Языки программирования

Лекция 4

ПМИ 2 курс

Демяненко Я.М.

ЮФУ 2023

Указатели и динамическая память

- В C/C++ динамическая память управляется с помощью указателей.

- Если необходимо в динамической памяти выделить место для int, используется оператор new.

```
int* pi = new int;
*pi = 5;
(*pi)++; // *pi == 6
```

- Освобождение памяти производится с помощью оператора delete.

```
delete pi;
pi = nullptr;  // Хороший стиль
```

- Присваивание указателю на высвобожденную память значения nullprt защищает от ошибки при повторном (ошибочном вызове) delete.

- **Замечание.** В C++ сборщика мусора нет! Ответственность за выделение и освобождение памяти лежит на программисте.

Ошибки при работе с динамической памятью

1. Попытка разыменования нулевого указателя

```
int *pi;
*pi = 5 //ошибка
```

2. Обращение к освобожденной памяти

```
int *pi = new int;
*pi = 5
delete pi;
*pi = 6; //ошибка
delete pi; //ошибка
```

Ошибки при работе с динамической памятью

3. Утечка памяти

```
int *pi = new int;
pi = new int;

// Циклы
for(;;)
  pi = new int;
```

```
//Функции
```

Если в процессе работы функции выделяется динамическая память, то ее следует освобождать в теле той же функции.

```
void f() {
  int* pi = new int;
}
```

Если же указатель на динамически выделенную память передается в качестве результата работы функции, то необходимо озаботиться об освобождении этой памяти вне тела этой функции.
Такой принцип работы не всегда очевиден — тем и опасен.

```
int* f() {
  return new int;
}
```

Массивы в динамической памяти

```
int* pi = new int[10]; // Выделение памяти для 10 элементов

pi[0] = 5;
pi[1] = 3;
...
```

Для возврата этой памяти используется оператор delete[]:

```
delete[] pi;
```

Как передавать динамические массивы в функции

```
void print(const int* pi, int size) {
  for(int i = 0; i < n, i++)
    cout << pi[i] << ' ';
}

...

int* pi = new int[10];
print(pi, 10);
```

Пример. Проверить, является ли массив целых чисел симметричным относительно своей середины

```
#include <iostream>
using namespace std;
bool simm( int *a, int n );

int main() {
  int *a, n;
  cout <<" The size of the array ";
  cin>>n;
  a=new int[n];
  for (int i=0; i<n; ++i) {
    cout<<i<<" element ";
    cin>>a[i];
  }
  cout<<simm(a,n)<<endl;
  delete []a;
  return 0;
}
```

```
bool simm( int *a, int n ) {
  int *b=a+n-1;
  //указатель на последний элемент массива
  while (a<=b)
    if (*a++!=*b--)
      return false;
  return true;
}
```

Пример. Описать функцию, вычисляющую сумму элементов массива, продемонстрировать её использование для разных сегментов массива

```
int sum_arr( const int *begin, const int *end) {
  const int *pt;
  int sum=0;
  for (pt=begin; pt!=end; ++pt)
    sum+=*pt;
  return sum;
}
```

```
int main() {
  int array[] = {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
  int n = sizeof array / sizeof(int);
  cout<<"The sum of all ="<<sum_arr(array, array+n)<<endl;
  cout<<"The sum of the first="<<sum_arr(array,array+3)<<endl;
  cout<<"The sum of the last 4 ="<<sum_arr(array+n-4,array+n)<<endl;
  cout<<"The sum from 3 to 7 ="<<sum_arr(array+2,array+7) <<endl;
  return 0;
}
```

Указание диапазона элементов массива

Диапазон задается полуоткрытым справа интервалом [*begin;*end).
Первый указатель определяет начало диапазона элементов массива, второй — его конец.

```
int sum_arr( const int *begin, const int *end);
```

Просмотр всех элементов диапазона организован с помощью цикла
`for (pt=begin; pt!=end; ++pt)`

Условие pt!=end основано на том, что **правая граница** диапазона является указателем на **элемент, следующий за последним элементом диапазона**

Выделение памяти для статических массивов

int a [3][4]; // размеры — это константы, поскольку память должна выделяться на этапе компиляции

```
void f(int a[][4], int m, int n) {
  ...
}
```

Вообще говоря, так писать плохо.
В таких случаях лучше использовать двумерные динамические массивы.

