



# РАНХиГС

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



РАНХиГС  
экономический  
факультет

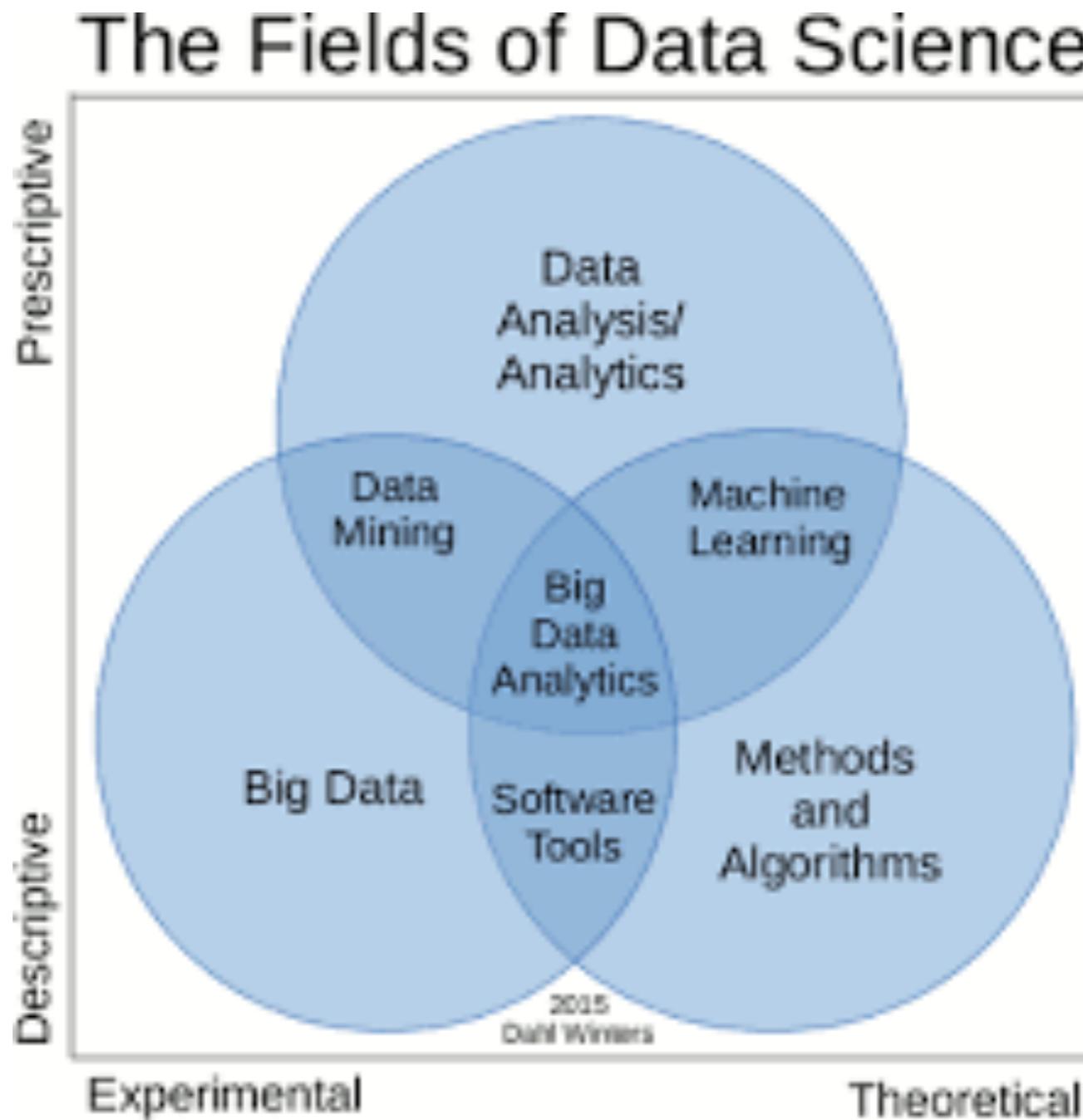


## Введение в машинное обучение (Machine Learning)

проф. кафедры Эконометрики и математической экономики ЭФ  
д.т.н. Шилин Кирилл Юрьевич

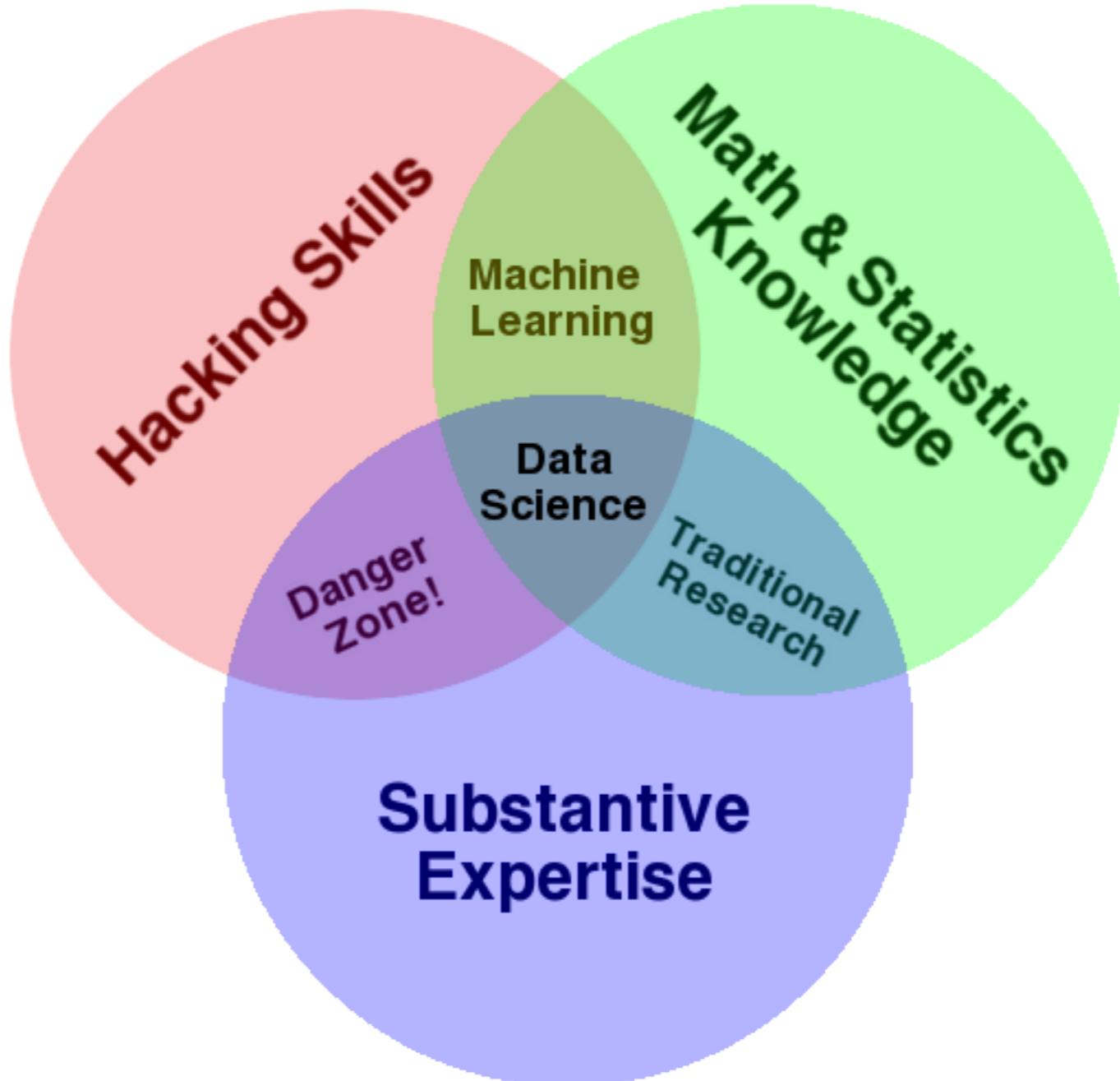
РАНХиГС каб. 419/3  
email: [kshilin@ranepa.ru](mailto:kshilin@ranepa.ru)

