Лекція 15

Масиви. Сортування

Масив це структура даних, представлена у вигляді групи комірок одного типу, об'єднаних під одним єдиним ім'ям. Масиви використовуються для обробки великої кількості однотипних даних. Ім'я масиву є покажчиком, що таке покажчики розглянемо трохи пізніше. Окрема комірка даних масиву називається елементом масиву. Елементами масиву можуть бути дані будь-якого типу. Масиви можуть мати як одне, так і більш одного вимірювань. Залежно від кількості вимірювань масиви діляться на одномірні масиви, двовимірні масиви, тривимірні масиви і так далі до n-мірного масиву. Найчастіше в програмуванні використовуються одномірні і двовимірні масиви, тому ми розглянемо тільки ці масиви.

Застосування масивів

Сортування

Сортування масиву – це процес розподілу всіх елементів масиву в певному порядку. Дуже часто це буває корисним.

Сортування зазвичай виконується шляхом повторного порівняння пар елементів масиву і їх заміни, якщо вони відповідають певним критеріям. Порядок, в якому ці елементи порівнюються, залежить від того, який алгоритм сортування використовується. Критерії складаються з того, як буде сортуватися масив (наприклад, в порядку зростання або зменшення).

Щоб поміняти два елементи місцями, ми можемо використовувати функцію std::swap() зі стандартної бібліотеки C ++, яка визначена в заголовки <algorithm>. У C ++, з метою ефективності, std::swap() перенесено в заголовки <utility>.

```
#include <algorithm> // для std::swap. в C++11 используйте заголовок <utility>
#include <iostream>

int main()
{
    int a = 3;
    int b = 5;
    std::cout << "Before swap: a = " << a << ", b = " << b << '\n';
    std::swap(a, b); // меняем местами значения переменных a и b
    std::cout << "After swap:  a = " << a << ", b = " << b << '\n';
}
```

Результат:

```
Before swap: a = 3, b = 5
After swap: a = 5, b = 3
```

Сортування методом вибору

Існує безліч способів сортування масивів. Сортування методом вибору, мабуть, найпростіше для розуміння, хоч і одне з найбільш повільних.

Для сортування масиву від найменшого до найбільшого елемента методом вибору виконуються наступні кроки:

1. Починаючи з елемента під індексом 0, шукаємо в масиві найменше значення.

2. Знайдене значення міняємо місцями з нульовим елементом.

3. Повторюємо кроки 1 і 2 вже для наступного індексу в масиві.

Іншими словами, ми шукаємо найменший елемент в масиві і переміщаємо його на перше місце. Потім шукаємо другий найменший елемент і переміщаємо його вже на друге місце. Цей процес триває до тих пір, поки не закінчаться елементи в масиві.

Ось приклад роботи цього алгоритму в масиві з 5-ма елементами:

{ 30, 50, 20, 10, 40 }

Спочатку шукаємо найменший елемент, починаючи з індексу 0:

{ 30, 50, 20, **10**, 40 }

Потім міняємо місцями найменший елемент з елементом під індексом 0:

{ **10**, 50, 20, **30**, 40 }

Тепер, коли перший елемент відсортований, ми його ігноруємо. Шукаємо наступний найменший елемент, але вже починаючи з індексу 1:

{ *10*, 50, **20**, 30, 40 }

І міняємо його місцями з елементом під індексом 1:

{ *10*, **20**, **50**, 30, 40 }

Тепер ми можемо ігнорувати перші два елементи. Шукаємо наступний найменший елемент, починаючи з індексу 2:

{ *10*, *20*, 50, **30**, 40 }

І міняємо його місцями з елементом під індексом 2:

{ *10*, *20*, **30**, **50**, 40 }

Шукаємо наступний найменший елемент, починаючи з індексу 3:

{ *10*, *20*, *30*, 50, **40** }

І міняємо його місцями з елементом під індексом 3:

{ *10*, *20*, *30*, **40**, **50** }

Елемент з індексом 4 є останнім.

```cpp
#include <algorithm> // для std::swap. в C++11 используйте заголовок <utility>
#include <iostream>

int main()
{
    const int length = 5;
    int array[length] = { 30, 50, 20, 10, 40 };

    // Перебираем каждый элемент массива
    // (кроме последнего, он уже будет отсортирован к тому времени, когда мы до него доберемся)
    for (int startIndex = 0; startIndex < length - 1; ++startIndex)
    {
        // В переменной smallestIndex хранится индекс наименьшего значения, которое мы нашли в этой итерации
        // Начинаем с того, что наименьший элемент в этой итерации - это первый элемент (индекс 0)
        int smallestIndex = startIndex;

        // Затем ищем элемент поменьше в остальной части массива
        for (int currentIndex = startIndex + 1; currentIndex < length; ++currentIndex)
        {
            // Если мы нашли элемент, который меньше нашего наименьшего элемента
            if (array[currentIndex] < array[smallestIndex])
                // запоминаем его
                smallestIndex = currentIndex;
        }

        // smallestIndex теперь наименьший элемент
                // меняем местами наше начальное наименьшее число с тем, которое мы обнаружили
        std::swap(array[startIndex], array[smallestIndex]);
    }

    // Теперь, когда весь массив отсортирован - выводим его на экран
    for (int index = 0; index < length; ++index)
        std::cout << array[index] << ' ';

    return 0;
}
```

