

21世纪高等教育计算机规划教材

中国高等教育学会高等教育科学研究“十三五”规划课题成果



# 计算思维与 人工智能基础

精品慕课。

团队打造的

配有优秀教师

立体化的教学资源，

人工智能的经典算法。

初步掌握

计算思维，

使读者理解和运用

丰富的案例，

新概念。

新技术、新方法、

涵盖新知识、

新颖的内容，

◎ 王新 徐月美 孙晋非 毛磊 参编

◎ 周勇 主编



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高等教育计算机规划教材

中国高等教育学会高等教育科学研究“十三五”规划课题成果

“十三五”江苏省高等学校重点教材  
(编号: 2018-2-081)



# 计算思维与 人工智能基础

◎ 周勇 主编

◎ 王新 徐月美 孙晋非 参编



人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

计算思维与人工智能基础 / 周勇主编. — 北京 :  
人民邮电出版社, 2019.9(2019.9重印)  
21世纪高等教育计算机规划教材  
ISBN 978-7-115-51663-3

I. ①计… II. ①周… III. ①计算方法—思维方法—  
高等学校—教材②人工智能—高等学校—教材 IV.  
①0241②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第172919号

## 内 容 提 要

本书是中国高等教育学会高等教育科学研究“十三五”规划课题主要成果之一,“十三五”江苏省高等学校重点教材。

本书紧跟计算机技术发展潮流,以“基础性、系统性、先进性、实用性”为指导思想,主要包括计算机技术与计算思维基础、计算机中信息的表示、计算机系统的基本组成和基本工作原理、互联网与物联网、大数据与云计算、算法、人工智能初探、搜索与博弈、机器学习。

本书充分吸收计算机领域的新知识、新技术、新方法和新概念,符合人才培养标准。全书站在科学高度,提炼教学内容,以精练的语言讲述计算思维和人工智能基础,通过丰富的示例引导读者进行深度探索,内容新颖,特色鲜明。本书适合高等学校非计算机专业作为计算机课程的教材使用,同时也可供对计算机感兴趣的读者自学使用。

- 
- ◆ 主 编 周 勇
  - 参 编 王 新 徐月美 孙晋非 毛 磊
  - 责任编辑 李 召
  - 责任印制 陈 雍
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
固安县铭成印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 11.75 2019年9月第1版  
字数: 315千字 2019年9月河北第2次印刷
- 

定价: 42.00 元

读者服务热线: (010) 81055256 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

随着互联网、大数据、云计算和物联网等技术不断发展,人工智能深刻改变了人类的生活。2017年,国务院印发《新一代人工智能发展规划》,要求实施全民智能教育项目,支持开展形式多样的人工智能科普活动,鼓励广大科技工作者投身人工智能的科普与推广,全面提高全社会对人工智能的整体认知和应用水平。2018年,教育部印发《高等学校人工智能创新行动计划》,提出将人工智能纳入大学计算机基础教学内容。

在这种背景下,周勇教授教学团队编写了《计算思维与人工智能基础》教材。该书从学习者的角度组织教学内容,从计算机基础知识讲起,从互联网讲到物联网,从大数据讲到云计算,从计算机求解讲到人工智能,覆盖了计算机学科经典的、重要的计算思维。通过本书学习,读者不仅能够了解计算思维,而且能够理解和运用计算思维;不仅能够认识人工智能,而且能够初步掌握人工智能的经典方法。本书在培养读者的计算思维与人工智能应用能力方面具有基础性和先导性作用。

本书对应的网络在线课程《计算思维与人工智能基础》在“中国大学MOOC”网站开课,有兴趣的读者可以登录 [www.icourse163.org](http://www.icourse163.org) 搜索该课程进行观看学习。

本书由长期从事计算机基础教学、科研工作的骨干教师编写。教材大纲由全体参编教师共同讨论确定,周勇担任主编,负责统稿。具体编写分工如下:第1章、第2章、第3章由徐月美编写,第4章、第5章由孙晋非编写,第6章由王新编写,第7章、第8章由毛磊编写,第9章由周勇编写。

本书的编写得到了中国矿业大学教务部和计算机科学与技术学院领导的关心和大力支持。编者参阅和引用了大量参考文献,在此对相关作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有欠妥和疏漏之处,恳请专家和读者批评指正。

