МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

**«Челябинский государственный университет»**

**(ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)**

Математический факультет

Кафедра вычислительной математики

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

Автоматизация сохранения и исследования результатов одного вычислительного эксперимента

Выполнил студент Русин Владислав Сергеевич

Группы МП-203

очной формы обучения

направления подготовки (специальности)

01.03.02 Прикладная математика и информатика \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022г.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Научный руководитель  Овчинников Михаил Алексеевич  Должность доцент  Ученая степень канд. физ.-мат. наук  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022г. |

Челябинск

2022

Содержание

Введение3

1. Число золотого сечения4

* 1. Некоторые свойства числа золотого сечения4
  2. Арифметика чисел, порождаемых числом золотого сечения5

2. Численный эксперимент6

2.1. Исходные матрицы и алгоритм6

2.2. Программа эксперимента7

2.2.1. Внешний вид вывода программы7

2.2.2. Частичный разбор кода программы8

2.3. Анализ полученных результатов12

Список литературы14

Приложение15

**Введение**

Основой для этой работы служит численный эксперимент по накоплению результатов применения некоторого алгоритма. Цель эксперимента заключатся в нахождении принципа, по которому строится множество матриц, получаемых в результате перемножений некоторых исходных матриц. Группа исходных матриц была получена Овчинниковым М. А. при исследовании примера ТКТП (топологическая квантовая теория поля, разработанная британским математиком Майклом Атья), построенного в ВКР Баринова А. М. (науч. рук-ль ВКР Овчинников М. А.).

Прежде, чем описать алгоритм и устройство исходных матриц, введём понятие числа золотого сечения, которое играет существенную роль в эксперименте.

1. **Число золотого сечения**

Золотое сечение – это такое соотношение двух величин, при котором отношение большей величины к меньшей равно отношению суммы этих величин к большей, т. е. . Принимая за неизвестное , получим уравнение или

(1)

Числом золотого сечения называется иррациональное число , являющееся положительным корнем уравнения (1), приблизительно равное 1,618.

* 1. **Некоторые свойства числа золотого сечения**
* Из квадратного уравнения (1) следует, что или

(2)

* Число представимо в виде цепной дроби:

(3)

Это единственная цепная дробь, содержащая только единицы. Она получается записью квадратного уравнения (1) в виде  с последующей заменой в правой части уравнения на его значение . Таким образом, получим . Продолжая применять к правой части уравнения замену , получим бесконечную цепную дробь (3).

* Число представимо в виде бесконечной цепочки квадратных уравнений:

(4)

Эта запись получается при поиске квадратного корня уравнения (1) с последующей заменой в правой части уравнения на его значение (т. е. аналогично способу, используемому для представления в виде бесконечной цепной дроби (3)):

* 1. **Арифметика чисел, порождаемых числом золотого сечения**

Самой известной последовательностью чисел, порождаемых числом , являются числа Фибоначчи (обозначим эту последовательность как ), названные так в честь математика XII–XIII веков Леонардо Пизанского (известного как Фибоначчи). Числа в последовательности образуются по следующему правилу: пусть , и каждое последующее число равно сумме двух предшествующих ему чисел, т. е. , где   
.

Первые члены последовательности Фибоначчи: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, …

Интересно вот что: отношение любого члена последовательности к члену является приближённым значением числа , причём тем приближение будет точнее, чем больше будет n. Так, , ,   
, , … Таким образом, .

1. **Численный эксперимент**
   1. **Исходные матрицы и алгоритм**

Есть группа из 20 исходных матриц порядка 3. Эта группа делится на две подгруппы: ; т. е. имеются матрицы, пронумерованные как . Элементами матриц являются суммы рациональных чисел и рациональных чисел, умноженных на (каждое рациональное число может быть целым или полуцелым). Для вычислений такая запись матриц не очень удобна, поэтому каждую матрицу или будем представлять в виде пары матриц или соответственно, элементами которых будут обычные рациональные числа. Элементами первой матрицы пары являются коэффициенты перед в соответствующих элементах исходной матрицы, а элементами второй – соответствующие оставшиеся числа.

Также имеется формула, по которой пары перемножаются:

(5)

здесь и представляют матрицы пары под номером , и представляют матрицы пары под номером , где . Из свойства (2) числа золотого сечения следует:

(6)

В результате перемножения пар по этой формуле получается новая пара матриц, ( задаёт первую матрицу, – вторую.

