委员会广泛讨论了研究小组相应的责任，包括研究人工智能近期的发展，以及对就业、环境、运输、公共安全、医疗保健、社区参与和政府等方面的潜在社会影响。委员会还考虑了各种研究方式，包括调查子领域及其状态；研究特定的技术，如机器学习或自然语言处理；研究特定的应用领域，如医疗保健或运输。

委员会最终选择了“2030 年的人工智能与生活”为主题，以强调人工智能的各种用途及影响。鉴于城市在大多数人类生活中的核心作用，委员会又将研究重点缩小到大多数人居住的大都市。由于全球的城市设施和文化具有极大的差异性，委员会又再次将研究范围缩小到北美的一座城市。但委员会同时指出，这项研究具有广泛的全球关联性。

目录

前言	1
报告摘要	7
概述	9
第一章：什么是人工智能？	15
人工智能的定义	15
人工智能研究趋势	17
第二章：人工智能的应用领域	23
交通	23
家庭/服务机器人	29
医疗保健	31
教育	36
低资源社区	39
公共安全	39
就业	40
娱乐	42
第三章：人工智能公共政策的前景与建议	45
当前及未来的人工智能政策	45
附录：人工智能简史	50

由于这篇报告专注于北美城市的日常生活,因此人工智能在军事领域的应用并未包括在内,这并不是无视人工智能在军事方面的应用潜力。另外,这篇报告主要面向四大受众人群:一是普通大众,从科学和技术层面上、以易于理解的方式为他们提供人工智能的现状和发展潜力;二是面向行业人士,详细阐述了技术、法律和道德方面的挑战,能够对资源分配做出指导;三是面向地区、全国和国际政府,帮助他们更好地计划人工智能监管;四是面向人工智能研究人员,及其所在机构和资助方,帮助他们制定研究重点,并考虑到人工智能研究和应用可能引发的道德和法律问题。

对于研究小组成员花费大量时间进行研究,并制作了这篇报告,常务委员会在这里要向他们表示感谢。此外,还要特别感谢斯通教授能够出任研究小组主席,奉献自己的才能、技术和领导能力。

常务委员会成员名单:

Barbara J. Grosz(主席)

Russ Altman

Eric Horvitz

Alan Mackworth

Tom Mitchell

Deidre Mulligan

Yoav Shoham

研究小组成员名单:

彼得·斯通(Peter Stone), 主席, 来自德州大学奥斯汀分校

Rodney Brooks, 来自 Rethink Robotics 机器人公司

Erik Brynjolfsson, 来自麻省理工学院

Ryan Calo, 来自华盛顿大学

Oren Etzioni, 来自艾伦人工智能学院

Greg Hager, 来自约翰霍普金斯大学

Julia Hirschberg , 来自哥伦比亚大学

Shivaram Kalyanakrishnan , 来自印度理工学院孟买校区

Ece Kamar , 来自微软研究院

Sarit Kraus , 来自巴尔伊蓝大学(Bar Ilan University)

Kevin Leyton-Brown , 来自英属哥伦比亚大学

David Parkes , 来自哈佛大学

William Press , 来自德州大学奥斯汀分校

AnnaLee (Anno) Saxenian , 来自加州大学伯克利分校

Julie Shah , 来自麻省理工学院

Milind Tambe , 来自南加州大学

Astro Teller

报告摘要

人工智能是一门科学，一套计算技术，灵感源自人们使用其神经系统、以及身体感知、学习、推理和采取行动的方式。一直以来，人工智能的发展速度参差不齐，难以预测。但整体而言，人工智能在过去 60 年间还是取得了长足发展。之前，人工智能还仅限于学术研究，而 21 世纪的人工智能让许多主流技术走进人们的日常生活，并带来显著影响。例如，计算机视觉和 AI 规划推动了视频游戏的发展，并一举超越好莱坞电影产业。深度学习(机器学习的一种)让语音识别走进手机成为可能，这种算法还能被广泛应用到其他一系列依赖于模式识别的应用中。自然语言处理(NLP)、知识表示(knowledge representation，是指把知识客体中的知识因子与知识关联起来，便于人们识别和理解知识。)及推理能让机器在智力竞赛节目中战胜人类冠军，并为 Web 搜索带来新力量。



令人印象深刻的是，这些技术针对于不同的任务具有高度的可定制性。每项应用通常需要数年的专业研究和精心培育，例如自动驾驶汽车、医疗诊断、靶向治疗和老年人护理等。此外，人工智能和机器人还能被应用到全球难以吸引年轻人就业的行业，例如农业、食品加工、履约中心和工厂等。这些技术能通过无人机、自动驾驶卡车或机器人来配送在线订单。

这篇报告是这项至少持续 100 年的研究系列中的第一篇。在被常务委员会指派任务之后，即研究 2030 年之前北美一座典型城市的 AI 影响，2015 年正式组建的研究小组将其工作重心集中在 8 大领域：交通、服务机器人、医疗保健、教育、低资源社区、公共安全、就业和娱乐。对于上述每一个领域，这篇报告都对过去 15 年人工智能在这些领域所取得进展进行了总结，并对未来 15 年的发展状况进行了预测。

虽然这些总结和预测都基于同一研究源，但每一个领域所反映出的 AI 影响和挑战是不

同的。例如，打造安全和可靠硬件方面的困难存在于交通和服务机器人领域，与人类专家顺畅互动方面的困难存在于医疗保健和教育领域，赢得公众信任方面的挑战存在于低资源社区和公共安全领域，克服“淘汰人类”说的挑战存在于就业领域，而扼杀人类面对面交流的社交担忧存在于娱乐领域。

这篇报告先从人工智能的构成说起，以提议人工智能相关政策结束。这些建议包括在政府机构增加人工智能专家数量，投入更多资源，研究人工智能所引发的安全和隐私问题，及其社会影响。与其他人工智能研究所给出的离奇预测不同，研究小组发现人工智能对人类并没有迫切的威胁。目前还没有能够长期自我存续的机器被研发出来，而且短期内也不可能。相反，未来 15 年预计将有越来越多的实用 AI 应用被研发，并可能对社会和经济带来深远的积极影响。

同时，这样的发展还将对人类劳动力究竟是增加或减少带来颠覆性影响，从而为经济和社会带来更广泛的挑战。将来的应用设计和政策决定可能对这些发展的属性和方向产生长期影响。对于人工智能研究人员、开发者、社会学家和政策制定者而言，能够平衡这种创新的必要性、确保人工智能的经济和社会裨益能够被社会广泛共享至关重要。如果社会以恐惧和怀疑的态度对待这些技术，就会阻碍人工智能的发展。相反，如果社会对人工智能持更开放的态度，人工智能在未来数十年会让社会变得更美好。

概述



在电影和小说中，对人工智能那种令人恐惧、充满未来主义色彩的描述都是虚构的。事实上，人工智能正在改变我们的日常生活，它改善了人类健康状况，提高了人类的安全性和工作效率。与电影中不同，根本没有超能机器人给我们带来威胁。当然，人工智能技术被滥用的可能性我们也必须要承认。但是，其更大潜力在于能让我们的驾驶更安全，帮助孩子们学习，提高我们的生活水平。事实上，已经有越来越多的实用人工智能应用在学校、家庭和医院等场所出现，并且正在加速发展。当前，许多大学都在研究人工智能技术，苹果、Facebook、谷歌、IBM 和微软等科技公司也在开发人工智能应用，并将其视为公司未来发展的关键。甚至连好莱坞工作室也将人工智能技术搬上了荧幕。

基于计算机视觉、语音识别和自然语言处理(NLP)的创新推动了这种变化。与此同时，人工智能还改变了人们与技术的互动方式，许多人已经习惯于用手指触摸智能手机，并用语音发号施令。随着人工智能系统逐渐适应个体特征和目标，将来人与机器的关系将变得更加微妙、顺畅和个性化。这些人工智能应用将能监测人们的健康状况，在风险发生之前提醒人们，在需要或想要的时候提供服务。例如，未来 15 年，人工智能应用可能会通过自动驾驶汽车来颠覆交通行业，能够按需接送人或包裹，并送达目的地。仅这一项就能给城市发展带来巨大变化，因为交通堵塞、包裹快递等问题将不复存在。

这项研究选择了一个典型的北美城市，旨在凸显人工智能为生活在这里的数百万人口的

日常生活所带来的特定影响。为进一步缩小范围，研究小组将工作重心集中在已经被人工智能影响或即将被影响的 8 大领域，分别为交通、服务机器人、医疗保健、教育、低资源社区、公共安全、就业和娱乐。

虽然这些总结和预测都基于同一研究源，但每一个领域所反映出的 AI 影响和挑战是不同的。例如，打造安全和可靠硬件方面的困难存在于交通和服务机器人领域，与人类专家顺畅互动方面的困难存在于医疗保健和教育领域，赢得公众信任方面的挑战存在于低资源社区和公共安全领域，克服“淘汰人类”说的挑战存在于就业领域，而扼杀人类面对面交流的社交担忧存在于娱乐领域。

在每一个研究领域，人工智能在提供显著裨益的同时，也引发了一些伦理和社会问题，包括隐私担忧等。机器人和其他人工智能技术已经开始在一些领域取代人工劳动力。从社会的角度讲，我们正处在一个关键的结合点上，需要决定如何以推动这种趋势而不是阻止的方式来部署人工智能技术。从个人的角度讲，我们的生活质量，以及如何评估我们的贡献将逐渐发生转变。在未来几年，人工智能研究、系统开发、社会及监管框架将决定人工智能的裨益能否大于其成本和风险，以及这些裨益将在多大程度上被共享。

精确定义人工智能是件很困难的事情，因此，对人工智能未来发展进行准确的预测从一开始就遭遇阻力。基于研究小组所使用的方法，目前还没有“通用”人工智能技术。为此，这篇报告针对不同的领域对人工智能系统进行了阐述，这些领域的每项应用通常需要数年的专业研究和精心培育。因此，人工智能在上述八大领域的发展进度也各不相同。



以“交通”领域为例，该领域的一些核心技术已经推动人工智能在该领域以令人惊讶的速度普及。自动化交通很快会司空见惯，由于自动驾驶汽车比人类司机更安全，城市居民自主拥有的汽车数量将减少。到 2030 年，在北美的一个典型城市，人工智能技术在交通领域的应用已不局限于小型轿车，而是扩展到卡车、飞行器和个人机器人中。

在“家庭/服务机器人”方面，人工智能已经走进千家万户，典型代表就是真空吸尘器。更好的芯片、更低成本的 3D 传感器、基于云的机器学习，以及语音识别技术的提升，将进一步强化未来的机器人服务，及其与人类的互动。但目前，技术限制和高成本将继续限制人工智能技术在该领域的商业化机会。

在“医疗保健”领域，通过个人监测设备和移动应用、通过电子病历(EHR)，甚至是通过外科手术机器人，人们收集到了大量实用信息。在未来几年，基于人工智能技术的应用将在很大程度上提高数百万人口的健康状况和生活质量。虽然临床应用走出实验室的速度很慢，但已经有迹象表明，其创新速度将继续加快。此外，我们还可以通过各种激励措施来推动其发展。对于许多应用，人工智能系统必须与医疗保健服务提供商和患者紧密合作，以获取他们的信任。

在“教育”领域，确保人类与人工智能技术进行顺畅互动仍是一个关键挑战。虽然素质教育经常需要人类教师与学生进行积极互动，但人工智能将在各个层面强化教育，尤其是在提供个性化教学方面。如今，交互式机器导师已经被用于科学、数学、语言和其他学科的教学。自然语言处理、机器学习和众包已经推动了在线教育的发展，在解决了个体学生的学习需求和方式的同时，还极大地扩大了学生规模。在未来十五年，这些技术将得到显著普及，并可能整合到“面对面”学习中。

