第一讲 基本概念

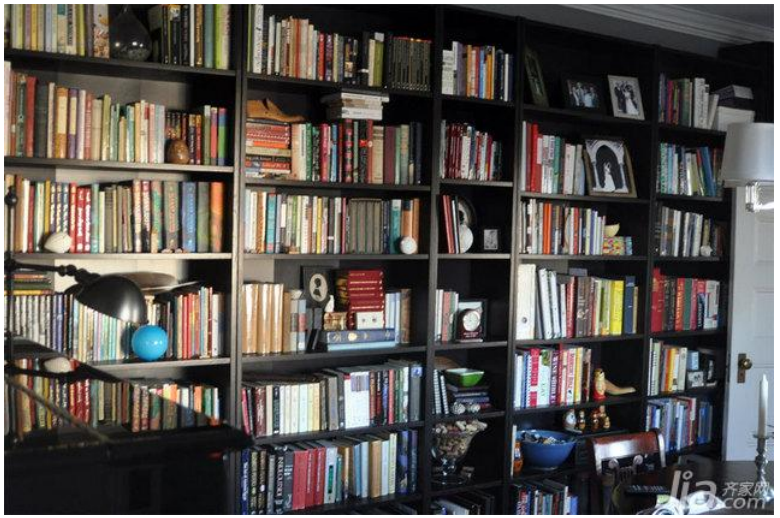
浙江大学 陈 越

1.1 什么是数据结构

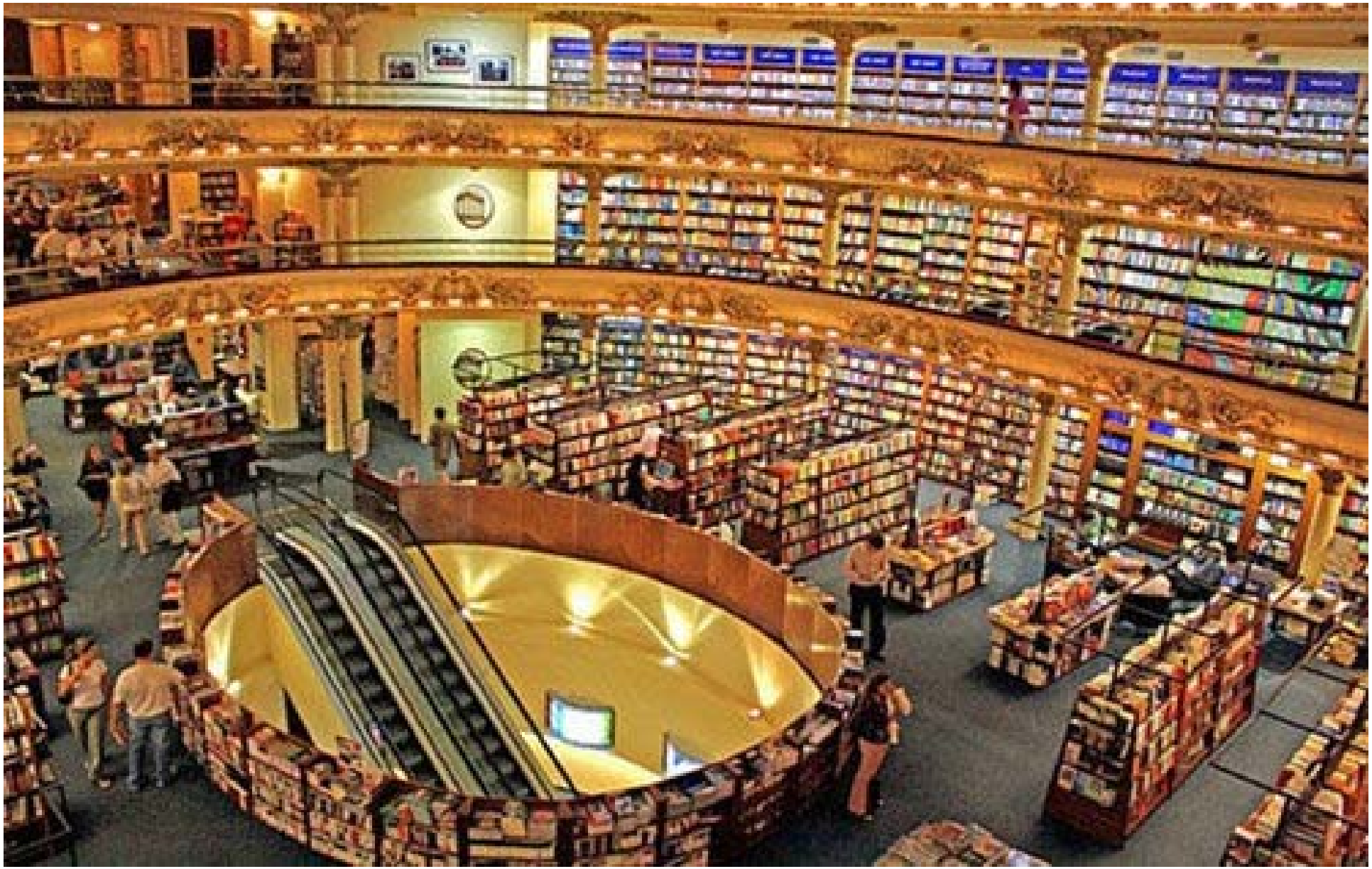
官方统一定义——没有……

- “数据结构是数据对象，以及存在于该对象的实例和组成实例的数据元素之间的各种联系。这些联系可以通过定义相关的函数来给出。”
  - **Sartaj Sahni，**《数据结构、算法与应用》
- “数据结构是**ADT**（抽象数据类型 **Abstract Data Type**）的物理实现。”
  - **Clifford A.Shaffer，**《数据结构与算法分析》
- “数据结构（**data structure**）是计算机中存储、组织数据的方式。通常情况下，精心选择的数据结构可以带来最优效率的算法。”
  - 中文维基百科

例1：如何在书架上摆放图书？



例1：如何在书架上摆放图书？



例1：如何在书架上摆放图书？

图书的摆放要使得2个相关操作方便实现：

- 操作1：新书怎么插入？
- 操作2：怎么找到某本指定的书？

例1：如何在书架上摆放图书？

- 方法1：随便放
  - 操作1：新书怎么插入？
    - 哪里有空放哪里，一步到位！
  - 操作2：怎么找到某本指定的书？
    - ……累死

