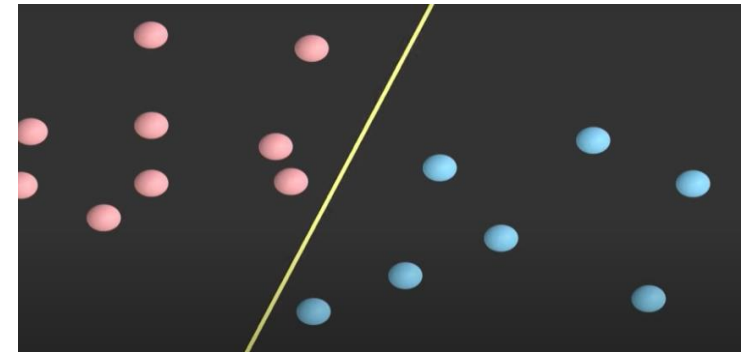
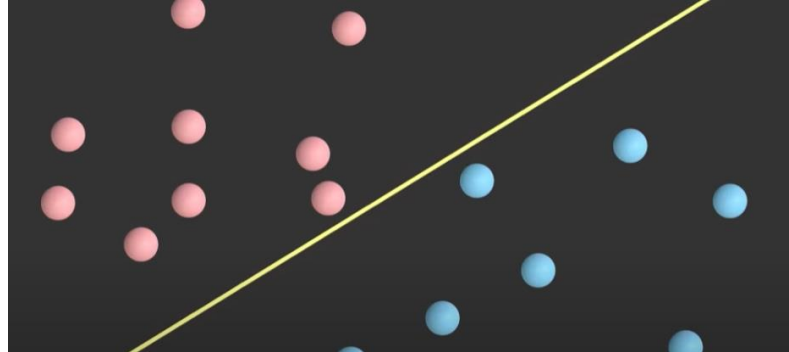
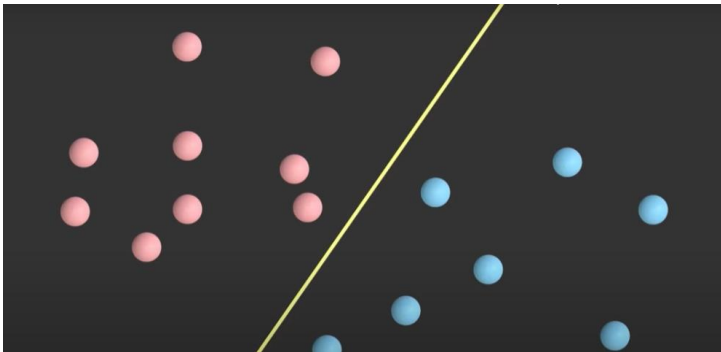
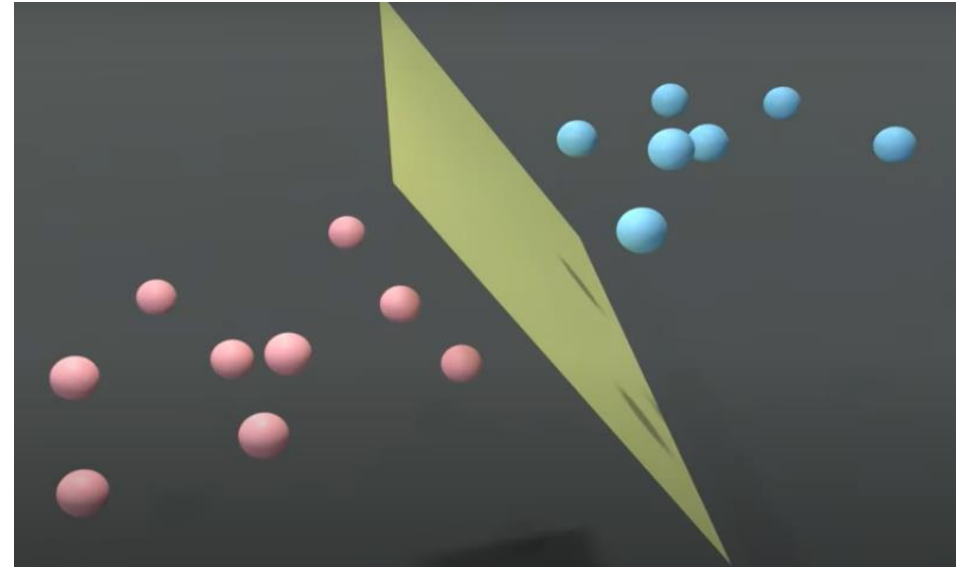
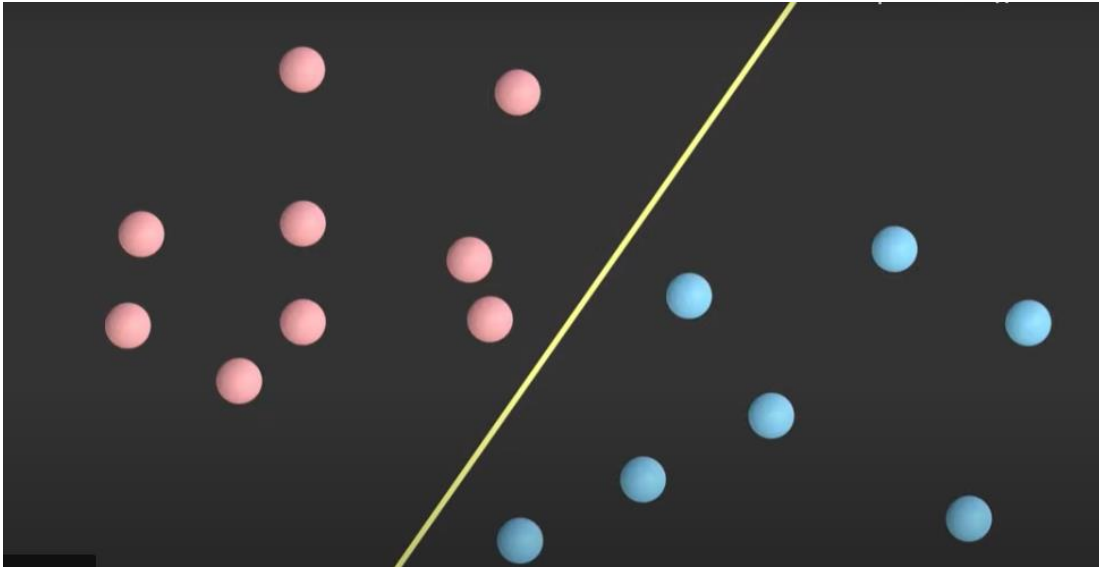


# SVM

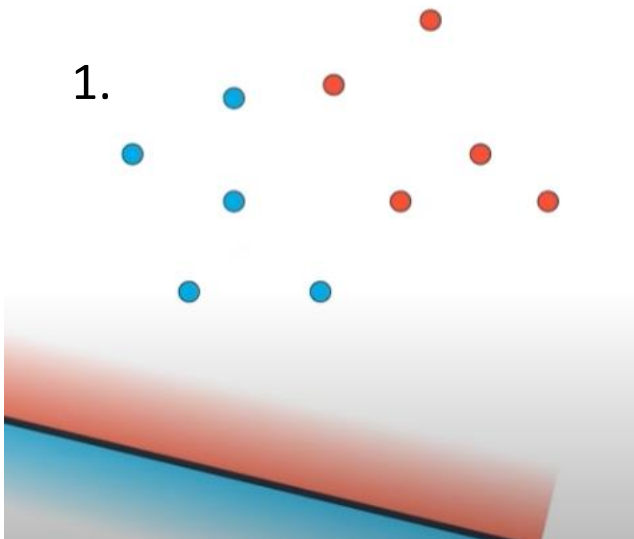
Support vector machines

# Классификация

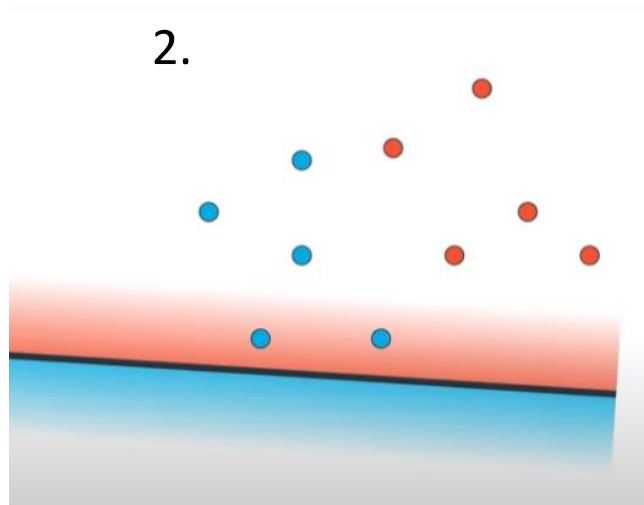


# Линейный классификатор

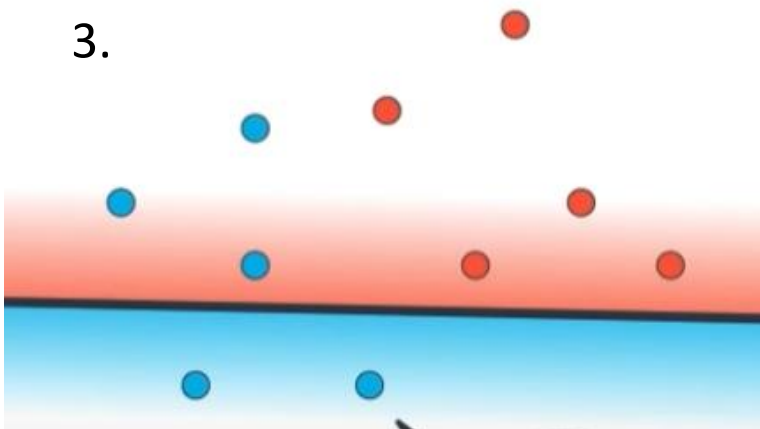
1.



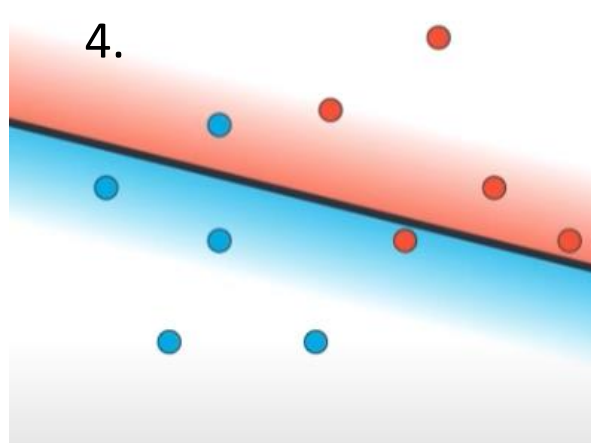
2.



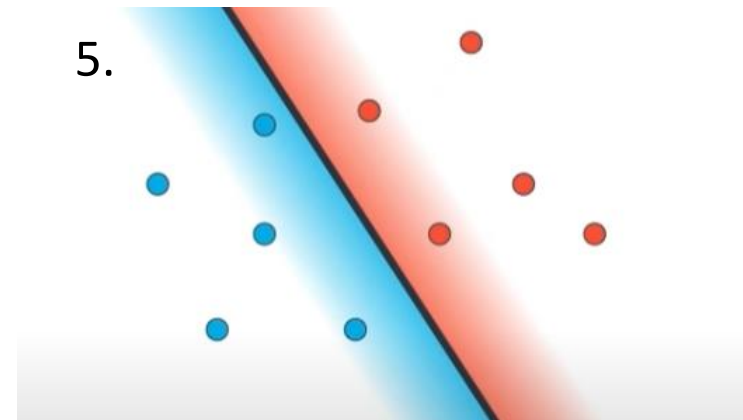
3.



4.



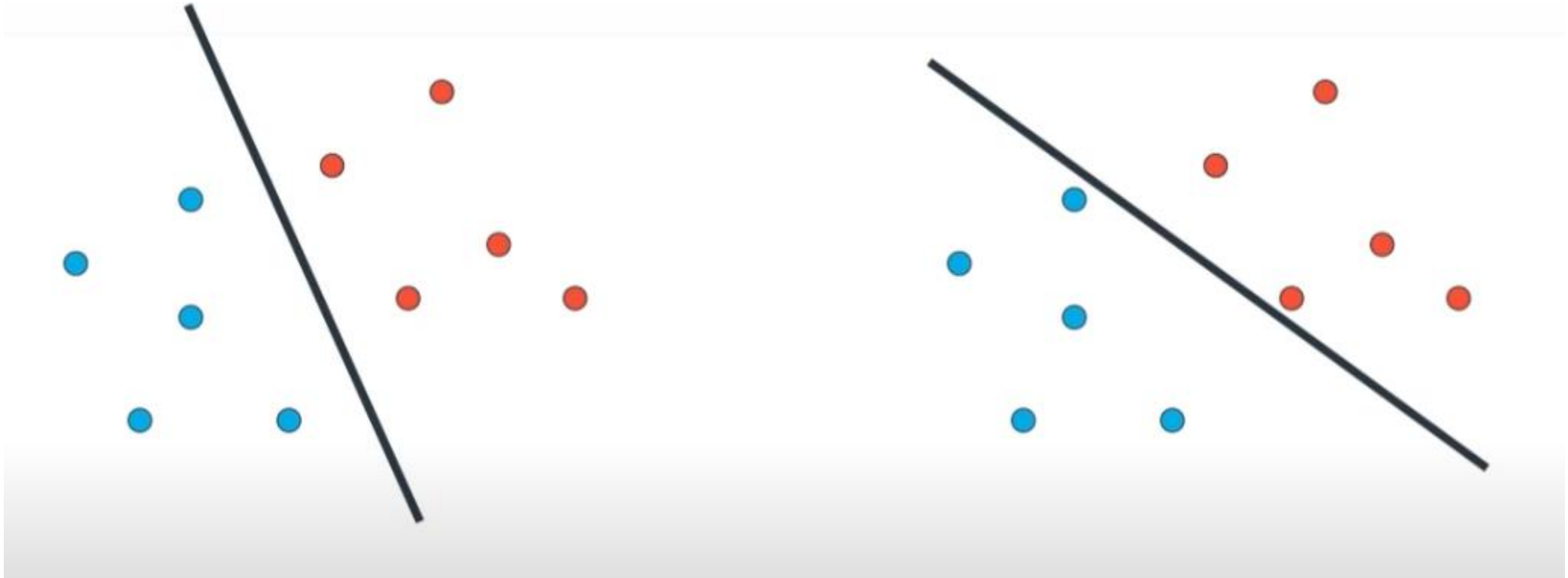
5.



