

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Утвержден на заседании кафедры

«Вычислительная техника» _____

" ____ " _____ 20 ____ г.

Заведующий кафедрой

_____ М.А. Митрохин

ОТЧЕТ ПО УЧЕБНОЙ (ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ) ПРАКТИКЕ
(2023/2024 учебный год)

Точнов Евгений Евгеньевич

Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Наименование профиля подготовки «Программное обеспечение средств
вычислительной техники и автоматизированных систем»

Форма обучения – очная Срок обучения в соответствии с ФГОС – 4 года

Год обучения _____ 1 _____ семестр _____ 2 _____

Период прохождения практики с 25.06.2024 по 08.07.2024

Кафедра «Вычислительная техника» _____

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, Митрохин М.А.

(должность, ученая степень, ученое звание, Ф.И.О.)

Руководитель практики к/н, доцент, Карамышева Н.С.

(должность, ученая степень, ученое звание)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Утвержден на заседании кафедры

«Вычислительная техника» _____

" ____ " _____ 20 ____ г.

Заведующий кафедрой

_____ М.А. Митрохин

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПЛАН ПРОХОЖДЕНИЯ УЧЕБНОЙ
(ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ) ПРАКТИКИ**

(2023/2024 учебный год)

Точнов Евгений Евгеньевич

Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Наименование профиля подготовки «Программное обеспечение средств
вычислительной техники и автоматизированных систем»

Форма обучения – очная Срок обучения в соответствии с ФГОС – 4 года

Год обучения _____ 1 _____ семестр _____ 2 _____ Период

прохождения практики с 25.06.2024 по 08.07.2024

Кафедра «Вычислительная техника»

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, Митрохин М.А. _____

(должность, ученая степень, ученое звание, Ф.И.О.)

Руководитель практики к/н, доцент, Карамышева Н.С.

(должность, ученая степень, ученое звание)

| № п/п | Планируемая форма работы во время практики | Количество часов | Календарные сроки проведения работы | Подпись руководителя практики от вуза |
|----------|--|---------------------|--|---|
| 1 | Выбор темы и разработка индивидуального плана проведения работ | 2 | 25.06.24 - 25.06.24 | |
| 2 | Подбор и изучение материала по теме работы | 15 | 26.06.24– 28.06.24 | |
| 3 | Разработка алгоритма | 43 | 28.06.24 – 02.07.24 | |
| 4 | Описание алгоритма и программы | 18 | 2.07.24 – 04.07.24 | |
| 5 | Тестирование | 5 | 04.07.24 – 04.07.24 | |
| 6 | Получение и анализ результатов | 10 | 04.07.24 – 06.07.24 | |
| 7 | Оформление отчёта | 15 | 06.07.24 – 08.07.24 | |
| | Общий объём часов | 108 | | |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ОТЧЁТ

О ПРОХОЖДЕНИИ УЧЕБНОЙ (ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ) ПРАКТИКИ

(2023/2024 учебный год)

Точнов Евгений Евгеньевич

Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Наименование профиля подготовки «Программное обеспечение средств
вычислительной техники и автоматизированных систем»

Форма обучения – очная Срок обучения в соответствии с ФГОС – 4 года

Год обучения 1 семестр 2

Период прохождения практики с 25.06.2024 по 08.07.2024

Кафедра «Вычислительная техника»

Точнов Е.Е. выполнял практическое задание «Быстрая сортировка». На первоначальном этапе были изучен и проанализирован алгоритм сортировки вставками, был выбран метод решения и язык программирования C++, на котором был составлен алгоритм быстрой сортировки массива. Также Евгений произвел аналитику вариантов заданий и согласовав всё со своими коллегами отдал предпочтение именно этому методу сортировки. Оформил отчёт.

Бакалавр Точнов Е.Е. " " 2024 г.

Руководитель Карамышева Н.С. " " 2024 г.
практики

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ОТЗЫВ

О ПРОХОЖДЕНИИ УЧЕБНОЙ (ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ) ПРАКТИКИ

(2023/2024 учебный год)

Точнов Евгений Евгеньевич

Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Наименование профиля подготовки «Программное обеспечение средств
вычислительной техники и автоматизированных систем»

Форма обучения – очная Срок обучения в соответствии с ФГОС – 4 года

Год обучения 1 семестр 2

Период прохождения практики с 25.06.2024 по 08.07.2024

Кафедра «Вычислительная техника»

В процессе выполнения практики Точнов Е.Е. решал следующие задачи: создание алгоритма быстрой сортировки, анализ работы алгоритма, сравнение существующих методов сортировки.

За период выполнения практики был изучен алгоритм быстрой сортировки, а также основные случаи его применения. Во время выполнения работы Точнов Е.Е. показал себя крайне ответственным, добросовестным студентом, знающим свой предмет, имеющим представление о современном состоянии науки, владеющим современными общенаучными знаниями по информатике и вычислительной технике, программированию и сортировке.

За выполнение работы Точнов Е.Е. заслуживает оценки « ».

