

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**"МИРЭА - Российский технологический университет"**

**РТУ МИРЭА**

Институт информационных технологий (ИТ)

Кафедра математического обеспечения и стандартизации информационных технологий (МОСИТ)

**ОТЧЕТ ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ 6\_1**

**по дисциплине**

**«Структуры и алгоритмы обработки данных»**

Тема. Применение хеш-таблицы для оптимизации поиска данных.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Выполнил студент группы ИКБО-60-23 |  | Шеенко В.А |
| Принял старший преподаватель |  | Скворцова Л.А. |

Москва 2024

СОДЕРЖАНИЕ

[1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ 4](#_Toc181040600)

[2. ЗАДАНИЕ №1 5](#_Toc181040601)

[2.1 Требования к выполнению задания 5](#_Toc181040602)

[2.2 Тестовый пример 6](#_Toc181040603)

[2.3 Программная реализация 8](#_Toc181040604)

[2.3.1 Код файла заголовка 8](#_Toc181040605)

[2.3.2 Код основной программы 11](#_Toc181040606)

[2.4 Тестирование рехеширования 13](#_Toc181040607)

[ЗАДАНИЕ 2 15](#_Toc181040608)

[2.1 Требования к выполнению задания 15](#_Toc181040609)

[3.2 Ход решения 17](#_Toc181040610)

[3.2.1 Структуры записи элемента файла 17](#_Toc181040611)

[3.2.2 Структура хеш-таблицы 17](#_Toc181040612)

[3.2.3 Прототипы операций по управления файлом посредством хеш-таблицы. 17](#_Toc181040613)

[3.2.4 Описание реализации функций 18](#_Toc181040614)

[3.3 Программная реализация 20](#_Toc181040615)

[3.3.1 main.cpp 20](#_Toc181040616)

[3.3.2 Worker.h 21](#_Toc181040617)

[3.3.3 BinFileWorker.h 22](#_Toc181040618)

[3.3.4 task\_1.h 27](#_Toc181040619)

[3.4 Тестирование 30](#_Toc181040620)

[ВЫВОД 34](#_Toc181040621)

[СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ 35](#_Toc181040622)

# 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить навыки по разработке программы управления хеш-таблицей и её адаптации для поиска данных в других структурах данных (файлах).

Требования по выполнению практической работы.

Данная практическая работа включает два задания.

Первое задание направлено на моделирование процесса поиска по ключу посредством хеш-таблицы, при этом данные, в которых будет выполняться поиск, будут представлены массивом записей, содержащих ключ и связанные с ним данные. В задании требуется выполнить разработку кода создания и управления хеш-таблицей в отдельном файле заголовка.

Второе задание заключается в применении хеш-таблицы для оптимизации алгоритма поиска в бинарном файле с записями фиксированного размера (который тоже можно считать массивом во внешней памяти). При этом код первого задания адаптируется в соответствии с новой структурой, в которой будет осуществляться поиск.

Индивидуальный вариант №28:

Таблица 1 – Задание индивидуального варианта

|  |  |
| --- | --- |
| Открытый адрес (смещение на 1) | 1) Учет нарушений ПДД. Структура записи о нарушении ПДД: номер автомобиля, фамилия и инициалы владельца, модель, дата нарушения, место нарушения (текстом), статья (КоАП), наказание (сумма штрафа). |

# 2. ЗАДАНИЕ №1

## 2.1 Требования к выполнению задания

1. Разработать программу и определить в ней тестовый (исходный) массив из с 20 элементов (записей) (структура элемента определена вариантом). Инициализировать массив значениями. Этот массив будут представлять модель структуры данных, в которой будет выполняться поиск с использованием хеш-таблицы.

2. Разработать и реализовать в созданной программе операции управления хеш-таблицей.

2.1. Структура элемента хеш-таблицы. Для обеспечения прямого доступа к элементу массива элемент хеш-таблицы должен включать обязательные поля: − ключ записи; − индекс элемента массива, содержащий запись с этим ключом; − признак включения ключа при коллизии (назовем его prK). Элемент может содержать другие поля, требующиеся методу (указанному в вашем варианте), разрешающему коллизию.

2.2. Создать файл заголовка для определения требующихся имен переменных, констант и операций управления хеш-таблицей. Операции должны быть реализованы в формате функций.

2.2.1. Определить в созданном файле заголовка:

1) структуру элемента хеш-таблицы;

2) структуру хеш-таблицы для 11 элементов в соответствии с методом разрешения коллизии, указанном в варианте и саму таблицу;

3) прототипы операций по управлению хеш-таблицей: − хеш-функция (алгоритм определить самостоятельно), выполнить ее тестирование, убедиться, что хеш (индекс элемента таблицы) формируется верно; − вставить ключ в таблицу (учесть заполнение поля prK); − удалить ключ из таблицы; − найти ключ в таблице и вернуть ее номер (смещение) в файле; − вывод таблицы; − рехешировать таблицу; − создать хеш-таблицу для данных исходного массива.

2.2.2. Выполнить реализацию всех операций, коды сохранить в этом же файле заголовка.

2.3. Для отладки операций подготовить в тестовом массиве значения, которые обеспечат: − вставку ключа без коллизии; − вставку ключа и разрешение коллизии; − вставку ключа с последующим рехешированием; − удаление ключа из таблицы; − поиск ключа в таблице и возвращение всех данных записи.

2.4. Тестирование выполнения операций выполнять в функции main программы по мере их реализации. После тестирования всех операций, создать в заголовочном файле функцию с именем testHeshT переместить в нее содержание функции main. Код в main заменить на вызов функции testHeshT и проверить, что программа корректно выполняется.

2.5. Выполнить тестирование операций управления хеш-таблицей. По завершении операций вставки и удаления должна выводиться таблица.

## 2.2 Тестовый пример

На рис. 1 представлен динамический двумерный массив, представляющий тестовые данные.

