

1.1 引言——激动人心的 AI-2016

人工智能（Artificial Intelligence, AI），简单地理解，就是通过计算机系统和模型（算法、数据），模拟人类心智（Mind）的技术体系与实现方法的集合。经过六十多年的发展，2016年3月随着谷歌 AlphaGo 以 4:1 战胜世界著名围棋九段选手李世石，AI 达到的智能水平在全球引起轰动，也标志着 AI 技术发展达到了一个新的高度和热度。全球多家著名的 IT 公司，如谷歌、微软、腾讯、阿里巴巴、百度、科大讯飞、旷视等纷纷宣布将 AI 作为下一步发展的战略重心，大力研发 AI 博弈、图像识别、计算机视觉、自然语言处理、商业智能、自动驾驶、智能机器人等最新技术和产品，推动人类科技文明的进步。

卡内基·梅隆大学计算机博士、著名 IT 职业经理人、人工智能技术的早期研究者、“创新工场”总裁李开复先生指出：“人工智能是人类有史以来最大的机遇！”

1. 无敌围棋系统——AlphaGo

AlphaGo 是由谷歌旗下位于英国伦敦的 DeepMind 公司的戴维·西尔弗、艾佳·黄和戴密斯·哈萨比斯与他们的团队开发的一款基于人工智能的围棋程序。截至 2017 年 12 月，已经由 2015 年的第一代 AlphaGo，发展出了第二代 AlphaGo-Master、第三代 AlphaGo-Zero 和第四代 AlphaZero 系统，在智能算法模型构造、计算环境硬件结构设计、围棋对弈水平等多方面都开创了人工智能技术的先河。AlphaGo 的演进过程如下：

- 2016 年 1 月 27 日，国际顶尖期刊《自然》封面文章报道，谷歌研究者开发的名为“阿尔法围棋”（AlphaGo）的人工智能机器人（人工智能应用程序），在没有任何让子的情况下，以 5:0 完胜欧洲围棋冠军、职业二段选手樊麾。在围棋人工智能应用领域，人工智能机器人能在不让子的情况下，在 19×19 的完整棋盘竞技中击败专业选手，这是史无前例的突破。
- 2016 年 3 月 9 日至 15 日，AlphaGo 挑战世界围棋冠军李世石，在韩国首尔举行了一场围棋人机大战五番棋。比赛采用中国围棋规则，AlphaGo 以 4:1 的总比分取得了胜利。
- 2016 年 12 月 29 日至 2017 年 1 月 4 日，AlphaGo 在弈城围棋网和野狐围棋网上以“Master”为注册名，冒充人类围棋选手，历时 5 天，依次对战数十位人类顶尖围棋高手，包括世界冠军井山裕太、朴延恒、柯洁、聂卫平等，取得总比分 60:0 的辉煌战绩。
- 2017 年 5 月 23 日至 27 日，在中国乌镇围棋峰会上，AlphaGo-Master 以 3:0 的总比

分战胜排名世界第一的世界围棋冠军柯洁。在这次围棋峰会期间，AlphaGo-Master 还战胜了由陈耀烨、唐韦星、周睿羊、时越、聿昱廷五位世界冠军组成的围棋团队。

- 2017 年 10 月 18 日，谷歌 DeepMind 团队又在《自然》发表论文，公布了最新版的 AlphaGo-Zero。它经过短短 3 天的自我训练、自主学习，就强势地以 100:0 的战绩打败了此前战胜李世石的旧版 AlphaGo；又经过 40 天的自我训练、自主学习，再次完胜了 AlphaGo-Master。
- 2017 年 12 月 8 日，DeepMind 团队又在 arXiv 上扔了个重磅炸弹，新一代 AlphaZero 在用了强劲的计算资源（5000 个 TPU 1.0 和 64 个 TPU 2.0）之后，用不到 24 小时的时间自我对弈（tabula rasa，也叫白板）的强化学习，接连击败了三个世界冠军级的棋类程序：国际象棋 Stockfish（28:0）、将棋 Elmo（90:8）、围棋 AlphaGo-Zero（60:40）。

2. 计算机视觉的“世界杯”——ILSVRC

ImageNet 是一个计算机视觉系统识别项目数据集（Data Set）的名称，是目前世界上用于图像识别的最大的免费数据集（1500 万张图片），由美国斯坦福大学的计算机科学家李飞飞教授牵头，模拟人类的视觉识别系统设计和开发的，目的是通过设计和训练相关的人工智能系统（算法、模型），使其能够从 ImageNet 的图片中识别物体、场景，解决未来的计算机视觉（机器视觉）对物品、人和场景的直接辨认。如图 1-1 所示给出了图像识别的典型场景（扫描二维码，可查看彩图，下同）。

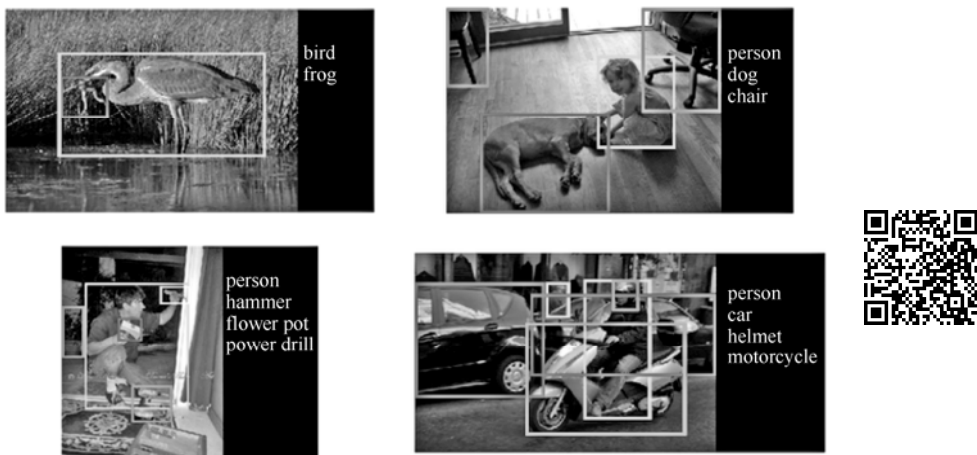


图 1-1 图像识别的典型场景

ILSVRC（ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge），即“ImageNet 大规模视觉识别挑战赛”，是基于 ImageNet 图像数据集的国际计算机视觉识别的著名赛事，有“人工智能经典命题竞技场”的美称。实际上，计算机视觉识别是人工智能领域的经典命题，长久以来一直受到学术界和产业界的广泛关注。ILSVRC 不但是计算机视觉发展的重要推动者，也是深度学习热潮的关键驱动力之一，每年都吸引大量的全球各国的顶级人工智能团队在物体定位（识别）、物体检测、视频物体检测等三大类任务上展开激烈角逐。

ILSVRC 从 2010 年开始，到 2017 年已经成功举办八届，科技巨头如谷歌、微软、Facebook、360 等，以及来自世界知名高校、研究单位，如牛津大学、加州大学伯克利分校、多伦多大学、东京大学、阿姆斯特丹大学、香港中文大学、北京大学、中国科学院自动化所等均多次

参加该竞赛。竞赛主办方会在每年的国际顶级计算机视觉大会 ECCV (European Conference on Computer Vision) 或 ICCV (IEEE International Conference on Computer Vision) 举办专题论坛, 交流分享参赛经验。特别是 2012 年多伦多大学杰弗里·欣顿 (Geoffrey Hinton, 深度学习之父) 教授带领的团队, 首次在大规模数据集上使用深度神经网络模型将竞赛中图像分类任务的成绩大幅度提高, 引起了学术界的空前关注。基于该竞赛数据集训练的模型, 被验证具有很好的泛化能力, 可以大幅提升各项计算机视觉任务的性能。因此, 该竞赛一直得到学术界和工业界的积极参与和高度关注。

2017 年 7 月 17 日正式落幕的 ILSVRC-2017 共吸引了来自中、美、英等 7 个国家的 25 支顶尖人工智能团队参赛。令人惊喜的是, 来自中国的 360 公司人工智能团队力压一直在此项任务中保持世界领先地位的谷歌、微软、牛津大学等强队, 最终夺得了冠军, 并在“物体定位”任务的两个场景竞赛中获得第一, 同时在所有任务和场景中取得了全球前三的骄人战绩。

