



Vector và Nhập môn Đại số tuyến tính

Người trình bày: Carina



1. Vector

1.1 Giới thiệu

1.2 Các phép toán với vector

1.3 Cơ sở vector và hệ tọa độ

2. Vector và... nhiều vector hơn

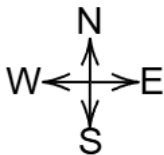
2.1 Không gian vector

2.2 Ma trận

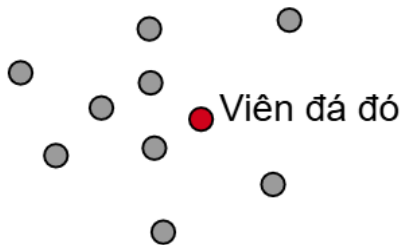
2.3 Phép biến đổi tuyến tính

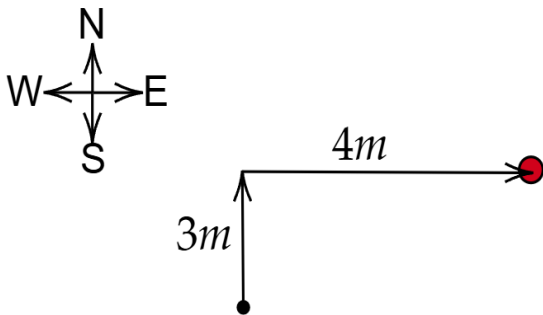
Khai báo vị trí viên đá

Làm thế nào để người khác biết vị trí của viên đá đặc biệt đó?



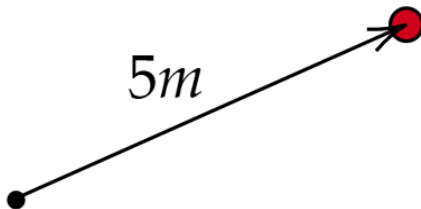
Bạn ●





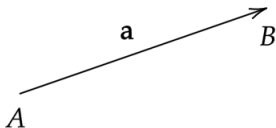
Cách 2

“Chỉ tay” và “khoảng cách”



Định nghĩa

Vector AB (hình vẽ), kí hiệu là **\mathbf{AB}** , là một đại lượng biểu diễn bằng mũi tên tuân theo quy tắc hình bình hành được đặc trưng bởi độ dài a của nó (do đó còn được kí hiệu là **\mathbf{a}**) và hướng mà nó chỉ.



1. Vector

1.1 Giới thiệu

1.2 Các phép toán với vector

1.3 Cơ sở vector và hệ tọa độ

2. Vector và... nhiều vector hơn

2.1 Không gian vector

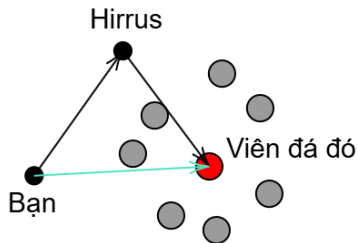
2.2 Ma trận

2.3 Phép biến đổi tuyến tính

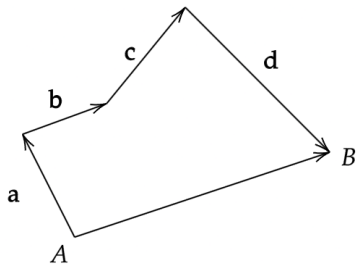


Phép cộng vector

Để xác định vị trí của viên đá, thay vì xác định trực tiếp, ta sẽ để Hirrus xác định vị trí của viên đá, rồi ta sẽ xác định vị trí của Hirrus.



→ **Phép cộng vector:**

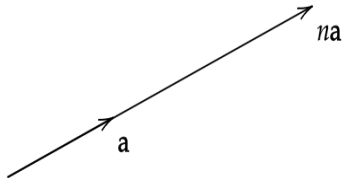


Hình: $\mathbf{a} + \mathbf{b} + \mathbf{c} + \mathbf{d} = \mathbf{AB}$

Về tổng quát, $|\mathbf{a} + \mathbf{b}| \neq a + b$.

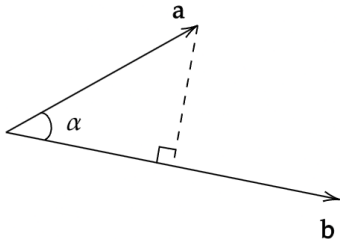
Phép nhân vector-vô hướng

- ▶ $|n\mathbf{a}| = |n||\mathbf{a}|$.
- ▶ $0\mathbf{a} = \mathbf{0}$.
- ▶ $-1\mathbf{a} = -\mathbf{a}$.