例1：如何在书架上摆放图书？

- 方法2：按照书名的拼音字母顺序排放
  - 操作1：新书怎么插入？
    - 新进一本《阿Q正传》……
  - 操作2：怎么找到某本指定的书？
    - 二分查找！

例1：如何在书架上摆放图书？

- 方法3：把书架划分成几块区域，每块区域指定摆放某种类别的图书；在每种类别内，按照书名的拼音字母顺序排放
  - 操作1：新书怎么插入？
    - 先定类别，二分查找确定位置，移出空位
  - 操作2：怎么找到某本指定的书？
    - 先定类别，再二分查找
  - 问题：空间如何分配？类别应该分多细？

解决问题方法的效率，
跟数据的组织方式有关

例2：写程序实现一个函数PrintN，使得传入一个正整数为N的参数后，能顺序打印从1到N的全部正整数

```
void PrintN ( int N )
{ int i;
  for ( i=1; i<=N; i++ ){
    printf("%d\n", i );
  }
  return;
}
```

循环实现

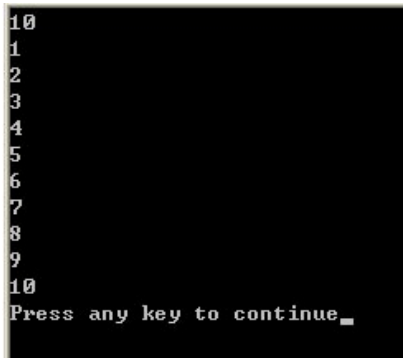
```
void PrintN ( int N )
{ if ( N ){
    PrintN( N - 1 );
    printf("%d\n", N );
  }
  return;
}
```

