



# **Задача частичного обучения**

Евгений Борисов

# Задача частичного обучения

**Дано:** множество объектов  $X$ , множество классов  $Y$  ;

из них только  $\ell$  размеченных

$X_\ell = \{x_1, \dots, x_\ell\} ; \{y_1, \dots, y_\ell\}$  - размеченная выборка (labeled data);

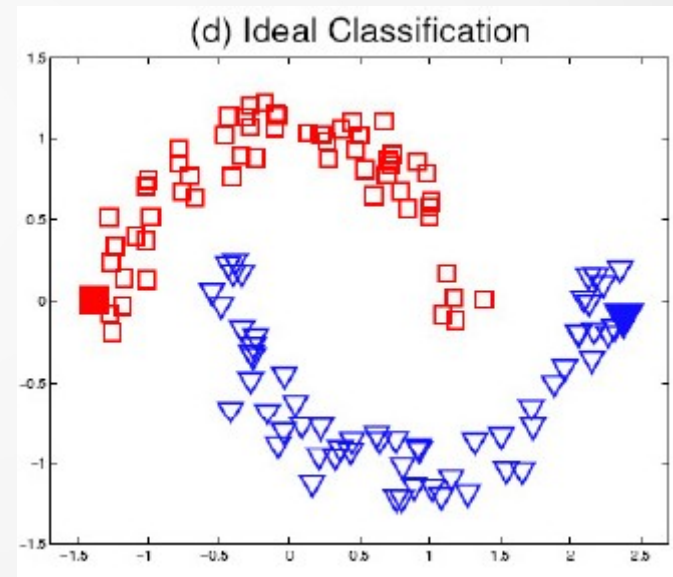
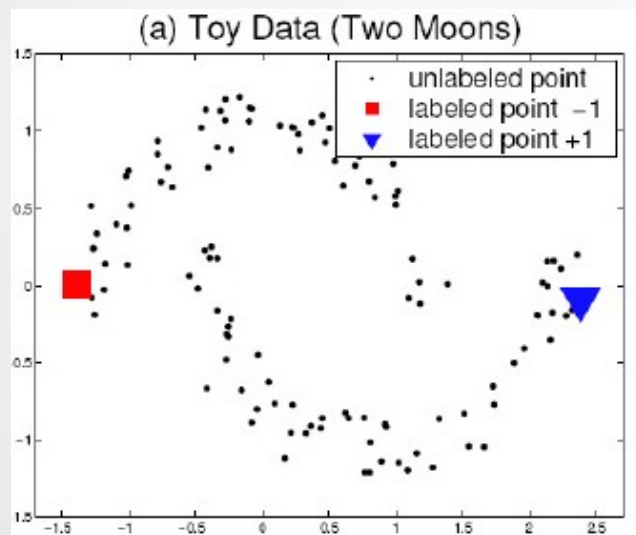
$X_k = \{x_{\ell+1}, \dots, x_{\ell+k}\}$  — неразмеченная выборка (unlabeled data).

Два варианта постановки задачи:

- **Частичное обучение** (semi-supervised learning):  
построить алгоритм классификации  $a : X \rightarrow Y$ .
- **Трансдуктивное обучение** (transductive learning):  
доразметить данные,  
т. е. зная все  $\{x_{\ell+1}, \dots, x_{\ell+k}\}$ , получить метки  $\{y_{\ell+1}, \dots, y_{\ell+k}\}$

