

The background of the slide features two large, expressive, monochromatic brushstrokes. The top stroke is a broad, sweeping arc in shades of gray, with some darker, more defined lines extending from its left side. The bottom stroke is a similar but more horizontal and textured brushstroke, also in gray tones, with some darker, more defined lines extending from its right side. The overall effect is a minimalist, artistic backdrop.

模块 1 基础认知

第1章 人工智能导论

学习背景

随着科技的飞速发展,人工智能(AI)已成为推动社会进步和产业升级的关键力量。从20世纪中叶的概念提出,到如今在医疗、金融、交通、制造等多个领域的广泛应用,人工智能不仅深刻改变了人们的生产生活方式,也引领着新一轮科技革命和产业变革的方向。本章作为本书的开篇,旨在通过系统介绍人工智能的发展历程、核心概念、主流学派、技术要素及应用领域,为学习者构建一个全面而深入的知识框架,为后续学习打下坚实基础。

学习目标

知识目标

1. 理解人工智能的基本概念与发展历程。
2. 掌握人工智能的核心要素与技术基础。

技能目标

1. 具备分析与解决人工智能实际问题的能力。
2. 掌握人工智能工具与平台的使用方法。

素质目标

1. 培养科学精神与创新意识。
2. 筑牢家国情怀,强化使命担当。

1.1 计算机的发展及应用

人工智能的实现离不开计算机技术的支撑,计算机的每一次迭代升级都为人工智能的发展提供了更强大的硬件基础与技术可能。要理解人工智能,首先需要回溯计算机的发展历程,明确其核心功能与广泛应用。

1.1.1 计算机的发展历程

计算机的发展是一部不断追求“更快、更小、更强”的技术演进史,根据核心电子元器件的不同,通常将其划分为四个阶段,即第一代到第四代计算机,每个阶段都伴随着性能的飞跃与应用场景的拓展。

1. 计算机的发展

第一台真正的计算机是著名科学家布莱士·帕斯卡(B. Pascal)发明的机械计算机。帕斯卡 1623 年出生在法国一个数学家家庭,1642 年他发明了人类有史以来第一台机械计算器。帕斯卡的计算器是一种由系列齿轮组成的装置,外形像一个长方盒子,要用儿童玩具那种钥匙旋紧发条后才能转动,只能做加法和减法。

1822 年,巴贝奇耗费了整整十年光阴完成了第一台差分机,它可以处理 3 个不同的 5 位数,计算精度达到 6 位小数,当即就演算出好几种函数表。英国著名诗人拜伦之女阿达·洛夫莱斯(Ada Lovelace)第一次为计算机编出了程序,人们公认她是世界上第一位计算机程序员。

1936 年,英国人艾伦·图灵(1912—1954 年)提出了一种抽象的计算模型——图灵机,所谓的图灵机,就是指一个抽象的机器,它有一条无限长的纸带,纸带被分成了一个一个小方格,每个方格有不同的颜色。有一个机器头在纸带上移来移去。机器头有一组内部状态,还有一些固定的程序。在每个时刻,机器头都要从当前纸带上读入一个方格信息,然后结合自己的内部状态查找程序表,根据程序输出信息到纸带方格上,并转换自己的内部状态,然后进行移动。

1946 年 2 月 14 日,世界上第一台通用数字电子计算机 ENIAC (electronic numerical integrator and computer,电子数字积分计算机)在美国宾夕法尼亚大学研制成功。

ENIAC (图 1-1)最初的设计目的是计算弹道和射击表,主要元件是电子管,每秒钟能完成 5000 次加法、300 多次乘法运算,比当时最快的计算工具快 300 倍。ENIAC 有几个房间那么大,占地 170 平方米,使用了 1500 个继电器和 18800 个电子管,重达 30 多吨,每小时耗电 150 千瓦,耗资 40 万美元,真可谓“庞然大物”。用 ENIAC 计算题目时,人们首先要根据题目的计算步骤预先编好一条条指令,再按指令连接好外部线路,然后启动它,让其自动运行并输出结果。当要计算另一个题目时,必须重复进行上述工作,所以只有少数专家才能使用它。尽管这是 ENIAC 的明显弱点,但它使过去借助机械分析机费时 7 ~ 20 小时才能计算出一条弹道的工作时间缩短到 30 秒,将科学家们从奴隶般的计算中解放出来。至今人们仍然公认,ENIAC 的问世标志着计算机时代的到来,它的出现具有划时代的伟大意义。



图1-1 工作中的ENIAC

从第一台电子计算机诞生到现在,计算机技术以前所未有的速度迅猛发展,当价格不变时,集成电路上可容纳的晶体管数目,约每隔 18 个月便会增加一倍,性能也将提升一倍,这就是摩尔定律(戈登·摩尔是 Intel 公司的创始人之一)。在短短的 80 年中从电子管、晶体管、中小规模集成电路(图 1-2 ~ 图 1-4)逐步发展为大规模、超大规模集成电路,如表 1-1 所示。

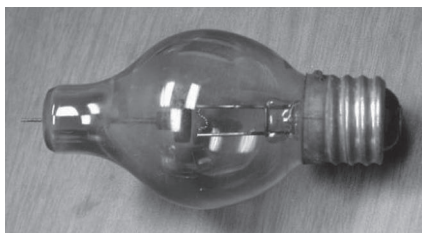


图1-2 电子管

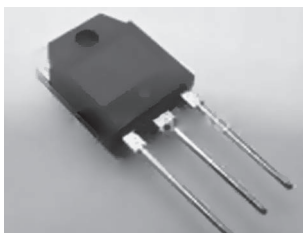


图1-3 晶体管



图1-4 中小规模集成电路

表 1-1 计算机的发展历程

发展阶段	时间	基本元器件	运算速度	内存储器	外存储器	相应软件	应用领域
第一代计算机	1946—1958 年	电子管	几千至几万次/秒	水银延迟线	卡片、磁带、磁鼓等	机器语言程序	主要用于军事领域
第二代计算机	1959—1964 年	晶体管	几十万次/秒	磁芯	磁盘、磁带	监控程序、高级语言	科学计算、数据处理、事务处理等
第三代计算机	1965—1970 年	中小规模集成电路	几十万至几百万次/秒	磁芯	磁盘、磁带	分时操作系统、结构化程序设计	各个领域
第四代计算机	1971 年至今	大规模、超大规模集成电路	几百万至上亿次/秒	半导体存储器	磁盘、光盘等	多种多样	各个领域