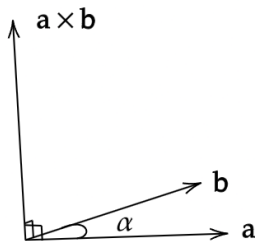
Hai phép nhân vector-vector

Phép nhân vô hướng hai vector



- ▶ Kết quả là một số vô hướng.
- ▶ $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = ab \cos \alpha$

Phép nhân có hướng hai vector



- ▶ Kết quả là một vector.
- ▶ $|\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = ab \sin \alpha$

1. Vector

1.1 Giới thiệu

1.2 Các phép toán với vector

1.3 Cơ sở vector và hệ tọa độ

2. Vector và... nhiều vector hơn

2.1 Không gian vector

2.2 Ma trận

2.3 Phép biến đổi tuyến tính



Cơ sở vector trong mặt phẳng

Với $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2$ không nằm trên cùng một đường thẳng,

$$\mathbf{v} = a\mathbf{e}_1 + b\mathbf{e}_2; \quad \mathbf{w} = c\mathbf{e}_1 + d\mathbf{e}_2.$$

Tổng của hai vector này

$$\mathbf{v} + \mathbf{w} = (a + c)\mathbf{e}_1 + (b + d)\mathbf{e}_2.$$

Toạ độ trên mặt phẳng-Mảng hai chiều

Những vector trên có thể được viết thành

$$\mathbf{v} = (a, b),$$

$$\mathbf{w} = (c, d),$$

$$\mathbf{v} + \mathbf{w} = (a + c, b + d).$$

- ▶ Toạ độ của \mathbf{v} là $v_1 = a$ và $v_2 = b$.
- ▶ Toạ độ của \mathbf{w} là $w_1 = c$ và $w_2 = d$.

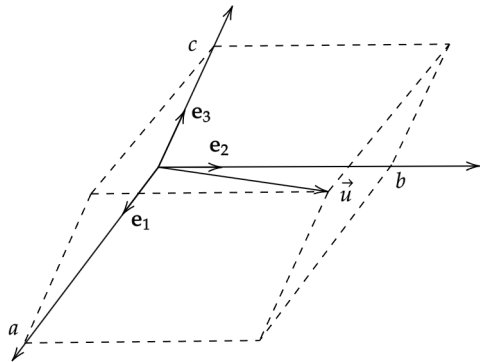


Cơ sở vector trong không gian

Với $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3$ không cùng nằm trên một mặt phẳng,

$$\mathbf{u} = a\mathbf{e}_1 + b\mathbf{e}_2 + c\mathbf{e}_3 \quad (1)$$

$$\mathbf{u} = (u_1, u_2, u_3) = (a, b, c).$$



Hình: Cơ sở $(\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3)$

Định nghĩa

Một vector đơn vị là một vector có độ dài bằng 1:

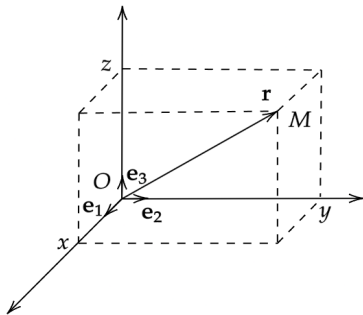
$$\mathbf{u} = \frac{\mathbf{a}}{|\mathbf{a}|} \quad (2)$$

Vector này cùng hướng với \mathbf{a} .

Hệ tọa độ Descartes

$\{\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3\}$ là một tập hợp các vector trực chuẩn (trực giao và chuẩn hoá):

$$\mathbf{r} = \mathbf{OM} = x\mathbf{e}_1 + y\mathbf{e}_2 + z\mathbf{e}_3 = (x, y, z).$$



Hình: Hệ tọa độ Descartes $Oxyz$

Tính chất của hệ cơ sở trực chuẩn

Tích vô hướng của các vector cơ sở:

$$\mathbf{e}_i \cdot \mathbf{e}_j = \delta_{ij}.$$

Ký hiệu Kronecker:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & , \text{ nếu } i = j. \\ 0 & , \text{ nếu } i \neq j. \end{cases}$$

Do đó,

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_i b_j \delta_{ij} = \sum_{i=1}^3 a_i b_i = a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3. \quad (3)$$



