###### МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

###### ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

###### НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

###### Факультет информационных технологий

**Кафедра параллельных вычислений**

ОТЧЕТ

О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

«ВЕКТОРИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ»

студента Бородина Артёма Максимовича 2 курса, 19205 группы

Направление 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника»

Преподаватель:

к.т.н, доцент

А.Ю. Власенко

Новосибирск 2020

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ЦЕЛЬ 3](#_Toc18443921)

[ЗАДАНИЕ 3](#_ЗАДАНИЕ)

[ОПИСАНИЕ РАБОТЫ 4](#_Toc18443923)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 5](#_Toc18443924)

[Приложение *1.**Код программы без векторизации* 6](#_Приложение_1._)

[Приложение *2.**Код программы с векторизацией* 8](#_Приложение_2._)

[Приложение *3.**Код программы с OpenBLAS* 11](#_Приложение_3._)

[Приложение *4.**Проверка правильности* 13](#_Приложение_4._)

[Приложение *5.**Замеры времени* 14](#_Приложение_5._)

# ЦЕЛЬ

1. Изучение SIMD-расширений архитектуры x86/x86-64.
2. Изучение способов использования SIMD-расширений в программах на языке Си.
3. Получение навыков использования SIMD-расширений.

# ЗАДАНИЕ

Алгоритм обращения матрицы A размером N×N с помощью разложения в ряд: A-1 =(I + R + R2 + …)B, где R = I − BA , , , , I – единичная матрица (на главной диагонали – единицы, остальные – нули). Параметры алгоритма: N – размер матрицы, M – число членов ряда (число итераций цикла в реализации алгоритма).

1. Написать три варианта программы, реализующей алгоритм из задания:

* вариант без ручной векторизации
* вариант с ручной векторизацией
* вариант с матричными операциями, выполненными с использованием оптимизированной библиотеки BLAS.

1. Проверить правильность работы программ на нескольких небольших тестовых наборах входных данных.
2. Каждый вариант программы оптимизировать по скорости, насколько это возможно.
3. Сравнить время работы трех вариантов программы для N=2048, M=10.
4. Составить отчет по лабораторной работе.

# ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1. Было изучено понятие векторизации вычислений, различные виды SIMD-расширений и их способы использования.
2. Были написаны 3 программа для обращения матрицы размера N\*N:

* Без векторизации (Приложение 1)
* С векторизацией из библиотеки *xmmintrin.h* (Приложение 2)
* С использованием библиотеки OpenBLAS (Приложение 3)

1. Была проведена проверка правильности работы каждой программы (Приложение 4). Погрешность получилась равной ~0.1%.
2. Были проведены замеры времени работы каждой программы с несколькими размерами матриц от N=128 до N=2048.(Приложение 5)
3. При сравнении становится заметно что программа с использованием библиотеки OpenBLAS справляется быстрее всего. Разница достигала почти 470 раз по отношению к времени программы с векторизацией и почти 1890 раз для программы без векторизации. Такая разница получилась из-за того, что значительная часть библиотеки OpenBLAS написана на [ассемблере](https://github.com/xianyi/OpenBLAS/tree/develop/kernel/x86_64) и оптимизирована под различные типы процессоров. Также эта библиотека наиболее эффективно использует кэш процессора.
4. Разница между программы с векторизацией и программы без примерно в 4 раза. Это происходить из-за того, что в первой программе операции производятся сразу над векторами размера 4, что позволяет ускорить операции примерно в 4 раза.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во время выполнения лабораторной работы я получил практические знания работы с векторизацией в коде программы и исследовал эффективность библиотеки OpenBLAS.

# Приложение 1. *Программа без векторизации*





# Приложение 2. *Программа с векторизацией из xmmintrin.h*

# 



# Приложение 3. *Программа с библиотекой OpenBLAS*

# 



# Приложение 4. *Проверка корректности программ*



# Приложение 5. *Замеры времени*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 128 | 256 | 512 | 1024 | 2048 |
| Без векторизации | 0,149 | 1,394 | 13,04 | 631,042 | 4849,85 |
| С векторизацией | 0,086 | 0,574 | 4,707 | 157,849 | 1199,94 |
| OpenBLAS | 0,006 | 0,013 | 0,087 | 0,407 | 2,568 |