Примечательно то, что при перемножении по формуле двух пар одной подгруппы под номерами результатом будет являться пара матриц той же подгруппы под номером ( – взятие остатка от деления). Например, при перемножении по формуле (5) пар , и , получим пару , , а при перемножении пар , и , получим , .

Отметим, что исходные матрицы под номером 0 являются единичными матрицами, и результатом умножения на них матрицы под номером будет та же матрица под номером , поэтому для дальнейших вычислений матрицы под номером 0 применяться не будут.

Обозначим результат перемножения по формуле (5) исходных матриц и как . Назовём это «словом» длины 2 из «букв» и . Тогда результатом перемножения и будет . Это слово длины 3 из букв , и . Возьмём за правило, что при составлении слов длины n буквами на нечётных позициях будут исходные матрицы , а на чётных – исходные матрицы .

Численный эксперимент заключается в накоплении результатов алгоритма поиска соотношений в группе всех слов длины от 2 до n (в данной работе n=5), т. е. поиска разных слов, обозначающих одинаковые матрицы.

* 1. **Программа эксперимента**

Как было сказано выше, элементами исходных матриц являются рациональные числа и рациональные числа, умноженные на , причём каждое рациональное число может быть целым или полуцелым. Из-за полуцелых чисел результаты вычислений получаются более громоздкими, чем могли бы быть, будь все числа целыми, поэтому использоваться будут удвоенные исходные матрицы, лишённые полуцелых чисел. Однако в результате перемножений по формуле (5) такие удвоенные матрицы удваиваются снова, становясь уже учетверёнными, поэтому все элементы матриц, получаемых по формуле, должны быть поделены на 2, чтобы они снова стали удвоенными.

В программе матрицы представлены именно как пары матриц, и «названием» пары считается слово, её обозначающее. Благодаря правилу о буквах на чётных и нечётных позициях при составлении слов длины n, введённому в предыдущем пункте, названия можно записывать в упрощённой форме - в виде комбинаций номеров исходных матриц, взятых для перемножения (к примеру, названием, относящимся к слову , будет ).

**2.2.1. Внешний вид вывода программы**

Результатом работы программы являются два текстовых файла. В одном содержатся пары матриц, полученные по формуле, в виде:

*Название пары :*

*{*

*[Строка 1 матрицы 1] [Строка 1 матрицы 2]*

*[Строка 2 матрицы 1] [Строка 2 матрицы 2]*

*[Строка 3 матрицы 1] [Строка 3 матрицы 2]*

*};*

Элементы в строках разделяются запятыми (название файла: matrices.txt). В другом файле – записи об одинаковых парах в виде:

*Название пары 1 = Название пары 2*

(название файла: knownDuplicates.txt).

Программа вычисляет пары матриц для всех слов длины 2–5 и в процессе вычисления для каждой новой пары проверяет, не является ли она копией одной из уже вычисленных пар. Всего в файл matrices.txt будет занесено   
 записей о парах матриц.

**2.2.2. Частичный разбор кода программы**

Программа написана на языке программирования C++, для представления матриц используется тип vector<vector<**int**>>.

В программе постоянно повторяются следующие три шага:

1. вычисление очередной пары матриц по формуле (5);
2. запись полученной пары в файл matrices.txt;
3. поиск среди предыдущих вычисленных пар такой, которая будет одинаковой с последней. При нахождении одной такой пары поиск прекращается, а в файл knownDuplicates.txt заносится запись о найденном совпадении.

Для реализации этих шагов в программе есть три соответствующие функции:

1. calculate\_by\_formula;
2. print\_to\_file;
3. search\_for\_duplicate.

Рассмотрим эти функции подробнее, начиная с calculate\_by\_formula:

* Возвращаемый тип: ***void***
* Список параметров: \*a, \*b, \*c, \*d (указатели типа ***const*** vector<vector<**int**>>\*), \*result1, \*result2 (указатели типа vector<vector<**int**>>\*)

\*a, \*b, \*c, \*d – указатели на матрицы, \*a, \*b – первая пара, \*c, \*d – вторая пара.