360 团队与新加坡国立大学团队合作提出的“DPN 双通道网络+基本聚合”深度学习模型取得了最低的定位错误率, 分别为 0.062263 和 0.061941, 刷新世界纪录! 从最初的算法对物体进行识别的准确率只有 71.8% 上升到现在的 97.3%, 识别错误率已经远远低于人类的 5.1%, 如图 1-2 所示。

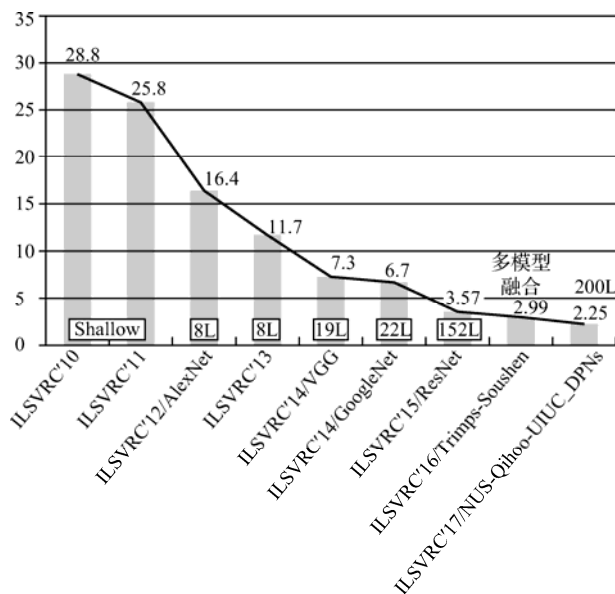


图 1-2 八届 ILSVRC 大赛错误率比较

3. 计算机听觉的实现——智能语音处理

语音信号处理是一门跨多学科的综合技术。它以生理、心理、语言以及声学等基本实验为基础, 以信息论、控制论、系统论等理论作为指导, 通过运用信号处理、统计分析、模式识别等现代技术手段, 发展成为一门新的学科。从 1939 年美国 H. 杜德莱展出的一个简单发音过程模拟系统, 到 1965 年 J. L. Flanagan 编著出版《语音的分析、合成与感知》, 及至今天, 语音处理技术已经走过了漫长的发展历程。

让机器能够听懂人的讲话是人类梦寐以求的心愿。近年来, 随着人工智能技术在语音处理领域的应用和发展, 这一心愿已经逐步要变成现实了。我国的科大讯飞作为全球领先的智

能语音技术提供商，在智能语音技术领域经过长期的研究积累，在语音识别、语音合成、语义理解、机器翻译、语音交互、口语评测、声纹特征识别等多项技术上取得了国际领先的成果，已经推出从大型电信级应用到小型嵌入式应用，从电信、金融等行业到企业和家庭用户，从 PC 到手机再到 MP3/MP4/PMP 和玩具，能够满足多种不同应用环境的智能语音类产品。

语音合成和语音识别技术是实现人机语音通信，建立一个具有听说能力的语音交互系统所必需的两项关键技术。使计算机具有类似于人一样的听说能力，是当代信息产业的重要竞争市场。和语音识别相比，语音合成的技术相对来说要成熟一些，并已开始向产业化方向成功迈进，大规模应用指日可待。

语音评测技术，又称计算机辅助语言学习（Computer Assisted Language Learning, CALL）技术，是一种通过机器自动对发音进行评分、检错并给出矫正指导的技术。语音评测技术是智能语音处理领域的一项研究前沿，同时又因为它能显著提高受众对语言（口语）学习的兴趣、效率和效果而有着广阔的应用前景。

自然语言是几千年来人们生活、工作、学习中必不可少的元素，而计算机是 20 世纪最伟大的发明之一。如何利用计算机对人类掌握的自然语言进行处理甚至理解，使计算机具备人类的听、说、读、写能力，一直是国内外研究机构非常关注和积极开展的研究工作。

4. 人工智能的综合应用——自动驾驶汽车

通过先进驾驶辅助系统（Advanced Driver Assistant System, ADAS）实现的自动驾驶汽车是一种智能汽车，也可以称之为轮式移动机器人，主要依靠车内的以计算机系统为主的智能驾驶仪来实现自动驾驶。它利用车载传感器（摄像机、雷达等）来感知车辆周围环境，并根据感知所获得的道路、车辆位置和障碍物信息，控制车辆的转向和速度，从而使车辆能够安全、可靠地在道路上行驶。自动驾驶的基本原理如图 1-3 所示。

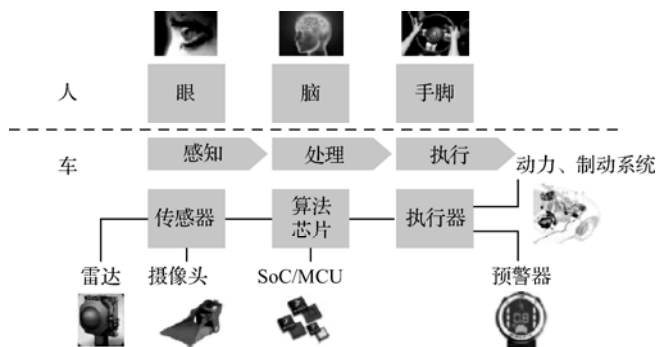


图 1-3 自动驾驶原理示意图

自动驾驶汽车从根本上改变了传统的“人—车—路”闭环控制方式，将不可控的驾驶员从该闭环系统中请出去，从而大大提高了交通系统的效率和安全性。自动驾驶汽车集自动控制、体系结构、人工智能、视觉计算等众多技术于一体，是计算机科学、模式识别和智能控制技术高度发展的产物，也是衡量一个国家科研实力和工业水平的一个重要标志，在国防和国民经济领域具有广阔的应用前景。

从 20 世纪 70 年代开始，美国、英国、德国等发达国家开始进行自动驾驶汽车的研究，目前在可行性和实用化方面都取得了突破性的进展。我国从 20 世纪 80 年代开始进行自动驾驶汽车的研究，国防科技大学在 1992 年成功研制出我国第一辆真正意义上的自动驾驶汽车。

谷歌自动驾驶汽车已经行驶超过 300 万英里（1 英里=1.609344 千米）。技术人员表示：谷歌自动驾驶汽车通过摄像机、雷达传感器和激光测距仪来“看到”其他车辆，并使用详细的地图来进行导航。自动驾驶车辆收集来的信息量非常巨大，必须将这些信息进行处理转换，谷歌数据中心将这一切变成了可能，它的数据处理能力非常强大。所面临的难题是自动驾驶汽车和人驾驶的汽车如何共处而不引起交通事故的问题。2015 年 12 月，百度无人车路测完成并成立自动驾驶事业部后，其负责人王劲曾明确表示，百度无人车项目的目标是 3 年商用，5 年量产。2016 年 5 月 16 日，百度宣布，与安徽省芜湖市联手打造首个全无人车运营区域，这也是国内第一个无人车运营区域。据悉，除芜湖外，百度还将与全国十几座城市达成无人车商用落地合作。

按照国际自动机工程师学会（SAE International，简称 SAE）提出的分级标准，自动驾驶被分为 L0~L5 共 6 个级别，不同级别的自动驾驶技术的自动化含义、驾驶主体、智能化程度和对环境的要求是不同的，如表 1-1 所示。

表 1-1 SAE 的自动驾驶分级与定义

SAE 分级		SAE 定义	驾驶主体			
			驾驶者	周边监控	支援者	适应场景
L0	无自动化	由人类驾驶者全权操作汽车，在行驶过程中可以得到警告和保护系统的辅助	人类驾驶者	人类驾驶者	人类驾驶者	无
L1	驾驶支援	通过驾驶系统对方向盘和加减速中的一项操作提供驾驶支援，其他的驾驶动作都由人类驾驶者进行操作	人类驾驶者			限定场景
L2	部分自动化	通过驾驶系统对方向盘和加减速中的多项操作提供驾驶支援，其他的驾驶动作都由人类驾驶者进行操作	驾驶系统			
L3	有条件自动化	由智能驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统请求，人类驾驶者提供适当的应答	驾驶系统	驾驶系统	驾驶系统	所有场景
L4	高度自动化	由智能驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统请求，人类驾驶者不一定需要对所有的系统请求做出应答，对道路和环境条件等有一定的限制	驾驶系统	驾驶系统	驾驶系统	
L5	完全自动化	由智能驾驶系统在所有的道路和环境条件下完成驾驶操作，人类驾驶者只在认为确实需要的情况下接管	驾驶系统	驾驶系统	驾驶系统	