# Шаги для линейной классификации:

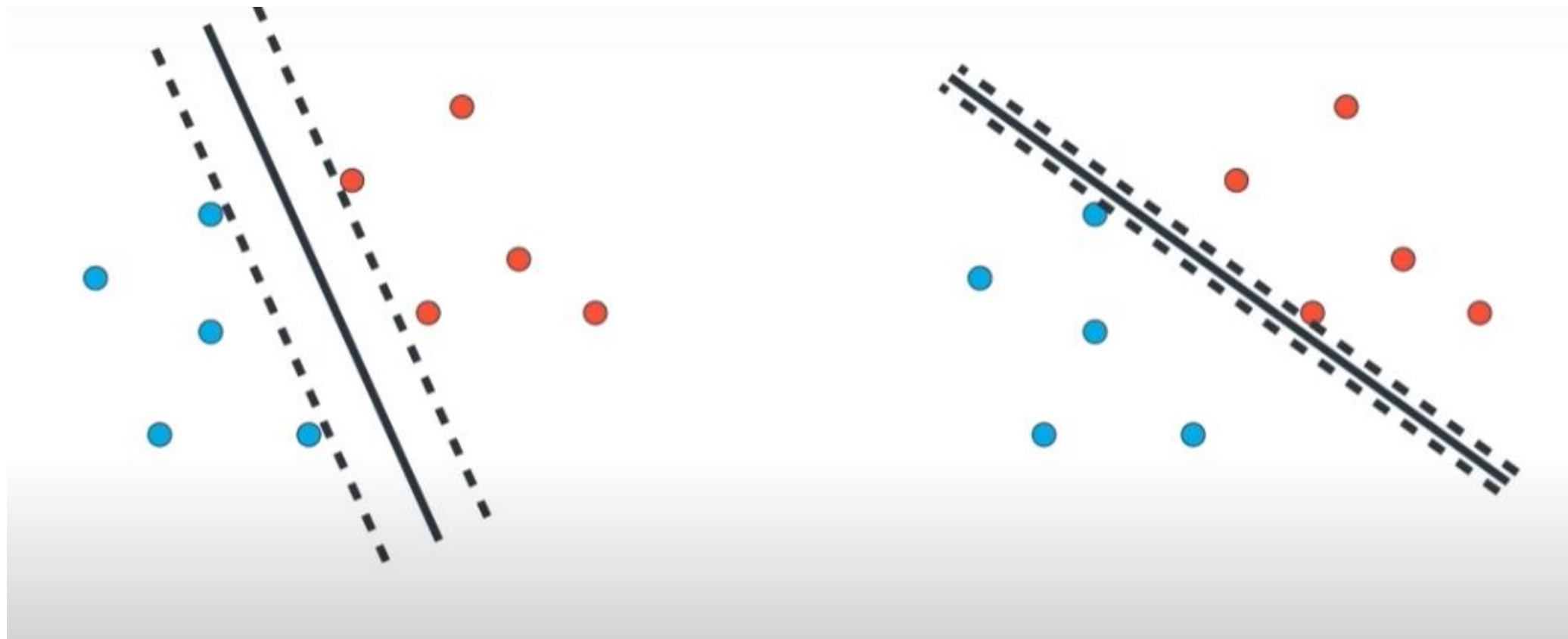
- 1. Рандомный выбор первоначального расположения линии.
- 2. Оценка качества разделения объектов.
- 3. Переобучение (смена расположения линии).
- 4. Повторение 2-го и 3-го пункта, пока не найдем качественное разделение.

Вопрос для SVM: какая линия разделяет данные лучше всего?

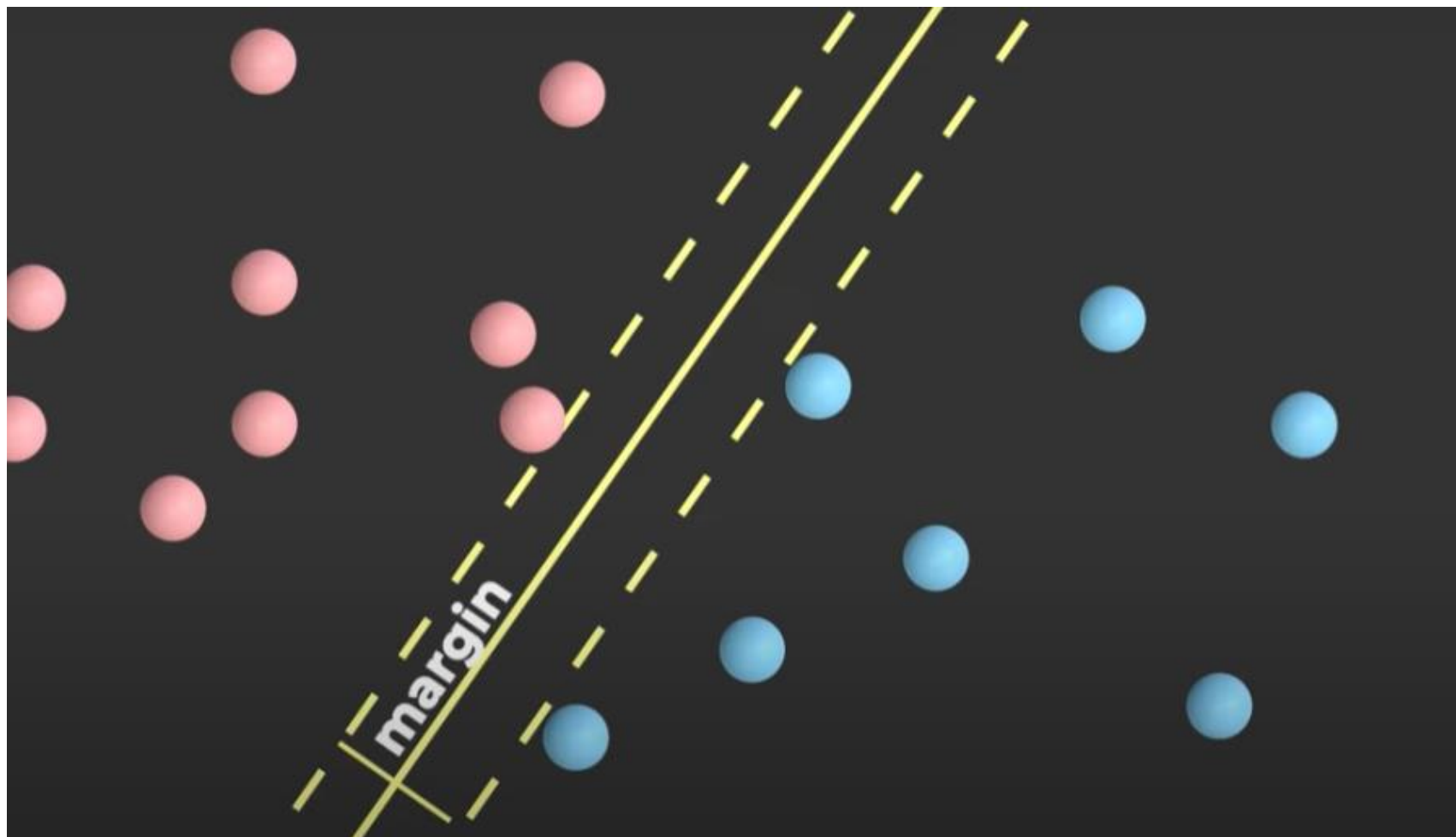


Важно найти не просто разделяющую линию, а ту, что делает это качественнее всего

Какая линия будет разделять объекты лучше?

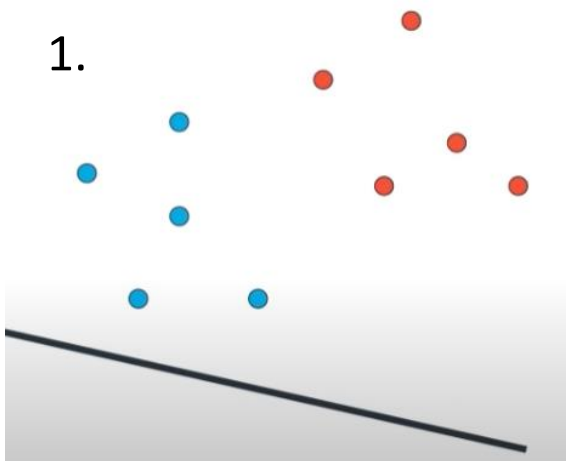


# Margin

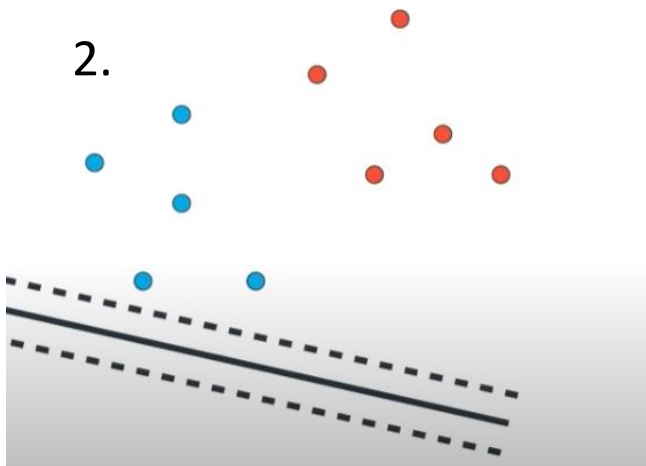


# Как надо переобучить алгоритм, чтобы найти лучшее разделение?

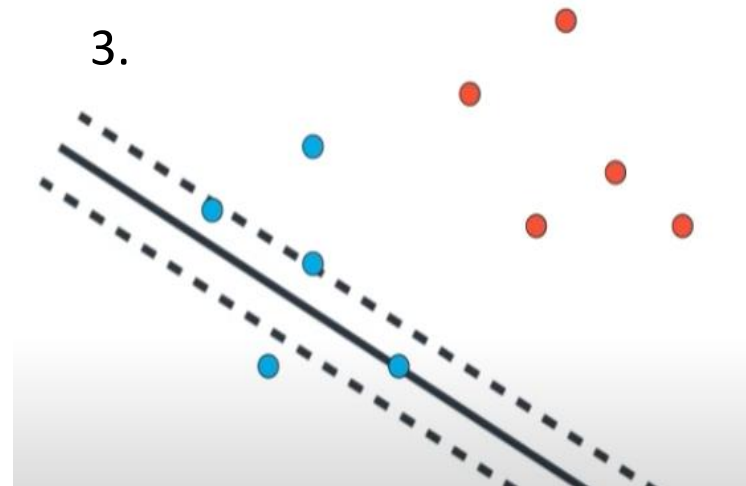
1.



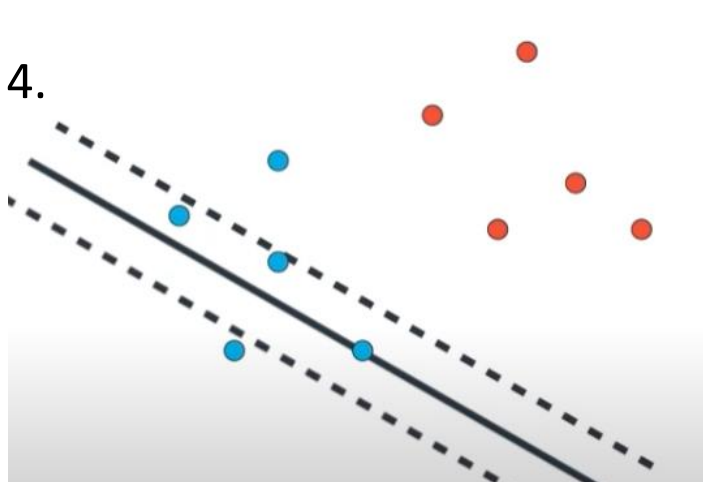
2.



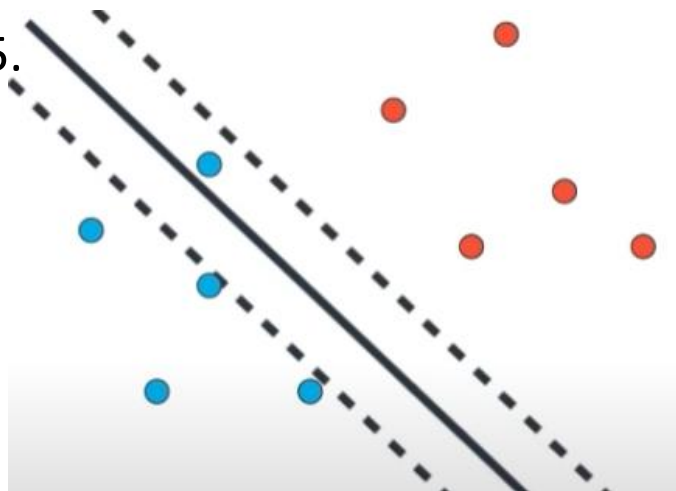
3.



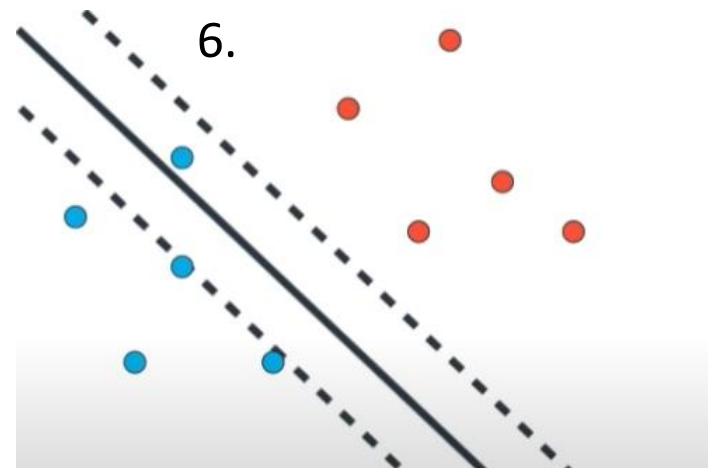
4.