# Что такое машинное обучение?





# Что такое машинное обучение?



# Основной перечень задач

**Машинное обучение предназначено для:**

- 1. Классификация (поиск класса объекта)**
- 2. Кластеризация (разделение объектов на классы)**
- 3. Регрессия (влияния независимых переменных на зависимую)**
- 4. Понижение размерности данных (выявление значимых переменных)**
- 5. Восстановление плотности распределения вероятности по набору данных**
- 6. Одноклассовая классификация и выявление новизны**
- 7. Построение ранговых зависимостей**

**Способы машинного обучения:**

- 1. Обучение с учителем**
- 2. Обучение без учителя**
- 3. Обучение с подкреплением**

# Основные алгоритмы



## Обучение с учителем

1. Классификация
2. Регрессия (прогнозирование)

### основные алгоритмы

- Метод k ближайших соседей
- Линейные модели
- Наивные байесовские классификаторы
- Деревья решений
- Ансамбли деревьев решений
- Ядерный метод опорных векторов
- Нейронные сети (глубокое обучение)

## Обучение без учителя

1. Кластеризация
2. Понижение размерности

### основные алгоритмы (1)

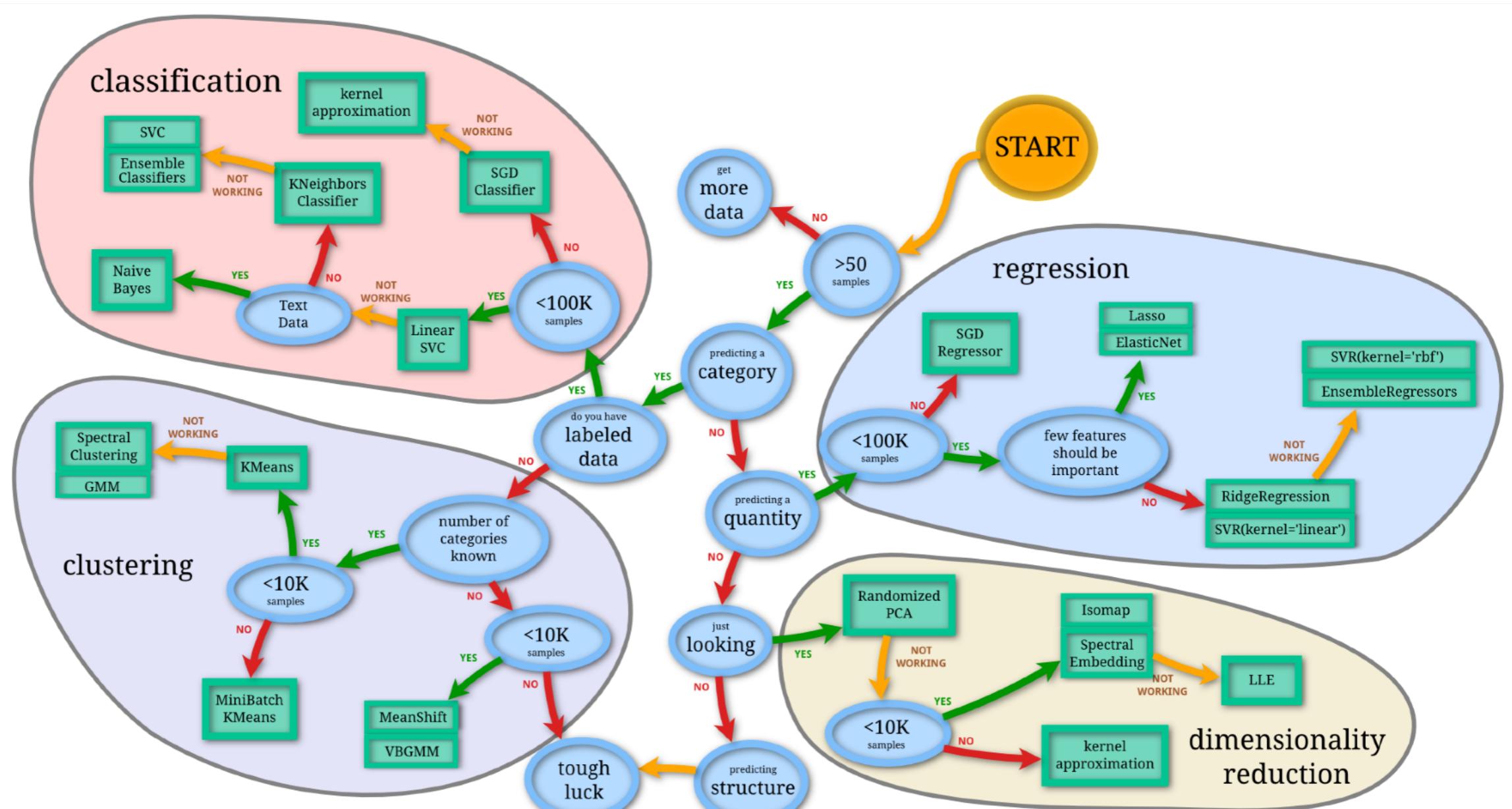
- Кластеризация k-средних
- Агломеративная кластеризация
- DBSCAN

### основные алгоритмы (2)

- Анализ главных компонент (PCA)
- Факторизация неотрицательных матриц (NMF)
- Множественное обучение с помощью алгоритма t-SNE

# Машинное обучение в Python

## Библиотека scikit-learn

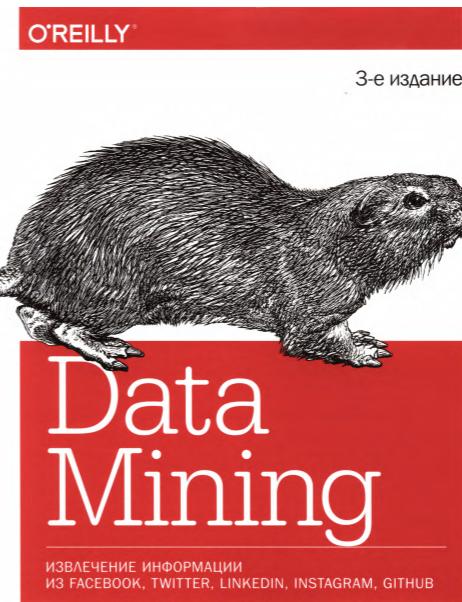


# Что читать и смотреть

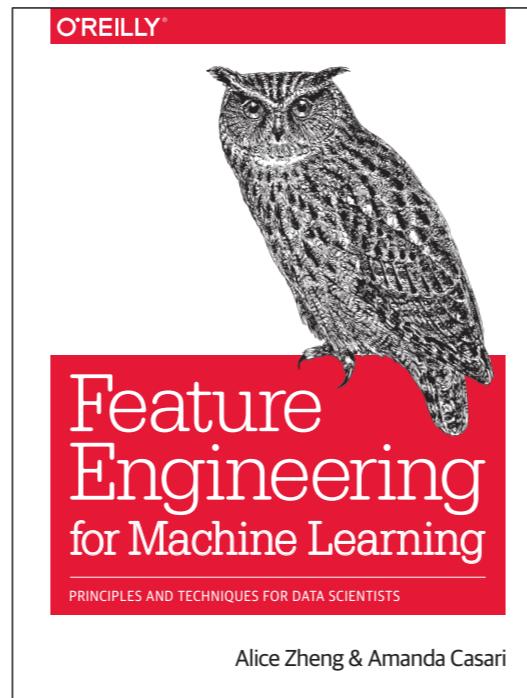
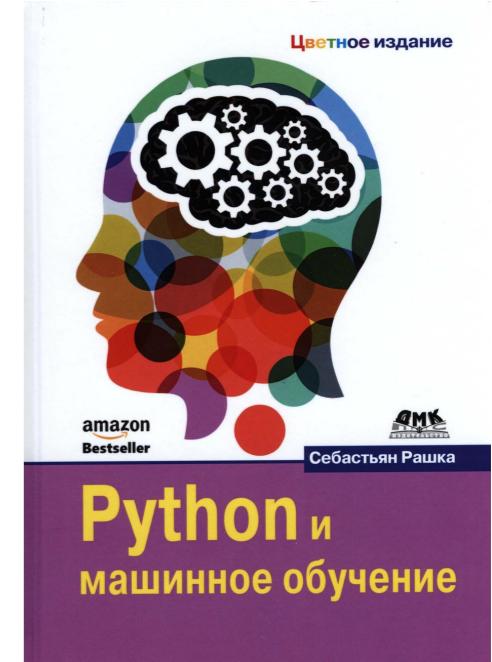