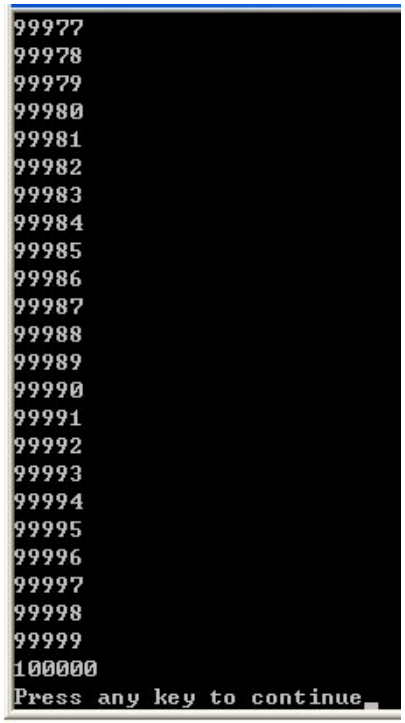
递归实现

令 N = 100, 1000, 10000, 100000, ……

例2：写程序实现一个函数PrintN，使得传入一个正整数为N的参数后，能顺序打印从1到N的全部正整数

```
#include <stdio.h>
void PrintN ( int N );
int main ()
{ int N;
  scanf("%d", &N);
  PrintN( N );
  return 0;
}
```





循环实现

递归实现

?

解决问题方法的效率，

跟空间的利用效率有关

例3：写程序计算给定多项式在给定点x处的值 $f(x)=a_0+a_1x+\cdots+a_{n-1}x^{n-1}+a_nx^n$

```
double f( int n, double a[], double x )
{ int i;
  double p = a[0];
  for ( i=1; i<=n; i++ )
    p += (a[i] * pow(x, i));
  return p;
}
```

$$f(x)=a_0+x(a_1+x(\cdots(a_{n-1}+x(a_n))\cdots))$$

```
double f( int n, double a[], double x )
{ int i;
  double p = a[n];
  for ( i=n; i>0; i-- )
    p = a[i-1] + x*p;
  return p;
}
```

clock()：捕捉从程序开始运行到clock()被调用时所耗费的时间。这个时间单位是clock tick，即“时钟打点”。

常数CLK_TCK(或CLOCKS_PER_SEC)：机器时钟每秒所走的时钟打点数。

```
#include <stdio.h>
#include <time.h>

clock_t  start, stop;
/* clock_t是clock()函数返回的变量类型 */
double  duration;
/* 记录被测函数运行时间，以秒为单位 */
int main ()
{ /* 不在测试范围内的准备工作写在clock()调用之前*/
  start = clock();    /* 开始计时 */
  MyFunction();       /* 把被测函数加在这里 */
  stop = clock();     /* 停止计时 */
  duration = ((double)(stop - start))/CLK_TCK;
  /* 计算运行时间 */
  /* 其他不在测试范围的处理写在后面，例如输出duration的值 */
  return 0;
}
```

例3：写程序计算给定多项式 $f(x)=\sum_{i=0}^{9} i \cdot x^i$ 在给定点 $x = 1.1$ 处的值 $f(1.1)$

```
double f1( int n, double a[], double x )
{ int i;
  double p = a[0];
  for ( i=1; i<=n; i++ )
    p += (a[i] * pow(x, i));
  return p;
}
```

```
double f2( int n, double a[], double x )
{ int i;
  double p = a[n];
  for ( i=n; i>0; i-- )
    p = a[i-1] + x*p;
  return p;
}
```