5.

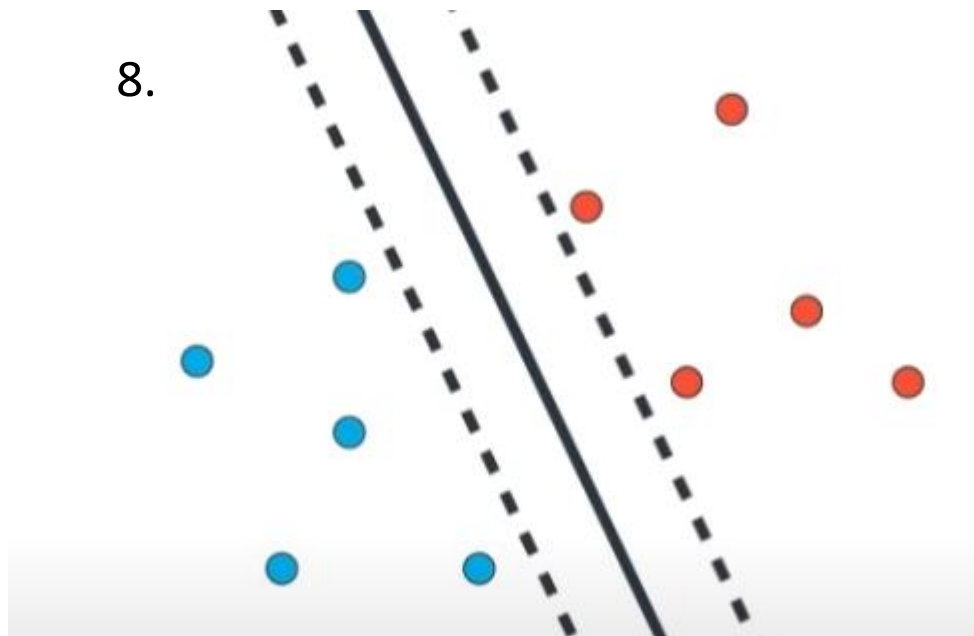


6.

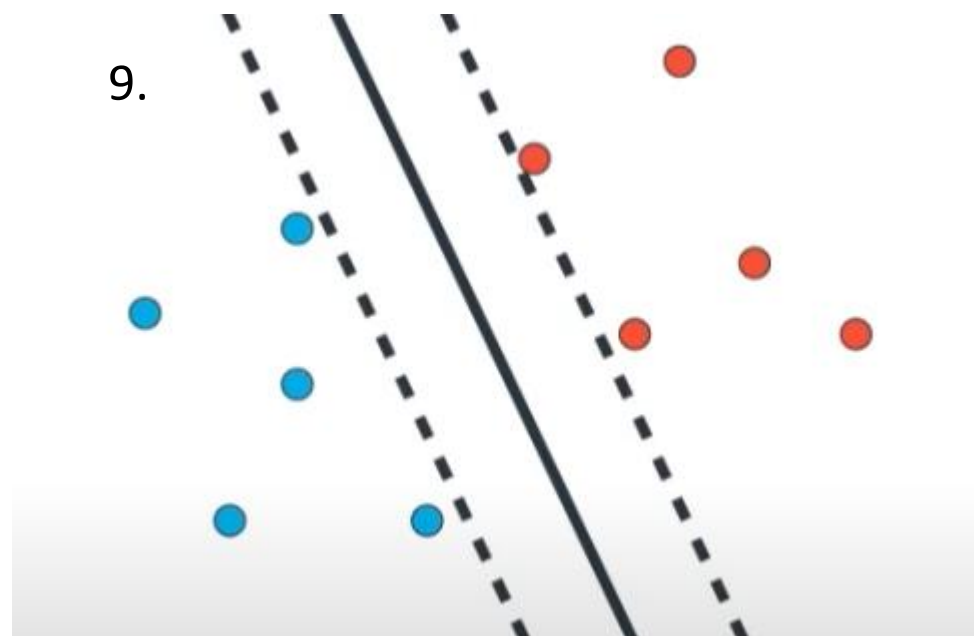




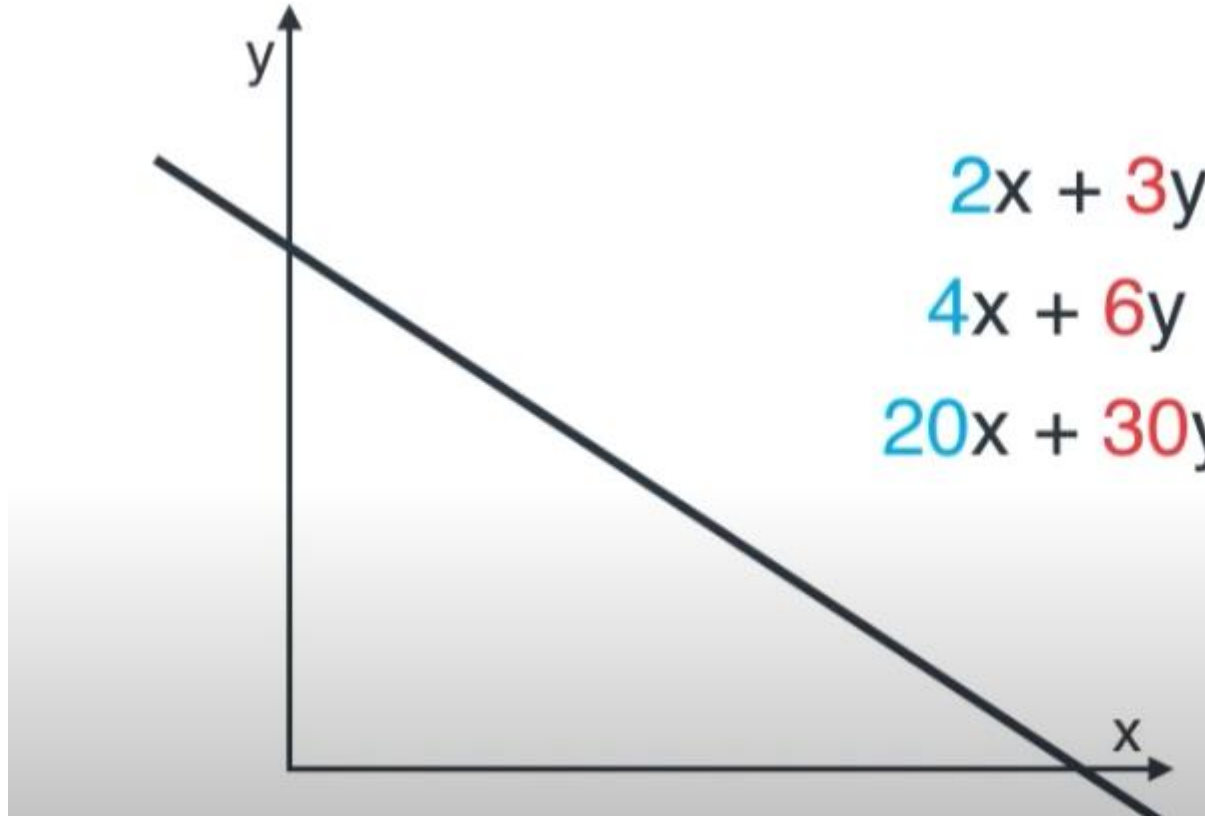
8.



9.



# Как разделять линии?



$$2x + 3y + (-6) = 0$$

$$4x + 6y + (-12) = 0$$

$$20x + 30y + (-60) = 0$$

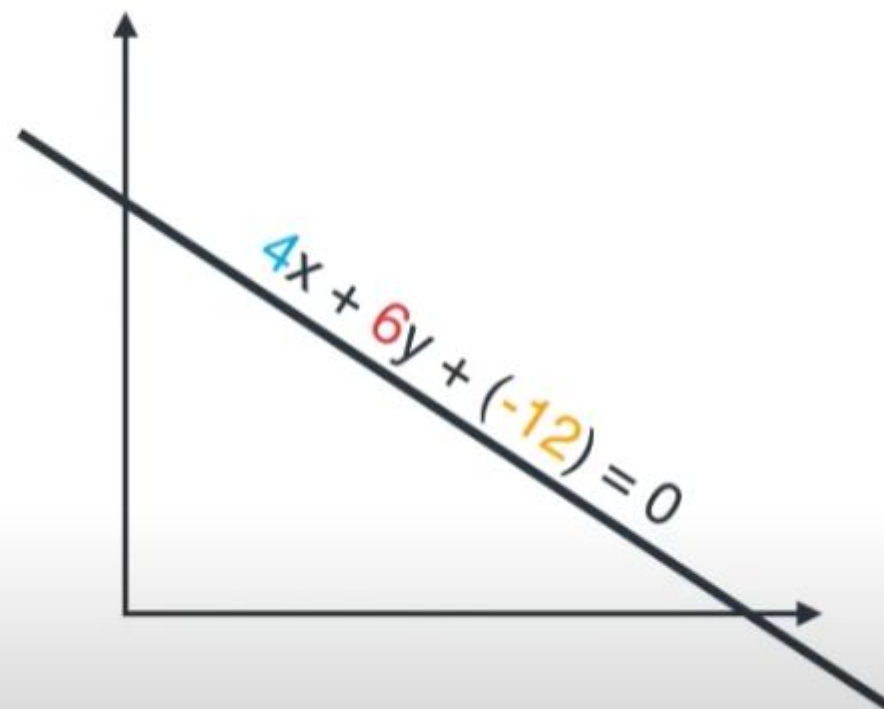
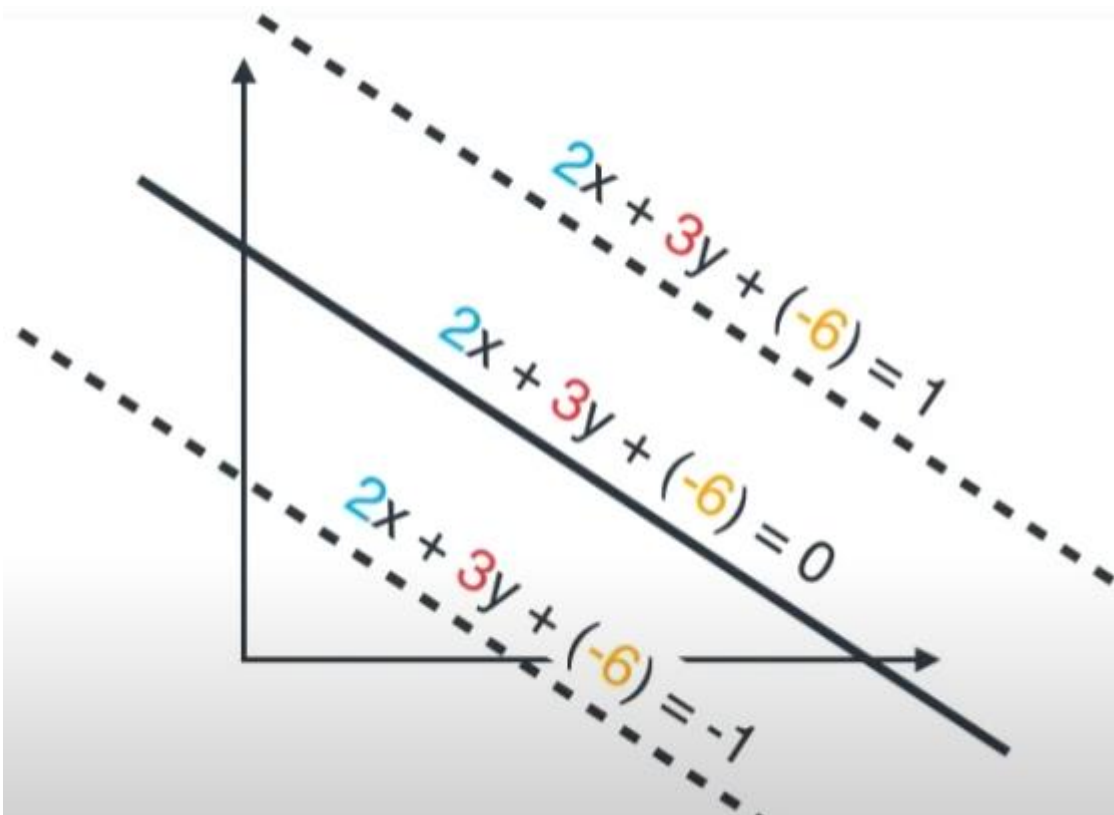
$$.2x + .3y + (-.6) = 0$$