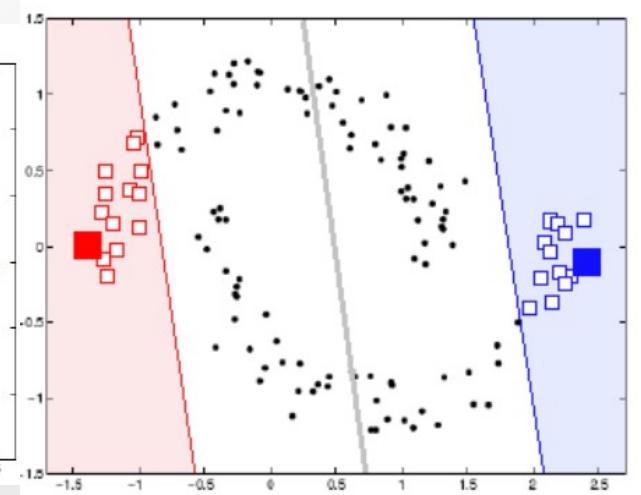
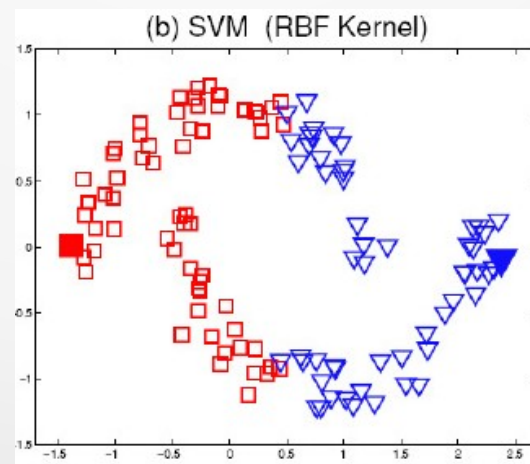
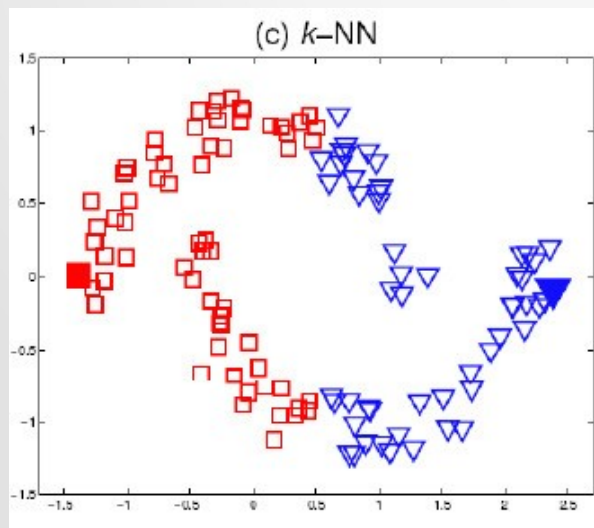
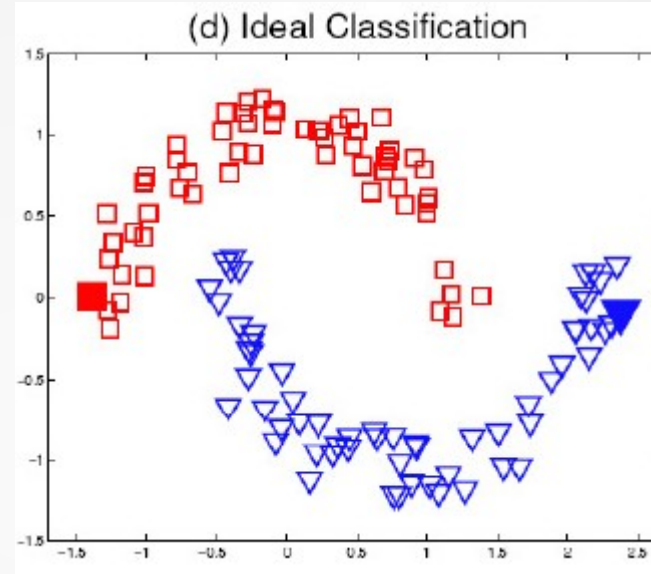
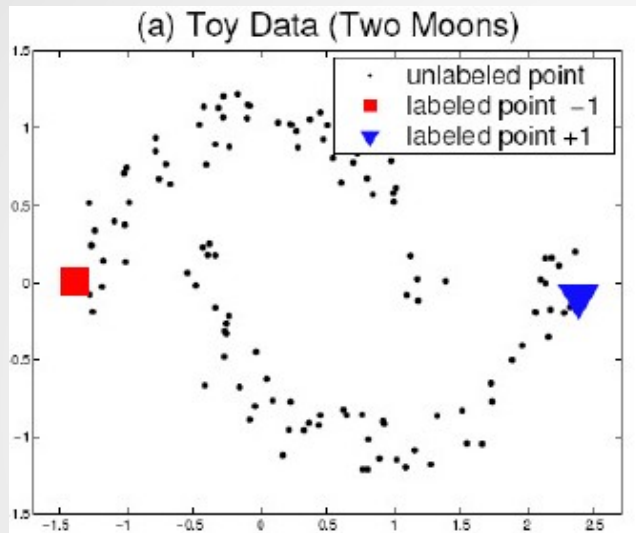
# Задача частичного обучения