在“低资源社区”领域，人工智能技术将能够缓解或解决各种社会问题。例如，利用数据挖掘和机器学习，人工智能技术已被用于创建各种预测模型，帮助政府机构解决一些问题，如防止儿童铅中毒，有效发放食物等。这还只是一个开始，如果各机构和组织能与这些社区建立起信任，那么人工智能技术在该领域大有用武之地。

在“公共安全”领域，北美一些城市和政府机构已经将人工智能技术部署到广泛的管理和执法中。到 2030 年，这些城市和机构将严重依赖于人工智能，包括摄像头和无人机监控、识别金融欺诈的算法、制定预防性策略等。精心部署的预测工具将为我们提供数据和预测方面的更高透明度，可能被用于识别或降低人类偏见。

在“就业”领域，人工智能可能会取代特定岗位上的人类劳动力，如汽车或卡车驾驶员。但在许多领域，至少在短期内，人工智能还不会取代人类劳动力，甚至还会创造出一些新的就业机会。此外，人工智能还将降低许多商品和服务的成本。从长期角度讲，人工智能还可能被视为一种与当前完全不同的财物创造机制。在这种机制下，每个人都是全球由人工智能所创造财物的一份子。因此，讨论如何分享人工智能技术所带来的经济成果并不是一个遥远的话题。

在“娱乐”领域，社交网络和其他平台已经利用自然语言处理、信息检索、图像处理、众包和机器学习等技术改变了人们共享和浏览博客、视频和照片的方式。此外，一些传统的娱乐方式也开始拥抱人工智能技术，来创作歌曲，营造舞台效果，打造 3D 场景等。将来，

人工智能技术会让娱乐变得更加更具互动性，更加个性化。

人工智能研究的下一步工作是什么？

推动人工智能向前发展的研究内容也在快速变化。其中的重点包括机器学习的成熟和数字经济的刺激，这两个方面提供并运用了大量的数据。其他一些因素还包括云计算资源的崛起，消费者对语音识别和导航支持等服务需求的提高。

得益于智能神经网络的成功，机器学习得到了长足发展。如今，我们可以利用大量数据集和大规模计算对机器进行培训，这种方法被称为“深度学习”。用来执行基本操作(如感知、目标识别)的硬件技术的显著提升也推动了信息处理算法的不断完善。新平台、数据驱动型产品市场、以及寻找新产品和市场的经济刺激，也推动了人工智能研究的发展。如今，人工智能已经成为社会发展一股中坚力量，人工智能的研究领域也转向建立能与人类有效沟通的智能系统。这些趋势导致当前人工智能研究的热门领域包括：

大规模机器学习：涉及到学习算法的设计，包括对当前算法进行优化，以适应庞大规模的大数据积累。

深度学习：一系列学习程序。深度学习已经推动了目标识别和活动识别的发展，还将在其他识别领域取得显著进展，如音频、语音和自然语言处理。

强化学习：强化学习是一个框架，将机器学习的重点从模式识别转向基于经验的顺序决策。它有潜力将人工智能应用发展到在现实世界中采取行动的领域。过去数十年，强化学习主要局限于学术研究，如今已经走进现实世界。

机器人：目前的研究主要集中在如何训练机器人以通用型、预测性的方式与周围世界互动，如何在交互环境中方便地操控目标，如何与人类互动。

计算机视觉：计算机视觉是目前最主要的机器感知形式。它是人工智能的一个子领域。如今，计算机已经首次能够比人类更好地执行一些视觉分类任务。目前的研究主要集中在为图像和视频自动添加字幕。

自然语言处理：自然语言处理与自动语音识别一同被视为非常活跃的机器感知领域，它正在成为一种拥有大数据集的主流语言。该领域的研究目前正转向开发能够通过对话(而不是固定格式请求)与人类互动的系统。

协同系统：对模型和算法进行研究，用以帮助开发能够与其他系统和人类协同工作的自主系统。

众包和人类计算：研究强化计算机系统的方法，主要通过自动调用人类经验来解决计算机自身无法单独解决的问题。

算法博弈理论与计算社会选择：这引发了人们对人工智能经济和社会计算规模的关注。例如，系统如何处理潜在的不恰当激励，包括自己所感兴趣的人类参与者或公司，以及自动化的、基于人工智能的代理。

物联网：这方面的研究基于这样一个想法：一系列设备，包括家电、汽车、建筑、相机和其他物体，可以相互连接以收集和分享它们的感知信息。

神经形态计算：一套用来模拟生物神经网络的技术，用以提高硬件效率和整个系统的稳定性。通常用于取代计算机的传统计算模型，即强调分离输入/输出、指令处理和存储器模块。

当前及未来的人工智能政策



衡量人工智能应用是否成功，主要看它是否能为人类生活创造价值。基于此，这些应用在设计之初就要方便人们去理解人工智能系统，积极参与使用，并建立起信任。公共策略要有助于社会采用这些人工智能应用，延伸其裨益，减轻一些不可避免的错误。与此同时，也要鼓励人们讨论如何去部署人工智能技术，包括隐私方面的一些担忧。鉴于人工智能技术发展速度之快，研究小组建议各级别政府都要招聘一些人工智能领域的技术专家。此外，还鼓励有关人工智能系统可能引发的公平、安全、隐私和社会影响等方面的研究。

当前，美国至少有 16 个不同的机构在管理着与人工智能技术相关的一些项目。人工智

能研究的快速发展,尤其是人工智能应用,需要这些领域的专家为相关的法律和政策开发新的概念。例如,当一辆自动驾驶汽车出了车祸,或一款智能医疗设备引发医疗事故,应该由谁来负责?如何阻止人工智能应用传播种族歧视观点或者是财物欺诈?人工智能技术所创造的经济效益由谁来分享?应该为那些技术过时的工人提供哪些保障?由于人工智能被越来越广泛和深入地整合到工业程序和消费者产品中,最佳的整合方式还需要被广泛推广,还要建立起相应的监管制度。

研究小组认为,至少在短期内,人工智能还不会主动选择伤害人类。当然,人类在以有利的方式运用人工智能的同时,也可能以有害的方式使用。虽然人工智能算法能够比普通人做出偏见更少的决定,但是,要确保人工智能所使用的数据本身就不存在种族或性别等方面的歧视,也是一个不小的技术挑战。

面对人工智能技术可能给社会带来的深刻变革,需要“更多”和“更严格”的监管或许不可避免。如果错误地理解了“人工智能”,那么有潜力给所有人带来裨益的人工智能技术就可能遭遇阻力。不适当的监管会带来悲剧性的错误,对人工智能的发展起到反作用。

幸运的是,在当前的监管框架还是有利于人工智能的发展。接下来,积极讨论如何以有利于人类和社会发展的方式引导人工智能的进步也是一件迫切的事情。如果人工智能被不公平地分配到社会中,那么就可能进一步加剧当前机会不均等的现状。因为对于那些能够获得人工智能技术的人群,这些技术将提升他们的能力和效率。因此,要确保相关的政策有利于培养民主价值观,公平地共享人工智能裨益。否则,这些裨益就会落入少数幸运者的手中。

正如本报告所述,在过去的15年间,人工智能的发展已经北美城市产生了不小的影响。而未来15年,人工智能或将取得更大的进步。人工智能近期取得的发展主要得益于互联网所产生的海量数据,以及传感技术和深度学习技术的发展。未来几年,在交通和医疗保健等领域将出现更多新的人工智能应用。这些应用必须要以能够被人们理解和信任的方式推出,并且尊重人类和民权。在鼓励创新的同时,相应的政策和程序必须要解决道德、隐私和安全方面的担忧,还要确保人工智能的裨益被广泛、公平地传播。只有这样,才能确保人工智能研究和应用在未来15年、甚至更远的时间内对人类生活产生积极的影响。

第一章：什么是人工智能？



本章将介绍研究人员和从业者如何定义“人工智能”，以及目前正在蓬勃发展的人工智能研究和应用领域。文章给出了人工智能“是什么”和“不是什么”的定义，并介绍了当前人工智能研究的“热点”领域。

本章内容为第二章内容奠定了基础，后者将阐述人工智能在八大领域的影响和未来发展趋势。而在第三章中，我们将介绍人工智能设计和公共政策相关问题，并提出在保护民主价值的同时如何鼓励人工智能创新的建议。

人工智能的定义

奇怪的是，人工智能目前还缺乏一个精确的、被普遍接受的定义，这或许已经帮助该领域以更快地速度成长、繁荣和进步。虽然如此，给出人工智能的定义仍然很重要，在这方面，尼尔斯·尼尔森(Nils J. Nilsson)已经给出一个有用的定义：

人工智能就是致力于让机器变得智能的一种活动，而智能就是让一个实体在其所处环境

中能够适当地、有远见地实现其功能的一种能力。

从这一角度讲,人工智能就是一种能够让由软件和硬件组成的实体适当地、有远见地执行其功能的一种活动。一个简单的电子计算器的计算速度就要比人类大脑快得多,而且几乎从不犯错。那么电子计算器智能吗?与尼尔森一样,研究小组以一种宽泛的视角来看待该问题,认为智能属于一个多维问题。基于该观点,计算器与人脑的不同不是一种区别,而是规模、速度、自主性和通用性等多方面的差别。

虽然我们的宽泛解释把计算器列在了智能范围内,但是如此简单的设备与今天的人工智能相比几乎没有相似之处。人工智能的边界在不断变化,而计算器可以实现的功能只是当前智能手机的百万分之一。而且,人工智能开发人员还在对智能手机上的已有的智能进行改进、推广和扩大。

其实,人工智能领域就是一个不断努力推动机器智能向前发展的过程。具有讽刺意味的是,人工智能正在遭受失“人工智能效应”(AI effect),或者称“奇怪悖论”(odd paradox),即人工智能将一种新技术带到了普通大众中去,人们习惯了这种技术,它便不再被认为是人工智能,接下来更新的技术就会出现。将来,同样的模式还会继续上演。人工智能并未提供一个惊雷般的、能改变生活的产品。相反,人工智能技术将继续以一个连续的、增量式方式继续发展。

人工智能研究趋势



直至世纪之交，人工智能的兴趣点主要在于其所传递的承诺。但在过去的十五年里，许多承诺已经得以兑现。人工智能技术已经深入到我们的生活中。当它们成为了社会的一股中坚力量时，该领域正在从仅仅建立智能系统，转向了建立有人类意识的、值得信赖的智能系统。

多个因素推动了人工智能的革命。其中最重要的是机器学习的成熟，其次是云计算资源，以及基于 Web 的数据收集。机器学习已经被“深度学习”急剧地向前推进了，而深度学习是人工神经网络的一种形式。信息处理算法的不断完善主要得益于，用来执行基本操作(如感知、目标识别)的硬件技术的显著提升。新平台、数据驱动型产品市场、以及寻找新产品和市场的经济刺激，也推动了人工智能研究的发展。

所有这些趋势都推动着下文中所描述的热门研究领域。目前，这些研究领域得到的关注比其他领域更多，但它们不一定就比其他领域更重要或更有价值。事实上，当前的一些热门领域在过去几年中并不是很流行，而其他领域在将来可能会得到更多关注。

大规模机器学习

机器学习的许多基本问题，如监督和非监督学习，都是很好理解的。当前，该领域的一个重点是将现有算法扩展到更庞大的数据集上。例如，传统方法需要多次数据集处理，而现代方法至需要一次。在某些情况下，只使用非线性方法，只关注部分数据。