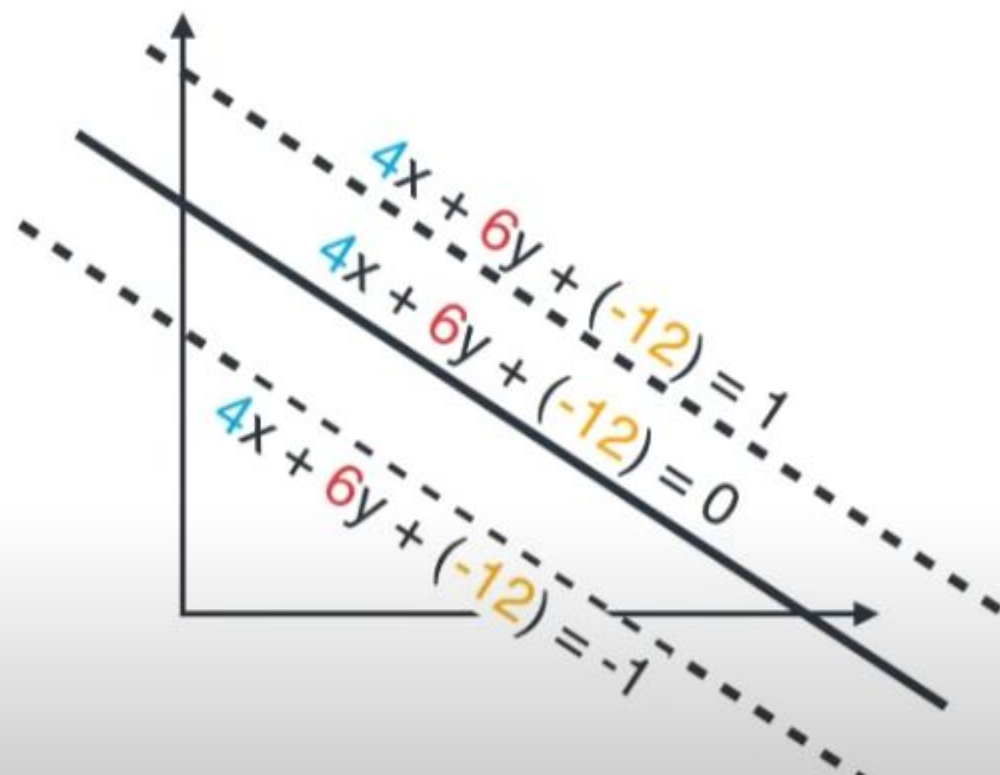
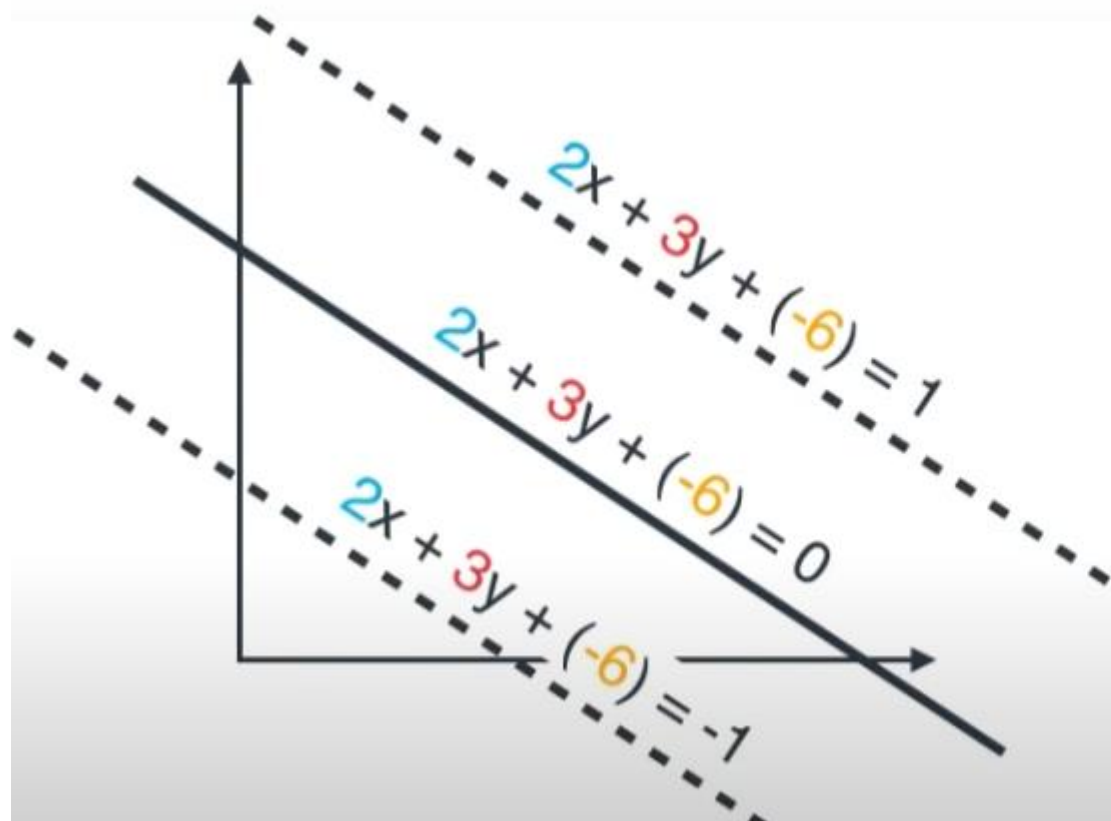
$$2x + 3y + (-6) = 0$$

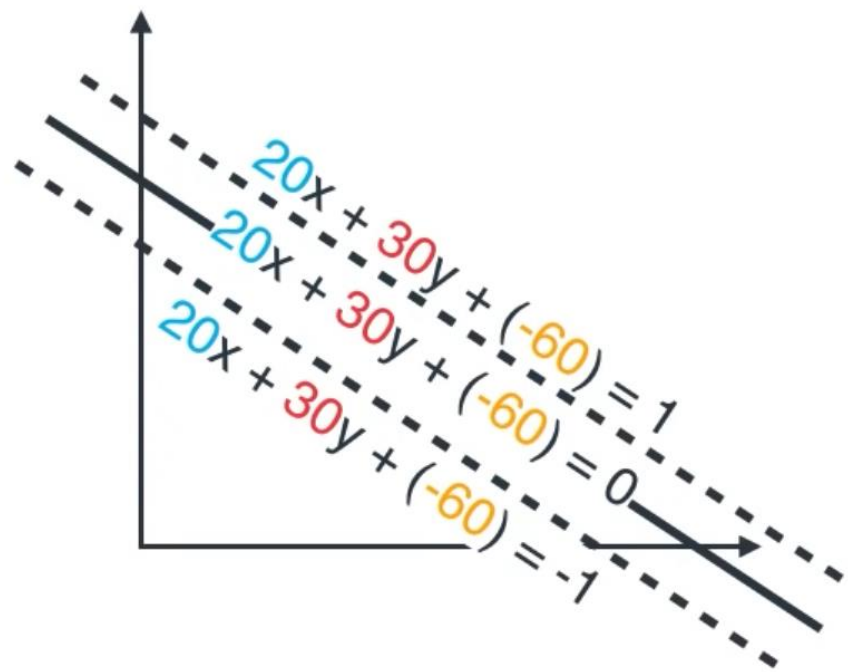
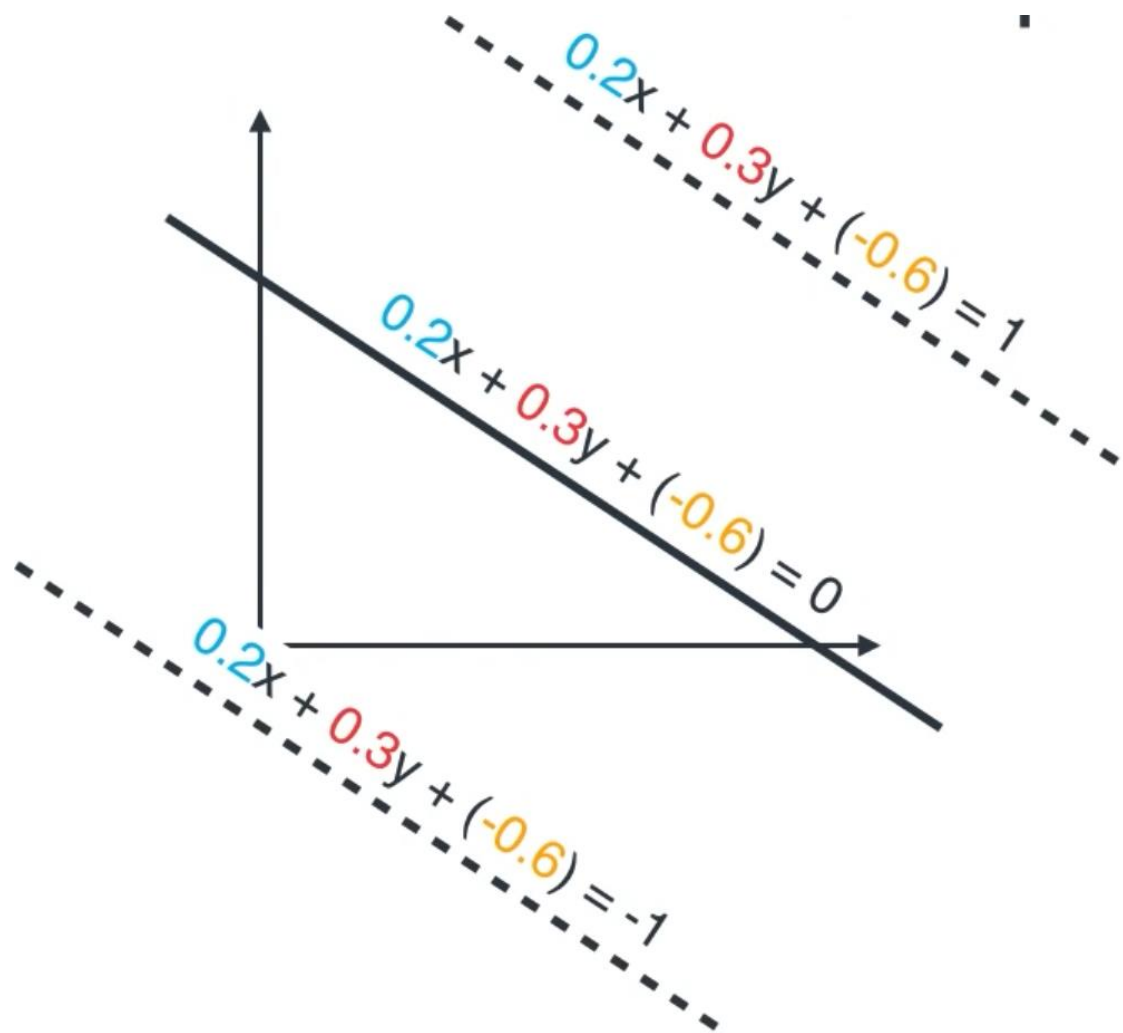
$$4x + 6y + (-12) = 0$$