目前计算机的发展呈现出多个重要趋势:一是微型计算机的普及,1981 年 IBM 推出的个人计算机(PC)开启了个人计算时代,使得计算机从实验室与企业走向普通家庭

与个人；二是服务器与大型机的高性能化，满足了企业级应用与科学计算的海量数据处理需求；三是计算机网络的兴起与发展，推动了全球信息资源的共享与交互。如今，我们日常使用的个人计算机、笔记本电脑、智能手机等电子设备都属于第四代计算机的范畴。

2. 未来计算机的发展方向

随着技术的不断进步，计算机正朝着量子计算机、生物计算机、光子计算机等方向发展。量子计算机利用量子叠加与量子纠缠原理进行运算，具有远超传统计算机的运算速度，有望解决传统计算机难以处理的大规模计算问题，如密码破解、药物研发、气象预测等；生物计算机以生物大分子为核心元器件，具有能耗低、环境适应性强等优势；光子计算机利用光子进行数据传输与运算，具有运算速度快、抗干扰能力强等特点。目前，这些新型计算机仍处于研发阶段，但已展现出巨大的发展潜力，将为人工智能的进一步突破提供更强大的硬件支撑。

3. 计算机在我国的发展

我国的计算机科研和教学工作从 1956 年开始。

1957 年，哈尔滨工业大学研制成功中国第一台模拟式电子计算机。

1958 年，我国第一台计算机——103 型通用数字电子计算机研制成功，运行速度达每秒 1500 次。1959 年，我国研制成功 104 型电子计算机，运算速度达每秒 1 万次。1960 年，我国第一台大型通用电子计算机——107 型通用电子数字计算机研制成功。1965 年，我国第一台百万次集成电路计算机 DJS-II 型操作系统编制完成。1979 年，我国研制成功每秒运算 500 万次的集成电路计算机——HDS-9。1983 年，“银河-I”巨型计算机研制成功，运算速度达每秒 1 亿次。1992 年，国防科技大学研制的巨型计算机“银河-II”通过鉴定。该机运行速度为每秒 10 亿次，后来又研制成功了“银河-III”巨型计算机，运行速度已达到每秒 130 亿次，其系统的综合技术已达到当时国际先进水平，特别是 2001 年我国研制的“曙光 3000”巨型计算机的运行速度更是超过了每秒 4000 亿次。我国成为继美国、日本之后世界上第三个具备研制高性能计算机能力的国家。

2016 年 6 月 20 日，在法兰克福国际超级计算大会上，国际相关组织发布的榜单显示，“神威·太湖之光”超级计算机系统(图 1-5)登顶榜单之首，不仅速度比第二名“天河二号”快出近两倍，其效率也提高 3 倍；11 月 14 日，在美国盐湖城公布的新一期前 500 名榜单中，“神威·太湖之光”以较大的运算速度优势轻松蝉联冠军；11 月 18 日，我国科研人员依托“神威·太湖之光”超级计算机的应用成果首次荣获“戈登·贝尔”奖，实现了我国高性能计算应用成果在该奖项上零的突破。



图1-5 “神威·太湖之光”超级计算机系统

1.1.2 计算机的应用领域

经过 80 年的发展,计算机已渗透到社会生产生活的各个领域,成为不可或缺的工具。其核心应用领域主要包括以下几方面。

1. 科学计算

科学计算又称数值计算,是计算机最早的应用领域,主要用于解决科学研究与工程技术中的复杂数学问题。例如,在航空航天领域,计算机用于飞行器的设计与仿真,计算空气动力学参数、轨道等;在气象领域,计算机用于气象数据的采集与分析,进行天气预报与气候预测;在核物理领域,计算机用于模拟核反应过程,计算核爆炸的能量与影响范围等。随着计算机性能的提升,科学计算的精度与效率不断提高,推动了众多基础学科与工程领域的发展。

2. 数据处理与信息管理

数据处理是计算机应用最广泛的领域,主要用于对大量的数据进行收集、存储、整理、分析与输出,为决策提供依据。在企业管理中,计算机用于财务管理、人力资源管理、库存管理等,实现企业运营数据的自动化处理;在金融领域,计算机用于银行账户管理、证券交易、风险评估等,保障金融业务的高效运行;在政务领域,计算机用于人口普查、户籍管理、税收征管等,提升政务服务的效率与精准度。例如,支付宝、微信支付等移动支付平台每天需要处理上亿笔交易数据,离不开计算机强大的数据处理能力。

3. 工业控制与智能制造

计算机在工业领域的应用推动了工业生产的自动化与智能化发展。工业控制计算机通过采集工业生产过程中的各类数据(如温度、压力、流量等),实时监控生产状态,并根据预设的规则对生产设备进行自动控制,提高了生产效率,保证了产品质量,降低了生产成本。在智能制造领域,计算机与物联网、大数据、人工智能等技术相结合,实现了从