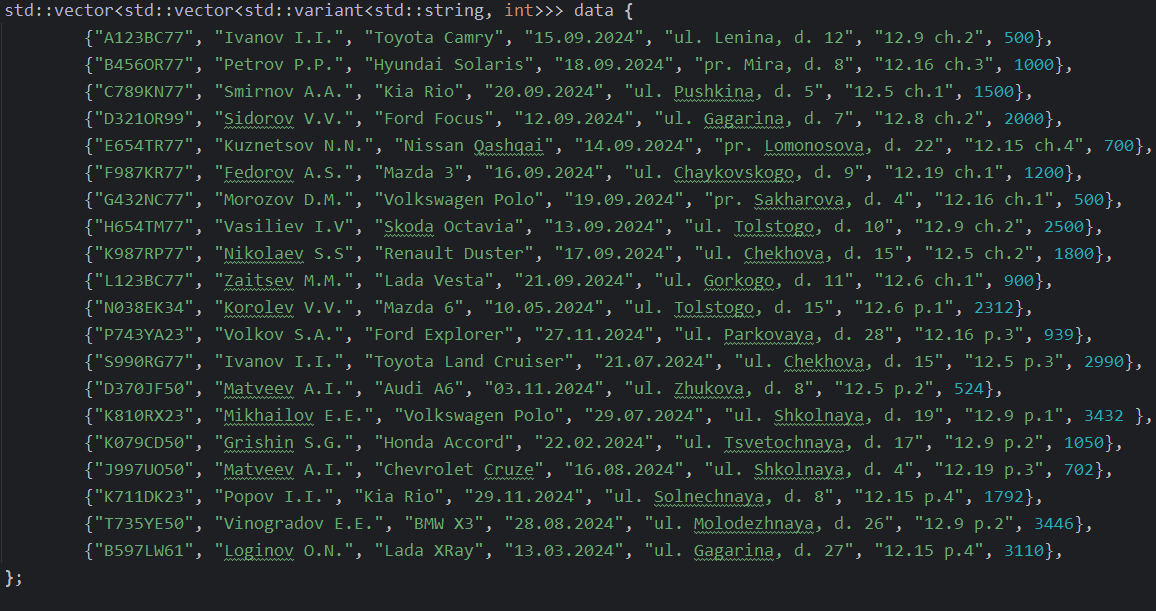


Рисунок 1 – Демонстрационный набор данных

Хэш-функция Jenkins, эта функция используется для быстрого хеширования строк и создаёт достаточно хорошее распределение:

size\_t HashFun(const std::string& str) {  
 size\_t hash\_value = 0;  
 for (char ch : str) {  
 hash\_value += static\_cast<size\_t>(ch);  
 hash\_value += (hash\_value << 10);  
 hash\_value ^= (hash\_value >> 6);  
 }  
 hash\_value += (hash\_value << 3);  
 hash\_value ^= (hash\_value >> 11);  
 hash\_value += (hash\_value << 15);  
 return hash\_value;  
}

Для наглядности предоставим вид хеш-таблицы до ее рехеширования, а именно когда ее размер равен 11 (табл. 2).

Таблица 2 – Хеш-таблица размера 11 для демонстрационного набора данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | KEY | Opened | Deleted | prK | Hash % size |
| 0 | B456OR77 | False | False | False | 0 |
| 1 | A123BC77 | False | False | False | 1 |
| 2 | C789KN77 | False | False | False | 2 |
| 3 | E654TR77 | False | False | True | 1 |
| 4 | F987KR77 | False | False | True | 3 |
| 5 | G432NC77 | False | False | True | 1 |
| 6 | K987RP77 | False | False | True | 10 |
| 7 |  | True | False | False |  |
| 8 | D321OR99 | False | False | False | 8 |
| 9 |  | True | False | False |  |
| 10 | H654TM77 | False | False | False | 10 |

После рехеширования размер таблицы изменится до 23, а также позиции записей изменятся (табл. 3)

Таблица 3 – Хеш-таблица размера 23 для демонстрационного набора данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | KEY | Opened | Deleted | prK | Hash % size |
| 0 |  | True | False | True |  |
| 1 | E654TR77 | False | False | False | 1 |
| 2 | G432NC77 | False | False | False | 2 |
| 3 | D321OR99 | False | False | True | 2 |
| 4 |  | True | False | False |  |
| 5 | B456OR77 | False | False | False | 5 |
| 6 | A123BC77 | False | False | False | 6 |
| 7 |  | True | False | False |  |
| 8 |  | True | False | False |  |
| 9 | H654TM77 | False | False | False | 9 |
| 10 |  | True | False | False |  |
| 11 |  | True | False | False |  |
| 12 |  | True | False | False |  |
| 13 |  | True | False | False |  |
| 14 |  | True | False | False |  |
| 15 | C789KN77 | False | False | False | 15 |
| 16 |  | True | False | False |  |
| 17 | K987RP77 | False | False | False | 17 |
| 18 |  | True | False | False |  |
| 19 | F987KR77 | False | False | False | 19 |
| 20 |  | True | False | False |  |
| 21 |  | True | False | False |  |
| 22 |  | True | False | False |  |

## 2.3 Программная реализация

### 2.3.1 Код файла заголовка

#ifndef CODE\_TASK\_1\_H  
#define CODE\_TASK\_1\_H  
  
#include <string>  
#include <iostream>  
#include <algorithm>  
#include <iomanip>  
#include <cmath>  
  
struct Node {  
 std::string key;  
  
 bool prK = false;  
 bool opened = true;  
 bool deleted = false;  
  
 int ind\_data;  
};  
  
  
struct HashTable {  
 size\_t table\_size = 5;  
 size\_t num\_closed = 0;  
 Node\* hash\_table;  
  
 HashTable() {  
 hash\_table = new Node[table\_size];  
 }  
  
 ~HashTable() {  
 delete[] hash\_table;  
 }  
};  
  
  
void ResizeTable(HashTable&, float);  
void PrintHashTable(HashTable&);  
void InsertElem(HashTable&, std::string key, size\_t ind\_data);  
  
bool isPrime(int num) {  
 int q = (int)sqrt(num);  
  
 if (q\*q == num)  
 return false;  
  
 for (int i = 2; i < q; i++) {  
 if (num % i == 0)  
 return false;  
 }  
  
 return true;  
}  
  
size\_t HashFun(const std::string& str) {  
 size\_t hash\_value = 0;  
 for (char ch : str) {  
 hash\_value += static\_cast<size\_t>(ch);  
 hash\_value += (hash\_value << 10);  
 hash\_value ^= (hash\_value >> 6);  
 }  
 hash\_value += (hash\_value << 3);  
 hash\_value ^= (hash\_value >> 11);  
 hash\_value += (hash\_value << 15);  
 return hash\_value;  
}  
  
void ResizeTable(HashTable& hashTable) {  
 size\_t old\_size = hashTable.table\_size;  
 Node\* old\_table = hashTable.hash\_table;  
  
 size\_t new\_size = old\_size \* 2 + 1;  
 while (!isPrime(new\_size))  
 new\_size += 2;  
  
 PrintHashTable(hashTable);  
  
 hashTable.table\_size = new\_size;  
 hashTable.hash\_table = new Node[hashTable.table\_size];  
 hashTable.num\_closed = 0;  
  
  
 for (size\_t i = 0; i < old\_size; i++) {  
 if (!old\_table[i].opened) {  
 InsertElem(hashTable, old\_table[i].key, old\_table[i].ind\_data);  
 }  
 }  
  
 delete[] old\_table;  
}  
  
void InsertElem(HashTable& hashTable, std::string key, size\_t ind\_data) {  
 size\_t pos = HashFun(key) % hashTable.table\_size;  
 bool K = false;  
  
 while (!hashTable.hash\_table[pos].opened) {  
 K = true;  
 pos++;  
  
 if (pos == hashTable.table\_size) {  
 pos = 0;  
 }  
 }  
  
 if (!hashTable.hash\_table[pos].deleted)  
 hashTable.num\_closed++;  
  
 hashTable.hash\_table[pos].key = key;  
 hashTable.hash\_table[pos].prK = K;  
 hashTable.hash\_table[pos].ind\_data = ind\_data;  
 hashTable.hash\_table[pos].opened = false;  
 hashTable.hash\_table[pos].deleted = false;  
  
 if ((float)hashTable.num\_closed / (float)hashTable.table\_size > 0.75)  
 ResizeTable(hashTable);  
}  
  
void DeleteElem(HashTable& hashTable, const std::string& key) {  
 size\_t pos = HashFun(key) % hashTable.table\_size;  
  