Андреас Мюллер, Сара Гвидо

## Курс лекций Воронцова К.В.



Мэттью Рассел  
Михаил Классен

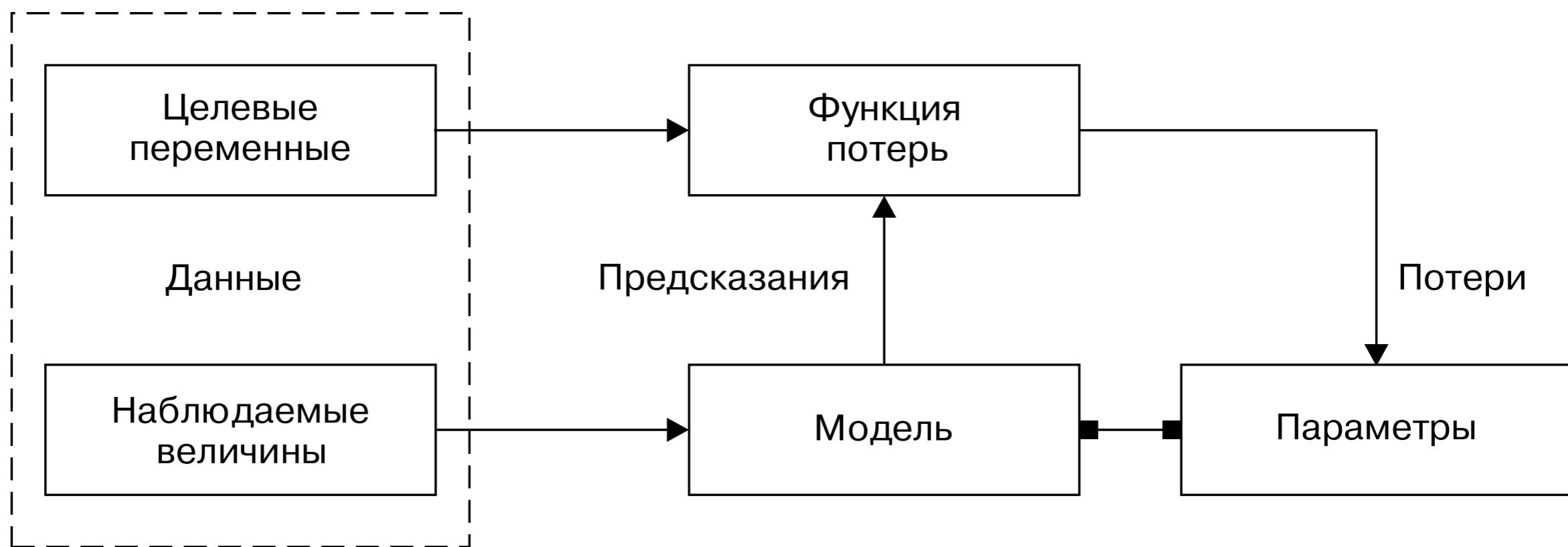




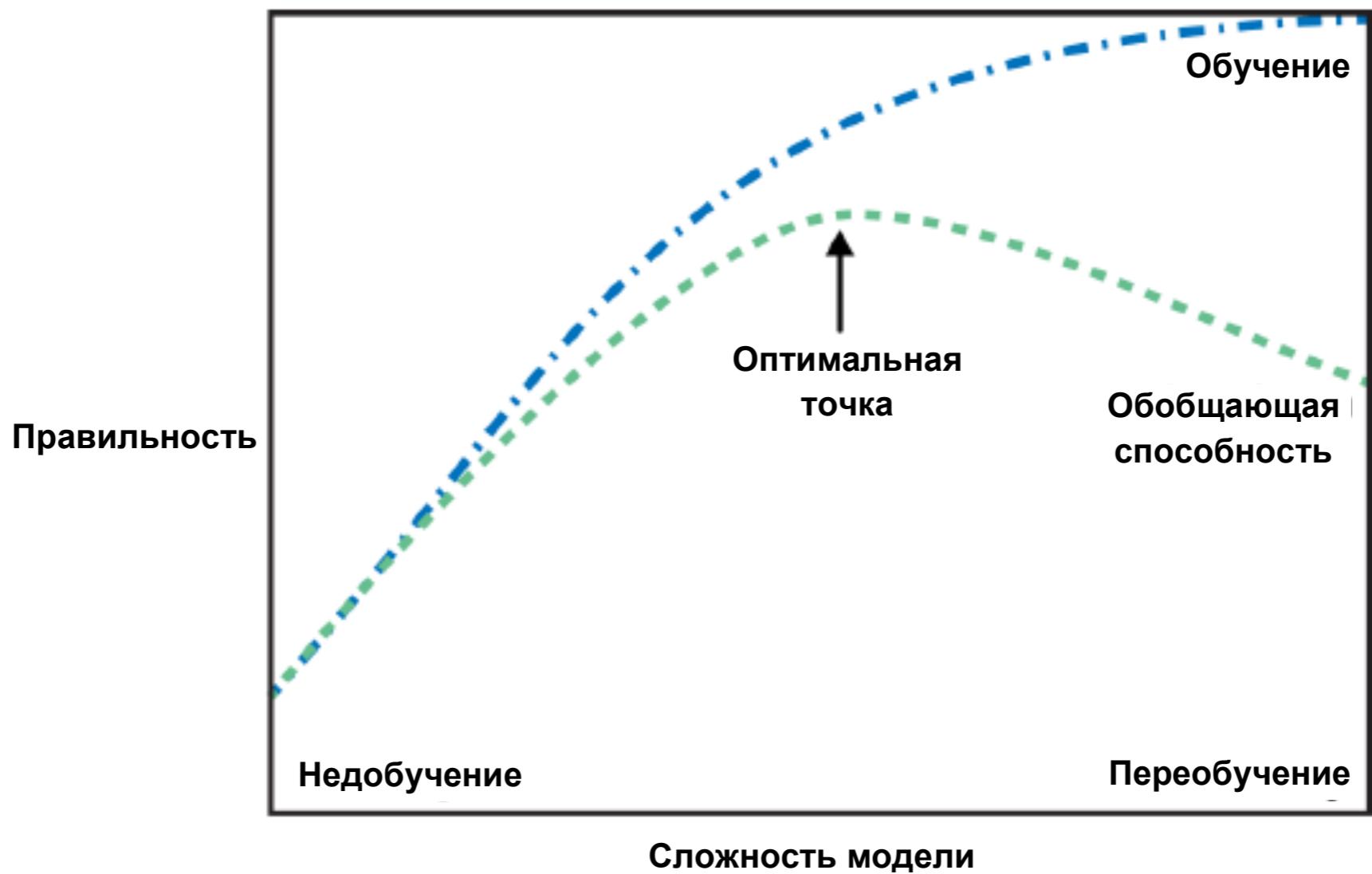
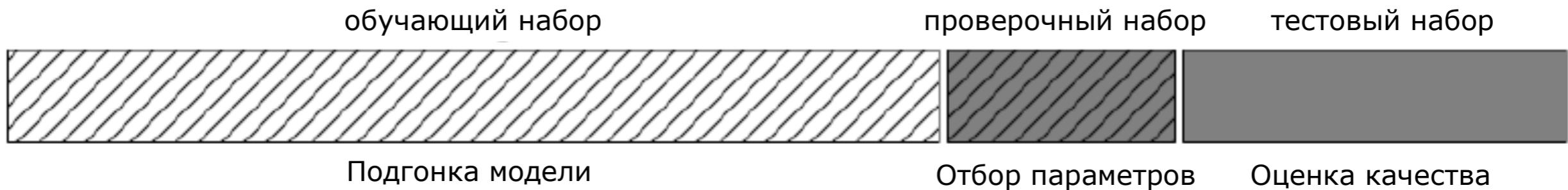
# Машинное обучение в Python

## Построение модели машинного обучения с учителем:

- Этап 1 Подготовка данных (препроцессинг)**
- Этап 2 Подбор алгоритма машинного обучения**
- Этап 3 Оценка качества модели и ее улучшение**

