**Курсовой проект**

**РАЗРАБОТКА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЕРСИИ   
ОПЕРАЦИИ ПЕРЕМНОЖЕНИЯ РАЗРЕЖЕННОЙ МАТРИЦЫ НА ВЕКТОР**

**Задание**

1. Скачать архив с матрицей в соответствии с вариантом в формате Matrix Market[1]. Распаковать архив.
2. Реализовать считывание матрицы из mtx-файла с помощью вспомогательного кода[2] ([mmio.h](https://disk.yandex.ru/d/7-iro1_pHQb7Yg)), ([mmio.cpp](https://disk.yandex.ru/d/Imtsis8CK7HMiA)).
3. Проанализировать структуру разреженной матрицы, выбрать наиболее эффективный формат хранения, реализовать конвертацию матрицы в выбранный формат [3,4].
4. Реализовать последовательную версию перемножения разреженной матрицы на вектор, состоящий из единиц, для выбранного формата хранения.
5. Установить нужное ПО в соответствии с вариантом.  
   (CPU: [OneAPI BaseKit](https://disk.yandex.ru/d/SDotmPb5g8CDpg), [OneAPI HPCKit](https://disk.yandex.ru/d/GtojqC9HEus7kQ); GPU: [CUDA](https://disk.yandex.ru/d/IagrlKU_Ni0i8Q)).
6. Реализовать параллельную версию программы, проверить корректность выполнения.
7. Снять и проанализировать профили выполнения программ. По возможности оптимизировать программу.
8. Подключить в проект библиотеку по варианту и реализовать версию перемножения матрицы на вектор с использованием этой библиотеки [5-7]. Если библиотека не поддерживает наилучший формат хранения из п.3 – использовать для этого пункта такой формат, который поддерживается библиотекой.
9. Провести замеры времени выполнения для собственного варианта и библиотечного метода. Рассчитать реальную производительность операции умножения матрицы на вектор.
10. Выгрузить векторы результата в файлы для своего и библиотечного варианта перемножения матрицы на вектор. Названия файлов должны указывать на ФИО студента и имя матрицы. Загрузить эти файлы для проверки в облако по ссылке <https://cloud.ugatu.su/s/aP768TRZs8jjpCC> .

**Распределение по вариантам**

1. Для тех, у кого есть в наличии ПК или ноутбук на ОС Windows с видеокартой от NVIDIA – нужно реализовать параллельную версию перемножения матрицы на вектор с помощью CUDA на GPU, и использовать библиотеку cuSPARSE[6] для реализации библиотечной версии. Для владельцев видеокарт серии GeForce GTX 1000 и ранее использовать для профилировки Nvidia Visual Profiler[8]. Для владельцев более современных видеокарт использовать Nsight Systems[9] и Nsight Compute[10].
2. Для тех, у кого есть в наличии ПК или ноутбук на ОС Windows без видеокарты от NVIDIA – нужно реализовать параллельную версию перемножения матрицы на вектор с помощью OpenMP на CPU, и использовать библиотеку MKL[4-5] для реализации библиотечной версии. Для профилировки использовать Intel Advisor[11] и Intel VTune Profiler[12].
3. Для тех, у кого есть ПК или ноутбук на ОС macOS, или нету ПК или ноутбука – нужно выполнять курсовой проект на компьютерах в кабинете 1-407 УУНиТ. Выбор реализации на CPU(п.1) или GPU(п.2) остаётся на усмотрение студента.
4. Рекомендуется выбирать матрицу из вариантов по принципу – на более производительном железе нужно брать ту матрицу, для которой необходимо больше объёма памяти.
5. Варианты матриц внутри групп не должны повторяться.

