

	<p>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)</p>
---	--

ФАКУЛЬТЕТ _____ Информатика и системы управления (ИУ)

КАФЕДРА _____ Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии (ИУ7)

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3 **«ОБРАБОТКА РАЗРЕЖЕННЫХ МАТРИЦ»**

Студент, группа

Артемьев И.О., ИУ7-33Б

2020 г.

Условие задачи

Разработать программу умножения или 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 N_k которого находится номер компонент в **A** и **IA**, с которых начинается описание столбца N_k 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 7.
2. **Командно-зависимые данные:**
 - Количество строк\столбцов матрицы
 - Элементы матрицы в формате “индекс строки индекс столбца значение элемента”

- Количество нулевых элементов матрицы в процентах

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

Функция программы:

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

Обращение к программе:

Запускается через терминал с помощью команды `./app.exe`

Аварийные ситуации:

1. Некорректный ввод команды.
На входе: число большее 7, либо меньшее 0
На выходе: сообщение "Ошибка: вы ввели неверный пункт меню"
2. Пустая матрица
На входе: Вызов любой из команд 3-7 при пустых матрицах.
На выходе: "Ошибка: вы не ввели матрицы"
3. Неверный ввод числа

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

4. Неверный ввод числа

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

5. Неверный ввод числа

На входе: неверное значение количества строк\столбцов
матрицы\ненулевых элементов матрицы
На выходе: сообщение "Ошибка: вы ввели матрицу некорректно"

6. Неверный ввод числа

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

Описание структур данных

За хранение матрицы в стандартном формате отвечают следующие переменные:

```
int *matrix = NULL;  
int n, m;  
int number_nonzero_el;
```

Значения переменных:

int* matrix – матрица представленная длинным массивом
int n - количество строк матрицы
int m - количество столбцов матрицы
int number_nonzero_el - количество ненулевых элементов матрицы

За хранение матрицы в разреженном столбцовом формате отвечают следующие переменные:

```
int *a = NULL, *ai = NULL, *ja = NULL;  
int *pa = NULL, *pai = NULL, *pja = NULL;  
int number_nonzero_el;
```

Значения переменных:

int *a, *ai, *ja – указатели на начало массивов
int *pa, *pai, *pja – указатели на концы массивов a, ai, ja

int number_nonzero_el - количество ненулевых элементов матрицы

Описание алгоритма

1. Пользователю выводится меню программы
2. Пока пользователь не введет 0, ему будет предложено вводить номера команд и выполнять различные действия

Тесты

	Тест	Пользовательский ввод	Результат
1	Некорректный ввод команды	-1	Ошибка: вы ввели неверный пункт меню
2	Некорректный ввод команды	f	Ошибка: вы ввели неверный пункт меню
3	Ввод корректной команды (3-7) при пустых матрицах	любая команда 3-7	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 x 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 x 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 x 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 в стандартной форме (команда 3)	3	Результирующая матрица, полученная поэлементным сложением 1 и 2 матриц
21	Сложение матриц в разреженном столбцовом формате (команде 4)	4	Результирующая матрица, полученная поэлементным сложением 1 и 2 матриц
22	Вывод исходных матриц в стандартном формате на экран (команда 5)	5	Исходные матрицы в стандартном формате
23	Вывод исходных матриц в столбцовом формате на экран (команда 6)	6	Исходные матрицы в столбцовом формате
24	Вывести сравнение времени сложения и объема занимаемой памяти обычной и	7	Вывод сравнения времени сложения и объема занимаемой памяти матриц разных форматов

	разреженной матриц (команда 7)		
25	Выход из программы (команда 0)	0	Завершение работы программы

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	Столбцовый формат
10x10	0.000021	0.000013
100x100	0.000094	0.005856
300x300	0.000642	0.136797

20% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	0.000004	0.000025
100x100	0.000100	0.004598
300x300	0.001626	0.232770

30% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	0.000005	0.000021

100x100	0.000206	0.006625
300x300	0.002470	0.177200

40% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	0.000004	0.000032
100x100	0.000190	0.005021
300x300	0.001665	0.134929

50% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	0.000005	0.000015
100x100	0.000211	0.004859
300x300	0.001845	0.093215

75% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	0.000003	0.000007
100x100	0.000222	0.001045
300x300	0.001819	0.067894

90% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	0.000022	0.000005
100x100	0.000291	0.000276
300x300	0.001226	0.001130

99% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	0.000005	0.000029
100x100	0.000215	0.000030
300x300	0.001806	0.000139

Объем занимаемой памяти:

10% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	400	844
100x100	40000	79684
300x300	360000	714356

20% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	400	812
100x100	40000	77212
300x300	360000	692188

30% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
--------	--------------------	-------------------

10x10	400	764
100x100	40000	73028
300x300	360000	656668

40% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	400	740
100x100	40000	67820
300x300	360000	605724

50% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	400	644
100x100	40000	60628
300x300	360000	542804

75% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	400	420
100x100	40000	35444
300x300	360000	316724

99% разреженности

Размер	Стандартный формат	Столбцовый формат
10x10	400	60

100x100	40000	2004
300x300	360000	15516

Контрольные вопросы

1. 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.

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

Под обычную матрицу (N — количество строк, M — количество столбцов) выделяет $N \cdot M$ ячеек памяти. Для разреженной матрицы количество ячеек памяти зависит от способа. В случае разреженного формата требуется количество ячеек в размере $K \cdot 2 + M$, где K — количество ненулевых элементов, M — количество столбцов.

3. Каков принцип обработки разреженной матрицы?

Алгоритмы обработки разреженных матриц предусматривают работу только с ненулевыми элементами.

4. 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 20%). Зависит от количества ненулевых элементов.

Вывод

Использование алгоритмов хранения и обработки разреженных матриц выгодно, когда количество ненулевых элементов примерно 15% от всех элементов матрицы. Хранение матриц в разреженном столбцовом формате проигрывает по памяти практически во всех случаях, так как структура для хранения разреженной матрицы содержит несколько целочисленных полей, которые заполняются ненулевыми элементами, из этого следует, что чем больше процент ненулевых элементов в матрице, тем больше будут затраты по памяти и времени при использовании алгоритмов работы с разреженными матрицами.

Стоит отметить, что когда процент ненулевых элементов матрицы не превышает 10-15%, использование алгоритмов работы с разреженными матрицами будет выигрывать как по памяти, так и по времени.