Лабораторная работа №1. Исследование особенностей реализации классического алгоритма умножения матриц

1.1 Цель лабораторной работы

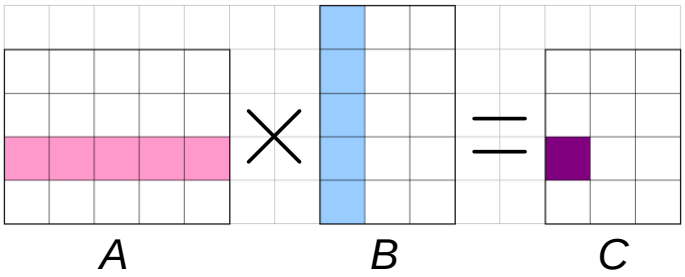
Рассмотреть различные способы хранения матриц, исследовать их умножение.

1.2. Теоретический материал

1.2.1 Оптимизации в задаче умножения матриц

Произведением матрицы A размера $N \times K$ и матрицы B размера $K \times M$ называется матрица C размера $N \times M$, элементы которой равны скалярному произведению соответствующих строки матрицы A и столбца матрицы B

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^{K} a_{ik} \cdot b_{kj}.$$



Умножение матриц реализуется при помощи трех вложенных циклов. Оптимизировать данный алгоритм можно, изменяя порядок циклов. Одна из главных причин низкой производительности при «неправильном порядке» циклов – плохо организованная работа с памятью.

Современные процессоры чувствительны к тому, в каком порядке происходит чтение и запись в память. Чувствительность связана со сложной архитектурой организации памяти, как процессоров, так и сопроцессоров. Если чтение и запись происходит последовательно, то процессор может это предсказать и заранее загрузить данные в КЭШ-память. Доступ к кэш-памяти гораздо быстрее доступа к оперативной памяти. Кроме того, данные в кэш-память загружаются не поэлементно, а сразу группами (читаются данные в размере КЭШ-линии). Если из КЭШ-линии использовать только один элемент, то много данных будет загружено

в процессор и не использовано в вычислениях. Таким образом, увеличивается процент КЭШ-промахов, а значит и время работы программы.

Второй способ оптимизации вычислений – использование одномерных массивов для хранения матриц. Это позволяет делать в два раза меньше обращений к памяти (у двумерных массивов сначала происходит обращение к массиву указателей, а потом к самому элементу).

1.2.2 Замер времени выполнения программы в языке C++

Для измерения интервалов времени в языке C++ начиная с C++11 можно использовать функции и классы, содержащиеся в заголовочном файле **`chrono`**.

Например, приведенный ниже код замеряет время суммирования элементов массива *arr* размера *n*.

```
      std::chrono::time_point<std::chrono::high_resolution_clock> start,
end;
      start = std::chrono::high_resolution_clock::now();
      for (int i = 0; i < n; ++i)
            sum = sum + arr[i];
      end = std::chrono::high_resolution_clock::now();
      std::chrono::duration<double> diff = end - start;
      std::cout << "time to sum = " << diff.count() << "s\n";
```

Для замера процессорного времени необходимо использовать функции, которые могут различаться для разных операционных систем.

1.3. Задание на лабораторную работу

1. Создать две целочисленные матрицы размера $N \times N$ с использованием двумерных динамических массивов. Реализовать классический алгоритм умножения матриц.

Провести тестирование программы на матрицах размерности N = 512, 1024 и 2048 без оптимизации (с ключом –O0 или –Od, в конфигурации Debug в MS Visual Studio) и с ключом оптимизации –O2 (кофигурация Release в MS Visual Studio). На каждом примере запустить не менее 3 раз. В таблицу занести среднее время выполнения на одном примере в секундах. Сделать выводы.

Таблица 1 – Время выполнения алгоритма умножения матриц с двойными указателями, с

Размер матрицы	**Ключ оптимизации**	
	-O0	**-O2**
512		
1024		
2048		

2. Создать две целочисленные матрицы размера $N \times N$ с использованием одномерных динамических массивов. Реализовать классический алгоритм умножения матриц.

Провести тестирование программы на матрицах размерности N = 512, 1024 и 2048 с ключом оптимизации –O2 (конфигурация Release в MS Visual Studio). На каждом примере запустить не менее 3 раз. В таблицу занести среднее время выполнения на одном примере в секундах. Сравнить полученные результаты. Сделать выводы.

Таблица 2 – Время выполнения алгоритма умножения матриц с одинарными и двойными указателями, с

Размер матрицы	**Способ хранения матрицы в памяти**	
	двойные указатели	**одинарные указатели**
512		
1024		
2048		

3. Для матриц, хранящихся в двумерных динамических массивах, реализовать классический алгоритм умножения со всеми возможными перестановками порядка циклов.

Провести тестирование программ на матрицах размерности N = 512, 1024 и 2048. На каждом примере запустить не менее 3 раз. В таблицу занести среднее время выполнения на одном примере в секундах. Сравнить результаты. Сделать выводы.

Таблица 3 – Время выполнения классического алгоритма умножения матриц

Размерность	**Порядок циклов**					
	ijk	**ikj**	**jik**	**jki**	**kij**	**kji**
512						
1024						
2048						

4. Выполнить задание 3 с использованием представления матриц в виде одномерных динамических массивов.

1.4. Результаты лабораторной работы

Результаты лабораторной работы представляются в виде отчета по лабораторной работе. В отчет включается титульный лист, цель работы, задание на лабораторную работу, листинг с комментариями, полученные результаты и выводы по лабораторной работе.

Отчет оформляется в электронном виде и высылается на e-mail vbyzov.vyatsu@gmail.com (в теме или тексте письма, а также в названии документа с отчетом должны фигурировать ФИ студента, его группа, номер лабораторной работы).

Лабораторная работа считается зачтенной после её устной защиты у преподавателя.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ КОМПЬЮТЕРНЫХ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

Отчёт по лабораторной работе №1

по дисциплине «Параллельное программирование»

Исследование особенностей реализации классического алгоритма умножения матриц

Выполнил: студент группы ФИб-3301-51-00 _____ / И.И. Иванов /

Проверил: к.ф.-м.н. доцент каф. ПМиИ _____ / В.А. Бызов /

Киров 2022