Функция представляет собой реализацию формулы (6). Сначала сохраняются результаты обычного матричного перемножения нужных матриц:

vector<vector<int>> ac = multiply(a, c);

vector<vector<int>> ad = multiply(a, d);

vector<vector<int>> bc = multiply(b, c);

vector<vector<int>> bd = multiply(b, d);

(функция multiply возвращает результат перемножения двух матриц, полученных на вход)

Затем составляются необходимые суммы матриц, которые записываются в \*result1 и \*result2:

\*result1 = add(&ac, &ad, &bc);

\*result2 = add(&ac, &bd);

(функция add возвращает результат суммирования переданных в неё матриц и имеет две перегрузки: для работы с двумя и с тремя матрицами)

Как было замечено ранее, по формуле получаются удвоенные матрицы, поэтому не забываем делить результаты на 2:

divide\_by\_2(result1);

divide\_by\_2(result2);

(функция divide\_by\_2 ничего не возвращает. Вместо этого она принимает указатели на матрицы, элементы которых нужно поделить на 2)

Полученная в результате вычислений пара матриц записана в   
\*result1, \*result2, причём т. к. это указатели, то результат вычислений доступен по адресам, на которые эти указатели указывают, после завершения работы функции, что позволяет, обращаясь по этим адресам, продолжить работу с получившейся парой.

Далее вызывается функция print\_to\_file:

* Возвращаемый тип: ***void***
* Список параметров: fstream \*matrices, string pairHeader, \*res1, \*res2 (указатели типа **const** vector<vector<**int**>>\*)

\*matrices - ссылка на поток для чтения/редактирования файла matrices.txt; pairHeader - название, которым будет обозначена пара, записываемая в файл; \*res1, \*res2 - указатели на пару матриц, которую необходимо записать в файл.

Прежде всего, конец файла устанавливается как позиция, с которой начинается запись в файл:

(\*matrices).clear();

(\*matrices).seekp(0, ios::end);

Затем в файл заносится запись, оформленная так, как было описано в   
пункте **2.2.1.**:

*(\*matrices) << multiplicationName << "****\n****{" << endl;*

***for*** *(****int*** *i = 0; i < N; i++)*

*{*

*(\*matrices) << "****\t****[ ";*

***for*** *(****int*** *j = 0; j < N; j++)*

*(\*matrices) << setw(numWidth) << (\*res1)[i][j] << (j < 2 ? ", " : " ]****\t****");*

*(\*matrices) << "****\t****[ ";*

***for*** *(****int*** *j = 0; j < N; j++)*

*(\*matrices) << setw(numWidth) << (\*res2)[i][j] << (j < 2 ? ", " : " ]****\n****");*

*}*

*(\*matrices) << "};" << endl << endl;*

Это конец функции print\_to\_file.

Управление далее передаётся в функцию search\_for\_duplicate:

* Возвращаемый тип: **void**
* Список параметров: *string pairHeader, fstream \*matrices, ofstream \*knownDuplicates,* \*res1, \*res2 (указатели типа **const** vector<vector<**int**>>\*)

*\*knownDuplicates* – ссылка на поток для записи в файл knownDuplicates.txt; \*res1, \*res2, pairHeader и \*matrices те же, что и для функции print\_to\_file.

Сначала создаём переменные, в которые будем впоследствии записывать название и матрицы каждой пары, с которой будет сравниваться пара \*res1, \*res2:

*string comparedPairHeader;*

*vector<vector<****int****>> comparedM1(N, vector<****int****>(N));*

*vector<vector<****int****>> comparedM2(N, vector<****int****>(N));*

Создаём переменную типа ***bool***, в которую будет записываться результат сравнения с каждой отдельной парой:

***bool*** *isDuplicate;*

Устанавливаем начало файла matrices.txt в качестве точки, с которой начнётся считывание пар:

*(\*matrices).clear();*

*(\*matrices).seekg(0, ios::beg);*

В цикле ***while*** считываются пары матриц и проводится сравнение. Записываем название каждой пары в переменную comparedPairHeader. Поиск совпадений прекратится, если в comparedPairHeader будет записано название пары, для которой совпадения ищутся:

***while*** *(getline((\*matrices), comparedPairHeader) && comparedPairHeader != pairHeader)*

Очередной шаг цикла начинаем с установки значения isDuplicate (изначально считаем, что рассматриваемая на данном шаге цикла пара является идентичной паре, для которой таковые ищутся) и считывания пары из файла matrices.txt:

isDuplicate = true;

read\_pair(matrices, &comparedM1, &comparedM2);