产品设计、生产加工到产品销售的全流程智能化管理。例如,德国的“工业 4.0”战略,通过计算机技术实现了生产过程的智能化升级,大幅提升了制造业的竞争力。

4. 人工智能与机器学习

计算机是人工智能的核心载体,人工智能的发展与计算机技术的进步密不可分。计算机的高性能运算能力为机器学习模型的训练与推理提供了支撑,使得人工智能系统能够处理海量的数据,实现图像识别、语音识别、自然语言处理等复杂任务。例如,AlphaGo 围棋人工智能系统通过计算机的强大运算能力,用海量的围棋对局数据进行训练,最终于2016年3月战胜了人类围棋世界冠军李世石,如图1-6所示;在自动驾驶领域,计算机实时处理摄像头、雷达等传感器采集的海量数据,实现对车辆的精准控制。



图1-6 AlphaGo vs. 李世石

5. 计算机辅助系统

(1) 计算机辅助设计(computer aided design, CAD): 帮助设计人员进行最佳化设计的判定和处理,能自动将设计方案转变成生产图纸,提高了设计质量和自动化程度,大大缩短了新产品的设计与试制周期,从而成为生产现代化的重要手段。

(2) 计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM): 利用 CAD 的输出信息控制、指挥生产和装配产品。CAD/CAM 使产品的设计和制造过程都能在高度自动化的环境中进行。

(3) 计算机辅助教学(computer aided instruction, CAI): 适用于很多课程,更适用于学生个性化、自主化的学习,体现了现代学习的主动性。为了适应各年龄段、不同水平人员学习的需要,各种各样的 CAI 课件相继问世。

(4) 计算机辅助测试(computer aided test, CAT): 利用计算机协助对学生的学习效果进行测试和对学习能力进行估量,重点讲解每一部分在整个系统中具有不同的功能和作用,最后加以总结。

6. 娱乐与生活服务

计算机在娱乐与生活服务领域的应用极大地丰富了人们的精神生活,提升了生活品

质。在娱乐方面,计算机用于游戏开发、影视制作、音乐创作等,如 3D 游戏、特效电影的制作都离不开计算机的强大图形处理能力;在生活服务方面,计算机通过互联网实现了在线教育、在线医疗、在线购物等便捷服务,改变了人们的学习、就医与消费方式。例如,疫情期间,在线教育平台通过计算机技术实现了“停课不停学”,在线医疗平台为人们提供了远程问诊服务。

1.2 计数制及其运算

计数制是人们表示数值的方法,不同的计数制在日常生活与计算机领域有着不同的应用。计算机内部采用二进制计数制,而人类日常生活中常用十进制计数制,此外,八进制与十六进制在计算机编程与数据表示中也被广泛使用。理解不同计数制的表示方法、转换规则及其运算规律,是掌握计算机技术与人工智能的基础。

1.2.1 计数制的基本概念

任何一种计数制都包含两个核心要素,即基数与位权。

1. 基数

基数是指计数制中所使用的数字符号的个数,用 R 表示。例如,十进制计数制使用 $0 \sim 9$ 共 10 个数字符号,其基数 $R=10$;二进制计数制使用 0 与 1 两个数字符号,其基数 $R=2$;八进制计数制使用 $0 \sim 7$ 共 8 个数字符号,其基数 $R=8$;十六进制计数制使用 $0 \sim 9$ 、 $A \sim F$ 共 16 个数字符号(其中 $A \sim F$ 分别对应十进制的 $10 \sim 15$),其基数 $R=16$ 。

2. 位权

位权是指计数制中每个数字符号所处的位置所代表的数值,其大小等于基数的幂次方。例如,十进制数的个位位权为 $10^0=1$,十位位权为 $10^1=10$,百位位权为 $10^2=100$,以此类推;二进制数右起的第一位位权为 $2^0=1$,第二位位权为 $2^1=2$,第三位位权为 $2^2=4$,以此类推。位权的大小决定了数字符号在不同位置上的实际数值。

对于任意一个 R 进制数,其数值都可以通过位权展开式表示。例如,十进制数 123.45 的位权展开式为 $123.45=1 \times 10^2+2 \times 10^1+3 \times 10^0+4 \times 10^{-1}+5 \times 10^{-2}$;二进制数 1011.01 的位权展开式为 $1011.01=1 \times 2^3+0 \times 2^2+1 \times 2^1+1 \times 2^0+0 \times 2^{-1}+1 \times 2^{-2}$ 。

1.2.2 常用计数制及其表示方法

计算机领域常用的计数制包括二进制、八进制、十进制与十六进制,不同计数制有着不同的表示方法,通常通过在数字末尾添加后缀来区分:二进制数后缀为 B,十进制数后

级为 D (可省略), 八进制数后缀为 O, 十六进制数后缀为 H。

1. 二进制(binary)

二进制是计算机内部唯一使用的计数制, 基数为 2, 数字符号为 0 与 1, 进位规则为“逢二进一”。例如, $1 + 1 = 10\text{B}$, $10\text{B} + 1 = 11\text{B}$, $11\text{B} + 1 = 100\text{B}$ 。

计算机采用二进制的原因主要有以下三点: 一是物理实现简单, 计算机的核心元器件(如晶体管)具有两种稳定状态(导通与截止), 可以分别对应二进制的 0 与 1, 易于实现数据的存储与运算; 二是运算规则简单, 二进制的加法与乘法运算规则远比十进制简单, 降低了计算机电路的设计复杂度; 三是逻辑运算方便, 二进制的 0 与 1 可以直接对应逻辑代数中的“假”与“真”, 便于实现逻辑判断与推理, 而逻辑运算正是计算机处理数据的核心方式之一。

2. 八进制(octal)

八进制的基数为 8, 数字符号为 0 ~ 7, 进位规则为“逢八进一”。例如, $7\text{O} + 1 = 10\text{O}$, $17\text{O} + 1 = 20\text{O}$ 。由于八进制的 1 位数字可以对应二进制的 3 位数字($2^3=8$), 因此在早期计算机编程中, 八进制常被用于简化二进制数的表示, 减少书写长度。

