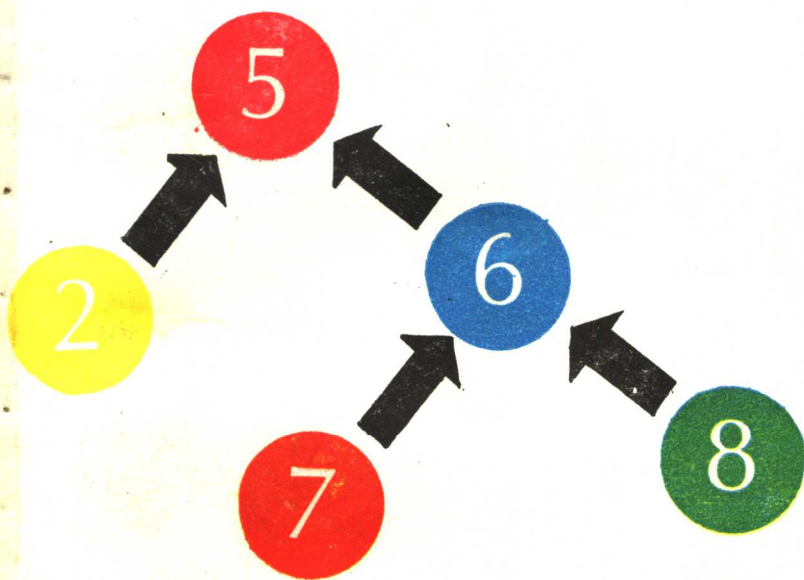




数据结构趣谈

王颂赞 费德宝 编 上海科学技术出版社

数据结构趣谈

王颂赞 费德宝 编

上海科学技术出版社

责任编辑

唐 仲 华

数据结构趣谈

王颂赞 费德宝 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 江苏泗阳印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6 字数 132,000

1989 年 4 月第 1 版 1989 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—6,400

ISBN 7-5323-1006-X/TP·12

定价: 1.80 元

序

现代社会的一个显著特点是“信息化”，而大量信息的收集、加工、贮存、处理和传播都离不开电子计算机。计算机的操作对象早已从纯粹的数值发展到字符、图象、声音等各种复杂的具有一定结构的“数据”。计算机对信息(数据)的处理是通过程序来实现的，而要设计一个优化的程序，必须研究数据的特性及数据之间的关系。数据结构就是一门研究信息在计算机中的组织方式、存储形式和数据之间相互关系的学科。在计算机科学中，数据结构不仅是非数值程序设计的基础，而且是学习和开发编译、操作系统、数据库和大型应用程序的重要基础。

王颂赞与费德宝同志编写的《数据结构趣谈》，从形象生动的实例入手，用浅显通俗的文字向广大青少年读者介绍数组、堆栈、队列、链表、树和图等主要的数据结构形式及其在计算机中的应用，并用读者熟悉的程序设计语言编写部分程序，讲述解决问题的算法与数据结构。《数据结构趣谈》不失为一本雅俗共赏的科普读物。

“在有条件的学校，开展计算机教育，提高现代化教育手段的水平。”“在有条件的家庭，推广计算机应用，提高全民族科技文化的素养。”这已经不是长远的不可实现的目标，也不是空洞的不可实现的口号，具有性能好价格低的普及型个人计算机——“中华学习机”已经诞生。可以预料，一个学习计算机知识的热潮即将来临。这就需要有更多的志士仁人、专

家学者编写大批的高质量的介绍有关计算机知识的科普读物。如果到二十世纪末,我国有一亿人学会使用电子计算机,那末2000年将是中华民族这条巨龙真正腾飞的“龙年”了。

目 传 兴

于全国中学计算机教育研究中心(上海部)

一九八七年五月

引 言

在铺满瓷砖的地面上,一只酒醉老鼠的行踪是怎样的?在充满障碍的迷宫中,古希腊的勇士是如何走出去杀死妖魔的?在纵横交错的交通网中,警察是如何选取费时最少的路线去追捕罪犯的?在黑白相间的国际象棋盘上,“骑士”是如何跃马“周游世界”的?

