|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **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)** |

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 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 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

1. Сложить две матрицы в столбцовом формате
2. Вывести две матрицы в обычном формате
3. Вывести две матрицы в столбцовом формате
4. Сравнить время выполнения операций и объем памяти при сложении матриц в разных форматах
5. 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"

1. Пустая матрица

На входе: Вызов любой из команд 3-7 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 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 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 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 разреженной матриц (команда 7) | 7 | Вывод сравнения времени сложения и объема занимаемой памяти матриц разных форматов |
| 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 |
| 10х10 | 0.000021 | 0.000013 |
| 100х100 | 0.000094 | 0.005856 |
| 300х300 | 0.000642 | 0.136797 |

20% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 0.000004 | 0.000025 |
| 100х100 | 0.000100 | 0.004598 |
| 300х300 | 0.001626 | 0.232770 |

30% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 0.000005 | 0.000021 |
| 100х100 | 0.000206 | 0.006625 |
| 300х300 | 0.002470 | 0.177200 |

40% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 0.000004 | 0.000032 |
| 100х100 | 0.000190 | 0.005021 |
| 300х300 | 0.001665 | 0.134929 |

50% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 0.000005 | 0.000015 |
| 100х100 | 0.000211 | 0.004859 |
| 300х300 | 0.001845 | 0.093215 |

75% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 0.000003 | 0.000007 |
| 100х100 | 0.000222 | 0.001045 |
| 300х300 | 0.001819 | 0.067894 |

90% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 0.000022 | 0.000005 |
| 100х100 | 0.000291 | 0.000276 |
| 300х300 | 0.001226 | 0.001130 |

99% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 0.000005 | 0.000029 |
| 100х100 | 0.000215 | 0.000030 |
| 300х300 | 0.001806 | 0.000139 |

**Объем занимаемой памяти:**

10% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 400 | 844 |
| 100х100 | 40000 | 79684 |
| 300х300 | 360000 | 714356 |

20% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 400 | 812 |
| 100х100 | 40000 | 77212 |
| 300х300 | 360000 | 692188 |

30% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 400 | 764 |
| 100х100 | 40000 | 73028 |
| 300х300 | 360000 | 656668 |

40% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 400 | 740 |
| 100х100 | 40000 | 67820 |
| 300х300 | 360000 | 605724 |

50% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 400 | 644 |
| 100х100 | 40000 | 60628 |
| 300х300 | 360000 | 542804 |

75% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 400 | 420 |
| 100х100 | 40000 | 35444 |
| 300х300 | 360000 | 316724 |

99% разреженности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер | Стандартный формат | Столбцовый формат |
| 10х10 | 400 | 60 |
| 100х100 | 40000 | 2004 |
| 300х300 | 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\*M ячеек памяти. Для разреженной матрицы количество ячеек памяти зависит от способа. В случае разреженного формата требуется количество ячеек в размере К \* 2 + M, где К — 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.