编者

2019年2月

## 第1章 计算机技术与计算

### 思维基础 ..... 1

#### 1.1 计算机技术 ..... 1

1.1.1 计算机的发展 ..... 1

1.1.2 计算机的特点 ..... 2

1.1.3 计算机的分类 ..... 3

1.1.4 计算机的应用 ..... 4

#### 1.2 计算思维基础 ..... 6

1.2.1 计算思维的定义 ..... 6

1.2.2 计算思维的特征 ..... 7

1.2.3 计算思维的本质 ..... 7

1.2.4 计算思维的基本方法 ..... 8

1.2.5 计算思维与计算机的关系 ..... 8

1.2.6 计算思维的应用 ..... 9

本章小结 ..... 9

思考题 ..... 9

## 第2章 计算机中信息的表示 ..... 11

### 2.1 常用数制及其转换 ..... 11

2.1.1 常用数制 ..... 12

2.1.2 数制转换 ..... 13

### 2.2 二进制数的运算 ..... 15

2.2.1 算术运算 ..... 15

2.2.2 逻辑运算 ..... 15

### 2.3 数值数据的表示和处理 ..... 16

2.3.1 定点数表示 ..... 16

2.3.2 浮点数表示 ..... 19

### 2.4 文字 的表示和处理 ..... 19

2.4.1 西文字符编码 ..... 20

2.4.2 汉字编码 ..... 20

本章小结 ..... 22

思考题 ..... 23

## 第3章 计算机系统的基本组成 和基本工作原理 ..... 25

### 3.1 计算机系统的基本组成 ..... 25

3.1.1 计算机系统的组成 ..... 25

3.1.2 计算机的逻辑组成 ..... 26

### 3.2 微型计算机系统的组成 ..... 28

3.2.1 微型计算机系统的硬件基本组成 ..... 29

3.2.2 微型计算机系统的主要性能指标 ..... 29

### 3.3 微型计算机的主机系统 ..... 30

3.3.1 中央处理器 ..... 30

3.3.2 微机主板及其主要部件 ..... 31

3.3.3 内存存储器 ..... 32

3.3.4 I/O 操作、I/O 控制器、I/O 总线与 I/O 接口 ..... 33

### 3.4 微型计算机的外部设备 ..... 36

3.4.1 外存储器 ..... 36

3.4.2 输入/输出设备 ..... 38

### 3.5 计算机软件 ..... 40

3.5.1 软件概述 ..... 40

3.5.2 操作系统基础 ..... 42

### 3.6 计算机的基本工作原理 ..... 46

3.6.1 指令及指令系统 ..... 46

3.6.2 指令的执行过程	48	5.1.4 大数据的关键技术	74
3.6.3 流水线技术	49	5.1.5 大数据应用案例	75
本章小结	50	5.2 云计算	76
思考题	50	5.2.1 云计算的概念	76
<b>第4章 互联网与物联网</b>	54	5.2.2 云计算的服务模式	76
4.1 计算机网络概述	54	5.2.3 云计算的关键技术	77
4.1.1 计算机网络的发展	54	5.2.4 云计算的应用	78
4.1.2 计算机网络的定义	55	本章小结	78
4.1.3 计算机网络的分类	55	思考题	79
4.2 局域网	57	<b>第6章 算法</b>	80
4.2.1 局域网硬件	57	6.1 算法和算法描述	80
4.2.2 局域网软件	59	6.1.1 算法基础	80
4.3 互联网	59	6.1.2 算法描述	81
4.3.1 IP 地址	60	6.2 Raptor 流程图编程	85
4.3.2 子网掩码	61	6.2.1 Raptor 简介	85
4.3.3 域名系统	61	6.2.2 Raptor 应用案例	89
4.3.4 基本服务	61	6.3 算法设计	93
4.4 物联网	63	6.3.1 枚举法	94
4.4.1 物联网的概念	63	6.3.2 递推法	101
4.4.2 物联网的关键技术	64	6.3.3 递归法	107
4.4.3 物联网的应用	65	6.4 排序算法	114
4.5 网络信息安全	66	6.4.1 冒泡排序	114
4.5.1 计算机病毒	67	6.4.2 选择排序	117
4.5.2 黑客攻击	67	本章小结	120
4.5.3 网络信息安全措施	68	思考题	120
本章小结	68	<b>第7章 人工智能初探</b>	121
思考题	68	7.1 认识人工智能	122
<b>第5章 大数据与云计算</b>	70	7.1.1 智能的概念	122
5.1 大数据	70	7.1.2 人工智能的概念	124
5.1.1 大数据的发展	70	7.2 人工智能的起源和发展	125
5.1.2 大数据的概念	71	7.2.1 孕育期	125
5.1.3 大数据的影响	72	7.2.2 形成期	127