青少年朋友,你可能已经知道这些有趣的难题中的几个,或许你还知道如何解答这些问题。但是在本书中,我们要向你介绍的却是如何用神奇的电脑——电子计算机来解答这些问题的方法。在正式介绍这些方法之前,先谈一下什么是“数据结构”和算法。

一、数据结构

尽管电子计算机是为了能方便而快速地解决各种繁杂的数值计算问题而诞生的,但在今天,电子计算机却更多地应用于对于字母、符号、表格、资料、图象、各种文字乃至声音、语言的处理,这就是所谓的电子计算机的非数值应用。原先解决数值计算问题的许多理论、方法和技术,一般不再适用于解决非数值问题,这就需要重新加以讨论研究。要让电子计算机有效地进行数据处理,必须按某种恰当的规则来组织数据。例如,在处理某学校的学生成绩统计时,最好将数据如下图 0.1 所示的层次关系组织;而在处理火车站内货车的编组调度问题时,最好将有关数据如下图 0.2 所示的连接关系来组织。

在运用计算机解决实际问题时,如何合理、有效地组织数

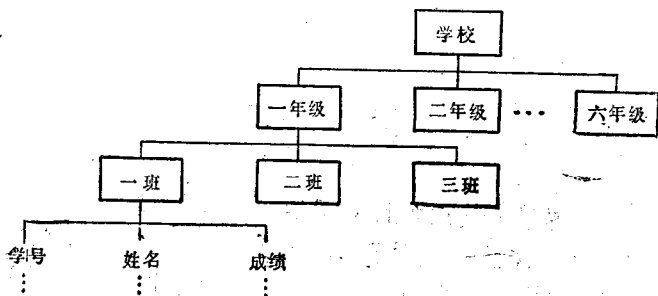


图 0.1 学校中学生有关数据的层次关系

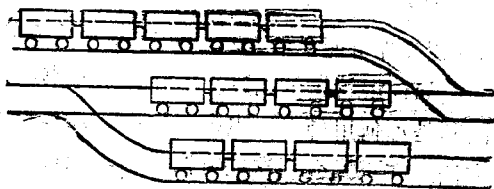


图 0.2 车站内货车的连接关系

据是非常重要的。在计算机科学中专门研究数据与数据之间关系,以及处理数据方法的学科称为“数据结构”。

在“数据结构”中上面介绍过的如图 0.1 所示的层次关系称为“树”;而如图 0.2 所示的连接关系称为“链表”。对于这样一些数据结构,将在本书中结合趣题逐一加以介绍。

二、算法

要让计算机完成解题任务,除了要选取恰当的数据结构外,更需要人们为它制定一套确实可行的工作步骤,这就是所谓的“算法”。

在日常生活中,我们每做一件事都要有工作步骤。例如,制作啫喱果冻就有如下工作步骤:

1. 取一份嗜喱粉,放入搪瓷碗中;
2. 将四份沸水倒入搪瓷碗中;
3. 用筷子不断地在搪瓷碗中搅拌,直至嗜喱粉完全溶解;
4. 待搪瓷碗中的液体自然冷却后,倒入嗜喱杯中;
5. 将嗜喱杯置入冰箱的冷藏室中半小时后,取出;
6. 结束。

这个工作步骤,写成一张工作计划表,就可以称作为制作嗜喱冻的“算法”。

“算法”还可用流程图的方式来表示(见图 0.3):

在流程图中,每个处理步骤置于一个框中,并用带有箭头的连线指明每个工作步骤之间的联系。不同种类的操作用不同形状的框来代表。在这本书中,有关算法的叙述,采用前面一种在自然语言前加数字来表示顺序的方式来表达。

总之,算法是指由一套明确的规则组成的有序步骤的集合,按此算法完成这一系列步骤规定的操作任务后,问题将得到解决。

数据结构和算法两者之间是密切相关连的。有了算法以及数据结构理论,我们就可以运用自

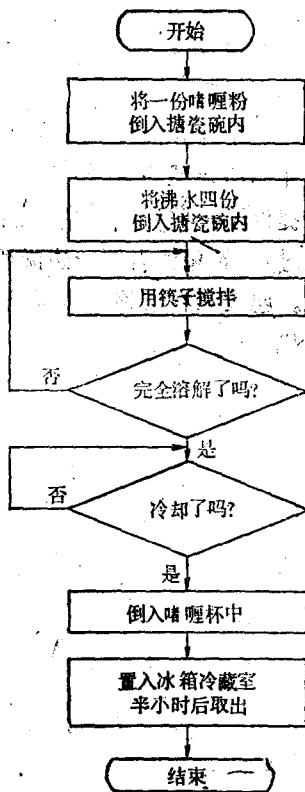


图 0.3 制作嗜喱粉的流程图。

已熟悉的计算机程序设计语言，来编制解决非数值应用问题的计算机程序了。

计算机科学家、PASCAL 语言的创立者——沃恩，曾经提出了如下论断：

数据结构 + 算法 = 程序。

然而，对于同一个问题，在选定恰当的数据结构之后，若配以不同的算法，问题解决的好坏可能有所不同，花费的运算时间也会有多有少。因此必须不断地改进算法，尽可能又快又好地解决问题。