3. 十进制(decimal)

十进制是人类最常用的计数制, 基数为 10, 数字符号为 0 ~ 9, 进位规则为“逢十进一”。例如, $19 + 1 = 20$, $9 + 1 = 10$ 。十进制数的表示方法简单直观, 在日常生活与数据交流中被广泛使用。

4. 十六进制(hexadecimal)

十六进制的基数为 16, 数字符号为 0 ~ 9、A ~ F (A 对应 10, B 对应 11, C 对应 12, D 对应 13, E 对应 14, F 对应 15), 进位规则为“逢十六进一”。例如, $\text{FOH} + 1 = 100\text{H}$, $1\text{FH} + 1 = 20\text{H}$ 。由于十六进制的 1 位数字可以对应二进制的 4 位数字($2^4=16$), 因此十六进制是目前计算机编程中最常用的简化二进制表示的计数制, 广泛应用于内存地址表示、数据存储、程序调试等领域。

1.2.3 不同计数制之间的转换

1. 非十进制数转换成十进制数

利用按位权展开的方法, 可以把任意数制的一个数转换成十进制数。下面是将二进制数、八进制数、十六进制数转换为十进制数的例子。

【例 1-1】将二进制数 101 转换成十进制数。

$$101\text{B} = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 4 + 0 + 1 = 5\text{D}$$

【例 1-2】将八进制数 777 转换成十进制数。

$$777_8 = 7 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 7 \times 8^0 = 448 + 56 + 7 = 511_D$$

【例 1-3】将十六进制数 BA 转换成十进制数。

$$BA_{16} = 11 \times 16^1 + 10 \times 16^0 = 176 + 10 = 186_D$$

由上述例子可见,只要掌握了数制的概念,那么将任一 R 进制数转换成十进制数只要将此数按位权展开即可。

2. 十进制数转换成二进制数

通常一个十进制数包含整数和小数两部分,将十进制数转换成二进制数时,对整数部分和小数部分的处理方法不同,下面分别进行讨论。

1) 把十进制整数转换成二进制整数

方法是采用“除 2 取余,自下而上”法。具体步骤是:把十进制整数除以 2 得一个商数和一个余数;再将所得的商除以 2,又得到一个新的商数和余数;这样不断地用 2 去除所得的商数,直到商等于 0 为止。每次相除所得的余数便是对应的二进制整数的各位数码。第一次得到的余数为最低有效位,最后一次得到的余数为最高有效位。

【例 1-4】将十进制整数 215 转换成二进制整数。

解:按上述方法得

2	215	
2	107	
2	53	1 最低位
2	26	1
2	13	1
2	6	0
2	3	1
2	1	0
	0	1 最高位

所以 $215_D = 11010111_B$ 。

2) 把十进制小数转换成二进制小数

方法是采用“乘 2 取整,自上而下”法。具体步骤是:把十进制小数乘以 2 得一个整数部分和一个小数部分;再用 2 乘所得的小数部分,又得到一个整数部分和一个小数部分;这样不断地用 2 去乘所得的小数部分,直到所得小数部分为 0 或达到要求的精度为止。每次相乘后所得乘积的整数部分就是相应二进制小数的各位数字,第一次乘积所得的整数部分为最高有效位,最后一次得到的整数部分为最低有效位。

【例 1-5】将十进制小数 0.6875 转换成二进制小数。

解：

			0.6875
		×	2
最高位	1		.3750
		×	2
	0		.7500
		×	2
	1		.5000
		×	2
最低位	1		.0000

所以 0.6875D=0.1011B。

综上所述,要将任意一个十进制数转换为二进制数,只需将其整数、小数部分分别转换,然后用小数点连接起来即可。

上述将十进制数转换成二进制数的方法同样适用于十进制数与八进制数、十进制数与十六进制数之间的转换,只是使用的基数不同。

3. 二进制数与八进制或十六进制数间的转换

用二进制数编码,存在这样一个规律: n 位二进制数最多能表示 2^n 种状态。所以用 3 位二进制数就可对应表示 1 位八进制数,用 4 位二进制数就可对应表示 1 位十六进制数。

(1) 二进制数转换成八进制数: 将一个二进制数转换成八进制数的方法很简单,只要从小数点开始分别向左、右方向按每 3 位一组划分,不足 3 位的组以 0 补足,然后将每组 3 位二进制数用与其等值的 1 位八进制数字代替即可。

【例 1-6】将二进制数 11101010011B 转换成八进制数。

解: 按上述方法,从小数点开始向左、右方向按每 3 位二进制数一组分隔得

011	101	010	011
3	5	2	3

在所划分的二进制位组中,第一组和最后一组是不足三位经补上 0 而成的。再以 1 位八进制数字替代每组的 3 位二进制数字得 3、5、2、3,故原二进制数转换为 3523O。

(2) 八进制转换成二进制数: 将八进制数转换成二进制数的方法与二进制数转换成八进制数相反。即将每一位八进制数字代之以与其等值的 3 位二进制数表示即可。

【例 1-7】将 477O 转换成二进制数。

解: 因为

4	7	7
100	111	111

故原八进制数转换二进制数为 100111111B。

(3) 二进制数转换成十六进制数: 将一个二进制数转换成十六进制数的方法与将一

个二进制数转换成八进制数的方法类似,只要从小数点开始分别向左、右按每 4 位二进制数一组划分,不足 4 位的组以 0 补足,然后将每组 4 位二进制数代之以 1 位十六进制数字表示即可。