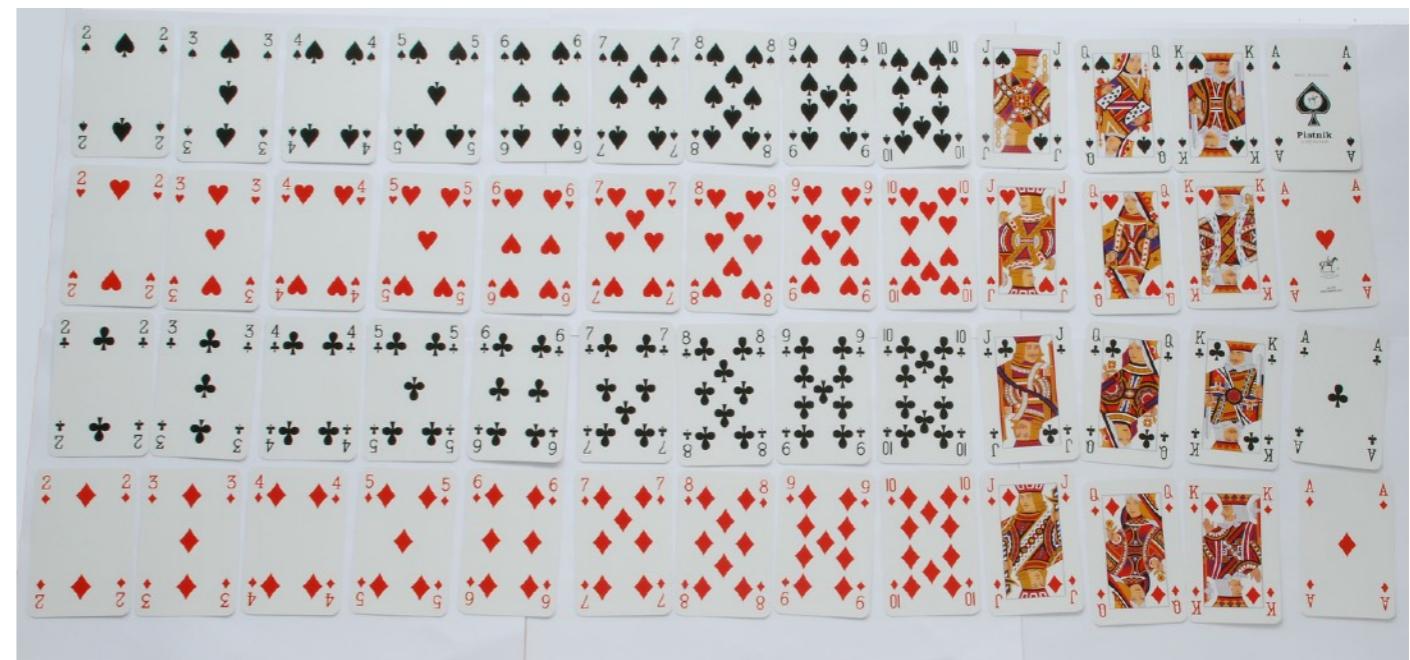
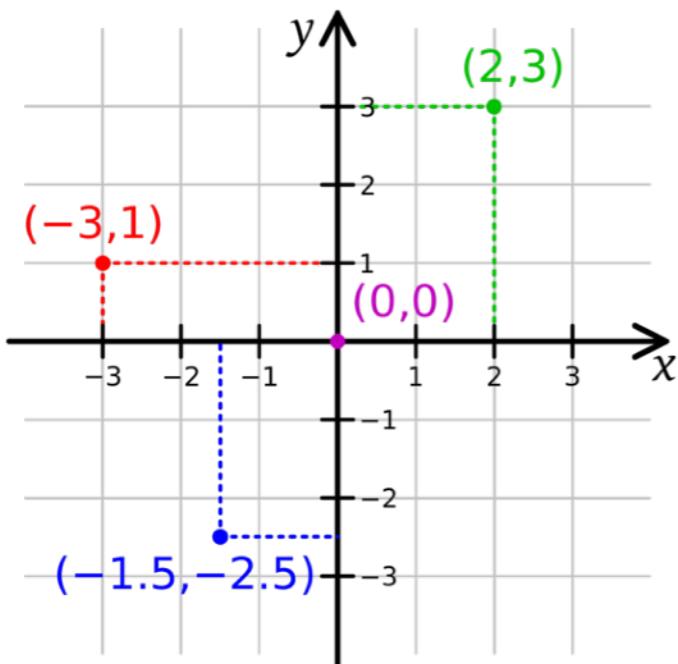


# Обучение с учителем



# Декартово произведение

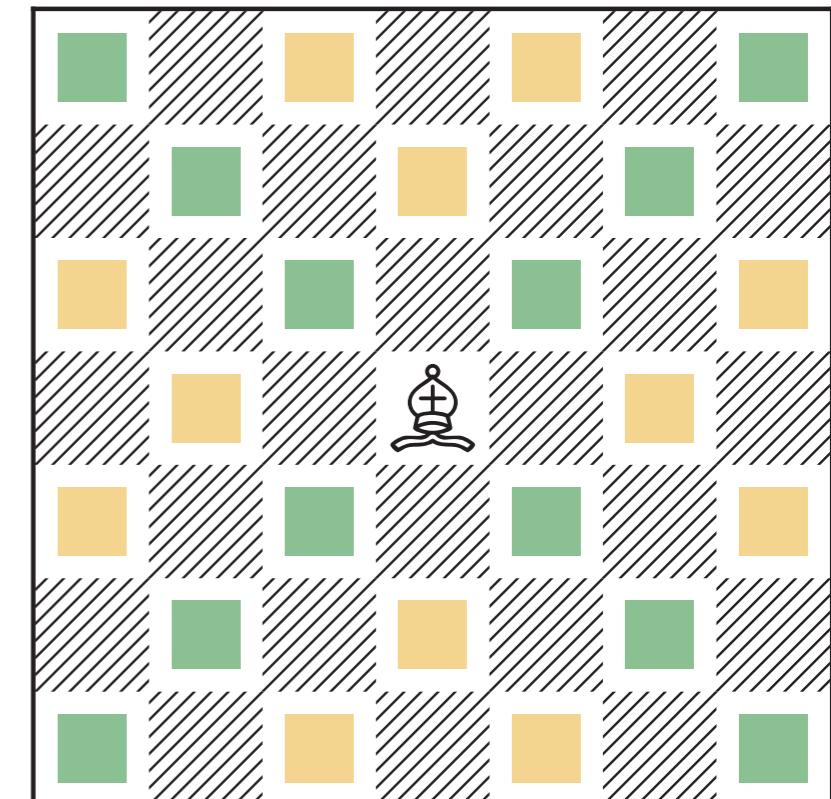
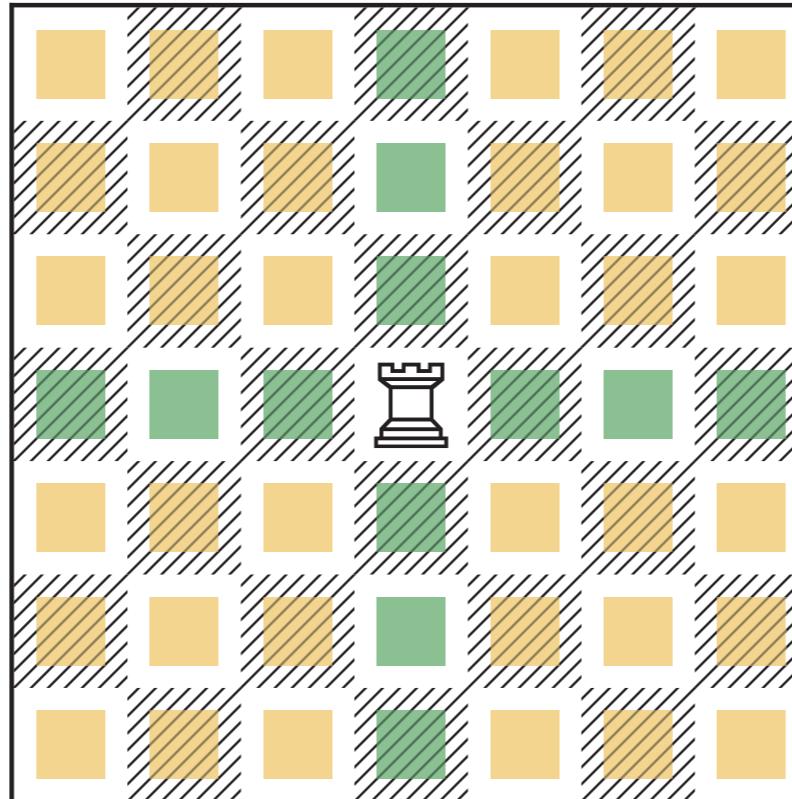
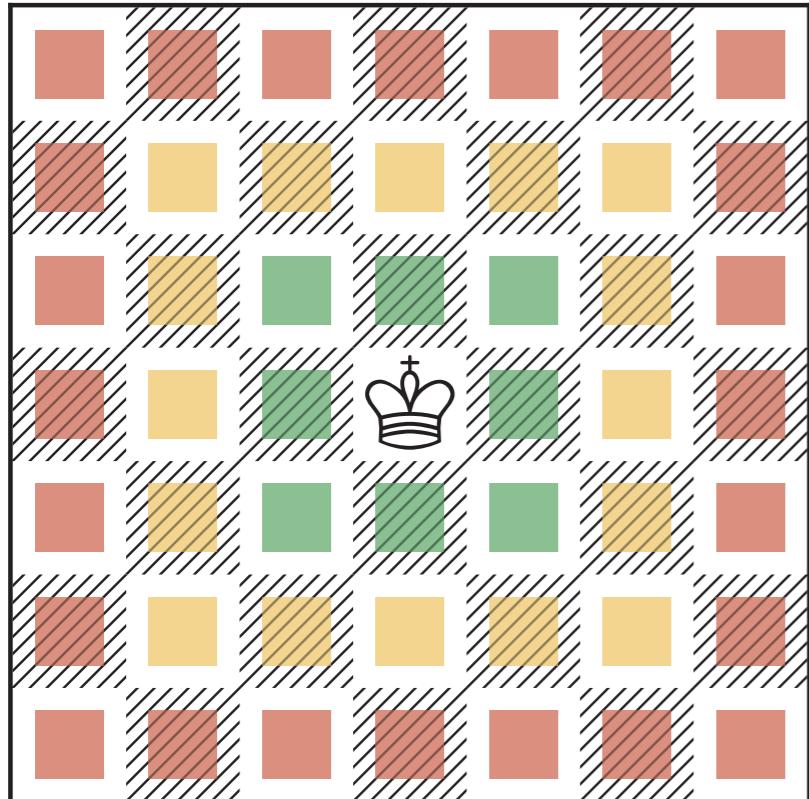
Декартово произведение двух множеств — множество, элементами которого являются все возможные упорядоченные пары элементов исходных множеств