 while ((!hashTable.hash\_table[pos].opened || hashTable.hash\_table[pos].deleted)  
 && hashTable.hash\_table[pos].key != key) {  
 pos++;  
  
 if (pos == hashTable.table\_size)  
 pos = 0;  
 }  
  
 if (hashTable.hash\_table[pos].key != key)  
 return;  
  
 hashTable.hash\_table[pos].deleted = true;  
 hashTable.hash\_table[pos].opened = true;  
}  
  
void PrintHashTable(HashTable& table) {  
 std::cout << std::right << std::setw(4) << "#" << std::setw(10) << "KEY"  
 << std::setw(12) << "Opened" << std::setw(12) << "Deleted" << std::setw(8) << "prK" <<  
 std::setw(16) << "Hash % size" << '\n';  
 for (size\_t i = 0; i < table.table\_size; i++) {  
 bool flag = !table.hash\_table[i].opened && !table.hash\_table[i].deleted;  
 std::cout << std::right << std::setw(4) << i << std::setw(10) << (flag ? table.hash\_table[i].key : std::string(9, '.')) <<  
 std::boolalpha << std::setw(12) << table.hash\_table[i].opened <<  
 std::setw(12) << table.hash\_table[i].deleted <<  
 std::setw(8) << table.hash\_table[i].prK << std::setw(16) <<  
 (flag ? std::to\_string(HashFun(table.hash\_table[i].key) % table.table\_size) : std::string(15, '.')) << '\n';  
 }  
}  
  
size\_t FindElem (HashTable& hashTable, const std::string& key) {  
 size\_t pos = HashFun(key) % hashTable.table\_size;  
  
 while ((!hashTable.hash\_table[pos].opened || hashTable.hash\_table[pos].deleted)  
 && hashTable.hash\_table[pos].key != key) {  
 pos++;  
  
 if (pos == hashTable.table\_size)  
 pos = 0;  
 }  
  
 if (hashTable.hash\_table[pos].key != key || hashTable.hash\_table[pos].deleted)  
 return -1;  
  
 return hashTable.hash\_table[pos].ind\_data;  
}

#endif //CODE\_TASK\_1\_H

### 2.3.2 Код основной программы

#include "task\_1.h"  
#include <vector>  
#include <variant>  
  
int main() {  
 HashTable h;  
  
 std::vector<std::vector<std::variant<std::string, int>>> data **{** {"A123BC77", "Ivanov I.I.", "Toyota Camry", "15.09.2024", "ul. Lenina, d. 12", "12.9 ch.2", 500},  
 {"B456OR77", "Petrov P.P.", "Hyundai Solaris", "18.09.2024", "pr. Mira, d. 8", "12.16 ch.3", 1000},  
 {"C789KN77", "Smirnov A.A.", "Kia Rio", "20.09.2024", "ul. Pushkina, d. 5", "12.5 ch.1", 1500},  
 {"D321OR99", "Sidorov V.V.", "Ford Focus", "12.09.2024", "ul. Gagarina, d. 7", "12.8 ch.2", 2000},  
 {"E654TR77", "Kuznetsov N.N.", "Nissan Qashqai", "14.09.2024", "pr. Lomonosova, d. 22", "12.15 ch.4", 700},  
 {"F987KR77", "Fedorov A.S.", "Mazda 3", "16.09.2024", "ul. Chaykovskogo, d. 9", "12.19 ch.1", 1200},  
 {"G432NC77", "Morozov D.M.", "Volkswagen Polo", "19.09.2024", "pr. Sakharova, d. 4", "12.16 ch.1", 500},  
 {"H654TM77", "Vasiliev I.V", "Skoda Octavia", "13.09.2024", "ul. Tolstogo, d. 10", "12.9 ch.2", 2500},  
 {"K987RP77", "Nikolaev S.S", "Renault Duster", "17.09.2024", "ul. Chekhova, d. 15", "12.5 ch.2", 1800},  
 {"L123BC77", "Zaitsev M.M.", "Lada Vesta", "21.09.2024", "ul. Gorkogo, d. 11", "12.6 ch.1", 900},  
 {"N038EK34", "Korolev V.V.", "Mazda 6", "10.05.2024", "ul. Tolstogo, d. 15", "12.6 p.1", 2312},  
 {"P743YA23", "Volkov S.A.", "Ford Explorer", "27.11.2024", "ul. Parkovaya, d. 28", "12.16 p.3", 939},  
 {"S990RG77", "Ivanov I.I.", "Toyota Land Cruiser", "21.07.2024", "ul. Chekhova, d. 15", "12.5 p.3", 2990},  
 {"D370JF50", "Matveev A.I.", "Audi A6", "03.11.2024", "ul. Zhukova, d. 8", "12.5 p.2", 524},  
 {"K810RX23", "Mikhailov E.E.", "Volkswagen Polo", "29.07.2024", "ul. Shkolnaya, d. 19", "12.9 p.1", 3432 },  
 {"K079CD50", "Grishin S.G.", "Honda Accord", "22.02.2024", "ul. Tsvetochnaya, d. 17", "12.9 p.2", 1050},  
 {"J997UO50", "Matveev A.I.", "Chevrolet Cruze", "16.08.2024", "ul. Shkolnaya, d. 4", "12.19 p.3", 702},  
 {"K711DK23", "Popov I.I.", "Kia Rio", "29.11.2024", "ul. Solnechnaya, d. 8", "12.15 p.4", 1792},  
 {"T735YE50", "Vinogradov E.E.", "BMW X3", "28.08.2024", "ul. Molodezhnaya, d. 26", "12.9 p.2", 3446},  
 {"B597LW61", "Loginov O.N.", "Lada XRay", "13.03.2024", "ul. Gagarina, d. 27", "12.15 p.4", 3110},  
 **}**;  
  
  
 for (int i = 0; i < data.size(); i++) {  
 InsertElem(h, std::visit([](auto&& arg) -> std::string {  
 if constexpr (std::is\_same\_v<std::decay\_t<decltype(arg)>, int>) {  
 return std::to\_string(arg);  
 } else {  
 return arg;  
 }  
 }, data[i][0]), i);  
 }  
  
 PrintHashTable(h);  
  
 DeleteElem(h, "D321OR99");  
  
 std::cout << '\n';  
 PrintHashTable(h);  
 std::cout << FindElem(h, "H654TM77") <<'\n' << '\n';  
  
 DeleteElem(h, "C789KN77");  
 PrintHashTable(h);  
  
 std::cout << FindElem(h, "P743YA23") << '\n' << '\n'; // Поиск после удаленного элемента  
}

## 2.4 Тестирование рехеширования

Вид хеш-таблицы размера 11 до момента ее рехеширования показан на рис. 2.