深度学习

拥有成功训练卷积神经网络的能力，最受益的就是计算机视觉领域，如目标识别、视频标记和行为识别等应用。深度学习还将大举进军其他感知领域，如音频、语音和自然语言处理。

强化学习

传统机器学习主要专注于模式挖掘，而强化学习将重点转移到决策中。该技术将推动人工智能更深入地进入学习领域，并在现实世界中执行动作。作为一种经验驱动型顺序决策框架，强化学习已经存在了数十年，但该方法在实践中并未取得太大成功，主要是受到了伸缩性等问题影响。

相比之下，深度学习的出现为强化学习注入了强心剂。近期，谷歌开发的围棋程序 AlphaGo 战胜了人类围棋冠军，这在很大程度上要归功于强化学习。AlphaGo 最初是利用一个拥有人类专家数据库的自动代理进行训练的，但后来使用到了大量的自我对抗和强化学习。

机器人

至少在静态环境中，机器人导航问题基本已经解决。当前，该领域的研究重点是考虑如何训练机器人以通用型、预测性的方式与周围世界进行交互。互动环境下的一个自然的需求就是操控，这也是当前另一个令人感兴趣的话题。

深度学习的革命才刚刚开始影响机器人，这在很大程度上是因为要获得更大规模的标记数据集(已推动其他基于学习的人工智能领域的发展)还很困难。

相比之下，强化学习则无需标记数据，这有助于弥补这一差距。但是，强化学习要求系统能够安全地探索出一个政策空间，同时又不会因犯错而破坏自己或其他系统。可信赖的机器感知的进步，包括计算机视觉、外力和触觉感知(其中大部分将由机器学习来驱动)，将继续成为推进机器人能力的关键因素。



计算机视觉

计算机视觉是当前最主要的机器感知形式,也是受深度学习的兴起影响最大的人工智能子领域。直至几年前,支持向量机(vector machines)还是大多视觉分类任务所使用的方法。但是,受大规模计算(尤其是在 GPU 中)、大数据集的可获得性(尤其是通过互联网)及神经网络算法的改进,极大地提升了基准任务的性能。如今,计算机已经首次能够比人类更好地执行一些视觉分类任务。目前的研究主要集中在为图像和视频自动添加字幕。

自然语言处理

自然语言处理与自动语音识别一同被视为非常活跃的机器感知领域,它正在成为一种拥有大数据集的主流语言。谷歌称,当前 20%的手机搜索查询都是通过语音进行的。此外,谷歌近期的演示还证明了实时翻译的可能性。该领域的研究目前正转向开发能够通过对话(而不是固定格式请求)与人类互动的系统。

协同系统

对模型和算法进行研究,用以帮助开发能够与其他系统和人类协同工作的自主系统。该项研究依赖于开发正式的协作模型,并学习让系统成为有效合作伙伴所需的能力。目前,能够利用人类和机器的互补优势的应用,正吸引越来越多的兴趣。对于人类而言,这些应用帮助人工智能系统克服其局限性。对于代理而言,这些应用能增强人类的能力和活动。

众包和人类计算

在完成许多任务方面，人类的能力要优于自动化方法。因此，在众包和人类计算方面，主要研究强化计算机系统的方法，主要通过人工智能来解决计算机自身无法单独解决的问题。这项研究在大约 15 年前提出，如今已经取得长足发展。最知名的众包例子是维基百科，它是一个由网络公民维护和更新的知识库，在规模上和深度上远远超越了传统编译的信息源，如百科全书和词典。

众包专注于设计出创新的方式来利用人类智力。Citizen 科学平台激发志愿者去解决一些科学问题，而诸如亚马逊 MechanicalTurk 等有偿众包平台，则提供对人类智力的按需访问。通过在短时间内收集大量标记训练数据和/或人机交互数据，该领域的工作已经促进了人工智能的其它分支学科的进步，包括计算机视觉和自然语言处理。该领域当前的研究重点是，基于人类和机器之间不同的能力和成本，探索它们之间理想的任务分割。

算法博弈理论与计算社会选择

这引发了人们对人工智能经济和社会计算规模的关注，包括激励结构。分布式人工智能和多代理(multi-agent)系统的研究始于 20 世纪 80 年代初，20 世纪 90 年代末有了长足发展，并受到了互联网发展的推动。在这方面，一个很自然的需求是系统能够处理潜在的不恰当激励，包括自己所感兴趣的人类参与者或公司，以及自动化的、基于人工智能的代理。

一些备受关注的研究内容包括计算机机制设计(一种激励设计的经济理论)、计算机社会选择(一种如何为替代品排顺的理论)、恰当激励信息获取(预测市场、评分规则、同行预测)和算法博弈理论(博弈论和算法设计的交集，市场、网络游戏和室内游戏的平衡，如《Poker》，近几年通过抽象技术和“无悔学习”已取得显著进步。)

物联网

这方面的研究基于这样一个想法：一系列设备，包括家电、汽车、建筑、相机和其他物体，可以相互连接以收集和分享它们的感知信息。这虽然是一个利用技术和无线网络连接设备的问题，但人工智能可以有效利用这些设备所产生的大量数据。当前，这些设备所使用的协议还不能相互兼容，相信人工智能可以帮助克服这个问题。



神经形态计算

传统计算机执行的是冯诺依曼(von Neumann)计算模型,它分离了输入/输出、指令处理和存储器模块。鉴于深度神经网络在一系列任务中所取得的成功,计算机制造商们在积极追求计算的替代模型,从而提高硬件效率和计算系统的稳定性。

目前,这种“神经形态”(neuromorphic)计算机尚未清晰地展示出其巨大成功,而是刚刚实现商业化。但是,在不久的将来,它们可能会变得非常普及。在应用方面,深度神经网络已经凸显了其巨大潜力。如果这些网络能在专门的神经形态硬件上被训练和执行,而不是像当前这样模拟冯诺依曼结构,相信神经形态计算会带来更广泛的影响。

整体趋势和人工智能研究的未来

数据驱动模式所取得的巨大成功已经取代了传统的人工智能模式。包括定理证明(theorem proving)和基于逻辑的知识表征与推理在内,这些程序获得的关注度正在降低。部分原因是,它们在连接现实世界过程中遭遇持续挑战。此外,规划(Planning,在70和80年代是人工智能研究的核心)近期也受到了较少的关注,部分原因是它强烈依赖于建模假设(modeling assumptions),而在实际应用中很难做到。

事实上,基于模型的方法已经在很大程度上让位于数据驱动法。即使是最近还非常流行

的“贝叶斯推理”(Bayesian reasoning)和图形模式似乎也在失宠,逐渐被大数据和深度学习所替代。

未来十五年,研究小组将集中关注人类意识系统的开发,这些系统是按照与之互动的人类的特征来建模和设计的。当前,许多人都试图找到新的、有创造性的途径,以互动和可伸缩的方式来训练机器人。此外,物联网型的系统(设备和云)越来越普及。未来几年,新的感知/目标识别能力会越来越强大,机器人平台会越来越多。与此同时,数据驱动型产品会越来越丰富,其市场规模也会越来越大。

另外,研究小组还认为,当从业者意识到纯粹的“端到端”的深度学习方法存在不可避免的局限性时,一些传统的人工智能形式就会回归。我们不鼓励年轻研究人员重新发明已有事物,而是要关注人工智能许多领域所取得的显著进展。

第二章：人工智能的应用领域

虽然人工智能的许多研究和应用都基于一些通用技术，例如机器学习，但在不同的经济和社会部门还是会有所区别。本章，我们将介绍人工智能研究和部署在八个领域的不同状态，及其影响和挑战，分别为交通、家庭/服务机器人、医疗健康、教育、低资源社区、公共安全、就业和娱乐。

基于这些分析，我们还对未来 15 年人工智能在一个有代表性的北美城市在的发展趋势进行了预测。与人工智能在流行文化中的典型描述不同，在这里我们通过一个平衡的方法来分析人工智能是如何影响我们日常生活的，以及从现在到 2030 年这些影响将如何发展。

1. 交通

交通可能会成为首批几个特定应用领域之一。在该领域，大众需要对人工智能系统在执行危险任务中的可靠性和安全性加以信任。自动化交通很快将司空见惯，大多数人对嵌入了人工智能系统的实体交通工作的首次体验将在很大程度上的影响公众对人工智能的感知。

一旦物理硬件被做得足够安全，很快就会走进人们的日常生活中。由于自动驾驶汽车比人类驾驶还要安全、方便，将来购买汽车的城市消费者会越来越少。到 2030 年，一个典型北美城市在这方面的变化还并不局限于轿车和卡车，还包括飞行器、个人机器人等，从而引发社会、伦理和政策等一系列相关问题。

关键几项技术已经推动了人工智能在交通领域的广泛采用。与 2000 年相比，今天我们所获取的关于个人或整体国民的数据在规模和多样性方面的发展令人吃惊。没有这些数据，交通流量的实时感知和预测、路线计算、P2P 乘车共享和自动驾驶汽车等应用根本不可能实现。

智能汽车



2001 年，GPS 被作为车内导航设备被引入私家车中。此后，GPS 就成为了交通基础设施的一个基本部分。GPS 在帮助司机的同时，也为科技公司和城市部门提供有关交通模式的大量数据。GPS 在智能手机中的广泛应用进一步加强了连接性，增加了个人所共享的地理位置数据。

此外，当前的汽车还配备了一系列感知功能。据预计，在美国一辆普通的汽车将拥有 70 个传感器，包括陀螺仪、加速计、环境光传感器和适度传感器等。对于汽车而言，传感器其实也不是新鲜事物。2000 年之前生产的汽车就已经配备了传感器，可感知汽车内在状态，如速度、加速度和车轮位置等。

还有许多功将实时传感与感知和决策整合在一起，如防抱死系统(ABS)、气囊控制、牵引力控制系统(TCS)和电子稳定系统(ESC)等。从 2003 年开始，一些自动化功能开始被引入汽车中。

这些自动化功能帮助司机或彻底取代司机来执行一些任务，主要是为了提高驾驶的安全性和舒适性。例如，当前的一些汽车已经能够自动泊车，在高速公路上自动巡航，在“走走停停”的交通条件下自动行驶，变道时出现盲区时提醒司机。视觉和雷达技术也被用来开发预碰撞系统，当存在碰撞风险时会自动刹车。此外，深度学习也被用于提高汽车在环境中检测目标和识别声音的能力。

自动驾驶汽车



自 20 世纪 30 年代以来，科幻小说作家就开始梦想自动驾驶汽车。自 20 世纪 60 年代以来，打造自动驾驶汽车就成为了 AI 研究人员的挑战。到本世纪初，自动车辆在海底和空中、甚至是在火星上成为现实，但自动驾驶汽车还仅处于实验原型阶段。出于多种因素，如行人、交通流量大，以及突发事件等，在城市中自动驾驶是一个很复杂的问题。虽然自动驾驶所需要的零部件早在 2000 年就已经具备，但之前几乎没人敢说主要科技公司能在 2015 年之前开发出自动驾驶汽车。在美国国防部高级研究计划局(DARPA)2004 年举办的“自动驾驶汽车挑战大赛”(Grand Challenge)中，研究团队未能在沙漠环境中完成挑战。

但是，在 2004 年至 2012 年这八年中，自动驾驶技术无论是在学术界，还是行业内，均取得了惊人的发展。例如，传感技术，以及用于感知任务的机器学习均得到长足发展。也正因为如此，才有了今天的谷歌自动驾驶汽车路测，特斯拉的半自动驾驶汽车商用。谷歌的自动驾驶汽车属于全自动自动驾驶汽车，无需人类干预。而特斯拉则通过软件升级将半自动驾驶功普及到当前汽车中。特斯拉的技术属于半自动驾驶，在出现潜在危险时需要人类来操控。目前还确定这种半自动驾驶技术能够长期存在，因为人们一旦相信汽车的能力，驾驶时对路况的关注就会降低，在出现危险时的安全性也就越低。今年 6 月，自动驾驶汽车发生首起致命车祸，引发了业界的极大关注。