7.2.3 暗淡期 .....	128	8.4.1 极大极小过程 .....	153
7.2.4 知识期 .....	128	8.4.2 $\alpha$ - $\beta$ 剪枝 .....	155
7.2.5 稳步增长期 .....	129	本章小结 .....	156
7.3 人工智能的研究方法 .....	131	思考题 .....	157
7.3.1 符号主义 .....	131	<b>第9章 机器学习</b> .....	158
7.3.2 连接主义 .....	132	9.1 机器学习概述 .....	158
7.3.3 行为主义 .....	133	9.1.1 机器学习的定义 .....	158
7.4 人工智能的应用领域 .....	134	9.1.2 机器学习的发展历程 .....	159
7.4.1 问题求解与博弈 .....	134	9.1.3 学习系统的基本模型 .....	160
7.4.2 专家系统 .....	134	9.1.4 机器学习的分类 .....	161
7.4.3 模式识别 .....	135	9.1.5 机器学习与人类思考的类比 .....	162
7.4.4 智能决策支持系统 .....	136	9.2 距离函数及相似度量函数 .....	162
7.4.5 自然语言处理 .....	137	9.2.1 距离函数 .....	163
7.4.6 智能检索 .....	137	9.2.2 相似度量函数 .....	164
7.4.7 自动驾驶 .....	137	9.3 分类算法分析 .....	165
7.4.8 机器人学 .....	138	9.3.1 分类概述 .....	165
7.4.9 人工智能+ .....	138	9.3.2 分类分析方法 .....	168
本章小结 .....	139	9.3.3 决策树算法 .....	169
思考题 .....	139	9.3.4 $K$ 近邻算法 .....	172
<b>第8章 搜索与博弈</b> .....	140	9.4 聚类算法分析 .....	174
8.1 引言 .....	140	9.4.1 聚类分析方法 .....	175
8.2 基于状态空间图的搜索技术 .....	141	9.4.2 $K$ 均值聚类算法 .....	175
8.2.1 状态空间图 .....	142	本章小结 .....	178
8.2.2 问题的状态空间表示法 .....	143	思考题 .....	179
8.2.3 状态空间搜索的基本思想 .....	145	<b>参考文献</b> .....	181
8.3 深度优先搜索和宽度优先搜索 .....	146		
8.4 博弈 .....	149		

# 01 第1章 计算机技术与计算思维基础

## 本章的学习目标

- 了解计算机的发展、分类及应用，掌握计算机的特点。
- 了解计算思维基本概念。

计算机的发展与应用，改变了人们传统的工作、学习和生活方式。计算机的普及，促进了计算思维的研究，推动了整个信息化社会的发展。本章主要对计算机技术和计算思维基础做简要介绍。

## 1.1 计算机技术

### 1.1.1 计算机的发展

在社会的发展过程中，人类不断发明和改进各种计算工具，如贝壳、绳子、算筹、算盘、计算尺、计算器、机械式计算机等。1946 年第一台通用电子计算机 ENIAC（Electronic Numerical Integrator And Calculator，电子数字积分计算机）的诞生，是 20 世纪杰出的科技成就，是人类科学发展史上的重要里程碑。

ENIAC 诞生以来，电子计算机已经走过了 70 多年的发展历程。计算机的体积不断变小，成本不断下降，但性能、速度却在不断提高。计算机硬件的发展受到电子元器件的制约，因此根据计算机主机所使用的物理元器件，将计算机的发展划分为 4 代。表 1-1 是第 1~4 代计算机主要特点的比较。

目前计算机采用的物理元器件仍处于第 4 代水平。尽管计算机正朝着微型化、巨型化、网络化和智能化等方向深入发展，但是在体系结构方面却没有太大的突破，仍被称为冯·诺依曼计算机。人类的研究是无止境的，从目前的研究情况看，未来计算机技术将会在光计算机、生物计算机（分子计算机）、量子计算机等几个方面取得革命性的突破。其中，光计算机是利用光作为信息传输媒体的计算机，具有超强的并行处理能力和超高的运算速度；生物计算机采用以生物工程技术制造的蛋白质分子构成的生物芯片；量子计算机利用处于多现实态下的原子进行运算，这种多现实态是量子力学的标志。

表 1-1 第 1~4 代计算机主要特点的比较

代别 特点	第 1 代 (20 世纪 40 年代中期— 20 世纪 50 年代末期)	第 2 代 (20 世纪 50 年代中后期— 20 世纪 60 年代中期)	第 3 代 (20 世纪 60 年代中期—20 世纪 70 年代初期)	第 4 代 (20 世纪 70 年代中期至今)
主要 元器件	CPU: 电子管 内存: 磁鼓	CPU: 晶体管 内存: 磁芯	CPU: 中、小规模集成电路 (SSI、MSI) 内存: SSI、MSI 的半导体存 储器	CPU: 大、超大规模集成电 路 (LSI、VLSI) 内存: LSI、VLSI 的半导体 存储器
运算速度	每秒几千次	每秒几十万次	每秒几百万次	每秒万亿次
使用的语 言、软件	机器语言、汇编语言	高级语言, 如 FORTRAN	操作系统、数据库管理系统等	软件开发工具和平台、分布式 计算软件、计算网络软件等
应用领域	军事、科学计算领域	数据处理领域	广泛应用于科学计算、数据 处理、工业控制等领域	深入社会的各个领域