Двумерные массивы в динамической памяти

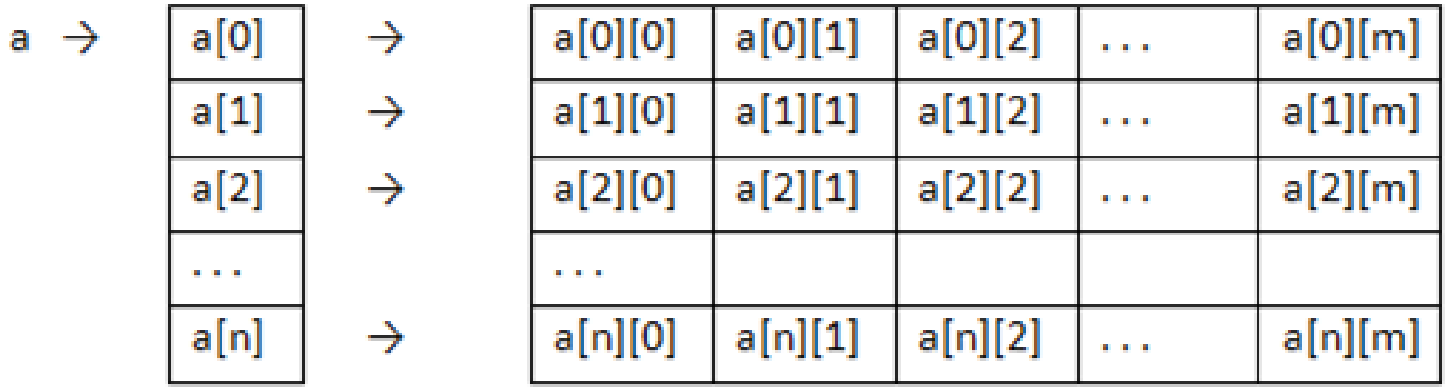
```
int** a;
// a - указатель на указатель или
// a - указатель на начало массива из int*
```

int m, n; cin >> m >> n;

Замечание. Динамические массивы позволяют задавать свой размер во время выполнения программы.

Выделение памяти для динамических массивов

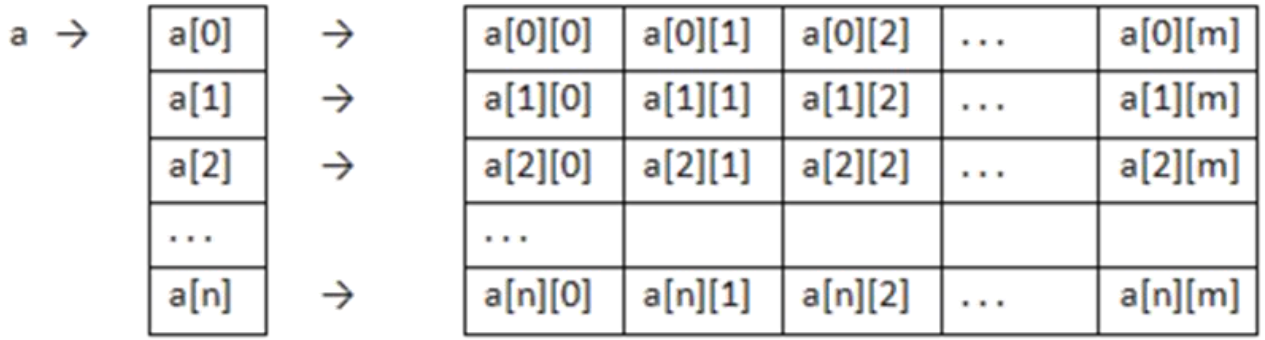
```
a = new int*[m];

for(int i = 0; i < m; i++)
  a[i] = new int[n];

// Теперь можно обращаться
a[1][2] ~ *(*(a+1)+2)
```