2018 年 3 月 22 日，北京市有关部门在经过封闭测试场训练、自动驾驶能力评估和专家评审等系列程序后，向百度发放了北京市首批 5 张 T3 级别的自动驾驶测试试验用临时号牌，这是国内当时颁发的最高级别自动驾驶牌照（T1~T5）。在当日举行的北京市自动驾驶车辆道路测试启动活动上，5 辆取得自动驾驶路测号牌的百度 Apollo 自动驾驶汽车向媒体进行了展示，并在亦庄周边的开放道路上进行了公开路测。

5. 中国新一代人工智能发展规划出台

人工智能的迅速发展将深刻改变人类社会生活、改变世界。为抢抓人工智能发展的重大战略机遇，构筑我国人工智能发展的先发优势，加快建设创新型国家和世界科技强国，国务院于 2017 年 7 月 8 日印发了《新一代人工智能发展规划》（以下简称《规划》），提出了面向 2030 年我国新一代人工智能发展的指导思想、战略目标、重点任务和保障措施。

《规划》指出，要坚持科技引领、系统布局、市场主导、开源开放等基本原则，以加快人

工智能与经济、社会、国防深度融合为主线，以提升新一代人工智能科技创新能力为主攻方向，构建开放协同的人工智能科技创新体系，把握人工智能技术属性和社会属性高度融合的特征，坚持人工智能研发攻关、产品应用和产业培育“三位一体”推进，全面支撑科技、经济、社会发展和国家安全。

《规划》明确了我国新一代人工智能发展的战略目标：到2020年，人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步，人工智能产业成为新的重要经济增长点，人工智能技术应用成为改善民生的新途径；到2025年，人工智能基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平，人工智能成为我国产业升级和经济转型的主要动力，智能社会建设取得积极进展；到2030年，人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平，成为世界主要人工智能创新中心。

《规划》提出六个方面重点任务：一是构建开放协同的人工智能科技创新体系，从前沿基础理论、关键共性技术、创新平台、高端人才队伍等方面强化部署；二是培育高端高效的智能经济，发展人工智能新兴产业，推进产业智能化升级，打造人工智能创新高地；三是建设安全便捷的智能社会，发展高效智能服务，提高社会治理智能化水平，利用人工智能提升公共安全保障能力，促进社会交往的共享互信；四是加强人工智能领域军民融合，促进人工智能技术军民双向转化、军民创新资源共建共享；五是构建泛在安全高效的智能化基础设施体系，加强网络、大数据、高效能计算等基础设施的建设升级；六是前瞻布局重大科技项目，针对新一代人工智能特有的重大基础理论和共性关键技术瓶颈，加强整体统筹，形成以新一代人工智能重大科技项目为核心、统筹当前和未来研发任务布局的人工智能项目群。

《规划》强调，要充分利用已有资金、基地等存量资源，发挥财政引导和市场主导作用，形成财政、金融和社会资本多方支持新一代人工智能发展的格局，并从法律法规、伦理规范、重点政策、知识产权与标准、安全监管与评估、劳动力培训、科学普及等方面提出相关保障措施。

1.2 人工智能的产生与发展

人工智能涉及哲学、数学、经济学、神经学、心理学、计算机工程、控制论、语言学等多学科、多领域。1956年夏天，十人研讨会在美国达特茅斯学院召开，标志着AI的正式诞生。今天回头品味一下六十多年前达特茅斯会议的提案声明，真是敬佩大师们的高瞻远瞩：

“我们提议1956年夏天，在新罕布什尔州汉诺威市的达特茅斯学院开展一次由十个人参加的为期两个月的人工智能研究。学习的每个方面或智能的任何其他特征原则上可被这样精确地描述以至于能够建造一台机器来模拟它。该研究将基于这个推断来进行，并尝试着发现如何使机器使用语言，形成抽象概念，求解多种现在注定由人来求解的问题，进而改进机器。我们认为，如果仔细选择一组科学家对这些问题一起工作一个夏天，那么对其中的一个或多个问题就能够取得意义重大的进展。”

1. 人工智能的孕育与诞生（1943—1955）

现在一般认为人工智能的最早工作是由Warren McCulloch和Walter Pitts于1943年完成的。他们利用了三种资源：基础生理学知识和脑神经元的功能，归功于罗素和怀特海德的对命题逻辑的形式分析，以及图灵的计算理论。他们提出了一种人工神经元模型，其中每个神经元被描述为“开”或“关”的状态，作为一个神经元对足够数量邻近神经元刺激的反应，其状态将出现到“开”的转变。神经元的状态被设想为“事实上等价于提出足够刺激的一个

命题”。例如，他们证明，任何可以计算的函数都可以通过相连神经元的某个网络来计算，并且所有逻辑连接词（与、或、非等）都可以用简单的网络结构来实现。Warren McCulloch 和 Walter Pitts 还提出适当定义的神元网络能够学习。1949 年 Donald Hebb 提出一条简单的用于修改神经元之间的连接强度的更新规则，即现在仍然具有一定影响的“赫布型学习”（Hebbian Learning）规则。

两名哈佛大学的本科生 Marvin Minsky 和 Dean Edmonds 在 1950 年创建了第一台神经网络计算机。这台称为 SNARC 的计算机，使用了 3000 个真空管和 B-24 轰炸机上一个多余的自动指示装置，来模拟一个由 40 个神经元构成的网络。

阿兰·图灵是人工智能的重要奠基者之一，他的先见之明对人工智能的产生与发展具有重要的影响力。早在 1947 年，他就在伦敦数学协会发表了开创性的相关主题演讲，并在其 1950 年的文章“计算机与智能（Computing Machinery and Intelligence）”中，清晰地表达了有说服力的人工智能相关工作，创造性地、高瞻远瞩地提出了图灵测试、机器学习、遗传算法和强化学习等概念。

1956 年夏天，在为期两个月的达特茅斯研讨会上，正式提出了“人工智能（Artificial Intelligence, AI）”的概念，标志着人工智能正式诞生并且成为一个独立领域。发起和参与研讨会的 J. McCarthy（麦卡锡，达特茅斯学院）、M. L. Minsky（明斯基，哈佛大学）、N. Rochester（IBM）、C.E. Shannon（贝尔电话实验室）、Trenchard More（摩尔，普利斯顿大学）、Ray Solomonoff（所罗门诺夫）与 Oliver Selfridge（赛弗里奇，麻省理工学院）等学者对随后的人工智能发展做出了巨大贡献。

2006 年，达特茅斯会议召开 50 周年之际，10 位当时的与会者中有 5 位已经仙逝，在世的摩尔、麦卡锡、明斯基、赛弗里奇和所罗门诺夫在达特茅斯学院重新团聚（参见图 1-4），忆往昔，展未来。参加 50 周年庆祝会之一的霍维茨（Horvitz）当时是微软实验室的一位高管，他和夫人拿出一笔钱捐助了斯坦福大学的一个 AI 100 活动，目的是在未来 100 年，每 5 年由业界精英出一份人工智能进展报告，第一期已于 2015 年年底发表。



（左起：摩尔，麦卡锡，明斯基，赛弗里奇，所罗门诺夫）

图 1-4 2006 年 AI 创始人五十年后达特茅斯学院重聚

2. 人工智能的六十年历程（1956—2016）

2016 年是人工智能诞生六十周年。由于谷歌 DeepMind 项目组采用深度学习技术的 AlphaGo 战胜了人类围棋顶尖选手，以及深度学习在图像识别、自然语言处理、计算机视觉、自动驾驶和商业智能等多个领域取得的突破性成绩，2016 年被称为“人工智能的元年”，标志着 AI 技术工程化、实用化的黄金时代的到来

中国电子技术标准化研究院 2018 年 1 月发布的《人工智能标准化白皮书（2018 版）》把人工智能的发展大致分为三个阶段。第一阶段是 20 世纪 50 年代—20 世纪 80 年代，这一阶段人工智能刚诞生，基于抽象数学推理的可编程数字计算机已经出现，符号主义（Symbolism）快速发展，但由于很多事物不能形式化表达，建立的模型存在一定的局限性。此外，随着计算任务的复杂性不断加大，人工智能发展一度遇到瓶颈。第二阶段是 20 世纪 80 年代—20 世纪 90 年代末，在这一阶段，专家系统得到快速发展，数学模型有了重大突破，但由于专家系统在知识获取、推理能力等方面的不足，以及开发成本高等原因，人工智能的发展又一次进入低谷期。第三阶段是 21 世纪初至今，随着大数据的积聚、理论算法的革新、计算能力的提升，人工智能在很多应用领域取得了突破性进展，迎来了又一个繁荣时期。人工智能具体的发展历程如图 1-5 所示。