000	001	002	010	011	012	020	021	022
100	101	102	110	111	112	120	121	122
200	201	202	210	211	212	220	221	222

$\{0, 1, 2\}^3, 3^3 = 27$  элементов

# Шахматы





# Метрическое пространство

Метрическое пространство есть пара  $(X, d)$ , где  $X$  – множество, а  $d$  – числовая функция, которая определена на декартовом произведении  $X \times X$ , принимает значения в множестве неотрицательных вещественных чисел, и такова, что

1.  $d(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$  (аксиома тождества).
2.  $d(x, y) = d(y, x)$  (аксиома симметрии).
3.  $d(x, z) \leq d(x, y) + d(y, z)$  (аксиома треугольника или неравенство треугольника).

При этом

- множество  $X$  называется подлежащим множеством метрического пространства.
- элементы множества  $X$  называются точками метрического пространства.
- функция  $d$  называется метрикой.

Расстояние Минковского порядка  $p$  между двумя точками определяется как:

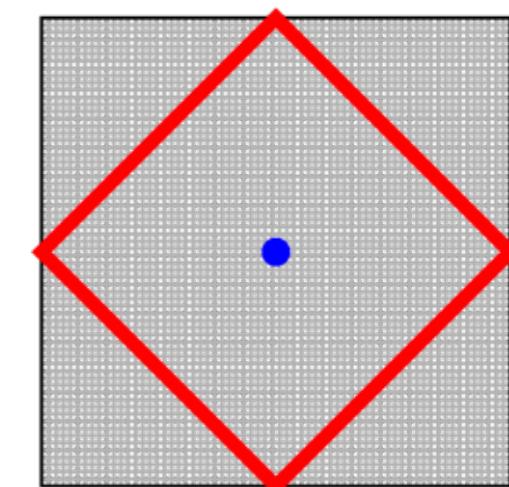
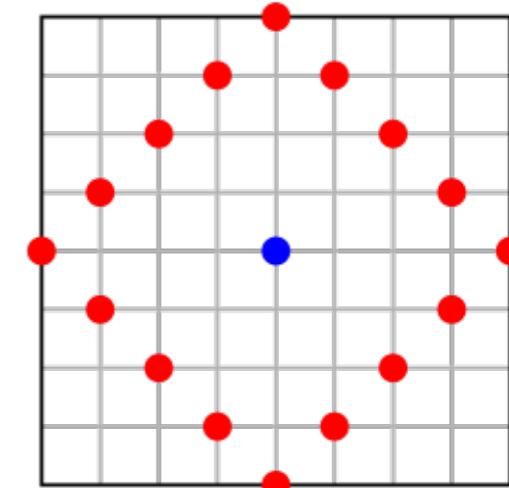
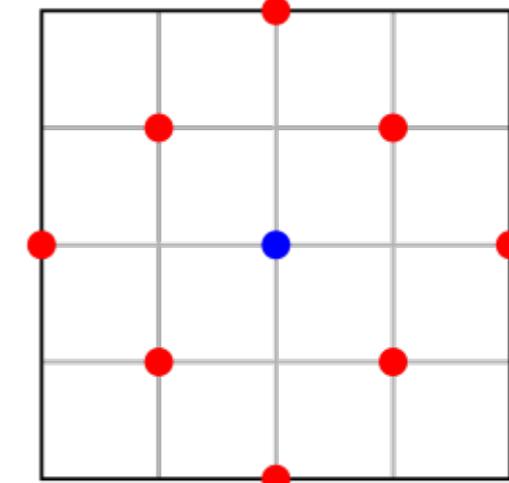
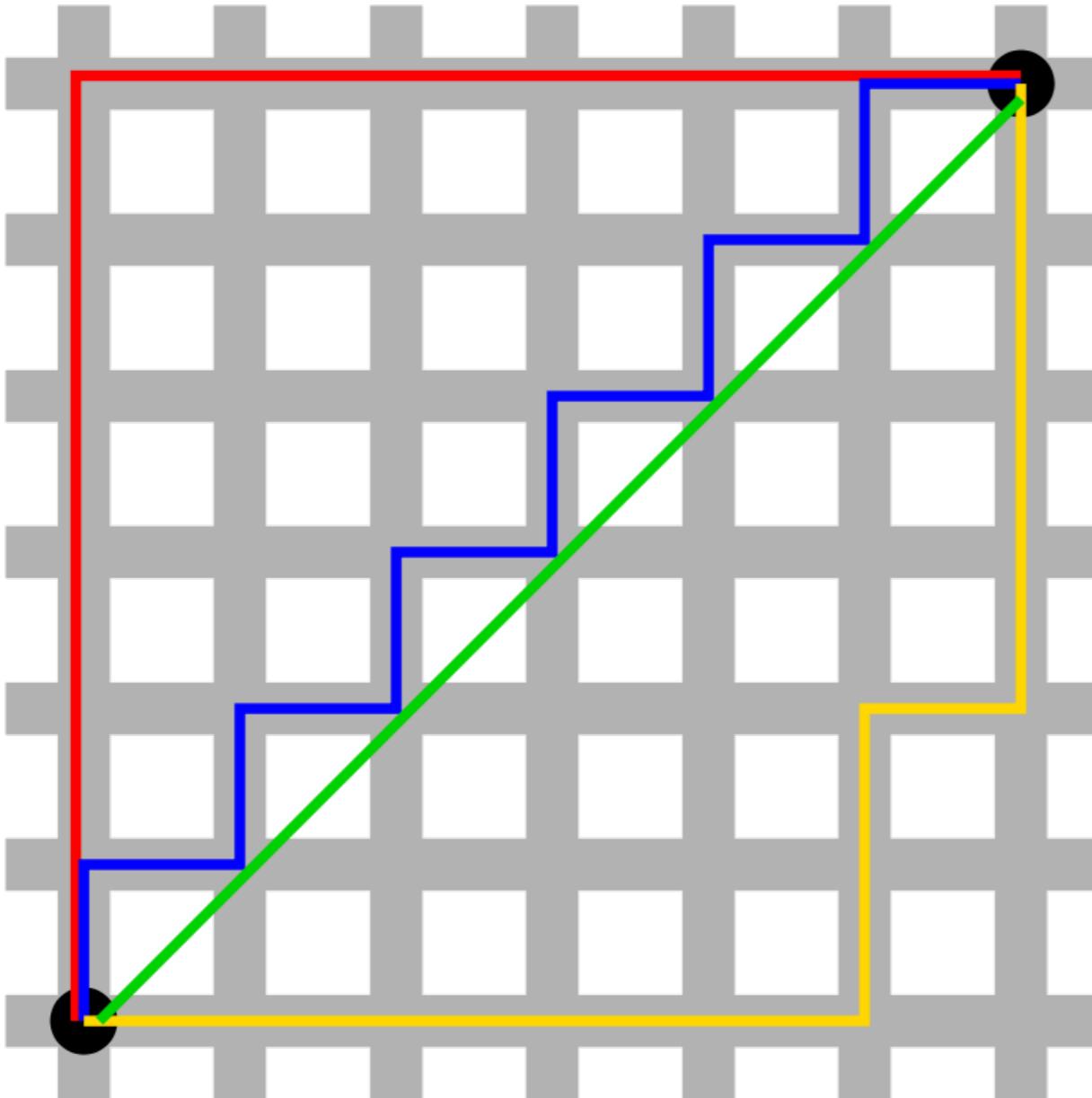
$$\rho(x, y) = \left( \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p \right)^{1/p}.$$