Tính chất của hệ cơ sở trực chuẩn

Tích có hướng của các vector cơ sở:

$$\mathbf{e}_i \times \mathbf{e}_j = \mathbf{e}_k \varepsilon_{ijk}.$$

Ký hiệu Levi-Civita:

$$\varepsilon_{ijk} = \begin{cases} 1 & , \text{ nếu } (i, j, k) = (1, 2, 3) \text{ hoặc } (2, 3, 1) \text{ hoặc } (3, 1, 2). \\ -1 & , \text{ nếu } (i, j, k) = (1, 3, 2) \text{ hoặc } (2, 1, 3) \text{ hoặc } (3, 2, 1). \\ 0 & , \text{ nếu } i = j \text{ hoặc } j = k \text{ hoặc } k = i. \end{cases}$$

Do đó,

$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \varepsilon_{ijk} a_i b_j \mathbf{e}_k. \quad (4)$$



1. Vector

1.1 Giới thiệu

1.2 Các phép toán với vector

1.3 Cơ sở vector và hệ tọa độ

2. Vector và... nhiều vector hơn

2.1 Không gian vector

2.2 Ma trận

2.3 Phép biến đổi tuyến tính

Cho hai hệ cơ sở:

▶ $(\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2)$

▶ $(\mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4)$

$$\Rightarrow \mathbf{v} = \alpha \mathbf{e}_1 + \beta \mathbf{e}_2 = \gamma \mathbf{e}_3 + \sigma \mathbf{e}_4.$$

Cho hai hệ cơ sở:

▶ $(\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2)$

▶ $(\mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4)$

$$\Rightarrow \mathbf{v} = \alpha \mathbf{e}_1 + \beta \mathbf{e}_2 = \gamma \mathbf{e}_3 + \sigma \mathbf{e}_4.$$

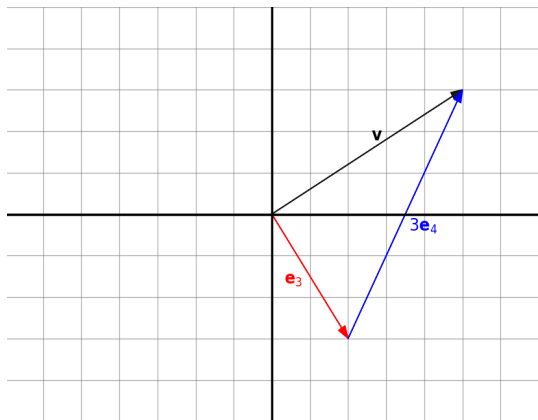
Giả sử:

▶ $\mathbf{e}_3 = 2\mathbf{e}_1 - 3\mathbf{e}_2, \mathbf{e}_4 = \mathbf{e}_1 + 2\mathbf{e}_2,$

▶ $\alpha = 5, \beta = 3.$

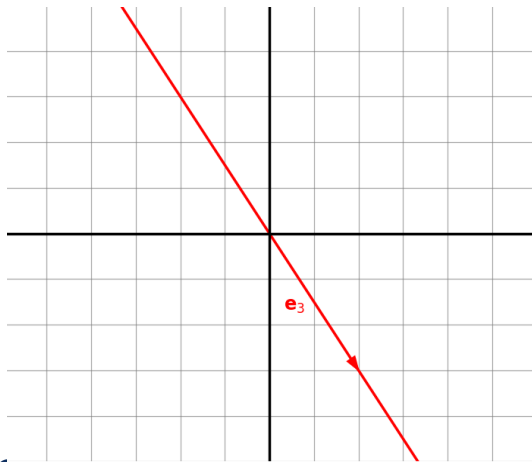
$$\Rightarrow \mathbf{v} = \mathbf{e}_3 + 3\mathbf{e}_4.$$

Nếu $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2$ trực chuẩn:



Nếu thay vì $(\mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4)$, ta chọn $(\mathbf{e}_3, 2\mathbf{e}_3)$ thì sao?

Nếu thay vì $(\mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4)$, ta chọn $(\mathbf{e}_3, 2\mathbf{e}_3)$ thì sao?



Bao tuyến tính

Nếu $S = \{\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_n\}$ là một tập hợp n vector trong không gian, thì tập hợp tất cả các tổ hợp tuyến tính của chúng được gọi là bao tuyến tính của $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_n$, và được kí hiệu là $\text{span}(S)$.

Nếu $\text{span}(S)$ chứa toàn bộ vector trong không gian, vậy ta gọi S là một hệ sinh cho không gian.

Độc lập tuyến tính

Một tập hợp các vector được gọi là *độc lập tuyến tính* với nhau nếu tổ hợp tuyến tính của chúng không bao giờ bằng **0** trừ khi **tất cả** các hệ số vô hướng đều bằng 0.