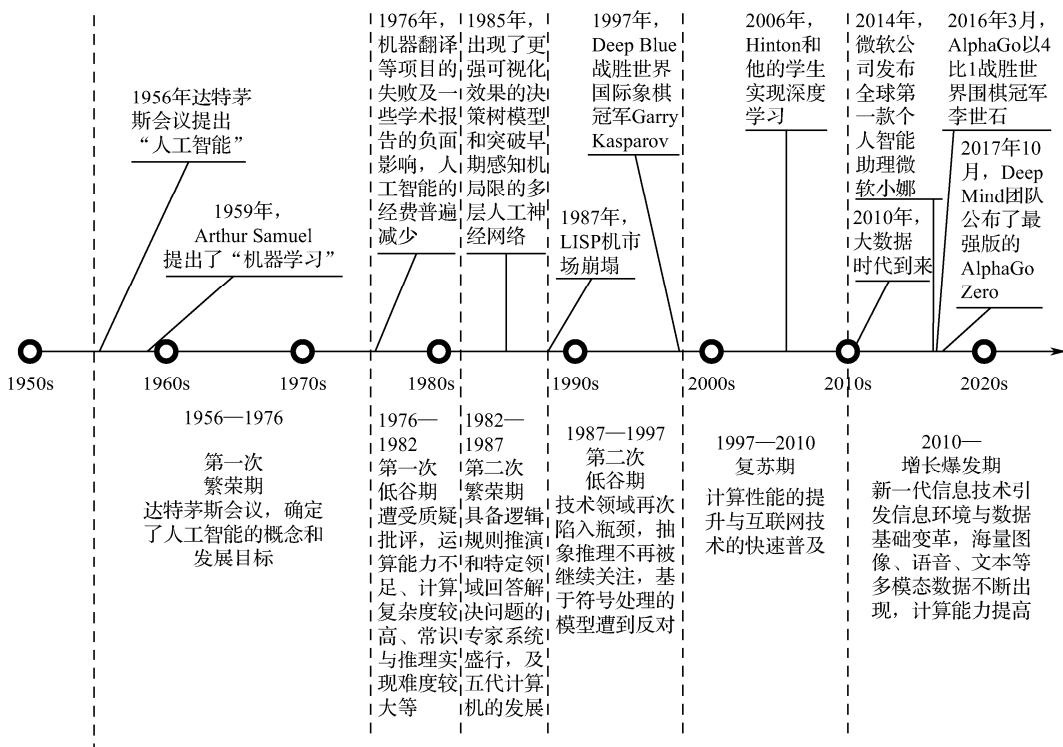


图 1-5 AI 的产生与发展历程

人工智能大事记：

- 1956 年人工智能的诞生：达特茅斯会议上，科学家们探讨用机器模拟人类智能等问题，并首次提出了人工智能（AI）的术语，AI 的名称和任务得以确定，同时出现了最初的成就和最早的一批研究者。
- 1959 年第一代机器人出现：德沃尔与美国发明家约瑟夫·英格伯格联手制造出第一台

- 工业机器人。随后，成立了世界上第一家机器人制造工厂——Unimation 公司。
- 1965 年兴起研究“有感觉”的机器人：约翰·霍普金斯大学应用物理实验室研制出 Beast 机器人。Beast 已经能通过声呐系统、光电管等装置，根据环境校正自己的位置。
 - 1968 年世界第一台智能机器人诞生：美国斯坦福研究所公布他们研发成功的机器人 Shakey。它带有视觉传感器，能根据人的指令发现并抓取积木，不过控制它的计算机有一个房间那么大，可以算是世界第一台智能机器人。
 - 1986 年 AI 算法取得重大突破：Hinton 提出“通过反向传播来训练深度神经网络理论”，标志着深度学习发展的一大转机，奠定了近年来人工智能发展的基础。
 - 2002 年家用机器人诞生：美国 iRobot 公司推出了吸尘器机器人 Roomba，它能避开障碍，自动设计行进路线，还能在电量不足时自动驶向充电座。Roomba 是目前世界上销量较大的家用机器人之一。
 - 2006 年深度学习大放光彩：随着计算机运行速度的巨大提升，超快速芯片的诞生以及海量训练数据的出现，深度学习（多层、反向传播的卷积神经网络）在图像识别、语音识别、机器翻译等多个领域取得重大进展。
 - 2014 年机器人首次通过图灵测试：在英国皇家学会举行的“2014 图灵测试”大会上，聊天程序“尤金·古斯特曼”（Eugene Goostman）首次通过了图灵测试，预示着人工智能进入全新时代。
 - 2016 年 AlphaGo 打败人类：2016 年 3 月，AlphaGo 对战世界围棋冠军、职业九段选手李世石，并以 4:1 的总比分获胜。这并不是机器人首次打败人类事件。

1.3 认识人工智能的赋能

1. 人工智能赋能的含义

赋能，即通过人工智能技术模仿和增强人类的记忆、感知、语言、学习、推理和规划等一系列能力，为应用系统、机器设备赋予人的能力、智力甚至智慧，提升应用系统与机器设备的服务水平，减少人的参与度，从而推动人类生产和生活朝着自动化、智能化甚至无人化的方向发展。自动化生产线、自动驾驶汽车、图像识别、聊天机器人、智能监控、语音识别、机器翻译等都是依靠人工智能赋能的典型应用。

如图 1-6 所示给出了当前实现人工智能赋能的主要研究领域与实现技术。

2. 记忆能力——知识表示与知识图谱

人类的智能活动过程主要是一个获得知识、记忆知识、更新知识并运用知识的过程，知识是人类一切智能行为的基础。为了使人工智能能够模仿人类的智能行为，首先就必须使它具有知识，即把人类积累尤其是专家拥有的知识，采用适当的模式表示出来、存储起来，供人工智能系统方便检索、快速提取和有效使用。这就是知识表示技术要解决的问题。

知识表示就是对知识的一种描述，或者说是知识的一组约定，从某种意义上讲，知识表示可视为描述知识的结构模型及其知识处理机制的综合，即：

$$\text{知识表示} = \text{结构模型} + \text{处理机制}$$

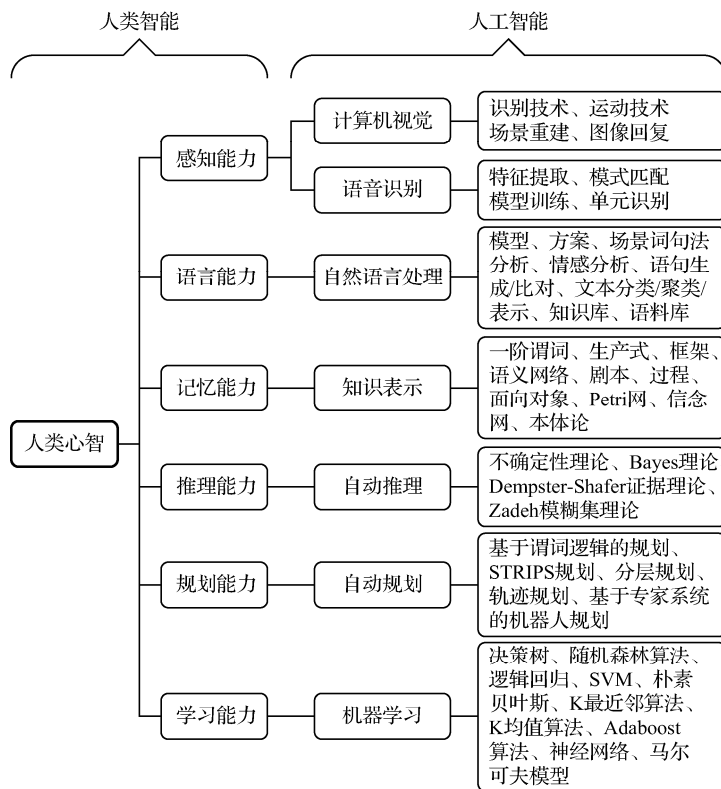


图 1-6 人工智能研究领域及实现技术

伴随着人工智能技术的发展，已经有许多种知识表示方法得到了深入的研究和应用，如逻辑表示法、产生式表示法、框架表示法、面向对象的表示方法、语义网表示法、基于 XML 的表示法、本体表示法、概念图、Petri 网法、基于网格的知识表示方法、粗糙集、基于云理论的知识表示方法等。在实际应用过程中，一个智能系统往往包含了多种知识表示方法。