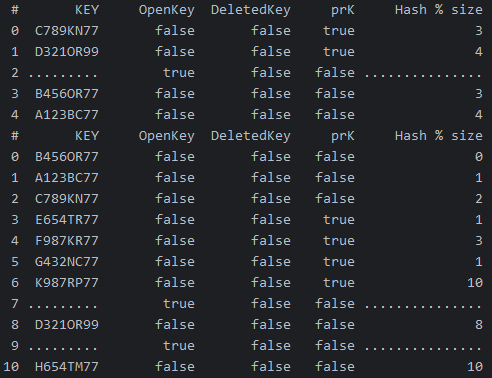


Рисунок 2 – Вид хеш-таблицы до ее рехеширования

После рехеширования хеш-таблица приобретет следующий вид (рис. 3):

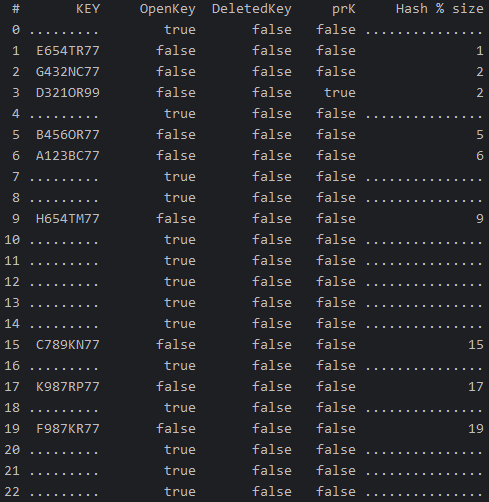


Рисунок 3 – Вид хеш-таблицы после ее рехеширования

# ЗАДАНИЕ 2

## 2.1 Требования к выполнению задания

Программа должна управлять двумя структурами данных: файл,   
хеш-таблица. Управление структурами предусматривает определение самой структуры как хранилища данных, так и операций над ними. Для повышения структуризации кода программы, требуется использовать два файла заголовков для локализации этих структур и третий заголовочный файл, который будет содержать операции доступа к записям файла посредством хеш-таблицы.

Заголовочные файлы должны содержать определения структуры данных, прототипы функций, реализующих операции и реализацию операций.

1. Разработать программу.

2. Подключить файл заголовка, созданный во второй практической работе, по управлению двоичным файлом.

2.1. Заголовочный файл должен содержать:

− определение структуры записи (определена в варианте задания табл.

ХХХ) двоичного файла;

− операции управления двоичным файлом: создание двоичного файла из текстового, добавление записи в двоичный файл, удаление записи с заданным ключом из файла, чтение записи файла по заданному номеру записи и возвращение значения записи.

2.2. Выполнить тестирование всех операций из функции main программы.

2.3. После корректного выполнения программой всех операций:

− создать в файле заголовка функцию с именем testBinFile;

− содержание функции main переместить в эту функцию;

− из функции main вызвать функцию testBinFile и убедиться, что программа корректно работает.

3. Подключить файл заголовка по управлению хеш-таблицей, созданный в этой практической работе в задании 1.

4. Создать в программе новый заголовочный файл управления файлом посредством хеш-таблицы.

4.1. Подключить в нем заголовочные файлы: управления хеш-таблицей, управления двоичным файлом.

4.2. Разработать и реализовать операции управления файлом посредством хеш-таблицы:

1) прочитать запись из файла и вставить элемент в таблицу (элемент включает: ключ и номер записи с этим ключом в файле);

2) удалить запись из таблицы при заданном значении ключа и соответственно удалить из файла;

3) найти запись в файле по значению ключа (найти ключ в хеш-таблице, получить номер записи с этим ключом в файле, выполнить прямой доступ

к записи по ее номеру) и вернуть запись.

4.3. Выполнить тестирование и отладку операций по мере их реализации, а не все сразу. Возможно, придется внести изменения в код каких-то функций.

5. Выполнить тестирование программы для файла небольшого (не менее 100) и большого размера (до 1 000 000). по количеству записей.

5.1. Подготовить тесты для тестирования программы в текстовом файл, затем создайте бинарный файл. Достаточно только значений ключей.

5.2. Включить в файл записи, приводящие и не приводящие к коллизиям.

5.3. Определить размер таблицы так, чтобы потребовалось рехеширование.

5.4. Определите время поиска записи с заданным ключом: для первой записи файла, для последней и где-то в середине. Убедитесь (или нет), что время доступа для всех записей одинаково.

## 3.2 Ход решения

### 3.2.1 Структуры записи элемента файла

Для работы с записями об нарушениях используется следующая структура, которая имеет фиксированную длину, а именно, **178 байт.**

struct Violation {  
 char carNumber[16];  
 char name[32];  
 char model[32];  
 char data[32];  
 char place[32];  
 char article[32];  
 short fine;

}

### 3.2.2 Структура хеш-таблицы

Дальше показана структура хеш-таблицы и ее записи, реализованные в прошлом задание, но используемые повторно в этом.

struct Node {  
 std::string key;  
  
 bool prK = false;  
 bool opened = true;  
 bool deleted = false;  
  
 int ind\_data;  
};  
  
struct HashTable {  
 size\_t table\_size = 5;  
 size\_t num\_closed = 0;  
 Node\* hash\_table;  
  
 HashTable() {  
 hash\_table = new Node[table\_size];  
 }  
  
 ~HashTable() {  
 delete[] hash\_table;  
 }  
};

### 3.2.3 Прототипы операций по управления файлом посредством хеш-таблицы.

bool ExtractRecordToHash(HashTable& h, const std::string& s\_bin\_file, size\_t ordinal\_num);

bool ChangeIndDataInTable (HashTable& h, const std::string& car\_num, size\_t ind\_new)

bool DelRecord(HashTable& h, const std::string& s\_bin\_file, const std::string& key);  
  
Violation GetViolationByKey(HashTable& h, const std::string& s\_bin\_file, const std::string& key, bool& SUCCESS\_CODE);

Первые две из представленных функций возвращают булево значение, которое указывает на успешность завершения работы функции. Последняя функция возвращает саму запись.

ExtractRecordToHash – реализует преобразование записи по порядковому номеру из бинарного файла в элемент хеш-таблицы.

ChangeIndDataInTable – вспомогательная функция, используемая для изменения ссылки на данные записи в бинарном файле после удаления.

DelRecord – Удаляет запись из хеш-таблицы и бинарного файла.

GetViolationByKey – Если в хеш-таблицы существует элемент с определенным ключом, то возвращает полноценную запись из бинарного файла.

### 3.2.4 Описание реализации функций

**ExtractRecordToHash:**

В функции выполняется извлечение информации о нарушении из файла по пути s\_bin\_file по заданному номер ordinal\_num. Для этого используется функци GetViolationByOrdinalNum, реализованной ранее, возвращающая структуру (или объект) с информацией о нарушении, например, номер транспортного средства carNumber. В процессе извлечения в переменную flag записывается логическое значение, указывающее на успешность извлечения.

Если flag установился в true (то есть запись была успешно извлечена), то:

* В хеш-таблицу h добавляется запись, ассоциирующая car\_name с ordinal\_num с помощью функции InsertElem.
* Функция возвращает true, указывая на успешное добавление записи.

Иначе: возвращает false.

**ChangeIndDataInTable:**

Функция ChangeIndDataInTable обновляет значение индекса ind\_data для записи с определённым номером автомобиля car\_num в хеш-таблице h. Сначала вычисляется хеш позиции, по которой может находиться запись. Затем функция выполняет проверку, является ли ячейка в хеш-таблице занятой и соответствующей нужному ключу car\_num. Если она закрыта, удалена и не совпадает, выполняется циклический сдвиг до совпадения. При нахождении правильной записи обновляется её индекс на ind\_new, и функция возвращает true. Если запись не найдена, возвращается false.