### 1.1.2 计算机的特点

计算机 (俗称电脑) 是一种能够接受信息, 按照事先存储在其内部的程序对输入信息进行加工处理, 并产生输出结果的高度自动化的数字电子设备。

计算机是一种现代化的信息处理工具, 它能够准确、快速、自动地对各种类型的信息进行收集、整理、变换、存储和输出。当用计算机进行数据处理时, 首先需要对待解决的实际问题进行分析、抽象, 构建数学模型; 然后用计算机程序设计语言编写计算机程序, 通过输入设备输入计算机; 接下来计算机按照程序的要求逐步执行, 直到整个程序执行结束, 再通过输出设备输出结果。

使用计算机进行信息处理主要具有以下特点。

#### 1. 处理速度快

由于计算机是由电子元器件构成的, 因此其工作的速度极快。目前计算机的运算速度已经达到每秒亿亿次以上, 这种高速度使得计算机在军事、气象、金融、交通、通信等领域中可以实现实时、快速的服务。

#### 2. 存储能力强

计算机能把原始数据、对这些原始数据进行加工的命令 (称为指令)、中间结果及最终结果都存储起来, 这类似于人脑的记忆能力。计算机提供大容量的内存储器, 来存储正在处理的数据, 而且还有各种大容量的外存储器 (如硬盘、优盘、光盘等), 用来长期保存和备份数据。

#### 3. 自动处理

计算机能够对信息进行自动处理。人们只要将编写好的程序输入计算机, 下达执行命令后, 计算机就可以自动地依次执行命令, 在执行过程中不需要人工干预。这是计算机的一个重要特点, 也是计算机区别于其他计算工具的本质特征。

#### 4. 具有逻辑判断能力

计算机不仅能进行算术运算, 还可以进行逻辑运算和逻辑判断, 如比较数据大小、判断除数是否为 0 等, 并可根据判断结果自动决定下一步执行什么操作, 从而解决各种各样的问题。

## 5. 计算精度高

计算机的计算精度一般可达到十几位、几十位、甚至几百位有效数字，比以往的任何计算工具都高得多。许多科学领域的计算要求很高的精度，如光学计算、天文数据计算等，只有计算机才能达到这样的精度要求。

## 6. 通用性强

计算机采用数字化信息来表示数值与其他各种类型的信息，并具有逻辑判断与处理能力，因而计算机不仅能对数值型数据进行计算，也能对非数值型数据进行处理（信息检索、图形和图像处理、文字和语音的识别与处理等）。计算机具有极强的通用性，能应用于各个科学领域并渗透到社会生活的各个方面。

### 1.1.3 计算机的分类

计算机的分类方法很多，如果按照计算机的综合性能指标（性能、作用和价格等）进行分类，可把计算机划分为巨型机、大型计算机、微型计算机、服务器和嵌入式计算机等。

#### 1. 巨型机

巨型机也称为超级计算机（或高性能计算机），它采用大规模并行处理的体系结构，CPU由数以百计、千计、万计的处理器组成，具有极强的运算处理能力，速度达到每秒万亿次甚至每秒亿亿次以上。它存储容量极大，价格昂贵。近年来，我国超级计算机的研发取得了可喜的成绩，推出了“曙光”“天河”“神威”等代表国内最高水平的超级计算机，并应用于国民经济的关键领域。

2018年6月的全球超级计算机500强排行榜中，美国超级计算机“顶点”的浮点运算速度超过了中国曾4次蝉联冠军的“神威·太湖之光”，位列榜首。但中国的超级计算机上榜数量仍持续增长位居第一。超级计算机“顶点”（见图1-1）属于美国能源部下属橡树岭国家实验室，浮点运算速度为每秒12.23亿亿次，峰值接近每秒18.77亿亿次。屈居第二的“神威·太湖之光”（见图1-2），浮点运算速度仍维持在每秒9.3亿亿次。排在第三至五位的依次是美国“山脊”、中国“天河二号”和日本“人工智能桥接云基础设施”（ABCI）。