**Рассмотрим частично размеченный датасет**



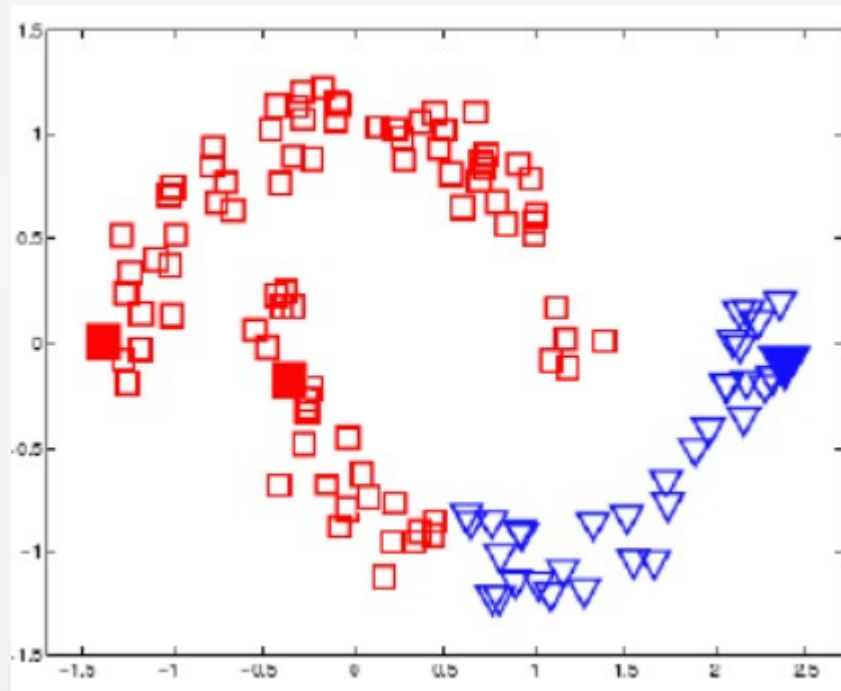
# Задача частичного обучения

## SSL не сводится к классификации



# Задача частичного обучения

к кластеризации SSL тоже не сводится

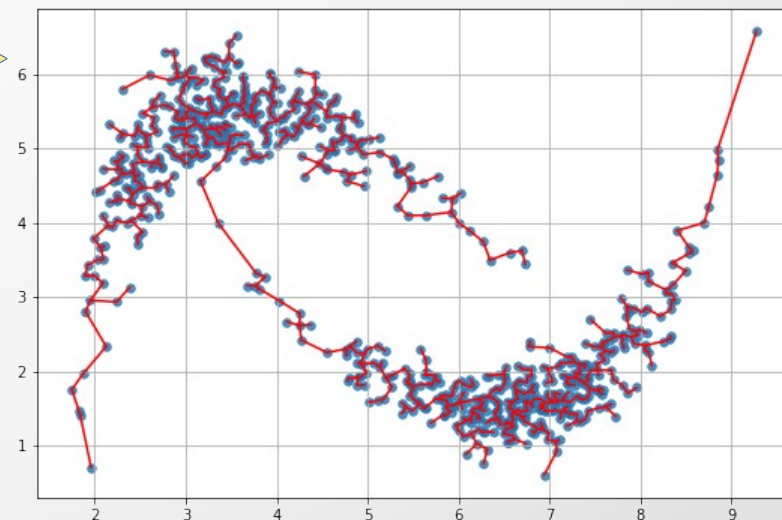
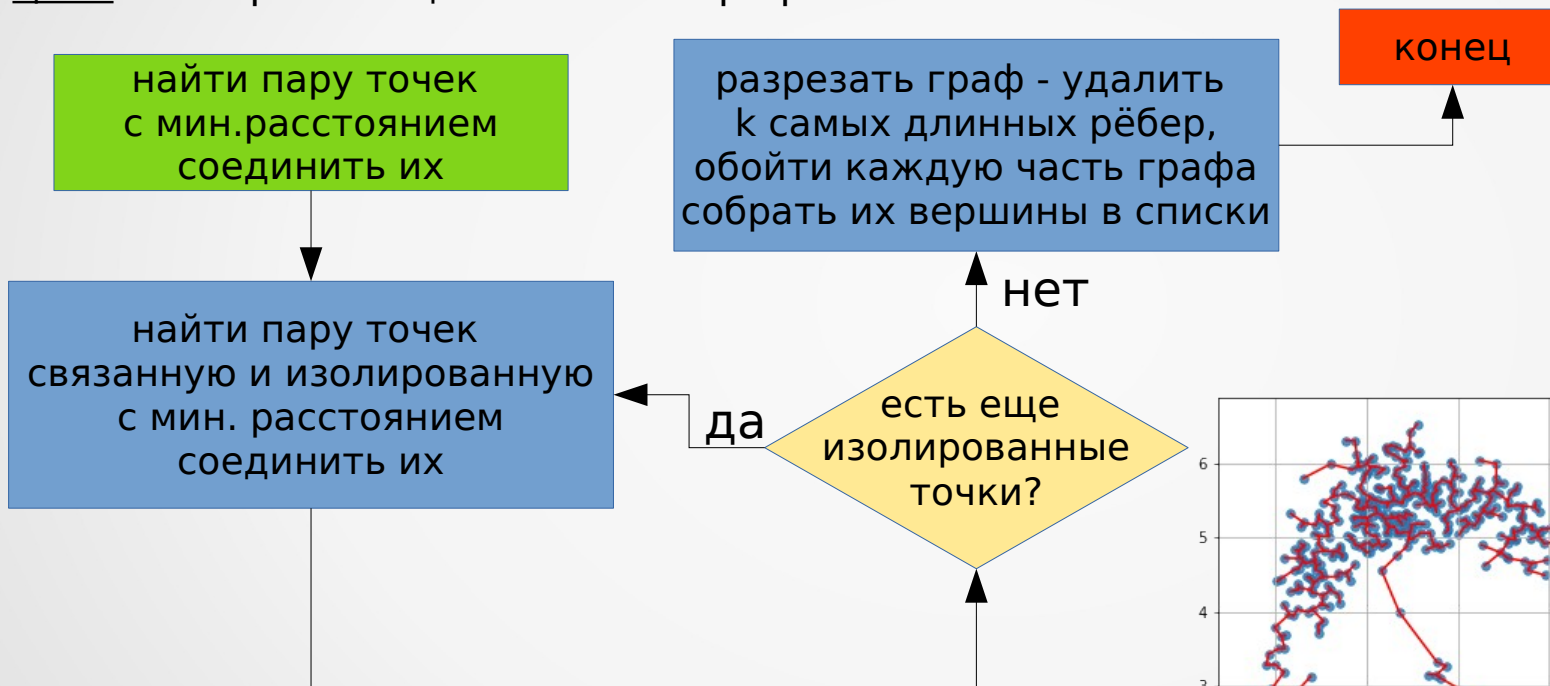