【例 1-8】将二进制数 111101011011B 转换成十六进制数。

解:按上述方法分组得 0001、1111、0101、1011,在所划分的二进制位组中,第一组和最后一组是不足 4 位经补 0 而成的。再以 1 位十六进制数字替代每组的 4 位二进制数字得:

$$111101011011\text{B}=1\text{F}5\text{BH}$$

(4) 十六进制数转换成二进制数:将十六进制数转换成二进制数,其方法与二进制数转换成十六进制数相反。只要将每 1 位十六进制数字代之以与其等值的 4 位二进制数表示即可。

【例 1-9】将 6AFH 转换成二进制数。

解:6、A、F 分别对应于 0110、1010、1111,故原十六进制数转换二进制数为 11010101111B。

所以,十进制与八进制及十六进制之间的转换可以通过除基(8 或 16)取余的方法直接进行(其方法同十进制到二进制的转换方法),也可以借助二进制作为桥梁来完成。

1.3 计算机系统概述

计算机系统是由硬件系统与软件系统协同构成的有机整体,两者相互依存、缺一不可。硬件系统是计算机的物理基础,提供了计算与存储的物理能力;软件系统是计算机的灵魂,赋予了计算机处理各类任务的智能。理解计算机系统的组成与工作原理,是掌握人工智能技术的关键前提,因为人工智能的各类算法与模型都需要在计算机系统上运行与实现。

1.3.1 计算机系统的组成

计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成,如图 1-7 所示。硬件系统是计算机系统的物理实体,包括所有电子、机械和光学组件;软件系统是运行在硬件系统上的程序、数据及相关文档的总称,用于控制和管理硬件资源,实现特定的功能。

1.3.2 硬件系统

硬件系统是计算机系统的“物理骨架”,负责数据的输入、存储、运算和输出。根据冯·诺依曼体系结构,计算机硬件系统的核心组成包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大模块,各模块通过总线连接,协同完成数据处理任务。

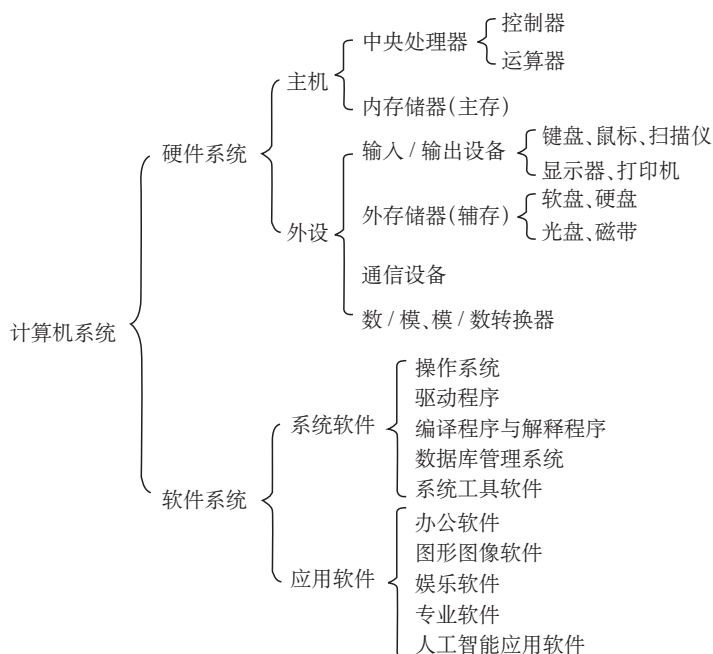


图1-7 计算机系统的组成示意图

1. 运算器

运算器(arithmetic and logic unit, ALU)是计算机中执行算术运算和逻辑运算的核心部件,又称算术逻辑单元。其主要功能包括:进行加减乘除等算术运算,以及与、或、非、异或等逻辑运算;此外,运算器还能进行数据的比较、移位等操作。运算器的性能直接决定了计算机的运算速度,其核心指标包括运算精度、运算速度等。

运算器由累加器、寄存器、算术逻辑运算单元等组成。累加器用于暂存运算过程中的中间结果;寄存器用于暂存待运算的数据和运算指令;算术逻辑运算单元是运算器的核心,直接执行各类运算操作。

2. 控制器

控制器(control unit, CU)是计算机的“指挥中心”,负责协调和控制计算机各部件的工作,确保计算机按照预先存储的程序有序地执行各项操作。其主要功能包括:从存储器中读取指令并进行解码,确定指令的操作类型;根据指令的要求向其他部件发出控制信号,指挥运算器、存储器、输入设备、输出设备等执行相应的操作;控制程序的执行顺序,处理程序运行过程中的异常情况。

控制器由指令寄存器、指令译码器、程序计数器、时序控制电路等组成。指令寄存器用于暂存当前正在执行的指令;指令译码器用于对指令进行解码,分析指令的操作码和操作数;程序计数器用于存储下一条要执行的指令地址;时序控制电路用于产生统一的时序信号,协调各部件的工作节奏。

在现代计算机中,运算器和控制器通常被集成在一块芯片上,称为中央处理器(central processing unit, CPU)。CPU 是计算机硬件系统的核心,其性能直接决定了计算机的整体性能,常用的性能指标包括主频、核心数、缓存大小等。例如,英特尔的酷睿系列 CPU、AMD 的锐龙系列 CPU,都是目前个人计算机中广泛使用的 CPU 产品。

3. 存储器

存储器(memory)是计算机中用于存储程序和数据部件,其主要功能是在计算机运行过程中保存程序代码和待处理的数据以及运算过程中的中间结果和最终结果。根据存储特性和用途的不同,存储器可分为内存储器(简称内存)和外存储器(简称外存)两大类。

(1) 内存储器:又称主存储器,是计算机中直接与 CPU 进行数据交换的存储器,用于存放当前正在运行的程序和正在处理的数据。内存的特点是访问速度快,但容量相对较小,且断电后数据会丢失(易失性存储)。内存的性能指标包括存储容量、存取速度等,存储容量越大,能同时运行的程序和处理的数据就越多;存取速度越快,CPU 与内存之间的数据交换效率就越高。

