

ФАКУЛЬТЕТ Информатика и системы управления (ИУ)

**Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**

**(национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

КАФЕДРА Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии (ИУ7)

## ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3

**«ОБРАБОТКА РАЗРЕЖЕННЫХ МАТРИЦ»**

Название: Обработка разреженных матриц

Студент Пискунов Панте

Группа ИУ7 – 36Б

Тип лабораторной работы: Учебная

Вариант № 2

Преподаватель Никульшина Татьяна Александровна

*2022 г.*

# Условие задачи

Разработать программу сложения разреженных матриц. Предусмотреть возможность ввода данных, как с клавиатуры, так и использования заранее подготовленных данных. Матрицы хранятся и выводятся в форме трех объектов. Для небольших матриц можно дополнительно вывести матрицу в виде матрицы. Величина матриц - любая (допустим, 1000\*1000). Сравнить эффективность (по памяти и по времени выполнения) стандартных алгоритмов обработки матриц с алгоритмами обработки разреженных матриц при различной степени разреженности матриц и различной размерности матриц.

# Техническое задание

Разреженная (содержащая много нулей) матрица хранится в форме 3-х объектов:

* вектор ***A*** содержит значения ненулевых элементов;
* вектор ***IA*** содержит номера строк для элементов вектора ***A***;
* связный список ***JA***, в элементе Nk которого находится номер компонент в ***A*** и ***IA***, с которых начинается описание столбца Nk матрицы ***A***.

1. Смоделировать операцию сложения двух матриц, хранящихся в этой форме, с получением результата в той же форме.
2. Произвести операцию сложения, применяя стандартный алгоритм работы с матрицами.
3. Сравнить время выполнения операций и объем памяти при использовании этих 2-х алгоритмов при различном проценте заполнения матриц.

## Входные данные:

* 1. **Целое число, представляющее собой номер команды:** целое число в диапазоне от 0 до 5.

### Командно-зависимые данные:

* + - Количество строк\столбцов матрицы
    - Элементы матрицы в формате “индекс строки, индекс столбца, значение элемента”

## Выходные данные:

1. Исходные и результирующие матрицы в стандартном формате и разреженном столбцовом формате
2. Количественная характеристика сравнения времени сложения матриц разного формата
3. Количественная характеристика сравнения занимаемой памяти матриц разного вида

# Описание структур данных

// Структура обычной матрицы

typedef struct matrix\_t

{

int \*data; // матрица в виде одномерного массива

int rows; // количество строк матрицы

int columns; // количество столбцов матрицы

}matrix\_t;

// Структура разреженой матрицы

typedef struct sparse\_matrix\_t

{

int \*a; // массив, содержащий значения ненулевых элементов

int \*ai; // массив, содержащий номера строк для элементов массива А

int \*aj; // массив, содержащий номер компонент

// в A и IA, с которых начинается описание столбца Nk матрицы A

int \*pa; // указатель на конец массива, содержащий значения ненулевых элементов

int \*pai; // указатель на конец массива, содержащий номера строк для элементов массива А

int \*paj; // указатель на конец массива, массив, содержащий номер компонент

// в A и IA, с которых начинается описание столбца Nk матрицы A

}sparse\_matrix\_t;

## **Меню** программы:

1. Ввести две матрицы с клавиатуры
2. Сгенерировать две матрицы с заданным процентом разреженности
3. Сложить две матрицы
4. Вывести две матрицы
5. Сравнить время выполнения операций и объем памяти при сложении матриц в разных форматах
6. Выйти

## Обращение к программе:

Запускается через терминал с помощью команды ./app.exe

## Аварийные ситуации:

1. Некорректный ввод команды.

На входе: число большее 5, либо меньшее 0

На выходе: сообщение "Ошибка: вы ввели матрицу некорректно!"

1. Пустая матрица

На входе: Вызов любой из команд 3-5 при пустых матрицах. На выходе: "Ошибка: вы не ввели матрицы"

1. Неверный ввод числа

На входе: неверно введенный индекс строки матрицы На выходе: "Ошибка: вы ввели матрицу некорректно!”

1. Неверный ввод числа

На входе: неверно введенный индекс столбца матрицы На выходе: "Ошибка: вы ввели матрицу некорректно!"

1. Неверный ввод числа

На входе: неверное значение количества строк\столбцов матрицы\ненулевых элементов матрицы

На выходе: сообщение "Ошибка: вы ввели матрицу некорректно"

1. Неверный ввод числа

На входе: неверное процентное значение ненулевых элементов матрицы На выходе: "Ошибка: вы ввели неверные данные для генерации матрицы"

# Описание алгоритма суммирования двух разреженных матриц

Есть две матрицы. Сначало смотрим в первую матрицу есть ли в первом столбце ненулевых чисел, если нет то переходим в вторую матрицу, если есть сравниваю есть ли в обе матрицы на одном и то же место ненулевых чисел, если есть то, их суммирую, если нет, тогда просто их переписываю. И так проверяю все столбцы.