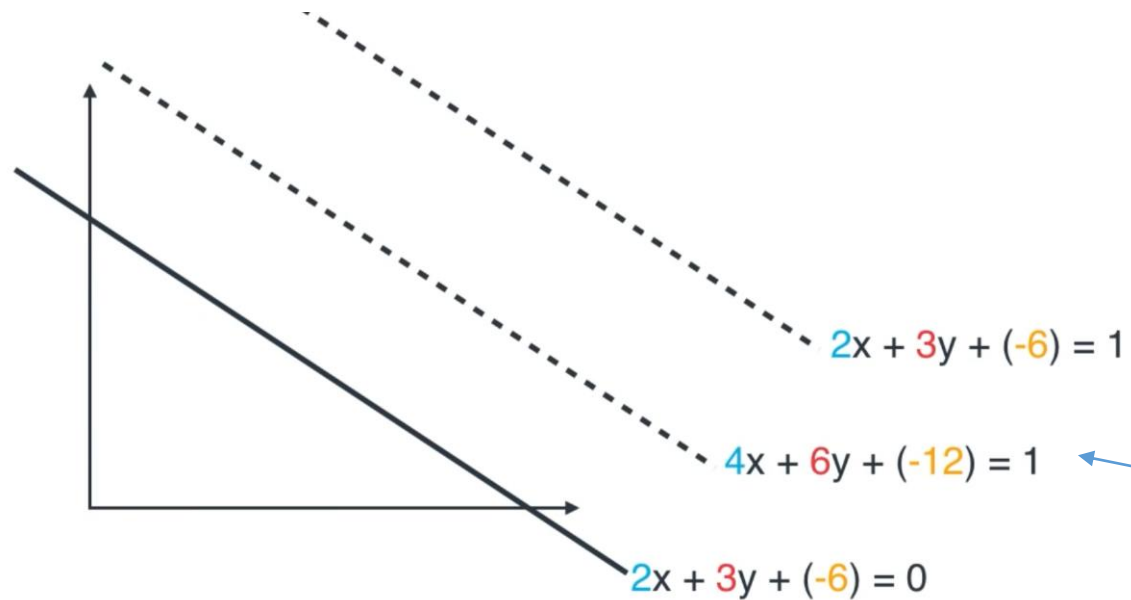
$$20x + 30y + (-60) = 0$$

# Как разделять линии?



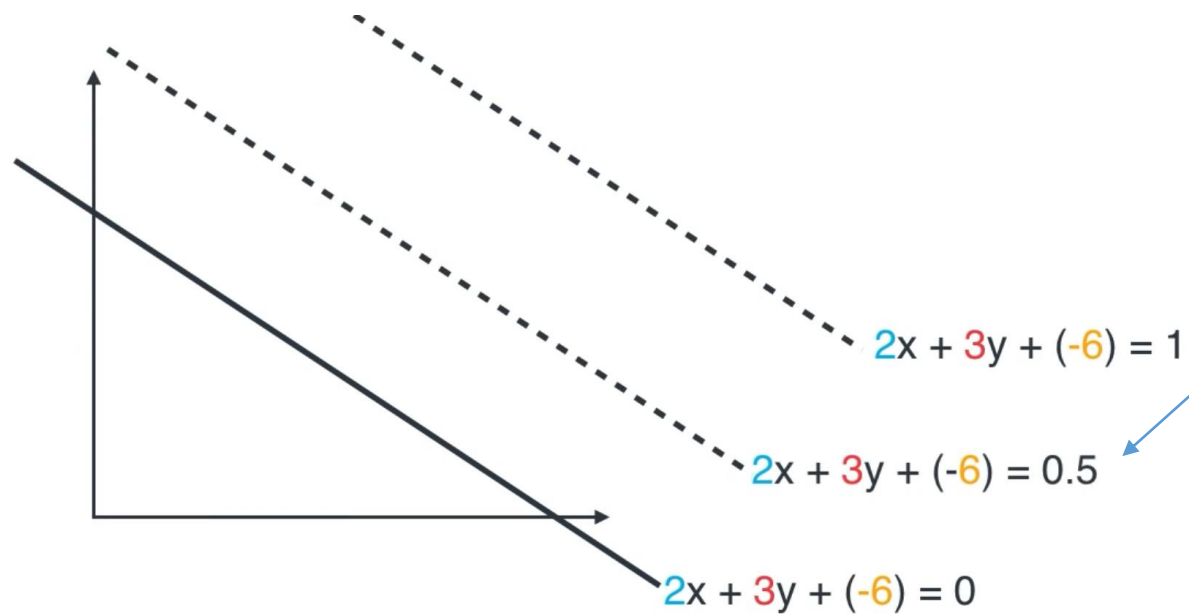






$$4x + 6y + (-12) = 1$$

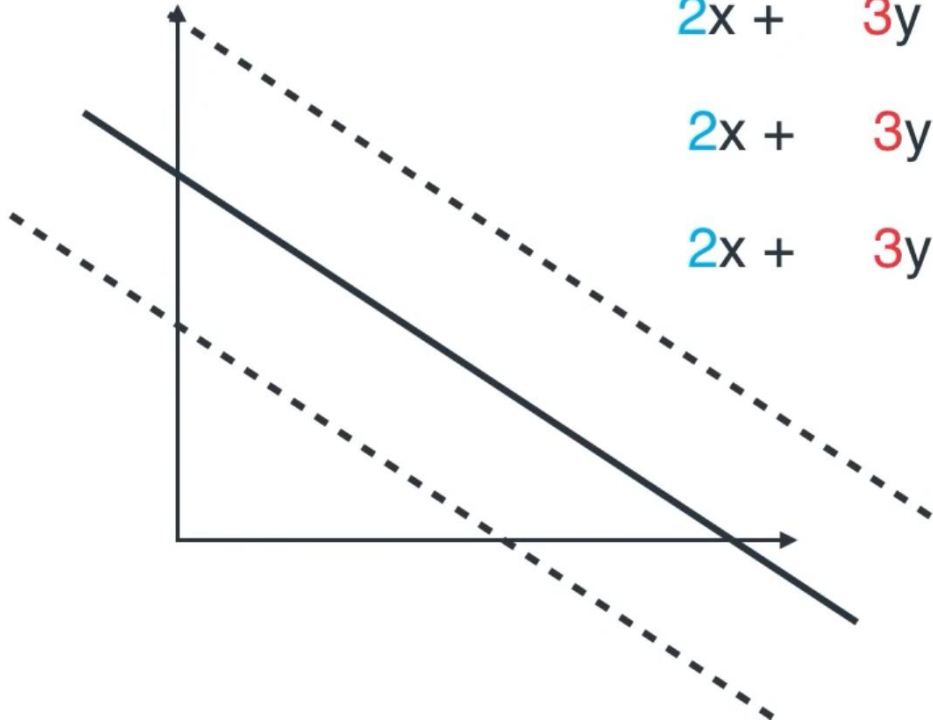
$$2x + 3y + (-6) = 0.5$$



# Расширяющий шаг (expanding raid)

Expanding rate

0.99



$$2x + 3y + (-6) = -1$$

$$2x + 3y + (-6) = 0$$

$$2x + 3y + (-6) = 1$$

$$0.99 \cdot 2x + 0.99 \cdot 3y + 0.99 \cdot (-6) = -1$$

$$0.99 \cdot 2x + 0.99 \cdot 3y + 0.99 \cdot (-6) = 0$$

$$0.99 \cdot 2x + 0.99 \cdot 3y + 0.99 \cdot (-6) = 1$$

$$1.98x + 2.97y + (-5.94) = -1$$

$$1.98x + 2.97y + (-5.94) = 0$$

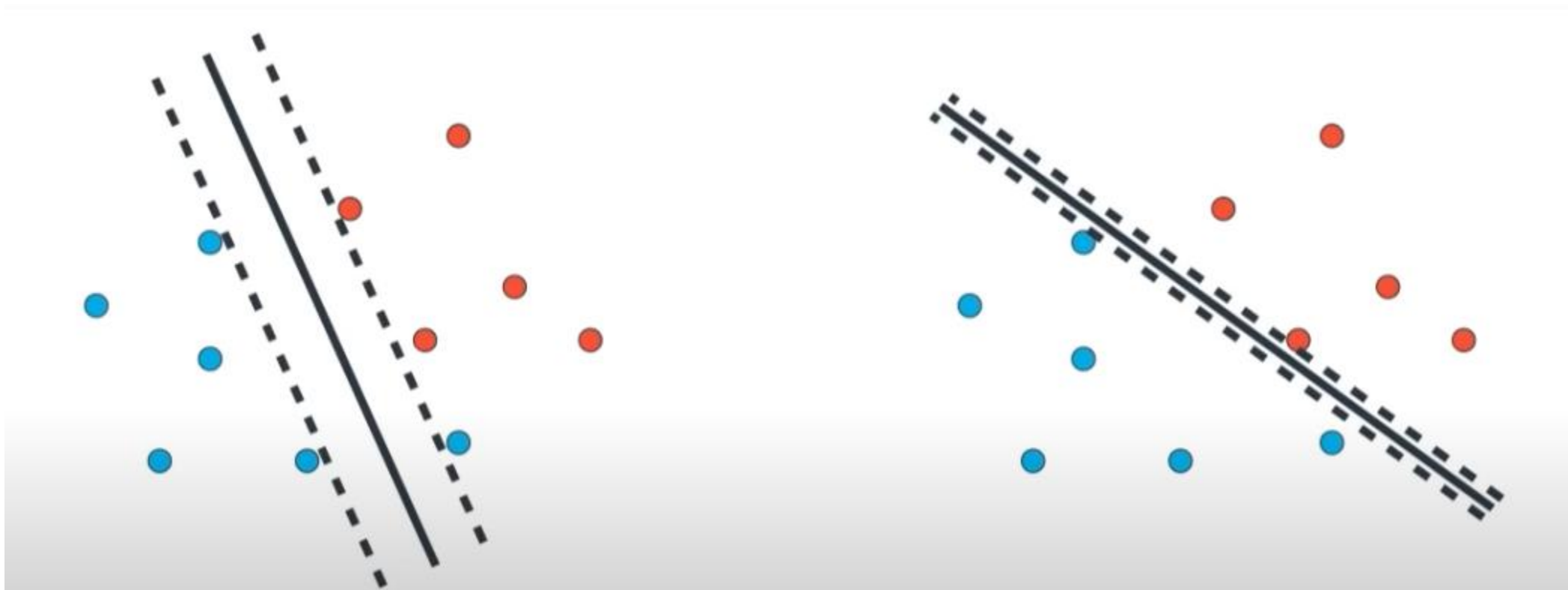
$$1.98x + 2.97y + (-5.94) = 1$$

# Шаги SVM

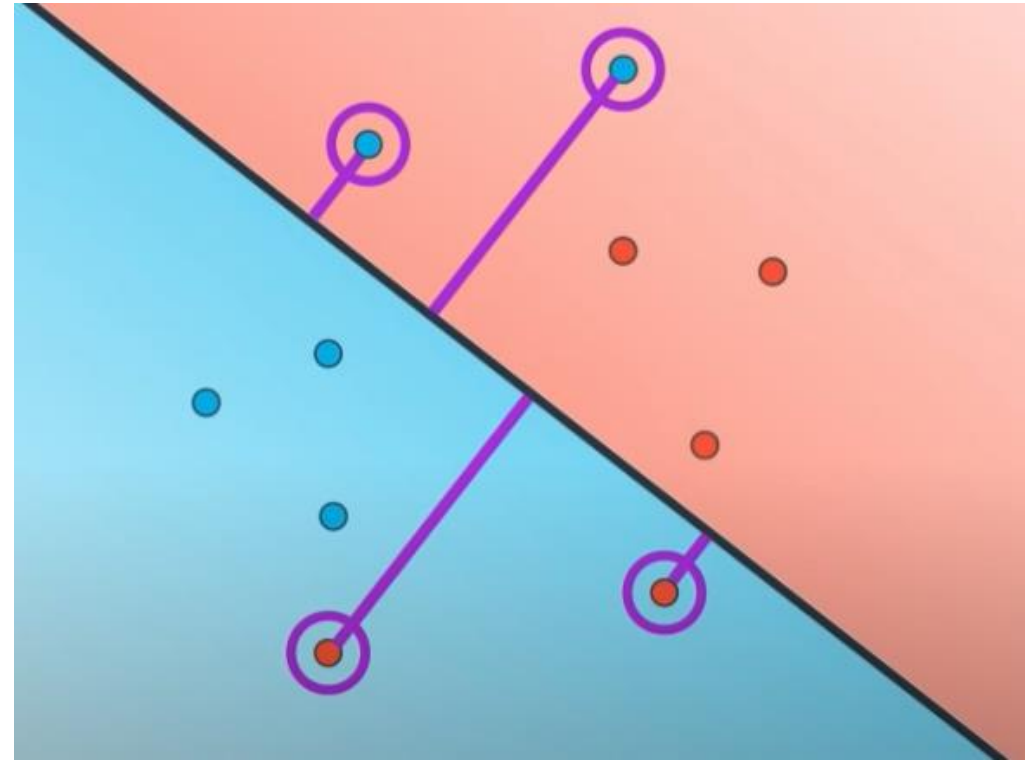
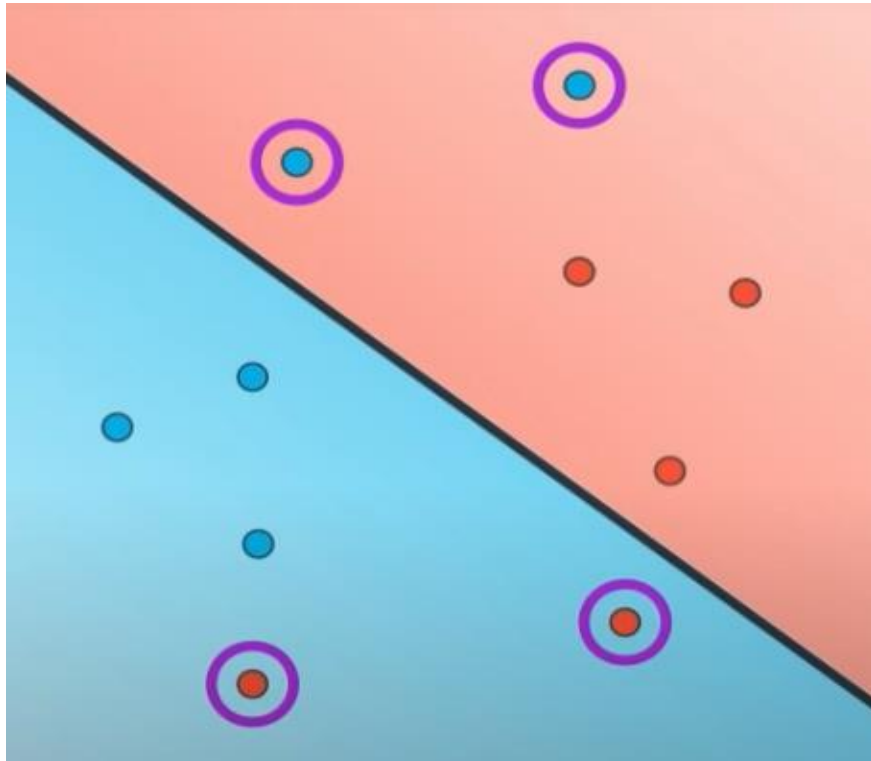
- 1. Рандомный выбор первоначального расположения линии.
- 2. Выбор расширяющего шага.
- 3. Оценка качества разделения объектов.
- 4. Переобучение (смена расположения линии).
- 5. Применение расширяющего шага.
- 6. Повторение 3-го - 5-го пункта, пока не найдем качественное разделение.



Какой SVM разделил лучше?