Сортування методом бульбашки

Алгоритм бульбашкового сортування – це досить простий в реалізації алгоритм для сортування масивів. Можна зустріти й інші назви: бульбашкове сортування, Buble sort або сортування простими. Алгоритм названий так, тому що більше чи менше значення «спливає» (зсувається) до краю масиву після кожної ітерації.

Сутність алгоритму полягає у попарному порівнянні двох сусідніх чисел і при необхідності вони міняються місцями на кожному прогоні. Прогони завершуються коли вже жодної перестановки не відбувається.

Розглянемо попередній приклад: { 30, 50, 20, 10, 40 }

Спочатку порівнюються числа 30 і 50. Так як 50 більше тридцяти нічого не відбувається. Далі порівнюється 50 і 20. 20 менше, тоді ці числа міняються місцями: { 30, 20, 50, 10, 40 }. Далі порівнюється 50 і 10. знову виконується перестановка: { 30, 20, 10, 50, 40 }. Потім порівнюємо останню пару чисел 50 і 40 і знову виконуємо перестановку. В результаті першого прогону отримаємо: { 30, 20, 10, 40, 50 }.

Виконаємо другий прогін і запишемо його покроково:

1. { 20, 30, 10, 40, 50 }.
2. { 20, 10, 30, 40, 50 }.

Так як відбувались перестановки виконаємо наступний прогін: { 10, 20, 30, 40, 50 }. Якщо виконаємо ще один прогін,то перестановок не буде, що означає, що масив відсортований.

Приклад реалізації методу сортування за спаданням наведено нижче.

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{/* Установим размер массива */
  int n; // Кол-во элементов
  cout << "Количество элементов: ";
  cin >> n;

  /* Заполним массив значениями */
  int mass[n];
  for(int i = 0; i < n; ++i)
  {cout << i+1 << "-ый элемент: ";
          cin >> mass[i]; }
  /* Выведем исходный массив */
  cout << "Исходный массив: ";
  for(int i = 0; i < n; ++i)
  {       cout << mass[i] << " ";}
  cout << endl;

  /* Отсортируем массив по убыванию */
  for(int i = 1; i < n; ++i)
    {for(int r = 0; r < n-i; r++)
          {if(mass[r] < mass[r+1])
                  {// Обмен местами
                          int temp = mass[r];
                          mass[r] = mass[r+1];
                          mass[r+1] = temp;
                  }
          }
  }
  /* Выведем отсортированный массив */
  cout << "Отсортированный массив: ";
  for(int i = 0; i < n; ++i)
  {cout << mass[i] << " ";}
  cout << endl;

  return 0;}
```

Цей метод теж повільно працює для великих масивів, тому, на практиці, для сортування застосовують спеціальні методи «швидкого» сортування

Оскільки сортування масивів настільки поширено, то стандартна бібліотека C ++ надає вбудовану функцію сортування - std::sort. Вона знаходиться в заголовку <algorithm> і викликається наступним чином:

```cpp
#include <algorithm> // для std::sort
#include <iostream>

int main()
{
    const int length = 5;
    int array[length] = { 30, 50, 20, 10, 40 };

    std::sort(array, array+length);

    for (int i=0; i < length; ++i)
        std::cout << array[i] << ' ';