Руководитель практики к/н., доцент, Карамышева Н.С. « »

2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 2 |
| 1 Постановка задачи..... | 3 |
| 1.1 Достоинства алгоритма сортировки вставками | 3 |
| 1.2 Недостатки алгоритма сортировки вставками | 3 |
| 1.3 Типичные сценарии применения данного алгоритма | 4 |
| 2 Выбор решения..... | 5 |
| 3 Описание программы..... | 6 |
| 4 Схемы программы | 8 |
| 5 Тестирование программы | 11 |
| 6 Отладка..... | 12 |
| 7 Совместная разработка | 13 |
| Заключение | 15 |
| Список используемой литературы..... | 16 |
| Приложение А. Листинг программы | 17 |
| Приложение Б. Результаты тестирования программы | 22 |

Введение

Сортировка данных — это фундаментальная операция в информатике, которая позволяет оптимизировать поиск, визуализацию, обработку и сравнение данных. Она широко используется в IT, включая базы данных, поисковые системы, операционные системы, алгоритмы машинного обучения, компьютерную графику и обработку изображений. Сортировка данных позволяет упорядочить информацию для более эффективного поиска, обработки и анализа, что делает её ключевым инструментом во многих областях. Благодаря сортировке возможно находить нужные данные быстрее, визуализировать их более наглядно и ускорить выполнение многих алгоритмов.

QuickSort - это алгоритм сортировки принципа "разделяй и властвуй", который рекурсивно разбивает исходный список на два подсписка и сортирует их независимо, а затем объединяет полученные отсортированные подсписки. Этот метод сортировки является одним из самых быстрых и эффективных.

Данный алгоритм был изобретен британским ученым Чарльзом Э. Хоаром в 1959 году, когда он работал в компании Elliott Brothers в Лондоне. Хоар занимался разработкой программного обеспечения для компьютера Elliott 803, и быстрая сортировка стала одним из его ключевых достижений в области компьютерных наук. Его изобретение легло в основу многих современных алгоритмов сортировки, а сам алгоритм QuickSort до сих пор активно применяется в различных сферах.

QuickSort широко используется в различных областях, включая обработку данных, базы данных, алгоритмы поиска и сортировки, а также в различных приложениях, где требуется эффективная сортировка данных. Он используется в операционных системах, системах управления базами данных, текстовых редакторах, компиляторах и других программных системах.

1 Постановка задачи

Поставленная задача: необходимо заполнить массив из n -ого количества элементов случайными числами, записать данные элементы в отдельный файл. После этого выполнить быструю сортировку над данными, находящимися в массиве, записать отсортированные данные в другой файл, посчитать время выполнения и количество перестановок значений массива при сортировке.

Использовать сервис GitHub для совместной работы. Создать и выложить коммиты, характеризующие действия, выполненные каждым участником бригады.

Оформить отчет по проведенной практике.

1.1 Достоинства алгоритма сортировки вставками

- Быстрая сортировка удобная для реализации программными средствами, независимо от выбранного языка программирования;
- операция легко разделяется на несколько отдельных процессов;
- быстрая сортировка является наиболее оптимальным решением в случае выполнения операций над массивом с последовательным доступом, когда отсутствует возможность перейти в начало в произвольный момент;
- считается самым быстрым алгоритмом сортировки.

1.2 Недостатки алгоритма сортировки вставками

- Алгоритм малоэффективен для небольших наборов данных;
- при наличии двух элементов с одинаковым ключом их порядок не будет соблюден;
- временная сложность составляет $O(n^2)$. Это происходит если выбран неудачный опорный элемент.

1.3 Типичные сценарии применения данного алгоритма

- В операционных системах применяется для сортировки очередей процессов, директорий файловой системы и различных внутренних структур данных;
- в базах данных применяется во время создания индексов, обработки запросов и различных внутренних операций;
- является алгоритмом сортировки по умолчанию в стандартных библиотеках языков Си++, Java, Python и Ruby;
- в компьютерной графике применяется для сортировки полигонов, пикселей и различных графических элементов во время процесса рендера и обработки;
- в сетевых маршрутизаторах для сортировки самих сетевых маршрутов и различных сетевых данных для их оптимизации.

2 Выбор решения

Нашей бригадой было выбрано вести разработку в среде Microsoft Visual Studio на языке C++.

Для написания данной программы будет использован язык программирования Си ++. Этот язык является распространённым языком программирования. C++ был создан в качестве расширения языка программирования С. Его первоначальная цель заключалась в том, чтобы сделать С более гибким и мощным языком, добавив возможности объектно-ориентированного программирования. Современный Си++ обладает объектно-ориентированными, универсальными и функциональными функциями в дополнение к средствам низкоуровневого манипулирования памятью. Указанные преимущества Си++ обеспечивают хорошее качество разработки почти любого вида программного продукта.

Microsoft Visual Studio — это программная среда по разработке приложений для ОС Windows, как консольных, так и с графическим интерфейсом.

Для удобства совместной разработки был выбран сервис GitHub. Это веб-сервис для хостинга IT-проектов и их совместной разработки. Сервис бесплатен для проектов с открытым исходным кодом и небольших частных проектов. Для крупных корпоративных проектов предлагаются различные платные тарифные планы.

3 Описание программы

При запуске программы появляется главное окно, обладающее следующим функционалом:

- генерация массива случайных чисел;
- чтение массива из файла;
- выбор размера массива для случайных чисел;
- сохранение результата в файл;
- выбор файла, из которого будет производиться чтение массива.
- запуск алгоритма сортировки.