内存主要由随机存取存储器(random access memory, RAM)和只读存储器(read only memory, ROM)组成。RAM 是内存的主要组成部分,可随时读写数据,断电后数据丢失;ROM 中的数据由厂家预先写入,只能读取而不能写入,断电后数据不会丢失,主要用于存储计算机启动时所需的 BIOS 程序等。

(2) 外存储器:又称辅助存储器,是计算机中用于长期存储程序和数据存储器,其特点是存储容量大、价格低廉、断电后数据不会丢失(非易失性存储),但访问速度相对较慢。外存不能直接与 CPU 进行数据交换,需要通过内存才能将数据传输给 CPU 进行处理。

常用的外存设备包括:硬盘驱动器(hard disk drive, HDD),常被称为机械硬盘通过磁头在磁性盘片上进行数据的读写,存储容量大、价格低,但读写速度较慢、抗震性较差;固态硬盘(solid state drive, SSD),又被称为固态硬盘,采用闪存芯片作为存储介质,读写速度快、抗震性好、功耗低,但价格相对较高;此外,U 盘、移动硬盘、光盘等也属于外存设备,常用于数据的移动存储和备份。

4. 输入设备

输入设备(input device)是计算机中用于将外部信息(如文字、图像、声音、指令等)转换为计算机能识别的二进制数据,并传入计算机系统的设备。其主要功能是实现人机交互,将用户的需求和外部数据输入计算机中。

常用的输入设备包括:键盘,用于输入文字、数字和指令;鼠标,用于控制计算机的光标位置,进行选择、单击等操作;扫描仪,用于将纸质文档、图片等转换为数字图像;摄像头,用于采集图像和视频数据;麦克风,用于录入声音数据;此外,触摸屏、手写板、游戏手柄等也属于输入设备。在人工智能领域,输入设备还包括传感器(如自动驾驶汽车

上的摄像头、雷达、激光雷达等),用于采集环境数据,为人工智能系统提供决策依据。

5. 输出设备

输出设备(output device)是计算机中用于将计算机处理后的二进制数据转换为用户能理解的信息(如文字、图像、声音等),并反馈给用户的设备。其主要功能是将计算机的处理结果呈现给用户,实现人机交互。

常用的输出设备包括:显示器,用于显示文字、图像、视频等信息,是计算机中最常用的输出设备;打印机,用于将计算机中的文档、图片等打印到纸质介质上;音箱,用于播放声音信息;投影仪,用于将计算机的显示内容投射到屏幕或墙壁上,适用于会议、教学等场景;此外,绘图仪等也属于输出设备。在人工智能领域,输出设备还包括执行器(如机器人的关节电机、自动驾驶汽车的转向系统和制动系统等),用于将人工智能系统的决策指令转换为具体的动作。

6. 总线

总线(bus)是计算机中连接 CPU、存储器、输入设备、输出设备等各部件的公共数据传输线路,是计算机各部件之间进行数据交换和通信的“高速公路”。总线由数据总线、地址总线和控制总线三部分组成:数据总线用于传输数据,其宽度决定了计算机一次能传输的数据位数;地址总线用于传输存储器单元的地址信息,其宽度决定了计算机的内存寻址能力;控制总线用于传输控制器发出的控制信号和各部件反馈的状态信号,协调各部件的工作。

1.3.3 软件系统

软件系统是计算机系统的“智能灵魂”,它运行在硬件系统之上,通过向硬件发出指令,控制硬件资源的分配和使用,实现各类具体的功能。根据功能的不同,软件系统可分为系统软件和应用软件两大类。

1. 系统软件

系统软件是为了管理和控制计算机硬件资源,为应用软件的运行提供支持和服务的软件,是计算机系统中最基础的软件。其主要功能包括:管理计算机的硬件资源(如 CPU、内存、外存、输入/输出设备等),合理分配资源,提高资源利用率;提供用户与计算机之间的交互界面;为应用软件的开发和运行提供环境和工具等。系统软件具有通用性和基础性,适用于各类计算机硬件平台和应用软件。

常用的系统软件包括以下几类。

(1) 操作系统(operating system, OS):最核心的系统软件,负责管理和控制计算机的所有硬件资源和软件资源,是用户与计算机之间的接口。操作系统的主要功能包括进

程管理、内存管理、文件管理、设备管理、用户接口管理等。常见的操作系统有：个人计算机操作系统，如 Windows、macOS、Linux；移动设备操作系统，如 Android、iOS；服务器操作系统，如 Windows Server、Linux Server；嵌入式操作系统，如 VxWorks、 μ C/OS 等，广泛应用于智能设备、机器人、自动驾驶汽车等领域。

(2) 驱动程序(device driver)：用于连接计算机硬件和操作系统的软件，负责将操作系统的指令转换为硬件设备能识别的信号，使硬件设备能正常工作。不同的硬件设备(如显卡、声卡、打印机、摄像头等)都需要对应的驱动程序，否则无法被操作系统识别和控制。驱动程序通常由硬件设备厂家提供，可通过操作系统的更新功能或厂家官网进行安装和更新。

(3) 编译程序与解释程序：用于将高级编程语言编写的源程序转换为计算机能识别的机器语言程序的软件。编译程序先将整个源程序一次性转换为机器语言程序，生成可执行文件，然后运行该可执行文件，如 C、C++ 语言的编译器；解释程序则是逐行读取源程序，逐行进行解释和执行，不生成可执行文件，如 Python、JavaScript 语言的解释器。编译程序的执行效率较高，解释程序的开发和调试效率较高，各有优势，适用于不同的应用场景。