# Тесты

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Тест | Пользовательский ввод | Результат |
| 1 | Некорректный ввод команды | -1 | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно! |
| 2 | Некорректный ввод команды | f | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно! |
| 3 | Ввод корректной команды (3-5) при пустых матрицах | любая команда 3-5 | Ошибка: вы не ввели матрицы! |
| 4 | Неверное значение количества строк матрицы | -1 | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 5 | Неверное значение количества строк  матрицы | iu | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 6 | Неверное значение количества столбцов  матрицы | 0.228 | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 7 | Неверное значение  количества столбцов матрицы | rk | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 8 | Неверное процентное значение ненулевых элементов матрицы | 100 | Ошибка: вы ввели неверные данные для генерации матрицы |
| 9 | Неверное процентное значение ненулевых элементов матрицы | -1 | Ошибка: вы ввели неверные данные для генерации матрицы |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 10 | Неверное значение количества ненулевых  элементов матрицы | 5 (при размере матрицы 2  х 2) | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 11 | Неверное значение количества ненулевых элементов матрицы | -1 | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 12 | Неверное значение номера строки | -1 | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 13 | Неверное значение номера строки | 6 (при размере матрицы 5  х 5) | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 14 | Неверное значение номера столбца | -6 | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 15 | Неверное значение номера столбца | 6 (при размере матрицы 5  х 5) | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 16 | Неверное значение элемента матрицы | warcraft | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 17 | Неверное значение элемента матрицы | 1.488 | Ошибка: вы ввели матрицу некорректно |
| 18 | Ввод матриц вручную (команда 1) | корректно введенные матрицы | Заполненные матрицы |
| 19 | Заполнение матриц случайными числами (команда 2) | корректные размерности матриц и процент разреженности матриц | Матрицы заполненные случайными элементами |
| 20 | Сложение матриц  (команда 3) | 3 | Результирующая матрица, полученная поэлементным  сложением 1 и 2 матриц |
| 22 | Вывод исходных матриц в стандартном формате  на экран (команда 4) | 4 | Исходные матрицы в стандартном формате |
| 24 | Вывести сравнение времени сложения и  объема занимаемой памяти обычной и | 5 | Вывод сравнения времени сложения и объема занимаемой памяти матриц разных форматов |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | разреженной матриц (команда 5) |  |  |
| 25 | Выход из программы (команда 0) | 0 | Программа завершена! |

**Оценка эффективности**

Измерения эффективности сложения матриц в разных форматах будут производиться в секундах. Матрицы будут заполняться случайными числами.

### Время сложения:

10% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат(секунды) | Столбцовый формат(секунды) |
| 10х10 | 0.000007 | 0.000035 |
| 100х100 | 0.000183 | 0.007568 |
| 500х500 | 0.004090 | 0.363914 |

30% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат(секунды) | Столбцовый формат(секунды) |
| 10х10 | 0.000002 | 0.000007 |
| 100х100 | 0.000189 | 0.006008 |
| 500х500 | 0.004088 | 0.223072 |

50% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат(секунды) | Столбцовый формат(секунды) |
| 10х10 | 0.000005 | 0.000008 |
| 100х100 | 0.000183 | 0.004943 |
| 500х500 | 0.004102 | 0.116622 |

70% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат(секунды) | Столбцовый формат(секунды) |
| 10х10 | 0.000007 | 0.000012 |
| 100х100 | 0.000189 | 0.001840 |
| 500х500 | 0.004005 | 0.075277 |

80% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат(секунды) | Столбцовый формат(секунды) |
| 10х10 | 0.000005 | 0.00006 |
| 100х100 | 0.000188 | 0.000900 |
| 500х500 | 0.004083 | 0.020240 |

95% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат(секунды) | Столбцовый формат(секунды) |
| 10х10 | 0.000008 | 0.00005 |
| 100х100 | 0.000197 | 0.00170 |
| 500х500 | 0.004085 | 0.04037 |

### Объем занимаемой памяти:

10% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 1200 | 2292 |
| 100х100 | 120000 | 217212 |
| 500х500 | 3000000 | 5406012 |

30% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 1200 | 1812 |
| 100х100 | 120000 | 169212 |
| 500х500 | 3000000 | 4206012 |

50% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 1200 | 1332 |
| 100х100 | 120000 | 121212 |
| 500х500 | 3000000 | 3016012 |

55% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 1200 | 1190 |
| 100х100 | 120000 | 109212 |
| 500х500 | 3000000 | 2706012 |

# Контрольные вопросы

### Что такое разреженная матрица, какие схемы хранения таких матриц вы знаете?

Разреженная матрица — это матрица, содержащая большое количество нулей. Схемы хранения матрицы: связанная схема хранения, строчный формат, столбцовый формат, кольцевой связанный список, двунаправленные стеки и очереди.

### Каким образом и сколько памяти выделяется под хранение разреженной и обычной матрицы?

Под обычную матрицу (N – количество строк, M – количество столбцов) выделяет N\*M ячеек памяти. Для разреженной матрицы количество ячеек памяти зависит от способа. В случае разреженного формата требуется 3 \* K ячеек памяти, где K – количество ненулевых элементов.

### Каков принцип обработки разреженной матрицы?

Алгоритмы обработки разреженных матриц предусматривают работу только с ненулевыми элементами.

### В каком случае для матриц эффективнее применять стандартные алгоритмы обработки матриц? От чего это зависит?

Стандартные алгоритмы обработки матриц эффективнее применять при большом количестве ненулевых элементов (начиная примерно с 10%). Зависит от количества ненулевых элементов.

# Вывод

Алгоритмы для работы с разреженной матрицой имеют смысл только, если количество ненулывых элементов в обычной матрице не много (в зависимости от алгоритма, в данном случае только при заполненности выше 95 процентов обычный алгоритм медленее разреженного)

Стоит отметить, что когда процент ненулевых элементов матрицы 95% использование алгоритмов работы с разреженными матрицами будет выигрывать по времени, a при разреженности выше 55% будет выигрывать по памяти.