Hệ cơ sở

Một cơ sở của không gian là một tập hợp các vector trong không gian sao cho

- ▶ tạo thành hệ sinh cho không gian, và
- ▶ độc lập tuyến tính.

Hệ sinh của mặt phẳng đã được đề cập:

- ▶ $S_1 = \{\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2\}$,
- ▶ $S_2 = \{\mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4\}$,
- ▶ $S_3 = \{\mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4, 2\mathbf{e}_3\}$.

Nhưng,

- ▶ $(\mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4, 2\mathbf{e}_3)$

không phải là một hệ cơ sở.

Hệ sinh của đường thẳng chứa \mathbf{e}_3 :

- ▶ $S_1 = \{\mathbf{e}_3\}$,
- ▶ $S_2 = \{\mathbf{e}_3, 2\mathbf{e}_3\}$,
- ▶ $S_2 = \{\mathbf{e}_3, 2\mathbf{e}_3, \mathbf{0}\}$.

Nhưng,

- ▶ $(\mathbf{e}_3, 2\mathbf{e}_3)$, và
- ▶ $(\mathbf{e}_3, \mathbf{0})$

không phải là một hệ cơ sở.

Vì:

- ▶ $-2\mathbf{e}_3 + 1(2\mathbf{e}_3) + 0\mathbf{e}_4 = \mathbf{0},$
- ▶ $-2\mathbf{e}_3 + 1(2\mathbf{e}_3) = \mathbf{0},$
- ▶ $0\mathbf{e}_3 + 100(\mathbf{0}) = \mathbf{0}.$

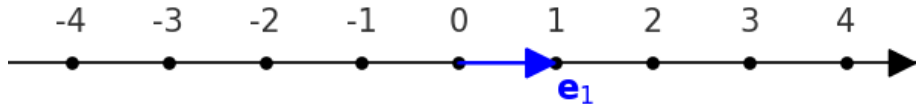
Có một sự mập mờ khi sử dụng cụm từ "không gian" trong các phần trước!

Một không gian vector là một tập hợp mà các phần tử trong đó thoả mãn:

1. Với mọi $\mathbf{v}, \mathbf{w} \in V, \mathbf{v} + \mathbf{w} \in V$.
2. Với mọi $\mathbf{v} \in V, \alpha \in \mathbb{R}, \alpha\mathbf{v} \in V$.
3. $\mathbf{v} + \mathbf{w} = \mathbf{w} + \mathbf{v}$.
4. $\mathbf{u} + (\mathbf{v} + \mathbf{w}) = (\mathbf{u} + \mathbf{v}) + \mathbf{w}$.
5. Tồn tại một vector $\mathbf{0}$ sao cho $\mathbf{v} + \mathbf{0} = \mathbf{v}$.
6. Với mọi vector \mathbf{v} , tồn tại một vector \mathbf{v}' sao cho $\mathbf{v} + \mathbf{v}' = \mathbf{0}$.
7. $1\mathbf{v} = \mathbf{v}$.
8. $\alpha(\beta\mathbf{v}) = (\alpha\beta)\mathbf{v}$.
9. $\alpha(\mathbf{v} + \mathbf{w}) = \alpha\mathbf{v} + \alpha\mathbf{w}$.
10. $(\alpha + \beta)\mathbf{v} = \alpha\mathbf{v} + \beta\mathbf{v}$.

Ví dụ 1

Tập hợp số thực: \mathbb{R}^1

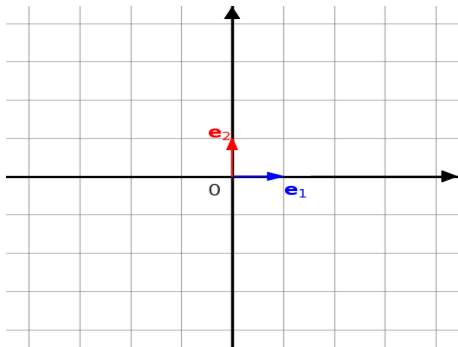


Vector: $-1.9, 5, 2, 100, -\pi, e, \dots$



Ví dụ 2

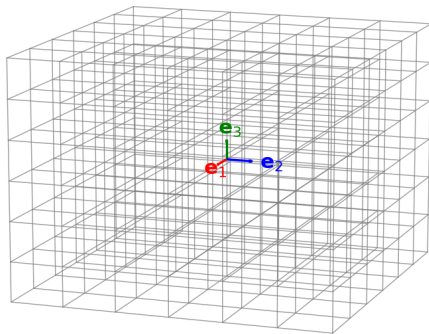
Mặt phẳng toạ độ: \mathbb{R}^2



Vector: $(1.23; 2), (\pi, e), (-111, -\pi), \dots$

Ví dụ 3

Không gian hình học: \mathbb{R}^3



Vector: $(1; 3; 4), (100, 0, 0), \dots$



Chiều của không gian vector

Chiều của một không gian là số lượng vector trong hệ cơ sở của không gian đó.