(4) 数据库管理系统(database management system, DBMS)：用于管理数据库的软件，负责数据库的建立、维护、查询、更新等操作，实现数据的有序存储和高效管理。常见的数据库管理系统有 MySQL、Oracle、SQL Server、MongoDB 等，广泛应用于企业管理、金融服务、电子商务、人工智能等领域，为人工智能系统提供海量数据的存储和管理支持。

(5) 系统工具软件：用于对计算机系统进行维护、优化、安全防护等操作的软件，如杀毒软件、防火墙、磁盘清理工具、系统优化工具、备份还原工具等。系统工具软件能提高计算机系统的稳定性、安全性和运行效率。

2. 应用软件

应用软件是为了满足用户特定的需求而开发的软件，运行在系统软件之上，直接面向用户提供具体的功能服务。应用软件具有针对性和专用性，不同的应用软件适用于不同的应用场景和用户需求。

常见的应用软件包括以下几类。

(1) 办公软件：用于满足日常办公需求，如文字处理软件(Word、WPS 文字)、电子表格软件(Excel、WPS 表格)、演示文稿软件(PowerPoint、WPS 演示)等。

(2) 图形图像软件：用于图形设计、图像处理、视频编辑等，如 Adobe Photoshop (图像处理)、Adobe Illustrator (图形设计)、Premiere Pro (视频编辑)、AutoCAD (工程制图)等。

(3) 娱乐软件：用于满足用户的娱乐需求，如游戏软件、视频播放软件(PotPlayer、腾

讯视频)、音乐播放软件(网易云音乐、QQ 音乐)等。

(4) 专业软件:用于特定专业领域的工作,如金融领域的证券交易软件、医疗领域的医学影像分析软件、教育领域的在线教育平台、工业领域的工业控制软件等。

(5) 人工智能应用软件:人工智能技术的具体应用载体,如智能语音助手(Siri、小爱同学)、图像识别软件(百度识图、微信扫一扫)、自然语言处理软件(翻译软件、智能客服)、自动驾驶系统、机器人控制系统等。这类软件通常集成了机器学习、深度学习等人工智能算法,能够实现智能化的数据分析、决策和交互。

1.3.4 计算机系统的工作原理

计算机系统的工作原理基于冯·诺依曼体系结构,其核心思想是“存储程序与程序控制”,即先将程序和数据存储在存储器中,然后计算机按照程序中指令的顺序,依次读取指令、执行指令,完成数据的处理任务。具体工作过程如下。

(1) 用户通过输入设备将程序和数据输入计算机中,计算机将其存储到外存储器中。

(2) 当用户需要运行程序时,操作系统将外存储器中的程序和数据加载到内存存储器中。

(3) 控制器从内存存储器中读取第一条指令,通过指令译码器对指令进行解码,确定指令的操作类型(如算术运算、逻辑运算、数据传输等)和操作数地址。

(4) 控制器根据指令的要求,向运算器、存储器、输入/输出设备等发出控制信号,指挥各部件执行相应的操作。例如,若指令为算术运算,控制器将指挥运算器从内存存储器中读取操作数,进行运算,并将运算结果存储回内存存储器。

(5) 一条指令执行完成后,控制器根据程序计数器中的地址,读取下一条指令,重复步骤(3)和步骤(4),直到程序中的所有指令都执行完成。

(6) 程序执行完成后,计算机将处理结果从内存存储器中读取出来,通过输出设备反馈给用户。

在整个工作过程中,CPU、存储器、输入/输出设备通过总线紧密配合,实现了程序的存储和执行,完成了数据的输入、处理和输出。这种“存储程序与程序控制”的工作原理,是现代计算机系统的核心工作机制,也为人工智能程序的运行提供了基础支撑。

1.4 人工智能的起源与定义

人工智能是一门融合了计算机科学、数学、心理学、神经科学、语言学等多学科知识的交叉学科,其发展历程充满了探索与突破。了解人工智能的起源与定义,有助于我们把握这一学科的本质和内涵,理解其发展的动力与方向。

1.4.1 人工智能的起源

人工智能的起源可以追溯到 20 世纪中期,其诞生是多学科理论发展与技术突破共同作用的结果。以下是人工智能起源过程中的几个关键事件,这些事件标志着人工智能从理论构想逐步走向现实。

1. 早期理论铺垫(20 世纪初—1950 年)

人工智能的理论基础最早可以追溯到数学、逻辑学、神经科学等学科的发展。20 世纪初,数理逻辑的发展为机器模拟人类思维提供了理论工具。例如,英国数学家伯特兰·罗素和阿尔弗雷德·诺思·怀特海在《数学原理》中试图将数学还原为逻辑,为符号主义人工智能的发展奠定了基础。

1936 年,英国数学家艾伦·麦席森·图灵(Alan Mathison Turing)发表了论文《论可计算数及其在判定问题中的应用》,提出了“图灵机”的抽象计算模型,为计算机的诞生奠定了理论基础。更重要的是,图灵在该模型中证明了通用计算机的可能性,即一台机器可以模拟任何其他计算设备的行为,这一思想为后续人工智能中“机器模拟人类思维”的核心目标提供了理论支撑。1950 年,图灵发表了另一篇具有里程碑意义的论文《计算机器与智能》,提出了著名的“图灵测试计算机”(图 1-8):如果一台机器与人类进行对话时,人类无法通过对话分辨出对方是机器还是人类,那么就可以认为这台机器具有智能。图灵测试至今仍是评估机器智能的重要参考标准,其核心思想推动了人工智能领域的早期探索。

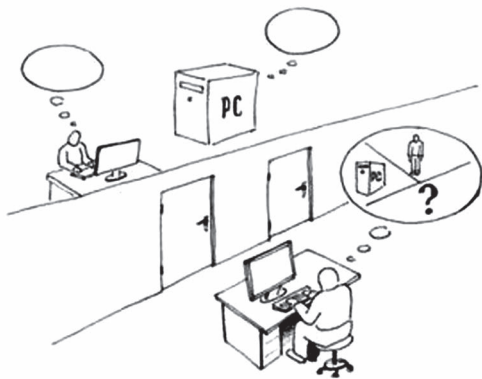


图1-8 “图灵测试计算机”

