



李凤霞 陈宇峰 史树敏 编著

高等教育出版社



教育部大学计算机课程改革项目规划教材

大学计算机

Daxue Jisuanji

李凤霞 陈宇峰 史树敏 编著

高等教育出版社·北京

内容提要

本书以基于计算机的问题求解为主线,以计算思维能力培养为目标,以全新的视角组织教学内容,突出计算理论与计算机科学方法,在教学内容中渗透计算思维的基本概念,为读者展示计算机科学的轮廓和相关技术。

全书分为 10 章,内容包括基于计算机的问题求解、计算机信息数字化基础、计算机的工作原理与硬件体系结构、计算机软件平台、计算机网络平台、数据处理与数据库、计算与计算学科、算法与程序设计、实用软件、计算机科学前沿技术。

本书既注重思维培养,又兼顾应用需求,在通俗易懂的前提下,追求系统观点,尽可能展示新技术发展。本书可以作为高校“大学计算机”课程的教材使用,也可供对计算机科学感兴趣的专业技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

大学计算机 / 李凤霞, 陈宇峰, 史树敏编著. --北京: 高等教育出版社, 2014.9
ISBN 978-7-04-040965-9

I. ①大… II. ①李… ②陈… ③史… III. ①电子计算机-高等学校-教材 IV. ①TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 192929 号

策划编辑 刘茜	责任编辑 张龙	封面设计 于文燕	版式设计 童丹
插图绘制 郝林	责任校对 张小镬	责任印制 张泽业	

出版发行 高等教育出版社	咨询电话 400-810-0598
社址 北京市西城区德外大街 4 号	网 址 http://www.hep.edu.cn
邮政编码 100120	http://www.hep.com.cn
印 刷 北京市四季青双青印刷厂	网上订购 http://www.landaco.com
开 本 787mm×1092mm 1/16	http://www.landaco.com.cn
印 张 17.5	版 次 2014 年 9 月第 1 版
字 数 430 千字	印 次 2014 年 9 月第 1 次印刷
购书热线 010-58581118	定 价 28.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 40965-00

序

新世纪以来,在计算机科学与技术的推动下,各学科领域越来越多地呈现了与“计算”相关的需求,普适计算、云计算、网格计算、可穿戴计算、情感计算、社会计算等,顷刻间“计算”已经渗透到我们生活的每个角落。几乎可以说,任何一门学科如果不能引入计算机,就不能成为一个现代的学科。这种形势下,大学计算机课程将何去何从?

大学计算机课程是面向非计算机专业的公共基础课,以计算思维为导向的新一轮改革为课程教学研究注入了新的生命力,一批学者和教师为此积极探索实践。新一轮的教学改革已经走过了三个年头,从教学理念的讨论已经转入具体方案的落实,目前急需能够在计算机科学与技术的内容中承载着计算思维的概念、知识、方法的教材。

由北京理工大学“计算机基础课国家级教学团队”的老教师们编著的《大学计算机》正是符合以上要求的一本非常优秀的教材。本书从一个新的视角重组了大学计算机课程的教学内容,既阐述了计算科学的基础理论,又讲解了计算机科学与技术的多种应用;既贯彻了计算思维的培养目标,又展示了计算机学科的前沿技术,在“润物细无声”中将计算机思维的理论和方法渗透到知识点的教学中。读完此书,让我很受鼓舞和启发。

本书从开篇第1章就打破了常规的绪论方式,而是把视角放在“基于计算机的问题求解”上。因为计算思维强调的是“运用计算机科学的基础概念去进行问题求解”,首先要了解“计算机科学”,其次才是运用这个科学方法去“求解问题”。读者借此可以对整个学科有个基本了解,这个开篇很有新意,也很到位。

第2章从计算机信息数字化的角度认识“数”和“码”,以此表达计算机的形式化方法,并映射出硬件控制原理和软件需要解决的问题。第3、4、5章从硬件平台、软件平台和网络平台的角度展现了计算机科学的基本原理和方法,说明了三大平台对计算所能提供的支持和系统局限,将“自动化”和“形式化”这两个计算思维最重要的方法体现在计算机科学的基本原理中。

在建立了对计算机科学的整体认识和理解的基础上,本书第7、8章介绍了关于计算的理论、计算科学对计算机科学的支持以及基于计算机平台的计算实现问题——算法与程序设计,过渡非常流畅。