Для  $p \geq 1$  расстояние Минковского является метрикой вследствие неравенства Минковского.

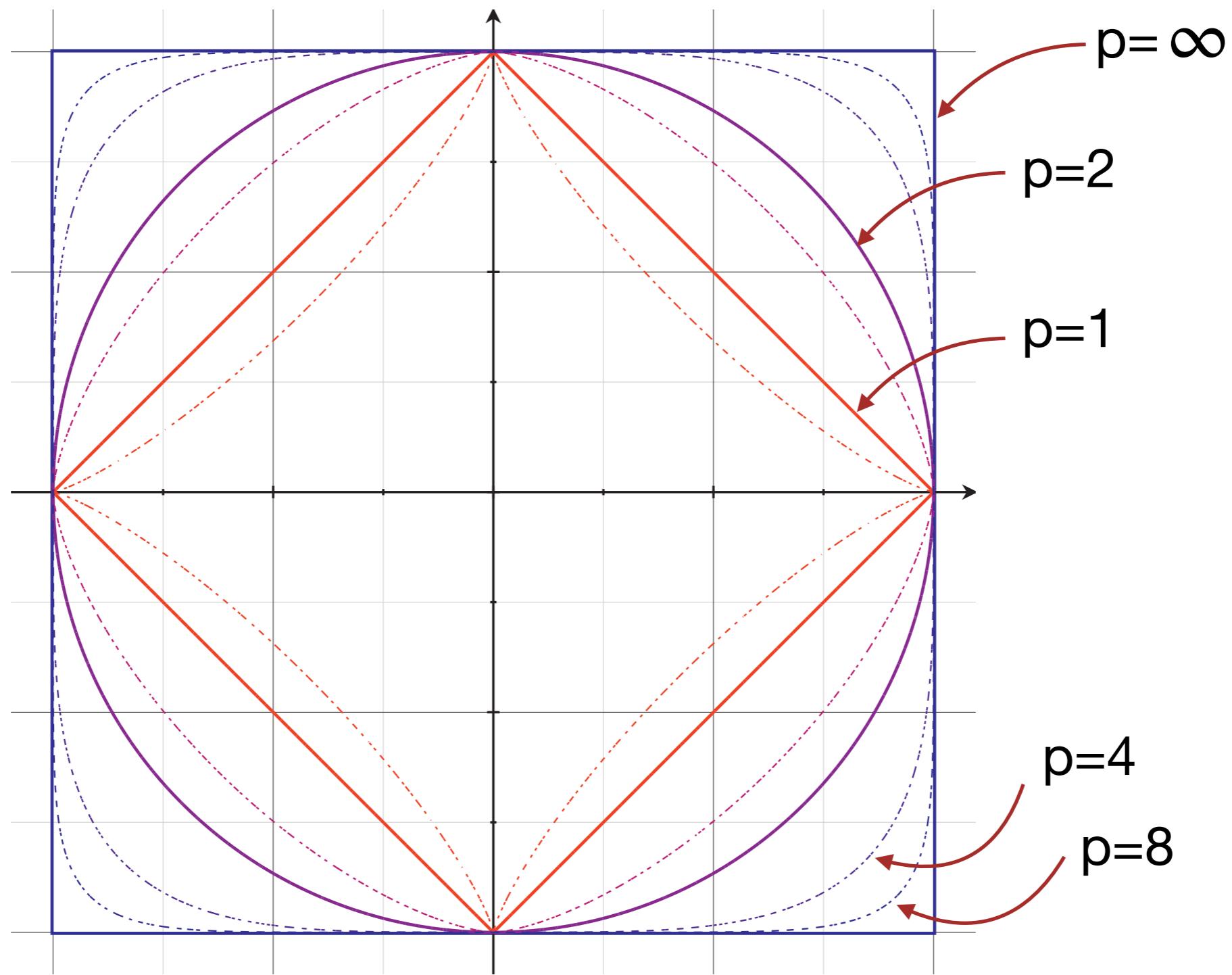
Для  $p < 1$  расстояние не является метрикой, поскольку нарушается неравенство треугольника.

При  $p = \infty$  метрика обращается в расстояние Чебышёва.