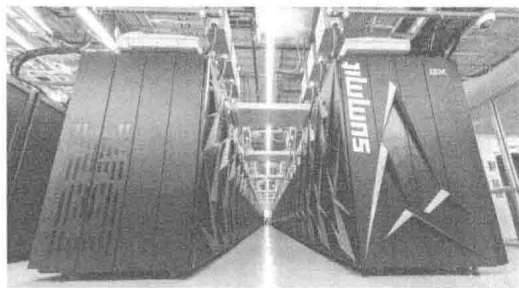


图 1-1 “顶点”超级计算机

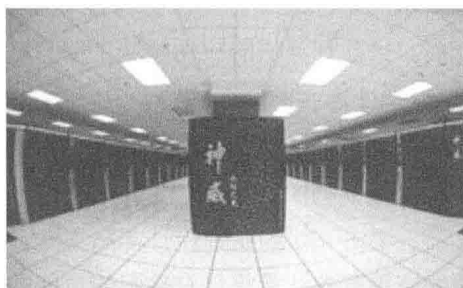


图 1-2 “神威·太湖之光”超级计算机

超级计算机功能是否强大，已经成为衡量一个国家实力是否强大的标准之一，基于此，越来越多的国家加入了研发超级计算机的竞争队伍。

#### 2. 大型计算机

大型计算机是指通用性强、运算速度快、存储容量大、通信联网功能完善、可靠性高、安全性

好、有丰富的系统软件和应用软件的计算机，通常有几十个甚至更多的处理器。大型计算机在信息系统中的核心作用是承担主服务器的功能，辅助数据的集中存储、管理和处理，同时为多个用户执行信息处理任务，它主要用于科学计算、银行业务、大型企业管理等领域。

### 3. 微型计算机

微型计算机（微机）又称为个人计算机，是使用微处理器作为中央处理器（CPU）的计算机。1971年，Intel公司推出了世界上第一片4位微处理器芯片Intel 4004，它的出现与发展掀起了微型计算机大普及的浪潮。微型计算机体积小，价格便宜，使用方便，软件丰富，且性能不断提高，因此成为计算机的主流。

微型计算机分为台式机、笔记本电脑、平板电脑、移动设备（如智能手机）等。

### 4. 服务器

服务器是一种在网络环境中对外提供服务的计算机系统。从广义上讲，一台个人计算机就可以作为服务器，只是它需要安装网络操作系统、网络协议和各种服务软件；从狭义上讲，服务器专指通过网络对外提供服务的那些高性能计算机。与个人计算机相比，服务器在处理能力、稳定性、安全性、可靠性、可扩展性等方面要求更高。

根据不同的计算能力，服务器分为工作组服务器、部门级服务器和企业级服务器。根据提供的服务，服务器分为WWW服务器、FTP服务器、文件服务器、邮件服务器等。

### 5. 嵌入式计算机

嵌入式计算机是为特定应用量身打造的计算机，属于专用计算机。它是指作为一个信息处理部件嵌入应用系统的计算机。嵌入式计算机与通用计算机在原理方面没有太大区别，主要区别在于系统和功能软件集成于计算机硬件系统中，即把软件固化在芯片上。

在各种类型的计算机中，嵌入式计算机应用最为广泛。目前，嵌入式计算机广泛用于各种家用电器，如空调、冰箱、自动洗衣机、数字电视、数码相机等。

## 1.1.4 计算机的应用

计算机应用已经渗透到社会的各个方面，改变着传统的工作、学习和生活方式，推动着信息社会的发展。目前计算机的应用领域主要有以下几个方面。

### 1. 科学计算

科学计算也称为数值计算，它是计算机最早的应用领域，目前也仍然是计算机重要的应用领域之一。许多用人力难以完成的复杂计算工作对高速计算机来说轻而易举。例如，人造卫星轨迹的计算，火箭、宇宙飞船的研究设计都离不开计算机。科学计算的特点是计算量大，且数值变化范围广，这方面的应用要求计算机具有较强的数值数据表示能力以及很快的运算速度。

### 2. 数据处理

数据处理又称为事务处理或信息处理。数据处理主要是指对大量数据进行统计分析、合并、分类、比较、检索、增删等。数据处理是计算机应用最广泛的一个领域，例如，办公自动化系统、银行的账户处理系统、企业的管理信息系统等都是计算机用于数据处理的例子。数据处理的特点是数据量大、输入输出频繁、数值计算简单但强调数据管理能力。

### 3. 生产过程控制

生产过程控制又称为实时过程控制,是指用计算机及时采集检测数据,按最佳值迅速地对控制对象进行自动控制或自动调节。例如,钢铁厂中用计算机自动控制加料、吹氧、出钢等。在现代工业中,过程控制是实现生产过程自动化的基础,在冶金、石油、化工、纺织、水电、机械、航天等行业得到广泛的应用。