本书的写作格局也令人耳目一新,从写作框架上采取问题导向方式,先讲一个与内容相关的故事作为[问题导入],再展开诸多[情景问题],并给出[练习与思考],这对教师而言是教学过程中的抓手,对读者而言是引导自主学习的路径,不失为一种富有创新的思路。

计算思维既不同于数学的逻辑思维,又不同于物理学的实证思维,对于计算思维的全新认识随着大数据时代的到来才刚刚开始,相应的课程教学改革与教材建设工作也都在起步和探索阶段。希望本书的作者团队不断探索,为高校大学计算机课程打造一本优秀教材,为落实教指委关于大学计算机课程的改革工作作出更多的贡献。

是为序。

李康

合肥工业大学教授

教育部高等学校大学计算机基础课程教学指导委员会主任

2014年8月1日

前言

1998年,英国化学家约翰·波普(John Pople)教授获得了诺贝尔化学奖,他的突出贡献之一是设计了名为 GAUSSIAN 的计算机程序,成为量子化学计算的重要工具。从中我们可以体会到作为学科的“计算”和作为工具的“计算机”在科学研究中的重要地位。

从更宽广的视野可以看到,随着高性能计算、普适计算、量子计算等一系列计算问题的涌现,以及大数据、物联网等社会应用的兴起,在高校普遍开设面向计算、面向计算思维的通识型课程成为必然的趋势。因应这一趋势,教育部高等教育司和教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会组织国内一批高校,围绕计算思维能力培养开展了“大学计算机”课程的教学改革工作。

本书作为其中的改革成果之一,广泛借鉴了国内外相关课程的开设经验,做了一些大胆的创新和尝试,力图将计算思维的理念、内容、方法融入各章的内容结构中,通过系统构建、知识渗透,使读者领悟计算思维的理念,掌握计算思维的方法;与此同时,最大限度地涉及了计算机科学更多更新的知识,以帮助读者在发展中求创新。本书在整体结构和内容选择上体现了以下显著特色。

1. 基本思路以计算思维为导向

本书在内容结构上进行了大幅度调整,基本思路是以计算思维为导向,展示计算机科学的基础概念、原理和方法。从开篇第1章就直接讨论问题抽象与建模方法,从而引出计算机科学的知识领域,试图告诉读者计算机科学家在思考什么,基于计算机能做什么。第2章则从计算机中的“数”与“码”两个方面阐述计算机信息表示和处理的基本概念和数字化方法,以展示计算机科学的思维方式——形式化。随后在第3~5章介绍了计算机的三大平台内容,强调了计算机的自动化控制原理、资源管理机制和基于系统平台的网络计算服务,充分体现了“用计算机科学的基础概念进行问题求解和系统设计”的技术路线。另外用两章的篇幅讨论计算、算法与程序设计问题,阐述了计算的本质和计算机应用的理论问题,帮助各个专业的读者从计算机科学中找到对计算需求的支持。

2. 整体结构采用问题导向框架

全书定位于问题导向,在结构设计上每章开头都采用了[问题导入]形式,在叙述中插入了多个[情景问题],在每节后面设置了[练习与思考],在本章小结后面提供了习题。通过这一系列环节的设计,构成了具有鲜明特色的问题导向框架。这个框架实质上是一个科学问题链,需要全章知识点的支持,需要读者在分析问题的过程中深入思考,领会计算思维的“问题求解”方法。

3. 知识载体侧重主流与实用

本书侧重不断涌现的动态计算需求,分散在各章介绍了大量的新技术和主流应用。从集群计算机到并行体系、从条形码到物联网、从云计算到大数据,结合大量应用领域来说明计算机技术与各学科的交叉融合,让计算思维概念自然地渗透于知识点中。同时兼顾具体应用技术的讲授,提供了第9章相关实用软件的介绍,读者具备使用具体的应用软件解决本专业相关问题的能力。

为了帮助读者更好地掌握课程内容,配合本书同时出版了《大学计算机实验》教材。《大学计算机实验》教材提供了18个虚拟实验,力求为大学一年级学生展示计算机科学的基本理论和系统概貌,为培养学生基于计算机的问题求解能力和系统设计能力提供了全新的实验体系的支持。本书与《大学计算机实验》教材共同构建的课程资源库以教学服务为目的,集成了教学和实验过程的全部素材,包括电子课件、实验报告、教师参考、阅读资料等。课程资源库已经在一些高校试用,取得了很好的效果。