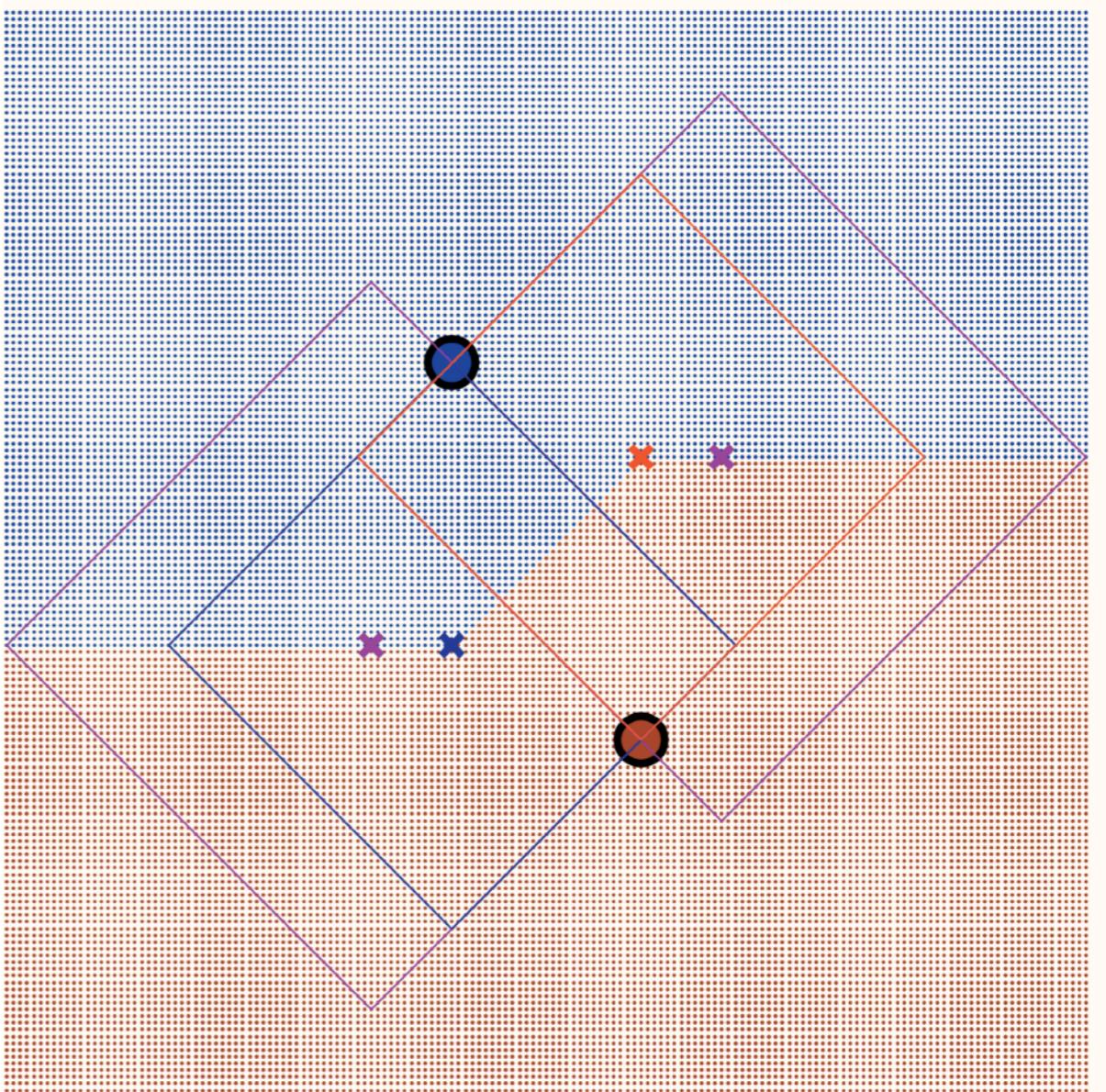
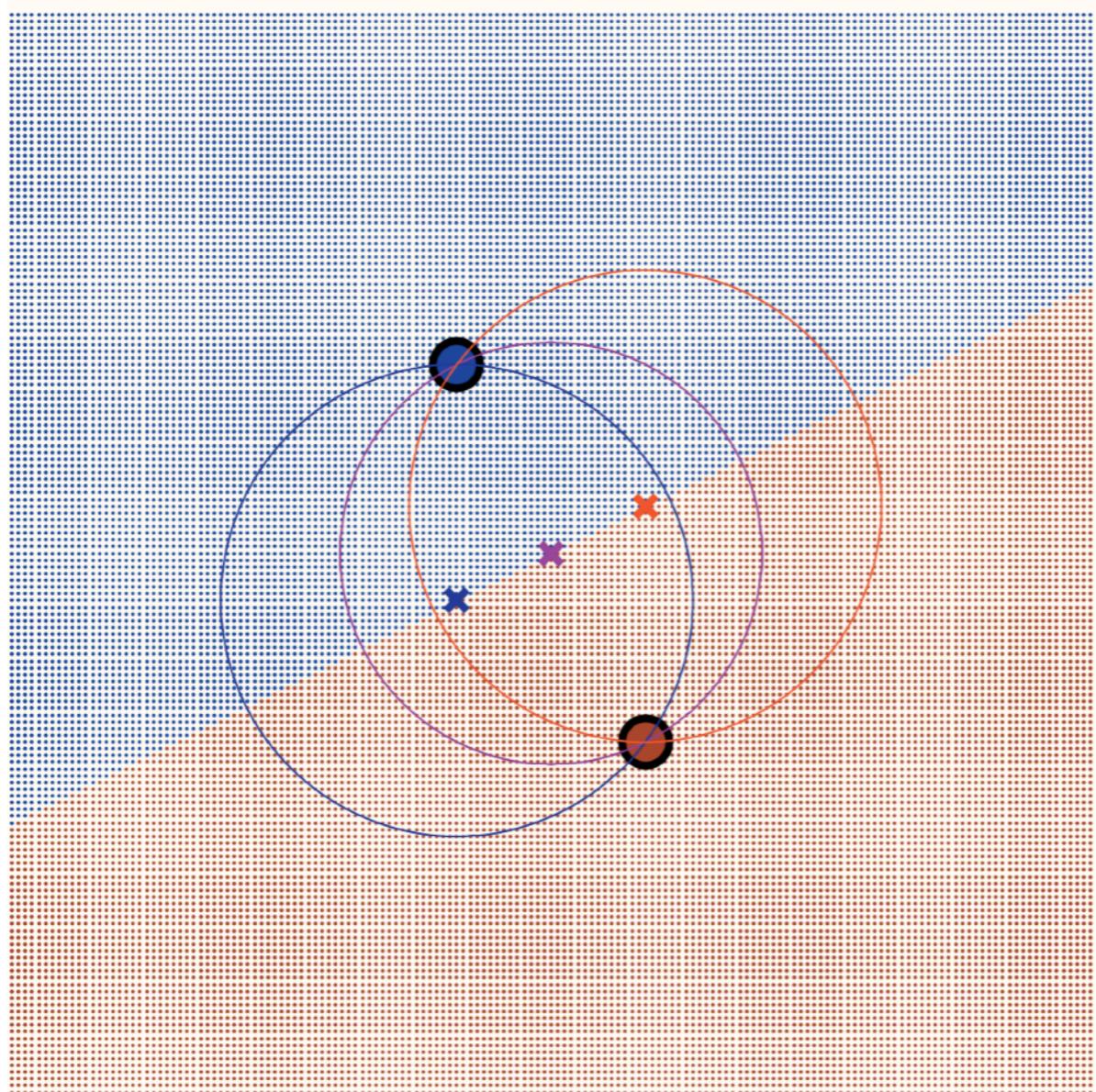
# Манхэттенское расстояние