在不久的将来，用于执行驾驶功能的感知算法的表现将超越人类。当前，在执行特定任务时，包括视觉在内的自动感知即使已经接近或达到人类的水平。继感知能力之后，高级别推理功能(如规划)的算法也将得到提升。近期的一份报告预测，2020 年自动驾驶汽车就会广泛普及。而且，自动驾驶能力并不局限于个人交通。将来，卡车和飞行器也将具备自动驾

驶功能。另外，P2P 交通服务(如合乘)也可能使用自动驾驶汽车。除了自动驾驶汽车，机器人技术的提升将推动其他类型自动车辆的普及，如机器人和无人机。

目前还不清楚自动驾驶汽车究竟发展到什么程度才能被鼓励广泛普及。当前，半自动驾驶汽车所需要的合作，以及人类司机认知负荷还没有被很好地理解。但是，如果自动驾驶汽车能够按照人们预测的速度普及，它们的表现超越人类表现后，将给社会带来更大的变化。例如，自动驾驶汽车会彻底避免致命车祸(在美国这是导致人类死亡的最大因素)，延长人类寿命。

平均而言，美国通勤者单程驾驶时间为 25 分钟。使用自动驾驶汽车之后，人们在途中就可以工作或娱乐。将来，舒适度提高，开车所需要的认知负荷降低，以及共享交通，这些可能人们选择生活居住地的影响因素。泊车需求的降低可能影响城市和公共空间的设计方式。另外，自动驾驶汽车可能提高特殊人群的自由度和移动性，如孩子、老人和残疾人士。

自动驾驶汽车和 P2P 交通服务可能消除人们购买汽车的需求，但对汽车使用的总体影响程度目前还很难预测。空车旅行(一个人)，以及人们出行愿望的提升，将导致汽车的整体行驶里程数增加。但与此同时，自动驾驶汽车共享服务(将用车作为一种服务，而不再是自主购买)可能降低整体行驶里程数。另外，共享交通服务(已在四个城市推出)的出现还可能取代公共交通服务(或者说是公共交通服务转向快速的个人交通服务)。

由于自动驾驶汽车变得越来越广泛，关于其安全性的问题就会应运而生，包括如何确保这些技术是安全的。这就需要在上市前在不同路况下测试。自动驾驶汽车和互联的交通基础设施还将为黑客寻找网络漏洞提供新的场所。此外，自动驾驶汽车还将涉及到伦理道德问题，尤其是在人类司机受伤和死亡不可避免的情况下。另外还涉及到法律系统的问题，在美国，大多数州还没有针对自动驾驶汽车的相关法规。到目前为止，美国的四个州、加拿大(安大略)、英国、法国和瑞士已经通过法律允许自动驾驶进行路测，但这些法规并未解决自动驾驶汽车出现车祸后的相关责任问题。

交通规划

自从 2005 年，一些城市就开始投资交通基础设施，针对汽车和行人开发传感功能。目前已经在使用的传感器包括感应回路、视频摄像头、远程交通微波传感器、雷达和 GPS 等。例如，纽约市 2013 年开始利用微波传感器、监控网络和读卡设备来监测交通流量。

一些城市还利用人工智能以多种方式优化交通服务，如公共汽车和地铁调度、追踪道路流量并限速、对高速公路、桥梁和多坐客车(HOV)车道智能定价。通过传感器和摄像头，还可以优化交通信号灯的显示时间，从而加速行进速度。这些动态战略主要是为了更好地利用交通网络中的有限资源。

在 2000 年之前，交通规划者只能基于特定日期或时间，被迫依赖于静态定价策略来管理交通需求。但采用动态定价策略也可能引发一些新问题，如合理分配公共物资问题。因为在高需求的市场条件下，服务通常无法或很少面向公共服务提供。

在拥有了大规模数据后，交通领域就成为了机器学习应用的理想用武之地。自 2006 年起，Mapquest、谷歌地图(Google Maps)和必应地图(Bing Maps)就开始广泛被公众用来计划出行路线。

虽然如此，传感和优化技术在城市基础设施中的应用速度还是慢于这些应用在个人车辆中的普及速度。虽然有个别城市部署了传感和优化应用，但还没有标准的传感架构和人工智能技术被利用。主要是基础设施成本、各城市不同的战略优先性，以及各部门之间较高的协调成本等问题导致普及速度缓慢，另外还有公众对传感可能引发的隐私担忧。

由于人工智能将来对城市基础设施的影响会越来越大，将来交通部门将有能力准确预测个人出行模式、他们的喜好和目的地等。毫无疑问，这将引发一系列伦理道德问题，这些问题我们会在第三章讨论。

今年早些时候，美国交通部曾建议中型城市考虑打造智能城市交通基础设施。该项目计划对一个城市奖励 4000 万美元，以展示如何利用科技和数据来重新想象城市交通。其中一个设想就是打造一个车辆互联网络，通过“车与车”之间的通信来确保行车安全。如果该设想成为现实，那么多代理协调、协同和规划将对未来的汽车产生重大影响，并使得交通系统变得更加可靠、高效。此外，通过载人或载物(例如 Segway 机器人)，机器人将来也会成为交通系统的一部分。在货物运输方面，人们对无人机的兴趣与日俱增，亚马逊就在测试利用无人机来投递包裹，虽然安全和监管方面的问题尚未解决。

感知能力的增强，无人机的采用，以及交通基础设施相互联网，这些也将引发个人隐私和隐私数据安全方面的担忧。未来数年，相关交通问题需要加以解决，无论是通过行业的预防性措施，还是法律框架。正如下面的第三章所述，如何解决这些问题将在很大程度上影响人工智能在交通领域的应用范围。

按需交通



按需交通服务，如 Uber 和 Lyft，已经成为感知、互联和人工智能在交通领域的又一个应用空间。通过动态定价，这些服务根据个人的“支付意愿”来获取。同时，动态定价还激励着更多的司机加入到这一行业。与此同时，按需交通服务的快速发展也引发了诸多政策和法律方面的问题。例如，与当前的出租车服务产生竞争，缺乏相应的监管，安全性没有保证等。

很长一段时间以来，拼车和合乘就被视为缓解交通压力、更好地利用个人交通资源的一种十分有潜力的模式。例如，Zimride 和 Nuride 等服务就将拥有同一条路线的人们聚集在一起，共同出行。但这种拼车方式未能在很大程度上吸引人的兴趣。

与人类交互

数十年来，人们一直在畅想未来派的交通工具，至少在外观形式上与当前车辆不同。但是，虽然汽车将变得更加智能，无人机也会越来越普及，至少在 2030 年之前，我们的交通工具在外观和功能上与当前不会有太大出入。我们的研究小组认为，在该期间内，无人机还不可能达到在天上飞、在水中游、路上跑的程度。

但我们认为，人类将成为自动驾驶汽车和无人机的伙伴，帮助训练、执行和评估他们。将来，相关算法的改进将促进基于人类输入的机器学习，支持人机之间的通信和协调。这也是未来汽车发展的一个部分。

2. 家庭/服务机器人

在过去的 15 年，机器人陆续走进家庭。与人工智能被快速整合到当前的应用中相比，机器人应用的发展速度却较慢。人工智能技术的发展通常受机械创新的启发，这反过来又推动新的人工智能技术的出现。

在未来 15 年，机械和人工智能技术的发展将提高机器人使用的安全性和可靠性，从而推动家庭机器人在北美城市的拓展。特定用途机器人将能为我们运送包裹、打扫办公室、加强安全等，但技术限制，以及可靠机械设备的高成本将限制其商业化仅限于特定领域。连同自动驾驶汽车和其他新型交通工具在内，打造可靠硬件的难度不能被低估。

真空吸尘器



经过多年的研发，第一款家用商业机器人 Electrolux Trilobite 于 2001 年诞生。这是一款真空吸尘机器人，拥有一套简单的障碍躲避系统，以及导航功能。一年后，iRobot 推出了 Roomba 机器人。Roomba 价格仅为 Trilobite 的 1/10，拥有 512 字节 RAM，配备了行为控制器。其最智能之处是能避免从楼梯上摔倒。如今，Roomba 全球销量已超过 1600 万台。

随着计算能力的提升，ARM 空间的增大，这些机器人的人工智能功能得到了极大强化。例如，新增简单导航、自主充电、处理垃圾筒已满状况、应对电线和地毯流苏等功能。如今，VSLAM(视觉同时定位与映射，人工智能技术的一种)技术还允许机器人在打扫房间时对整个房屋内部创建完整的 3D 模型，从而提高清扫效率。

人们早期对家庭机器人的许多应用设想都未能得以实现。例如，机器人吸尘器还仅限于

在平坦的地面使用，但事实上许多家庭都设有台阶或不平之处。针对机器人在家中的移动性问题，相关的研究也比较少。创建硬件平台仍是一个挑战，真正能够吸引消费者购买的应用也较少。另外，用于图像标记和 3D 目标识别的感知算法也没有被充分利用。

2030 年的家庭机器人

尽管目前机器人在家庭中的普及速度仍较慢，但有迹象表明，这种局面在未来 15 年将发生显著变化。当前，亚马逊和 Uber 正利用各种聚合技术来开发大规模经济。

此外，手机芯片厂商正在推广模块内系统(SiM)和芯片上系统(SoC)，例如高通的骁龙(SnapDragon)和三星的 Artik。这些系统的性能甚至超越几年前的超级计算机。这意味着将有越来越多的低成本将支持更多的机载(onboard AI)人工智能。

云服务允许人们针对家庭机器人以更快的速度发布新的软件。在不同家庭收集的大量共享数据集反过来再提供给基于云的机器学习，从而进一步提升机器人的性能。

深度学习极大地推动了语音识别和图像标记技术的发展，这将提升家用机器人与人类的交互能力。

低成本的 3D 传感器(主要用于游戏平台)刺激了全球大量研究人员对 3D 感知算法的兴趣，这也将推动家庭和服务机器人的发展和普及。

在过去的 3 年，大量的低成本、安全的机械手臂被引入全球的研发实验室，激发了一系列关于操控方面的研究。这些技术将来会被应用到家庭机器人身上，预计在 2025 年。全球至少拥有 6 家初创公司在研究家用人工智能机器人，当前的研究重点主要集中在社交互动方面。将来，这可能带来新的伦理道德和隐私方面的问题。

3. 医疗保健



一直以来，医疗保健都被视为人工智能的一个有潜力的应用领域。未来几年，基于人工智能的应用将改善人类的健康状况，提高他们的生活质量，但前提是要能够得到医生、护士和患者的信任。该领域的主要应用包括临床决定支持、患者监测和指导、帮助手术或患者护理的自动化设备，以及医疗保健系统管理。近期，人工智能技术在医疗保健领域取得了很大成功，包括通过挖掘社交媒体数据来推断可能的健康风险、通过机器学习来预测有风险的患者，以及利用机器人支持手术等，这在很大程度上拓展了人工智能在医疗保健领域的应用潜力。但是，与医疗专业人员和患者交互方式的提升将是未来的一个核心挑战。

在其他方面，数据是一个核心的保障。如今，我们在数据收集方面已经向前迈进一大步，包括通过个人监测设备和移动应用、通过临床机构的电子病历(EHR)，以及通过医用机器人所收集的大量有价值的数据。虽然如此，利用这些数据来确保更精准的诊断和治疗也不是一件容易的事情。此外，落后的监管和激励结构也影响了人工智能技术在该领域的应用。而体验欠佳的人机交互方式、在大型和复杂系统中部署人工智能技术所固有的困难和风险，也让一些人并未意识到人工智能在医疗保健领域的应用潜力。如果上述障碍被消除，再加上业内的持续创新，相信人工智能技术未来今年将显著提升人类的健康状况和生活质量。