考虑到不同学生的多种学习需求层次,本书提供的教学内容较多。不同学校和专业在不同学时条件下,可以对本书章节做适当选择与组合。如果全面改革课程教学内容,可选择第1~5章和第7、8、10章作为核心内容;如果逐步过渡地改革课程教学内容,可选择第1~5章和第6、8、9章作为核心内容。本书可以作为不同类型高校“大学计算机”公共课程的教材,也可以作为计算机类专业“计算机导论”课程的教材,还可以作为其他读者的参考读物。

本书在策划和写作过程中,正值计算思维理念的深入研讨和推广阶段。作者曾多次得到陈国良院士、李廉教授、冯博琴教授等多位专家的赐教,也得到了多位一线教师的热情帮助。北京理工大学给予了教改项目的资助,多个院系的师生参与了教学实践。高等教育出版社的编辑在教材架构、实验软件出版等方面给予了支持和帮助。在落笔之际,谨表示最诚挚的谢意。

本书由北京理工大学李凤霞教授主编,其中第1、2、3、7、8、10章由李凤霞编写,第4、5章由陈宇峰编写,第6、9章由史树敏编写。编写过程中参加教学改革实践的还有蒋本珊、高玉金、徐宝云、唐明湘、李冬妮、李仲君、赵三元、余月、刘丽、李霞等多位老师;刘陈、谷海洋、张王成、介飞、雷正朝、陈红倩等协助查阅资料和整理图片;刘咏梅、宋露、常慧杰、查燕平、刘茜、乔建成等承担了图形绘制、习题整理等工作。虚拟实验软件和课程资源由“计算机基础课国家级教学团队”的全体师生建设完成。尤其是虚拟实验部分,是由北京理工大学虚拟现实与仿真计算实验室的21名研究生参与完成的。另外,在编写过程中参阅了大量的图书资料和科技文献。在此一并表示感谢。