**Варианты матриц**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Название матрицы | Необходимо памяти, ГБ |
|  | [ldoor](https://sparse.tamu.edu/GHS_psdef/ldoor) | 0,48 |
|  | [Hardesty3](https://sparse.tamu.edu/Hardesty/Hardesty3) | 0,51 |
|  | [bone010](https://sparse.tamu.edu/Oberwolfach/bone010) | 0,54 |
|  | [dielFilterV2real](https://sparse.tamu.edu/Dziekonski/dielFilterV2real) | 0,55 |
|  | [af\_shell10](https://sparse.tamu.edu/Schenk_AFE/af_shell10) | 0,60 |
|  | [Hook\_1498](https://sparse.tamu.edu/Janna/Hook_1498) | 0,67 |
|  | [Geo\_1438](https://sparse.tamu.edu/Janna/Geo_1438) | 0,68 |
|  | [circuit5M](https://sparse.tamu.edu/Freescale/circuit5M) | 0,71 |
|  | [Serena](https://sparse.tamu.edu/Janna/Serena) | 0,73 |
|  | [vas\_stokes\_2M](https://sparse.tamu.edu/VLSI/vas_stokes_2M) | 0,74 |
|  | [audikw\_1](https://sparse.tamu.edu/GHS_psdef/audikw_1) | 0,87 |
|  | [Long\_Coup\_dt6](https://sparse.tamu.edu/Janna/Long_Coup_dt6) | 0,95 |
|  | [Long\_Coup\_dt0](https://sparse.tamu.edu/Janna/Long_Coup_dt0) | 0,95 |
|  | [kron\_g500-logn20](https://sparse.tamu.edu/DIMACS10/kron_g500-logn20) | 1,01 |
|  | [dielFilterV3real](https://sparse.tamu.edu/Dziekonski/dielFilterV3real) | 1,01 |
|  | [nlpkkt120](https://sparse.tamu.edu/Schenk/nlpkkt120) | 1,09 |
|  | [cage15](https://sparse.tamu.edu/vanHeukelum/cage15) | 1,15 |
|  | [ML\_Geer](https://sparse.tamu.edu/Janna/ML_Geer) | 1,25 |
|  | [Flan\_1565](https://sparse.tamu.edu/Janna/Flan_1565) | 1,29 |
|  | [Cube\_Coup\_dt6](https://sparse.tamu.edu/Janna/Cube_Coup_dt6) | 1,41 |
|  | [Cube\_Coup\_dt0](https://sparse.tamu.edu/Janna/Cube_Coup_dt0) | 1,41 |
|  | [Bump\_2911](https://sparse.tamu.edu/Janna/Bump_2911) | 1,45 |
|  | [vas\_stokes\_4M](https://sparse.tamu.edu/VLSI/vas_stokes_4M) | 1,50 |
|  | [kron\_g500-logn21](https://sparse.tamu.edu/DIMACS10/kron_g500-logn21) | 2,05 |
|  | [nlpkkt160](https://sparse.tamu.edu/Schenk/nlpkkt160) | 2,58 |
|  | [HV15R](https://sparse.tamu.edu/Fluorem/HV15R) | 3,18 |
|  | [Queen\_4147](https://sparse.tamu.edu/Janna/Queen_4147) | 3,57 |

**Требования к оформлению пояснительной записки**

Пояснительная записка к курсовому проекту должна быть оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ и содержать

• титульный лист,

• задание на курсовой проект,

• содержание,

• введение,

• теоретическую часть, описывающую форматы разреженных матриц,

• практическую часть, описывающую установку необходимого ПО (при выполнении на собственных ПК), особенности программной реализации и профили выполнения программы,

• заключение,

• список литературы,

• листинг исходного кода программы.

**Литература:**

1. <https://math.nist.gov/MatrixMarket/formats.html>

2. <https://math.nist.gov/MatrixMarket/mmio-c.html>

3. <https://en.wikipedia.org/wiki/Sparse_matrix>

4. <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/sparse.html#sparse-array-classes>

5. [MKL Developer Guide](https://disk.yandex.ru/i/Rz5lluX6CJ2-Ww)

6. [MKL Developer Reference](https://disk.yandex.ru/i/WprNB1HJgX5Q6g)

7. [cuSPARSE](https://docs.nvidia.com/cuda/cusparse/)

8. <https://docs.nvidia.com/cuda/profiler-users-guide/index.html#visual-profiler>

9. <https://docs.nvidia.com/nsight-systems/index.html>

10. <https://docs.nvidia.com/nsight-compute/index.html>

11. [Advisor User Guide](https://disk.yandex.ru/i/tO_OXLfT3S5neg)

12. [VTune Profiler User Guide](https://disk.yandex.ru/i/JcTgT2U_hzOv3A)