### 4. 人工智能

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是利用计算机来模拟人类的智能活动,包括模拟人脑学习、推理、理解、问题求解等过程,辅助人们做出决策。其最终目标是创造具有人类智能的机器。人类自然语言的理解与自动翻译、文字和图像的识别、疾病诊断、数学定理的机器证明,以及计算机下棋等都属于人工智能的研究与应用范围。1997年5月11日,“深蓝”仅用了一个小时就以3.5:2.5的总比分战胜俄罗斯国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫;2017年5月,在中国乌镇围棋峰会上,AlphaGo与排名世界第一的围棋冠军柯洁对战,以3:0的总比分获胜。

### 5. 计算机辅助系统

计算机辅助系统包括计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机辅助教育等。

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD),就是用计算机帮助各类人员进行设计。由于计算机有较强的数值计算、数据处理及模拟能力,飞机设计、船舶设计、建筑设计、机械设计等都会用到CAD技术。采用计算机辅助设计降低了设计人员的工作量,提高了设计速度,更重要的是提高了设计质量。

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM),是指用计算机进行生产设备的管理、控制和操作的过程。例如,在产品的制造过程中,用计算机控制机器的运行、处理生产过程中所需的数据、控制和处理材料的流动和对产品进行检验等。使用CAM技术可以提高产品质量,降低成本,缩短生产周期,降低劳动强度。

计算机辅助教育(Computer Based Education, CBE)是计算机在教育领域的应用,包括计算机辅助教学(Computer Aided Instruction, CAI)和计算机管理教学(Computer-Managed Instruction, CMI)。通常所说的CBE主要指CAI。CAI是用计算机对教学工作的各个环节(包括讲课、自学、练习、阅卷等)进行辅助。计算机向学习者提供教学内容,通过学习者和计算机之间的交互来实现多种教学功能。

### 6. 通信与网络

计算机网络是计算机技术与通信技术发展结合的产物。计算机连网的目的是实现数据通信和资源共享。计算机网络已成为信息社会最重要的基础设施。当今,“机”和“网”已形成共存局面——“无机不在网,无网机难存”。

### 7. 电子商务

电子商务(Electronic Commerce, EC)是指利用计算机和网络进行的新颖商务活动。它作为一种新的商务方式,将生产企业、流通企业以及消费者带入了网络经济、数字化生存的新天地,人们可以不再受时间、地域的限制,以简捷的方式完成过去较为繁杂的商务活动。

电子商务根据交易双方的不同,可分为多种形式,常见的是以下3种:企业对企业(Business to Business, B2B),企业对消费者(Business to Consumer, B2C)和消费者对消费者(Consumer to

Consumer, C2C)。其中, B2B 是电子商务的常见形式, 例如, 阿里巴巴就采用了 B2B 形式。

## 8. 多媒体技术

多媒体技术融合计算机、声音、文本、图像、动画、视频和通信, 借助高速信息网, 实现计算机的全球联网和信息资源共享。它被广泛应用于咨询服务、图书、教育、通信、军事、金融、医疗等诸多行业, 并潜移默化地改变着我们生活的面貌。

# 1.2 计算思维基础

## 1.2.1 计算思维的定义

思维作为一种心理现象, 是人认识世界的一种高级反映形式。具体来说, 思维是人脑对客观事物的一种概括的、间接的反映, 它反映客观事物的本质和规律。

科学思维是人类思维中运用于科学认识活动的部分, 是对感性认识材料进行加工处理的方式与途径的理论体系, 是在认识的统一过程中, 对各种科学的思维方法的有机整合, 是人类实践活动的产物。

从人类认识世界和改造世界的思维方式出发, 科学思维分为 3 类: 理论思维、实验思维和计算思维。

理论思维又称推理思维, 以推理和演绎为特征, 以数学学科为代表。

实验思维又称实证思维, 以观察和总结自然规律为特征, 以物理学科为代表。

计算思维又称构造思维, 以设计和构造为特征, 以计算机学科为代表。计算思维的研究目的是提供适当的方法, 使人们借助现代和将来的计算机, 逐步实现人工智能的较高目标。例如, 模式识别、决策、优化和自控等算法都属于计算思维的范畴。

理论思维、实验思维和计算思维都是人类科学思维方式中固有的部分。其中, 理论思维强调推理, 实验思维强调归纳, 计算思维希望自动求解。它们以不同的方式推动着科学的发展和人类文明的进步。

目前, 国际上广泛使用的计算思维概念是由美国卡内基梅隆大学周以真教授在 2006 年提出的。周以真教授认为, 计算思维是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动。

从定义可知, 计算思维的目的是解题、设计系统和理解人类行为, 而使用的方法是计算机科学的方法。其实计算思维并不是凭空冒出来的一个概念, 它自古就有, 而且无所不在。从古代的算筹、算盘, 到近代的加法器、计算器、现代电子计算机, 以及现在风靡全球的网络和云计算, 计算思维的内容不断拓展。只不过在计算机发明之前的相当长时间里, 计算思维发展缓慢, 主要原因是缺乏计算机这样的高速运算工具。