鉴于作者水平有限,加之时间仓促,写作中留下了很多遗憾,也一定存在不少问题,敬请同行专家和读者朋友批评指正。

作者

2014年6月于北京理工大学

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第 1 章 基于计算机的问题求解 1

[问题导入] 因特网梅森素数大搜索 1

1.1 问题描述与抽象 2

1.1.1 问题描述 2

1.1.2 问题抽象 3

1.1.3 建模与求解 3

1.1.4 面向计算机的问题分析 4

1.2 基于计算机的问题求解方法 6

1.2.1 基于计算机软件的问题 求解 6

1.2.2 基于计算机程序的问题 求解 6

1.2.3 基于计算机系统的问题求解 9

1.3 计算机科学的知识领域 11

本章小结 12

推荐读物 12

习题一 13

第 2 章 计算机信息数字化基础 14

[问题导入] 为什么计算机中要采用 二进制? 14

2.1 计算机中基于“实现计算”的 数制及其转换 14

2.1.1 计算机中的“0”和“1” 15

2.1.2 各种数制表示 15

2.1.3 数制间转换 18

2.2 二进制数值表示与计算 21

2.2.1 二进制数值的计算机 表示 21

2.2.2 算术运算与补码 24

2.2.3 逻辑运算与计算机控制 25

2.3 字符信息编码与标准交换 27

2.3.1 信息分类与信息数字化 方法 27

2.3.2 西文字符的编码 28

2.3.3 汉字信息的编码 30

2.3.4 通用字符编码集 31

2.4 多媒体信息编码 32

2.4.1 图形图像信息数字化 32

2.4.2 声音信息数字化 33

2.4.3 颜色信息数字化 33

2.5 条形码与 RFID 34

2.5.1 一维条形码 34

2.5.2 二维条形码 35

2.5.3 RFID 技术 36

2.6 信息标准化 37

本章小结 38

推荐读物 38

习题二 38

第 3 章 计算机的工作原理与硬件 体系结构 40

[问题导入] 计算机和计算器的本质

区别是什么?	40	4.1.2 操作系统的功能	75
3.1 计算机的发展与图灵机模型	40	4.1.3 操作系统的主要特征	76
3.1.1 计算工具的演变	40	4.2 数据存储与文件管理	78
3.1.2 电子计算机的发展	42	4.2.1 磁盘数据存储与管理	79
3.1.3 图灵与图灵机模型	46	4.2.2 操作系统的文件管理机制	81
3.2 计算机的硬件组成	47	4.2.3 物理内存与虚拟内存	83
3.2.1 冯·诺依曼计算机模型	47	4.3 程序运行管理	84
3.2.2 计算机的基本组成	48	4.3.1 人机交互与作业管理	85
3.2.3 计算机的存储体系	49	4.3.2 任务与处理机管理	87
3.3 计算机的基本工作原理	52	4.3.3 I/O 与设备管理	88
3.3.1 用算盘解题的过程	52	4.4 实用操作系统	89
3.3.2 指令和指令系统	53	4.4.1 操作系统的发展	89
3.3.3 程序自动控制的实现	54	4.4.2 操作系统的分类	91
3.3.4 以运算器为核心的计算实现	56	4.4.3 典型的桌面操作系统——Windows	92
3.4 微型计算机体系结构	57	4.4.4 其他常见操作系统简介	94
3.4.1 微型计算机系统组成	57	本章小结	95
3.4.2 微处理器	59	推荐读物	95
3.4.3 以总线为数据通道的微机体系结构	60	习题四	96
3.4.4 微型计算机的多级存储体系	62	第5章 计算机网络平台	97
3.4.5 外部设备与通信接口	64	[问题导入] 电子邮件是如何传送的?	97
3.5 微型计算机的性能指标	68	5.1 计算机网络平台	97
3.6 并行计算机体系结构	68	5.1.1 基于计算机网络的计算思维	97
本章小结	72	5.1.2 计算机网络的构成	101
推荐读物	72	5.1.3 计算机网络软件	105
习题三	73	5.2 Internet 及其应用	110
第4章 计算机软件平台	74	5.2.1 IP 与域名	111
[问题导入] 程序是如何在计算机上运行的?	74	5.2.2 Internet 的接入	113
4.1 计算机软件平台概述	74	5.2.3 Internet 提供的服务	115
4.1.1 什么是软件平台	74	5.2.4 网络信息检索	116

5.2.5 从 1G 到 4G 的变迁	118
5.3 信息安全	119
5.3.1 计算机病毒	119
5.3.2 网络安全	121
5.3.3 信息加密与认证技术	123
5.4 云计算服务	124
5.4.1 云计算模式	124
5.4.2 云计算的体系架构	125
5.4.3 云计算服务	126
5.5 以网络为平台的物联网	127
5.5.1 物联网的概念	127
5.5.2 以网络为平台的物联网 体系架构	128
本章小结	130
推荐读物	130
习题五	131
第 6 章 数据处理与数据库	132
[问题导入] 大数据到底有多大?	132
6.1 数据与数据处理	133
6.1.1 数据的分类	133
6.1.2 大数据处理	133
6.1.3 数据中心	137
6.1.4 数据空间	138
6.2 多媒体数据处理	140
6.2.1 图形与图像信息处理	140
6.2.2 音频与视频信息处理	143
6.2.3 计算机动画	145
6.2.4 多媒体数据压缩	146
6.3 数据库技术基础	148
6.3.1 数据库技术基本概念	148
6.3.2 数据库管理技术发展历程	149
6.3.3 数据库管理系统的基本 功能	151

6.3.4 数据库的体系结构与数据 模型	152
6.3.5 关系模型	158
6.3.6 数据库设计	163
6.4 结构化查询语言简介	164
6.4.1 支持 SQL 语言的常用 数据库	165
6.4.2 SQL 应用实例	167
6.5 数据仓库与数据挖掘	174
6.6 万维网数据库技术	175
本章小结	176
推荐读物	176
习题六	176

第 7 章 计算与计算学科

178

[问题导入] 邱奇-图灵论题的焦点

是什么?