**DelRecord:**

Функция DelRecord удаляет запись о нарушении, связанного с ключом key, из бинарного файла s\_bin\_file и обновляет хеш-таблицу h. Сначала вызывается DeleteViolationByCarNum, который удаляет запись в файле и возвращает индекс ind удалённой записи. Если ind равен -1, это означает, что удаление не удалось, и функция возвращает false.

Если запись удалена успешно, функция DeleteElem удаляет её из хеш-таблицы. Далее GetViolationByOrdinalNum пытается получить запись из файла по индексу ind и извлечь номер автомобиля car\_num. Если это не удаётся, функция возвращает false.

Если номер автомобиля успешно извлечён, ChangeIndDataInTable обновляет индекс этой записи в хеш-таблице, и функция возвращает true, указывая на успешное завершение операции.

**GetViolationByKey:**

Функция GetViolationByKey ищет информацию о нарушении по заданному ключу key в хеш-таблице h и возвращает её, если она найдена. Сначала переменной SUCCESS\_CODE` присваивается значение false, указывая, что поиск пока неудачен. Затем функция ищет позицию элемента с помощью FindElem, который возвращает target — индекс искомого элемента. Если target равен -1, это означает, что элемент не найден, и функция возвращает пустой объект Violation.

Если элемент найден, функция извлекает и возвращает запись о нарушении по порядковому номеру target из файла s\_bin\_file, обновляя SUCCESS\_CODE на true для индикации успешного выполнения.

**Общий алгоритм поиска записи с заданным ключом в файле посредством хеш-таблицы:**

Алгоритм поиска записи с заданным ключом в файле посредством хеш-таблицы состоит из следующих шагов:

1. Поиск записи в хеш-таблице: Сначала выполняется поиск позиции ключа в хеш-таблице. Это делается с помощью функции, которая находит элемент по заданному ключу, используя хеш-функцию для вычисления его позиции. Если ключ не найден, алгоритм завершает работу, так как соответствующая запись отсутствует.

2. Извлечение индекса из таблицы: Когда элемент найден в хеш-таблице, из него извлекается индекс записи в бинарном файле. Этот индекс указывает на порядковый номер записи в файле, соответствующий ключу.

3. Чтение записи из файла: С использованием извлечённого индекса производится доступ к файлу, где считывается запись по этому номеру. Чтение записи осуществляется специальной функцией (GetViolationByOrdinalNum), которая получает запись по её порядковому номеру, возвращая нужные данные, такие как номер автомобиля или другие сведения о нарушении

## 3.3 Программная реализация

### 3.3.1 main.cpp

int main() {  
 std::cout << sizeof(Violation) << '\n';  
  
 HashTable h;  
 std::string s\_bin\_file = "BinTest";  
  
 // Вставка из бинарника в хэш-таблицу  
 TextToBin("Z:\\MIREA\\SIAOD2\\SIAOD-3-sem\\6\_1\\code\\SmallTest", s\_bin\_file);  
 size\_t cur\_pos = 0;  
 while (ExtractRecordToHash(h, s\_bin\_file, cur\_pos++));  
  
 bool flag;  
 Violation v = GetViolationByKey(h, s\_bin\_file, "D370JF50", flag);  
  
 if (flag)  
 std::cout << v.ToString() << '\n';  
 else  
 std::cout << "Error" << '\n';  
  
 DelRecord(h, s\_bin\_file, "D370JF50");  
  
 v = GetViolationByKey(h, s\_bin\_file, "D370JF50", flag);  
  
 if (flag)  
 std::cout << v.ToString() << '\n';  
 else  
 std::cout << "Error" << '\n';  
  
 v = GetViolationByKey(h, s\_bin\_file, "I304D76", flag);  
 if (flag)  
 std::cout << v.ToString() << "\n";  
 else  
 std::cout << "Error" << '\n';  
}

### 3.3.2 Worker.h

#ifndef CODE\_WORKER\_H  
#define CODE\_WORKER\_H  
  
#include "BinFileWorker.h"  
#include "task\_1.h"  
  
bool ExtractRecordToHash(HashTable& h, const std::string& s\_bin\_file, size\_t ordinal\_num);  
bool DelRecord(HashTable& h, const std::string& s\_bin\_file, const std::string& key);  
bool ChangeIndDataInTable (HashTable& h, const std::string& car\_num, size\_t ind\_new);  
Violation GetViolationByKey(HashTable& h, const std::string& s\_bin\_file, const std::string& key, bool& SUCCESS\_CODE);  
  
bool ExtractRecordToHash(HashTable &h, const std::string &s\_bin\_file, size\_t ordinal\_num) {  
 bool flag;  
 std::string car\_name = GetViolationByOrdinalNum(s\_bin\_file, ordinal\_num, flag).carNumber;  
  
 if (flag) {  
 InsertElem(h, car\_name, ordinal\_num);  
 return true;  
 }  
  
 return false;  
 DelRecord(h, s\_bin\_file, "l");  
}  
  
bool DelRecord(HashTable& h, const std::string& s\_bin\_file, const std::string& key) {  
 size\_t ind = DeleteViolationByCarNum(s\_bin\_file, key);  
  
 if (ind == -1)  
 return false;  
  
 DeleteElem(h, key);  
  
 bool flag = false;  
 std::string car\_num = GetViolationByOrdinalNum(s\_bin\_file, ind, flag).carNumber;  
  
 if (!flag)  
 return false;  
  
 return ChangeIndDataInTable(h, car\_num, ind);  
}  
  
Violation GetViolationByKey(HashTable& h, const std::string& s\_bin\_file, const std::string& key, bool& SUCCESS\_CODE) {  
 SUCCESS\_CODE = false;  
 size\_t target = FindElem(h, key);  
  
 if (target == -1)  
 return {};  
  
 return GetViolationByOrdinalNum(s\_bin\_file, target, SUCCESS\_CODE);  
}  
  
bool ChangeIndDataInTable (HashTable& h, const std::string& car\_num, size\_t ind\_new) {  
 size\_t pos = HashFun(car\_num) % h.table\_size;  
  
 while ((!h.hash\_table[pos].opened || h.hash\_table[pos].deleted)  
 && h.hash\_table[pos].key != car\_num) {  
 pos++;  
  
 if (pos == h.table\_size)  
 pos = 0;  
 }  
  
 if (h.hash\_table[pos].key != car\_num)  
 return false;  
  
 h.hash\_table[pos].ind\_data = ind\_new;  
 return true;  
}  
  
  
  