下面通过一个简单实例“求  $n$  的阶乘”说明什么是计算思维。

**【例 1-1】** 求  $n$  的阶乘, 用  $f(n)$  表示, 即  $f(n)=n!$ 。

用计算机求  $n!$  有两种方法: 递归方法和迭代方法。对于递归方法, 写出递归形式  $f(n)=n \times f(n-1)$ , 也就是将计算  $f(n)$  的问题分解成计算  $f(n-1)$  的问题, 然后将计算  $f(n-1)$  的问题分解成计算  $f(n-2)$  的问

题,以此类推,一直分解到 $f(1)$ 为止,由于 $f(1)=1$ ,可从 $f(1)$ 逐步回归计算到 $f(n)$ 。对于迭代方法, $f(1)=1$ ,根据 $f(1)$ 计算 $f(2)$ 、 $f(3)$ …… $f(n-1)$ ,最后由 $f(n-1)$ 计算得到 $f(n)$ 。

### 1.2.2 计算思维的特征

#### (1) 计算思维是概念化思维,不是程序化思维

像计算机科学家那样去思维不仅仅意味着能够编程,还意味着能够在抽象的多个层面上思维。计算机科学不只关注计算机,就像通信科学不只关注手机,音乐产业不只关注麦克风一样。

#### (2) 计算思维是根本的技能,不是刻板的技能

根本技能是每一个人为了在现代社会中发挥作用所必须掌握的。刻板技能意味着机械地重复。计算思维不是简单、机械地重复。

#### (3) 计算思维属于人的思维方式,不是计算机的思维方式

计算思维是人类解题的方法和途径,但决非试图使人类像计算机那样去思考。计算机枯燥且沉闷,人类聪颖且富有想象力。计算机之所以能解题,是因为人将计算思维的思想赋予了计算机。例如,递归、迭代等都是在计算机发明之前早已提出的方法,人类将这些思想赋予计算机后计算机才能计算。

计算思维的过程可以由人执行,也可以由计算机执行。例如,递归、迭代等题目,人和计算机都可以计算,只不过人计算的速度很慢。借助计算机强大的计算能力,人类就能用自己的智慧去解决那些在计算机产生之前不敢尝试的问题,实现“只有想不到,没有做不到”的境界。因此,人类应该更好地利用计算机去解决各种需要大量计算的问题。

#### (4) 计算思维是思想,不是人造物

计算思维不是软件和硬件等物理形式的人造物,而是软硬件设计、创造过程中蕴含的思想和思维方式,人们用它去解题、管理日常生活,以及与他人进行交流和互动。

#### (5) 计算思维实现了数学思维和工程思维的互补与融合

计算机科学在本质上源自数学思维,因为像所有的科学一样,其形式化基础是构建于数学之上的。计算机科学又从本质上源自工程思维,因为人们建造的是能够与实际世界互动的系统。基本计算设备的限制迫使计算机科学家必须计算性地思考,而不能只是数学性地思考;构建虚拟世界的自由使计算机科学家能够设计超越物理世界的各种系统。数学和工程思维的互补与融合很好地体现在抽象、理论和设计三个学科形态上。

#### (6) 计算思维面向所有的人、所有的领域

计算思维无处不在,当计算思维真正融入人类活动时,它作为一个解决问题的有效工具,处处都会被使用,人人都应掌握。周以真教授指出:“计算思维是21世纪中叶全球每个人都使用的基本技巧。”

### 1.2.3 计算思维的本质

计算思维的本质是抽象( Abstraction )和自动化( Automation )。抽象对应着建模,自动化对应着模拟。抽象就是忽略一个主题中与当前问题(或目标)无关的那些方面,以便更充分地注意与当前问题(或目标)有关的方面。计算思维中的抽象完全超越物理的时空观,并完全用符号来表示,

其中，数字抽象只是一类特例。自动化就是机械地一步一步自动执行，以解题、设计系统和理解人类行为，其基础和前提是抽象。

下面以哥尼斯堡 7 桥问题（18 世纪著名古典数学问题）为例简单描述计算思维的抽象。

**【例 1-2】哥尼斯堡 7 桥问题：**在哥尼斯堡的一个公园里，7 座桥将普雷格尔河中两个岛以及岛与河岸连接起来，如图 1-3 所示。问：能否从这 4 块陆地中任意 1 块出发，恰好通过每座桥一次，再回到起点？

在很长时间里，这个问题一直没能得到解决，因为根据普通数学知识算出，若每座桥均走一次，这 7 座桥所有的走法一共有 5040 种。为了解答这一问题，欧拉将问题抽象成图 1-4 所示的数学问题，答案就很明显了。欧拉的独到之处是把一个实际问题抽象成合适的“数学模型”，这就是计算思维中的抽象。