178

7.1 计算的本质

178

7.1.1 什么是计算

179

7.1.2 可计算与不可计算

180

7.1.3 计算复杂性

182

7.2 关于计算学科

183

7.2.1 计算学科的根本问题

183

7.2.2 计算学科与计算机学科
的区别

184

7.2.3 计算学科的三大过程——
理论、抽象与设计

184

7.3 普适计算及其应用

186

本章小结

188

推荐读物

188

习题七

189

第 8 章 算法与程序设计

190

[问题导入] 奥巴马关于“100 万个

32 位整数排序”问题的回答	190	9.1.3 高级文档编排	211
8.1 算法	190	9.1.4 文档生成过程的环境设置	215
8.1.1 算法的定义	191	9.2 电子表格生成与处理	218
8.1.2 算法的基本特征	192	9.2.1 共享数据资源	218
8.1.3 算法的表示方法	192	9.2.2 编辑电子表格	227
8.1.4 算法复杂性与优化	194	9.2.3 数据统计与计算	230
8.2 典型问题的算法设计	195	9.2.4 表格数据的可视化分析	237
8.2.1 成绩排名问题——排序算法	195	9.3 如何制作演示文稿	239
8.2.2 斐波那契数列问题——递归算法	195	9.4 图像处理软件	242
8.2.3 最大公约数问题——迭代算法	197	9.5 屏幕抓取软件	243
8.3 数据结构	198	9.6 音、视频播放软件	244
8.3.1 计算机语言中的数据组织	199	9.7 保护数据资源	246
8.3.2 数据结构	200	9.7.1 设置文档“保密”属性	246
8.4 程序设计	202	9.7.2 文档加密软件	248
8.4.1 计算机语言与语言处理系统	202	本章小结	249
8.4.2 面向过程程序设计	204	推荐读物	249
8.4.3 面向对象技术与可视化程序设计	204	习题九	249
本章小结	205	第 10 章 计算机科学前沿技术	252
推荐读物	206	[问题导入] 为什么戴上 3D 眼镜看电影的效果会不同?	252
习题八	206	10.1 机器学习	252
第 9 章 实用软件	207	10.2 自然语言理解	254
[问题导入] 什么是 OA?	207	10.3 可穿戴计算	256
9.1 用计算机处理文档	207	10.4 情感计算	258
9.1.1 文档处理软件	208	10.5 虚拟现实技术及应用	260
9.1.2 段落与页面	208	10.6 计算机仿真技术	263
		本章小结	265
		推荐读物	266
		习题十	266

第1章 基于计算机的问题求解

[问题导入]

因特网梅森素数大搜索

2008年8月,美国加州大学洛杉矶分校的计算机专家史密斯通过参加一个名为“因特网梅森素数大搜索(GIMPS)”的国际合作项目,发现了第46个梅森素数。当时,这一成就被美国的《时代》杂志评为“2008年度50项最佳发明”之一,排名在第29位。

什么是梅森素数?素数即质数,是只能被1和自身整除的数,如2、3、5、7、11……公元前300多年,古希腊数学家欧几里得证明了素数是无限的,并提出少量素数可写成“ 2^n-1 ”的形式, n 也是一个素数。此后许多数学家(费马、笛卡儿、莱布尼茨、哥德巴赫、欧拉、高斯、哈代、图灵等)都曾对这种素数进行研究,17世纪的法国教士马丁·梅森(Martin Mersenne)是其中成果较为卓著的一位,因此后人将“ 2^n-1 ”形式的素数称为“梅森素数”。

为什么要探索梅森素数?因为它的探究推动了数论的研究,促进了计算技术、程序设计技术、密码技术的发展以及快速傅里叶变换的应用。而且探寻梅森素数的最新意义是:它促进了网格技术的发展。梅森素数的探寻方法还可直接用来测试计算机硬件运算是否正确。所以,梅森素数被人们誉为“数学海洋中的璀璨明珠”。

探索梅森素数很难吗?可以说它看似简单,实则难度极大。因为这不仅需要高深的理论和纯熟的技巧,而且还需要艰巨的计算。1772年,瑞士数学大师欧拉在双目失明的情况下,靠心算证明了 M_{31} (即 $2^{31}-1=2\,147\,483\,647$)是一个素数,他因此获得了“数学英雄”的美誉。在“手算笔录年代”,人们历尽艰辛,仅找到12个梅森素数。在寻找梅森素数的长途跋涉中,1952年是个丰收年。美国数学家鲁滨逊等人将著名的卢卡斯—雷默方法编写成计算机程序,使用SWAC型计算机在短短几小时之内,就找到了5个梅森素数。10年之后,当第23个梅森素数 M_{11213} 通过大型计算机被找到时,1963年9月6日晚上8点,美国广播公司(ABC)中断了正常的节目播放,在第一时间发布了这一重要消息。

另一次突破在1996年,美国数学家和程序设计师沃特曼(G. Woltman)利用网格技术编制了一个梅森素数计算程序,并把它放在网页上供数学家和数学爱好者免费使用,这就是前面提到的著名的GIMPS项目。世界上有160多个国家和地区的近16万人参加了这一项目,并动用了30多万台计算机联网来进行网格计算。该项目的计算能力已超过当今世界上任何一台最先进的超级矢量计算机的计算能力,运算速度超过每秒350万亿次。近20年来,人们通过GIMPS项目找到了12个梅森素数。

迄今为止,人类仅发现了48个梅森素数。最大的梅森素数 $2^{57\,885\,161}-1$ 是密苏里大学发现的,数字位数超过1700万。通过计算机运算程序证实,无论是 $57\,885\,161$ 还是 $2^{57\,885\,161}-1$ 都