(функция read\_pair считает пару из файла matrices.txt в переменные comparedM1 и comparedM2)

Сравниваем пары и, если хотя бы один элемент с индексом i, j хотя бы одной матрицы из пары отличается от элемента с теми же индексами соответствующей матрицы другой пары, прекращаем сопоставление этих пар и переходим к следующему шагу цикла **while**:

***for*** *(****int*** *i = 0; i < N; i++)*

*{*

***for*** *(****int*** *j = 0; j < N; j++)*

*{*

***if*** *((\*res1)[i][j] != comparedM1[i][j] ||*

*(\*res2)[i][j] != comparedM2[i][j])*

*{*

*isDuplicate = false;*

***break****;*

*}*

*}*

***if*** *(!isDuplicate)*

***break****;*

*}*

Если же пара, рассматриваемая на текущем шаге цикла **while**, оказывается такой же, как пара с названием pairHeader, то в файле knownDuplicates.txt делается пометка об обнаруженном совпадении, и поиск прекращается:

***if*** *(isDuplicate)*

*{*

*(\*knownDuplicates) << pairHeader.substr(0, pairHeader.length() - 2) << " = "*

*<< comparedPairHeader.substr(0, comparedPairHeader.length() - 2) << endl*

*<< endl;*

***break****;*

*}*

На этом заканчивается работа функции search\_for\_duplicate. Дальше программа либо начнёт выполнять все три шага заново, либо, если последняя обработанная пара матриц называлась , завершится.

* 1. **Анализ полученных результатов**

После завершения работы программы файл knownDuplicates.txt содержит 43500 записей о совпадениях, т. е. из 66420 пар матриц 43500 являются копиями оставшихся 22920.

В пункте **2.1.** работы было замечено, что при перемножении по формуле двух матриц одной подгруппы под номерами результатом будет являться матрица той же подгруппы под номером . Воспользовавшись данным свойством, можно провести анализ полученных соотношений, записанных в файле knownDuplicates.txt.

Рассмотрим первую запись в файле knownDuplicates.txt:

*118 = 39*

Она может быть расшифрована как . Домножим обе части равенства на справа. Получим: или *1181 = 30*. Домножим обе части получившегося равенства на слева, получим: или *8181 = 00*. Произведение – это произведение двух единичных матриц, которое, очевидно, также является единичной матрицей .

Рассмотрим вторую запись в файле knownDuplicates.txt:

*129 = 28*

Проделаем с этим равенством те же операции, что и с предыдущим: домножим справа на , получим *1292 = 20;* домножим слева на , получим *9292 = 00*. В результате имеем равенство , т. е. . Заметим, что в файле knownDuplicates.txt уже содержится запись, говорящая об этом равенстве.

Дальнейший анализ позволяет заключить, что выявлено соотношение для образующих матриц: .

# **Список литературы**

1. Воробьев Н. Н. Числа Фибоначчи. - 5-е изд. - М.: Наука, 1984. - ([Популярные лекции по математике](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%BF%D0%BE_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B5)) - 144 с.
2. Бендукидзе А. Д. Золотое сечение // Квант. - 1973. - №8. - С. 22–27.
3. Аракелян Г. Математика и История золотого сечения / Г. Аракелян. – М.: Логос, 2014. – 404 с
4. Баринов А. М. Численное исследование эпсилон-ТКТП-представления группы кос с тремя нитями Квал. раб. Бакалавра/ А. М. Баринов. – Челябинск: ЧелГУ, 2020. 41 с.
5. Золотое сечение // Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Золотое\_сечение (дата обращения: 23.04.2022).
6. Числа Фибоначчи // Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Числа\_Фибоначчи (дата обращения: 26.04.2022).