临床环境

数十年来，人们一直都在谈论基于人工智能的医生助理。如今，人工智能技术在医疗领域虽然取得了一些实验性成功，但当前的医疗服务体系并未在结构上为此做好准备。奥巴马政府的平价医疗法案(Affordable Care Act)的一些激励措施促进了电子病历(EHR)在临床实践中的普及，但由于执行力度较差，影响了医生对其实用性的信心。当前，美国的 EHR

市场由少数几家公司控制，用户接口被广泛认为不够标准。虽然也出现了一些基于 EHR 数据的新颖分析服务，但由于上述问题，以及其他监管和结构性障碍，这些服务基本未得以实现。

展望未来十五年，随着人工智能的发展，再加上充足的数据和有针对性的系统，分配给人类医生的认知方面的任务将会发生改变。当前，医生需要例行地询问患者疾病症状，然后与大脑中已知疾病的症状进行对比。但将来，通过自动化助手，医生就可以改为监督该过程，利用其经验和直觉来指导机器的输入过程，并对输出结果进行评估。在该过程中，医生的经验依然至关重要。其中一个挑战是，要把人类所关注的范围与机器的推理过程优化整合。

为了推动智能助理的发展，临床医生必须从一开始就参与其中，以确保机器系统是经过精心指导的，是值得信赖的。当然，对科技感兴趣的年青一代医生已经在其移动设备上使用特定的医用 App。与此同时，初级保健医生的工作量日益加剧，已经达到了愿意接受外来帮助的程度。对于人工智能而言，这是一个很好的机会。如果在监管和法律等方面不遭遇阻力，相信人工智能很快就会提高医疗服务的价值。

医疗分析

从人口层面讲，人工智能可以从数百万患者的临床记录中挖掘出一些有价值的信息或模式，从而提供更加个性化的诊断和治疗。随着基因测序技术的发展，自动发觉“基因型与表型” (genotype-phenotype) 的关联也将成为可能。

传统和非传统的医疗数据，在社交平台的支持下，将来可能会出现自我定义的亚种群 (subpopulations，种群在地理上或者其他方面特征突出的群体)。每一个亚种群由周围的医疗服务提供商生态系统来管理，再辅以自动化推荐和监测系统。这些发展有可能极大地改变未来医疗服务的提供方式。同样，从可穿戴设备上自动获取个人环境数据也将推动个性化医疗的发展。

不幸的是，美国食品药品监督管理局(FDA)对创新性诊断软件的审批速度一直很慢。此外，还有其他许多阻碍因素。HIPAA 法案(健康保险携带和责任法案)中保护患者隐私的规定，也阻碍了患者数据向基于人工智能的应用流动。

数十年来，图像自动解释也是一项颇具潜力的研究领域。尤其是对大批量未标记图像的解析取得了长足发展，如来自互联网的大型图库。但遗憾的是，对医学图像的解析却并未获得同样的发展。

许多医学图像形态(如 CT、核磁共振和超声波)本身就是数字格式，并且已被归档，而且也有一些大型传统企业在研究它们，如西门子、飞利浦和通用电气。但一些障碍影响了他们

的研究进展，其中最终的一点就是：对于医学图像，不是要识别图像上的内容，而是要对这些内容进行判断。对于这种高风险的判断，是有严格监管的。即便是拥有了最先进的技术，放射学家还要查看患者的医疗成像，这就让人工智能技术的价值主张得到了弱化。另外，医疗监管还让相关数据在各医疗机构之间共享成为一个难题。

虽然如此，自动化图像解释已经开始获得发展动力。在未来十五年，完全自动化的放射检查还不可能实现，但是会逐渐走进图像“分诊”或二级检查，这将提高医学成像的速度和成本效益。随着电子病历系统的完善，大规模的机器学习技术可能被应用到医学成像数据中。另外，已经有证据显示，深度神经网络可以被培训用来生成基本的放射成像检查结果，切高度可靠。

医疗机器人



十五年前，医疗机器人基本上仅存在于科幻场景中。一家名为“Robodoc”的公司(从IBM分离出来)开发了外科整形机器人，用于臀部或膝关节替换。这项技术确实可行，但这家公司却难以维持生计，最终倒闭，其技术被收购。但近期，外科手术机器人的研究和应用得到了长足发展。

2000年，Intuitive Surgical公司推出了“da Vinci”系统。该系统最初用于支持微创心脏搭桥手术，后来又在前列腺癌治疗方面取得进展。2003年，Intuitive Surgical与当时唯一一家主要竞争对手Computer Motion公司合并。如今，“da Vinci”系统已经进入第四代产品，被视为腹腔镜手术的护理标准。在每年100多万台手术中，近1/4都使用了“da Vinci”系统。它不仅提供了一个物理平台，也是一个研究手术程序的新数据平台。“da Vinci”的成功也激发了其他公司进入该领域，例如谷歌母公司Alphabet旗下生命科学部门Verily与制药巨头强生(Johnson & Johnson)合作，共同创立了Verb Surgical公司，主打机器人手术助手。将来，可能会有更多企业进入该市场，并探索不同的细分空间，打造出一个感知、数据分析和自动化生态系统。

到目前为止，智能自动化在医院的应用并未取得太大的成功。20 年前，一家名为 HelpMate 的公司针对医院开发了一款送货机器人，如送餐和送病例，但这家公司后来破产了。近期，Aethon 公司又推出了类似的送货机器人 TUG Robots，但到目前为止还没有几家医院对该技术进行投资。相比之下，机器人技术在其他领域却显示出了应用潜力，如酒店和仓库(亚马逊 Amazon Robotics 机器人)。

展望未来，医疗市场的许多任务都可以通过机器人来完成，但并不是完全自动化。例如，机器人能为医院里的每个房间运送货物，但这需要人类的协助，例如把机器人放在适当的位置上。搀扶患者走路是一项相对简单的任务，尤其是在患者拄拐的情况下。相比之下，帮助患者缝合伤口相对复杂些。但只要一开始把针放在正确的位置上，也不是什么难题。这意味着将来许多机器人系统都需要人机之间的紧密互动，这就需要相应的技术来保障。

自动化的发展将对医疗程序带来许多变化。之前，机器人并不是一门数据驱动型科学。但随着自动化或半自动技术进入医疗市场，这种局面将被打破。随着新的手术、送货和患者护理机器人平台的出现，基于这些平台数据的量化和预测分析也将启动。这些数据可被用于医疗质量评估、识别医疗程序缺陷或错误、或潜在的程序优化，也可被用于提供性能的反馈。简而言之，这些平台将在“治疗和结果之间”建立起关联，形成真正的“闭环”医学。

移动健康

到目前为止，医疗领域的证据驱动型分析主要依赖于传统的医疗数据，主要是来源于电子病历。在临床上，已经出现了一些利用新数据源的有潜力趋势。例如，TeleLanguage 允许人类医生同时对多位患者进行语言治疗，主要通过医生所培训的人工智能代理来进行。另外，Lifegraph 也被以色列的医生用来检测患者痛苦行为的早期迹象。Lifegraph 能利用从患者智能手机中收集的数据提取行为模式。

展望未来，移动计算革命将推动生物测定学的发展。当前，数千种移动应用可用来提供信息，修正行为，或识别共同特征团体。这一切，再加上特定动作追踪设备的出现(如 Fitbit)，以及家庭环境与健康监控设备的相互连通，已打造出一个有活力的创新生态系统。

通过社交与健康数据的结合，一些医疗健康应用能进行数据挖掘，然后利用所获取的数据进行学习和预测。数据与各种应用功能相结合之后，很可能催生出一系列新产品。例如，一款健身应用，它不仅能为你制定健身计划，还能告诉你在哪一时间段执行这一计划最合理，并提供健身指导。

老年人护理

在未来十五年，美国老年人口数量将增长 50%以上。美国国家劳动统计局预计，未来十年家庭助理的数量将增长 38%。虽然该领域的商机无限，如基本的社会支持、交互和通信设备、家庭健康监测和室内辅助设施(如拐杖)等，但过去十五年并未取得太大发展。但随着科技越来越被老年人所接受，未来十五年这一局面将被改变。届时，将会有越来越多的成熟科技来支持老年人身体、心理、社会和精神方面的健康。例如：

生活质量和独立性方面：

- 自动化交通将为老年人提供更大的独立性，拓展社会活动空间。
- 共享信息将帮助家庭成员之间远程互动。
- 家庭中的智能设备将为老年人的日常生活提供帮助，如做饭、穿衣和打扫等。

健康方面：

- 移动应用和社交平台为老年人的心理和身体健康提供帮助。
- 有针对性的健康管理将缓解老年人多疾病并存情况的复杂性。

治疗与设备：

- 更好的听力和视力辅助设备将缓解相应患者的不便。
- 有针对性的康复训练和家庭治疗将降低去医院的需求。
- 物理辅助设备(轮椅和拐杖等)将拓展老年人的活动范围。

研究小组预计，低成本传感技术的普及将为家中的老年人提供大量的额外能力。从理论上讲，拥有简单物理能力(如用于基本沟通能力的移动机器人)的社会代理将提供一个新的创新平台。但这需要整合多种人工智能技术，如自然语言处理、推理、学习和感知等，从而为老年人提供一套实用系统。与此同时，这些创新也将在不同“圈子”内带来一些隐私方面的问题，如朋友圈、家庭圈和护理圈等。

4. 教育

在过去的十五年，人工智能在教育界取得了显著进步，K-12 线上教育及大学配套设备等应用被教育家和学习者广泛使用。尽管素质教育通常需要人类教师的活跃参与，但人工智能有望在所有层面强化教育，尤其是通过大规模的定制化教育。与医疗行业一样，如何最佳地整合人类互动与面对面学习将是一个核心挑战。

机器人早已成为受欢迎的教育设备，最早可以追溯到 20 世纪 80 年代 MIT Media Lab 研制的 Lego Mindstorms 系统。此外，智能辅导系统(ITS)也通过交互机器导师将科学、数学、语言学及其他学科与学生相匹配。自然语言处理，尤其是在与机器学习和众包结合以后，有力推进了线上学习，并让教师在扩大教室规模的同时，能解决个体学生的学习需求与风格。来自大型在线学习系统的数据还推动了学习分析的快速发展。

但是，学校与大学采用人工智能技术的步伐依然缓慢，主要是由于缺乏资金，及可以帮助学生实现学习目标的有力证据。未来十五年，在一个典型的北美城市，智能导师和其他人工智能技术将得到极大拓展。但是，基于计算机的学习系统仍无法完全取代人类教师。

教学机器人



今天，许多公司都针对 K-12 学生推出了具有感知技术的机器人。例如，Ozobot 机器人能够教学生编程、推理演示、跳舞和玩游戏等。Cubelets 能够通过配备不同的机器人模块训练不同的逻辑思维。“Dash and Dot”是一个机器人玩具，由移动 App 操控，可以帮助学生理解现实生活中的事件，并对这些事件做出反应。PLEO rb 是一个机器人宠物，可以帮助学生学习生物学。但是，在充满乐趣和互动的同时，这些机器人要想进一步普及，还要证

明它们能够提高学生的专业成绩。

智能辅导系统(ITS)和在线学习

ITS 最初作为许多实验室项目被开发，如 Why-2 Atlas，它通过支持人机对话来解决一些实际问题。ITS 走出实验室、走进现实应用的速度十分迅速，并受到了极大欢迎。一些可下载的软件和在线系统可以帮助学生学习外语，如 Carnegie Speech 或 Duolingo，它们通过使用自动语音识别(ASR)和自然语言处理技术来识别语言错误，从而帮助学生纠正。