    return 0;
}
```

Дії з матрицями

Дано квадратні матриці A і B порядку n. Отримати матрицю, $A(B-E)+C$ де E – одинична матриця порядку n, а елементи матриці C обчислюються за формулою: $C_{ij} = \frac{1}{i+j}/$

Реалізуємо зберігання матриці у вигляді двовимірного масиву. Операції додавання і віднімання матриць виконуються поелементно. Множення вимагає наявності у лівого співмножника такого ж числа стовпців, як і число рядків у правого співмножника. Поелементно множимо кожен рядок першої матриці на кожен стовпець другої накопичуючи суму значень в елементах результуючої матриці.

A705 C++

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    int n;
    cin >> n;                                          //ввод из стандартно
    int A[n][n];
    int B[n][n];
    int Z[n][n];
    int H[n][n];
    int E[n][n];
    float C[n][n];
    float Ans[n][n];

    for (int i = 0; i < n; i++){                //матрица A
        for (int j = 0 ; j < n ; j++){
            cin >> A[i][j];
        }
    }

    for (int i = 0; i < n; i++){                            //матрица B
        for (int j = 0 ; j < n ; j++){
            cin >> B[i][j];
        }
    }

    for (int i = 0; i < n; i++){                            //единичная матриц
        for (int j = 0 ; j < n ; j++){
            if (i == j) E[i][j] = 1;
            else E[i][j] = 0;
        }
    }
```

```
33
34      for (int i = 0; i < n; i++){                    //разность матриц B и E
35          for (int j = 0; j < n; j++){
36              Z[i][j] = 0;
37              Z[i][j] = B[i][j] - E[i][j];
38          }
39      }
40
41      for (int i = 0; i < n; i++){                //умножение матриц A и (B - E)
42          for (int j = 0; j < n; j++){
43              H[i][j] = 0;
44              for (int t = 0; t < n; t++){
45                  H[i][j] += A[i][t] * Z[t][j];
46              }
47          }
48      }
49
50      for (int i = 0; i < n; i++){                //матрица C
51          for (int j = 0; j < n; j++){
52              C[i][j] = 0;
53              C[i][j] = 1.0/(i+1 + j+1);
54          }
55      }
56
57      for (int i = 0; i < n; i++){                    //матрица A(B-E)+C
58          for(int j = 0; j < n; j++){
59              Ans[i][j] = H[i][j] + C[i][j];
60              printf("%1.2f", Ans[i][j]);
61               cout << " " ;
62          }
63          cout << endl;
64      }
65
66      return 0;
67  }
```

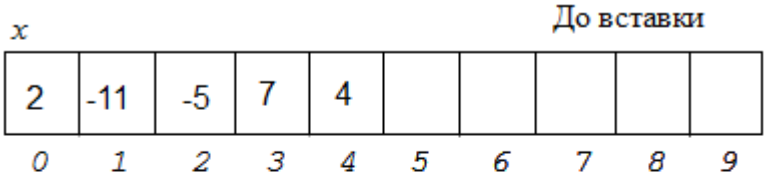
Вставка елементів у масив

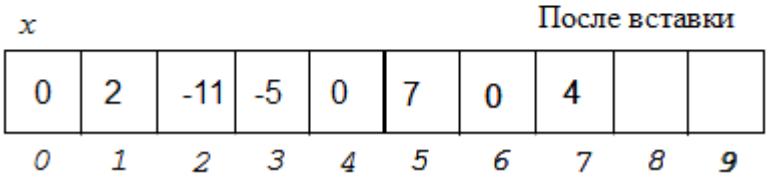
Перш за все треба розуміти, що при додаванні даних в масив їх кількість буде зростати. А це значить, що треба заздалегідь подбати про виділення потрібної кількості пам'яті під масив.

Наприклад, якщо ставиться завдання «перед кожним числом», що відповідає якійсь умові, «додати новий елемент», то скільки необхідно виділяти пам'яті? У масиві може не виявитися жодного елемента, що відповідає заданій умові, а можуть і все елементи підходити під цю умову. Значить, треба враховувати найгірший варіант. В даному випадку необхідно виділити пам'яті під $2n$ елементів масиву.

Друге. Дані можна додавати перед елементом, що відповідає заданій умові, а можна – після такого елемента. Це визначається умовою розв'язуваної задачі.

Приклад. Дан масив з n цілих чисел. Перед кожним позитивним числом додати число 0.






```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{ int n = 5, i, j, k;
  int x[2*n];
  cout << "Input " << n << " numbers:" << endl;
  for(i = 0; i < n; i++)
    cin >> x[i];

  k = n;   // Первоначально в массиве все элементы.
           // Затем k будет означать количество после добавления.
  for(i = 0; i < k; i++)
  { if(x[i] > 0)   // условие на вставку элемента массива
    {  for(j = k; j > i; j--) // сдвиг в право
         x[j] = x[j-1];
         x[i] = 0;   // вставка нового элемента
         k++;        // увеличиваем количество
         i++;        // делаем обход уже обработанного элемента
    }
  }

  cout << "Otvet:" << endl;
  for(i = 0; i < k; i++)
    cout << x[i] << endl;
  return 0;}
```

Тип даних вказівник

Найбільш цікаве, що є в мовах С і С ++ - це покажчики. Без розуміння принципів роботи з покажчиками можна навчитися працювати на цих двох мовах.

Будь-яка програма, як відомо, призначена для обробки даних. Всі дані умовно можна поділити на власне дані (числа, рядки і т.д.) і на адреси в оперативній пам'яті, де зберігаються ці дані. Ми оперуємо в програмі іменами змінних, але для виконання програми процесором комп'ютера всі імена ще на етапі компіляції замінені на адреси. Тому комп'ютер працює або з деякими даними, або з адресою, де зберігається це дане. Для виконання різних дій з адресами служать покажчики.

Покажчик – це беззнакове ціле, яке використовується для зберігання адреси будь-якого ділянки пам'яті.