Освобождение памяти

Освобождение памяти, занятой динамическим массивом, нужно проводить в обратной последовательности:

```
for (i=0; i<n; ++i)
   delete []a[i];
delete []a;
```



Передача двумерного «динамического» массива в функции

```
void print(const int** a, int m, int n) {
  for(int i = 0; i < m; i++)   {
    for(int j = 0; i < n; j++)
      cout << a[i][j] << ' ';
    cout << endl;
  }
}
```

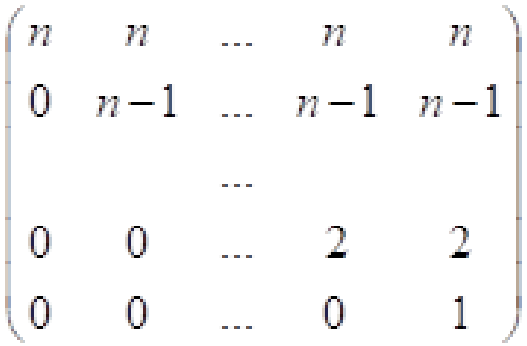
Двумерный статический массив в эту функцию передать нельзя.

Организация двумерного массива в динамической памяти позволяет передавать его в качестве параметра функции как **указатель на указатель**.

```
void create(int **& a, int n=5, int m=5);
void input(int ** a, int n=5, int m=5);
void print(int ** a, int n=5, int m=5);
void free(int ** &a, int n=5);
```

Пример. Создать и распечатать верхнетреугольную матрицу

У динамического двумерного массива **не обязательно** все **строки** должны быть **одинаковой длины**



Особенность данной задачи состоит в том, что в памяти формируется нерегулярный массив. Каждая следующая строка короче предыдущей на один элемент.

```
matr = new int *[n];
for ( i=0; i<n; ++i) {
  m=n-i;
  matr[i]= new int[m];
  for (j=0; j<m; ++j)
     matr[i][j]=m;
}
```

```
for (i=0; i<n; ++i) {
   for (j=0; j<i; ++j)
     cout<<"0 ";
   m=n-i;
   for (j=0; j<m; ++j)
     cout<<matr[i][j]<<" ";
   cout<<endl;
 }
```

Указатели на функцию

```
void func() {    cout<<"func() called... "<<endl;  }

int main() {

  void (*fp)();  //Определение указателя на функцию
  fp=func;       //Инициализация

  (*fp)();  //Разыменование означает вызов
  fp();       //И это вызов

  void (*fp2)() = func;  //Определение и инициализация

  (*fp2)();
  fp2();

}
```

Пример. Описать функции вычисления суммы и максимума значений тех элементов целочисленного массива, которые удовлетворяют заданному условию

```
//Одноместный предикат
typedef bool (* pred1)(int);

bool pos (int a) {
  return a>0;
}

bool isSimple (int x) {
  bool f=true;
  for (int i=2;  i<sqrt((double)abs(x)) && f; ++i)
    f= x%i != 0;
  return f;
}
```

```
//Двуместный предикат
typedef bool (* pred2)(int,int);

bool count_dig(int a, int b) {
  int c = a==0 ? 1 : 0;
  while (a) {
    c++;
    a/=10;
  }
  return c==b;
}

bool last_dig(int a, int b) {
  return abs(a%10)==b;
}
```

```
int sum (int *a, int n, pred1 f) {
  int s=0;
  for (int i=0;i<n;i++)
    if (f(a[i]))
      s+=a[i];
  return s;
}

int sum (int *a, int n, pred2 f, int b) {
  int s=0;
  for (int i=0;i<n;i++)
    if (f(a[i],b))
      s+=a[i];
  return s;
}
```

```
int max(int *a, int n, pred1 f) {
  int m=INT_MIN;
  for (int i=0;i<n;i++)
    if (f(a[i]) && a[i]>m)
      m=a[i];
  return m;
}
```

```
int main() {
  int a[]={-5,-95,-75,1,4,2,-5,-9,17,-15,24,2};

  cout<<"sum last_dig "<<sum(a,12,last_dig,5)<<endl;

  cout<<"sum count_dig "<<sum(a,12,count_dig,1)<<endl;

  cout<<"sum isSimple "<<sum(a,12,isSimple)<<endl;

  cout<<"sum pos "<<sum(a,12,pos)<<endl;

  cout<<"max isSimple "<<max(a,12,isSimple)<<endl;

  cout<<"max pos "<<max(a,12,pos)<<endl;

  return 0;
}
```