# **Приложение**

*#include <iostream>*

*#include <vector>*

*#include <fstream>*

*#include <iomanip>*

*#include <string>*

**using** **namespace** std;

**const** **int** N = 3;

**const** **int** numWidth = 7;

**const** vector<pair<vector<vector<**int**>>, vector<vector<**int**>>>> AB =

{

{

{{-1, 1, 1}, {-1, -1, -1}, {-2, 0, 0}}, *// A1*

{{1, -1, -1}, {-2, 2, 0}, {1, -1, 1}} *// B1*

},

{

{{-1, 1, 1}, {2, -2, -2}, {-1, 1, 1}}, *// A2*

{{0, -2, -2}, {-1, 3, 1}, {3, -3, -1}} *// B2*

},

{

{{1, 1, 1}, {2, -2, -2}, {-1, 3, 3}}, *// A3*

{{0, -2, -2}, {-1, 5, 3}, {3, -5, -3}} *// B3*

},

{

{{1, 1, 1}, {-1, -3, -3}, {-2, 4, 4}}, *// A4*

{{-1, -1, -1}, {-2, 6, 4}, {1, -7, -5}} *// B4*

},

{

{{0, 0, 0}, {0, -4, -4}, {0, 4, 4}}, *// A5*

{{-2, 0, 0}, {0, 6, 4}, {0, -8, -6}} *// B5*

},

{

{{1, -1, -1}, {1, -3, -3}, {2, 4, 4}}, *// A6*

{{-1, 1, 1}, {2, 6, 4}, {-1, -7, -5}} *// B6*

},

{

{{1, -1, -1}, {-2, -2, -2}, {1, 3, 3}}, *// A7*

{{0, 2, 2}, {1, 5, 3}, {-3, -5, -3}} *// B7*

},

{

{{-1, -1, -1}, {-2, -2, -2}, {1, 1, 1}}, *// A8*

{{0, 2, 2}, {1, 3, 1}, {-3, -3, -1}} *// B8*

},

{

{{-1, -1, -1}, {1, -1, -1}, {2, 0, 0}}, *// A9*

{{1, 1, 1}, {2, 2, 0}, {-1, -1, 1}} *// B9*

}*/\*,*

*{*

*{{0, 0, 0}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}}, // A0*

*{{2, 0, 0}, {0, 2, 0}, {0, 0, 2}} // B0*

*}\*/*

};

**const** vector<pair<vector<vector<**int**>>, vector<vector<**int**>>>> FG =

{

{

{{-1, 1, -1}, {-1, -1, 1}, {2, 0, 0}}, *// F1*

{{1, -1, 1}, {-2, 2, 0}, {-1, 1, 1}} *// G1*

},

{

{{-1, 1, -1}, {2, -2, 2}, {1, -1, 1}}, *// F2*

{{0, -2, 2}, {-1, 3, -1}, {-3, 3, -1}} *// G2*

},

{

{{1, 1, -1}, {2, -2, 2}, {1, -3, 3}}, *// F3*

{{0, -2, 2}, {-1, 5, -3}, {-3, 5, -3}} *// G3*

},

{

{{1, 1, -1}, {-1, -3, 3}, {2, -4, 4}}, *// F4*

{{-1, -1, 1}, {-2, 6, -4}, {-1, 7, -5}} *// G4*

},

{

{{0, 0, 0}, {0, -4, 4}, {0, -4, 4}}, *// F5*

{{-2, 0, 0}, {0, 6, -4}, {0, 8, -6}} *// G5*

},

{

{{1, -1, 1}, {1, -3, 3}, {-2, -4, 4}}, *// F6*

{{-1, 1, -1}, {2, 6, -4}, {1, 7, -5}} *// G6*

},

{

{{1, -1, 1}, {-2, -2, 2}, {-1, -3, 3}}, *// F7*

{{0, 2, -2}, {1, 5, -3}, {3, 5, -3}} *// G7*

},

{

{{-1, -1, 1}, {-2, -2, 2}, {-1, -1, 1}}, *// F8*

{{0, 2, -2}, {1, 3, -1}, {3, 3, -1}} *// G8*

},

{

{{-1, -1, 1}, {1, -1, 1}, {-2, 0, 0}}, *// F9*

{{1, 1, -1}, {2, 2, 0}, {1, 1, 1}} *// G9*

}*/\*,*

*{*

*{{0, 0, 0}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}}, // F0*

*{{2, 0, 0}, {0, 2, 0}, {0, 0, 2}} // G0*

*}\*/*

};

vector<vector<**int**>> multiply(**const** vector<vector<**int**>> \*a, **const** vector<vector<**int**>> \*b)

{

vector<vector<**int**>> result(N, vector<**int**>(N, 0));

**for** (**int** i = 0; i < N; i++)

{

**for** (**int** j = 0; j < N; j++)

{

**int** sum = 0;

**for** (**int** k = 0; k < N; k++)

sum += (\*a)[i][k] \* (\*b)[k][j];

result[i][j] = sum;