Покажчик завжди є змінною величиною. Покажчики в 16-розрядної операційної системи MS DOS так само були 16-розрядними. В даний час зазвичай використовуються 32-розрядні операційні системи (Windows, Linux і ін.), В яких покажчики займають 4 байта (32-розрядний ціле без знака). І хоча це по внутрішньому поданню в точності відповідає типу unsigned int, але покажчик і змінна типу unsigned int – це дві великі різниці.

Всякий покажчик використовується для роботи з даними, які мають якийсь свій тип і, відповідно, свій розмір, наприклад, double або int. Отже, при описі покажчика необхідно сказати, на об'єкти якого типу він буде налаштований.

Формальний опис покажчика таке:

Тип_данных * Ім'я_покажчика;

де

- Тип_даних – будь-який певний тип (стандартний або користувацький);
- * – знак «зірочка» тут є ознакою того, що мова йде про покажчику;
- Ім'я_показчика – визначається за загальними правилами (як для будь-якого ідентифікатора користувача).

Дамо опис покажчика для роботи з даними типу double:

```
double *u;
```

Цей запис необхідно розуміти так: «***u*** – це покажчик на об'єкт типу double».

На який об'єкт налаштований цей покажчик? В даний момент ні на який. Значення покажчика ***u*** в момент виділення пам'яті не визначено.

Нехай є змінна a типу double:

```
double a = 2.5;
```

Налаштуємо покажчик ***u*** на цю змінну ***a***:

```
u = &a;
```

а)до настройки указателя

б)после настройки указателя

Тут знак **&** означає обчислення адреси, тобто ми обчислюємо адреса змінної ***a*** і записуємо його в комірку ***u***. Нехай ***a*** знаходиться за адресою 1000. Ось це число-адреса і стане вмістом ***u***. Тепер покажчик ***u*** налаштований на початкову адресу змінної ***a***. Що це нам дає? Чи не багато - не мало, а доступ до вмісту змінної ***a***, якщо застосувати операцію розіменування:

```
cout << *u << endl;
```

Цим оператором ми виводимо на екран монітора вміст змінної ***a***, тому що покажчик ***u*** налаштований на цю ж змінну a.

Можна і змінити значення змінної ***a***, використовуючи покажчик ***u***:

```
*u = 11.3;
cout << a << endl;
```

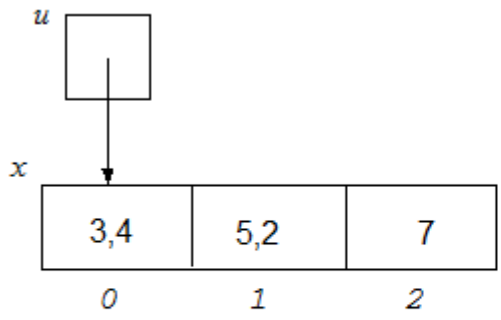
На екран буде виведено число 11.3, хоча раніше змінна ***a*** мала значення 2.5. Отже, користуючись покажчиком, ми дійсно змінили вміст змінної ***a***.

Операції для роботи з покажчиками

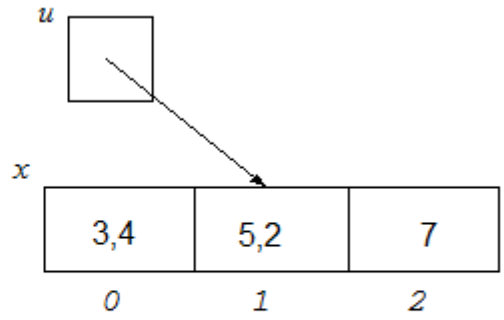
Хоча про всяк покажчик по внутрішньому поданню – це беззнакове ціле, але за характером операцій він помітно відрізняється від будь-яких цілих типів. Розглянемо всі операції, допустимі для покажчиків.

1. ***Присвоювання*** (=). Вказівником можна привласнити адресу якоїсь змінної або значення іншого покажчика. Наведемо приклад:

```
double a = 2.5;
```



а)до выполнения операции автоувеличения



б)после выполнения операции автоувеличения

```
double *u;
double *v;
u = &a; // Указатель u настроен на переменную a
v = u;  // Теперь и указатель v настроен на переменную a
```

2. ***Разіменування*** (*) – це унарна операція дозволяє звернутися до комірки пам'яті, на яку попередньо налаштований покажчик. наприклад:

```
*u = a + 2;
```

Тепер значення змінної ***a*** дорівнює 4.5.

3. ***Обчислення адреси (&)***

```
double b = -1.5;
v = &b; // указатель v настроен на переменную b.
```

4. ***Автозбільшення*** (++).