Chiều của không gian vector

Chiều của một không gian là số lượng vector trong hệ cơ sở của không gian đó.

$\mathbb{R}, \mathbb{R}^2, \mathbb{R}^3$ đã được đề cập. Vậy $\mathbb{R}^4, \mathbb{R}^5, \dots$ thì sao?



Vector trong \mathbb{R}^4 : Mảng số có 4 thành phần.

Vector trong \mathbb{R}^5 : Mảng số có 5 thành phần.

...

Vector trong \mathbb{R}^{100} : Mảng số có 100 thành phần.

Vector trong \mathbb{R}^n : Mảng số có n thành phần!

$$1 \rightarrow (1; 2) \rightarrow (1; 2; 3) \rightarrow (1; 2; 3; 4) \rightarrow \dots \rightarrow \underbrace{(1; 2; \dots; 100)}_{100}$$

Mũi tên hay mảng số?

Từ \mathbb{R}^4 trở đi, không còn mũi tên nào cả.

$$\begin{array}{c} \nearrow \\ \\ \end{array} \quad \begin{array}{c} ? \\ = \end{array} \quad (\dots ; \dots ; \dots)$$

Vector?

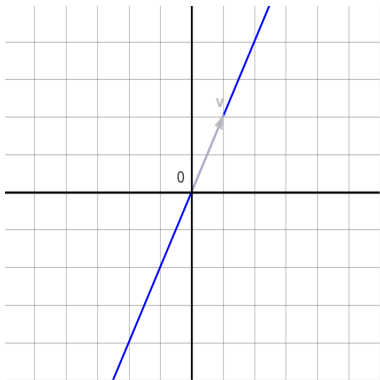
► $\mathbb{C}^n : (1 + 2i; 0.76 - 100i; i; e + \pi i; \dots)$.

Vector?

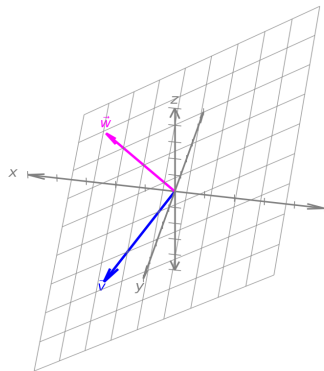
- ▶ $\mathbb{C}^n : (1 + 2i; 0.76 - 100i; i; e + \pi i; \dots)$.
- ▶ $f(x) = 1 + 2x^2 - 3x^3 + 42x^4$.
- ▶ $g(x) = \sin x$.
- ▶ ...



Quay trở lại với các vector thực



(a) Đường thẳng (đi qua gốc tọa độ) trên mặt phẳng



(b) Mặt phẳng (đi qua gốc tọa độ) trong không gian

Không gian con

Một không gian con S trong một không gian vector V là một tập hợp các vector trong V sao cho chúng thoả mãn 10 tiên đề của vector.

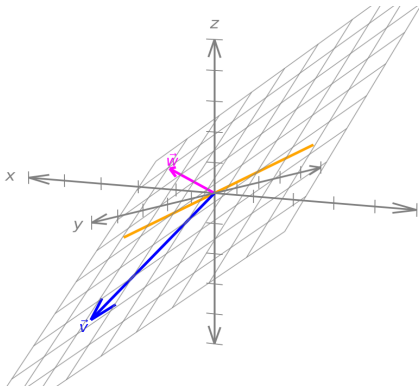
Cơ sở của không gian con

Một cơ sở cho một không gian con S của \mathbb{R}^n là một tập hợp các vector trong S sao cho

1. tạo thành S , và
2. là độc lập tuyến tính.