# Задача частичного обучения

## метод кластеризации КНП (Кратчайший Незамкнутый Путь)

параметр - количество кластеров  $k$

цель - построить ациклический граф на точках

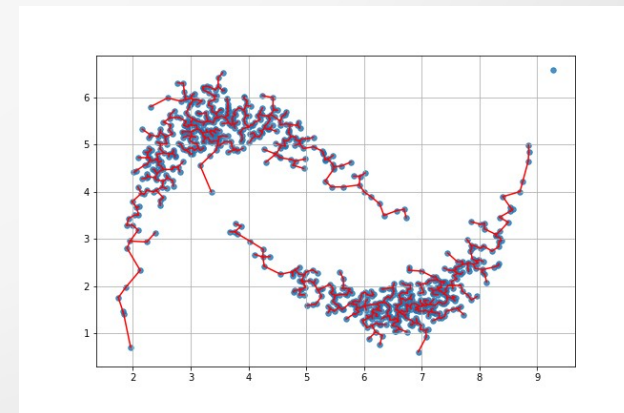
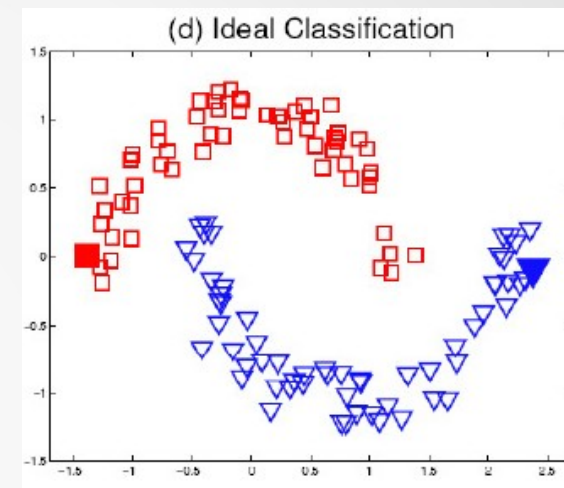
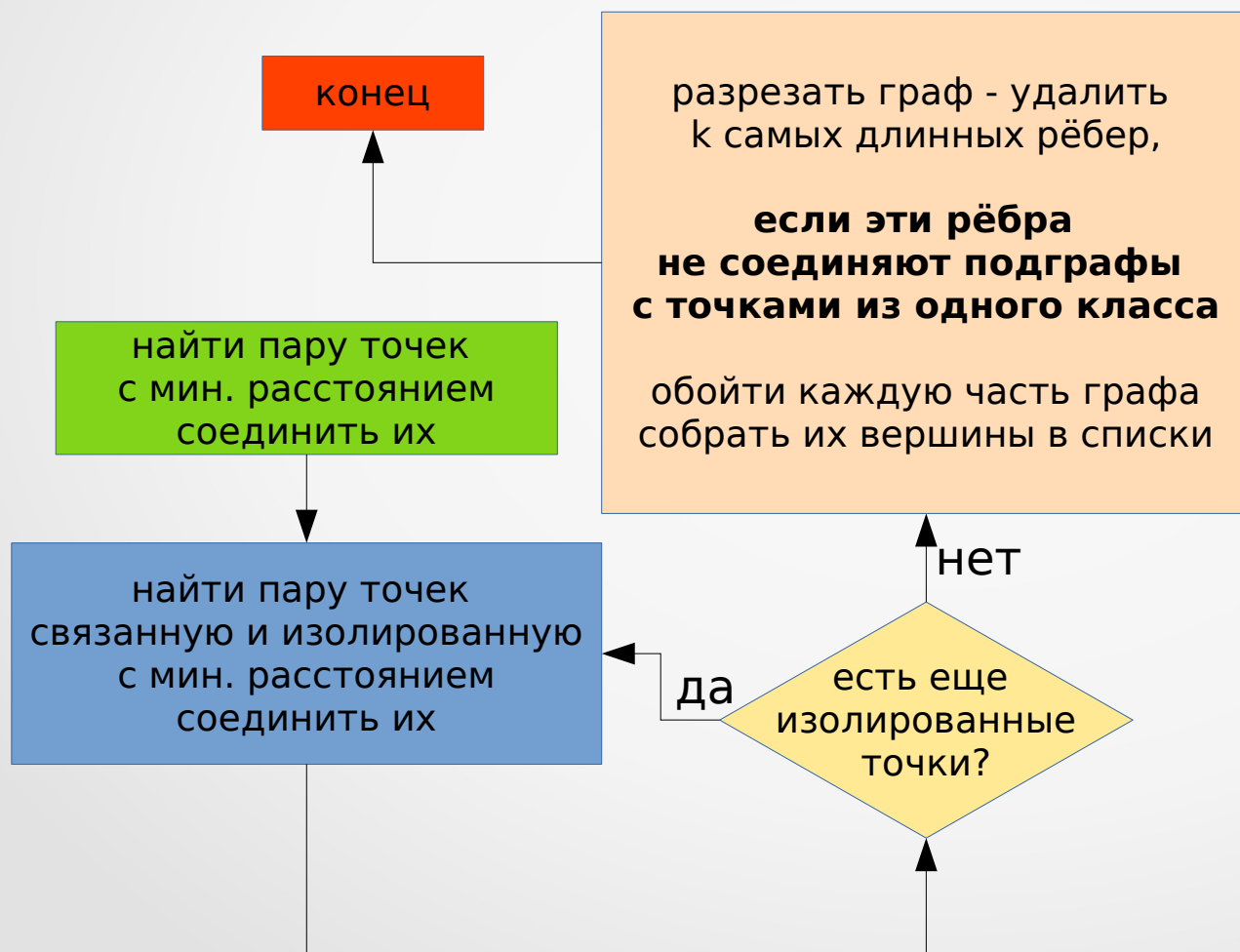