На рисунке 1 представлено главное окно программы.

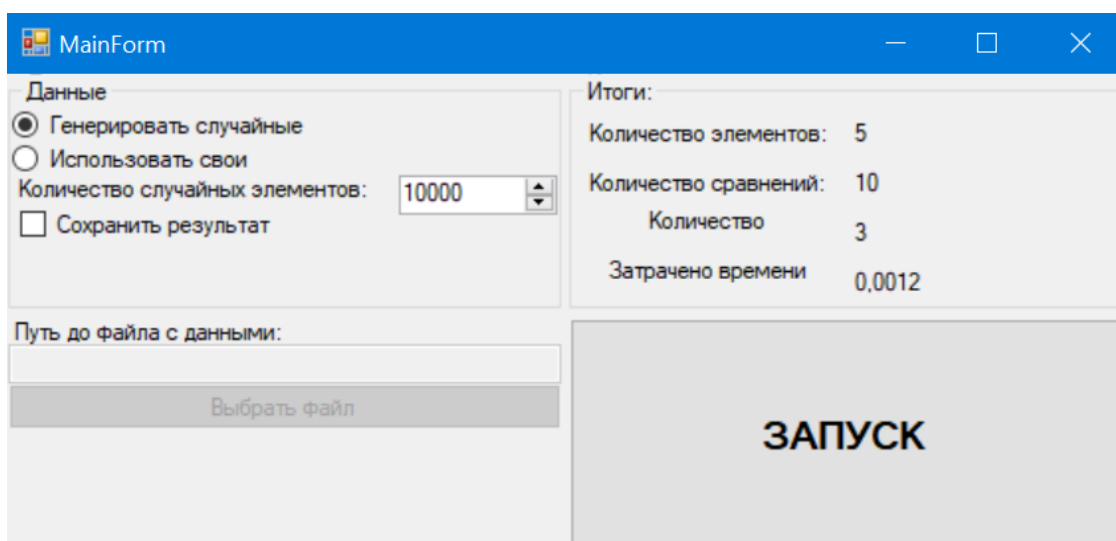


Рисунок 1 - Главное окно программы

Пользователь выбирает необходимый ему пункт, в случае выбора генерации случайного массива пользователю необходимо указать количество случайных элементов, как показано на рисунке 2.

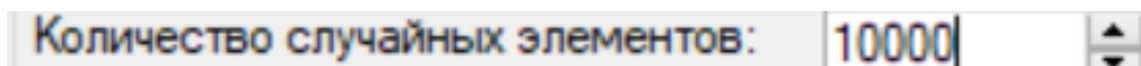


Рисунок 2 - Выбор размера массива случайных чисел

После того как данные были введены, генерируется массив указанной ранее длины из случайных чисел.

Далее над этими данными выполняется быстрая сортировка, при которой последний элемент массива сравнивается с остальными, постепенно «выстраивая стену», т.е. элементы младше перемещаются влево, а элементы старше остаются на своем месте.

После сортировки, в случае если был выбран пункт сохранения результата отсортированный массив записывается в указанный пользователем файл

Программа так же осуществляет подсчет количества перестановок элементов массива и времени, которое заняла сортировка.

Листинг программы приведен в приложении А.

4 Схемы программы

Блок-схема программы представлена на рисунке 3.

