



“十一五” 高职高专软件技术专业规划教材

SHUJU JIEGOU

数据结构

(C#版)

● 主编 刘黎明

河南科学技术出版社

“十一五”高职高专软件技术专业规划教材

数据结构

(C#版)

主 编 刘黎明

河南科学技术出版社

· 郑州 ·

图书在版编目(CIP)数据

数据结构:C#版/刘黎明主编. —郑州:河南科学技术出版社,2008.7
(“十一五”高职高专软件技术专业规划教材)
ISBN 978-7-5349-3818-4

I. 数… II. 刘… III. ①数据结构-高等学校:技术学校-教材②C#
语言-程序设计-高等学校:技术学校-教材 IV. TP311.12 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 075059 号

出版发行:河南科学技术出版社

地址:郑州市经五路 66 号 邮编:450002

电话:(0371)65737028 65788613

网址:www.hnstp.cn

策划编辑:范广红

责任编辑:余飞鹏

责任校对:徐小刚 张小玲

封面设计:张 伟

版式设计:南 妮

印 刷:黄委会设计院印刷厂

经 销:全国新华书店

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:17 字数:387 千字

版 次:2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

定 价:29.00 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系。



编写说明

BIXIEXIESHUOMING

近年来,我国国民经济快速发展,信息产业更是突飞猛进,再加上国际化软件技术专业人才的巨大市场需求,都为软件技术专业人才的培养提供了强大的驱动力。2001年12月,教育部与国家计划经济委员会联合提出了建立35所国家示范性软件学院的决定,并于2003年又批准35所高职高专院校为示范性软件职业技术学院。除此之外,各省又相继成立了一批软件学院或软件职业技术学院。目前,这些高校已成为高等职业教育的一个重要组成部分,培养了大批优秀的软件技术专业人才,为我国软件产业的可持续健康发展提供了强有力的支撑。

教材的建设对人才培养起着至关重要的作用。就如何做好课程体系的建设和人才培养工作,中国计算机学会教育委员会、高等学校计算机教育研究会联合组建的“中国计算机科学与技术学科教程2002研究组”推出的《中国计算机科学与技术学科教程2002》给出了16门核心课程描述,建议以此构建专业人才的公共平台;2006年,高等学校计算机教育研究会结合高职院校计算机教育的特点,又推出了《中国高职院校计算机教育课程体系》蓝皮书,给出了目前流行的计算机类各专业的参考课程体系架构。目前,国内各出版机构围绕这两本书出版了很多软件类教材,但是多偏重于编程语言理论的教学,大多为传统的教学模式,结果导致学生的编程设计能力和应用能力不够。为此,河南科学技术出版社组织郑州大学、河南大学、中原工学院、郑州轻工业学院、南阳理工学院、平顶山学院等省内软件技术学院教学一线的教师及软件开发公司具有丰富经验的工程技术人员共同编写了一批教材,共包括理论课教材20种,实训课教材13种。

本套教材以《中国计算机科学与技术学科教程2002》和《中国高职院校计算机教育课程体系》蓝皮书为

指导,以“就业为导向、能力为本位”要求为原则,以“淡化理论,强化能力,体现创新,灵活多用”为出发点,突出实际动手能力和实用性,突出案例和任务驱动等技能训练。为了培养外向型软件技术专业人才,还编写了《计算机专业英语》、《计算机专业日语》。

为满足不同学校、不同层次、不同基础水平进行教学安排和人才培养的实际需要,本套教材尽量采用富有弹性的模块化内容结构,对知识传授与能力培养采用有目的的整合、融合和综合的编写方法,将若干知识点组成模块,每个模块既是教材的有机组成部分,又是一个相对完整而开放的单元,以便于教师组织教学与学生自主学习。

同时,本套教材具有系列化、立体化特征,即在编写教材的同时,开发出一些好的电子课件,通过教学资源库、课程网站等供老师、学生使用。

本套教材既适合作软件学院、软件职业技术学院以及计算机相关专业的本、专科生教材,也可作为实训机构的培训教材和相关技术人员的学习参考书。

要编写一套推动和促进应用型人才培养的教材是一项艰巨的任务,加上软件技术专业的招生时间还比较短,可以借鉴的经验不多,尽管编审委员会与各位专家都已尽力,恐仍存在疏漏之处,恳请各位读者批评指正。

郑州大学软件技术学院 王世卿
2008 年 1 月



编审委员会名单

BIANSHEN WEIYUANHUI MINGDAN

主 任 王世卿

副主任 车战斌 刘黎明 吴勇军 李 波

李占波 李 捷 张素智

委 员 (以姓氏笔画为序)

于立红 王世卿 车战斌 刘黎明

孙 杰 李 波 李 捷 李占波

吴勇军 张素智 陈桂生 秦国防

郭长庚



编写人员名单

BIANXIERYUAN MINGDAN

主 编 刘黎明

编 委 (以姓氏笔画为序)

