

## Линейная алгебра

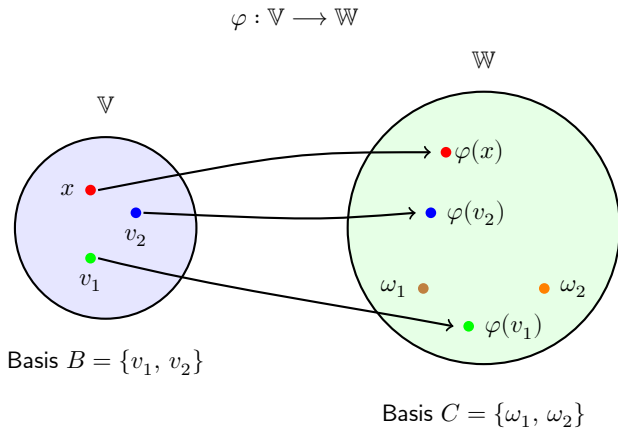
Замена базиса как линейное отображение. Построение матрицы линейного отображения.

Глеб Карпов

МНаД ФКН ВШЭ

# Линейные отображения и векторные пространства

## Минимальная визуализация

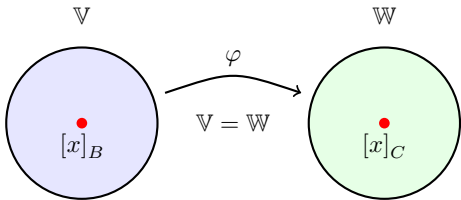


## Замена базиса сквозь призму линейного отображения

Давайте рассмотрим самое глупенькое отображение, которое не делает ничего, кроме как находит копию элемента (identity transformation, тождественное преобразование):

$$\varphi: \mathbb{V} \rightarrow \mathbb{W}, \mathbb{W} = \mathbb{V},$$

such that  $\forall x \in \mathbb{V} \varphi(x) = x \in \mathbb{W}$



Действия: глупенькие



Результаты: сомнительные

Пусть в пространстве  $\mathbb{V}$  у нас действует базис  $B = \{v_1, v_2\}$ , а в пространстве  $\mathbb{W}$  действует базис  $C = \{\omega_1, \omega_2\}$ .

## Замена базиса сквозь призму линейного отображения

$$x = x_1 v_1 + x_2 v_2,$$

$$\varphi(x) = \varphi(x_1 v_1 + x_2 v_2) = x_1 \varphi(v_1) + x_2 \varphi(v_2).$$

Помните, что  $\varphi(v_1)$ ,  $\varphi(v_2)$  — это векторы, т.е. абстрактные элементы векторного пространства  $W$ .

## Замена базиса сквозь призму линейного отображения

Давайте посмотрим на элементы  $\varphi(v_1)$ ,  $\varphi(v_2)$  в базисе  $C$ :

$$\varphi(v_1) = v_1 = a_{11}\omega_1 + a_{21}\omega_2, [v_1]_C = \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \end{pmatrix}$$

$$\varphi(v_2) = v_2 = a_{12}\omega_1 + a_{22}\omega_2, [v_2]_C = \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \end{pmatrix}$$

Теперь вернемся к  $\varphi(x) = x_1\varphi(v_1) + x_2\varphi(v_2) \iff x = x_1v_1 + x_2v_2$ .

$$\begin{aligned} \varphi(x) = x &= x_1(a_{11}\omega_1 + a_{21}\omega_2) + x_2(a_{12}\omega_1 + a_{22}\omega_2) = \\ &= (a_{11}x_1 + a_{12}x_2)\omega_1 + (a_{21}x_1 + a_{22}x_2)\omega_2 = \gamma_1\omega_1 + \gamma_2\omega_2 \end{aligned}$$

- Мы получили разложение элемента  $\varphi(x) = x$  по базису пространства  $\mathbb{W}$ . Можем записать координаты как:

$$[\varphi(x)]_C = [x]_C = \begin{pmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \end{pmatrix}$$

## Умножение матрицы на вектор... снова...

Наконец:

$$[x]_C = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = A_{B \rightarrow C} [x]_B.$$

### 💡 Матрица замены координат

Матрица для identity transformation помогает нам связать координаты одного и того же элемента  $x$  в двух разных базисах. Эту формулу также называют формулой замены координат.

Если у нас есть два базиса  $B = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  и  $C = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$ , то матрица замены координат  $A_{B \rightarrow C}$  строится как:

$$A_{B \rightarrow C} = \begin{pmatrix} \left| \begin{array}{c} [v_1]_C \end{array} \right| & \left| \begin{array}{c} [v_2]_C \end{array} \right| & \dots & \left| \begin{array}{c} [v_n]_C \end{array} \right| \\ \left| \begin{array}{c} [v_1]_C \end{array} \right| & \left| \begin{array}{c} [v_2]_C \end{array} \right| & \dots & \left| \begin{array}{c} [v_n]_C \end{array} \right| \\ \left| \begin{array}{c} [v_1]_C \end{array} \right| & \left| \begin{array}{c} [v_2]_C \end{array} \right| & \dots & \left| \begin{array}{c} [v_n]_C \end{array} \right| \end{pmatrix},$$

где  $[v_i]_C$  — это координаты вектора  $v_i$  в базисе  $C$ .

## Примеры