

Требования к программам

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

- 1) n – число строк и столбцов $n \times n$ матрицы A ,
- 2) p – количество выводимых значений в матрице и векторах,
- 3) k – задает номер формулы для инициализации матрицы A , должен быть равен 0 при вводе матрицы A из файла,
- 4) `filename` – имя файла, откуда надо прочитать матрицу A . Этот аргумент **отсутствует**, если $k \neq 0$,

Например, запуск

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

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

```
./a.out 2000 6 1
```

означает, что матрицу A 2000×2000 надо инициализировать по формуле номер 1 и выводить не более 6-ти строк и столбцов матрицы.

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

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

Инициализация должна быть оформлена в виде подпрограммы, вызываемой из функции `main`.

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:

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

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 размера $n \times n$ полагается равным

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

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

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

6. Решение должно быть оформлено в виде функции, находящейся в отдельном файле и получающей в качестве аргументов

- (a) размерность n матрицы A ,
- (b) матрицу A ,
- (c) правую часть b (если стоит задача решить линейную систему)
- (d) вектор x , в который будет помещено решение системы, если стоит задача решить линейную систему, или матрицу X , в которую будет помещена обратная матрица, если стоит задача обратить матрицу,
- (e) дополнительные вектора, 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 $m \times n$ матрицы. Эта подпрограмма используется для вывода исходной $n \times n$ матрицы после ее инициализации, а также для вывода на экран результата работы программы. Подпрограмма выводит на экран не более, чем p строк и столбцов $m \times n$ матрицы, где p – 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 задачи:

– В задачах нахождения решения линейной системы

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

– В задачах нахождения обратной матрицы

$$r_1 = \|AA^{-1} - E\|_1, \quad r_2 = \|A^{-1}A - E\|_1, \quad \text{где } \|Y\|_1 = \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n |y_{ij}|, \quad Y = (y_{ij})_{i,j=1, \dots, n}$$

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**)
- Отчет о результате и времени работы:

```
printf ("%s : Task = %d Res1 = %e Res2 = %e Elapsed = %.2f\n",
        argv[0], task, r1, r2, t);
```

где

- `argv[0]` – первый аргумент командной строки (имя образа программы),
- `task` – номер задачи,
- `r1 = r1` – вычисленное значение r_1 (см. пункт 12),
- `r2 = r2` – вычисленное значение r_2 (см. пункт 12),
- `t` – время работы функции, реализующей решение этой задачи.

Вывод должен производиться в точности в таком формате, чтобы можно было автоматизировать обработку запуска многих тестов.

Задачи

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.

Задачи для индивидуального выполнения

N	Группа 108		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Агаева	Э	14																					
2	Агафонов	Ф	9																					
3	Асташова	А	7																					
4	Богатикова	А	1																					
5	Васильев	Д	2																					
6	Гнетов	Ф	8																					
7	Гордейчик	Г	3																					
8	Дянкин	М	13																					
9	Емельянова	А	19																					
10	Журавлёв	А	17																					
11	Кручинский	Р	20																					
12	Лебедев	А	15																					
13	Мамлеева	А	5																					
14	Муджиков	В	6																					
15	Никитенко	В	2																					
16	Орехов	Е	12																					
17	Павлов	Р	18																					
18	Петров	Н	4																					
19	Померанцев	В	10																					
20	Саранченко'ва	Е	16																					
21	Синицын	И	1																					
22	Суставов	Ф	11																					
23	Тихонов	Б	8																					
24	Уханов	Т	7																					
25	Цынский	Р	1																					