是素数。

这个“因特网梅森素数大搜索”让我们看到了什么？是网络技术的神奇还是人的聪明才智？是数字与计算的美妙还是计算机的魅力？“大学计算机”课程将讨论这些问题，旨在使读者对计算和计算机学科、计算机技术有较为具体的了解，并用计算思维的理念和能力解决自己的问题。本章作为开篇，将围绕本书的主角——计算机，首先展开“问题—方法—计算机科学”的讨论。

1.1 问题描述与抽象

科学在解决问题的过程中不断发展，科学方法就是解决问题所采取的各种手段和技术途径。科学方法包含了理论方法、实验方法和计算方法，这些方法在解决问题的过程中得到不同程度的体现和应用。与科学方法相对应的是科学思维，它包含了理论思维、实验思维和计算思维，这些思维也隐含于数学、物理、计算机以及其他课程或生活中。本课程关注的是计算思维，因为它正是运用计算机科学的基础概念和方法进行问题求解、系统设计和人类行为理解的一系列思维活动。本节主要讨论什么问题一定需要计算机解决，以及如何表达这些问题。

1.1.1 问题描述

当你捧着一个平板电脑爱不释手，或者沉浸在网络游戏里乐此不疲，当你用计算机打出图文声像并茂的学生会主席竞选报告的时候，计算机的魅力已经渗透在我们的生活中了。但是相信你不是因为这些问题而选择了这门课程。因为仅仅这些你只要用自己聪明的头脑和丰富的计算机软件便可以掌握这些技能了。

那我们为何走进“大学计算机”的课堂？请先到你的专业实验室看一下，你的老师们、做毕业设计的学长们，他们都在干什么？如果你是学工业设计的，会看见他们时常在使用计算机辅助设计软件；如果你是生物工程专业的高材生，会看见他们沉浸在计算与计算机程序实现的思考中；如果你学的是汽车工程，一定会看见他们在绞尽脑汁地研究如何在车辆的控制系统中嵌入计算机模块……

从中我们理解到，学习计算机不仅仅是为了能够打字、上网，而重要的是用计算机求解问题，求解类似“梅森素数”那样需要计算的问题；像生命特征分析那样需要海量数据处理的问题；像航天飞机那样需要仿真模拟的问题；当然也有像求 $1+2+3+4+\cdots+n$ 这样很简单的问题，但当 n 取值非常大时用计算器根本无法计算；像数学建模竞赛那样问题并不太大，但是也需要计算机软、硬件平台支持的问题；像简单的社会调查，但却需要以特殊手段从网络获取数据的问题；像一个为了信息安全而不得不采用高端技术进行加密的问题；等等，不胜枚举。所有这些问题的处理，不仅是靠计算机技术，更重要的是靠分析问题、解决问题的能力，还靠本课程所强调的计算思维能力。

1.1.2 问题抽象

要借助于计算机解决问题,无论是计算问题、数据处理问题、信息安全问题、系统能力问题以及现代科学的交叉融合问题等,对于计算机而言,都会回归到它的本质——计算。而计算的前提是对问题的清晰描述和抽象。

1. 抽象的概念

问题抽象是指对同类事物去除表象的、次要的、非本质的方面,抽出共同的、本质的属性的过程,从而做到从个别中把握一般、从现象中把握本质的认知过程和思维方法。抽象是形成概念的必要手段,通过抽象过程,可以建立客观事物的描述模型,也可以获取对客观事物的感性认识。例如对社会中的人的抽象,去掉人的性格、喜好、声音等个别方面,抽象出姓名、性别、年龄、身高这些本质属性来表征不同的人。所以,抽象就是把事物的特点从具体实例里面抽取出来,形成一套适合所有实例的框架。

抽象源于现实世界,其内容主要包括两个方面:一是建立抽象描述方法;二是建立具体的概念模型,从而获得对客观世界的感性认识。

抽象的概念贯穿于对问题求解的过程中,也贯穿于对计算机科学的认识和计算机系统的构建过程中。

2. 实际问题的抽象实例

问题描述:一个住宅小区,想在两个楼前面建一个小型花坛,两个楼横向之间的间距为80 m,从花坛到两个楼之间铺两条小路,请问小路要铺多长?