# Задача частичного обучения

## метод Т-КНП (Трансдуктивный Кратчайший Незамкнутый Путь)

параметр - количество кластеров  $k$

цель - построить ациклический граф на точках

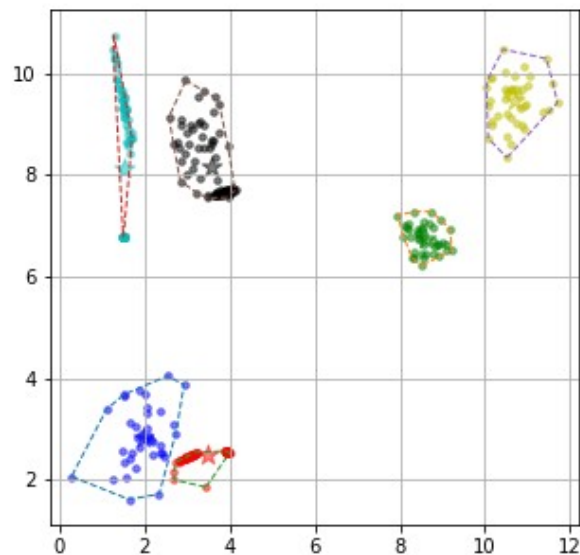
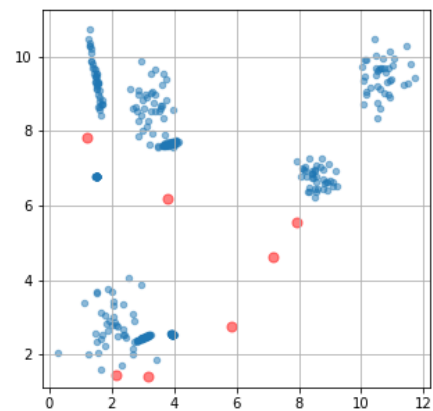
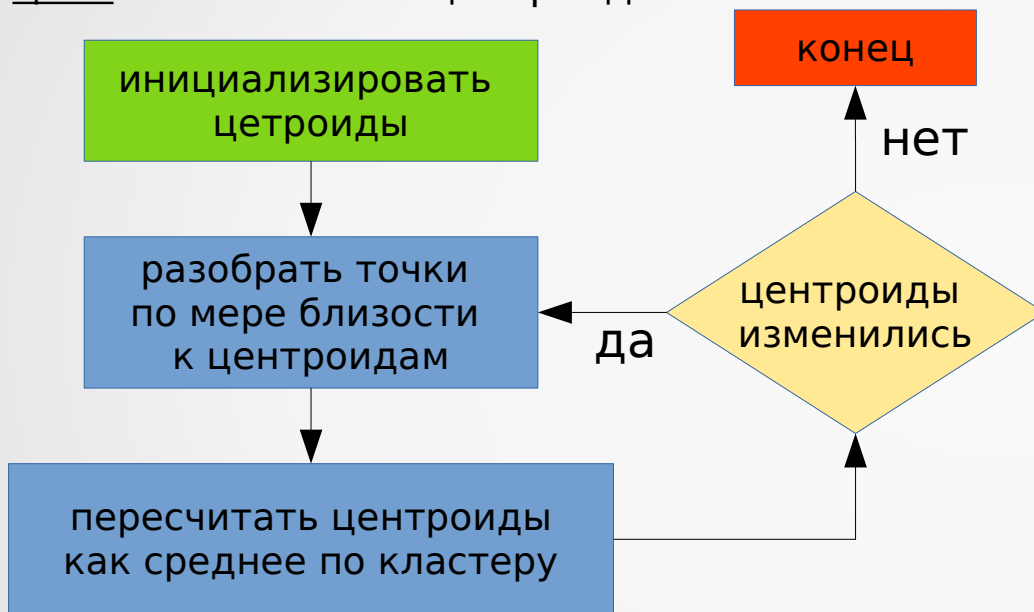