#endif //CODE\_WORKER\_H

### 3.3.3 BinFileWorker.h

#ifndef CODE\_BINFILEWORKER\_H  
#define CODE\_BINFILEWORKER\_H  
#include <iostream>  
#include <vector>  
#include <string>  
#include <fstream>  
#include <cstring>  
#include <filesystem>  
  
namespace fs = std::filesystem;  
  
std::vector<std::string> Split(std::string s, const std::string& separator) {  
 std::vector<std::string> tokens;  
 size\_t pos = 0;  
 std::string token;  
  
 while ((pos = s.find(separator)) != std::string::npos) {  
 token = s.substr(0, pos);  
  
 if (!token.empty())  
 tokens.push\_back(token);  
  
 s.erase(0, pos + separator.length());  
 }  
  
 if (!s.empty())  
 tokens.push\_back(s);  
  
 return tokens;  
}  
  
struct Violation {  
 char carNumber[16];  
 char name[32];  
 char model[32];  
 char data[32];  
 char place[32];  
 char article[32];  
 short fine;  
  
 void SetFieldsByStr(const std::string& s) {  
 std::vector<std::string> tokens = Split(s, ";");  
  
 if (tokens.size() != 7) {  
 std::cerr << "Reading Error" << '\n';  
 return;  
 }  
  
 strcpy(carNumber, tokens[0].c\_str());  
 strcpy(name, tokens[1].c\_str());  
 strcpy(model, tokens[2].c\_str());  
 strcpy(data, tokens[3].c\_str());  
 strcpy(place, tokens[4].c\_str());  
 strcpy(article, tokens[5].c\_str());  
 fine = std::stoi(tokens[6]);  
 }  
  
 std::string ToString() {  
 std::string res;  
  
 res = carNumber + std::string(";") + name + std::string(";") + model + std::string(";") +  
 data + std::string(";") + place + std::string(";") + article + std::string(";") +  
 std::to\_string(fine) + std::string(";");  
  
 return res;  
 }  
};  
  
void TextToBin(const std::string& file\_name, const std::string& bin\_file\_name) {  
 std::ifstream file(file\_name);  
 std::ofstream bin\_file(bin\_file\_name, std::ios::binary);  
  
 if (!file.is\_open() || !bin\_file.is\_open()) {  
 std::cerr << "Error opening file" << '\n';  
 return;  
 }  
  
 std::string s;  
 Violation violation;  
  
 while (std::getline(file, s)) {  
 violation.SetFieldsByStr(s);  
 bin\_file.write((char\*)&violation, sizeof(Violation));  
 }  
  
 file.close();  
 bin\_file.close();  
}  
  
void BinToText(const std::string& file\_name, const std::string& bin\_file\_name) {  
 std::ifstream bin\_file(bin\_file\_name, std::ios::binary);  
 std::ofstream file(file\_name);  
  
 if (!bin\_file.is\_open() || !file.is\_open()) {  
 std::cerr << "Error opening file" << '\n';  
 return;  
 }  
  
 Violation violation;  
  
 while (bin\_file.read((char\*)&violation, sizeof(Violation))) {  
 file << violation.ToString() << '\n';  
 }  
  
 bin\_file.close();  
 file.close();  
}  
  
void PrintAllViolationInBin(const std::string& bin\_file\_name) {  
 std::ifstream bin\_file(bin\_file\_name, std::ios::binary);  
  
 if (!bin\_file.is\_open()) {  
 std::cerr << "Error opening file" << '\n';  
 return;  
 }  
  
 Violation violation;  
  
 while (bin\_file.read((char\*)&violation, sizeof(Violation))) {  
 std::cout << violation.ToString() << '\n';  
 }  
  
 bin\_file.close();  
}  
  
Violation GetViolationByCarNum(const std::string& bin\_file\_name, const std::string& car\_num, bool& SUCCESS\_CODE) {  
 std::ifstream bin\_file(bin\_file\_name, std::ios::binary);  
 SUCCESS\_CODE = false;  
  
 if (!bin\_file.is\_open()) {  
 std::cerr << "Error opening file" << '\n';  
 return {};  
 }  
  
 Violation violation;  
  
 while (bin\_file.read((char\*)&violation, sizeof(Violation))) {  
 if (strcmp(violation.carNumber, car\_num.c\_str()) == 0) {  
 bin\_file.close();  
 SUCCESS\_CODE = true;  
 return violation;  
 }  
 }  
  
 bin\_file.close();  
 return {};  
}  
  
// Теперь возвращает индекс записи, удаленной и измененной на последнюю запись  
size\_t DeleteViolationByCarNum(const std::string& bin\_file\_name, const std::string& car\_num) {  
 std::fstream bin\_file(bin\_file\_name, std::ios::binary | std::ios::in | std::ios::out | std::ios::ate);  
 if (!bin\_file.is\_open())  
 return -1;  
  
 size\_t file\_size = fs::file\_size(bin\_file\_name);  
 bin\_file.seekg(0, std::ios::beg);  
  
 int violations\_count = file\_size / sizeof(Violation);  
  
 std::streampos last\_record\_pos = (violations\_count - 1) \* sizeof(Violation);  
 Violation last\_violation;  
 bin\_file.seekg(last\_record\_pos);  
 bin\_file.read((char\*)&last\_violation, sizeof(Violation));  
  
 bool deleted = false;  
 std::streampos cur\_pos = std::ios::beg;  
 Violation violation;  
  
 size\_t ind\_del = -1;  
 bin\_file.seekp(std::ios::beg);  
 while (cur\_pos != file\_size) {  
 bin\_file.read((char\*)&violation, sizeof(Violation));  
  
 if (strcmp(violation.carNumber, car\_num.c\_str()) == 0 && ind\_del == -1) {  
 bin\_file.seekp(cur\_pos);  
 bin\_file.write((char\*)&last\_violation, sizeof(Violation));  
 ind\_del = cur\_pos / sizeof(Violation);  
 }  
  
 cur\_pos = bin\_file.tellg();  
 }  
  
 bin\_file.close();  
 fs::resize\_file(bin\_file\_name, file\_size - sizeof(Violation));  
 return ind\_del;  
}  
  
void SelectionByCarNum(const std::string& bin\_file\_name, const std::string& new\_file\_name, const std::string& car\_num) {  
 std::ifstream bin\_file(bin\_file\_name, std::ios::binary);  
 std::ofstream new\_bin\_file(new\_file\_name, std::ios::binary);  
  
 if (!bin\_file.is\_open()) {  
 std::cerr << "Error opening file" << '\n';  
 return;  
 }  
  
 Violation violation;  
  
 while (bin\_file.read((char\*)&violation, sizeof(Violation))) {  
 if (strcmp(violation.carNumber, car\_num.c\_str()) == 0)  
 new\_bin\_file << violation.ToString() << '\n';  
 }  
  
 bin\_file.close();  
}  
  
void DoubleFine(const std::string& bin\_file\_name, const std::string& start\_date,  
 const std::string& end\_date, const std::string& article) {  
  
 std::fstream bin\_file(bin\_file\_name, std::ios::binary | std::ios::in | std::ios::out);  
  
 if (!bin\_file.is\_open()) {  
 std::cerr << "Error opening file" << '\n';  
 return;  
 }  
  
