



[П] Проскуряков И.В. **Сборник задач по линейной алгебре.** – СПб.: Издательство «Лань», 2010.

URL: http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/560.pdf

[Ф] Фаддеев Д.К., Соминский И.С. **Сборник задач по высшей алгебре.** <http://bookre.org/reader?file=635343>

11.09.2023

Занятие № 1

Определители 2-го порядка. Решение систем линейных уравнений с двумя неизвестными

При решении систем линейных уравнений, а также в ряде других задач используются специальные математические выражения, называемые определителями.

Выражение $a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}$ называется *определителем¹* (детерминантом) второго порядка и обозначается символами:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} \quad \text{или} \quad \det \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Об определителе (1) говорят, что он соответствует матрице:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

Если для матрицы (2) ввести имя $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$, то соответствующий

определитель можно будет обозначить как $|A|$ или $\det A$. Таким образом, для определителя матрицы A по определению имеем:

¹ Термин «Определитель» в современном его значении ввел О.Коши (1815).

$$|A| = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}. \quad (3)$$

Задания

№№ 6, 9, 14

Рассмотрим систему двух линейных уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2. \end{cases} \quad (4)$$

Здесь коэффициенты a_{ij} при неизвестных x_1 и x_2 имеют два индекса, первый из которых указывает, какому уравнению принадлежит коэффициент, а второй, при каком неизвестном он стоит. Таблица

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix},$$

составленная из коэффициентов при неизвестных, называется *матрицей системы* (4).

Умножая первое уравнение системы (4) на a_{22} , второе на $-a_{12}$ и складывая полученные уравнения, найдем:

$$+ \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2, \end{cases} \begin{array}{l} \times a_{22} \\ \times (-a_{12}) \end{array} \Rightarrow (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})x_1 = b_1a_{22} - b_2a_{12}.$$

Аналогично, умножая первое уравнение системы (4) на $-a_{21}$, второе на a_{11} и складывая полученные уравнения, найдем:

$$+ \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2, \end{cases} \begin{array}{l} \times (-a_{21}) \\ \times a_{11} \end{array} \Rightarrow (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})x_2 = b_2a_{11} - b_1a_{21}.$$

Если $a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} \neq 0$, то система (4) имеет единственное решение

$$x_1 = \frac{b_1 a_{22} - b_2 a_{12}}{a_{11} a_{22} - a_{12} a_{21}}, \quad x_2 = \frac{b_2 a_{12} - b_1 a_{21}}{a_{11} a_{22} - a_{12} a_{21}}. \quad (5)$$

Если $a_{11} a_{22} - a_{12} a_{21} = 0$, то возможны следующие случаи:

- 1) Если хотя бы одно из чисел $b_1 a_{22} - b_2 a_{12}$ и $b_2 a_{12} - b_1 a_{21}$ отлично от нуля, то система (4) решений не имеет;
- 2) Если оба числа $b_1 a_{22} - b_2 a_{12}$ и $b_2 a_{12} - b_1 a_{21}$ равны нулю, то уравнения системы пропорциональны, и система может иметь бесконечно много решений (каждое из которых получается, если одну из неизвестных взять произвольно, а вторую вычислить с помощью любого из уравнений из системы), а может и не иметь решений.

Например, система $\begin{cases} x_1 + x_2 = 1, \\ 2x_1 + 2x_2 = 2; \end{cases}$ имеет бесконечно много ре-

шений и $x_2 = 1 - x_1$. А система $\begin{cases} 0x_1 + 0x_2 = 1, \\ 0x_1 + 0x_2 = 1, \end{cases}$ очевидно не имеет решений.

С помощью определителей формулы (5) для решения системы уравнений (4) могут быть записаны в виде:

$$x_1 = \frac{\begin{vmatrix} b_1 & a_{12} \\ b_2 & a_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}, \quad x_2 = \frac{\begin{vmatrix} a_{11} & b_1 \\ a_{21} & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}. \quad (6)$$

Формулы (6) называют *формулами Крамера*².

² **КРАМЕР** Габриель (Cramer Gabriel) (31.07.1704, Женева,– 4.01.1752, Баньоль, близ Нима, Франция) – швейцарский математик. Установив и опубликовав в 1750 г. правило решения систем линейных уравнений с буквенными коэффициентами (правило Крамера), Крамер заложил основы теории определителей.

✓ Заметим, что в числителе первой формулы (6) стоит определитель матрицы, которая получена из матрицы A заменой ее первого столбца на столбец из элементов правой части системы (1), а в числителе второй – определитель матрицы, полученной из A заменой ее второго столбца на столбец из элементов правой части системы (1).

Задания

№№ 22, 26, 36, 35, 39.



Домашнее задание

[П] №№ 13, 16, 23, 27.

Для всех значений параметра $a \in \mathbb{R}$ найдите решение си-

стемы:
$$\begin{cases} 2x - ay = a, \\ x + 4y = 6 \end{cases}$$

25.09.2023

Занятие № 2

[П]: № 82 (решение системы линейных уравнений с помощью определителей 2-го порядка).

Определители 3-го порядка. Правило треугольника. Разложение определителя по элементам первой строки. Свойства определителей

[П]: №№ 43, 64,

[П]: №№ 100, 102, 103, 106, 107, 111, 114, 115



Домашнее задание

[П] №№ 45, 61, 101, 104, 105, 109, 112, 116, 83.