Ошибки и их обработка

Причины ошибок времени выполнения

- некорректные данные
- некорректная работа с памятью
- некорректная работа с файлами

Они могут возникать не при каждом запуске программы, что затрудняет их поиск.

Если ошибка может произойти внутри функции

Если ошибка может произойти внутри функции, то необходимо сформулировать охраняющее условие.

При хороших данных функция должна вернуть результат или просто выполнить необходимые действия,

а в случае плохих — можно воспользоваться одним из приемов:

- аварийное завершение выполнения; exit(code) и abort
- выдача диагностики и завершение выполнения; assert()
- возврат признака ошибки (например, EOF).

Аварийное завершение выполнения

- exit(code) и abort(), выполняют выход из всей программы.
- Функция exit() позволяет вернуть код возврата как признак ошибки.
- **Различие между функциями exit и abort** состоит в том, что при использовании функции **exit** происходит обработка завершения среды выполнения C++ (вызываются глобальные деструкторы объектов), а при использовании функции **abort** программа завершается сразу.

Выдача диагностики и завершение выполнения

- assert()

```
int calc(int a, int e){
    assert(e,”division by zero”);
    return a/e;
}
```

- Функцию assert() удобно использовать для отладки программы.

- В окончательной версии отладочный код обычно отключается директивой #define NDEBUG

Функция с побочным эффектом

Так, например, функцию, вычисляющей целое частное двух целых чисел,

```
int calc (int a, int e) {
    return res=a/e;
}
```

заменяем следующей функцией:

```
bool calc (int a, int e, int &res) {
  if (e) {
    res=a/e;
    return true;
  }
  return false;
}
```

Использование функции с побочным эффектом

Один из вариантов вызова может выглядеть следующим образом:

```
if (calc(a,e,r))
   cout<<r;
else
   cout<<”ERROR”;
```

Синтаксис C++ позволяет использовать вызов функции, игнорируя возвращаемое значение.

```
calc(a,e,r);
cout<<r;
```

В этом случае ошибка, обнаруженная в функции, но не обработанная при вызове, может привести к непредсказуемым последствиям

Механизм обработки исключений

Благодаря механизму обработки исключений при возникновении ошибки, можно прервать выполнение и передать управление в другую часть программы вместе с информацией об ошибке.

- объект исключения (разных типов)
- генератор исключения
- обработчик исключений

Оператор генерации исключения

throw <исключение>;

```
int calc (int a, int e) {
  if (e)   {
    return a/e;
  }
  else
    throw ”Ошибка вычисления”;
}
```

Оператор **throw создает объект исключения** и может завершить выполнение функции, в которой возникла ошибка.
При этом **объект исключения** возвращается как **результат функции**, даже если тип этого объекта не соответствует типу функции.

Блок try

Чтобы предусмотреть обработку исключений, выполняемый код, в котором они могут возникнуть, помещается в блок try.

```
try {
// Программный код, который может генерировать исключения
}
```

Обработка исключений производится после блока try.
Это позволяет основному коду не смешиваться с кодом обработки ошибок.

Блок catch

Блок, где программа должна среагировать на сгенерированное исключение, называется **обработчиком исключения**.

Для каждого типа перехватываемого исключения должен быть свой обработчик.