Thêm ví dụ

Một đường thẳng đi qua gốc tọa độ trên một mặt phẳng trong không gian:



1. Vector

1.1 Giới thiệu

1.2 Các phép toán với vector

1.3 Cơ sở vector và hệ tọa độ

2. Vector và... nhiều vector hơn

2.1 Không gian vector

2.2 Ma trận

2.3 Phép biến đổi tuyến tính

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 12 \\ 3 & 0 & 4 \\ 0 & 7 & 9 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} -1.3 & 0.6 \\ 20.4 & 5.5 \\ 9.7 & -6.2 \end{bmatrix}$$

Quy tắc đọc: hàng trước cột sau.

$$\mathbf{A}_{21} = 3.$$

$$\mathbf{B}_{32} = -6.2.$$



Ma trận 1 cột

Ví dụ:

$$\mathbf{v} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}, \quad \mathbf{w} = \begin{bmatrix} c \\ d \\ f \end{bmatrix}.$$



Mã trận 1 cột

Ví dụ:

$$\mathbf{v} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}, \quad \mathbf{w} = \begin{bmatrix} c \\ d \\ f \end{bmatrix}.$$

Nếu,

$$\mathbf{v} + \mathbf{w} = \begin{bmatrix} a + c \\ b + d \\ c + f \end{bmatrix}, \quad n \cdot \mathbf{v} = \begin{bmatrix} na \\ nb \\ nc \end{bmatrix}.$$

\Rightarrow Vector



$$(a, b, c) \rightarrow \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$

$$(1, 2, 3, 4, \dots, 100) \longrightarrow \left. \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ \vdots \\ 100 \end{bmatrix} \right\} 100$$

Dạng tổng quát của một ma trận

Một ma trận m hàng n cột về tổng quát có dạng:

$$\mathbf{A}_{m \times n} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{A}_{12} & \cdots & \mathbf{A}_{1j} & \cdots & \mathbf{A}_{1n} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{A}_{22} & \cdots & \mathbf{A}_{2j} & \cdots & \mathbf{A}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}_{i1} & \mathbf{A}_{i2} & \cdots & \mathbf{A}_{ij} & \cdots & \mathbf{A}_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}_{m1} & \mathbf{A}_{m2} & \cdots & \mathbf{A}_{mj} & \cdots & \mathbf{A}_{mn} \end{bmatrix}.$$

Các phép toán trên ma trận

Phép cộng ma trận.

$$(\mathbf{A} + \mathbf{B})_{ij} = \mathbf{A}_{ij} + \mathbf{B}_{ij}.$$

Phép nhân ma trận với một số.

$$(c\mathbf{A})_{ij} = c\mathbf{A}_{ij}.$$

Ví dụ:

$$4 \begin{bmatrix} 0 & 3 \\ 2 & -6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 5 \end{bmatrix} = ??$$

Các phép toán trên ma trận

Phép cộng ma trận.

$$(\mathbf{A} + \mathbf{B})_{ij} = \mathbf{A}_{ij} + \mathbf{B}_{ij}.$$

Phép nhân ma trận với một số.

$$(c\mathbf{A})_{ij} = c\mathbf{A}_{ij}.$$

Ví dụ:

$$4 \begin{bmatrix} 0 & 3 \\ 2 & -6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 12 \\ 8 & -24 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 10 \\ 8 & -19 \end{bmatrix}.$$

Các phép toán trên ma trận

Cho

$$\mathbf{v} = \begin{bmatrix} +2 \\ +5 \\ -4 \end{bmatrix}.$$

Phân tích trong một hệ cơ sở ngẫu nhiên,

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ -4 \end{bmatrix} = \alpha \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \beta \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ -5 \end{bmatrix} + \gamma \begin{bmatrix} 0 \\ 11 \\ -19 \end{bmatrix}.$$



Các phép toán trên ma trận

Cho

$$\mathbf{v} = \begin{bmatrix} +2 \\ +5 \\ -4 \end{bmatrix}.$$

Phân tích trong một hệ cơ sở ngẫu nhiên,

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ -4 \end{bmatrix} = \alpha \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \beta \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ -5 \end{bmatrix} + \gamma \begin{bmatrix} 0 \\ 11 \\ -19 \end{bmatrix}.$$

Tính được $(\alpha, \beta, \gamma) = (2, -3, 1)$.



Phép nhân ma trận-vector.

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ -4 \end{bmatrix} = 2 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + (-3) \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ -5 \end{bmatrix} + 1 \begin{bmatrix} 0 \\ 11 \\ -19 \end{bmatrix}.$$

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ -4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 11 \\ 0 & -5 & -19 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Phép nhân ma trận-vector.