 Violation violation;  
  
 while (bin\_file.read((char\*)&violation, sizeof(Violation))) {  
 if (violation.data >= start\_date && violation.data <= end\_date && strcmp(violation.article, article.c\_str()) == 0) {  
 violation.fine \*= 2;  
 bin\_file.seekp(-sizeof(Violation), std::ios::cur);  
 bin\_file.write((char \*) &violation, sizeof(Violation));  
 }  
 }  
  
 bin\_file.close();  
}  
  
void PrintBinFileInHex(const std::string& bin\_file\_name) {  
 std::ifstream bin\_file(bin\_file\_name, std::ios::binary);  
  
 if (!bin\_file.is\_open()) {  
 std::cerr << "Error opening file" << '\n';  
 return;  
 }  
  
 char c;  
 int k = 0;  
 while (bin\_file.get(c)) {  
 std::cout << std::hex << std::setw(2) << std::setfill('0')  
 << (static\_cast<unsigned int>(c) & 0xFF)  
 << ' ';  
 k++;  
  
 if (k % 16 == 0)  
 std::cout << '\n';  
 }  
  
 bin\_file.close();  
}  
  
Violation GetViolationByOrdinalNum(const std::string& bin\_file\_name, const size\_t ordinal\_num, bool& SUCCESS\_CODE) {  
 std::fstream bin\_file(bin\_file\_name, std::ios::binary | std::ios::in | std::ios::out | std::ios::ate);  
 SUCCESS\_CODE = false;  
  
 if (!bin\_file.is\_open()) {  
 return {};  
 }  
  
 size\_t file\_size = fs::file\_size(bin\_file\_name);  
 bin\_file.seekg(0, std::ios::beg);  
 int violations\_count = file\_size / sizeof(Violation);  
  
 if (ordinal\_num > violations\_count - 1 || ordinal\_num < 0) {  
 return {};  
 }  
  
 std::streampos record\_pos = ordinal\_num \* sizeof(Violation);  
 bin\_file.seekg(record\_pos, std::ios::beg);  
  
 Violation target\_violation;  
 bin\_file.read((char\*)&target\_violation, sizeof(Violation));  
  
 SUCCESS\_CODE = true;  
 return target\_violation;  
}  
  
#endif //CODE\_BINFILEWORKER\_H

### 3.3.4 task\_1.h

#ifndef CODE\_TASK\_1\_H  
#define CODE\_TASK\_1\_H  
  
#include <string>  
#include <iostream>  
#include <algorithm>  
#include <iomanip>  
#include <cmath>  
  
struct Node {  
 std::string key;  
  
 bool prK = false;  
 bool opened = true;  
 bool deleted = false;  
  
 int ind\_data;  
};  
  
struct HashTable {  
 size\_t table\_size = 5;  
 size\_t num\_closed = 0;  
 Node\* hash\_table;  
  
 HashTable() {  
 hash\_table = new Node[table\_size];  
 }  
  
 ~HashTable() {  
 delete[] hash\_table;  
 }  
};  
  
void ResizeTable(HashTable&);  
void PrintHashTable(HashTable&);  
void InsertElem(HashTable&, std::string key, size\_t ind\_data);  
  
bool isPrime(int num) {  
 int q = (int)sqrt(num);  
  
 if (q\*q == num)  
 return false;  
  
 for (int i = 2; i < q; i++) {  
 if (num % i == 0)  
 return false;  
 }  
  
 return true;  
}  
  
size\_t HashFun(const std::string& str) {  
 size\_t hash\_value = 0;  
 for (char ch : str) {  
 hash\_value += static\_cast<size\_t>(ch);  
 hash\_value += (hash\_value << 10);  
 hash\_value ^= (hash\_value >> 6);  
 }  
 hash\_value += (hash\_value << 3);  
 hash\_value ^= (hash\_value >> 11);  
 hash\_value += (hash\_value << 15);  
 return hash\_value;  
}  
  
void ResizeTable(HashTable& hashTable) {  
 size\_t old\_size = hashTable.table\_size;  
 Node\* old\_table = hashTable.hash\_table;  
  
 size\_t new\_size = old\_size \* 2 + 1;  
 while (!isPrime(new\_size))  
 new\_size += 2;  
  
 hashTable.table\_size = new\_size;  
 hashTable.hash\_table = new Node[hashTable.table\_size];  
 hashTable.num\_closed = 0;  
  
  
 for (size\_t i = 0; i < old\_size; i++) {  
 if (!old\_table[i].opened) {  
 InsertElem(hashTable, old\_table[i].key, old\_table[i].ind\_data);  
 }  
 }  
  
 delete[] old\_table;  
}  
  
void InsertElem(HashTable& hashTable, std::string key, size\_t ind\_data) {  
 size\_t pos = HashFun(key) % hashTable.table\_size;  
 bool K = false;  
  
 while (!hashTable.hash\_table[pos].opened) {  
 K = true;  
 pos++;  
  
 if (pos == hashTable.table\_size) {  
 pos = 0;  
 }  
 }  
  
 if (!hashTable.hash\_table[pos].deleted)  
 hashTable.num\_closed++;  
  
 hashTable.hash\_table[pos].key = key;  
 hashTable.hash\_table[pos].prK = K;  
 hashTable.hash\_table[pos].ind\_data = ind\_data;  
 hashTable.hash\_table[pos].opened = false;  
 hashTable.hash\_table[pos].deleted = false;  
  
 if ((float)hashTable.num\_closed / (float)hashTable.table\_size > 0.75)  
 ResizeTable(hashTable);  
}  
  
void DeleteElem(HashTable& hashTable, const std::string& key) {  
 size\_t pos = HashFun(key) % hashTable.table\_size;  
  
 while ((!hashTable.hash\_table[pos].opened || hashTable.hash\_table[pos].deleted)  
 && hashTable.hash\_table[pos].key != key) {  
 pos++;  
  
 if (pos == hashTable.table\_size)  
 pos = 0;  
 }  
  
 if (hashTable.hash\_table[pos].key != key)  
 return;  
  
 hashTable.hash\_table[pos].deleted = true;  
 hashTable.hash\_table[pos].opened = true;  
}  
  
void PrintHashTable(HashTable& table) {  
 std::cout << std::right << std::setw(4) << "#" << std::setw(10) << "KEY"  
 << std::setw(12) << "OpenKey" << std::setw(12) << "DeletedKey" << std::setw(8) << "prK" <<  
 std::setw(16) << "Hash % size" << '\n';  
 for (size\_t i = 0; i < table.table\_size; i++) {  
 bool flag = !table.hash\_table[i].opened && !table.hash\_table[i].deleted;  
 std::cout << std::right << std::setw(4) << i << std::setw(10) << (flag ? table.hash\_table[i].key : std::string(9, '.')) <<  
 std::boolalpha << std::setw(12) << table.hash\_table[i].opened <<  
 std::setw(12) << table.hash\_table[i].deleted <<  
 std::setw(8) << table.hash\_table[i].prK << std::setw(16) <<  
 (flag ? std::to\_string(HashFun(table.hash\_table[i].key) % table.table\_size) : std::string(15, '.')) << '\n';  
 }  
}  
  
size\_t FindElem (HashTable& hashTable, const std::string& key) {  
 size\_t pos = HashFun(key) % hashTable.table\_size;  
  
 while ((!hashTable.hash\_table[pos].opened || hashTable.hash\_table[pos].deleted)  
 && hashTable.hash\_table[pos].key != key) {  
 pos++;  
  
 if (pos == hashTable.table\_size)  
 pos = 0;  
 }  
  
 if (hashTable.hash\_table[pos].key != key || hashTable.hash\_table[pos].deleted)  
 return -1;  
  
 return hashTable.hash\_table[pos].ind\_data;  
}  
  
#endif //CODE\_TASK\_1\_H

## 3.4 Тестирование

Вывод после выполнения программы, описанной выше, представлен на рис. 4. В первой строке указан размер записи в байтах, во второй - результат поиска существующей записи, в третьей строке – результат поиска удаленной записи, в четвертой – результат поиска несуществующей записи.