}

}

**return** result;

}

vector<vector<**int**>> add(**const** vector<vector<**int**>> \*a, **const** vector<vector<**int**>> \*b)

{

vector<vector<**int**>> result(N, vector<**int**>(N, 0));

**for** (**int** i = 0; i < N; i++)

**for** (**int** j = 0; j < N; j++)

result[i][j] = (\*a)[i][j] + (\*b)[i][j];

**return** result;

}

vector<vector<**int**>> add(**const** vector<vector<**int**>> \*a, **const** vector<vector<**int**>> \*b, **const** vector<vector<**int**>> \*c)

{

vector<vector<**int**>> result(N, vector<**int**>(N, 0));

**for** (**int** i = 0; i < N; i++)

**for** (**int** j = 0; j < N; j++)

result[i][j] = (\*a)[i][j] + (\*b)[i][j] + (\*c)[i][j];

**return** result;

}

**void** divide\_by\_2(vector<vector<**int**>> \*a)

{

**for** (**int** i = 0; i < N; i++)

**for** (**int** j = 0; j < N; j++)

(\*a)[i][j] /= 2;

}

**void** calculate\_by\_formula(**const** vector<vector<**int**>> \*a, **const** vector<vector<**int**>> \*b,

**const** vector<vector<**int**>> \*c, **const** vector<vector<**int**>> \*d,

vector<vector<**int**>> \*result1, vector<vector<**int**>> \*result2)

{

vector<vector<**int**>> ac = multiply(a, c);

vector<vector<**int**>> ad = multiply(a, d);

vector<vector<**int**>> bc = multiply(b, c);

vector<vector<**int**>> bd = multiply(b, d);

\*result1 = add(&ac, &ad, &bc);

\*result2 = add(&ac, &bd);

divide\_by\_2(result1);

divide\_by\_2(result2);

}

**void** print\_to\_file(fstream \*matrices, string pairHeader, **const** vector<vector<**int**>> \*res1, **const** vector<vector<**int**>> \*res2)

{

(\*matrices).clear();

(\*matrices).seekp(0, ios::end);

(\*matrices) << pairHeader << *"****\n****{"* << endl;

**for** (**int** i = 0; i < N; i++)

{

(\*matrices) << *"****\t****[ "*;

**for** (**int** j = 0; j < N; j++)

(\*matrices) << setw(numWidth) << (\*res1)[i][j] << (j < 2 ? *", "* : *" ]****\t****"*);

(\*matrices) << *"****\t****[ "*;

**for** (**int** j = 0; j < N; j++)

(\*matrices) << setw(numWidth) << (\*res2)[i][j] << (j < 2 ? *", "* : *" ]****\n****"*);

}

(\*matrices) << *"};"* << endl << endl;

}

**void** read\_pair(fstream \*matrices, vector<vector<**int**>> \*readTo1, vector<vector<**int**>> \*readTo2)

{

string line;

getline((\*matrices), line); *// считать строку с открывающей скобкой '{'*

**for** (**int** i = 0; i < N; i++)

{

getline((\*matrices), line);

line = line.substr(3, line.length());

**for** (**int** j = 0; j < N; j++)

{

(\*readTo1)[i][j] = stoi(line.substr(0, numWidth));

line = line.substr(numWidth + 2, line.length());

}

line = line.substr(4, line.length());

**for** (**int** j = 0; j < N; j++)

{

(\*readTo2)[i][j] = stoi(line.substr(0, numWidth));

line = line.substr(numWidth + 2, line.length());

}

}

getline((\*matrices), line); *// считать строку с закрывающей скобкой "};"*

getline((\*matrices), line); *// считать пустую строку*

}

**void** search\_for\_duplicate(string pairHeader, fstream \*matrices, ofstream \*knownDuplicates, **const** vector<vector<**int**>> \*res1, **const** vector<vector<**int**>> \*res2)

{

string comparedPairHeader;

vector<vector<**int**>> comparedM1(N, vector<**int**>(N));

vector<vector<**int**>> comparedM2(N, vector<**int**>(N));

**bool** isDuplicate;

(\*matrices).clear();

(\*matrices).seekg(0, ios::beg);

**while** (getline((\*matrices), comparedPairHeader) && comparedPairHeader != pairHeader)

{

isDuplicate = true;

read\_pair(matrices, &comparedM1, &comparedM2);