如今，Carnegie Cognitive Tutor 等辅导系统已经被美国高中普遍使用。与此同时，其他一些 ITS 应用也被开发，用来辅导地理、电路知识、医学诊断、计算机知识、编程、遗传学和化学等。

另外，这些应用还逐渐走进更高阶的教育中。例如，一款名为“SHERLOCK8”的 ITS 还被用于辅导美国空军技师来诊断飞机的电子系统故障。美国南加州大学信息科学研究所还开发出了更先进的培训模块，对即将派往国外的军人进行培训，以便他们能与具有不同文化背景的外国人以适当的方式打交道。

最令人吃惊的还是大规模在线开放课程(MOOC)和其他模式在线教育在所有层面的爆炸式发展。自 20 世纪 90 年代，Educational Testing Service 和 Pearson 等公司就开发了自动化的自然语言处理评估工具。许多 MOOC 应用，如 EdX、Coursera 和 Udacity 等，都使用到了自然语言处理器、机器学习和众包技术。与此同时，在线教育系统也迅速发展。这些系统的未来潜力十分巨大，因为对于正在工作的和准备更换工作的人们，面对面学习越来越不重要。

学习分析

来自于大规模在线学习系统(包括 MOOCs 和 Khan Academy 等)和一些小型在线学习程序的数据集，推动了学习分析领域的快速发展。在线课程不仅有利于广泛传播，也能推动数据的收集。学习分析研究协会(SOLAR)等机构的诞生，以及学习分析与知识大会(LAKC)和规模学习大会(L@S)的举办就是这一趋势的体现。这些社区利用深度学习、自然语言处理和其他人工智能技术来分析学生们的互动、行为和结果。

在该领域，当前的主要工作是寻找学生们的共同错误模式，预测哪些学生存在失败风险，提供实时的学生成绩反馈。此外，近期的一些工作还包括理解学生们在写作、知识获取和记忆等方面的认知过程，然后将相关结果应用到实际的教学。

挑战与机遇

按照一些人之前的预期,越来越复杂的人工智能技术到现在已经被部署到学校、学院和大学。但事实并非如此,主要是因为这些机构缺乏财务资源和证明这些技术有效的数据。但如今,通过私人捐赠等形式,这些问题在逐渐被解决。与人工智能在其他领域遭遇的问题一样,对MOOC能力的过度宣传和承诺让其市场预期超出了现实能力。一些特定机构的经历,如圣何塞大学对Udacity的体验,导致人们对这些新型教学技术有了更冷静的评估。

在未来十五年,无论是在班级,还是家里,人工智能技术将帮助人类教师与学生进行更好的互动。研究小组认为,将来会有越来越多、越来越成熟的虚拟现实(VR)场景被开发出来,让学成沉浸在各科学习中。目前,已经有一些机构在从事相关的研究。

此外,人工智能技术还会让正式的课堂教学和家中自学之间的界线变得模糊。当然,正式的课堂教学不会消失,但研究小组认为,MOOC和其他在线教育形式将成为所有年龄段教学的一部分,包括从K-12教育到大学教育。这将催生出更具个性化的学习方法,学生可以使用最适合自己的教学技术、按照自己的进度来学习。

另外,当前从硬拷贝图书向数字化转移这一趋势也可能普及到教育界。电子阅读器也会变得更加智能,能为学生提供更多与所学课程相关的信息。机器翻译(MT)技术会让人们在把教育资料翻译成其他语言时变得更容易,而且准备性也有一定的保障。教科书翻译服务当前还只能依赖于人类翻译,但将来会整合自动化方法,以提高翻译速度,同时也会让学校承受得起翻译服务。

更广泛的社会成果

在那些人们难以获得教育的国家,在线资源将带来积极的影响。当然,前提是这些群体拥有访问在线教育的工具。在线教育资源的发展能让支持国际教育项目的基金会,通过提供工具和相对简单的使用培训,来提供素质教育。例如,针对iPad开发出大量的、且大部分免费的教育应用。

消极的一面是,现在已经出现这种趋势,一些学生把自己的社交局限在电子设备上。他们在网络上花费大量时间,而不进行社会接触。如果教育也越来越多地通过网络进行,那么在学生的社会发展阶段,缺乏与同龄人有规律的面对面接触会带来怎样的影响呢?已经有迹象表明,这会在神经方面造成不良影响。但从另一方面讲,自闭症儿童已经开始从与人工智能系统的交互中受益了。

5. 低资源社区

对于人工智能而言,它们有许多机会去改善生活在一个典型北美城市低资源社区中的人们的生活状况。事实上,在某些情况下已经有所改变。了解人工智能的这些直接贡献,也可能让我们研究出其对于有发展中国家最为贫穷地区的潜在贡献。之前,在人工智能的数据收集过程中并没有对这个人群的显著关注。而且,对于缺乏商业应用潜力的研究,人工智能资助者根本不愿投资。

通过有针对性的激励和资助优先性,人工智能技术将帮助解决低资源社区的需求。努力就会带来希望,人工智能不但不会带来人们所担心的失业和他社会问题,相反它可能会提供缓解措施和解决方案。

6. 公共安全



城市已经开始为公共安全和防护部署人工智能技术了。到 2030 年,典型的北美城市将严重依赖于此。这些技术包括监控摄像头、无人机和预测性警务应用。与其他应用一样,这些技术也是裨益与风险并存。因此,获得公众信任至关重要。

人们的担心也不是没有道理的。例如,警务与人工智能相结合之后,在某些情况下可能会变得过于突兀。但是,也可能带来相反的结果。例如,人工智能可能使警务变得更具针对性,并且只在需要时才使用。如果部署得当,人工智能有助于消除人类决策中固有的一些偏见。

人工智能分析最实用的一个应用领域是检测白领犯罪,如信用卡诈骗罪。网络安全(包括垃圾邮件)是一个被广泛关注的问题,而机器学习有助于解决该问题。此外,人工智能工具也可能有助于警方管理犯罪现场,或是搜索和救援活动,因为它可以帮助指挥官制定任务

的优先次序，合理分配资源。

如今，监控摄像头几乎无处不在，但这只会帮助警方解决犯罪问题，而不是预防。这主要是因为通过监控视频，对案件的识别度较低。此外，也缺乏足够的人手来观看这些海量视频。但如果能有效引入人工智能技术，就能更好地帮助预防犯罪，并通过准确的事件分类，以及对视频的自动化处理，对犯罪嫌疑人提起诉讼。此外，一些城市已经开始通过无人机来监测这一切，尤其是在港口、机场、沿海和水路等区域。

纽约警察局部署的 CompStat 警备责任系统是第一款预防犯罪系统，如今已被多地警方使用。机器学习能显著提升系统的预测能力，例如犯罪行为最可能在哪些地区发生，最可能的犯罪分子是哪些人。

人工智能技术还能进行智能模拟，从而对执法人员在行动时如何配合进行培训。如今，来自不同国家的国际犯罪分子和恐怖分子相互勾结，而不同国家警方在合作擒敌方面还存在苦难。因为对来自不同国家的执法人员进行培训，以团队的形式合作充满挑战。为此，欧盟今年 7 月推出了一项全新的网络安全研究和创新投资项目“Horizon 2020”，希望来解决该问题。而下一步工作就是从模拟转向实际调查。

当前已经存在一些安全检测工具，可以扫描 Twitter 和其他消息应用，以查找特定类型的事件，判断是否影响公众安全。例如，人工智能能帮助社交网络分析阻止 ISIS 或其他暴力组织散布极端思想。执法机构也越来越多地通过社交媒体来检测是否有大规模的破坏性事件在酝酿之中。与此同时，这也引发了民众对个人隐私的担忧。

美国运输安全管理局(TSA)、海岸警卫队和其他安全机构当前已经在利用人工智能技术，将来这些机构对人工智能的依赖性将进一步增强，以提高工作效率。人工智能技术能够帮助采访者、审讯者和警卫人员检测潜在的欺诈和犯罪行为。例如，TSA 就有一个雄心勃勃的项目来重新规划机场安全。该系统被称为“DARMS”，它基于个人的风险等级、所乘航班等信息来定制安全策略，从而提高机场的安全性。该项目的未来计划是建立一个通道，当人们步行通过时就可以检查他们的安全。再次强调，这项技术的开发者一定要使用之前积累的数据，以避免存在偏见，如个人风险等级。

7. 就业

人工智能很可能会对一个典型北美城市的就业和工作场所产生深远的影响，但对当前的影响还很难评估，无论是积极的还是消极的。在过去的十五年，由于经济衰退和全球化盛行（特别是中国的加入），以及非人工智能数字技术的巨变，就业状况已经发生了转变。自 20 世纪 90 年代以来，美国经历了生产力和 GDP 持续增长，但人均收入却停滞不前，人口就业率也在下滑。

有明确的案例显示，数字技术已经对部分行业产生重大影响，无论是积极的，还是消极的。在不久的将来，连同其它一些行业在内，将受到这些技术的更大影响。在这些改变中，许多都受到了“例行”数字技术的推动，包括企业资源规划、网络化、信息处理和搜索等。了解这些变化有助于我们理解人工智能如何影响未来的劳动力需求，包括技能需求的转变。

到目前为止，数字技术已经给中等技能的工作(如旅行代理)带来了更大的影响，而不是非常低技能或非常高技能的工作。另一方面，数字系统所能完成的任务范围，正随着人工智能的进步而扩大，这很可能会逐渐增大所谓的“例行”任务的范围。人工智能也正向高端的领域蔓延，包括机器之前所无法执行的专业服务。

要想成功，人工智能创新还要克服人类对“被边缘化”的恐惧。短期内，人工智能只能帮助人类执行一些任务，而不会取代人类的岗位。在该过程中，可能还会创造一些新类型的工作。就业市场的变化通常是一个逐渐发展的过程，一般不会出现突然的过渡。即使人工智能逐渐走进工作场所，这一趋势也将持续下去。

这将带来一系列的影响，包括从少量的替代或增强，到完全替代。例如，虽然律师的大部分工作还没被自动化，但人工智能在法律信息提取和主题建模方面的应用，已经让新上岗律师的一部分工作实现自动化。在不远的将来，从放射科医生，到卡车司机，再到园丁等许多类型的工作都可能受到影响。

人工智能也可能影响到工作场所的大小和位置。许多组织和机构的规模之所以很庞大，是因为他们所执行的功能只能通过增加人力来完成，无论是通过横向的地域扩展，还是纵向的管理层级增加。但随着人工智能对许多功能的接管，将来根据需求进行扩展不再意味着机构规模的扩大。到目前为止，一些知名的互联网公司只有很少数量的员工，但其它公司还没有做到这一点。

人工智能也将创造出一些新岗位，尤其是在某些特定行业。例如，复杂的信息系统可被用于创造新的市场，如应用商店、Airbnb 和 taskrabbit 等。对于人工智能研究，如果有一个活跃的研究社区，就有利于找到创造新市场的各种途径，从而让当前市场更高效地运作。

工作本身有其内在价值，但大部分人工作是为了有能力购买他们想要的商品和服务。因为人工智能系统可以执行之前需要人类来完成的工作，这将导致许多商品和服务的成本下降，事实上让每个人变得更富有。但正如政治辩论中所给出的例子一样，失业对人们的影响更显著。不幸的是，人工智能常常被视为人类就业的威胁，而不是生活水平提高的保障。