王林波 刘 凯 李金玲

宋荣华 张 华 郑 瑛



数据结构(Data structure)是计算机专业一门重要的专业技术基础课程。数据结构是一门研究非数值计算的程序设计问题中计算机的操作对象(数据元素)以及它们之间的关系和运算等的学科,并且确保经过这些运算后所得到的新结构仍然是原来的结构类型。

在许多类型的程序的设计中,数据结构的选择是一个基本的设计考虑因素。许多大型系统的构造经验表明,系统实现的困难程度和系统构造的质量都严重的依赖于是否选择了最优的数据结构。许多时候,确定了数据结构后,算法就容易得到了。有些时候事情也会反过来,我们根据特定算法来选择数据结构与之适应。不论哪种情况,选择合适的数据结构都是非常重要的。

本教材以数据结构为主线,在 C#语言的基础上,系统地介绍了软件设计中常用的数据结构以及相应的存储结构和实现的算法;介绍了常用的多种查找和排序技术,内容非常丰富。本书的学习将为后续课程的学习以及软件设计水平的提高打下良好基础。

本教材共分十章,第一章综述了数据结构的基本概念;第二章主要描述了 C#语言的数组及相关类的使用方法;第三章使用 C#类库描述了链表的实现;第四章描述了栈、队列和哈希表的运算;第五、六章介绍了树状结构,特别是二叉树的各种算法;第七章描述了图形结构和算法问题;第八章主要介绍查找的设计方法;第九章主要介绍排序的设计方法;附录内提供了最小生成树和图的遍历两个完整的 C#代码。

本教材适用于高等院校《数据结构》课程的教学,也可作为计算机软件从业人员的参考书。

本教材由刘黎明主审,由宋荣华(第一章)、郑瑛(第二章)、刘黎明(第三、五章)、张华(第四、九章)、王林波(第六章)、李金玲(第七章)、刘凯(第八、十章)具体参与编写相关章节。

由于时间仓促,难免出现错误,还请读者指正。

编者

2008年5月



目录

M U L U

第1章 绪论	1
1.1 数据结构的概念	1
1.1.1 为什么要学习数据结构	2
1.1.2 有关概念和术语	5
1.1.3 数据结构课程的内容	7
1.2 抽象数据类型	8
1.2.1 数据类型	8
1.2.2 抽象数据类型的概念	8
1.3 算法和算法分析	9
1.3.1 算法特性	9
1.3.2 算法描述	9
1.3.3 算法性能分析与度量	10
第2章 数组	13
2.1 概述	13
2.1.1 声明数组	14
2.1.2 初始化数组	14
2.2 访问数组成员	15
2.3 数组是对象	16
2.4 对数组使用 foreach	16
2.5 System. Array 类简介	16
2.6 System. Collections. ArrayList 类简介	18
2.7 数组的应用	21
第3章 链表	27
3.1 单链表	27
3.1.1 单链表上基本运算的实现	30
3.1.2 单链表的 ArrayList 实现	44

3.1.3	单链表的 HashTable 实现	49
3.1.4	单链表的 StoredList 实现	54
3.1.5	单链表应用举例	58
3.2	循环链表	61
3.3	双向链表	68
3.4	静态链表	75
第4章	栈、队列和哈希表	79
4.1	栈	79
4.1.1	栈的定义及基本操作	79
4.1.2	Stack 类简介	80
4.1.3	栈的代码实现	81
4.2	栈的应用举例	86
4.3	队列	105
4.3.1	队列的定义及基本操作	105
4.3.2	Queue 类简介	106
4.3.3	队列的代码实现	107
4.3.4	队列的应用举例	112
4.4	哈希表	114
4.4.1	哈希表的概念及作用	114
4.4.2	哈希表的构造方法	115
4.4.3	C#语言中哈希表的操作	116
第5章	二叉树	120
5.1	定义与性质	120
5.1.1	二叉树的基本概念	120
5.1.2	二叉树的主要性质	122
5.2	基本操作与存储实现	123
5.3	搜索二叉树	127
5.4	二叉树的遍历	131
5.5	二叉树的应用	133
第6章	树	136
6.1	概念与表示	136