由于计算机科学有着很强的实践性，在本书中，我们用青少年们所熟悉的 BASIC、PASCAL、LOGO 等高级语言为读者提供了一些程序（这些程序均在 APPLE-II 计算机上运行通过）。希望读者们一边阅读本书，一边在计算机上实习演练。愿大家在解答本书所提及的趣题、难题中，获取更多的计算机知识。

第一章 数 组

§ 1.1 瓷砖地上游动的醉鼠

有个有趣的实验,在地面敷设了长 15 块、宽 9 块方瓷砖的房间里,抓一只酒醉的小老鼠放在中间的那块瓷砖上(如图 1.1 所示,从上至下数第 5 行、从左往右数第 8 块瓷砖上)。放手后,这只酒醉的小老鼠就会没头没脑地东游西荡。如果这只小老鼠从一块瓷砖爬到相邻的另一块瓷砖上需要 0.5 秒时间,并且假定它只能在瓷砖地面上游动,而不会爬上墙去。那么你能知道在 1 分钟之内,小老鼠游动到达过哪些瓷砖?其中每块瓷砖小老鼠到过几次?

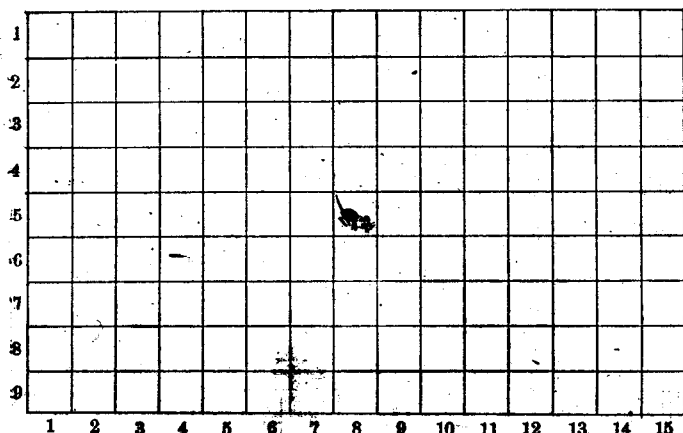


图 1.1

这是一个“随意游动”问题的例子。我们可以借助于电子

计算机对实验过程进行统计记录,从而求得结果。在这里就需要用到一种最简单的数据结构——数组。

在学习 BASIC 语言时,我们知道,按一定顺序排列的一组数称为数组。例如,一个单位中职工的工资数可以构成一个数组;一个班级中学生的每门功课的成绩可以构成一个数组。数组中的各元素均带有自己的下标,以确定各自在数组中的位置。

在电子计算机中,通常用内存储器中一片连续的存储单元来存放数组。如果在 BASIC 语言中,用 DIM $R(5)$ 所定义

$R(0)$	7
$R(1)$	43
$R(2)$	956
$R(3)$	134
$R(4)$	47
$R(5)$	26

的数组 R 的 6 个下标变量的取值为: $R(0) = 7$, $R(1) = 43$, $R(2) = 956$, $R(3) = 134$, $R(4) = 47$, $R(5) = 26$, 那么它们将如图 1.2 所示,存放在一批连续的内存单元中。

下面我们就运用数组让计算机“模拟”醉鼠游动过程,从而解决醉鼠游动问题。

用一个大小为 15×9 的二维数组 C 来

图 1.2 R 数组 记录醉鼠到达每块瓷砖的次数,开始前数组 C 的所有元素都置零。另外用一个二维数组 M 来表示醉鼠下一步向右、右下、下、左下、左、左上、上、右上八个方向游动的位移表。

请你仔细观察图 1.3 中醉鼠从起始位置 ($X=8, Y=5$), 向周围八个方向移动后位置 (X, Y) 的变化,便可以找到图 1.4 位移表中新的

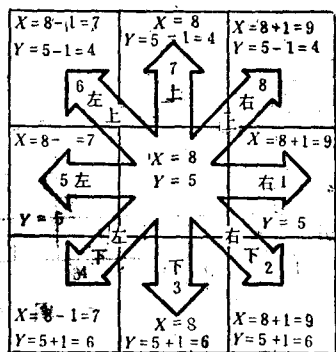


图 1.3 位移变化图

方 向	X变化值	Y变化值
1 右	$M(1, 1)=1$	$M(1, 2)=0$
2 右下	$M(2, 1)=1$	$M(2, 2)=1$
3 下	$M(3, 1)=0$	$M(3, 2)=1$
4 左下	$M(4, 1)=-1$	$M(4, 2)=1$
5 左	$M(5, 1)=-1$	$M(5, 2)=0$
6 左上	$M(6, 1)=-1$	$M(6, 2)=-1$
7 上	$M(7, 1)=0$	$M(7, 2)=-1$
8 右上	$M(8, 1)=1$	$M(8, 2)=-1$

