

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММАМ (многопоточная версия)

1. Программа должна получать все параметры в качестве аргументов командной строки. Аргументы командной строки:

- 1) n – размерность матрицы,
- 2) p – количество использованных потоков,
- 3) r – количество выводимых значений в матрице,
- 4) s – задает номер формулы для инициализации матрицы, должен быть равен 0 при вводе матрицы из файла
- 5) `filename` – имя файла, откуда надо прочитать матрицу. Этот аргумент **отсутствует**, если $s \neq 0$.

Например, запуск

```
./a.out 4 2 4 0 a.txt
```

означает, что матрицу 4×4 надо прочитать из файла `a.txt`, использовать 2 потока и выводить не более 4-х строк и столбцов матрицы, а запуск

```
./a.out 2000 8 10 1
```

означает, что матрицу 2000×2000 надо инициализировать по формуле номер 1, использовать 8 потоков и выводить не более 10-ти строк и столбцов матрицы.

2. В задачах, где требуется правая часть b , этот вектор строится после инициализации матрицы $A = (a_{i,j})_{i,j=1,\dots,n}$ по формуле:

$$b = (b_i)_{i=1,\dots,n}, \quad b_i = \sum_{k=0}^{(n+1)/2} a_{i,2k+1}$$

3. Ввод матрицы должен быть оформлен в виде подпрограммы, находящейся в отдельном файле.

4. Ввод матрицы из файла. В указанном файле находится матрица в формате:

$$\begin{matrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & \dots & a_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n,1} & \dots & a_{n,n} \end{matrix}$$

где n - указанный размер матрицы, $A = (a_{i,j})$ - матрица. Программа должна выводить сообщение об ошибке, если указанный файл не может быть прочитан, содержит меньшее количество данных или данные неверного формата.

5. Ввод матрицы и правой части по формуле. Элемент $a_{i,j}$ матрицы A полагается равным

$$a_{i,j} = f(s, n, i, j), \quad i, j = 1, \dots, n,$$

где $f(s, n, i, j)$ - функция, которая возвращает значение (i, j) -го элемента $n \times n$ матрицы по формуле номер s (аргумент командной строки). Функция $f(s, n, i, j)$ должна быть оформлена в виде отдельной подпрограммы.

$$f(s, n, i, j) = \begin{cases} n - \max\{i, j\} + 1 & \text{при } s = 1 \\ \max\{i, j\} & \text{при } s = 2 \\ |i - j| & \text{при } s = 3 \\ \frac{1}{i + j - 1} & \text{при } s = 4 \end{cases}$$

6. Решение системы (нахождение обратной матрицы) должно быть оформлено в виде функции, находящейся в отдельном файле и получающей в качестве аргументов

- (a) размерность n матрицы A ,
- (b) номер потока k , где работает этот "экземпляр" функции,
- (c) число потоков p ,
- (d) матрицу A ,
- (e) правую часть b (если стоит задача решить линейную систему)
- (f) вектор x , в который будет помещено решение системы, если стоит задача решить линейную систему, или матрицу X , которую будет помещена обратная матрица, если стоит задача обратить матрицу,
- (g) дополнительные векторы, если алгоритму требуется дополнительная память.

Получать в этой функции дополнительную информацию извне через глобальные переменные и т.п. запрещается.

7. Функция, реализующая задачу, возвращает ненулевое значение, если алгоритм решения неприменим к поданной на вход матрице A .

8. Функция, реализующая задачу, **не должна выделять или использовать дополнительную память**.

9. **Сложность работы функции**, реализующая задачу, не должна превышать $O(n^3)$.

10. Суммарный объем оперативной памяти, требуемой программе, не должен превышать:

- при вычислении решения системы: $n^2 + O(n)$,
- при вычислении обратной матрицы: $2n^2 + O(n)$.

Для выполнения этого требования после завершения алгоритма решения (нахождения обратной матрицы) вызывается подпрограмма инициализации матрицы (из файла или по формуле) и вычисления вектора b (в задачах решения линейной системы).

11. Программа должна содержать подпрограмму вывода на экран прямоугольной матрицы $l \times n$ матрицы. Эта подпрограмма используется для вывода исходной $n \times n$ матрицы после ее инициализации, а также для вывода на экран решения системы ($1 \times n$ матрицы) или обратной $n \times n$ матрицы, если стоит задача обратить матрицу. Подпрограмма выводит на экран не более, чем r строк и столбцов $l \times n$ матрицы, где r – параметр этой подпрограммы (аргумент командной строки). Каждая строка матрицы должна печататься на новой строке, каждый элемент матрицы выводится в строке по формату "`%10.3e`" (один пробел между элементами и экспоненциальный формат `%10.3e`).