人们甚至在某些方面存在恐惧，他们担心人工智能会在一代人的时间内迅速取代所有的人类工作，包括那些需要认知和涉及到判断的工作。事实上，这种突变是不太可能发生的。但不可否认的是，人工智能将逐渐进入几乎所有就业领域，尤其是那些能够利用计算机替代人力的领域。

人工智能对认知型人类工作的经济影响,将与自动化和机器人对制造业的影响类似。许多中年工人失去了工厂里的高薪工作,以及伴随这个工作的家庭和社会中的社会经济地位。长期来看,一个对劳动力的更大影响是失去高薪的“认知型”工作。

随着劳动力在生产中的重要性下降,大多数市民可能会发现,他们工作的价值不足以为社会可接受的生活标准买单。这些变化需要政治上的,而非单纯经济上的响应。例如,需要考虑应该配置怎样的社会安全网来保护人们免受经济的大规模结构性转变的影响。如果缺少了相应的缓解政策,在这些转变中受益的一小部分人将成为社会的上层。

短期范围内,教育、再培训和发明新商品和服务可以减轻这些影响。从长期角度讲,当前的社会安全网可能需要进化成更好的社会服务,例如医疗、教育,或有保障的基本收入。事实上,瑞士和芬兰等国家已经在积极考虑这些措施。

人工智能可能会被认为是一种财富创造的完全不同的机制,该机制下每个人都应该从全世界人工智能所生产的财富中分得一部分。对于人工智能技术所创造的经济成果的分配方式,相信不久之后人们就会开始讨论这一话题。在传统社会中,由孩子支持他们年迈的父母。同样,将来我们的人工智“孩子”也应该支持我们,即让它们智能的“父母”。

8. 娱乐



在过去的十五年,互联网出现了爆炸式增长,如今人们已难以想象没有互联网的生活。在人工智能的驱动下,互联网已经将用户生成内容(UGC)作为信息和娱乐的一个可行的来源。Facebook 这样的社交网络几乎无处不在,而且也成为了社会互动和娱乐的个性化渠道。WhatsApp 和 Snapchat 等应用可以让智能手机用户与好友保持联系,分享娱乐和信息源。

在《第二人生》(Second Life)这样的在线社区和《魔兽世界》这样的角色扮演游戏中，人们想象在虚拟世界中有一个虚拟的存在。亚马逊 Kindle 这样的专用设备已经重新定义了打发时间的方式。如今，只需用手指点点划划就能浏览书籍。一款口袋大小的设备就能存储成千上万本图书，而阅读体验也基本与纸质图书一致。

除了 UGC 内容，我们拥有共享和浏览博客、视频、照片和话题讨论的可信平台。为了以互联网的规模运行，这些平台必须依赖当前正被积极开发的技术，其中包括自然语言处理、信息检索、图像处理、众包和机器学习。例如，人们已经开发出了“协同过滤”这样的算法，可以基于用户的人口统计学特征和浏览历史推荐相关的电影、歌曲或文章。

为了跟上时代发展的步伐，传统的娱乐资源也已经开始拥抱人工智能。正如《点球成金》(Moneyball)电影中给出的例子，职业体育正在转向密集的量化分析。除了总体表现统计，赛场上的信号也可以使用先进的传感器和相机进行监控。此外，用于谱曲和识别音轨的软件也已经面世。

计算机视觉和 NLP 技术还被用于创建舞台表演。即使非专业用户也可以在 WordsEye(可根据自然语言文本自动生成 3D 场景)等平台上练习自己的创造力。人工智能也已经被用于协助艺术品的历史搜索，并在文体学(stylometry)得到了广泛的应用，最近还被用在了绘画分析上。

人类对人工智能所驱动的娱乐内容的热情非常高，但也有人担心这会导致人类之间的人际交互减少。例如，少数一些人称，人们会因为花在屏幕上花费了太多时间而不再与他人互动。孩子们常常更愿意在家里快乐地玩他们的设备，而不愿出去与好友玩耍。人工智能会让娱乐更具交互性、更加个性化、更有参与感。因此，相关研究应该以“理解如何利用这些特征为个人和社会利益服务”为本。

畅想未来

任何形式的娱乐内容的成功，都要由作为其接受体的个人和社会群体来决定。人们觉得有吸引力的娱乐形式是多种多样的，而且还会随着时间的变化而变化。因此，很难准确预测未来十五年娱乐形式会如何演变。虽然如此，目前的趋势表明未来的娱乐形式很可能会包含一些可预测的特征。

到目前为止，信息革命主要是以软件的形式展开。但是，随着可用的传感器和设备的成本越来越低，娱乐系统中的硬件部分将来可能出现重大创新。例如，虚拟现实(VR)和触觉应用可能会进入我们的客厅，个性化的伴侣机器人已经处于研发中。

伴随着自动语音识别技术的进步，我们的研究小组预计，与机器人和其它娱乐系统的交

互将会变成以对话为基础的形式。最初可能还会有所限制，但会逐渐人性化。同样，未来的交互系统还会增加新的功能，如情绪、共鸣(empathy)，以及对环境节奏的适应性，如每天的时间。

今天，一位有摄影机和可用的软件工具的业务爱好者也可以制作出一部相对不错的电影。将来，更先进的工具和应用将会使高质量内容的产生更加容易，如创作音乐或使用虚拟角色编排舞蹈。娱乐产品的创造和创作将受益于 ASR(自动语音识别)、配音和机器翻译等技术的进步，这将使得内容可以低成本地针对不同的用户进行定制。这种人工智能创造的媒体的民主化和进一步扩散将使得人们的娱乐口味更难以预料。

随着内容传播日益数字化，以及关于用户喜好和使用特征的大量数据被记录，媒体制作者将能够为日益特定细分的人群提供微分析和微服务内容。可以想象，这种情况会导致一些传媒集团以“老大哥”的形象出现，它们将有能力控制特定个体所接触的思想和在线体验。整个社会能否开发出阻止它们出现的措施还有待观察。针对该话题，以及人工智能政策方面的话题将在下一章进行详细讨论。

第三章：人工智能公共政策的前景与建议

人工智能应用的目标必须是为社会创造价值。因此，我们的政策建议也会遵循这个目标。而且，即便该报告主要关注的是 2030 年的北美城市，这些建议依然广泛适用于其他城市，同时不受时间限制。那些能强化人们对人工智能系统解并参与使用的战略，将可以帮助人们建立起对人工智能的信任，同时也能防止重大失败。

在增强和提升人类能力和互动时需要注意，还要避免对不同社会阶层的歧视。因此，这方面的研究和讨论值得我们提倡。鉴于美国当前的产业监管，我们可能需要新的法律和政策来应对人工智能可能带来的广泛影响。

政策无需“更多”，也不要“更严”，而是应该鼓励有用的创新，生成并转化专业知识，并广泛促进企业与民众对解决这些技术带来的关键社会问题的责任感。从长期角度讲，人工智能将会带来新财富，整个社会也要探讨如何分配人工智能技术带来的经济成果的分配问题。

当前及未来的人工智能政策

为帮助解决个人和社会对快速发展的人工智能技术产生的忧虑，我们的研究小组提供了三个一般性政策建议。

1. 在所有级别的政府内，制定一个积累人工智能技术专业知识的程序。有效的监管需要更多的能理解并能分析人工智能技术、程序目标以及整体社会价值之间互动的专家。

缺乏足够的安全或其他指标方面的专业技术知识，国家或地方政府官员或许就会拒绝批准一个非常有前途的应用。缺少足够训练的政府官员也可能只会简单采纳行业技术专家的说法，批准一个未经充分审查的敏感的应用进入市场。不理解人工智能系统如何与人工行为和社会价值互动，官员们就会从错误的角度来评估人工智能对项目目标的影响。

2. 为研究人工智能的平等、安全、隐私和对社会影响的项目扫清潜在的和实际的障碍。

专属人工智能系统是否以及如何被专业学者、记者和其他研究人员逆向工程(reverse engineered)和估值，当前的联邦法律，如《计算机欺诈和滥用法案》和《数字千年版权法》的反规避条款，对这些问题的解释还很模糊。当人工智能系统带来了一些实质性后果，需要被审查和追究责任时，这些法律的研究就显得非常重要了。

3. 为“关于人工智能社会影响”的跨学科研究提供公共和私人资金支持。

当前,从整个社会来看,我们对人工智能技术的社会影响的研究投入不足。资金要投给那些能够从多角度分析人工智能的跨学科团队,研究范围从智能的基础研究到评估安全、隐私和其他人工智能影响的方法。以下是一些具体问题:

当自动驾驶汽车或智能医疗设备出现失误时,应该由谁来负责?如何防止人工智能应用产生非法歧视?谁来享有人工智能技术带来的效率提升的成果,以及对于那些技能被淘汰的人应该采取什么样的保护措施?

随着人工智能被越来越广泛和深入地整合到工业和消费产品中,一些领域中需要调整现有的监管制度以适应人工智能创新。或者在某些情况下,根据广泛接受的目标和原则,从根本上重新配置监管制度。

到目前为止,美国使用的方法是通过各种机构将监管具体到各个行业。例如,在设备中使用人工智能实现医疗诊断和治疗由食品药品监督管理局(FDA)监管,包括定义产品类型和指定产生方法,还有软件工程的标准。在管制空域中使用无人机由美国联邦航空局(FAA)监管。面向消费者的人工智能系统由联邦贸易委员会(FTC)监管。而金融市场使用的人工智能技术,如高频交易,由证券交易委员会(SEC)监管。

除了针对具体行业制定监管的方法外,一个广泛的、相对模糊的“重要基础设施”监管类别也可能适用于人工智能应用。根据奥巴马政府的规定,“重要基础设施”由资产、系统和网络组成,无论是实体的,还是虚拟的。它们对美国的作用如此之重要,以致于发展得不好就会影响到国家安全、经济发展和国民健康。今天,一家企业通过广泛定义的手段就可以完全不受联邦法规的监管。但是,美国联邦政策的总体趋势是将监管具体到国民经济中的 16 个领域。

涉及到人工智能,重要的基础设施主要由终端用户应用来定义,而不是由技术或实际生产人工智能软件的行业来定义。

包括谷歌、Facebook 和亚马逊在内的软件公司已经在积极游说监管机构,以避免被认定为国民经济中的“重要基础设施”。这些公司称,否则将无异于面向监管部门敞开大门,将不可避免地影响其快速的产品开发周期和创新能力。不管怎样,只要那些在创建、运营和维持重要基础设施的企业使用人工智能,监管这些软件的兴趣就会增长。

政策和法律考虑

全面研究人工智能与法律互动的方式超出了本报告的内容范围,但有一点很清楚:作为一种变革性的技术,人工智能在短期、中期和长期都具备了挑战任何数量的法律假设的潜力。精确地定义法律和政策将如何适应人工智能的发展取决于社会、文化、经济和其他多种影响

因素。而且，不同的司法管辖权内可能会有不同的变化。

美国法律由普通法、联邦、州和地方法规和条例、或监管组成的混合体。在具体的实施中，人工智能可能涉及到上述每一级别的法律法规。例如，内华达州通过了一项法律，广泛允许自动驾驶汽车。与此同时，美国国家公路交通安全管理局规定，对于自动驾驶汽车，自动驾驶系统就是“司机”，而不是车里的人。

当然，自动驾驶车只是人工智能在服务、产品和其他情境下众多应用案例之一。将人工智能技术引入税务咨询、股票市场的自动交易，或自动生成医疗诊断等案例中，其法律效力也会随着监管者和具体应用的不同而不同。

鉴于美国当前的行政法结构，短期内制定出全面的人工智能政策法规也不太实际。但不管怎样，可以根据人工智能在各种使用环境中可能出现的问题，广泛列出各种潜在的法律和政策问题是可行的。