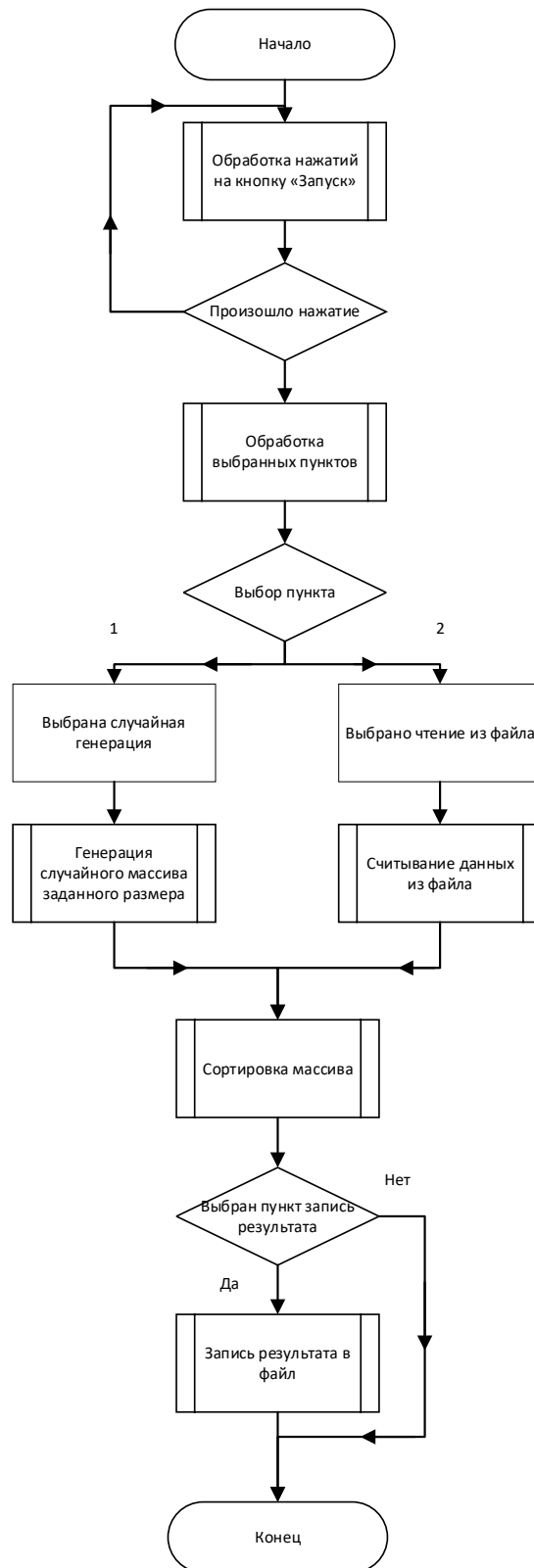


Рисунок 3 - блок-схема программы

Блок-схема алгоритма сортировки представлена на рисунках 4-5.

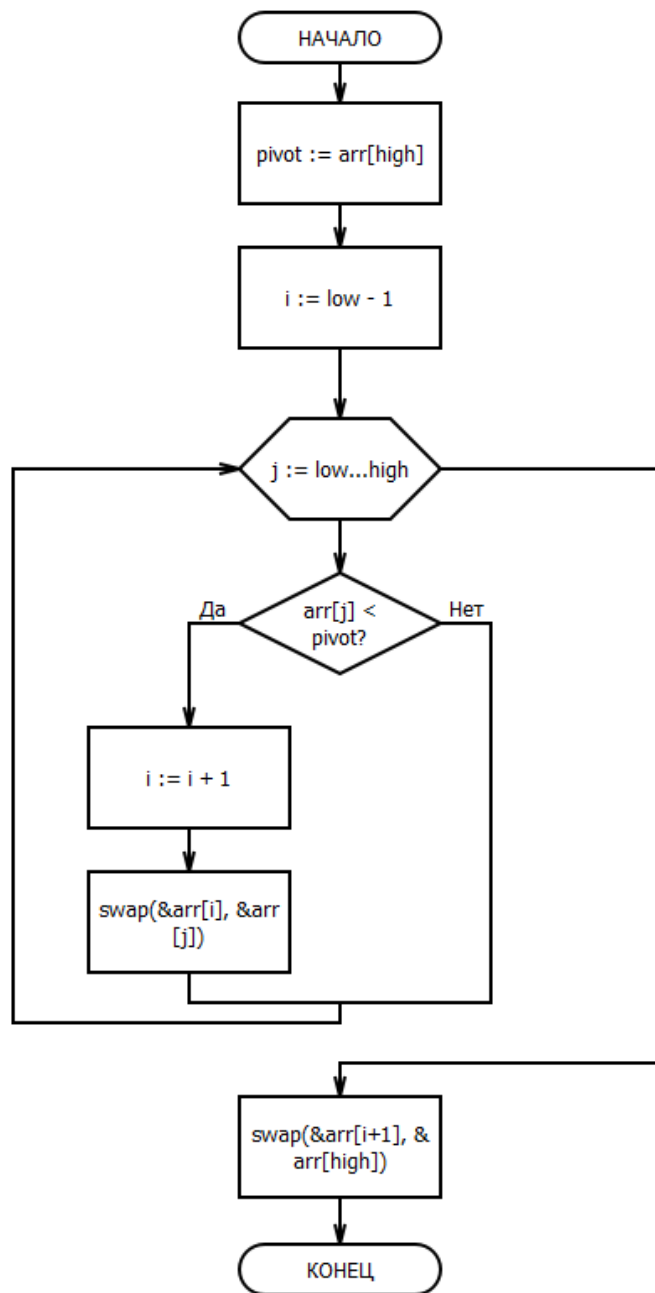


Рисунок 4 - Блок-схема алгоритма, выполняющего разбитие массива на подмассивы

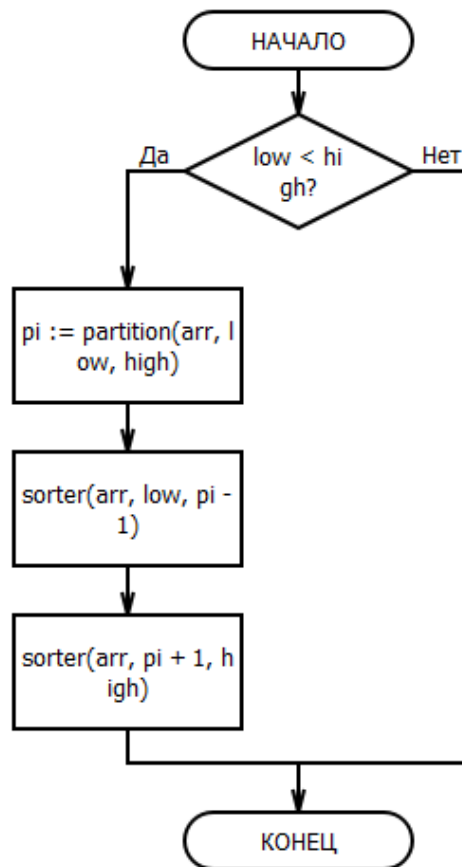


Рисунок 5 - Блок-схема алгоритма, выполняющего сортировку

5 Тестирование программы

Тестирование показало, что с увеличением количества элементов пропорционально увеличивается время работы программы, на рисунке 6 представлен график результатов тестирования.