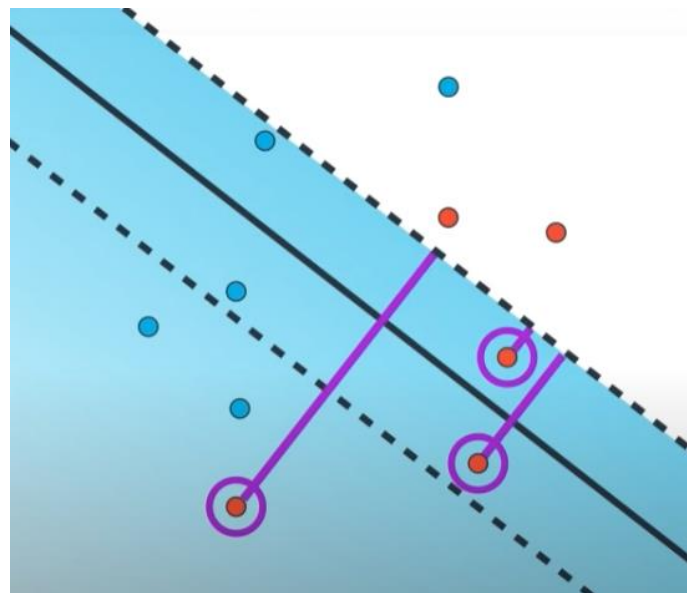
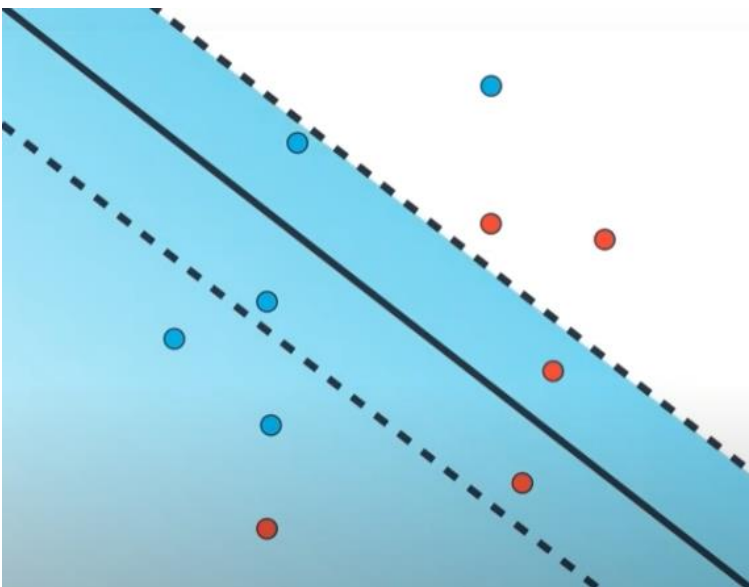
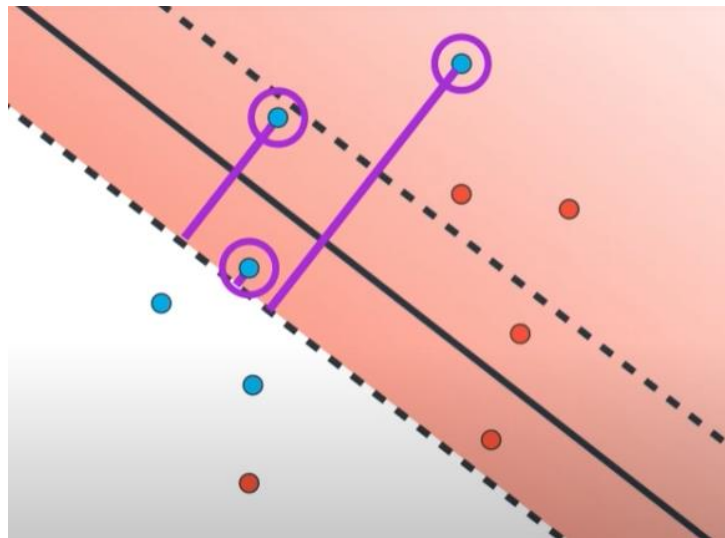
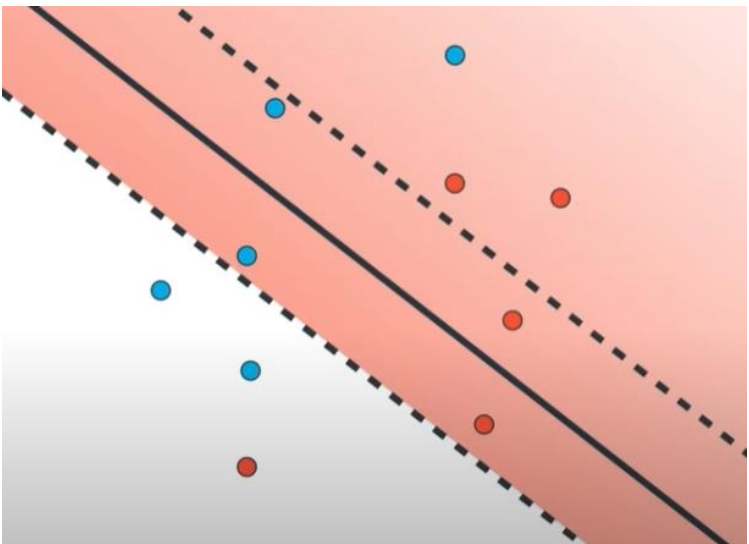


# Ошибка линейного классификатора

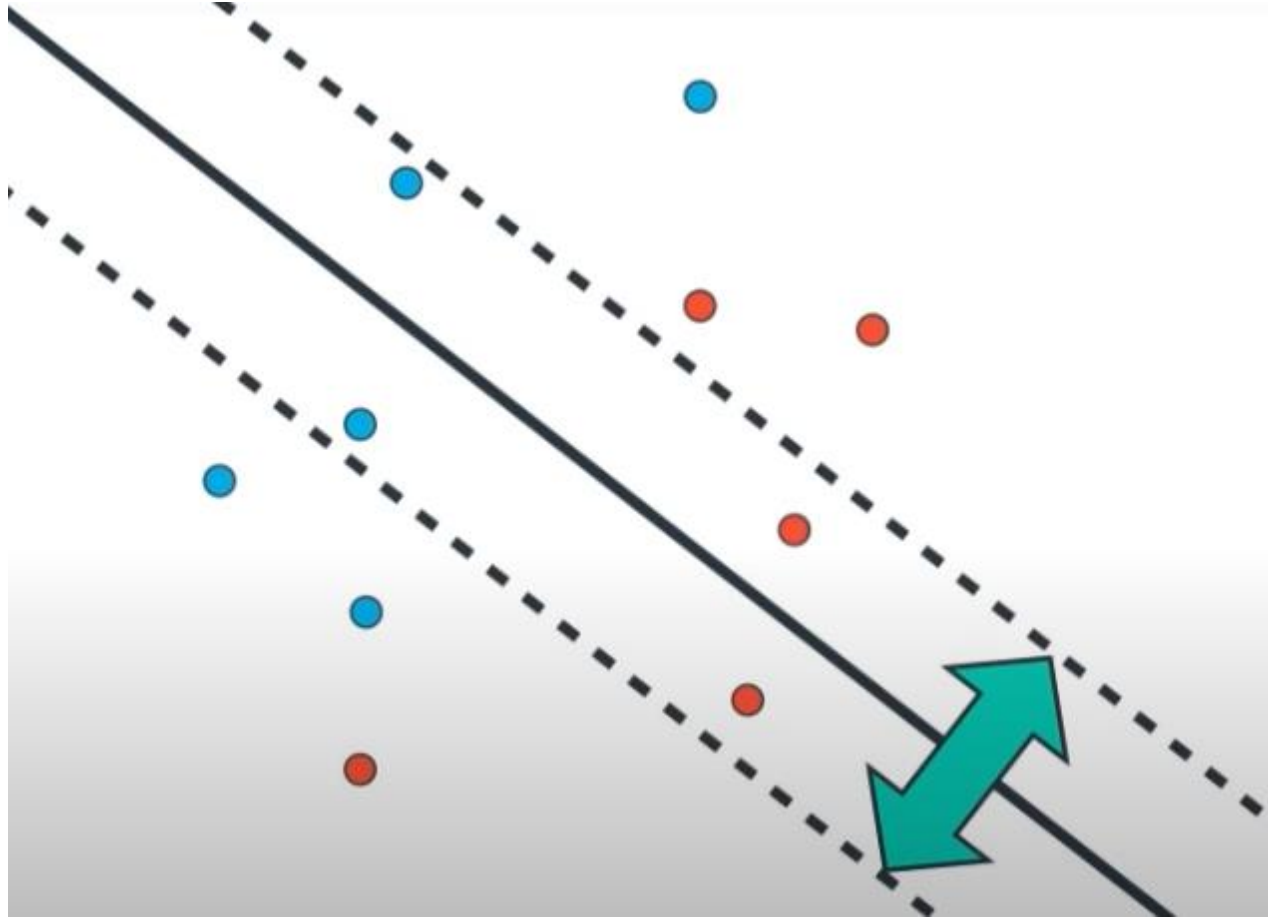


Насколько плохо прошло разделение?

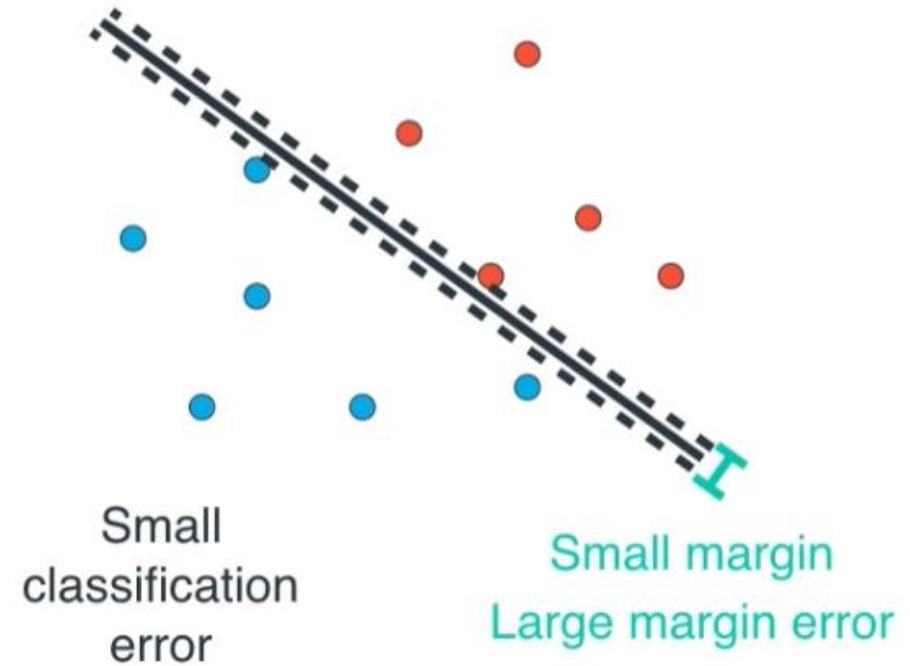
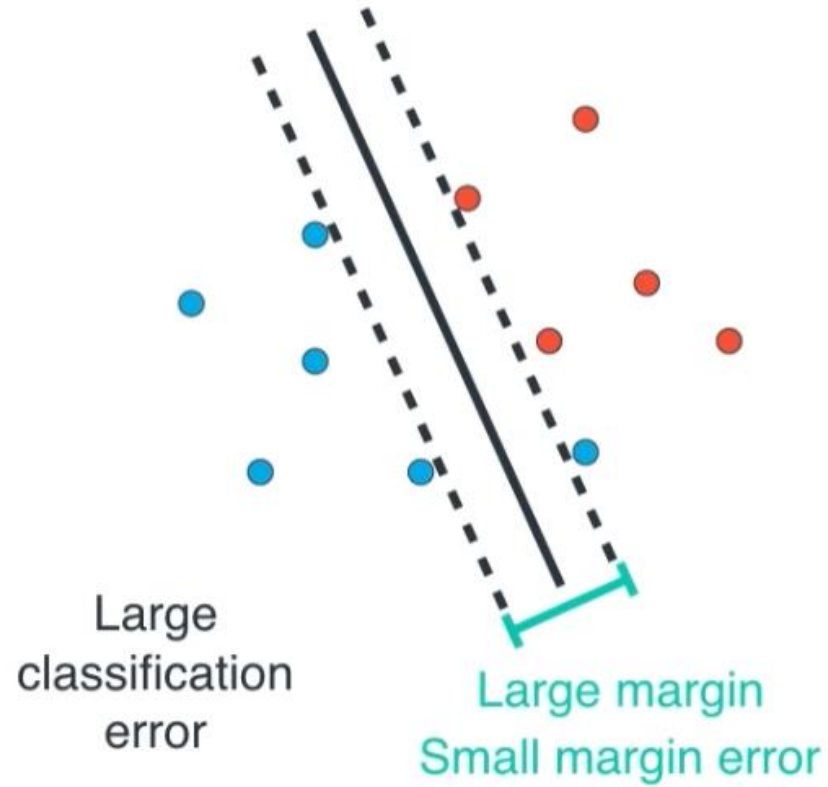
# Ошибка SVM



