

## МЕТОД КРАМЕРА

**Преподаватель:  
Махмудов  
Кароматулло Азизович**

**Новосибирск – 2022**



# Вспомним такие понятия как:

$$AX = B$$

- запись СЛАУ в матричном виде

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{pmatrix}$$



**A** – основная матрица системы

**X** – матрица-столбец неизвестных

**B** – матрица-столбец свободных членов

# Системы из двух линейных уравнений с двумя неизвестными

Центральная задача линейной алгебры - это решение систем линейных уравнений.

Наиболее простым, является случай, когда число неизвестных  $n$  равно числу уравнений  $n$ . Пусть  $n = 2$ :

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2 \end{cases}$$

Свободные члены уравнения

$a_{ij}$  - коэффициенты при неизвестных.

Номер неизвестного,

Номер уравнения

Решение данной системы - это пара чисел  $x_1$  и  $x_2$ , которая при подстановке обращает оба этих уравнения в тождества.

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} a_{11} \cdot a_{22} \cdot x_1 + a_{12} \cdot a_{22} \cdot x_2 = b_1 \cdot a_{22} \\ a_{12} \cdot a_{21} \cdot x_1 + a_{12} \cdot a_{22} \cdot x_2 = a_{12} \cdot b_2 \end{cases} \Rightarrow$$

$$(a_{11} \cdot a_{22} - a_{12} \cdot a_{21}) \cdot x_1 = a_{22} \cdot b_1 - a_{12} \cdot b_2$$

Обозначим:  $\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11} \cdot a_{22} - a_{12} \cdot a_{21}$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} \\ b_2 & a_{22} \end{vmatrix} = b_1 \cdot a_{22} - a_{12} \cdot b_2 \quad \Rightarrow \quad \Delta \cdot x_1 = \Delta_1$$

Аналогично получим:  $\Delta \cdot x_2 = \Delta_2$

обозначив:  $\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 \\ a_{21} & b_2 \end{vmatrix} = a_{11} \cdot b_2 - a_{21} \cdot b_1$

Система уравнений будет иметь вид:

$$\begin{cases} \Delta \cdot x_1 = \Delta_1 \\ \Delta \cdot x_2 = \Delta_2 \end{cases}$$

Если  $\Delta \neq 0$ , то решение системы находится по формулам:

$$x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}$$

Вспомогательные  
определители системы  
Главный определитель  
системы

Формулы Крамера

*Решить систему методом Крамера:*

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 = 5 \\ 3x_1 + 2x_2 = 3 \end{cases}$$

*Вычислим главный и вспомогательные определители системы:*

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 2 \end{vmatrix} = 2 \cdot 2 - 3 \cdot 1 = 1 \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} 5 & 1 \\ 3 & 2 \end{vmatrix} = 5 \cdot 2 - 3 \cdot 1 = 7$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 2 & 5 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 2 \cdot 3 - 3 \cdot 5 = -9$$

*Найдем решение системы по формулам Крамера:*

$$x_1 = \frac{7}{1} = 7; \quad x_2 = \frac{-9}{1} = -9$$

# Рассмотрим пример 1

**Задание.**

**Решите систему линейных уравнений методом Крамера**

$$\begin{cases} 2X_1 - X_2 = 0 \\ X_1 + 3X_2 = 7 \end{cases}$$

**Решение.**

**Основная матрица системы имеет вид**

$$A = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$$

1) Вычислим ее определитель

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = 6 + 1 = 7$$

$\Delta$  - отличен от нуля  $\Rightarrow$  система имеет единственное решение, которое может быть найдено методом Крамера.








**2) Составим и вычислим необходимые определители**

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 0 & -1 \\ 7 & 3 \end{vmatrix} = 7; \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 7 \end{vmatrix} = 14;$$

**3) Находим неизвестные переменные по формулам**

$$X_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{7}{7} = 1 \qquad X_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{14}{7} = 2$$

**Ответ:**  $X_1 = 1, X_2 = 2.$



# Метод Крамера

Для сокращения выкладок запишем систему из трех уравнений с тремя неизвестными:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3 \end{cases} \quad \Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

Вспомогательные определители получаются из главного определителя, если заменить соответствующий столбец столбцом свободных членов:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & a_{13} \\ b_2 & a_{22} & a_{23} \\ b_3 & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 & a_{13} \\ a_{21} & b_2 & a_{23} \\ a_{31} & b_3 & a_{33} \end{vmatrix} \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & b_2 \\ a_{31} & a_{32} & b_3 \end{vmatrix}$$

По величине главного и вспомогательных определителей можно судить о характере системы:

- Если  $\Delta \neq 0$  то система совместна и определена.
- Если  $\Delta = 0, \Delta_1 = \Delta_2 = \Delta_3 = 0$  то система совместна и неопределена.
- Если  $\Delta = 0$ , но  $\Delta_1 \neq 0$  или  $\Delta_2 \neq 0$  или  $\Delta_3 \neq 0$  то система несовместна.

В общем случае будем иметь  $n+1$  определителей  $n$ -ого порядка

$$\Delta, \Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_{n-2}, \Delta_{n-1}, \Delta_n$$

и, если  $\Delta \neq 0$ , то решение системы находится по формулам Крамера:

$$x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad \dots \quad x_n = \frac{\Delta_n}{\Delta}$$

## Рассмотрим пример 2

**Задание.**

**Решите систему линейных уравнений методом Крамера**

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 - x_3 = 9 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 = 3 \\ x_1 + 2x_3 = 2 \end{cases}$$

**Решение.**

Основная матрица системы имеет вид

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

1) Вычислим ее определитель

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2 & 3 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{vmatrix} = 2 \cdot (-2) \cdot 2 + 3 \cdot 1 \cdot 1 + (-1) \cdot 1 \cdot 0 - \\ - (-1) \cdot (-2) \cdot 1 - 3 \cdot 1 \cdot 2 - 2 \cdot 1 \cdot 0 = -13$$

Так как определитель основной матрицы системы отличен от нуля, то система имеет единственное решение, которое может быть найдено методом Крамера.



2) Составим и вычислим необходимые определители

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 9 & 3 & -1 \\ 3 & -2 & 1 \\ 2 & 0 & 2 \end{vmatrix} = -36 + 6 + 0 - 4 - 18 - 0 = -52$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 2 & 9 & -1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = 12 + 9 - 2 + 3 - 18 - 4 = 0$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 2 & 3 & 9 \\ 1 & -2 & 3 \\ 1 & 0 & 2 \end{vmatrix} = -8 + 9 + 0 + 18 - 6 - 0 = 13$$

3) Находим неизвестные переменные по формулам

$$X_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-52}{-13} = 4$$

$$X_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{0}{-13} = 0$$

$$X_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{13}{-13} = -1$$

**Ответ:**  $X_1 = 4$ ,  $X_2 = 0$ ,  $X_3 = -1$ .