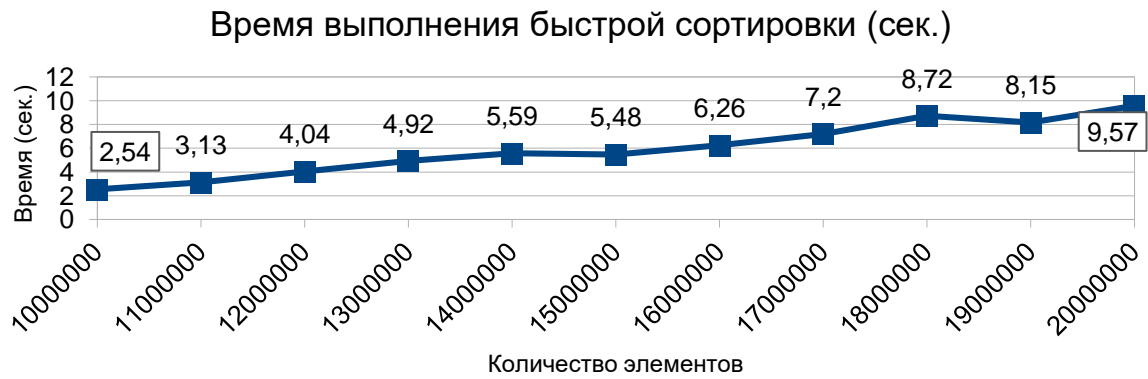


Рисунок 6 - Результаты замеров производительности программы

6 Отладка

В качестве среды разработки была выбрана программа Microsoft Visual Studio, которая содержит в себе все необходимые средства для разработки и отладки модулей и программ.

Для отладки программы использовались средства, доступные в программе Microsoft Visual Studio, которая содержит всё необходимое для разработки и отладки программ.

Точки останова – это прерывание выполнения программы, при котором выполняется вызов отладчика. Отладчик является инструментом для поиска и устранения ошибок в программе, с помощью которого можно исследовать состояние программы.

Команда шаг с заходом (step into) выполняет следующую инструкцию в обычном пути выполнения программы, а затем приостанавливает выполнение программы, чтобы мы могли проверить состояние программы с помощью отладчика. Если выполняемый оператор содержит вызов функции, шаг с заходом заставляет программу перескакивать в начало вызываемой функции, где она приостанавливается.

Также при отладке алгоритма сортировки использовалось средство Visual Studio для просмотра памяти, чтобы оценить правильность работы.

На рисунке 7 представлен процесс выполнения отладки.

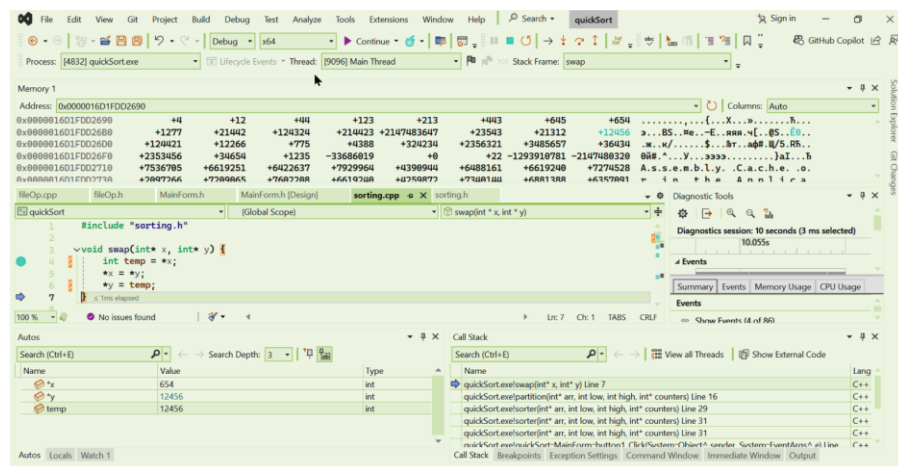


Рисунок 7 - Процесс отладки программы

7 Совместная разработка

Во время работы над данной практикой наша бригада осуществляла совместную работу в GitHub.

Мною был создан модуль реализующий алгоритм быстрой сортировки, а также создан репозиторий в среде Visual Studio.