知识库技术包括知识的组织、管理、维护、优化等技术。对知识库的操作要靠知识库管理系统的支持。显然，知识库与知识表示密切相关。需要说明的是，知识表示实际也隐含着知识的运用，知识表示和知识库是知识运用的基础，同时也与知识的获取密切相关。

知识库有两种含义：一种是指专家系统设计所应用的规则集合，包含规则所联系的事实及数据，它们的全体构成知识库，这种知识库与具体的专家系统有关，不存在知识库的共享问题；另一种是指具有特定领域、行业或特定专项知识的开放性质的、可共享的知识库，可通过互联网提供相关的服务，比如语音服务、自动驾驶服务、导航服务、健康服务等。

知识库是基于知识的系统（或专家系统），具有智能性。并不是所有具有智能的程序都拥有知识库，只有基于知识的系统才拥有知识库。许多应用程序都利用知识，其中有的还达到了很高的水平，但是，这些应用程序可能并不是基于知识的系统，它们也不拥有知识库。一般的应用程序与基于知识的系统之间的区别在于：一般的应用程序是把问题求解的知识隐含地编码在程序中，而基于知识的系统则将应用领域的问题求解知识显式地表达，并单独地组成一个相对独立的程序实体。

3. 推理能力——自动推理与专家系统

运用相关知识进行逻辑推理是人类的一项复杂逻辑运算与推理的智能行为，人工智能在

获取了一定人类知识的基础上,还必须研究如何通过机器逻辑和机器推理模仿人的推理能力,从而通过简单推理如“规则演绎”,复杂推理如基于概率的不确定性推理(如“主观贝叶斯”),得到新知识,或者直接利用旧知识解决问题。

专家系统是一类具有专门知识和经验的计算机智能程序系统,通过对人类专家的问题求解能力的建模,采用人工智能中的知识表示和知识推理技术来模拟通常由专家才能解决的复杂问题,达到具有与专家同等解决问题能力的水平。这种基于知识的系统设计方法是以知识库和推理机为中心而展开的,即:

专家系统 = 知识库 + 推理机

它把知识从系统中与其他部分分离开来。专家系统强调的是知识而不是方法。很多问题没有基于算法的解决方案,或算法方案太复杂。采用专家系统,可以利用人类专家拥有的丰富知识,因此专家系统也称为基于知识的系统(Knowledge-Based Systems)。一般说来,一个专家系统应该具备以下三个要素:

- 具备某个应用领域的专家级知识;
- 能模拟专家的思维;
- 能达到专家级的解题水平。

专家系统与传统的计算机程序的主要区别如表 1-2 所示。

表 1-2 专家系统与传统的计算机程序的主要区别

比较项	传统的计算机程序	专家系统
处理对象	数字	符号
处理方法	算法	启发式
处理方式	批处理	交互式
系统结构	数据和控制集成	知识和控制分离
系统修改	难	易
信息类型	确定性	不确定性
处理结果	最优解	可接受解
适用范围	无限制	封闭世界假设

建造一个专家系统的过程可以称为“知识工程”,它是把软件的思想应用于设计基于知识的系统。知识工程包括下面几个方面:

- 从专家那里获取系统所用的知识(即知识获取);
- 选择合适的知识表示形式(即知识表示);
- 进行软件设计;
- 以合适的计算机编程语言实现。

近年来专家系统技术逐渐成熟,广泛应用在工程、科学、医药、军事、商业等方面,而且成果相当丰硕,甚至在某些应用领域还超过人类专家的智能与判断。专家系统的功能应用领域包括:

- 解释(Interpretation),如肺功能测试(PUFF)。
- 预测(Prediction),如预测可能由黑蛾所造成的玉米损失(PLAN)。
- 诊断(Diagnosis),如诊断血液中细菌的感染(MYCIN),又如诊断汽车柴油引擎故障

原因之 CATS 系统。

- 故障排除 (Fault Isolation), 如电话故障排除系统 ACE。
- 设计 (Design), 如专门设计小型马达弹簧与碳刷之专家系统 MOTORBRUSHDESIGNER。
- 规划 (Planning), 如辅助规划 IBM 计算机主架构之布置, 重安装与重安排之专家系统 CSS, 以及辅助财物管理之 PlanPower 专家系统。
- 监督 (Monitoring), 如监督 IBM MVS 操作系统之 YES/MVS。
- 除错 (Debugging), 如侦查学生减法算术错误原因之 BUGGY。
- 修理 (Repair), 如修理原油储油槽之专家系统 SECOFOR。
- 行程安排 (Scheduling), 如制造与运输行程安排之专家系统 ISA, 又如工作站 (workshop) 制造步骤安排系统。
- 教学 (Instruction), 如教导使用者学习操作系统之 TVC 专家系统。
- 控制 (Control), 如帮助 Digital Corporation 计算机制造及分配之控制系统 PTRANS。
- 分析 (Analysis), 如分析油井储存量之专家系统 DIPMETER 及分析有机分子可能结构之 DENDRAL 系统, 它是最早的专家系统, 也是最成功者之一。
- 维护 (Maintenance), 如分析电话交换机故障原因并能建议人类该如何维修之专家系统 COMPASS。
- 架构设计 (Configuration), 如设计 VAX 计算机架构之专家系统 XCON 以及设计新电梯架构之专家系统 VT 等。
- 校准 (Targeting), 如校准武器如何工作。

4. 规划能力——智能规划

智能规划 (Intelligent Planning) 是人工智能模仿人的规划能力的一个重要研究与应用领域。规划是指对某个待求解问题给出求解过程的步骤, 是通过对外部环境的认识与分析, 根据预定实现的目标, 对若干可供选择的动作及所提供的资源限制施行推理, 综合制定出实现目标的动作序列。智能规划是一种重要的问题求解技术, 与一般问题求解相比, 智能规划更注重于问题的求解过程, 而不是求解结果。此外, 规划要解决的问题往往是真实世界的问题, 而不是抽象的问题。规划设计时, 往往是将问题分解为若干相应的子问题, 以及如何记录并处理在问题求解过程中发现的子问题之间的关系。

规划时, 通常是把某些较复杂的问题分解为一些较小的子问题。实现问题分解有两条重要途径:

- 当从一个问题状态移动到下一个状态时, 无须计算整个新的状态, 而只要考虑状态中可能变化了的那些部分;
- 把单一的困难问题分割为几个有希望的较为容易解决的子问题。

智能规划应用场景包括航空航天自主控制、机器人动作规划、生产调度、物流调度、导航路径优化、网络安全、军事对抗等。

5. 感知能力——图像与视觉

人工智能在模仿人的感知能力方面主要集中在视觉和听觉, 对触觉和嗅觉的模仿在特定的领域也有研究与应用。

人工智能在视觉方面的研究与应用主要分为数字图像处理 (Digital Image Processing)、计算机视觉 (Computer Vision, CV) 和机器视觉 (Machine Vision, MV) 三大领域。

(1) 数字图像处理

数字图像处理又称为计算机图像处理，简称图像处理，是指将图像信号或视频信号（视频可以理解成连续的图像信号）转换成一幅幅数字图像信号并利用计算机对其进行处理的过程，主要处理方法和技术包括去噪、增强、复原、分割、变换、重建、提取特征、识别（场景、物体、动作、形态等）等。数字图像的基本处理技术经过几十年的发展，在理论、技术、工具上已经比较成熟，并且获得了广泛应用。

- 民众可以方便地使用图像处理工具获取、处理、存储、传输数字图像，手机上的美颜相机、美图秀秀每天都有上亿的用户在广泛使用；
- 农林部门通过遥感图像了解植物生长情况，进行估产，监视病虫害发展及治理；
- 水利部门通过遥感图像分析，获取水灾灾情的变化；
- 气象部门通过分析气象云图，提高天气预报的准确程度；
- 国防、国土及测绘部门通过航测或卫星图像分析，获得地域、地貌及地面设施等资料；
- 机械部门通过使用图像处理技术，自动进行金相图分析识别；
- 医疗部门采用各种数字图像技术（CT等），对各种疾病进行自动诊断；
- 通信领域的传真通信、可视电话、会议电视、多媒体通信、宽带综合业务数字网（B-ISDN）和高清晰度电视（HDTV）等，都需要依靠数字图像处理技术。