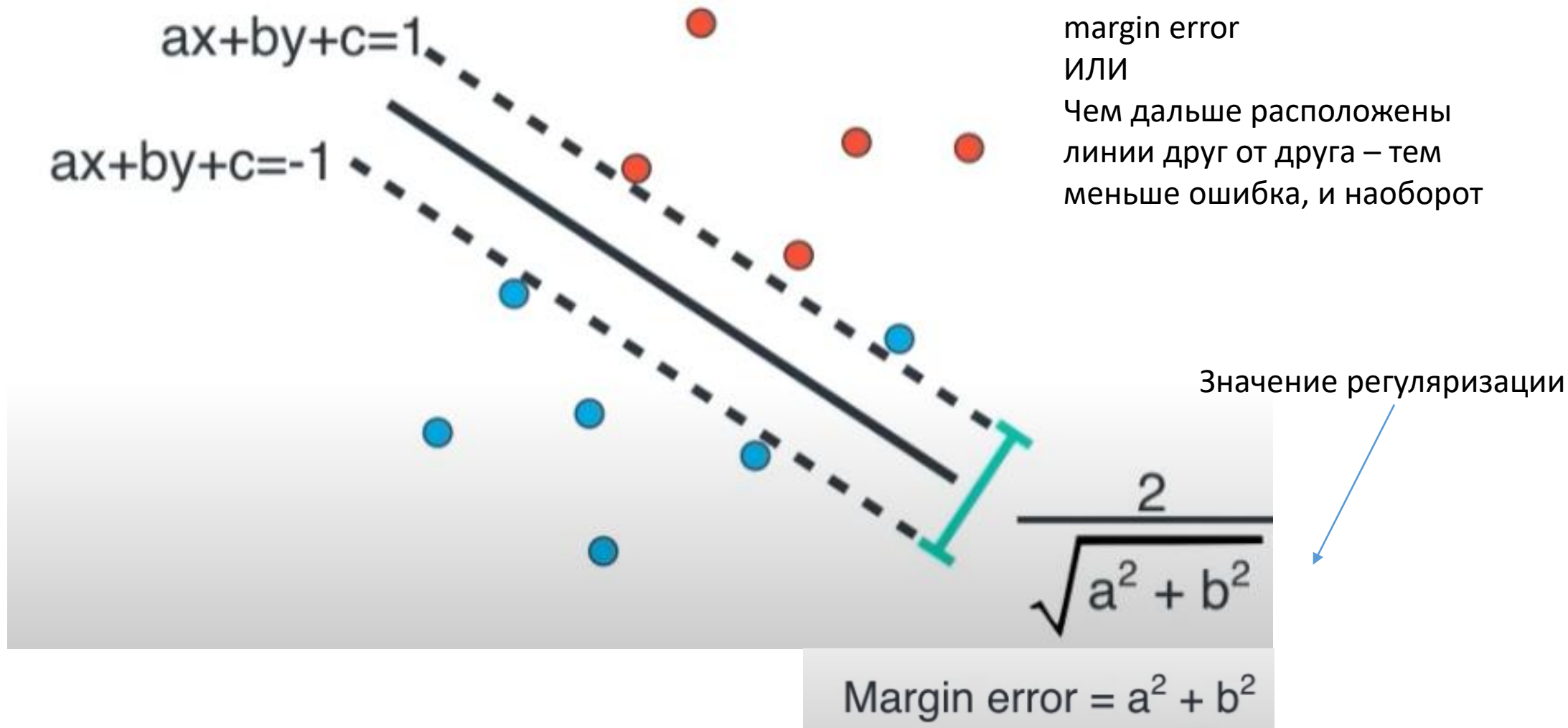
# Margin Error



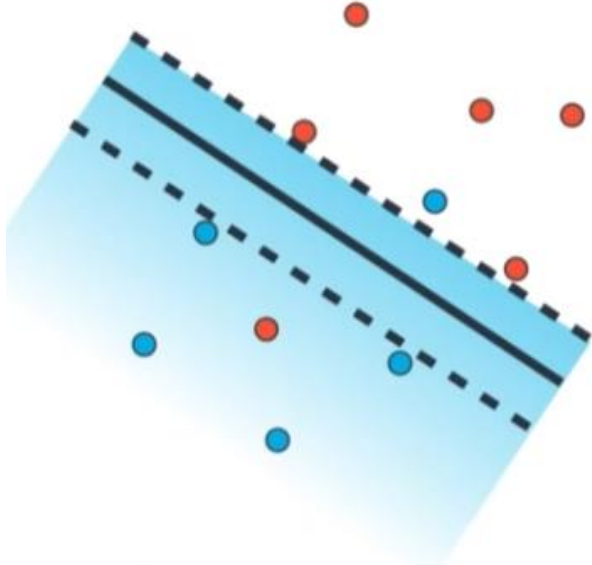
# Margin Error



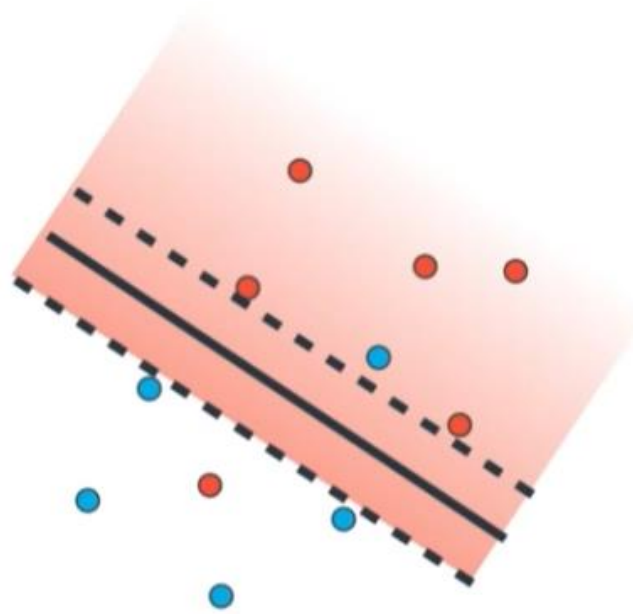
# Margin error



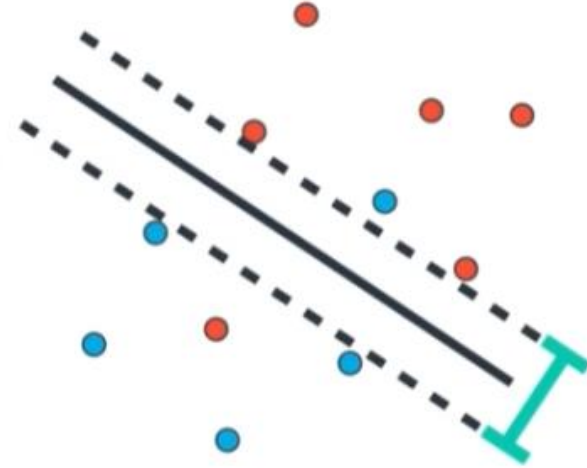
# SVM Error



Blue Classification Error



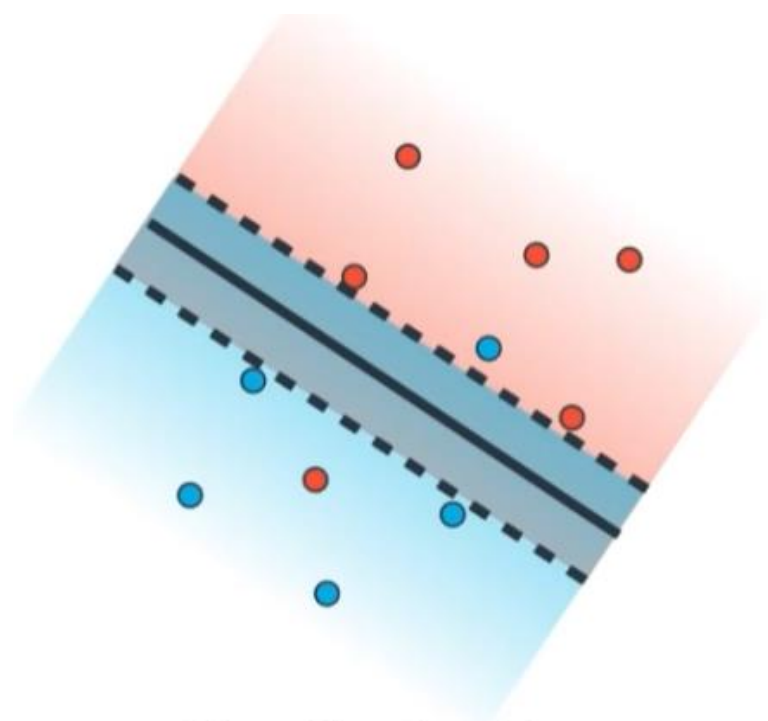
Red Classification Error



Margin Error

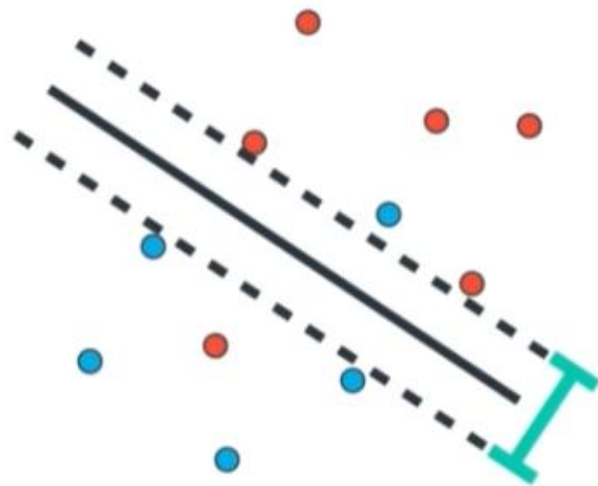






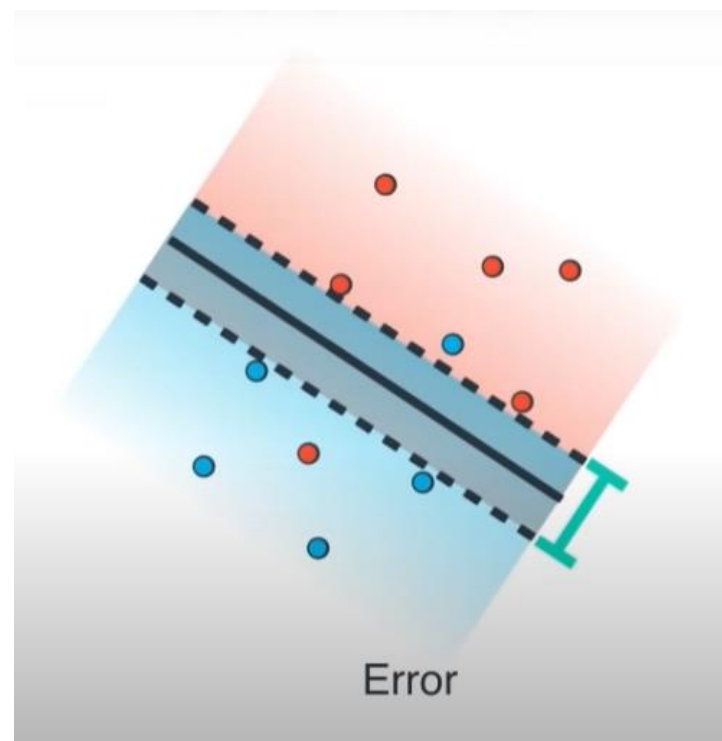
Classification Error

+



Margin Error

=



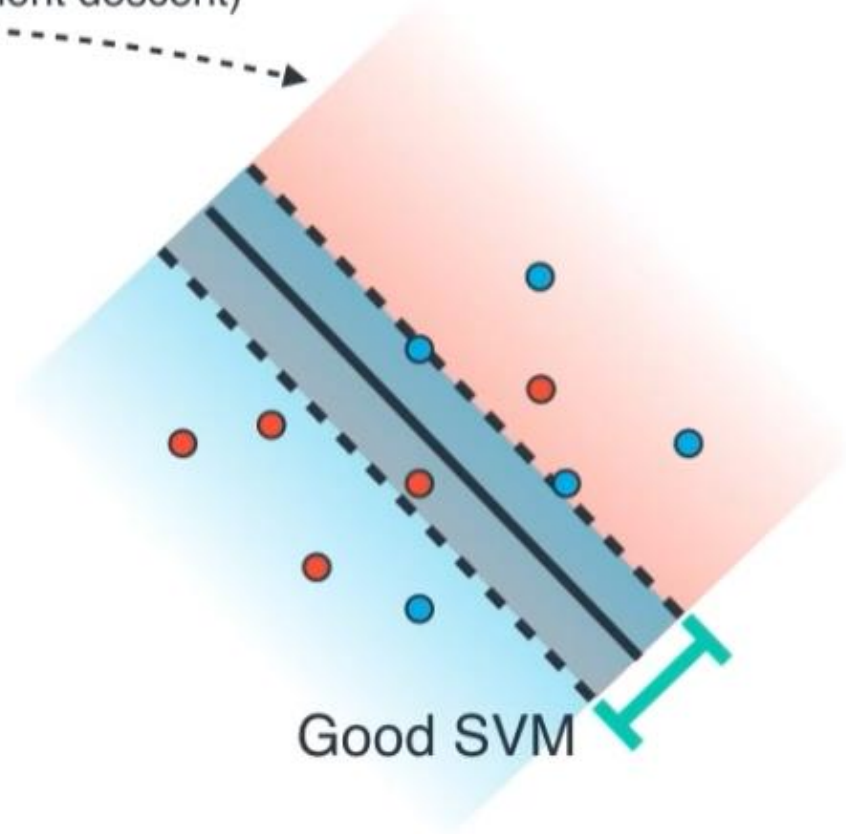
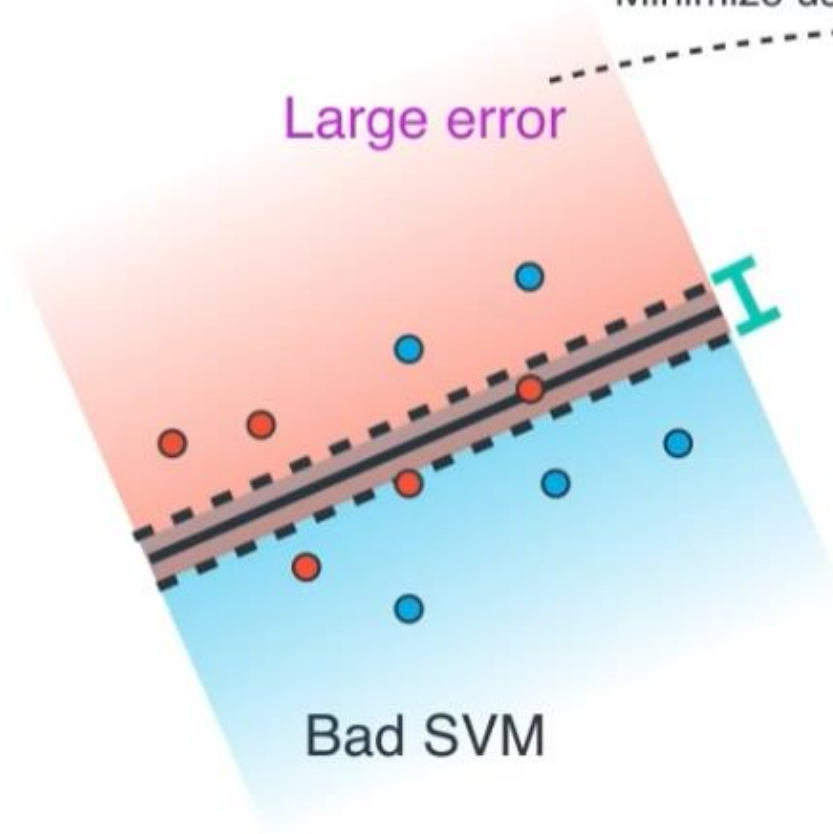
Error



# Gradient Descent

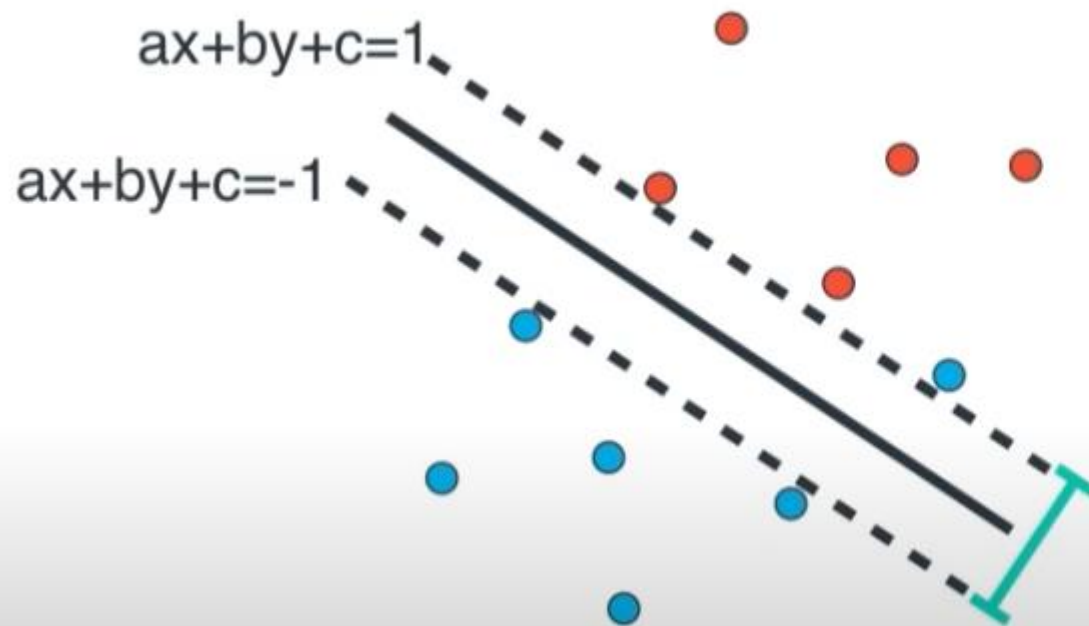
Same as the SVM trick!