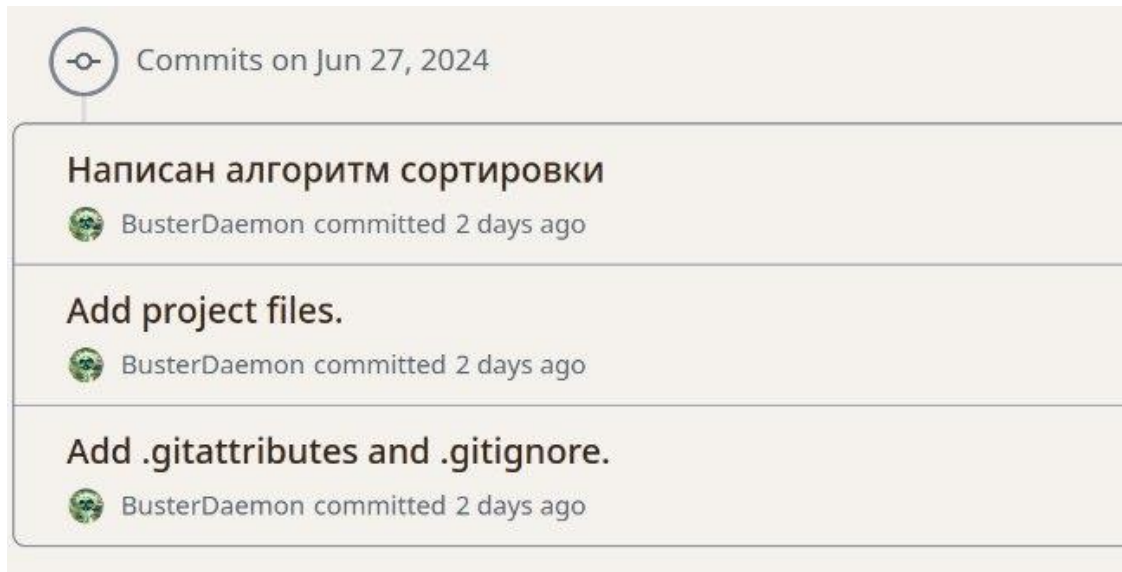


Рисунок 8 - Созданные коммиты

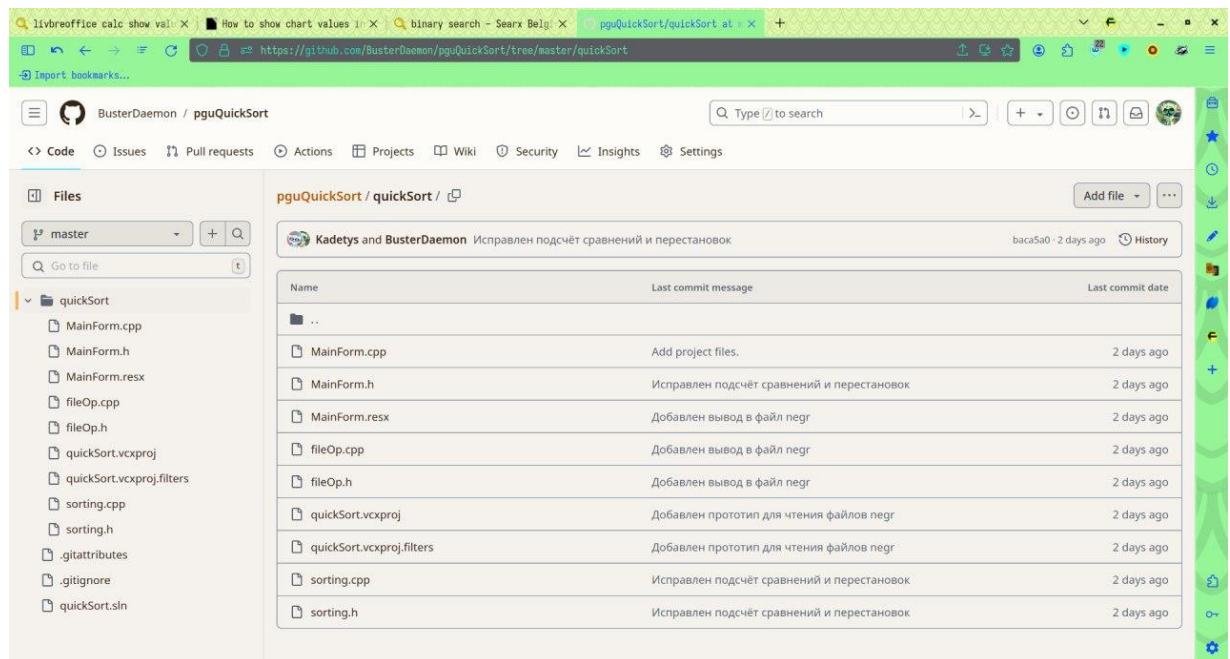


Рисунок 9 - Ветка master

Для управления репозиторием и последующей загрузкой данных на GitHub использовалась система контроля версий Git.

```
[13:51:00] busterd :: stolas → Documents/git/pguQuickSort <0cb23c6> » git commit
[detached HEAD 06ea007] Add project files.
Author: busterd <busterd@DESKTOP-HQNFGDQ>
Date: Tue Jun 25 18:04:47 2024 -0700
6 files changed, 394 insertions(+)
create mode 100644 quickSort.sln
create mode 100644 quickSort/MainForm.cpp
create mode 100644 quickSort/MainForm.h
create mode 100644 quickSort/MainForm.resx
create mode 100644 quickSort/quickSort.vcxproj
create mode 100644 quickSort/quickSort.vcxproj.filters
[13:51:08] busterd :: stolas → Documents/git/pguQuickSort <16105e3> » git commit
[detached HEAD 188f436] Написан алгоритм сортировки
Date: Tue Jun 25 20:53:57 2024 -0700
5 files changed, 71 insertions(+), 1 deletion(-)
create mode 100644 quickSort/sorting.cpp
create mode 100644 quickSort/sorting.h
Enumerating objects: 66, done.
Counting objects: 100% (66/66), done.
Delta compression using up to 16 threads
Compressing objects: 100% (29/29), done.
Writing objects: 100% (66/66), 23.46 KiB | 11.73 MiB/s, done.
Total 66 (delta 35), reused 55 (delta 35), pack-reused 0 (from 0)
remote: Resolving deltas: 100% (35/35), done.
To github.com:BusterDaemon/pguQuickSort.git
+ 213fcd... 08bc415 master → master (forced update)
```