# Задача частичного обучения

## метод кластеризации к-средних (k-means)

параметр - количество кластеров

цель - найти точки-центроиды



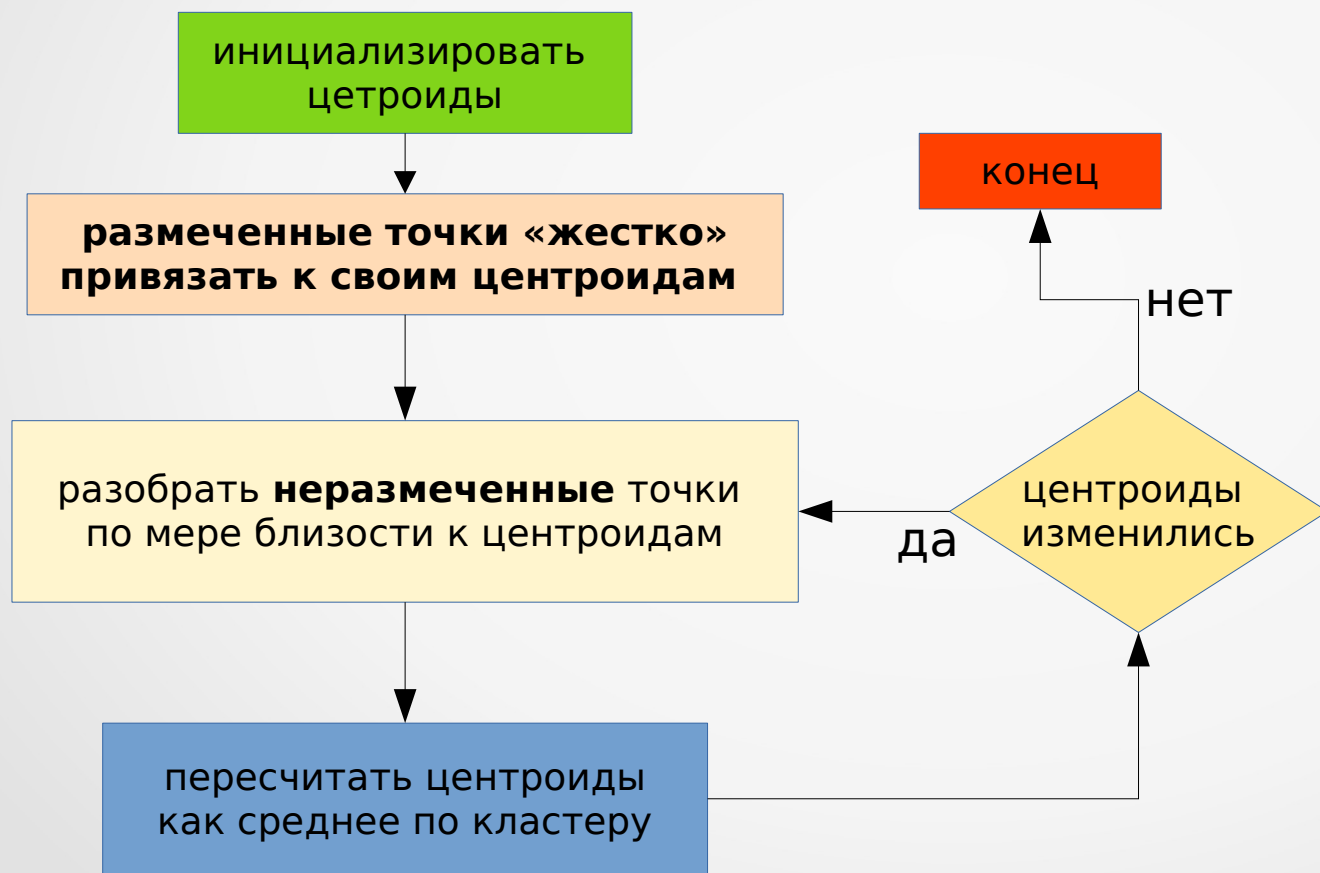


# Задача частичного обучения

## трансдуктивный метод k-means

параметр - количество кластеров

цель - найти точки-центроиды



# Задача частичного обучения

**недостаток трансдуктивных методов кластеризации**

- это медленно, проблематично исполнять для больших датасетов

# Задача частичного обучения

## Классификация частично размеченного датасета

$X, Y$  - учебный набор, частично размеченный;