6.1.1	树的定义及相关术语	136
6.1.2	树的表示	138
6.2	基本操作与存储	138
6.2.1	树的基本操作	138
6.2.2	树的存储结构	139
6.3	树、森林与二叉树的转换	142
6.3.1	树转换为二叉树	143
6.3.2	森林转换为二叉树	143
6.3.3	二叉树转换为树和森林	144
6.4	树和森林的遍历	145
6.4.1	树的遍历	145
6.4.2	森林的遍历	146
6.5	树的应用	146
6.5.1	判定树	146
6.5.2	集合的表示	147
6.5.3	关系等价求等价类问题	149
第7章	图	151
7.1	基本概念	151
7.2	图的存储表示	154
7.2.1	邻接矩阵	154
7.2.2	邻接表	155
7.3	图的遍历	159
7.3.1	深度优先搜索	159
7.3.2	广度优先搜索	161
7.4	图的连通性	162
7.4.1	无向图的连通性	162
7.4.2	有向图的连通性	163
7.4.3	生成树和生成森林	164
7.5	最小生成树	165
7.5.1	最小生成树的基本概念	165
7.5.2	构造最小生成树的 Prim 算法	166
7.5.3	构造最小生成树的 Kruskal 算法	169
7.6	最短路径	170

7.7 有向无环图及其应用	174
7.7.1 有向无环图的概念	174
7.7.2 AOV 网与拓扑排序	175
第8章 查找	180
8.1 基本概念与术语	180
8.2 静态查找表	182
8.2.1 静态查找表的结构	182
8.2.2 顺序查找	183
8.2.3 有序表的折半查找	186
8.2.4 有序表的插值查找和斐波那契查找	191
8.2.5 分块查找	192
8.3 动态查找表	193
8.3.1 二叉排序树	193
8.3.2 平衡二叉树	202
8.3.3 B -树和 $B+$ 树	218
8.4 哈希表查找(杂凑法)	224
8.4.1 哈希表与哈希方法	224
8.4.2 常用的哈希函数	224
8.4.3 处理冲突的方法	226
8.4.4 哈希表的查找分析	228
第9章 排序	230
9.1 基本概念	230
9.2 插入排序	231
9.2.1 直接插入排序	231
9.2.2 折半插入排序	233
9.2.3 希尔排序	234
9.3 交换排序	236
9.3.1 冒泡排序	236
9.3.2 快速排序	237
9.4 选择排序	240
9.4.1 简单选择排序	240
9.4.2 树形选择排序	241

附录 243

 附录 1 最小生成树及相关代码 243

 附录 2 图的遍历及相关代码 249

参考文献 255

第1章



绪论

学习目标

了解数据结构学科所涉及的研究内容;掌握数据结构的概念;掌握抽象数据类型的概念和意义,理解算法分析的方法,能对简单的算法进行分析。

计算机科学是一门包含各种各样与计算和信息处理相关主题的系统学科。计算和信息处理的主体是由内容来体现的,数据是计算机可以直接处理的最基本和最重要的对象。无论是进行科学计算或数据处理、过程控制,还是对文件的存储和检索及数据库技术等计算机应用,都是对数据进行加工处理的过程。因此,要设计出一个结构好效率高的程序,必须研究数据的特性及数据间的相互关系及其对应的存储表示,并利用这些特性和关系设计出相应的算法和程序。

1.1 数据结构的概念

数据结构是计算机科学与技术专业的专业基础课,是十分重要的核心课程。所有的计算机系统软件和应用软件都要用到各种类型的数据结构。因此,要想更好地运用计算机来解决实际问题,仅掌握几种计算机程序设计语言是难以应付众多复杂课题的。要想有效地使用计算机,充分发挥计算机的性能,还必须学习和掌握好数据结构的有关知识。打好数据结构这门课程的扎实基础,对于学习计算机专业的其他课程,如操作系统、编译原理、数据库管理系统、软件工程、人工智能等都是十分有益的。

1.1.1 为什么要学习数据结构

在计算机发展的初期,人们使用计算机的目的主要是处理数值计算问题。当我们使用计算机来解决一个具体问题时,一般需要经过下列几个步骤:首先要从该具体问题抽象出一个适当的数学模型,然后设计或选择一个解此数学模型的算法,最后编出程序进行调试、测试,直至得到最终的解答。例如,求解梁架结构中应力时,应力数学模型的线性方程组就可以使用迭代算法来求解。

由于当时所涉及的运算对象是简单的整型、实型或布尔类型数据,所以程序设计者的主要精力集中于程序设计的技巧上,而无须重视数据结构。随着计算机应用领域的扩大和软、硬件的发展,非数值计算问题越来越显得重要。据统计,当今处理非数值计算性问题占用了90%以上的机器时间。这类问题涉及的数据结构更为复杂,数据元素之间的相互关系一般无法用数学方程式加以描述。因此,解决这类问题的关键不再是数学分析和计算方法,而是要设计出合适的数据结构,才能有效地解决问题。下面所列举的就是属于这一类的具体问题。