12. Результатами работы программы являются 3 элемента:

- Собственно вектор решения x (в задачах нахождения решения линейной системы) или обратная матрица A^{-1} (в задачах нахождения обратной матрицы).
- Два вещественных числа r_1 и r_2 , вычисляемых после вызова функции, реализующей задачу:

– **В задачах нахождения решения линейной системы**

$$r_1 = \|Ax - b\|_1 / \|b\|_1, \quad r_2 = \|x - \hat{x}\|_1 / \|\hat{x}\|_1, \quad \text{где } \hat{x}_i = (i \bmod 2), \quad \|y\|_1 = \sum_{i=1}^n |y_i|.$$

– **В задачах нахождения обратной матрицы**

$$r_1 = \begin{cases} \|AA^{-1} - E\|_1, & N \leq 11000, \\ 0, & N > 11000 \end{cases} \quad r_2 = \begin{cases} \|A^{-1}A - E\|_1, & N \leq 11000, \\ 0, & N > 11000 \end{cases}$$

где

$$\|Y\|_1 = \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n |y_{ij}|, \quad Y = (y_{ij})_{i,j=1,\dots,n}.$$

Вычисление r_1 и r_2 должно быть оформлено в виде подпрограммы, вызываемой из функции `main`. Эта подпрограмма **не должна выделять или использовать дополнительную память**.

13. Вывод результата работы функции в функции `main` должен производиться по формату:

- Непосредственно вывод вектора решения x или обратной матрицы A^{-1} :
 - в задачах нахождения решения линейной системы вывод вектора решения x производится вызовом подпрограммы печати матрицы (см. пункт 11) размера $1 \times n$ (т.е. в строку и **по указанному там формату**)
 - в задачах нахождения обратной матрицы вывод обратной матрицы A^{-1} производится вызовом подпрограммы печати матрицы (см. пункт 11) размера $n \times n$ (**по указанному там формату**)

Вывод не производится, если алгоритм решения неприменим к поданной на вход матрице A .

- Отчет о результате и времени работы:

```
printf (
    "%s : Task = %d Res1 = %e Res2 = %e T1 = %.2f T2 = %.2f S = %d N = %d P = %d\n",
    argv[0], task, r1, r2, t1, t2, s, n, p);
```

где

- `argv[0]` – первый аргумент командной строки (имя образа программы),
- `task` – номер задачи,
- `r1 = r1` – вычисленное значение $r1$ (см. пункт 12), выводится $r1 = -1$, если алгоритм решения неприменим к поданной на вход матрице A ,
- `r2 = r2` – вычисленное значение $r2$ (см. пункт 12), выводится $r2 = -1$, если алгоритм решения неприменим к поданной на вход матрице A ,
- `t1` – время работы функции, реализующей решение этой задачи, в секундах (с точностью до сотых долей),
- `t2` – время работы функции, вычисляющей невязки решения (см. пункт 12), в секундах (с точностью до сотых долей), выводится $t2 = 0$, если алгоритм решения неприменим к поданной на вход матрице A ,

– s , n , p – аргументы командной строки.

Вывод должен производиться в точности в таком формате, чтобы можно было автоматизировать обработку запуска многих тестов. **Вывод отчета о результате и времени работы должен производиться всегда**, даже если алгоритм решения неприменим к поданной на вход матрице A .

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

1. Метод Гаусса решения линейной системы.
2. Метод Гаусса нахождения обратной матрицы.
3. LU-разложение для решения линейной системы.
4. LU-разложение для нахождения обратной матрицы.
5. Метод Холецкого решения линейной системы с симметричной матрицей.
6. Метод Холецкого нахождения обратной матрицы для симметричной матрицы.
7. Метод Жордана решения линейной системы.
8. Метод Жордана нахождения обратной матрицы.
9. Метод Гаусса решения линейной системы с выбором главного элемента по столбцу.
10. Метод Гаусса решения линейной системы с выбором главного элемента по строке.
11. Метод Гаусса решения линейной системы с выбором главного элемента по всей матрице.
12. Метод Гаусса нахождения обратной матрицы с выбором главного элемента по столбцу.
13. Метод Гаусса нахождения обратной матрицы с выбором главного элемента по строке.
14. Метод Гаусса нахождения обратной матрицы с выбором главного элемента по всей матрице.
15. Метод Жордана решения линейной системы с выбором главного элемента по столбцу.
16. Метод Жордана решения линейной системы с выбором главного элемента по строке.
17. Метод Жордана решения линейной системы с выбором главного элемента по всей матрице.
18. Метод Жордана нахождения обратной матрицы с выбором главного элемента по столбцу.
19. Метод Жордана нахождения обратной матрицы с выбором главного элемента по строке.
20. Метод Жордана нахождения обратной матрицы с выбором главного элемента по всей матрице.
21. Метод вращений решения линейной системы.
22. Метод вращений нахождения обратной матрицы.
23. Метод отражений решения линейной системы.
24. Метод отражений нахождения обратной матрицы.