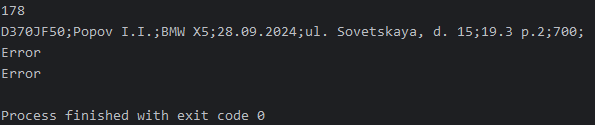


Рисунок 4 – Тестирование основной программы

Кроме того, необходимо получить время доступа к различным записям. Для этого воспользуемся следующим кодом:

auto start = std::chrono::high\_resolution\_clock::now();  
Violation v = GetViolationByKey(h, s\_bin\_file, "D370JF50", flag);  
auto end = std::chrono::high\_resolution\_clock::now();  
  
std::chrono::duration<double> duration = end - start;  
std::cout << "lead time: " << duration.count() << " sec" << std::endl;

Так, для поиска записи из начала файла (файл на 100000 записей) требуется:

lead time: 0.0001477 sec

Для записи из середины файла:

lead time: 0.000146 sec

Для записи из конца файла:

lead time: 0.0001355 sec

Следовательно, время поиска для всех трех случаев приблизительно совпадают.

Также необходимо дополнительно протестировать работоспособность программы при удалении какой-либо записи, ведь удаление происходит путем замены этой записи на последнюю. Для это воспользуемся кодом ниже:

GetViolationByKey(h, s\_bin\_file, "K079CD50", flag);  
std::cout << std::boolalpha << flag << '\n'; //true   
  
DelRecord(h, s\_bin\_file, "K079CD50");  
  
GetViolationByKey(h, s\_bin\_file, "K079CD50", flag);  
std::cout << std::boolalpha << flag << '\n'; //false  
  
GetViolationByKey(h, s\_bin\_file, "B119GN23", flag); // Изначально последняя запись, которая теперь должна заменить удаленную  
std::cout << std::boolalpha << flag << '\n'; //true

std::cout << v.ToString() << '\n'; //B119GN23;Popov A.A.;Mercedes-Benz E200;09.09.2024;pr. Mira, d. 5;12.8 p.2;300;

Результат выполнения:

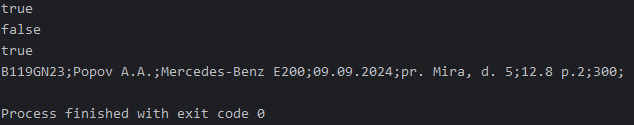


Рисунок 5 – Тестирование с удалением записи

Протестируем поиск записи в кластере после удаленного элемента. Кластер представлен на рис. 6

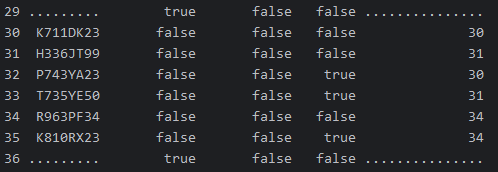


Рисунок 6 – Кластер для тестирования

Удалим запись под номером 32, тем самым получив открытую ячейку (рис. 7)

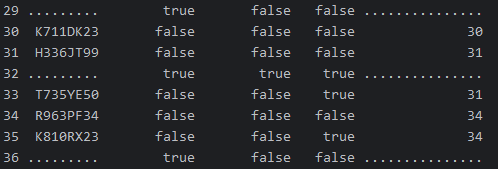


Рисунок 7 – Кластер для тестирования после удаления

Попробуем отыскать запись с ключом «T735YE50» (рис. 8).

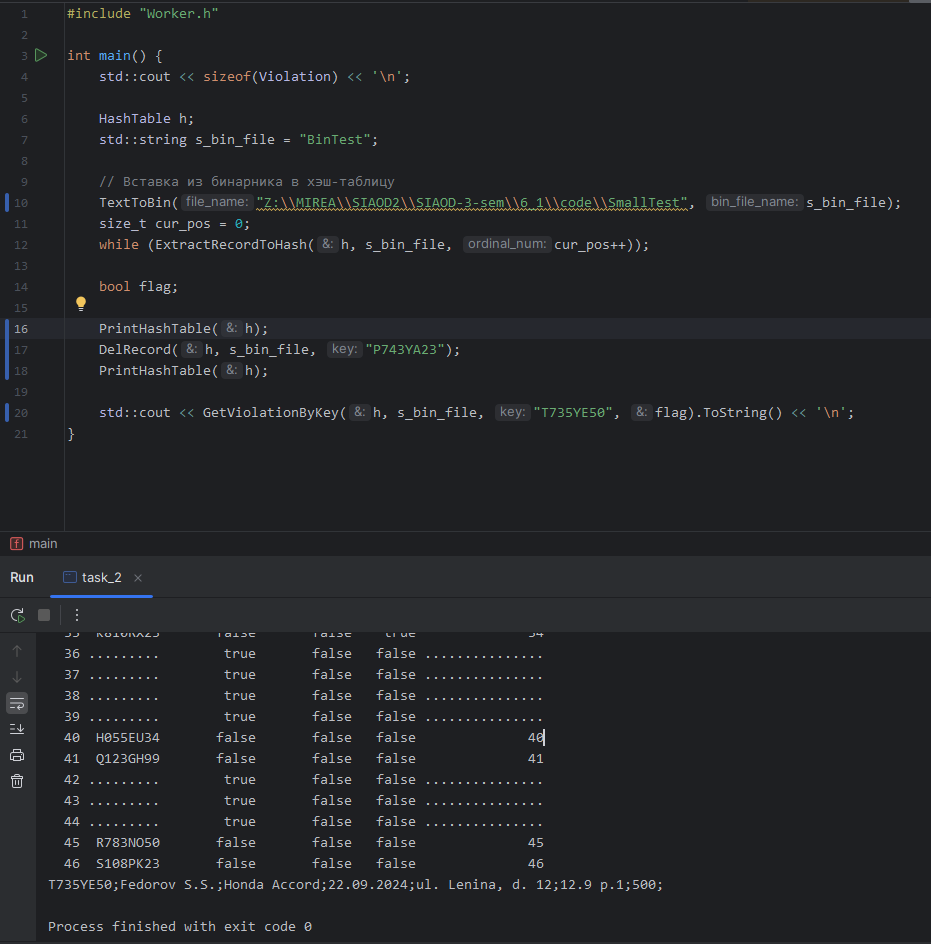


Рисунок 8 – Код и результат тестирования

Результат совпадает с данными исходного текстового файла.

# ВЫВОД

Получили навыки по разработке программы управления хеш-таблицей и её адаптации для поиска данных в других структурах данных (файлах).

# СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рысин, М. Л. Введение в структуры и алгоритмы обработки данных : учебное пособие / М. Л. Рысин, М. В. Сартаков, М. Б. Туманова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022 — Часть 2 : Поиск в тексте. Нелинейные структуры данных. Кодирование информации. Алгоритмические стратегии — 2022. — 111 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/310826 (дата обращения: 10.09.2024).
2. ГОСТ 19.701-90. Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения : межгосударственный стандарт : дата введения 1992-01- 01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 23 с