问题抽象:首先确定该问题的抽象描述方法是一个几何问题,所以假定花坛建在 M 处,两楼之间是直线距离 AB , M 到 A 和 B 都是直线距离,可以把问题抽象为图1-1的几何模型,这就是针对该问题所建立的“小路要铺多长”的概念模型,属于初等几何问题。

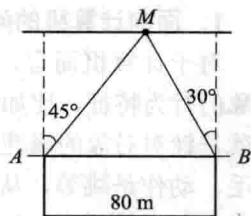


图1-1 小区建花坛的抽象概念模型

对问题的进一步分析:这是问题求解中最基础、最重要的工作。分析问题一般需要明晰且精确的问题陈述,以避免产生任何误解。并且要确定已知信息、掌握解决问题的基本理论与方法。本例中问题有不清晰的陈述,即 M 点不确定,这使得计算模型无法建立。如果问题的陈述明确 M 点为: MA 小路的角是 45° , MB 小路的角是 30° ,那么 30° 所对的直角边为 X ,则 45° 所对直角边为 $80-X$,根据直角三角形的边角关系就可得到解。

1.1.3 建模与求解

抽象的目的是产生数学模型并求解,下面以鸡兔同笼问题为例来说明问题的数学求解过程。

问题描述:大约在1500年前,我国古代数学名著《孙子算经》上有这样一道题,今有鸡兔同笼,上有三十五头,下有九十四足,问鸡兔各几何?

这是一个大家熟悉的经典问题,如果是人工计算,通常都会采用二元一次方程组的方法来求解。分别将鸡和兔用 x 和 y 表示,根据题意即可得到下列数学模型:

$$\begin{cases} x + y = 35 \\ 2x + 4y = 94 \end{cases}$$

通过数学方程式求解，便可得到以下答案：

$$\begin{cases} x = 23 \\ y = 12 \end{cases}$$

当然，分析问题和抽象方法不同，求解的途径就不同。求解这个问题的数字方法还有假设与置换法（中国古代流传的方法）、玻利亚跳舞法（西方解法）等。以假设与置换法为例，假设 35 只都是鸡，那么共有脚 $2 \times 35 = 70$ (只)，比 94 只脚少了 $94 - 70 = 24$ (只)，每只鸡比兔子少 2 只脚，那么共有兔子 $24 \div 2 = 12$ (只)。

由此可见，由抽象到模型再到求解，我们用的是数学方法，这个过程完全是人的思维以及数学的方法，那么，这种问题如果用计算机求解该如何做？

1.1.4 面向计算机的问题分析

在计算机系统的构建和对计算机科学的认知过程中，抽象的概念同样为我们提供了思路和方法。抽象允许我们只关注计算机的外模式，即忽略诸如时序电路、存储芯片结构等计算机系统内部构造细节，将其作为一个单元来使用。除此之外，正是通过抽象，许多很复杂的系统变得简单。

1. 面向计算机的问题抽象

对于计算机而言，抽象包括两个方面：一是过程抽象，二是数据抽象。过程抽象是针对对象的行为特征，比如“鼠标双击”、“关闭窗口”等，这些操作都可以抽象为方法。而数据抽象就是针对对象的属性，比如建立一个兔子的数据抽象，它会有以下特征：1 个头，4 只脚，有毛，动作是跳等，从而组织成兔子的数据属性。“兔子”在这里仅仅是一种抽象的概念，而只有白兔、黑兔、灰兔等才是具体的兔子。

把问题抽象成对象，这样可以更好地专注于所要解决的问题。抽象的问题都是从具体的问题和形式中发展出来的，它和计算机的结构、原理并没有联系。所以，对于计算机科学本身，也可以从不同的抽象层次去理解和认识，本书就是从三大平台的角度介绍计算机系统，并且对许多计算机内部细节做了高层次抽象，以便读者更关注需要解决的问题，以及这些问题是如何有效地被计算机自动计算或处理的。

现实世界中需要计算或处理的问题很多，哪些问题是可以被计算并能自动执行，哪些问题是可以在有限时间、有限空间内完成，这是计算及计算复杂性问题，将在第 7 章详细讨论。下面仍用鸡兔同笼问题为例来说明面向计算机的问题抽象与求解过程。

2. 鸡兔同笼问题的计算机求解

相对人来说，计算机难于进行形象思维和决策，例如二元一次方程组的建立、鸡兔数量的假设与置换等。但计算机更易于进行重复性计算，可以通过大量尝试的方法来获知问题答案。

(1) 面向计算机的问题分析

枚举算法（也称为穷举算法）是计算机程序设计中用得最为普遍的算法之一，可以用

它求解鸡兔同笼问题。利用计算机运算速度快、精确度高的特点，可对鸡和兔的数字从 1 到 35 对所有可能情况进行遍历，从中找出符合要求的答案。

用穷举算法解决问题，通常可以从两个方面进行分析：一是问题所涉及的参数，二是答案需要满足的条件。本问题所涉及的情况如下。

- 鸡兔共有 35 个头。则在所有的情况中，鸡和兔分别都有可能是 0 只，也可能是 1 只、2 只、3 只……35 只，共有 36 种可能性情况。这样鸡和兔两两组合，则共有 36×36 种可能性，在这些可能性中会有所需要的答案；当然也会出现 36×36 种可能性都不符合条件的情況。

