**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»**

Институт информатики и телекоммуникаций

Кафедра информатики и вычислительной техники

# ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Алгоритмы и структуры данных

Сравнительный анализ эффективности методов сортировки массивов данных в оперативной памяти.

Руководитель _____ В. В. Тынченко
подпись, дата инициалы, фамилия

Обучающийся БПИ22-02, 221219040 _____ К.В. Трифонов
номер группы, зачетной книжки подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2023 г.

## Цель работы:

Изучение алгоритмов сортировки массивов данных в ОП, особенностей их программной реализации и эффективности работы на различных наборах исходных данных.

## Общая постановка задачи.

Разработать и реализовать программу, предназначенную для исследования времени работы и поведения методов сортировки, указанных в варианте задания.

Для решения поставленной задачи применить объектно-ориентированный подход. Разработать шаблон класса «Одномерный массив», включающий в себя необходимый минимум методов, обеспечивающий полноценное функционирование объектов указанного класса в рамках данной программы: конструкторы (по умолчанию, с параметрами, копирования), деструктор, методы ввода данных в массив с клавиатуры, заполнения случайными значениями из заданного диапазона, вывода массива на экран, вывода массива в файл, сортировки алгоритмами, указанными в варианте задания.

Провести исследование параметров работы, указанных в варианте задания методов сортировки на различных наборах данных. Представить отчет, содержащий результаты исследования и полученные выводы.

## Требования к функциональным возможностям программы.

Программа должна содержать меню, позволяющее выбирать один из двух режимов работы программы:

1) сортировка одного массива, сформированного случайным образом;
2) режим накопления статистических данных

В **первом режиме** требуется предоставить пользователю следующие возможности:

- задавать размер массива;
- указывать диапазон значений элементов массива;
- выбирать метод сортировки массива.

Результаты работы программы в данном режиме:

- вывести на экран количество сравнений и перестановок элементов массива;
- исходный и отсортированный массивы вывести в файл с указанным именем.

Во **втором режиме** пользователь должен иметь возможность:

- выбирать способ формирования элементов массива (случайные значения, упорядоченная последовательность значений, значения расположены в обратном порядке);
- задавать диапазон и шаг изменения размеров массива;
- выбирать метод сортировки массива.

Результаты работы программы в данном режиме:

Для каждого значения размера формируется новый массив и сортируется выбранным методом. В файл с указанным именем выводятся значения времени сортировки для каждого количества элементов в массиве.

## Вариант №21.

Программно реализовать следующие методы сортировки данных в оперативной памяти: сортировка прямыми обменами; сортировка прямыми включениями.

Оценить быстродействие указанных методов и степень естественности их поведения.

# Код программы:

## Описание класса *array:*

```
#ifndef ARRAY_H
#define ARRAY_H

template<typename T>
class array{
        int size;
        T *arr;
    public:
        array();
        array(int n);
        array(const array &A);
        ~array(){delete arr;}

        void setS(int S);               //Задать длину
        int getS();                     //Вернуть длину
        void fill();                    //Ввод с клавиатуры
        void fillR(int n1, int n2);     //Рандомные в диапазоне
        void fillU();                   //Упорядоченные
        void fillUr();                  //Упорядоченные в обратном порядке
        void get();                     //Вывод на экран
        void get_file(ofstream &fin);   //Вывод в поток
        void shakerSort();              //Сортировка объекта прямыми обменами
        void insertSort();              //Сортировка объекта прямыми включениями
};
#endif //ARRAY_H
```

## Конструкторы:

По умолчанию:

```
template<typename T>
array<T>::array(){
    size = 10;
    arr = new T[size];

}
```

С параметрами (параметр длины массива):

```
template<typename T>
array<T>::array(int n){
    size = n;
    arr = new T[size];
}
```

Копий:

```
template<typename T>
array<T>::array(const array &A){
    size = A.size;
    arr = new T[size];
    for (int i = 0; i < size; i++){
        arr[i] = A.arr[i];
    }
}
```

## Методы ввода-вывода:

Заполнение клавиатуры:

```
template<typename T>
void array<T>::fill(){
    for (int i = 0; i < size; i++){
        cout<<"Введите элемент №"<<i+1<<": \n";
        cin>>arr[i];
    }
}
```

Заполнение с помощью *time.h:*

```
template<typename T>
void array<T>::fillR(int n1, int n2){
    srand(time(0));
    for (int i = 0; i < size; i++){
        arr[i] = n1 + rand()%(n2-n1+1);
    }
}
```