**for** (**int** i = 0; i < N; i++)

{

**for** (**int** j = 0; j < N; j++)

{

**if** ((\*res1)[i][j] != comparedM1[i][j] ||

(\*res2)[i][j] != comparedM2[i][j])

{

isDuplicate = false;

**break**;

}

}

**if** (!isDuplicate)

**break**;

}

**if** (isDuplicate)

{

(\*knownDuplicates) << pairHeader.substr(0, pairHeader.length() - 2) << *" = "*

<< comparedPairHeader.substr(0, comparedPairHeader.length() - 2) << endl

<< endl;

**break**;

}

}

}

**void** operate\_on\_length\_two(fstream \*matrices, ofstream \*knownDuplicates)

{

vector<vector<**int**>> a;

vector<vector<**int**>> b;

vector<vector<**int**>> f;

vector<vector<**int**>> g;

vector<vector<**int**>> res1, res2;

string pairHeader;

**for** (**int** i = 0; i < 9; i++)

{

a = AB[i].first;

b = AB[i].second;

**for** (**int** j = 0; j < 9; j++)

{

f = FG[j].first;

g = FG[j].second;

pairHeader = to\_string(i + 1) + to\_string(j + 1) + *" :"*;

calculate\_by\_formula(&a, &b, &f, &g, &res1, &res2);

print\_to\_file(matrices, pairHeader, &res1, &res2);

search\_for\_duplicate(pairHeader, matrices, knownDuplicates, &res1, &res2);

}

}

}

**int** main()

{

fstream matrices(*"matrices.txt"*, ios::in | ios::out | ios::trunc | ios::binary);

ofstream knownDuplicates(*"knownDuplicates.txt"*, ios::trunc);

matrices << setfill(*' '*);

streampos readBegin = matrices.tellg();

streampos nextReadBegin = matrices.tellg();

streampos currentGetterPosition = matrices.tellg();

string pairName;

string basicMultiplierHeader;

string currentMultiplierHeader;

**const** vector<pair<vector<vector<**int**>>, vector<vector<**int**>>>> \*basicMultiplier;

vector<vector<**int**>> m1(N, vector<**int**>(N));

vector<vector<**int**>> m2(N, vector<**int**>(N));

vector<vector<**int**>> res1, res2;

*// l определяет длину слов*

**for** (**int** l = 2; l <= 5; l++)

{

**if** (l == 2)

{

operate\_on\_length\_two(&matrices, &knownDuplicates);

}

**else**

{

**if** (l % 2 == 1)

{

*// указатель на AB*

basicMultiplier = &AB;

}

**else**

{

*// указатель на FG*

basicMultiplier = &FG;

}

*// матрицы начинают считываться с readBegin*

*// пока не дойдём до nextReadBegin (не включая nextReadBegin)*

matrices.clear();

matrices.seekg(readBegin);

**while** (currentGetterPosition != nextReadBegin && getline(matrices, pairName))

{

pairName = pairName.substr(0, pairName.length() - 2);

read\_pair(&matrices, &m1, &m2);

*// считали пару*

currentGetterPosition = matrices.tellg();

*// записали ссылку на текущую строку в переменную*

*// это будет строка с названием следующей пары*

**for** (**int** i = 0; i < 9; i++)

{

calculate\_by\_formula(&m1, &m2, &((\*basicMultiplier)[i].first),

&((\*basicMultiplier)[i].second), &res1, &res2);

currentMultiplierHeader = to\_string(i + 1) + *" :"*;

print\_to\_file(&matrices, pairName + currentMultiplierHeader, &res1, &res2);

search\_for\_duplicate(pairName + currentMultiplierHeader, &matrices, &knownDuplicates, &res1, &res2);

}

matrices.clear();

matrices.seekg(currentGetterPosition);

}

}

*// операции для этой длины закончены, записываем в readBegin nextReadBegin*

*// записываем ссылку на конец файла в переменную nextReadBegin*

readBegin = nextReadBegin;

matrices.clear();

matrices.seekg(0, ios::end);

nextReadBegin = matrices.tellg();

}

*//тут конец программы*

matrices.close();

knownDuplicates.close();

}

Примечание: программа никак не сообщает о том, что она выполняется. Отследить это можно только по происходящим изменениям в файлах matrices.txt и knownDuplicates.txt, а остановить её можно только с помощью диспетчера задач.