Для змінної будь-якого числового типу автозбільшення означає збільшення на 1 значення того, що було в комірці, наприклад:

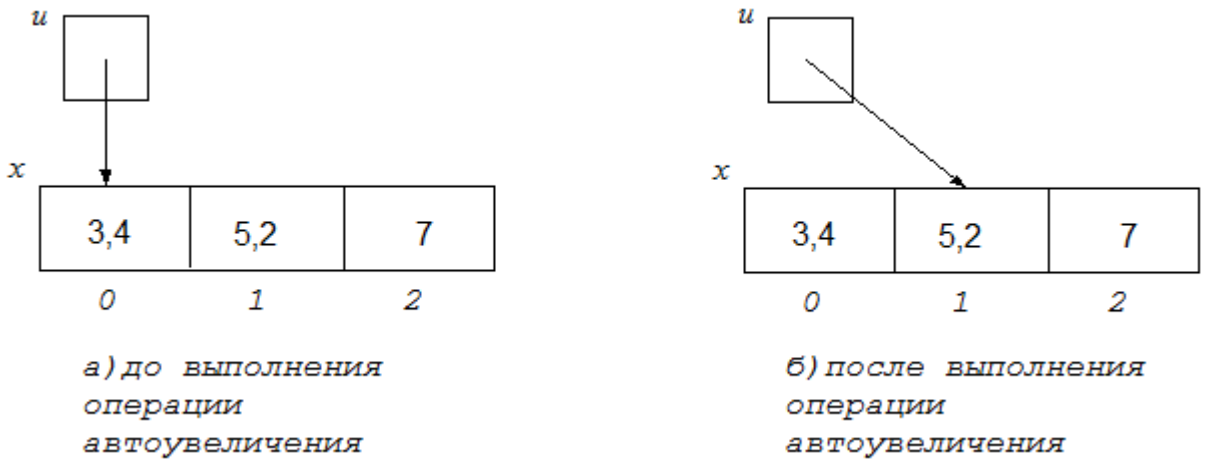
```
int i = 5;
i++; // Теперь i равно 6.
```

Для покажчика операція автозбільшення означає переключення на наступний об'єкт того ж типу, що і тип, на який був налаштований покажчик. Нехай є масив x з трьох чисел типу **double** і покажчик ***u*** на тип **double**:

```
double x[3] = {3.4, 5.2, 7};
double *u;
```

А тепер попрацюємо з масивом через покажчик (див. малюнок нижче):

```
u = &x[0];  // настроим указатель u на начало массива
cout << *u << endl; // будет напечатано число 3.4
u++;    // переключаемся на 1 объект вправо, т.е. на
x[1]
cout << *u << endl; // будет напечатано число 5.2
```



а) до выполнения операции автоувеличения

б) после выполнения операции автоувеличения

Як бачимо, автозбільшення дає зміщення на 1 один об'єкт, а в байтах для покажчика на тип **double** це дорівнюватиме 8 (тобто зміщується на 8 байт). Таким чином, адреса, що зберігається в покажчику ***u***, за рахунок виконання операції автозбільшення (++), збільшиться на 8.

Подібна картина буде і для покажчиків на інші типи, наприклад: для покажчика на тип **int** крок зсуву при автозбільшенні дорівнює 4.

5. ***Автозменшення*** (-).

Тут все аналогічно тому, що було сказано про автозбільшенн.

6. ***Додавання*** (+).

До покажчика можна додати ціле число. Якщо складання зіставити з автозбільшенням, то нескладно зрозуміти, що оператори

```
double *v;
v = &x[0];
v = v + 2;
cout << *v << endl;
```

призводять до зміщення покажчика ***v*** на 2 об'єкти вправо, тобто адреса, записана в ***v***, збільшиться на 16 (2 * 8 = 16). буде надруковано число 7 (див. рис. вище).

Зауваження. Не можна складати два покажчика (що може означати сума значень двох покажчиків?), Тому вона просто заборонена.

7.***Віднімання*** (-)

Для покажчиків допустимо як віднімання числа з покажчика, так і визначення різниці двох покажчиків.

Приклад 1:

```
double *u = &x[2]; // Настроить указатель
                   // на 2-й элемент массива
int k = 2;         // Пусть это будет смещением
u = u - k;         // Смещаем влево значение указателя
                   // на k объектов типа double
```

Приклад 2:

```
double *u, *v;
// Далее какие-то действия
// ........................
int k = u - v;
```

Тепер ***k*** визначає відстань між об'єктами в пам'яті, на які були попередньо налаштовані покажчики.

8***. Множення, ділення*** і ***обчислення залишку*** для покажчиків безглузді, а тому заборонені.

9***. Операції порівняння***. Для покажчиків допустимі всі без винятку операції порівняння. Найчастіше використовується перевірка на рівність (==) і на нерівність (! =). приклад:

```
double *u;
….............
if(u != NULL) {
   // Можно работать с указателем. К примеру, так:
   u++; }
else {
   //Работа с указателем невозможна
}
```

10. ***Логічні операції*** для покажчиків не застосовують, але оператор типу

```
if(u && v) { операторы }
```

помилки не викликає, хоча важко надати сенс такому запису.