Упорядоченные значения:

```
template<typename T>
void array<T>::fillU(){
    for (int i = 0; i < size; i++){
        arr[i] = i+1;
    }
}
//Упорядоченные в обратном порядке
template<typename T>
void array<T>::fillUr(){
    for (int i = 0; i < size; i++){
        arr[i] = size-i;
    }
}
```

Вывод на экран:

```
template<typename T>
void array<T>::get(){
    cout<<"Массив длинной "<<size<<":\n";
    for (int i = 0; i < size; i++){
        cout<<arr[i]<<" ";
    }
    cout<<"\n";
}
```

Вывод в поток:

```
template<typename T>
void array<T>::get_file(ofstream &fin){
    for (int i = 0; i < size; i++){
        fin<<arr[i]<<" ";
    }
    fin<<"\n";
}
```

Задание поля длины:

```
template<typename T>
void array<T>::setS(int S){
    size = S;
    arr = new T[size];
}
```

*При этом, массив создаётся заново, во избежание проблем с потерей данных.*

Возврат поля длины:

```
template<typename T>
int array<T>::getS(){
    return size;
}
```

*Используется для быстрого обращения к полю в массиве объектов.*

## Методы сортировки (согласно варианту задания):

Сортировка прямыми обменами:

```
template<class T>
void array<T>::shakerSort() {
  long j, k = size-1;
  long lb=1, ub = size-1; // границы неотсортированной части массива
  T x;
  do {
    // проход снизу вверх
    for( j=ub; j>0; j-- ) {
      if ( arr[j-1] > arr[j] ) {
        x=arr[j-1]; arr[j-1]=arr[j]; arr[j]=x;
        k=j;
      }
    }
    lb = k+1;
    // проход сверху вниз
    for (j=1; j<=ub; j++) {
      if ( arr[j-1] > arr[j] ) {
        x=arr[j-1]; arr[j-1]=arr[j]; arr[j]=x;
        k=j;
      }
    }
    ub = k-1;
  } while ( lb < ub );
}
```

Сортировка прямыми включениями:

```
template<class T>
void array<T>::insertSort() {
  T x;
  long i, j;
  for ( i=0; i < size; i++) {  // цикл проходов, i - номер прохода
    x = arr[i];
    // поиск места элемента в готовой последовательности
    for ( j=i-1; j>=0 && arr[j] > x; j--)
      arr[j+1] = arr[j];    // сдвигаем элемент направо, пока не дошли
    // место найдено, вставить элемент
    arr[j+1] = x;
  }
}
```

**Меню файла main.cpp:**

```
1) Сортировка одного массива, сформированного случайным образом
2) Режим накопления статистических данных
0) Выход
```

Первый режим работы программы:

```
case 1:{
                int n;
                cout<<"Задайте размер массива: ";
                cin>>n;
                array<int> A(n);
                cout<<"Введите диапозон генерации от n1 до n2 (n1_n2):";
                int n1, n2;
                cin>>n1>>n2;
                A.fillR(n1,n2);
                A.get();
                array<int> B(A);
                B.shakerSort();
                cout<<"Отсортированный массив: \n";
                B.get();
                string name;
                cout<<"Укажите имя файла вывода: \n";
                cin>>name;
                ofstream fout(name);
                if (!fout.is_open()){
                    cout<<"Ошибка открытия!";
                }
                else{
                    A.get_file(fout);
                    B.get_file(fout);
                }
                break;
            }
```

Создаётся массив длинной n со случайными значениями от n1 до n2, его копия сортируется и выводится на экран, далее в пользовательский файл выводится прежний массив и отсортированная копия.

Пример работы режима с заполнением массива длинной 10 эл случайными числами от 5 до 25 (вывод данных в консоль и пользовательский файл out.txt):

```
1) Сортировка одного массива, сформированного случайным образом
2) Режим накопления статистических данных
0) Выход
1
Задайте размер массива: 10
Введите диапозон генерации от n1 до n2 (n1_n2):5 25
Массив длинной 10:
9 21 24 10 19 22 25 19 22 16
Отсортированный массив:
Массив длинной 10:
9 10 16 19 19 21 22 22 24 25
Укажите имя файла вывода:
out.txt
```