(2) 计算机视觉

计算机视觉是利用摄像机和计算机模仿人类视觉（眼睛与大脑），对目标进行分割、分类、识别、跟踪、判别、决策等功能的人工智能技术。它的研究目标是使计算机具有通过二维图像认知三维环境信息的能力，即在基本图像处理的基础上，进一步进行图像识别、图像（视频）理解和场景重构。计算机视觉是当今非常活跃的人工智能研究与应用领域。

- 人脸识别是当前人工智能“视觉与图像”领域中最热门的应用，我国的“刷脸支付”技术已经被列入《麻省理工科技评论》（MIT Technology Review）发布的“2017全球十大突破性技术”榜单。其主要应用场景包括门禁、考勤、身份认证、人脸属性认知、人脸检测跟踪、人脸对比、人脸搜索，等等；目前已经广泛应用于金融、司法、军队、公安、边检、政府、航天、电力、工厂、教育、医疗等行业和领域。
- 智能监控（视频/监控分析）实现对结构化的人、车、物等视频内容信息进行快速检索、查询。其主要应用场景包括物体（商品）的智能识别与分析定位，行人属性与行为的分析及跟踪，客流密度分析，道路车辆行为分析，等等；目前已经应用于各种安防监控、罪犯搜寻、电子商务、城市交通等行业和领域。
- 图像识别、分析实现对图像中蕴含的物件识别、类型区分、场景识别、内容解析等一系列智能化的处理。其主要应用场景包括电子商务的产品推荐、以图搜图、物体/场景识别、车型识别、人物分析（如年龄、性别、外表、颜值、服装、时尚等）、商品识别、违禁鉴别（如黄、赌、毒、暴等）、看图配文、图像分类等。电子商务、工农业生产 and 人们日常生活持续积累、生产和存储浩如烟海的图片，这些图片蕴含着大量的实用信息和商业价值，对这些图片进行智能化的分类、识别、分析和处理，具有非常广阔的商业前景。
- 驾驶辅助/智能驾驶是指基于计算机视觉和图像处理技术实现的辅助、进一步代替人的汽车驾驶系统。其主要应用场景包括车辆及物体检测、碰撞预警、车道检测、偏移预警、交通标识别、行人检测、车距检测等。

- 三维图像视觉主要是对三维物体的识别，应用于三维视觉建模、三维测绘等领域。其主要应用场景包括三维机器视觉、双目立体视觉、三维重建、三维扫描、三维地理信息系统、工业仿真等。
- 工业视觉检测是将机器视觉可以快速获取大量信息并进行智能处理的特性应用在自动化生产过程中，进行工况监视、成品检验和质量控制等生产过程，提高生产效率、生产柔性和自动化程度，同时还可以运用在一些危险工作环境或人工视觉难以满足要求的场合。其主要应用场景包括工业相机、工业视觉监测、工业视觉测量、工业控制等。
- 智能医学影像是利用人工智能技术开发的对特定类别影像和疾病的智能识别、分析、诊断系统，将人工智能技术应用在医学影像的诊断上。人工智能在医学影像方面的应用主要分为两部分：一是图像识别，应用于感知环节，其主要目的是对影像进行分析，获取一些有意义的信息；二是深度学习，应用于学习和分析环节，通过大量的影像数据和诊断数据，不断对神经网络进行深度学习训练，促使其掌握诊断能力。
- 文字识别也称为计算机文字识别或光学字符识别（Optical Character Recognition, OCR），它是利用光学技术和人工智能技术把印在或写在纸上（图上）的文字识别读取出来，并转换成一种计算机能够接受、人又可以理解的格式。这是一项实现文字高速录入、图文理解的关键技术。其主要应用场景包括互联网图像文字识别、对焦自然场景文字识别和随拍自然场景文字识别等。2017年3月，海康威视研究院预研团队基于深度学习技术的中文技术，刷新了 ICDAR Robust Reading 竞赛数据集的全球最好成绩，并在三项挑战的文字识别（Word Recognition）任务中战胜谷歌、微软、百度、三星、旷视等来自 82 个国家的 2367 个团队取得第一。
- 图像及视频的智能编辑是指利用人工智能技术对图像进行智能修复、美化、变换甚至创作图像的技术。其主要应用场景包括机器作画、美图、美颜、修复等。

（3）机器视觉

机器视觉是人工智能正在快速发展的一个分支。简单说来，机器视觉就是用机器代替人眼来做测量和判断。机器视觉系统是通过机器视觉产品（即图像摄取装置，分 CMOS 和 CCD 两种）将被摄取目标转换成图像信号，传送给专用的图像处理系统，得到被摄目标的形态信息，根据像素分布和亮度、颜色等信息，转变成数字化信号；图像系统对这些信号进行各种运算，来抽取目标的特征，进而根据判别的结果来控制现场的设备动作。

由于机器视觉系统可以快速获取大量信息，而且易于自动处理，也易于同设计信息以及加工控制信息集成，因此，在现代自动化生产过程中，人们将机器视觉系统广泛地应用于工业、农业、航空航天等场景的工况监视、成品检验和质量控制等领域。工业应用中的机器视觉包括：

- 引导和定位。视觉定位要求机器视觉系统能够快速准确地找到被测零件并确认其位置，上下料使用机器视觉来定位、引导机械手臂准确抓取。在半导体封装领域，设备需要根据机器视觉取得的芯片位置信息调整拾取头，准确拾取芯片并进行绑定，这就是视觉定位在机器视觉工业领域最基本的应用。
- 外观检测。检测生产线上产品有无质量问题，这也是取代人工最多的环节。机器视觉涉及的医药领域，其主要检测包括尺寸检测、瓶身外观缺陷检测、瓶肩部缺陷检测、瓶口检测等。
- 高精度检测。有些产品的精密度较高，达到 0.01~0.02mm 甚至 μm 级，人眼无法检测，

必须使用机器完成。

■ 识别。就是利用机器视觉对图像进行处理、分析和理解，以识别各种不同模式的目标和对象。可以达到数据的追溯和采集的目的，在汽车零部件、食品、药品等领域应用较多。机器视觉和计算机视觉都与视觉相关，都是通过使用机器或者计算机代替人眼去工作，完成人眼不方便或者难以完成的工作。但是两者的侧重和应用领域有所不同：

■ 机器视觉侧重的是视觉感官上去做人做不到的工作，包括测量、定位，与光源镜头自动化控制相关，比如常会用在测量一个硬币的直径、检测产品的损坏与否等相关场景。机器视觉会更注重对视觉上的一个“量”的分析。相关的知识侧重相机镜头光源、图像处理、运动控制等。同时，机器视觉更侧重机器，更“工程”一些。

■ 计算机视觉则更侧重利用计算机分析得到的图像，往往是对图像内部信息进行分析处理，比如人脸识别、车牌识别、目标跟踪等，会更加侧重于对视觉的一个“质”的分析。同时，计算机视觉侧重计算机，更“学术”一些。

6. 语言能力——自然语言处理

听觉是人类的一项非常重要的交流和感知能力。人工智能模仿人的听觉能力主要分为语音识别、语义理解、语音输入、语音交互、语音合成、机器翻译、声纹特征识别等多个相互关联的研究与应用领域，统称为自然语言处理（Natural Language Processing, NLP），是人工智能的一个重要研究领域。

语音识别是自然语言处理技术中最重要、最困难的一个分支，是指从语音信号中识别出语音特征、语音含义，并转化为相应的文字（语音输入）、控制指令（语音交互）或其他语音（语音合成）、语言（机器翻译）的人工智能技术。由于受语种、方言、个人发音特征、表达习惯、环境噪声、拾音质量以及单词的边界界定、词义的多义、句法的模糊、口语表达的省略等一系列复杂因素的影响，自然语言处理一直是个伴随人工智能一起艰难前行的研究与应用领域，实现人类与机器（计算机）通过语言的自由交流将是人类科技的一大进步。其应用场景包括语音录入（特定人语音输入、非特定人语音输入、方言输入）、声纹特征提取与说话人识别、机器翻译、智能问答、信息提取、情感分析、舆情分析等。近年来，科大讯飞在自然语言处理领域取得了一系列全球领先的技术突破，开发了讯飞语音输入法、语音交互平台（AIUI）、语言评测、同声翻译等一系列产品，如图 1-7 所示。