Рисунок 10 - Использование команды git commit и git push для отправки данных в репозиторий

Ссылка на удаленный репозиторий:
<https://github.com/BusterDaemon/pguQuickSort>.

Заключение

В ходе прохождения учебной практики были освоены навыки совместной разработки с использованием сервиса Github и системы контроля версий Git. Был изучен алгоритм быстрой сортировки.

Мною был создан репозиторий проекта с использованием среды Visual Studio и впоследствии выложен на Github. Также я реализовал алгоритм быстрой сортировки массива и подключил его к основной программе.

Также в ходе были улучшены навыки программирования на языке Си++, улучшены навыки отладки программ с использованием встроенных средств Visual Studio.

В дальнейшем программу можно улучшить путем оптимизации алгоритма с использованием многопоточного программирования встроенными библиотеками языка Си++.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 19.701 – 90 Схемы алгоритмов, программ, данных и систем.
2. Гуриков, С. Р. Основы алгоритмизации и программирования на Visual C++ : учебное пособие / С.Р. Гуриков. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 515 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1039154. - ISBN 978-5-16-015500-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1039154> (дата обращения: 27.06.2024). – Режим доступа: по подписке.
3. Царев, Р. Ю. Алгоритмы и структуры данных (CDIO): Учебник / Царев Р.Ю., Прокопенко А.В. - Краснояр.:СФУ, 2016. - 204 с.: ISBN 978-5-7638-3388-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/967108> (дата обращения: 29.06.2024). – Режим доступа: по подписке.
4. DSA Quicksort [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://www.w3schools.com/dsa/dsa_algo_quicksort.php, свободный — Загл. с экрана (дата обращения 30.06.2024).

Приложение А. Листинг программы

Файл MainForm.h

```
private:                                                                    System::Void
radioButton1_CheckedChanged(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {
    if (radioButton1->Checked) {
        filePath->Enabled = false;
        selectFile->Enabled = false;
        dataQua->Enabled = true;
    }
}

private:                                                                    System::Void
radioButton2_CheckedChanged(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {
    if (radioButton2->Checked) {
        filePath->Enabled = true;
        selectFile->Enabled = true;
        dataQua->Enabled = false;
    }
}

private:    System::Void    selectFile_Click(System::Object^
sender, System::EventArgs^ e) {
    if (openDataFile->ShowDialog() ==
System::Windows::Forms::DialogResult::OK) {
        filePath->Text = openDataFile->FileName;
    }
}

private: System::Void button1_Click(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {
    if (radioButton2->Checked && filePath->Text == "") {
        MessageBox::Show("Укажите файл с данными!", "ОШИБКА");
        return;
    }
    if (radioButton1->Checked && dataQua->Value > 1) {
        // counter[0] - Счётчик сравнений
        // counter[1] - Счётчик замен
        unsigned long long counters[2] = { 0, 0 };
        int size = System::Decimal::ToInt32(dataQua->Value);
        int* arr = new int[size];
        std::srand(std::time(nullptr));

        for (int i = 0; i < size; i++) {
            arr[i] = std::rand();
        }

        sizeLbl->Text = size.ToString();
        auto a_time = std::chrono::system_clock::now();

        sorter(arr, 0, size-1, counters);
    }
}
```

```

        auto b_time = std::chrono::system_clock::now();

        std::chrono::duration<double,    std::ratio<1,    1000>>
durat = b_time - a_time;

        timeLbl->Text = durat.count().ToString();
        cmpLbl->Text = counters[0].ToString();
        swpLbl->Text = counters[1].ToString();

        if (saveData->Checked) {
            if (saveSortedData->ShowDialog() ==
System::Windows::Forms::DialogResult::OK) {
                char* fPath =
(char*)(void*)System::Runtime::InteropServices::Marshal::StringTo
oHGlobalAnsi(saveSortedData->FileName);
                writeFile(fPath, arr, &size);
            }
        }

        delete arr;
    }
    if (radioButton2->Checked) {
        int size = 0;
        char* fPath =
(char*)(void*)System::Runtime::InteropServices::Marshal::StringTo
oHGlobalAnsi(filePath->Text);
        int* arrRes = readFile(fPath, &size);
        if (arrRes == nullptr) {
            MessageBox::Show("Не могу обработать файл!",
"ОШИБКА");
            return;
        }
        unsigned long long counters[2] = { 0, 0 };
        sizeLbl->Text = size.ToString();

        auto a_time = std::chrono::system_clock::now();
        sorter(arrRes, 0, size - 1, counters);
        auto b_time = std::chrono::system_clock::now();
        std::chrono::duration<double,    std::ratio<1,    1000>>
durat = b_time - a_time;

        timeLbl->Text = durat.count().ToString();
        cmpLbl->Text = counters[0].ToString();
        swpLbl->Text = counters[1].ToString();

        if (saveData->Checked) {
            if (saveSortedData->ShowDialog() ==
System::Windows::Forms::DialogResult::OK) {
                char* fPath =