out.txt

```
1  9 21 24 10 19 22 25 19 22 16
2  9 10 16 19 19 21 22 22 24 25
```

Второй режим работы программы:

```
case 2:{
                int in2,in3;
                int a1,b1,l;
                cout<<"1) Заполнение случайными значениями\n"
                <<"2) Заполнение упорядоченными значениями\n"
                <<"3) Заполнение обратноупорядоченными значениями\n";
                cin>>in2;
                cout<<"Введите диапазон (от _ до _) и шаг через пробел:\n";
                cin>>a1>>b1>>l;
                array<int> *A;
                int N = (b1-a1)/l+1;
                A = new array<int> [N];
                switch (in2){
                    case 1:{
                        for (int i = 0; i<N-1; i++){
                            A[i].setS(((i)*l)+a1);
                            A[i].fillR(1,20);
                        }
                        break;
                    }
                    case 2:{
                        for (int i = 0; i<N-1; i++){
                            A[i].setS(((i)*l)+a1);
                            A[i].fillU();
                        }
                        break;
                    }
                    case 3:{
                        for (int i = 0; i<N-1; i++){
                            A[i].setS(((i)*l)+a1);
                            A[i].fillUr();
                        }
                        break;
                    }
                }
                cout<<"Всего заполнено "<<N-1<<" массивов.\n";
```

Создание массива объектов пользовательской длинны N = (b1-a1)/L+1, где b1 и a1 границы диапазона длин массивов и L – шаг. Последующее заполнение в зависимости от выбора пользователя, используя методы класса.

Далее пользователь выбирает метод сортировки:

```
                cout<<"1) Сортировка прямыми обменами shaker sort\n"
                <<"2) Сортировка прямыми включениями insert sort\n";
                cin>>in2;
                ofstream fout("results.txt");
                int t1 = clock();
                switch (in2){
                    case 1:{
```

```
                    for (int i = 0; i<N-1; i++){
                        int t_1 = clock();
                        A[i].shakerSort();
                        int t_2 = clock();
                        int ans = t_2 - t_1;
                      cout<<A[i].getS()<<" эл отсортированы за "<<ans<<"ms\n";
                        fout<<A[i].getS()<<" "<<ans<<"\n";
                    }
                    break;
                }
                case 2:{
                    for (int i = 0; i<N-1; i++){
                        int t_1 = clock();
                        A[i].insertSort();
                        int t_2 = clock();
                        int ans = t_2 - t_1;
                      cout<<A[i].getS()<<" эл отсортированы за "<<ans<<"ms\n";
                        fout<<A[i].getS()<<" "<<ans<<"\n";
                    }
                    break;
                }
            }
            int t2 = clock();
            int answ = (t2-t1);
            cout<<"Общее время: "<<answ<<"ms\n";
            fout.close();
            break;

        }
```

Записывается время t1, затем каждый объект массива сортируется методом класса, в зависимости от выбора пользователя, и выводится время на экран и в файл *results.txt*, за которое он был отсортирован, далее записывается время t2 и выводится на экран общее время, за которое были отсортированы все объекты массива.

Пример работы режима в диапазоне от 1000 до 20000 эл с шагом 1000 эл (вывод данных в консоль и в файл results.txt):