同一时期,神经科学的发展也为人工智能提供了生物层面的灵感。1943 年,神经科学家沃伦·麦卡洛克(Warren McCulloch)和数学家沃尔特·皮茨(Walter Pitts)发表论文《神经活动中内在思想的逻辑演算》,首次提出了人工神经网络的数学模型(MP 模型)。该模型模拟了人类神经元的基本工作原理,通过二进制信号的传递与逻辑运算实现简单的信息处理,为后来的连接主义人工智能发展奠定了基础,如图 1-9 所示。

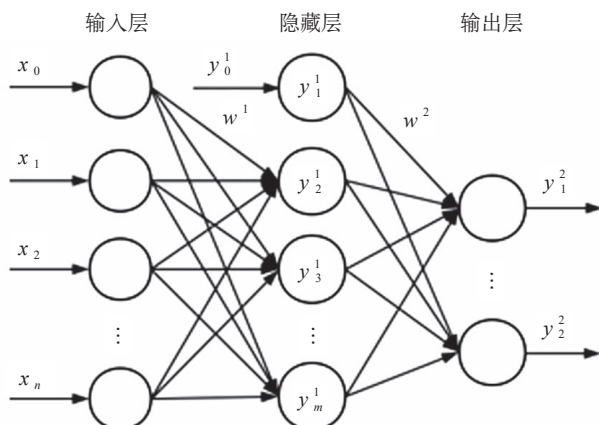


图1-9 人工神经网络的数学模型

1948年,美国数学家诺伯特·维纳(Norbert Wiener)出版了《控制论》一书,将控制论、信息论与生物学结合,提出了“反馈”的核心概念,为智能系统的自适应调节机制提供了理论指导,也成为人工智能中强化学习等领域的思想源头。

2. 学科诞生: 达特茅斯会议(1956年)

1956年夏季,美国达特茅斯学院(Dartmouth College)举办了一场为期两个月的学术研讨会,会议主题为“如何让机器模拟人类智能”。此次会议由约翰·麦卡锡(John McCarthy)、马文·明斯基(Marvin Minsky)、克劳德·香农(Claude Shannon)等年轻学者共同发起,参会者涵盖了计算机科学、数学、心理学、神经科学等多个领域的专家,如图1-10所示。在会议上,麦卡锡首次提出了 artificial intelligence (人工智能)这一术语,正式确立了人工智能作为一门独立学科的地位,此次会议也因此被公认为人工智能的诞生标志。



图1-10 1956年达特茅斯会议AI的奠基者

达特茅斯会议明确了人工智能的研究目标:探索如何使计算机具备类似人类的智能行为,包括学习、推理、决策、感知等能力。会议期间,参会者提出了多个早期研究方向,

如自然语言处理、机器学习、神经网络、机器人学等,这些方向至今仍是人工智能领域的核心研究内容。例如,麦卡锡在会议上提出了基于逻辑推理的智能系统构想,明斯基则展示了其开发的神经网络模拟器 SNARC,香农则探讨了信息论在智能系统中的应用。

3. 早期探索与初步成果(1956—1960 年)

达特茅斯会议后,人工智能领域进入了早期快速发展阶段,涌现出了一批具有代表性的研究成果。1957 年,艾伦·纽厄尔(Allen Newell)、赫伯特·西蒙(Herbert Simon)和克里夫·肖(Cliff Shaw)共同开发了“逻辑理论家”(logic theorist)程序,这是世界上第一个能够进行逻辑推理的人工智能程序。该程序成功证明了怀特海与罗素《数学原理》中的 38 条定理,其中部分证明方法甚至比人类数学家的方法更简洁,验证了机器进行逻辑推理的可能性。

1958 年,麦卡锡发明了人工智能领域的第一种编程语言 LISP,该语言具有强大的符号处理能力,成为后续符号主义人工智能研究的核心工具。同年,明斯基与麦卡锡共同在麻省理工学院(MIT)建立了世界上第一个人工智能实验室,标志着人工智能研究进入了系统化、规模化的阶段。1960 年,纽厄尔和西蒙提出了“通用问题求解器”(general problem solver, GPS)程序,该程序旨在通过模拟人类解决问题的思维过程,实现对多种不同问题的求解,进一步推动了机器推理能力的研究。

1.4.2 人工智能的定义

由于人工智能是一门交叉学科,涉及计算机科学、数学、心理学、神经科学等多个领域,且其发展历程中研究方向不断拓展,因此目前学术界尚未形成一个完全统一的定义。不同学者从不同角度对人工智能进行了阐释,这些定义共同构成了对人工智能本质的多元理解。

美国哈佛大学教育心理学家霍华德·加德纳于 1983 年在《心智的结构》中提出的一种全新的人类智能结构理论——多元智能理论。多元智能理论打破“智商唯一”认知,最初认为人至少有 7 种相对独立的智能,即语言智能、逻辑智能、空间智能、运动智能、音乐智能、人际关系智能、自我认知智能,后来增加了自然观察智能和存在智能,每个人的智能组合不同,无“全能/无能”之分,重点是发现优势智能。

以下是几种具有代表性的定义。

1. 从“模拟人类智能”的角度定义

从“模拟人类智能”的角度定义是人工智能最早期、最核心的定义角度,强调人工智能的目标是让机器具备与人类相似的智能行为。例如,图灵在《计算机器与智能》中提出,人工智能是“让机器执行需要人类智能才能完成的任务”。麦卡锡在达特茅斯会议上则