Область застосування покажчиків

Використовуючи механізм покажчиків, можна вирішувати найрізноманітніші завдання. Найчастіше покажчики використовують для:

- роботи з масивами і особливо з масивами типу char;
- передачі даних в функцію за адресою;
- побудова складних динамічних структур даних.

Подробиці використання покажчиків по перерахованих темах будуть приведені в наступних темах.

Вказівники та масиви

Взаємозв'язок між масивами і покажчиками

Між покажчиками і масивами існує дуже тісний зв'язок. Щоб її зрозуміти, розглянемо простий приклад.

Завдання. Знайти суму значень елементів масиву, що складається з *n* дійсних чисел.

Вирішимо основну частину завдання (підсумовування елементів масиву) декількома способами.

Можливий 1-й варіант рішення (наводимо повний текст програми):

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{ int n = 5;
   double x[n];
   double *u, s;
   int i;
   cout << "Input " << n << " numbers:" << endl;
   for(i = 0; i < n; i++)
      cin >> x[i];
   cout << "1 variant:" << endl;
//-----------------------------
   for(s = 0, i = 0; i < n; i++)
      s += x[i];
   cout << "s=" << s << endl;
return 0;}
```

Цей 1-й варіант – звичайне використання масиву. Саме так ми вирішували завдання з масивами досі.

Варіант №2 - використовуємо покажчик ***u*** для доступу до елементів масиву. У заголовку циклу операцією ***u*** ++ кожен раз перемикаємо покажчик на наступний елемент масиву ***x***. Наведемо для стислості не весь текст програми, а тільки цикл з підсумовуванням:

```
for(s = 0, u = &x[0], i = 0; i < n; i++, u++)
   s += *u;
```

Якщо змінений варіант програми запустити на виконання, то можна переконатися, що все відмінно працює. І відповідь вийде той же, що і для 1-го варіанту.

Варіант №3 – покажчик u залишається налаштованим на початок масиву, а перемикання на наступні елементи масиву робиться за рахунок зміни змінної циклу ***i***:

```
for(s = 0, u = &x[0], i = 0; i < n; i++)
   s += *(u + i);
```

Також все нормально. Відповідь збігається з колишнім.

Варіант №4 - а що буде, якщо написати так:

```
for(s = 0, i = 0; i < n; i++)
   s += *(x + i);
```

Результат знову виходить правильним. Звернення до елементу масиву x **[i]** замінено на розіменування для адресного виразу ***(x + i)**. Чому це працює? Справа в тому, що всі вирази типу **x[i]** компілятор розглядає як ***(x + i)**. Напрошується питання: масив – це покажчик? Відповідь: так, але з деякими обмеженнями, які розберемо трохи пізніше.

Варіант №5 - продовжимо експеримент:

```
for(s = 0, i = 0; i < n; i++)
   s += i[x];
```

Виглядає абсурдно (проста змінна і стала як би масивом, а масив – як би індексом), але працює! Причина – дивись варіант 4. Вираз **i[x]** для компілятора означає те ж, що і ***(i + x)**, яке, природно, рівносильно ***(x + i)**.

Варіант №6 – «посилимо» ситуацію.

Змінимо початкове значення змінної циклу **i = -2**, а цю зміну компенсуємо додаванням числа 2 в індексний вираз, тобто «Нормальне» звернення до елементу масиву виглядало б як **x[i + 2]**, у нас же все набагато «веселіше»:

```
for(s = 0, i = -2; i < n-2; i++)
   s += 2[i+x];
```

А тепер і ціле число «прикидається» масивом. Причина правильної роботи такої ненормальності та ж, що і для варіантів 4, 5.

Звичайно, в програмах, призначених для загального огляду, треба використовувати тільки «правильні» конструкції виду **x[i]** або ***(x + i)**, щоб ні кого не ставити в глухий кут своєю оригінальністю. А ось для експериментів можна (і потрібно!) Пробувати все. Це корисно для кращого розуміння мов програмування.

Варіант №7 – у варіанті 4 ми переконалися, що наш звичайний масив **x** – це покажчик, але деякі сумніви залишилися? Спробуємо працювати з масивом **x** так, як працювали з покажчиком ***u*** в другому варіанті, тобто застосуємо до **x** операцію автозбільшення:

```
for(s = 0, i = 0; i < n; i++,
      x++) // Выражение x++ записано отдельной строкой
           // специально для того, чтобы убедится, что
           // именно это выражение «не нравится»
           // компилятору
   s += *x;
```

І тільки зараз компілятор фіксує помилку і саме для вираження, що показано окремим рядком, тобто **x ++**. В чому причина?

Справа в тому, що пам'ять для масиву виділяється при компіляції. Початкова адреса масиву, кількість елементів і як наслідок – обсяг пам'яті, що відводиться під масив, фіксуються на етапі компіляції і продовжують залишатися незмінними в процесі виконання програми. Для покажчика настройка на потрібну ділянку пам'яті виконується на етапі виконання програми, що дозволяє перенастроювати покажчик по ходу роботи програми багаторазово і на різні ділянки пам'яті. Таким чином, покажчик поводиться

як змінна величина, а масив – як константа. Тому масив і не є повноцінним покажчиком. ***Масив*** – це ***константних покажчик***.

Динамічні вектори

За допомогою покажчиків можна створювати динамічні масиви – це масиви, пам'ять для яких виділяється не на етапі компіляції, а під час виконання програми. Це дуже зручно. Адже програміст далеко не завжди може заздалегідь уявити, якого розміру має бути той чи інший масив. Вказувати розмір масиву з великим запасом (на всякий випадок!) Не розумно. Простіше на етапі виконання запропонувати користувачеві задати самому необхідну кількість елементів масиву, або необхідний розмір масиву повинен обчислюватися в програмі з якихось формулах.

Для динамічного виділення пам'яті служить операція **new**, звільнення стала непотрібною пам'яті виконується операцією **delete**.

Пам'ять виділяється не в межах області програми, а в так званій «кучі» – області за межами програми.

Наведемо формальний запис оператора, за допомогою якого виділяється пам'ять під динамічний масив:

Указатель **= new** ***Тип*** **[*Количество_элементов*];**

де **Тип** – це той же тип даних, що і тип, на який розрахований покажчик.

Запис оператора для звільнення динамічної пам'яті ще простіше:

delete [] *Указатель*;

Тут порожні квадратні дужки – це ознака того, що звільняється пам'ять, відведена для масиву, а не для одиночного об'єкту.

Приклад. Дан масив цілих чисел з *n* елементів. Інвертувати цей масив, тобто поміняти місцями перший елемент і останній, другий – і передостанній і так далі. Пам'ять під масив виділяти динамічно.

Можливий текст програми:

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
   int i, j, n;
   int *x, c;

   // Задаём размер будущего массива
   do {cout << "n=";
       cin >> n;
   } while(n < 1);

   // Динамически выделяем память под массив
   x = new int[n];

   // Ввод массива с клавиатуры
   cout << "Input " << n << " numbers:" << endl;
   for(i = 0; i < n; i++)
```

```
        cin >> x[i];

    // Перестановка элементов массива
    for(i = 0, j = n - 1; i < j; i++, j--)
    {  c = x[i];
       x[i] = x[j];
       x[j] = c;
    }

    // Вывод массива на экран монитора
    cout << "Otvet:" << endl;
    for(i = 0; i < n; i++)
       cout << x[i] << endl;

    // Освобождение динамической памяти, отводимой под
массив
    delete [] x;

    return 0;}
```

Як видно з прикладу, після того, як пам'ять під динамічний масив виділена, з ним можна працювати так само, як і зі звичайним масивом.

Важливо не забувати звільняти пам'ять, займану динамічними об'єктами. Інакше можуть початися проблеми в роботі комп'ютера в цілому. Невивільнені програмою ділянки пам'яті можуть виявитися недоступними після завершення роботи програми. Це явище називають «витік пам'яті». Звичайно, в сучасних операційних системах завжди реалізується «прибирання сміття», тобто є якась службова програма, яка наводить порядок, відшукує «безгоспні» ділянки пам'яті і повертає їх у спільне користування. Але не треба надмірно покладатися на них, тому що будь-які проблеми операційної системи через невдалу оптимізації ОС, через віруси і тому подібне, можуть відбитися на роботі «збирача сміття». У цьому випадку саме ваша програма буде регулярно «підвішувати» систему.

Поодинокі динамічні об'єкти

Виділяти пам'ять динамічно можна не тільки під масиви, а й під поодинокі об'єкти. Звичайно, якщо одиночний об'єкт має стандартний тип (double, int і т.д.), то простіше використовувати звичайні змінні. При роботі з одними типами (структури, класи) в ряді випадків є сенс в динамічному виділенні пам'яті під поодинокі об'єкти, а для побудови динамічних структур типу списки, черги, дерева і т.д. це просто необхідно.

Нехай є якийсь клас (або структура) **Alfa** (про класи і структурах мова піде пізніше. Зараз можна ставиться до них просто як до типів даних). Тоді можна зробити наступне:

а) Створюємо покажчик x на об'єкт типу **Alfa**:

```
Alfa *x;
```

б) Виділяємо пам'ять під динамічний об'єкт:

```
x = new Alfa;
```

в) Далі працюємо з об'єктом класу через покажчик x. Як це робиться – будемо розбиратися пізніше, при вивченні структур і класів.