Обработчики исключений следуют сразу же за блоком **try** и обозначаются ключевым словом **catch**

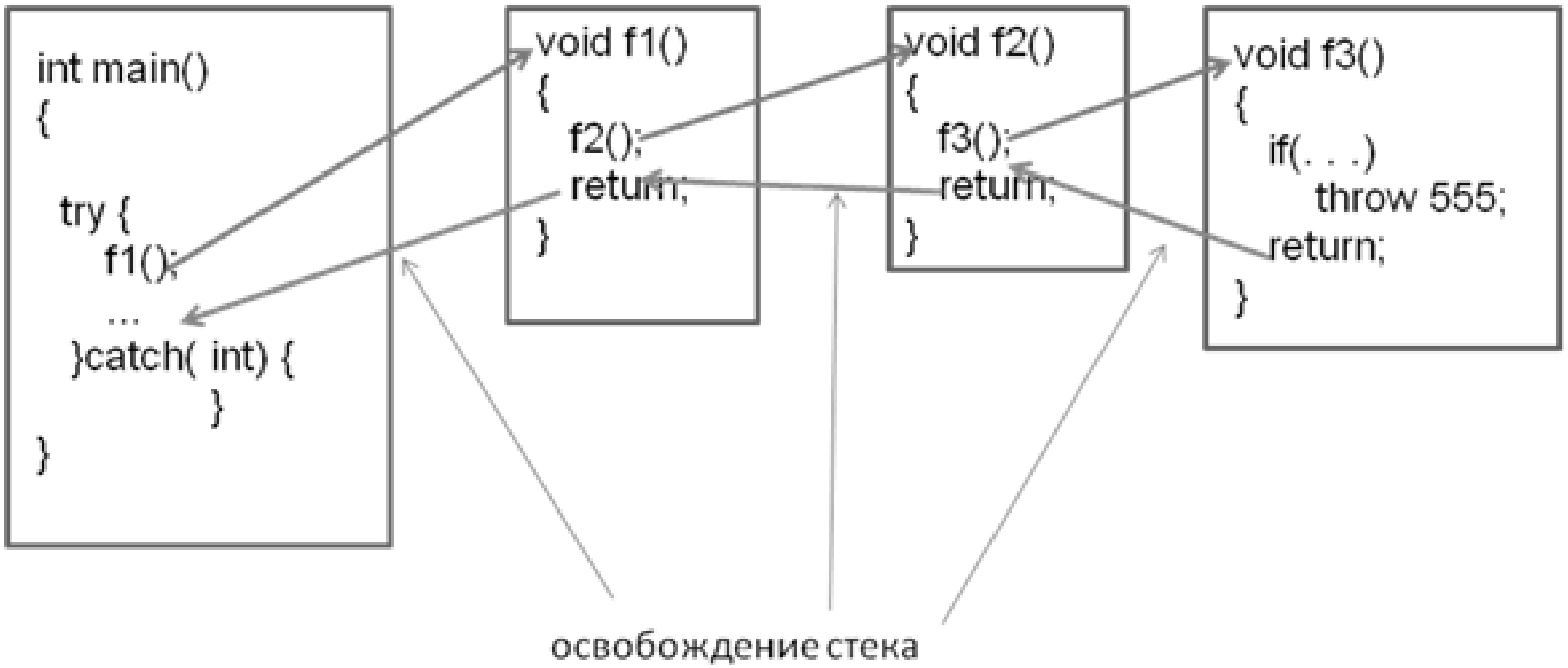
Блоки catch

```
catch (type1 id1){
// Обработка исключений типа type1
}
catch (type2 id2){
// Обработка исключений типа type2
}
…
catch (typeN idN){
// Обработка исключений типа typeN
}
//Здесь продолжится нормальное выполнение программы...
```

```
int calc (int a, int e) {
  if (e)   {
    return a/e;
  }
  else
    throw ”Ошибка вычисления”;
}

 int main (){
   int a,e;
   cin>>a>>e;
   try {
     cout << calc(a,e);
   }
   catch (char *) {
     // что делать в случае ошибки?
   }
   return 0;
 }
```

```
int main (){
  int *a,*e;
  a=new int;
  e=new int;
  cin>>*a>>*e;
  try {
    cout << calc(*a,*e);
  }
  catch (const char *s) {
    cout << s<<endl;
    delete a;
    delete e;
    return -1;
  }
  return 0;
}
```

Нормальное завершение вызова функции f1



Завершение вызова функции f1 при возникновении исключительной ситуации