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ -4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 11 \\ 0 & -5 & -19 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Một ma trận $m \times n$ nhân với một vector n thành phần = một vector m thành phần;
phần tử thứ i của vector:

$$(\mathbf{Ax})_i = \sum_{j=1}^n \mathbf{A}_{ij} \mathbf{x}_j. \quad (6)$$

Phép nhân ma trận-vector

Phần tử thứ i của vector này là tích vô hướng của hàng thứ i của **A** với vector **x**.
Chẳng hạn,

$$\begin{bmatrix} 0 & 2 & 11 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ 11 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \\ 1 \end{bmatrix} = 0 \times 2 + 2 \times (-3) + 11 \times 1 = 5.$$

Phép nhân ma trận-vector

Tóm gọn:

$$\begin{bmatrix} | & | & | \\ \mathbf{A}_{i1} & \mathbf{A}_{i2} & \mathbf{A}_{i3} \\ | & | & | \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = x_1 \begin{bmatrix} | \\ \mathbf{A}_{i1} \\ | \end{bmatrix} + x_2 \begin{bmatrix} | \\ \mathbf{A}_{i2} \\ | \end{bmatrix} + x_3 \begin{bmatrix} | \\ \mathbf{A}_{i3} \\ | \end{bmatrix}.$$

Tính phân phối:

$$\mathbf{A}(\mathbf{a} + \mathbf{b}) = \mathbf{A}\mathbf{a} + \mathbf{A}\mathbf{b}.$$



Phép nhân ma trận với ma trận

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = 1 \begin{bmatrix} 0.5 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} + 2 \begin{bmatrix} 0.75 \\ 1 \\ -2 \end{bmatrix} + 1 \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 4 \end{bmatrix}$$
$$\rightarrow \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.75 & -1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 0 & -2 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}.$$



Phép nhân ma trận với ma trận

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ -5 \end{bmatrix} = -1.625 \begin{bmatrix} 0.5 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} - 1.75 \begin{bmatrix} 0.75 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} - 2.125 \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 4 \end{bmatrix}$$
$$\rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ -5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.75 & -1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 0 & -2 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1.625 \\ -1.75 \\ -2.125 \end{bmatrix}.$$



Phép nhân ma trận với ma trận

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 11 \\ -19 \end{bmatrix} = -7.875 \begin{bmatrix} 0.5 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} - 3.25 \begin{bmatrix} 0.75 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} - 6.375 \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 4 \end{bmatrix}$$
$$\rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 11 \\ -19 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.75 & -1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 0 & -2 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -7.875 \\ -3.25 \\ -6.375 \end{bmatrix}.$$



Phép nhân ma trận với ma trận

Đặt

$$\begin{bmatrix} 0.5 & 0.75 & -1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 0 & -2 & 4 \end{bmatrix} = \mathbf{B}.$$

Thay 3 đẳng thức trên vào 5,

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ -4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{B} \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \\ \mathbf{B} \begin{bmatrix} -1.625 \\ -1.75 \\ -2.125 \end{bmatrix} \\ \mathbf{B} \begin{bmatrix} -7.875 \\ -3.25 \\ -6.375 \end{bmatrix} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Sự lặp lại của $\mathbf{B}(!)$



Phép nhân ma trận với ma trận

Tạo ra một phép toán mới để:

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ -4 \end{bmatrix} = \mathbf{B} \begin{bmatrix} 1 & -1.625 & -7.875 \\ 2 & -1.75 & -3.25 \\ 1 & -2.125 & -6.375 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

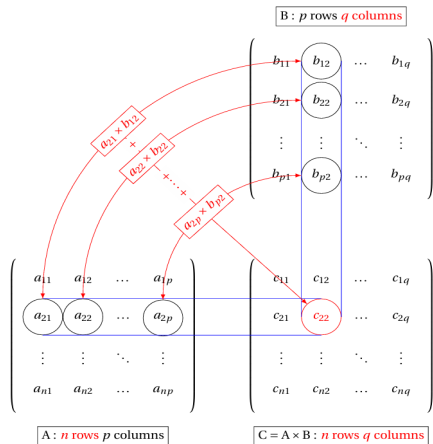
Xét một ma trận $\mathbf{A}_{m \times n}$ và một ma trận $\mathbf{B}_{n \times p}$, tích của của chúng là một ma trận $\mathbf{C}_{m \times p}$; các cột của ma trận này là các vector, bằng với tích ma trận-vector của ma trận \mathbf{A} và các cột tương ứng của ma trận \mathbf{B} .

Tương đương điều này,

$$\mathbf{C}_{ij} = (\mathbf{AB})_{ij} = \sum_{k=1}^n \mathbf{A}_{ik} \mathbf{B}_{kj}. \quad (8)$$



Phép nhân ma trận với ma trận



Tính tích

$$\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}$$

theo hai cách: (8) và bằng góc nhìn của phép nhân vector.