图 1-7 科大讯飞语音处理技术体系

7. 学习能力——机器学习

人类的学习是一个靠感知输入（听觉、视觉、嗅觉、触觉）、持续积累的记忆、重复、思考、联想、推理、演绎、遗忘的复杂过程，进一步还上升到意识、情感的产生和掌控。应该讲，目前的医学及相关学科对人脑的学习机制、记忆方法、推理过程、意识的由来、情感的机理等许多问题都还没有研究清楚，因此人工智能模仿人的综合学习能力是件非常困难的事情。目前的主要实现方法是机器学习（Machine Learning, ML），尤其是基于反向传播深度卷积神经网络的机器学习，后者习惯上简称为深度学习（Deep Learning, DL）。

深度学习是机器学习的一个分支，它们都是当前人工智能模仿人的学习能力的实现技术，解决数据分类、回归、聚类和规则等学习问题，也就是从大量的数据中找出规律，反复提炼模型，持续应用模型对新的相似数据进行预测。机器学习的应用遍及人工智能的各个领域，近年来取得突破进展的图像识别、语音识别、AlphaGo 围棋等都是基于深度学习的人工智能应用实现。

8. 人工智能赋能实体经济

从技术角度看，人工智能是机器人、自然语言处理、图像识别、计算机视觉、语音识别、自动驾驶等一个个热门产业的分支；从社会经济运行的角度看，随着多项技术的突破，全球 AI 创业热情火爆，各种应用创新层出不穷。现在应用型 AI 已经渗透到了各行各业，多种技术组合后打包为产品或服务（AI+），改变了不同领域的商业实践，使垂直领域 AI 商业化进程加速，掀起一场轰轰烈烈的智能革命。

根据腾讯研究院发布的《2017 中美人工智能创投现状与趋势研究报告》中整理的中国 AI 渗透行业热度图显示，医疗行业成为目前 AI 应用最火热的行业；汽车行业借势自动驾驶/辅助驾驶等相关技术的发展脱颖而出，位列第二；第三梯队中包含了教育、制造、交通、电商等实体经济标志性领域，如图 1-8 所示。

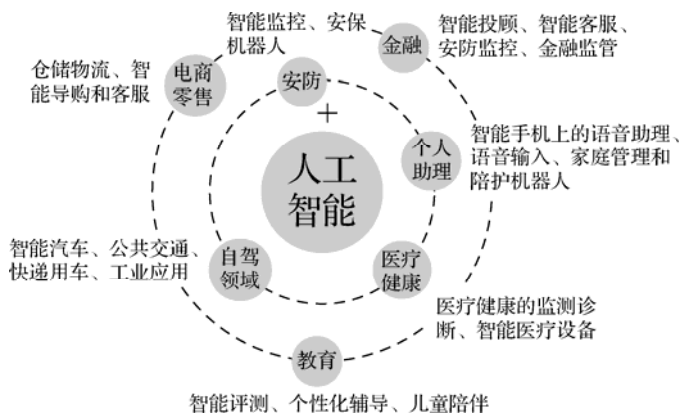


图 1-8 人工智能的主要应用领域

在各行各业引入人工智能（AI+）是一个渐进的过程。从最基础的感知能力，到对海量数据的分析能力（知识获取），再到理解、推理与决策，人工智能将逐步改变各领域的生产方式，推进社会的结构转型。根据人工智能当前的技术能力和应用热度，人工智能正在赋能以下几个实体经济领域：

(1) 健康医疗——从辅诊到精准医疗

历史上，重大技术进步都会催生医疗保健水平的飞跃。比如工业革命之后人类发明了抗生素，信息革命后发明了CT扫描仪、微创手术仪器等多种诊断与治疗仪器。

人工智能在医疗健康领域的应用已经相当广泛。依托深度学习算法，人工智能在提高健康医疗服务的效率和疾病诊断方面具有天然的优势，各种旨在提高医疗服务效率和体验的应用应运而生。

医疗诊断的人工智能主要有两个方向：一是基于计算机视觉，通过医学影像诊断疾病；二是基于自然语言处理，“听懂”患者对症状的描述，然后根据疾病数据库里的内容进行对比和深度学习诊断疾病。一些公司已经开始尝试基于海量数据和机器学习为病患量身定制诊疗方案。人工智能将加速医疗保健向医疗预防转变。充分理解AI如何应用到各个医疗场景，将对未来提升人类健康福祉有重要的意义。

(2) 智慧城市——为城市安装智慧中枢

人工智能正在助力智慧城市进入2.0版本。大数据和人工智能是建设智慧城市有力的抓手。城市的交通、能源、安防、供水等领域每天都产生大量数据，人工智能可以从城市运行与发展的海量数据中提取有效信息，使数据在处理和使用时更加有效，为智慧城市的发展提供新的路径。

在城市治理领域，人工智能可以应用于交通状况实时分析，实现公共交通资源自动调配、交通流量的自动管理。

如今，生产自动驾驶汽车已经在梅赛德斯-奔驰等老牌汽车巨头与科技巨头之间展开竞争。未来自动驾驶也将大幅提高城市整体通行效率，助力建设综合交通运输体系。

计算机视觉正在快速落地智能安防领域。腾讯的优图天眼系统正是基于人脸检索技术和公安已有的海量大数据建模，面向公安、安防行业推出的智能安防解决方案。

(3) 智能零售——实体店加速升级

零售行业将会是从人工智能发展创新中受益最多的产业之一。在Amazon Go的带动下，各类无人零售解决方案层出不穷。随着人口红利的消失，老龄化加剧，便利店的人力成本正在变得越来越高，无人零售正处在风口浪尖。无人便利店可以帮助提升经营效率，降低运营成本。

人脸识别技术可以提供全新的支付体验。《麻省理工科技评论》发布的“2017全球十大突破性技术”榜单中，中国的“刷脸支付”技术位列其中。基于视觉设备及处理系统、动态Wi-Fi追踪、遍布店内的传感器、客流分析系统等技术，可以实时输出特定人群预警、定向营销及服务建议，以及用户行为及消费分析报告。

零售商可以利用人工智能简化库存和仓储管理。未来，人工智能将助力零售业以消费者为核心，在时间碎片化、信息获取社交化的大背景下，建立更加灵活便捷的零售场景，提升用户体验。

(4) 智能服务业务——“懂你”的服务入口

Bot是建立在信息平台上与我们互动的一种人工智能虚拟助理。在未来以用户为中心的物联网时代，Bot会变得越来越智能，成为下一代移动搜索和多元服务的入口。在生活服务领域，Bot可以通过对话提供各式各样的服务，例如天气预报、交通查询、新闻资讯、网络购物、翻译等。在专业服务领域，借助专业知识图谱，Bot也可以配合业务场景特性准确理解用户的需求，提供专业的客服咨询。

虚拟助理并不是为了取代或颠覆人类，而是为了将人类从重复性、可替代的工作中解放出来，去完成更高阶的工作，如思考、创新、管理。

(5) 智能教育——面向未来“自适应”教育

人工智能在教育行业的应用当前还处在初始阶段。语音识别和图像识别与教育相关的场景结合，将应用到个性化教育、自动评分、语音识别测评等场景中。通过语音测评、语义分析提升语言学习效率。人工智能不会取代教师，而是协助教师成为更高效的教育工作者；在算法制定的标准评估下，学生获得量身定制的学习支持，形成面向未来的“自适应”教育。

目前，一批中国人工智能企业正蓄势待发。在智能革命的影响下，旧的产业将以新的形态出现并形成新产业。人工智能与实体经济的融合，既是 AI 的产业化路径，也是传统产业升级的风向标。

1.4 人工智能、机器学习与深度学习

1. 人工智能的分类

1956 年夏天达特茅斯会议上正式提出的人工智能，经过六十多年的发展，已经成为一个比较完整的学科，在技术分类、研究方向、应用领域等多个维度上都已经形成体系。现在人工智能一般泛指“为机器赋予人的智能”的所有技术、方法和应用的统称。可以分为“强人工智能”（General AI）和“弱人工智能”（Narrow AI）。强人工智能是一种理想化的设想、憧憬与发展目标，是指拥有与人类智慧同样本质特性的、无所不能的机器，它具有甚至超过人类的感知、理性和思考力，比如科幻电影《星球大战》中的 C-3PO、邪恶终结者等。当前的人工智能都是弱人工智能，是指接近人的某些特定能力甚至比人更好地执行特定任务的智能系统，比如前面讲到的 AlphaGo 围棋系统、科大讯飞的语音识别系统、旷世科技的人脸识别系统、Sophia 机器人等。

从人工智能实现“智能”的方式和水平的视角，还可以将其分为计算智能、感知智能和认知智能：

(1) 计算智能是指计算能力和存储能力超强的智能，如神经网络和遗传算法的出现，使得机器能够更高效、快速处理海量的数据，机器能够像人类一样进行计算的智能，AlphaGo 是其中的典型代表。