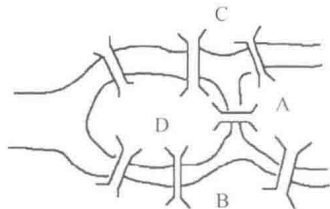


图 1-3 哥尼斯堡 7 桥问题

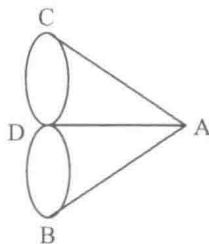


图 1-4 哥尼斯堡 7 桥问题的抽象

### 1.2.4 计算思维的基本方法

计算思维的核心是计算思维方法。计算思维方法很多，周以真教授具体阐述了以下 7 大类方法。

(1) 约简、嵌入、转化和仿真等方法，用来把一个看似困难的问题重新阐释成一个人人们知道怎样解决的问题。

(2) 递归方法，并行方法，把代码译成数据又能把数据译成代码的方法，多维分析推广的类型检查方法。

(3) 抽象和分解的方法，用来控制庞杂的任务或进行巨大复杂系统的设计；基于关注分离的方法（Separation of Concerns, SoC）。

(4) 选择合适的方式去陈述一个问题的方法，对一个问题的相关方面建模使其易于处理的思维方法。

(5) 通过预防、保护、冗余、容错、纠错，基于最坏情况进行恢复的一种思维方法。

(6) 利用启发式推理寻求解答，即在不明确情况下规划、学习和调度的思维方法。

(7) 利用海量数据来加快计算，在时间和空间之间、在处理能力和存储容量之间进行折中的思维方法。

### 1.2.5 计算思维与计算机的关系

荷兰计算机科学家艾兹格·W. 迪科斯彻（Edsger Wybe Dijkstra）在 1972 年获得图灵奖时曾说：

“我们所使用的工具影响着我们的思维方式和思维习惯，从而也深刻地影响着我们的思维能力。”劳动工具在人类从猿到人的进化过程中起了关键作用，人类在使用原始劳动工具的过程中学会了思维。冶炼技术的出现，纸张和印刷术的发明，现代交通工具和航天技术的发展，都对人类的生活方式和思维方式产生了深刻的影响。

计算机的出现，给计算思维的研究和发展带来了根本性的变化。由于计算机对信息和符号具有快速处理能力，许多原本只是理论上可以实现的过程变成了实际可以实现的过程。例如，复杂系统的模拟，大数据处理和大型工程的组织，都可以借助计算机实现整个过程的自动化、精确化和可控化，这提高了人类认识世界和解决实际问题的能力。

### 1.2.6 计算思维的应用

计算思维属于我们每一个人，而不仅仅属于计算机科学家。如同所有人都具备读、写和算的能力一样，每个人都应当认真学习和应用计算思维。计算思维领域的新思想、新方法促使自然科学、工程技术和社会经济等领域产生了革命性的研究成果，并影响其他学科的发展，创造了一系列新的学科分支，如计算生物学、纳米计算、量子计算、计算博弈理论等。计算思维已经渗透到脑科学、化学、地质学、数学、经济学、社会学等各个学科，正在潜移默化地影响和推动各领域的发展。

## 本章小结

本章介绍了计算机技术和计算思维基础。通过本章的学习，可以简单了解计算机的发展、特点、分类及应用，计算思维的定义、特征、本质、基本方法及应用，计算思维与计算机的关系。计算机无处不在，它在我们的生活中扮演着重要的角色。计算思维就是用计算机科学解决问题的思维，是每个人都应该具备的基本技能。

## 思考题

### 一、选择题

- 计算机的发展经历了4代，其阶段划分的依据是\_\_\_\_\_。
  - 计算机的系统软件
  - 计算机的主要物理元器件
  - 计算机的处理速度
  - 计算机的应用领域
- \_\_\_\_\_不属于计算机信息处理的特点。
  - 极高的处理速度
  - 友善的人机界面
  - 免费提供软硬件
  - 通用性强
- 办公自动化是计算机的一项应用，按计算机应用的分类，它属于\_\_\_\_\_。
  - 科学计算
  - 数据处理
  - 实时控制
  - 辅助设计
- 下列选项中，\_\_\_\_\_是“计算机辅助制造”的缩写。
  - CAD
  - CAI
  - CAM
  - CBE

## 二、简答题

1. 简述计算机发展经历的几个阶段，以及各阶段的主要特征。
2. 简述计算机的特点。
3. 简述计算机的主要应用领域。
4. 简述计算思维的概念、计算思维的本质，请举例说明。
5. 简要说说自己专业中计算思维的应用情况。