$$f(x)=\sum_{i=0}^{9} i\cdot x^{i}$$

```
#include <stdio.h>
#include <time.h>
#include <math.h>
clock_t  start, stop;
double  duration;
#define MAXN 10  /* 多项式最大项数，即多项式阶数+1 */
double f1( int n, double a[], double x );
double f2( int n, double a[], double x );

int main ()
{ int i;
  double a[MAXN]; /* 存储多项式的系数 */
  for ( i=0; i<MAXN; i++ ) a[i] = (double)i;

  start = clock();
  f1(MAXN-1, a, 1.1);
  stop = clock();
  duration = ((double)(stop - start))/CLK_TCK;
  printf("ticks1 = %f\n", (double)(stop - start));
  printf("duration1 = %6.2e\n", duration);

  start = clock();
  f2(MAXN-1, a, 1.1);
  stop = clock();
  duration = ((double)(stop - start))/CLK_TCK;
  printf("ticks2 = %f\n", (double)(stop - start));
  printf("duration2 = %6.2e\n", duration);

  return 0;
}
```

```
ticks1 = 0.000000
duration1 = 0.00e+000
ticks2 = 0.000000
duration2 = 0.00e+000
Press any key to continue
```

浙江大学计算机科学与技术学院

让被测函数重复运行充分多次，使得测出的总的时钟打点间隔充分长，最后计算被测函数平均每次运行的时间即可!

```
#include <stdio.h>
#include <time.h>
#include <math.h>

......
#define MAXK 1e7 /* 被测函数最大重复调用次数 */

......

int main ()
{ ......

  start = clock();
  for ( i=0; i<MAXK; i++ ) /* 重复调用函数以获得充分多的时钟打点数*/
    f1(MAXN-1, a, 1.1);
  stop = clock();
  duration = ((double)(stop - start))/CLK_TCK/MAXK; /* 计算函数单次运行的时间 */
  printf("ticks1 = %f\n", (double)(stop - start));
  printf("duration1 = %6.2e\n", duration);


  ......

  return 0;
}
```

```
ticks1 = 10093.000000
duration1 = 1.01e-006
ticks2 = 1375.000000
duration2 = 1.38e-007
Press any key to continue
```

解决问题方法的效率，

跟算法的巧妙程度有关

所以到底什么是数据结构？？？

- 数据对象在计算机中的组织方式
  - 逻辑结构
  - 物理存储结构
- 数据对象必定与一系列加在其上的操作相关联
- 完成这些操作所用的方法就是算法

抽象数据类型（Abstract Data Type）

- 数据类型
  - 数据对象集
  - 数据集合相关联的操作集
- 抽象：描述数据类型的方法不依赖于具体实现
  - 与存放数据的机器无关
  - 与数据存储的物理结构无关
  - 与实现操作的算法和编程语言均无关

只描述数据对象集和相关操作集“是什么”，并不涉及“如何做到”的问题

例4：“矩阵”的抽象数据类型定义

二维数组？一维数组？十字链表？

- 类型名称：矩阵（Matrix）
- 数据对象集：一个M×N的矩阵$A_{M\times N}=(a_{ij})$ (i=1, …, M; j=1, …, N)由M×N个三元组< a, i, j >构成，其中a是矩阵元素的值，i是元素所在的行号，j是元素所在的列号。
- 操作集：对于任意矩阵A、B、C ∈ Matrix，以及整数i、j、M、N
  - Matrix Create(int M, int N)：返回一个M×N的空矩阵；
  - int GetMaxRow(Matrix A)：返回矩阵A的总行数；
  - int GetMaxCol(Matrix A)：返回矩阵A的总列数；
  - ElementType GetEntry(Matrix A, int i, int j)：返回矩阵A的第i行、第j列的元素；
  - Matrix Add(Matrix A, Matrix B)：如果A和B的行、列数一致，则返回矩阵C=A+B，否则返回错误标志；
  - Matrix Multiply(Matrix A, Matrix B)：如果A的列数等于B的行数，则返回矩阵C=AB，否则返回错误标志；
  - ……

先按行加？先按列加？什么语言？