隐私

关于个人的私密信息可能被由人工智能做出的决策和预测所泄露。人工智能所牵连隐私的一些方式反映的可能是计算机和互联网技术，但其他问题可能就是人工智能独有的。例如，人工智能基于之前模式预测未来行为的潜力，就会带来一些有挑战的问题。一些公司已经在使用机器学习预测信用风险。

美国利用复杂算法、根据罪犯的细节信息来预测累犯的可能性，基于此来考虑假释的可能性。在这些情况下，确保种族和性取向等因素不被人工智能在做决策时考虑进去就是一个技术挑战。即使这些特征没有直接提供给算法，它们或许依然会与一些看似无关的特征(如邮政编码)强烈的关联起来。不管怎样，只有经过仔细的设计、测试和部署，人工智能算法产生的偏见或许才能比一个普通人少一些。

创新政策

有关责任和话语权的早期法律和政策决策确保了互联网的商业活力。相比之下，今天的软件产业受到了企业决策的影响，从开放和自由的软件到更积极追求知识产权保护，导致了专利丛生。在激励人工智能创新并促进合作，与保护第三方不受伤害之间做出适当的权衡将是一个核心挑战。

民事责任

由于人工智能可以被利用直接影响世界，甚至产生实质性的影响，人工智能造成伤害的责任也会随之加大。人工智能可能会做出设计人员意料外的行为，这种情况给当前的侵权

法带来了挑战，因为法院只会判定补偿可预见的伤害。即便是以公平和效率为准则能更好的判定责任时，法院也许都将责任判给人类当事人。或者，法院可能拒绝追究责任，因为被告并不存在。为此，责任将默认地落在无辜的受害者身上。当人类当事人对机器行为承担的责任越来越少时，产品责任的作用可能会加大。

刑事责任

如果侵权法认为伤害是可以预见的，则刑法可能会进一步认定这些伤害是蓄意的。美国法律尤其重视犯罪动机。随着人工智能应用参与到了原本由人类完成的任务中，也就可能构成犯罪。这就会让法院和其他法律机构困惑：应该由谁承担责任？又基于什么理论？

代理

上述问题又引发了这样一个问题：在何种情况下，人工智能系统可以作为个人或企业的代理进行运作？当前，美国、加拿大和其他一些国家的监管机构将条件设置成：当软件可签署一项有约束力的合同时。人工智能依法开展的活动越多，对合法的代理原则的挑战就越大。

认证

从概念上讲，“人工智能”就是要取代人类技能和智慧。在许多情况下，从驾驶到执行手术，再到遵守法律，一个人类必须在获得一些证书或牌照之后才能执行一项特定的任务。为此，法律和政策将不得不解决这样一个问题：如何确定人工智能系统的能力？例如，一家机器人公司研发除了可以自动摘除阑尾的手术平台，或者一家法律公司开发出了一项应用，可以提供法律建议。当前，从法律的角度讲，我们还不清楚人工智能系统怎样才算通过医学或法律资格考试，更不用说到哪里去获得这些认证了。

劳动力

由于人工智可以取代人类的一些角色，一些工作将会消失，同时一些工作又会被创造。人工智能对工作的净影响目前还无法准确判断，但劳动力市场不可能让所有人均等受益。将来，对特定类型技能或能力的要求将很有可能大幅下降，从而给具备这些技能的人的就业和工资水平带来较大影响。虽然人工智能对收入水平和收入分配带来的最终影响不可避免，但还将在很大程度上取决于政府政策、企业的工作方式、以及个人在学习新技能方面的投资决定。被人工智能取代工作的人们可能会将雇主诉诸立法机关和法院。这可能就是 Littler Mendelson 律师事务所拥有一个专门处理机器人和人工智能纠纷的团队的原因。

税务

联邦、州和地方收入来源可能会受到影响。使用人工智能来完成任务可以更快、更精确，

并能避开就业税。因此，人工智能应用将加速投资从工资和收入转向资本开支。基于国家对工资和所得税的依赖，这种转变可能带来不稳定性。人工智能还可能表现出与人类不同的“习惯”，造成营收源减少。例如，原来依赖于超速和泊车罚款的许多城市将不得不寻求其他替代收入，因为自动驾驶汽车上路后可能不再违法。为此，政府机构可能会根据人工智能的发展状况来平衡其预算，通过立法来减缓或改变这项技术的发展进程。

政治

当前，人工智能技术已经被政治家用于影响选举结果。他们能够借此协调抗议或预测抗议，以及通过更精确地定位(某人在某时间说了什么)来推进政治透明度。因此，有关人工智能的行政和监管法律，在出台之前可以针对促进更大的民主参与而设计，否则就会降低民主参与。

我们的研究小组认为，试图监管人工智能的一些尝试能会被误导，因为目前人工智能还没有一个明确的定义，其中的风险和所要考虑的问题在不同的领域也会不同。因此，政策制定者应该学会随机应变，不同的时间、不同的行业需要不同的监管。政府也需要专业的知识来审查私人企业和公共机构所开发的标准和技术，出台必要的法规。

未来的指导原则

面对人工智能技术可能给社会带来的深刻变革，需要“更多”和“更严格”的监管或许不可避免。如果错误地理解了“人工智能”，那么有潜力给所有人带来裨益的人工智能技术就可能遭遇阻力。不适当的监管会带来悲剧性的错误，对人工智能的发展起到反作用。

幸运的是，引导当前数字技术成功的监管原则还是有利于人工智能发展的。例如，近期公布的一项多年研究项目对比了欧洲四个国家和美国的隐私监管，其结果有悖直觉。西班牙和法国这样的有严格的详细法规的国家，在企业内部孕育出了一种“合规心态”(compliance mentality)，其结果却是抑制了创新，也没有强烈的隐私保护感。这些企业并不将隐私保护视为内部责任，不会派专人来促进隐私保护，也不会参与隐私倡议或学术研究。他们只是将隐私视为一项要满足规范的行为。他们关注的重点是如何避免被罚款或惩罚，而不是主动设计技术和采纳实用技术来保护隐私。

相比之下，美国和德国的监管环境是，将模糊的目标与严格的透明度要求、有意义的执法相结合，这促进了企业将隐私视为其责任。人工智能领域也是如此，监管者可以营造一个良性活动循环，由内部和外部责任、透明度和专业化的法规组成。随着人工智能与城市的整合，它将对当前的价值观保护带来挑战，如隐私和责任等。与其它技术一样，人工智能可以被善意利用，也可能被恶意利用。

这就需要我们认真考虑，如何更好地引导人工智能，使之能丰富我们的生活和社会，同时还能鼓励这一领域的创新。我们还需要对政策进行评估，看是否能促进人工智能所带来的益处的发展和平等共享。由于目前还不能清晰地预测未来的人工智能技术及其所将带来的影响，相关政策还要根据出现的社会问题和线索不断地重新评估。

在过去的 15 年间，人工智能的发展已经北美城市产生了不小的影响。而未来 15 年，人工智能活将取得更大的进步。人工智能近期取得的发展主要得益于互联网所产生的海量数据，以及传感技术和深度学习技术的发展。

未来几年，在交通和医疗保健等领域将出现更多新的人工智能应用。这些应用必须要以能够被人们理解和信任的方式推出，并且尊重人类和民权。在鼓励创新的同时，相应的政策和程序必须要解决道德、隐私和安全方面的担忧，还要确保人工智能的裨益被广泛、公平地传播。只有这样，才能确保人工智能研究和应用在未来 15 年、甚至更远的时间内对人类生活产生积极的影响。

附录：人工智能简史

本附录主要基于尼尔森(Nilsson)的著作，以及当前的主流视角撰写而成，即专注于数据密集型方法和大数据。需要指出的是，这一专注点并不是所有问题的解决方案。一个全面、完全平衡的人工智能发展史已经超出了本附录的范围。

人工智能领域正式诞生于 1956 年，在约翰·麦卡锡(John McCarthy)组织的达特茅斯暑期研究项目(Dartmouth Summer Research Project)的研讨会上提出。当时，提出人工智能概念的原因是为了探究机器可以在哪些方面模仿人类智能。这一核心思想一直推动着人工智能领域向前发展。在与他人共同起草的研讨会提议文件中，麦卡锡因首次使用“人工智能”(AI)这一术语而声名大噪。后来，许多研究者将自己的项目归类于人工智能。

虽然达特茅斯(英国港口城市)研讨会为人工智能领域开创了一个有统一身份的专门研究社区，但许多具有人工智能特征的技术想法早已存在。例如，在 18 世纪，托马斯·贝叶斯(Thomas Bayes)就为推理事件的概率提供了一个计算框架。19 世纪，乔治·布尔(George Boole)证明逻辑推理可以像求解方程组那样被系统地执行。

到了 20 世纪，实验科学(experimental sciences)的进步导致统计学的出现。20 世纪 50 年代，第一台电子计算机问世。随后，可以感知和自主行动的第一代机器人也诞生了。

支撑计算机科学发展的最具影响力的思想来自阿兰·图灵(Alan Turing)，他提出了通用计算机概念。图灵的经典文章《计算机器和智能》(Computing Machinery and Intelligence)对建造计算机用于模拟人类智能的可能性进行了畅想，并探讨了许多与现在人工智能有关的

话题，如怎样测试人工智能，以及机器怎样自主学习。虽然这些想法启发了人工智能，图灵却没有获取到将他的想法转化为行动所需的计算资源。

在探索人工智能的道路上，几个重点研究领域在 20 世纪 50 年代和 70 年代之间出现。艾伦·纽厄尔(Allen Newell)和赫伯特·西蒙(Herbert Simon)率先进军启发式搜索领域(heuristic search，在大型组合空间寻求解决办法的有效程序)，他们将这种思想应用于构建数学定理的证明。

在计算机视觉领域，奥利弗·塞尔福里奇(Oliver Selfridge)及其同事做的早期的字符识别工作，为更复杂的应用奠定了基础，如面部识别等。到了 60 年代后期，自然语言处理方面的工作相继展开。斯坦福国际研究院(SRI)建造的“Shakey”有轮机器人开启了移动机器人领域的探索。

亚瑟·塞缪尔(Arthur Samuel)的跳棋游戏程序能通过自我对弈提高下棋水平，这是应用机器学习系统的早期案例之一。罗森巴拉特(Rosenblatt)的 Perceptron(一个基于生物神经元的计算模型)成为了人工神经网络领域的基础。费根鲍姆(Feigenbaum)和其他人主张建立专家系统(expert systems)，即为特定领域(如化学和医疗诊断)量身定制的知识资料库。

人工智能在早期概念上的进步假定了存在一个符号体系(symbolic system)，并可以在此基础上推理和演化。到了 80 年代，虽然符号体系在发展不同人工智能领域方面充满前途，但仍未取得显著的实际成功。到了 80 年代中期，由于公众兴趣降低，研究经费不足，人工智能领域不得不承认这些不足。尼尔森将这个时期称为“人工智能的冬天”。

到了 90 年代，一种被称为“优秀的老式人工智能”(Good Old-Fashioned AI)的思想复苏。但是，依靠这种方法来构建智能化系统是不够的。相反，智能系统需要从头开始构建，以便随时都可以解决手头上的一些任务，尽管熟练程度有所不同。技术进步也使得建立一个由真实世界数据驱动的任务变的可行，更便宜和更可靠的硬件(感知和自动化)也使得机器人的制造变得容易。

此外，互联网收集海量数据，以及计算、存储和处理这些数据的能力，使人们能应用统计技术从数据中获得解决方案。正如我们在第二章所述，这些发展使得人工智能在过去的二十年中得以出现，并对我们当前的日常生活产生深远的影响。(编译/谭然)

AI 世代 编译整理