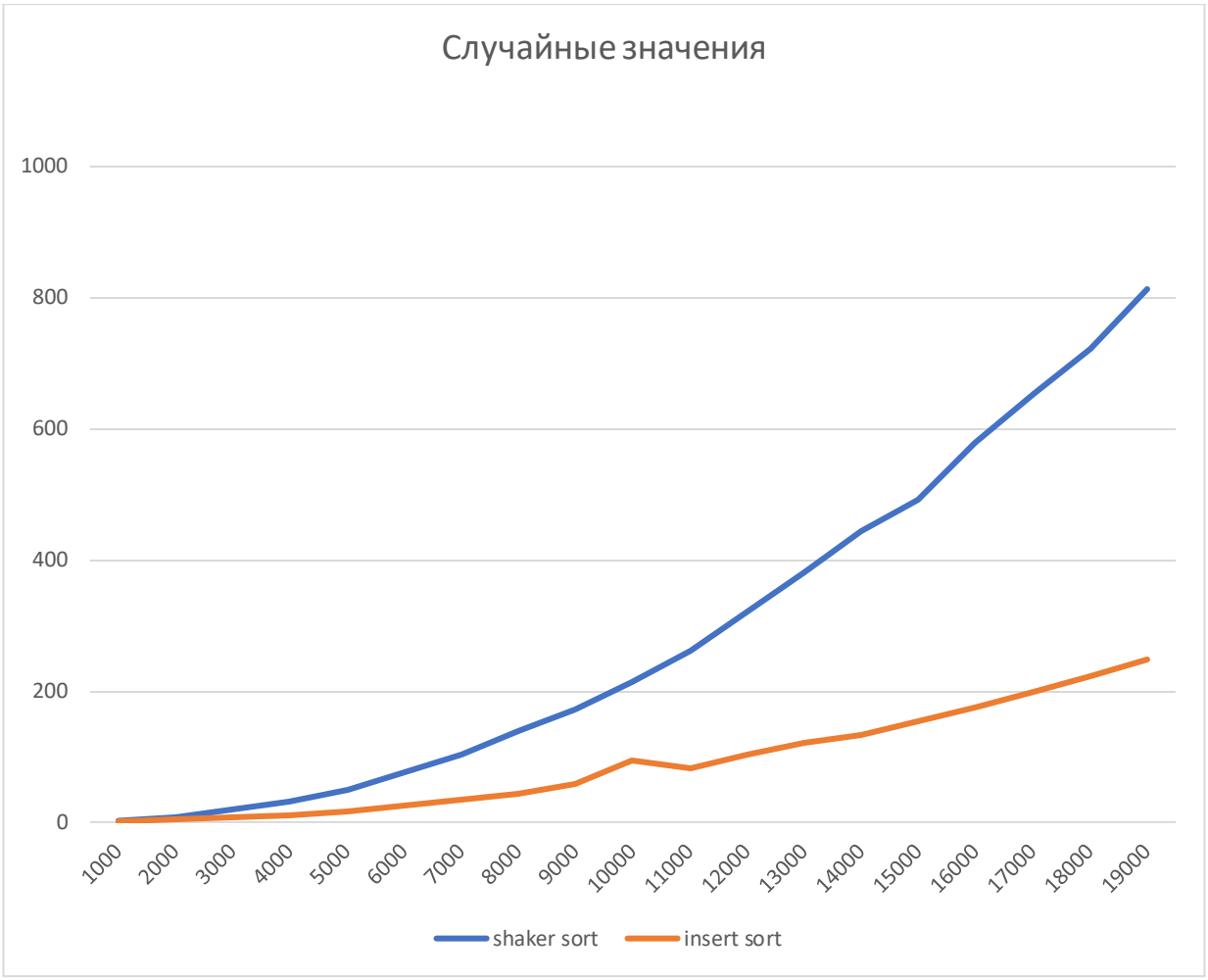
```
1) Заполнение случайными значениями
2) Заполнение упорядоченными значениями
3) Заполнение обратноупорядоченными значениями
1
Введите диапазон (от _ до _) и шаг через пробел:
1000 20000 1000
Всего заполнено 19 массивов.
1) Сортировка прямыми обменами shaker sort
2) Сортировка прямыми включениями insert sort
1
1000 эл отсортированы за 2ms
2000 эл отсортированы за 8ms
3000 эл отсортированы за 18ms
4000 эл отсортированы за 35ms
5000 эл отсортированы за 49ms
6000 эл отсортированы за 75ms
7000 эл отсортированы за 98ms
8000 эл отсортированы за 129ms
9000 эл отсортированы за 170ms
10000 эл отсортированы за 213ms
11000 эл отсортированы за 257ms
12000 эл отсортированы за 320ms
13000 эл отсортированы за 365ms
14000 эл отсортированы за 425ms
15000 эл отсортированы за 497ms
16000 эл отсортированы за 562ms
17000 эл отсортированы за 639ms
18000 эл отсортированы за 720ms
19000 эл отсортированы за 814ms
Общее время: 5405ms
```

results.txt

```
1000 2
2000 8
3000 18
4000 35
5000 49
6000 75
7000 98
8000 129
9000 170
10000 213
11000 257
12000 320
13000 365
14000 425
15000 497
16000 562
17000 639
18000 720
19000 814
```