图 1.4 位移表

位置数(X' , Y')与原来位置数(X , Y)的增减规律: 醉鼠从起始位置 $C(8, 5)$ 朝右游动一格后到达 $C(9, 5)$, 其中 $9=8+1$, $5=5$ 。一般地说, 朝右游动一格, X 的变化为增值 1, 而 Y 的变化为零。即, $X'=X+1$, $Y'=Y$ 。如果将八个方向的位置变化值一一求出, 再用数字 1~8 来表示右, 右下, 下, 左下, 左, 左上, 上, 右上这八个方向, 即可完成图 1.4 所示的位移表。

醉鼠的游动方向是随意的, 可以利用随机函数来模拟。设变量 R 表示方向, 使它的值为界于 1 到 8 之间随意的正整数。在 APPLESOFT 下使用 BASIC 语言时, 方向变量 R 的值可以如下得到:

$$R = \text{INT}(\text{RND}(1) * 8) + 1.$$

在 UCSD PASCAL 下使用 PASCAL 语言时, 方向变量 R 的值可以如下得到:

$$R := 1 + \text{RANDOM} \text{ MOD } 8.$$

使用 LOGO 语言(在 MIT LOGO 下),方向变量 R 为:

MAKE "R 1+RANDOM 8。

有了以上这些准备工作,瓷砖地上的醉鼠就能游动起来了。如某次变量 R 产生出的一个随机数是 5,依上述位移表可知方向 5 是向左游动一格,要将 X 方向的数值减 1, Y 方向的数值不变。新的位置值可为:

$$X' = X + M(R, 1),$$

$$Y' = Y + M(R, 2),$$

依据上式计算出来的 (X', Y') 值,就是醉鼠新游动到的一格的位置。由于题目还要求我们计算出醉鼠到达某一瓷砖的次数,因此醉鼠到达新的一格瓷砖后,就让该位置对应的数组元素的值增加 1。

对于每产生一个随机数 R ,在移动到新的一格之前,还必须对 $X + M(R, 1)$ 和 $Y + M(R, 2)$ 这两个数值进行是否越出边界的判别。例如某一步“醉鼠”已到达 $X = 15, Y = 1$ 的最右边的那块瓷砖上。此时再产生一个随机数 R 为 1,那么依据 $X + M(R, 1) = X + M(1, 1) = 15 + 1 = 16$,

$$Y + M(R, 2) = Y + M(1, 2) = 1 + 0 = 1,$$

则新得到的 $X' = 16$,说明已越出最右边是值(超过了 15)。请注意,边界值有四个:最左是 1,最右是 15,最上是 1,最下是 9。所以判别是否不越界只要看新的位置值 $X + M(R, 1)$ 是否大于等于 1 且小于等于 15, $Y + M(R, 2)$ 是否大于等于 1 且小于等于 9。在上述这些条件中有一个不满足就意味着下一步游动要超越出边界了。如果判别结果为越界,则这一步不游动,再重新产生随机数 R ,直至新的 R 值使醉鼠向界内移动。如此移动 120 步后,我们便可根据存放在 C 数组内的那些大于零的数值,知道在这一回实验中,“醉鼠”游动到达了哪

些瓷砖,以及这些瓷砖被“醉鼠”到达过的次数了。

下面给出具体的算法:

【算法 1.1】 纪录“醉鼠”游动到达次数的数组 $C(15 \times 9)$, 位移数组 $M(8 \times 2)$;

随机数 R 为“醉鼠”游动时的方向变量。

1. 初始数据赋值

数组 C 所有元素置初值零;

依位移表给数组 M 赋值;

置“醉鼠”起始位置值: $X \leftarrow 8, Y \leftarrow 5$ 。

2. “醉鼠”移动(对 $I = 1, 2, 3, \dots$ 至 120 循环进行)

(1) 确定下一步移动方向

产生一个在 1 至 8 间的随机整数 R ;