Cách 1:

$$\begin{bmatrix} (1 \cdot 2 + 5 \cdot 0) & (1 \cdot -1 + 5 \cdot 3) \\ (3 \cdot 2 + 2 \cdot 0) & (3 \cdot -1 + 2 \cdot 3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 14 \\ 6 & 3 \end{bmatrix}.$$

Cách 2: Theo góc nhìn của phép nhân vector, tích này tương đương với

$$\left[\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 3 \end{bmatrix} \right].$$

Dễ thấy,

$$\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix} = 2 \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \end{bmatrix} + 0 \begin{bmatrix} 5 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 6 \end{bmatrix},$$
$$\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 3 \end{bmatrix} = -1 \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \end{bmatrix} + 3 \begin{bmatrix} 5 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 14 \\ 3 \end{bmatrix}.$$

Các quy tắc cho các phép toán trên ma trận. Ta tổng kết lại các quy tắc chung nhất.

1. Quy luật giao hoán: $\mathbf{A} + \mathbf{B} = \mathbf{B} + \mathbf{A}$.
2. Quy luật phân phối: $\alpha(\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \alpha\mathbf{A} + \alpha\mathbf{B}$.
3. Quy luật liên kết: $\mathbf{A} + (\mathbf{B} + \mathbf{C}) = (\mathbf{A} + \mathbf{B}) + \mathbf{C}$.
4. Quy luật liên kết: $(\mathbf{AB})\mathbf{C} = \mathbf{A}(\mathbf{BC})$.
5. Quy luật phân phối (trái): $\mathbf{A}(\mathbf{B} + \mathbf{C}) = \mathbf{AB} + \mathbf{AC}$.
6. Quy luật phân phối (phải): $(\mathbf{A} + \mathbf{B})\mathbf{C} = \mathbf{AC} + \mathbf{BC}$.
7. Quy luật giao hoán: $\mathbf{AB} \neq \mathbf{BA}$.

Chú ý quy luật cuối cùng, tích ma trận không mang tính giao hoán.

Ma trận chuyển vị của ma trận \mathbf{A} , ký hiệu là \mathbf{A}^T , là ma trận có các thành phần sao cho

$$(\mathbf{A}^T)_{ij} = \mathbf{A}_{ji}.$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix} \implies \mathbf{A}^T = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}.$$

Tính chất của ma trận chuyển vị

1. Chuyển vị của phép nhân ma trận

$$(\mathbf{AB})^T = \mathbf{B}^T \mathbf{A}^T.$$

2. Tích vô hướng của hai vector được biểu diễn trong hệ cơ sở trực chuẩn

$$\mathbf{v} \cdot \mathbf{u} = \mathbf{v}^T \mathbf{u} = \mathbf{u}^T \mathbf{v}.$$

Ví dụ.

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 3 \end{bmatrix} = 5.$$

1. Vector

1.1 Giới thiệu

1.2 Các phép toán với vector

1.3 Cơ sở vector và hệ tọa độ

2. Vector và... nhiều vector hơn

2.1 Không gian vector

2.2 Ma trận

2.3 Phép biến đổi tuyến tính

Hệ phương trình tuyến tính

Một hệ hai phương trình tuyến tính ở dạng tổng quát:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1,$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2.$$

Tương đương với,

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

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}.$$

Hệ phương trình tuyến tính được gói gọn thành

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b}.$$



Nghiệm của hệ phương trình tuyến tính

Nghiệm của hệ phương trình tuyến tính đó ở dạng tổng quát:

$$\begin{aligned}x_1 &= a_{11}^{-1}b_1 + a_{12}^{-1}b_2, \\x_2 &= a_{21}^{-1}b_1 + a_{22}^{-1}b_2.\end{aligned}$$

Viết lại trong ngôn ngữ của vector:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}^{-1} & a_{12}^{-1} \\ a_{21}^{-1} & a_{22}^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}.$$
$$\implies \mathbf{x} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}$$



Định nghĩa

\mathbf{A}^{-1} được gọi là ma trận nghịch đảo của \mathbf{A} , và thoả mãn

$$\mathbf{A}\mathbf{A}^{-1} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{A} = \mathbf{I},$$

với \mathbf{I} là ma trận đơn vị, thoả mãn $\mathbf{I}\mathbf{x} = \mathbf{x}$.

Ví dụ cho \mathbf{I} :

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$