```

```

(char*) (void*)System::Runtime::InteropServices::Marshal::StringToHGlobalAnsi(saveSortedData->FileName);
        writeFile(fPath, arrRes, &size);
    }
}

delete arrRes;
}
}

```

Файл sorting.h

```

int partition(int[], int, int, unsigned long long*);
void sorter(int[], int, int, unsigned long long*);
void swap(int*, int*);

```

Файл fileOp.h

```

int* readFile(char*, int*);
void writeFile(char*, int*, int*);

```

Файл sorting.cpp

```

#include "sorting.h"

void swap(int* x, int* y) {
    int temp = *x;
    *x = *y;
    *y = temp;
}

int partition(int arr[], int low, int high, unsigned long long* counters) {
    int pivot = *(arr + high);
    int i = (low - 1);

    for (int j = low; j < high; j++) {
        if (arr[j] < pivot) {
            i++;
            swap(&arr[i], &arr[j]);
            counters[1]++;
        }
        counters[0]++;
    }

    swap(&arr[i+1], &arr[high]);

    return (i + 1);
}

```



```

void sorter(int arr[], int low, int high, unsigned long long*
counters) {
    if (low < high) {
        int pi = partition(arr, low, high, counters);
        sorter(arr, low, pi - 1, counters);
        sorter(arr, pi + 1, high, counters);
    }
}

```

Файл fileOp.cpp

```

#include "fileOp.h"
#include <fstream>
#include <iostream>
#include <vector>

int* readFile(char* filePath, int* outSize) {
    std::ifstream file;
    file.open(filePath);
    if (!file.is_open()) {
        return nullptr;
    }

    char line[UINT16_MAX];
    file.getline(line, UINT16_MAX);
    auto arr = std::string(line);
    size_t pos = 0;
    std::vector<int> vec;

    while ((pos = arr.find(",")) != std::string::npos) {
        auto tok = arr.substr(0, pos);
        vec.insert(vec.end(), std::atoi(tok.c_str()));
        arr.erase(0, pos + 1);
    }
    file.close();
    int* result = new int[vec.size()];
    *outSize = vec.size();
    std::copy(vec.begin(), vec.end(), result);

    return result;
}

void writeFile(char* fPath, int* arr, int* arrSize) {
    std::ofstream file;
    file.open(fPath);
    if (!file.is_open()) {
        return;
    }
    for (int i = 0; i < *arrSize; i++) {

```

```
        file << arr[i] << " ";  
    }  
    file.close();  
    return;  
}
```

Приложение Б. Результаты тестирования программы

The screenshot shows the 'MainForm' application window. On the left, under 'Данные', the 'Генерировать случайные' radio button is selected, and the 'Количество случайных элементов' is set to 16384. Below this is a text field for the file path and a 'Выбрать файл' button. On the right, under 'Итоги:', the following statistics are displayed: 'Количество элементов: 16384', 'Количество сравнений: 296968', 'Количество перестановок: 124392', and 'Затрачено времени (мс.): 1.93'. A large 'ЗАПУСК' button is highlighted with a blue border at the bottom right.

| Итоги: | |
|--------------------------|--------|
| Количество элементов: | 16384 |
| Количество сравнений: | 296968 |
| Количество перестановок: | 124392 |
| Затрачено времени (мс.): | 1.93 |

Рисунок Б.1

The screenshot shows the 'MainForm' application window. Under 'Данные', the 'Использовать свои' radio button is selected, and the 'Количество случайных элементов' is set to 1000. The file path is 'C:\Users\busterd\Desktop\test_data.txt'. The 'Итоги:' section shows: 'Количество элементов: 27', 'Количество сравнений: 117', 'Количество перестановок: 29', and 'Затрачено времени (мс.): 0.8182'. The 'ЗАПУСК' button is highlighted with a blue border.

| Итоги: | |
|--------------------------|--------|
| Количество элементов: | 27 |
| Количество сравнений: | 117 |
| Количество перестановок: | 29 |
| Затрачено времени (мс.): | 0.8182 |

Рисунок Б.2

The screenshot shows the 'MainForm' application window. Under 'Данные', the 'Генерировать случайные' radio button is selected, and the 'Количество случайных элементов' is set to 20000000. The 'Сохранить результат' checkbox is unchecked. The 'Итоги:' section shows: 'Количество элементов: 20000000', 'Количество сравнений: 6500321349', 'Количество перестановок: 196288577', and 'Затрачено времени (мс.): 9571.6153'. The 'ЗАПУСК' button is highlighted with a blue border.

| Итоги: | |
|--------------------------|------------|
| Количество элементов: | 20000000 |
| Количество сравнений: | 6500321349 |
| Количество перестановок: | 196288577 |
| Затрачено времени (мс.): | 9571.6153 |

Рисунок Б.3