(2) 判断是否超界

判断 $X + M(R, 1) \geq 1$ 且 $X + M(R, 1) \leq 15$

且 $Y + M(R, 2) \geq 1$ 且 $Y + M(R, 2) \leq 9$ 。

上述条件中,若有一不满足则转(1),条件全部满足,则

$X \leftarrow X + M(R, 1), Y \leftarrow Y + M(R, 2)$;

(3) 到达此格,计数值增 1

$C(X, Y) \leftarrow C(X, Y) + 1$ 。

3. 输出结果

将 C 数组的所有元素的值显示输出。

4. 结束。

依据上述算法,然后用我们所熟悉的程序设计语言,就不难编制相应的程序了。

下面给读者列出了用 BASIC 语言, PASCAL 语言, LOGO 语言所编制的解“醉鼠游动”问题的程序,几个程序还为“醉鼠”的游动过程配上了图像及色彩,使解题过程更清晰

更有趣味了。

在本节中我们用青少年们所熟悉的三种语言列出程序，是为了给初学者提供依算法编制相应解题程序的范例。若初步具备编程能力者，亦可先依自己熟悉掌握的计算机语言按前述算法编制出程序，而后将书中的程序作一对照参考。本书以后各章节中的趣题就不一定都给出相应的程序了。

BASIC 程序如下：

```
5 DATA 1, 0, 1, 1, 0, 1, -1, 1, -1, 0, -1,
  -1, 0, -1, 1, -1
10 DIM C(15, 9), M(8, 2)
20 FOR I=1 TO 8:READ M(I, 1), M(I, 2):
  NEXT I
30 X=8:Y=5:GR:COLOR=5:HLIN 0, 16 AT
  0:HLIN 0, 16 AT 10:VLIN 0, 9 AT 0:VLIN
  0, 9 AT 16:X0=X:Y0=Y:PLOT X0, Y0
40 FOR S=1 TO 120
50 R=INT (RND(1)*8)+1
60 IF X+M(R, 1)<1 OR X+M(R, 1)>15 THEN
  50
70 IF Y+M(R, 2)<1 OR Y+M(R, 2)>9 THEN 50
75 X=X+M(R, 1):Y=Y+M(R, 2)
80 C(X, Y)=C(X, Y)+1
85 COLOR=0:PLOT X0, Y0:COLOR=5:X0=X
  :Y0=Y:PLOT X0, Y0
90 NEXT S:TEXT:HOME
100 FOR X=1 TO 15:FOR Y=1 TO 9
110 PRINT "C("X", "Y")="C(X, Y),
```

120 NEXT Y, X

程序中第 30 语句行的 GR:COLOR = 5:… 和 85 语句行是为了在屏幕上画上一个不断游动的小方块代表“醉鼠”而加入的,如果读者使用的不是 APPLE II 计算机,那么需要按你所用计算机的要求改写一下或干脆将上述这些图示语句删去。

下面给出用 LOGO 语言编制的“醉鼠游动”的程序,利用小海龟来代替“醉鼠”,在这个程序中又将“醉鼠”游动的行踪留在屏幕上,看起来更为清晰、醒目,读者不妨一试。

LOGO 程序如下:

TO ERASE.C :X :Y

IF (ALLOF :X>6 :Y>4) STOP

IF :X>6 ERASE.C 0 :Y+1 STOP

ERNAME (WORD "C:X ", :Y) PR :X

ERASE.C :X+1 :Y

END

TO HLINE

PD FD 140

PU

SETY YCOR+20

PD BK 140

IF (ANYOF YCOR>120 YCOR<(-20)) STOP

PR YCOR

HLINE

END

TO VLINE

```

PD FD 120
PU
SETX XCOR+20
PD BK 120
IF (ANYOF XCOR>119 XCOR<(-20)) STOP
PR XCOR
VLINE
END

```

```

TO LIST.C :X :Y
  IF :Y>5 STOP
  IF :X>6 LIST.C 0 :Y+1 STOP
  CURSOR 19+:X*3 12-:Y * 2 PR OUTPUT.C :X
  :Y
  LIST.C :X+1 :Y
END

```

```

TO MAKE.OR.CLEAR.C :X :Y
  IF :Y>5 STOP
  IF :X>6 MAKE.OR.CLEAR.C 0 :Y+1 STOP
  PR :X
  MAKE.C :X :Y 0
  MAKE.OR.CLEAR.C :X+1 :Y
END

```

```

TO MAKE.M :X :Y :N
  MAKE (WORD "M:X ", :Y ) :N

```