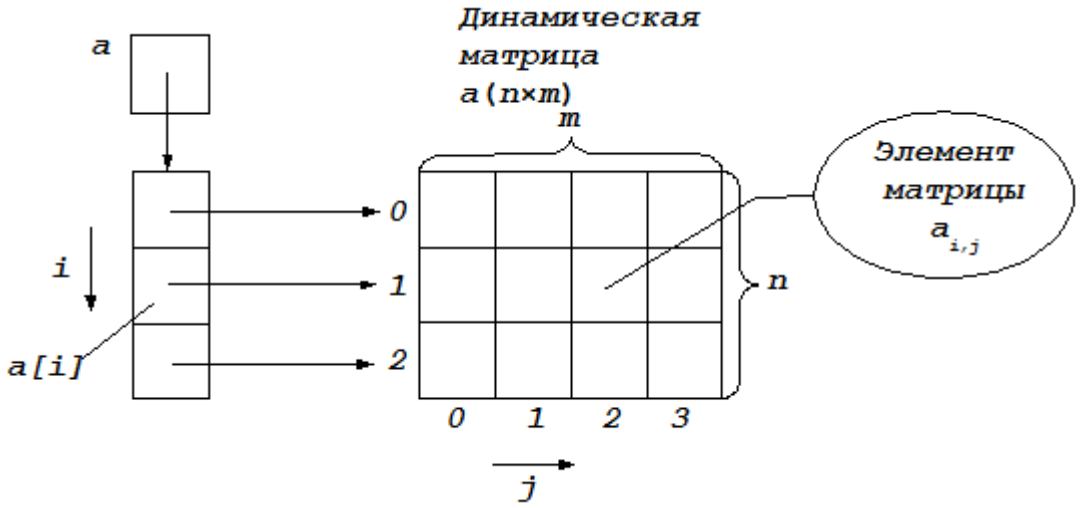
г) Як тільки об'єкт став непотрібним – звільняємо займану ним пам'ять:

```
delete x;
```

Загалом, все робиться за аналогією з динамічними масивами, але тільки ще простіше. Не треба вказувати кількість елементів при виділенні пам'яті, не потрібні квадратні дужки при її звільненні.

Двовимірні динамічні масиви

Як ми вже знаємо з теми «Матриці», матриця – це масив з одновимірних масивів, кожен з яких представляє один рядок матриці. Напрошується ідея: завести для кожного рядка матриці покажчик і динамічно виділити пам'ять під задану кількість елементів. Так як рядків в матриці може бути досить багато, а покажчики, які використовуються для виділення пам'яті під кожен рядок матриці, мають один і той же тип, то ці покажчики є сенс об'єднати в одновимірний масив покажчиків. Природно, пам'ять під масив покажчиків також будемо виділяти динамічно. А адресу цього масиву покажчиків будемо зберігати в покажчику на покажчик. На малюнку покажемо, як це може виглядати:



Тут ***a*** – це покажчик на масив покажчиків. Формальний опис для нього наступний:

```
Тип ** имя_указателя;
```

a[i] - покажчики на рядки матриці, в яких будуть в подальшому зберігається дані, тобто елементи матриці ***a [i] [j]***

Порядок роботи з динамічної матрицею розглянемо на прикладі.

Приклад. У прямокутної матриці підрахувати кількість негативних елементів. Пам'ять під матрицю виділяти динамічно.

Можливий текст програми:

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{  int n = 3; // число строк
   int m = 4; // число столбцов
```

```
        double **a; // указатель на указатель на тип double
        int i, j;
        // Динамическое выделение памяти под матрицу:
        // ----------------------------------------
        // 1)создаём массив указателей на тип double
        a = new double* [n];

        // 2)выделяем память (построчно) под матрицу
        for(i = 0; i < n; i++)
           a[i] = new double[m];
        //----------------------------------------
        // Ввод матрицы с клавиатуры
        cout << "Matriza A("<< n << "*" << m << "):" <<
endl;
        for(i = 0; i < n; i++)
           for(j = 0; j < m; j++)
              cin >> a[i][j];
        // Подсчёт количества отрицательных чисел в матрице
        int k = 0;
        for(i = 0; i < n; i++)
           for(j = 0; j < m; j++)
              if(a[i][j] < 0)
                 k++;
        cout << "k=" << k << endl;
        // Освобождение динамической памяти:
        // --------------------------------
        // 1)вначале освободим память, отведённую
собственно под матрицу, т.е. под данные
        for(i = 0; i < n; i++)
           delete []a[i];
        // 2)теперь освобождаем память, занятую массивом
указателей
        delete []a;
        // --------------------------------
        return 0;}
```

Як бачимо, спочатку виділяється пам'ять під масив покажчиків, потім під дані. Звільнення пам'яті робиться в зворотному порядку: спочатку звільняють пам'ять, зайняту даними матриці, а потім – масивом покажчиків.

Коли пам'ять виділена, дії з елементами динамічної матриці виконуються точно так же, як і зі звичайною матрицею, тобто всюди, де необхідно, використовуємо звичайну форму звернення до елементу матриці.