$X^\ell = \{x_1, \dots, x_\ell\}, \{y_1, \dots, y_\ell\}$  - размеченная часть выборки (labeled data);

$X^k = \{x_{\ell+1}, \dots, x_{\ell+k}\}$  - неразмеченная часть выборки (unlabeled data);

$b_y(x)$  - оценка принадлежности объекта  $x$  к классу  $y$

классификатор - выбираем для объекта  $x$  класс  $y$  с наилучшей оценкой  $b$  ;

$$a(x) = \arg \max_{y \in Y} b_y(x)$$

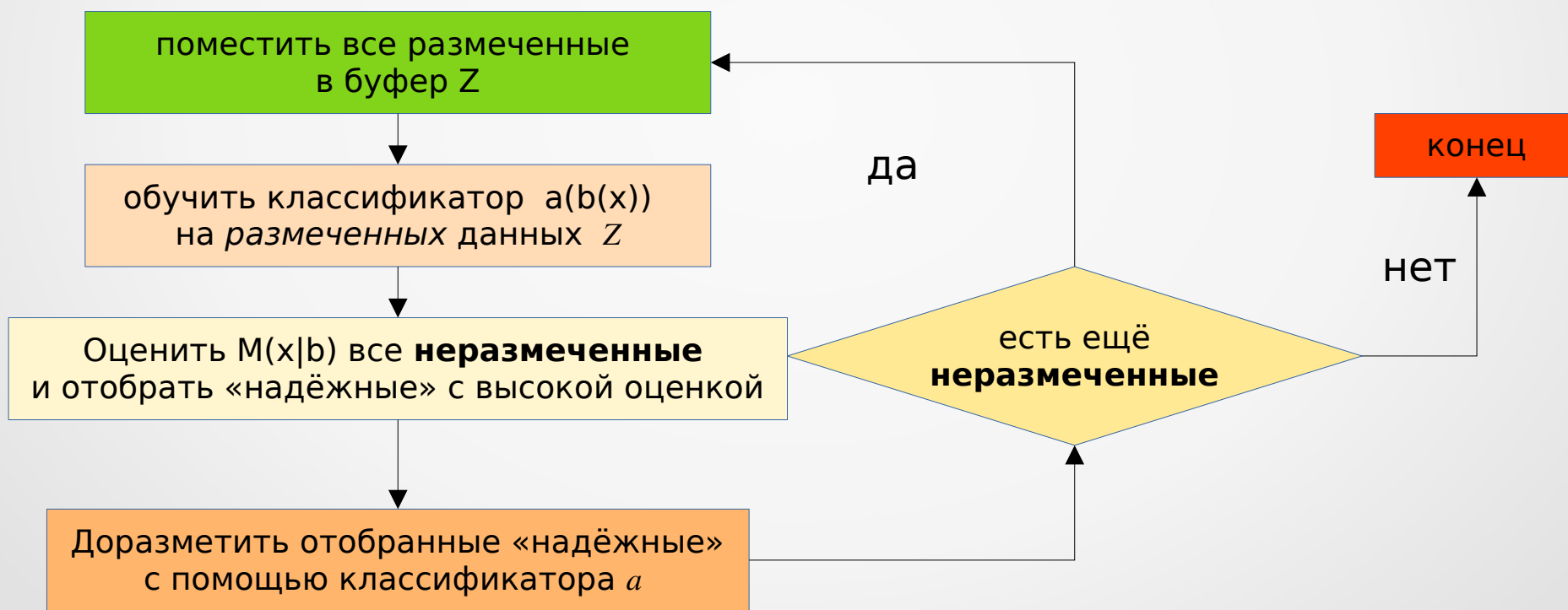
Как обучить классификатор на частично размеченном датасете?

# Задача частичного обучения

## Алгоритм Self-Training — обёртка (wrapper) над произвольным методом обучения классификатора

оценка "степень доверия" классификации,  
насколько оценка класса-победителя лучше оценок остальных классов

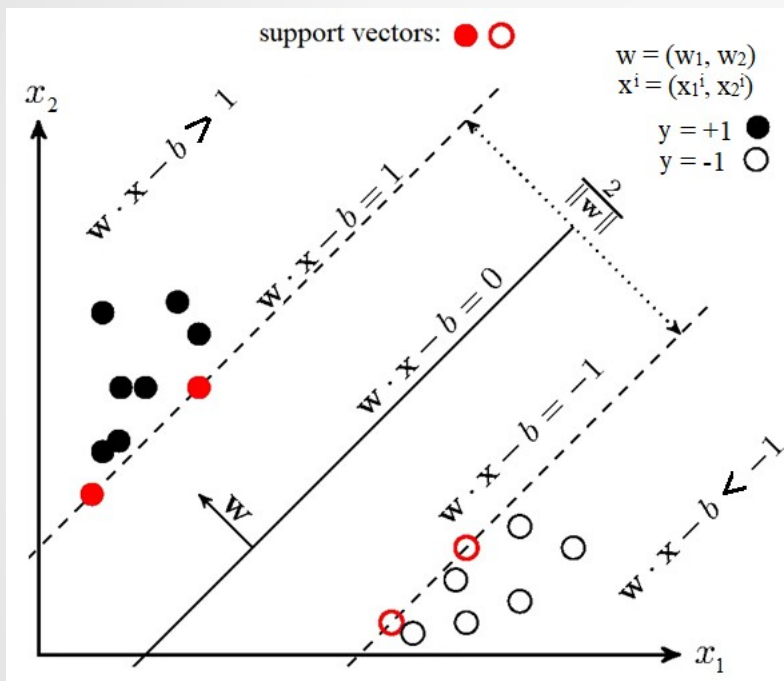
$$y = a(b(x))$$
$$M(x|b) = \max_{y \in Y} b_y(x) - \max_{q \in Y \setminus y} b_q(x)$$