(2) 感知智能是指机器能听会说人类的语言、看懂世界万物的智能，语音处理和视觉识别就属于这一范畴，这些技术能够很好地辅助甚至代替人类高效完成一些特定任务，比如第一个被授予国籍的机器人 Sophia。

(3) 认知智能是指机器能够主动思考并采取行动，是对计算智能和感知智能的综合与升华，比如自动驾驶汽车、知识图谱、用户画像、考试机器人等。

2. 人工智能与机器智能

“人工智能”是以“人”为中心定义的“智能”，通过计算机程序和模型模拟人类心智（Mind）能做的各种事情，如记忆、推理、感知、语言和学习等能力；而“机器智能（Machine Intelligence, MI）”是以“机器（机械）”为中心实现的“智能”，通过人工智能的相关技术赋予机器特定的智能，甚至一些超越人类的能力。这里的“机器”可以是个体大系统，如阿里巴巴为杭州市建造的“城市大脑”，也可以是一个称为智能机器人（智能机器）的小型装置，如自动驾驶汽车、

女性机器人 Sophia、打乒乓球的机器人 Agilus 等。

在 2017 中国国际大数据产业博览会的“机器智能”高峰对话上，全球 IT 届多位领军人物就 MI（机器智能）与 AI（人工智能）的区别与联系展开了讨论：

- 阿里巴巴集团技术委员会主席王坚说：“只要创造出关于动物和人的智能，都可以叫作人工智能。但人与动物不具备的智能，如果机器具备了，那就是机器智能，这是我的理解。”他举例说，最常见的人工智能就是创造一个聊天机器人，但阿里巴巴 2016 年为杭州装了一个“城市大脑”，它具备人不具备的智能，更适合叫机器智能。
- 美国硅谷著名创业家、天使投资人史蒂夫·霍夫曼认为，AI 是以图灵测试作为定义的，能与人进行互动，通过图灵测试的都是 AI。“MI 会是人机共生的核心点，我希望在有生之年能看到 MI 无处不在。因为今天我所做的很多决定，如果有 MI 辅助，我可以做出更好的决定，这让每个人未来可以发挥潜力。”“我是写书的，写每一本书的时候都要做大量的研究工作，如果有 MI 帮我收集信息、整理信息，把最相关的信息提取出来，我可以用更短时间写出更有水平的书。”
- 美国斯坦福大学人工智能与伦理学教授杰瑞·卡普兰认为，机器智能不应该是让机器变得像人一样有智慧，应该是新一代的自动化。它不是来取代人，它是来辅助人的，还会有大量的工作岗位，现在就有很多工作岗位不能靠自动化来取代，这个技术会改变工作的性质，让我们的工作变得更加高效。如果从这个视角来理解，机器智能是自动化的延伸。
- 北京大数据研究院院长鄂维南认为，机器智能的核心是会学习的机器，它将会把我们带入智能化社会，就像当年造出了会劳动的机器把我们带入了工业化社会一样。

机器智能如此无所不能，是否会取代人类？对此，王坚打了一个有趣的比喻：“我们拿一条狗让它去找毒品的时候从来没有说过我们的鼻子被狗的鼻子给取代了。”他认为，我们要尊重机器在某些方面的能力超越人类。

从上面的分析可以看出，机器智能实际上是建立在人工智能技术基础之上的，为传统的机械、控制与传输赋予一定的感知、认知与学习能力的技术。显然，机器智能的内涵比人工智能更宽泛，但是由于本书重点是讨论智能技术，所以后续章节不再对两者详细区分，统一称为人工智能。

3. 人工智能与模式识别

模式识别 (Pattern Recognition)，即通过计算机采用数学的知识和方法来研究模式的自动处理及判读，实现人工智能。在这里，我们将周围的环境及客体统统都称之为“模式”，即计算机需要对其周围所有的相关信息进行识别和感知，进而进行信息的处理。在人工智能开发即智能机器开发过程中的一个关键环节，就是采用计算机来实现模式（包括文字、声音、人物和物体等）的自动识别，其在实现智能的过程中也给人类对自身智能的认识提供了一个途径。

在模式识别的过程中，信息处理实际上是机器对周围环境及客体的识别过程，是对人参与智能识别的一个仿真。相对于人而言，光学信息及声学信息是两个重要的信息识别来源和方式，它同时也是人工智能机器在模式识别过程中的两个重要途径。在市场上具有代表性的产品有光学字符识别系统以及语音识别系统等。在这里的模式识别可以理解为：根据识别对象具有特征的观察值来将其进行分类的一个过程。采用计算机来进行模式识别，是在 20 世纪 60 年代初发展起来的一门新兴学科，但同样也是未来一段实践中发展的必然方向。模式识别

的定义是借助计算机，就人类对外部世界某一特定环境中的客体、过程和现象的识别功能（包括视觉、听觉、触觉、判断等）进行自动模拟的科学技术。随着 20 世纪 40 年代计算机的出现以及 20 世纪 50 年代人工智能的兴起，人们当然也希望能用计算机来代替或扩展人类的部分脑力劳动。模式识别在 20 世纪 60 年代初迅速发展并成为一门新学科。

4. 机器学习

如图 1-9 所示是英伟达公司（nVIDIA）网站上给出的人工智能、机器学习和深度学习的三者关系。人工智能是为机器赋予人的智能的所有理论、方法、技术和应用的统称；机器学习是实现人工智能的一套方法的统称；而深度学习是机器学习方法中的一类，其内涵是基于多层的、非线性变换的、反向传播的人工神经网络的机器学习。

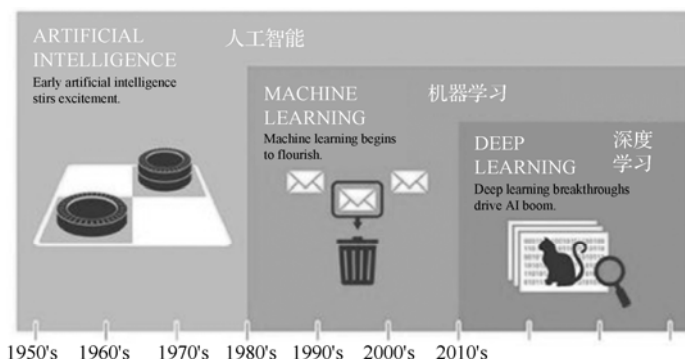


图 1-9 人工智能、机器学习与深度学习的关系

机器学习是人工智能的一个重要分支与核心研究内容，是目前实现人工智能的一个重要途径。它专门研究机器怎样模拟或实现人类的学习行为，以获取新的知识或技能，并且能重新组织已有的知识结构使之不断改善自身的性能。这里的“机器”是指包含硬件和软件的计算机系统。机器学习的应用已遍及人工智能的各个分支，如专家系统、自动推理、自然语言理解、模式识别、计算机视觉、智能机器人等领域。

从技术实现的角度看，机器学习就是通过算法与模型设计，使机器从已有数据（训练数据集）中自动分析、习得规律（模型与参数），再利用规律对未知数据进行预测。不同的算法与模型的预测准确率、运算量不同。如图 1-10 所示给出了机器学习的基本原理和相关基本概念。

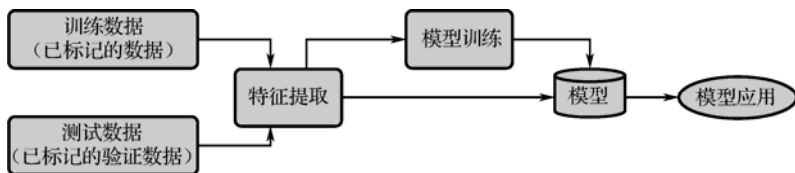


图 1-10 机器学习的基本原理和相关基本概念

机器学习最基本的思路就是使用算法来解析训练数据（模型训练），从中学习到特征（得到模型），然后使用得到的模型对真实世界中的事物、事件做出分类、决策或预测。与传统的为解决特定任务、硬编码的软件程序不同，机器学习是用大量的数据来“训练”的，通过各种算法从数据中学习如何完成任务。机器学习的传统算法包括决策树学习、推导逻辑规划、聚类、强化学习和贝叶斯网络等。机器学习在数据处理、商业智能、邮政编码识别（邮件自动分拣）、产品检验（自动化生产线）、字符识别（印刷字母、手写字符、文字）、标示识别等