- 正确答案需要满足的条件有：鸡兔数量为整数，鸡兔总数为 35，鸡兔总脚数为 94。

(2) 计算机求解过程

下面用一个流程图来描述针对 36×36 种可能性的计算机求解过程，如图 1-2 所示。

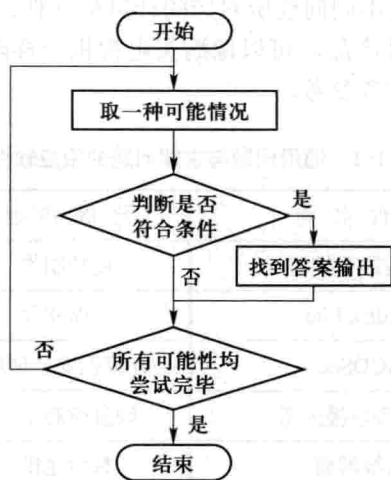


图 1-2 鸡兔同笼问题的求解思路

请思考：

根据这个流程图，说明用计算机解决该问题与人的思维解决该问题，有哪些相同与不同之处。

这种分析让我们有点担心，如果鸡兔总数为 350 只，岂不是要遍历 351×351 种可能性？如果更多呢？如果鸡兔总数上升到 5 位数，想想这种算法计算机将会付出什么代价？

[情景问题 1-1] 要对 n 阶方程组求解，理论上是可以行列式的方法求解得，需要计算 $n+1$ 个 n 阶行列式的值，要做的乘法运算是 $n! (n-1) (n+1)$ 次。假如 n 取值为 20，你认为计算机可以求解吗？人可以求解吗？

因此说，从本质上说，计算机是实现人的思维的，但因为人和计算机各自的优势与能力范围，使得求解问题的方法有很大不同。

[练习与思考 1-1] 请分析图 1-2 中的“判断是否符合条件”这件事计算机需要做多少次。

1.2 基于计算机的问题求解方法

我们面对的问题很多，不同问题需要不同的求解方法。因为专业不同、领域不同，问题就不同，站在计算机的角度看问题，可以将其归为三大类：直接用计算机软件求解的问题，需要编写程序求解的问题，需要进行系统设计和多种环境支持才能求解的问题。

1.2.1 基于计算机软件的问题求解

“用计算机打造出图文声像并茂的学生会主席竞选报告”这个问题通常是借助于办公自动化软件完成的。表 1-1 列出解决不同问题所对应的计算机软件。对于大多数通用问题来说，许多商家为此精心研发大量的软件产品，可以像购买电视机一样随意挑选。第 9 章专门介绍了表 1-1 中的几种常用软件，供读者参考。

表 1-1 通用问题与求解问题的相应软件

问 题 描 述	软 件 名 称	问 题 描 述	软 件 名 称
文件与信息下载	迅雷下载	视频制作	影视屏王
文档浏览	HedEx Lite	压缩软件	WinRAR
图像浏览	ACDSee	计算机安全使用	360 杀毒
音频浏览	酷狗音乐播放器	硬盘检测工具	HD Tune Pro
视频浏览	超级解霸	数学建模	Mathematica
图像制作	美图秀秀	电路设计	Protel
三维动画制作	3DS max	机械制图	AutoCAD, Pro/E

要说明的是，表中列出的是一些通用问题，所以软件也基本都是通用的。对于更专业的问题，这些软件就无能为力了。另外，因为软件是产品，发布之后其功能就是确定的，这和使用洗衣机是一样的道理，用户的创造力仅限于软件能支持的功能范围内。

1.2.2 基于计算机程序的问题求解

不是所有问题都能用软件的方法解决，而且更确切地说，科学研究和工程创新过程中的大多数问题都不能用软件方法解决。例如，求 $1+2+3+\cdots+n$ 累加和的问题，上述鸡兔同笼的问题，求梅森素数的问题等，以及你曾经碰到的微积分求解问题，平面分割问题，线性方程求解问题等，这些都没有现成的软件产品可以解决，都需要人们根据具体的问题来编制相应的计算机程序加以解决。