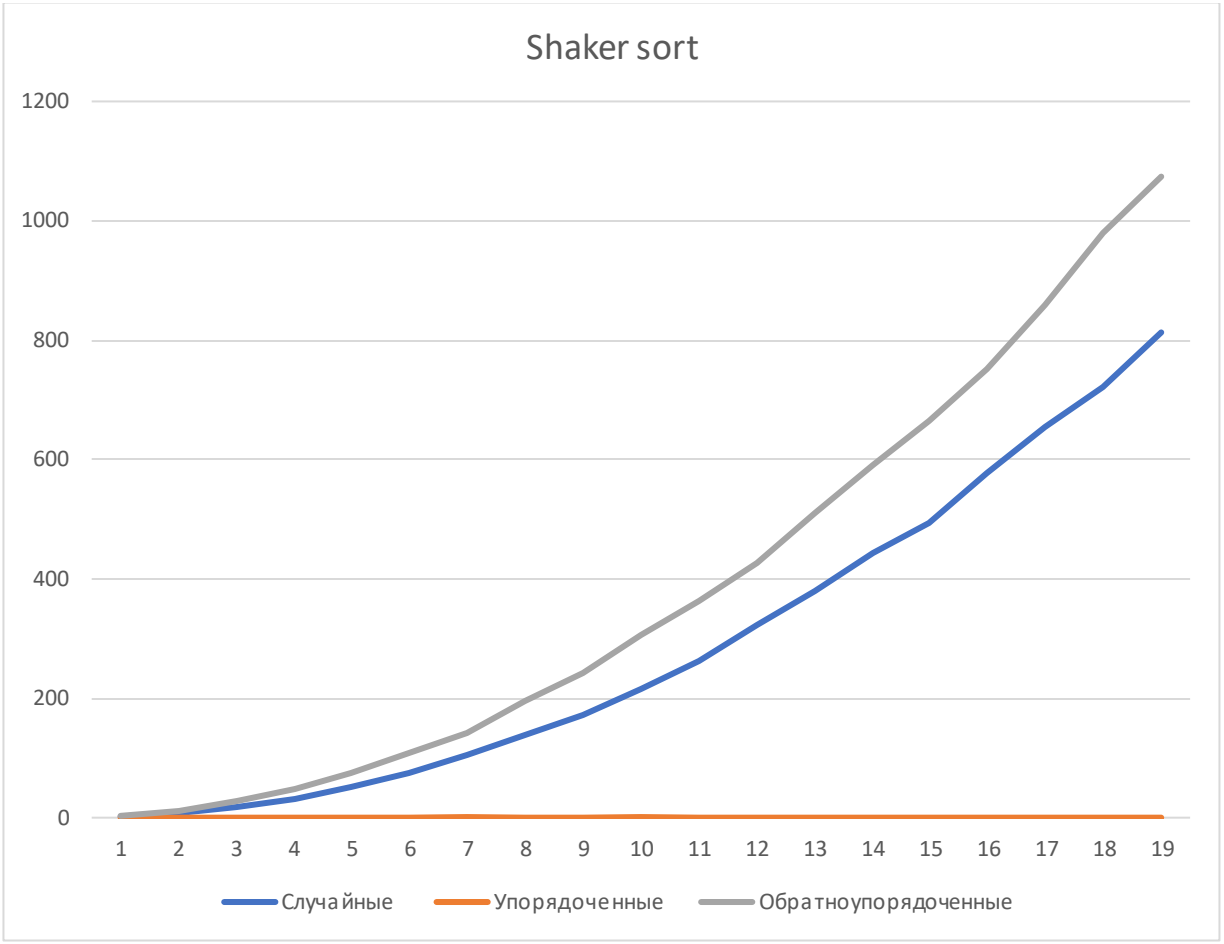
**Исследование работы алгоритмов shaker sort и insert sort**

График зависимости времени от длины массива, заполненного случайными значениями:




Асимптотика у shaker sort как и у insert sort в среднем и худшем случае – O(n2), в лучшем случае – O(n). Однако insert sort быстрее shaker sort в среднем в три раза. Это достигается за счёт меньшего числа перестановок, т.к. алгоритм сразу вставляет значение в нужное место, а не перетягивает его через весь массив.

График зависимости времени сортировки shaker sort от длины массива, заполненного случайными, упорядоченными и обратно упорядоченными значениями:




Время на сортировку упорядоченных в обратном порядке значений увеличено, по сравнению со случайными значениями, а сортировка упорядоченных массивов, наоборот занимает 1-2ms, затраченные на 1 проход по массиву. Следовательно алгоритм ведет себя естественно.

График зависимости времени сортировки insert sort от длины массива, заполненного случайными, упорядоченными и обратно упорядоченными значениями:


Расхождение с временем сортировки случайных и обратно упорядоченных значений более стремительно, по сравнению с shaker sort (почти в 2 раза), а сортировка упорядоченных массивов, как и у shaker sort занимает 1-2ms, затраченные на 1 проход по массиву. Следовательно алгоритм ведет себя естественно.

## Вывод

Несмотря на родство shaker sort и insert sort, второй является более эффективным, за счёт меньшего числа перестановок элементов массива (на длине 20000 эл у shaker sort около 150 миллионов сравнений, у insert sort около 85 миллионов). Также insert sort имеет большую степень естественности по сравнению с shaker sort.