Minimize using calculus (gradient descent)



# Градиентный спуск в SVM

Производная *margin error* к  $a$  и  $b$



$$\text{Margin error} = a^2 + b^2$$

$$\frac{d\text{Error}}{da} = 2a$$

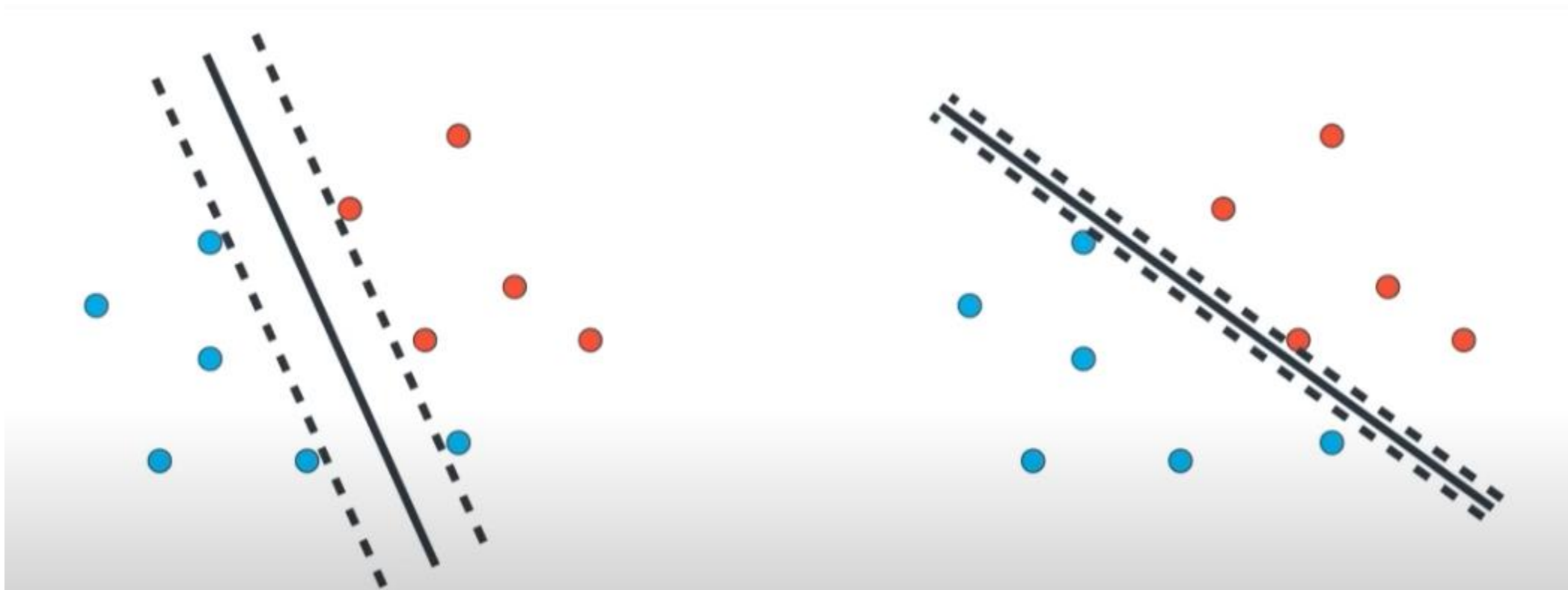
$$\frac{d\text{Error}}{db} = 2b$$

Расширяющий шаг

$$a \longrightarrow a - \eta 2a = a(1 - 2\eta)$$

$$b \longrightarrow b - \eta 2b = b(1 - 2\eta)$$

Какой SVM разделил лучше?



Поиск баланса

Classification  
Error

+

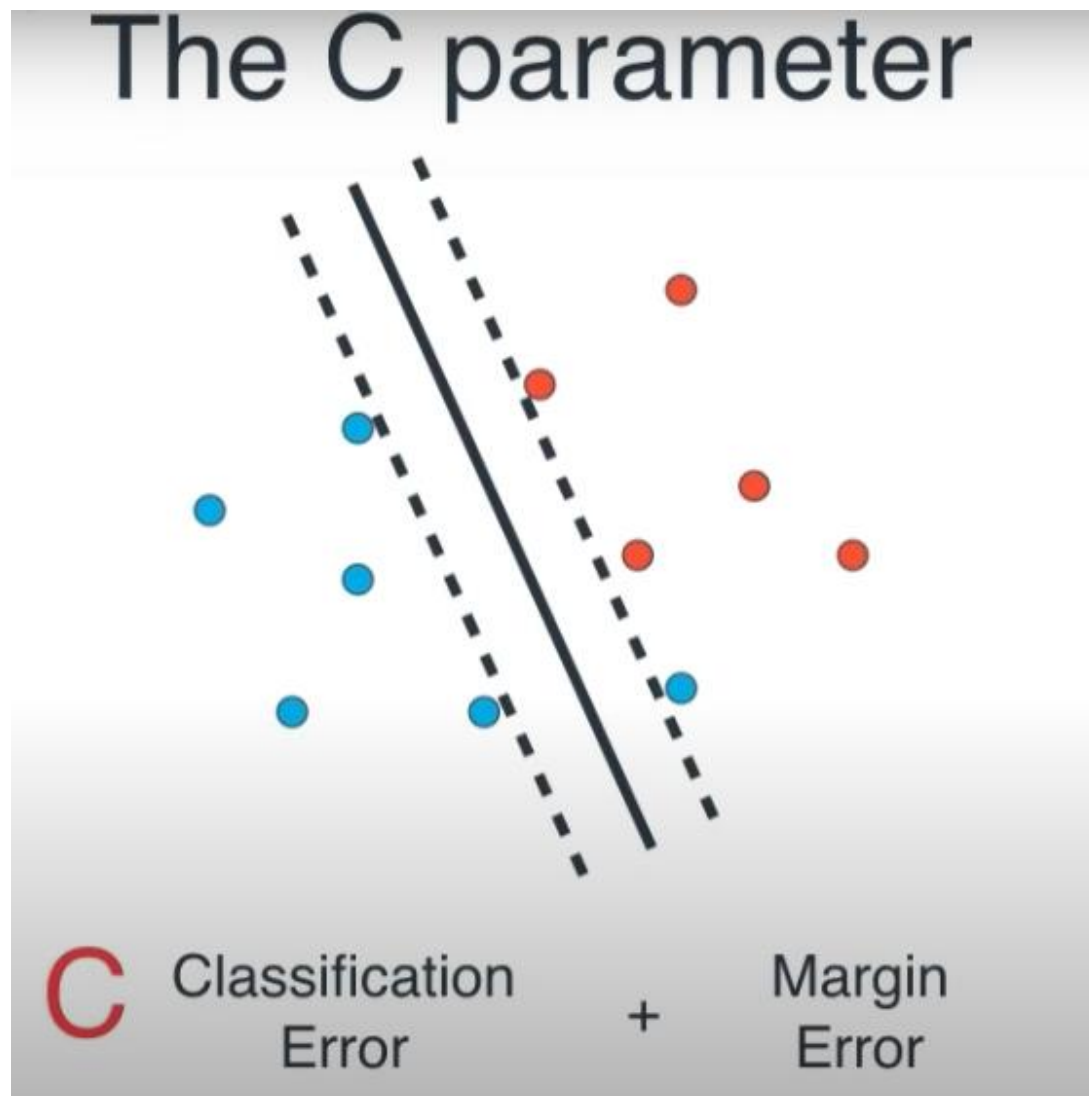
Margin  
Error

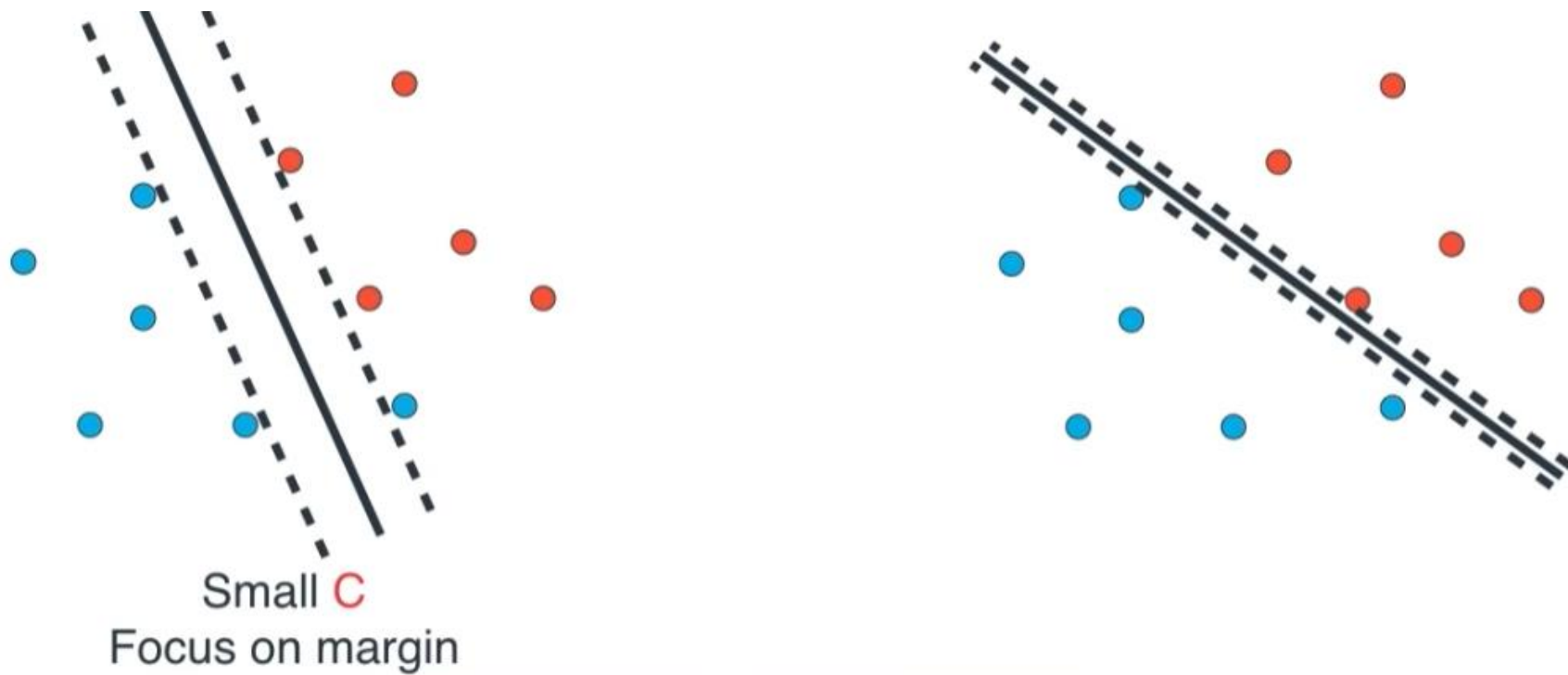
Classification  
Error

+

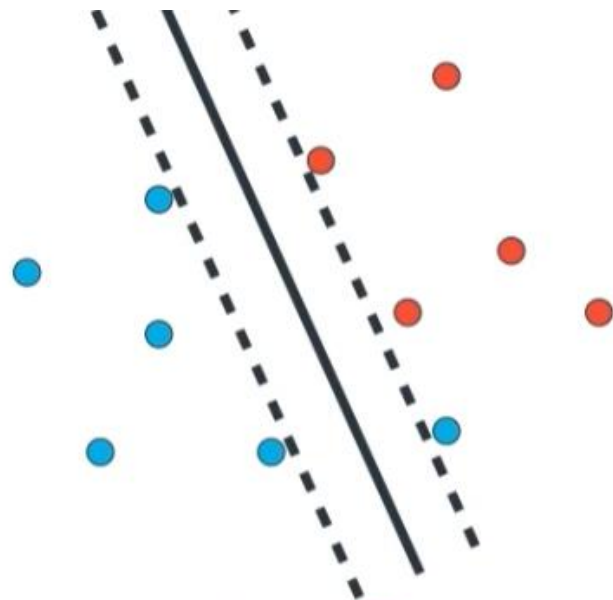
Margin  
Error

# Гиперпараметр $C$

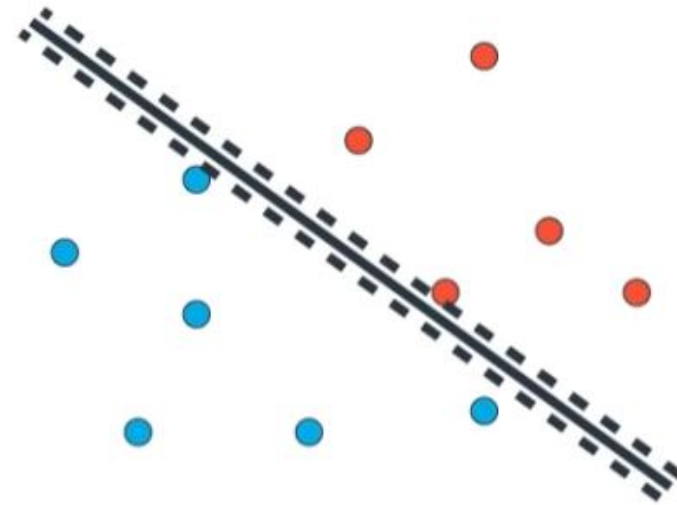




$$\text{Classification Error} + \text{Margin Error}$$



Small  $C$   
Focus on margin



Large  $C$   
Focus on classification

$$C \text{ Classification Error} + \text{Margin Error}$$

# Kernel trick