【例 1.1】学生信息检索系统。

当我们需要查找某个学生的有关情况的时候,或者想查询某个专业或年级学生的有关情况的时候,只要我们建立了相关的数据结构,按照某种算法编写了相关程序,就可以实现计算机自动检索。因此,可以在学生信息检索系统中建立一张按学号顺序排列的学生信息表和分别按姓名、专业、年级顺序排列的索引表,如图 1-1 所示。由这四张表构成的文件便是学生信息检索的数学模型,计算机的主要操作便是按照某个特定要求(如给定姓名)对学生信息文件进行查询。

诸如此类的还有电话自动查号系统、考试查分系统、仓库库存管理系统等。在这类文档管理的数学模型中,计算机处理的对象之间通常存在着的是一种简单的线性关系,这类数学模型可称为线性的数据结构。

学号	姓名	性别	专业	年级
980001	吴承志	男	计算机科学与技术	98 级
980002	李淑芳	女	信息与计算科学	98 级
990301	刘 丽	女	数学与应用数学	99 级
990302	张会友	男	信息与计算科学	99 级
990303	石宝国	男	计算机科学与技术	99 级
000801	何文颖	女	计算机科学与技术	2000 级
000802	赵胜利	男	数学与应用数学	2000 级
000803	崔文靖	男	信息与计算科学	2000 级
010601	刘 丽	女	计算机科学与技术	2001 级
010602	魏永鸣	男	数学与应用数学	2001 级

a. 学生信息表

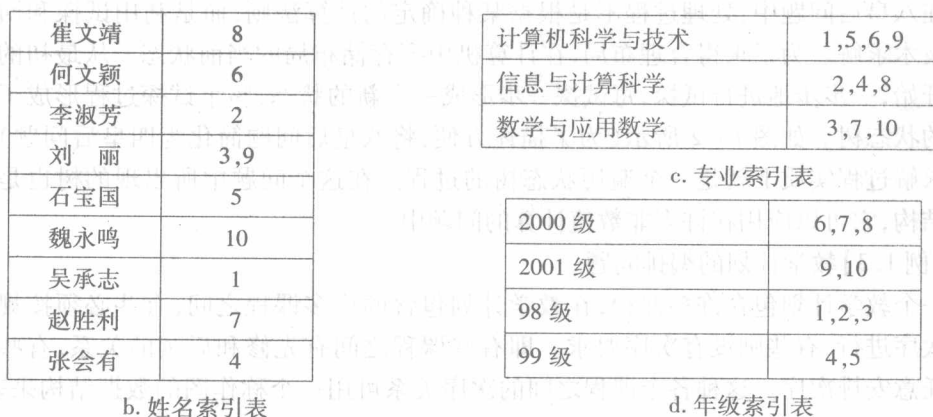


图 1-1 学生信息检索系统中的数据结构

【例 1.2】八皇后问题。

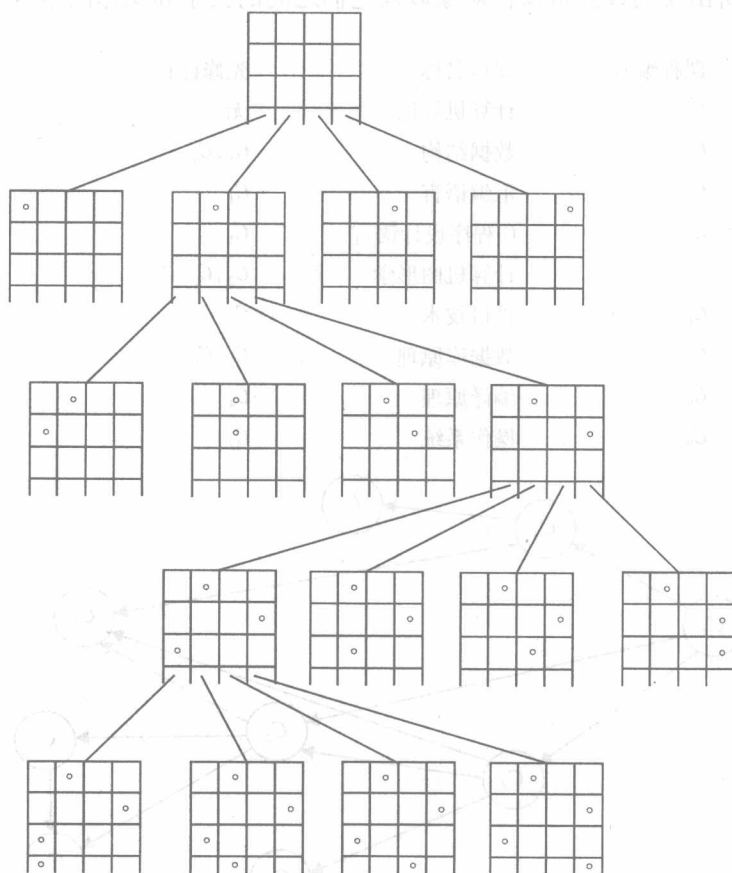


图 1-2 四皇后问题中隐含的状态树