# Задача частичного обучения

## Классификатор SVM

цель - разделительная полоса максимальной ширины



## **ширина полосы**

$$\left\langle x_s^+ - x_s^-, \frac{w}{\|w\|} \right\rangle = \frac{2}{\|w\|}$$

## метки классов

$$y \in \{-1, +1\}$$

## модель классификатора

$$a(x) = \text{sign}(x \cdot w - b)$$

## отступ (margin)

$$M = y \cdot (x \cdot w - b)$$

## разделяющая гиперплоскость

$$\langle x, w \rangle - b = 0$$

$$\langle x^+, w \rangle - b > 0 \quad \text{позитивные}$$

$$\langle x^-, w \rangle - b < 0 \quad \text{негативные}$$

# Задача частичного обучения

## T-SVM (Трансдуктивный SVM)

цель - разделительная полоса максимальной ширины

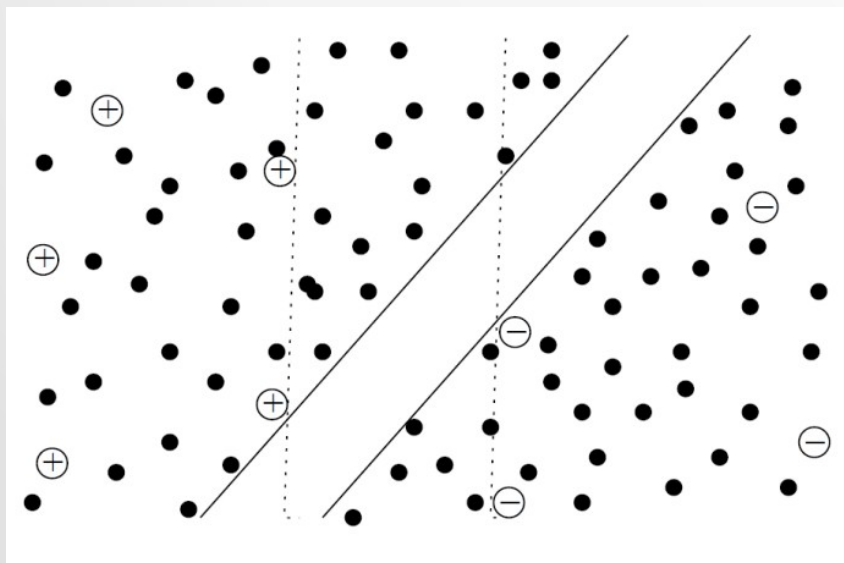
строим разделяющую полосу с двумя условиями

1. полоса максимальной ширины ограничивается размеченными объектами
2. минимизировать количество (неразмеченных) объектов попадающих на полосу

Функция потерь  $L(M) = (1 - |M|)_+$

штрафует за попадание неразмеченных объектов внутрь разделяющей полосы.

где  $|M|$  - абсолютное значение отступа (модуль)



Обучение весов  $w, w_0$  по частично размеченной выборке:

$$Q(w, w_0) = \sum_{i=1}^{\ell} (1 - M_i(w, w_0))_+ + \frac{1}{2C} \|w\|^2 + \\ + \gamma \sum_{i=\ell+1}^{\ell+k} (1 - |M_i(w, w_0)|)_+ \rightarrow \min_{w, w_0}.$$

Пунктирная линия — решение обычного SVM

Сплошная линия — решение T-SVM

# Задача частичного обучения

git clone [https://github.com/mechanoid5/ml\\_lectorium.git](https://github.com/mechanoid5/ml_lectorium.git)

К.В. Воронцов Методы частичного обучения.

<https://www.youtube.com/watch?v=DwA91VHydXU>

<http://www.machinelearning.ru/wiki/images/archive/9/9f/20151223000522%21Voron-ML-SSL.pdf>

К.В.Воронцов Машинное обучение. курс лекций.

[http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное\\_обучение\\_%28курс\\_лекций%2C\\_К.В.Воронцов%29](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное_обучение_%28курс_лекций%2C_К.В.Воронцов%29)