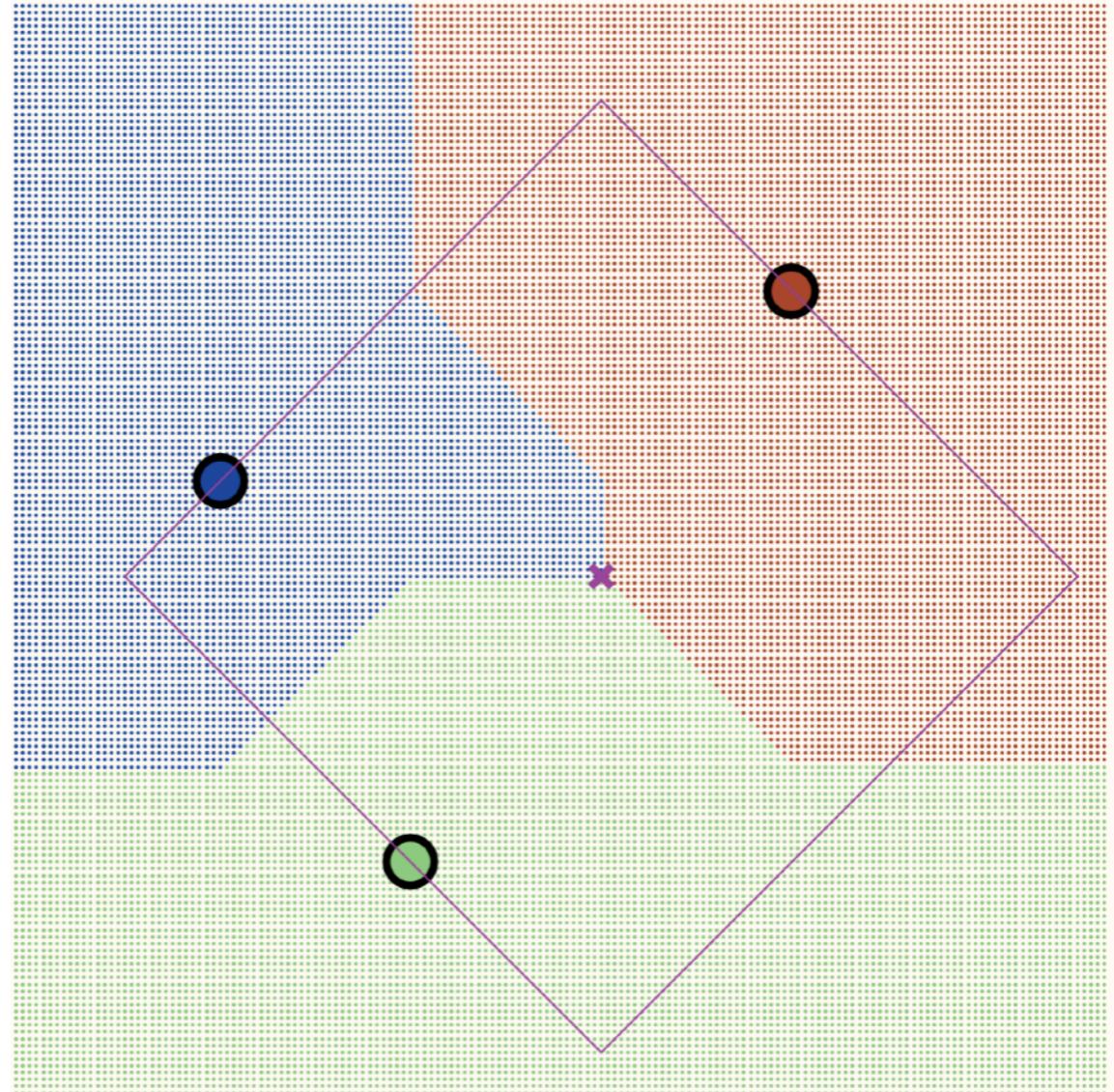
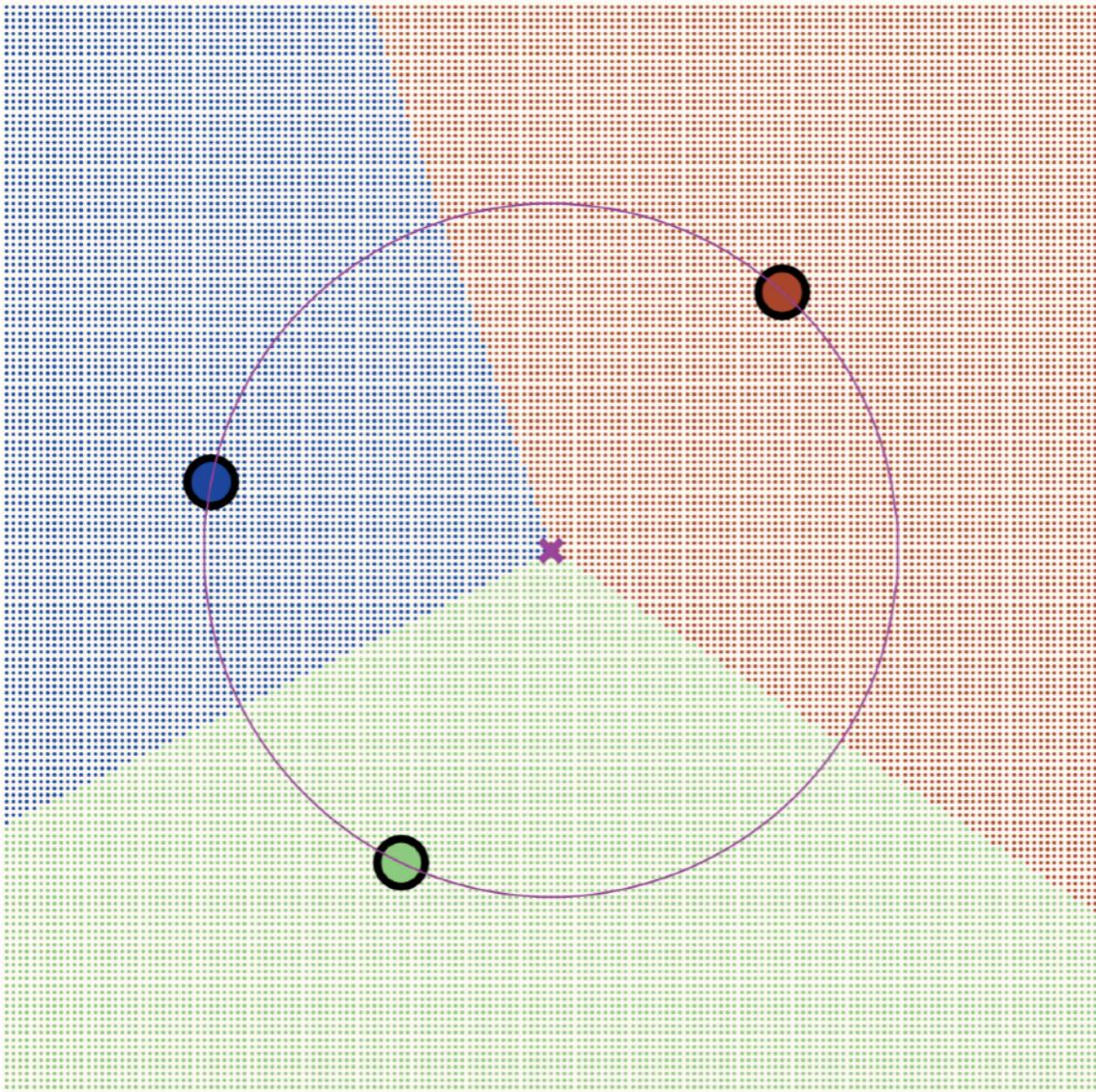
# Расстояние Миньковского



# Решающая граница

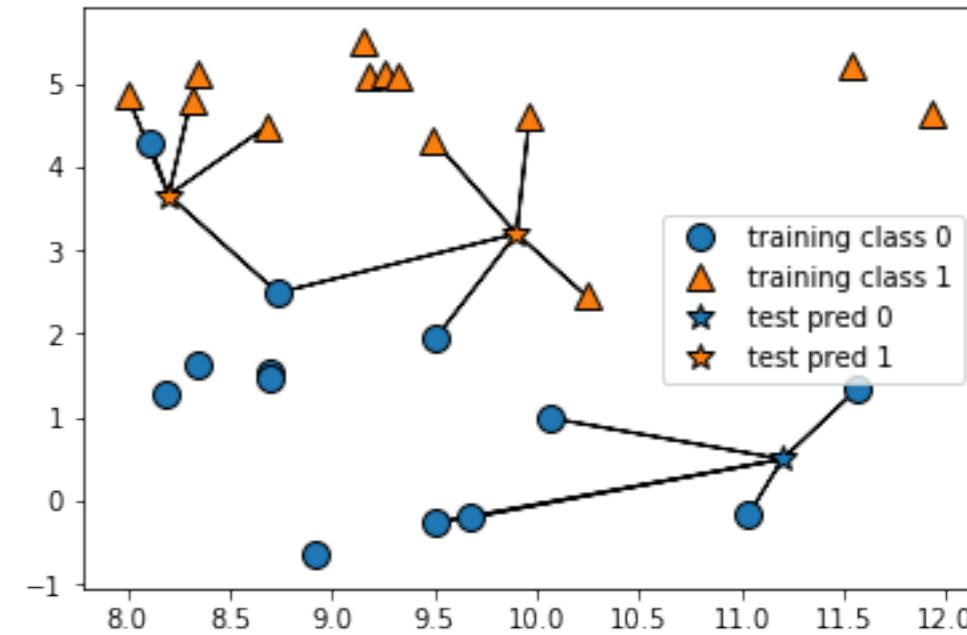
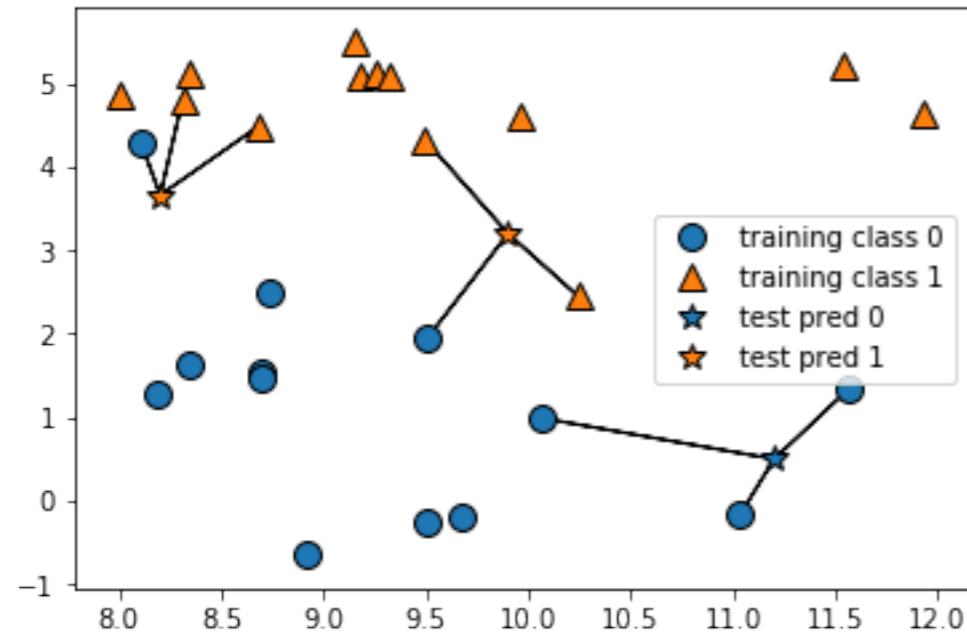
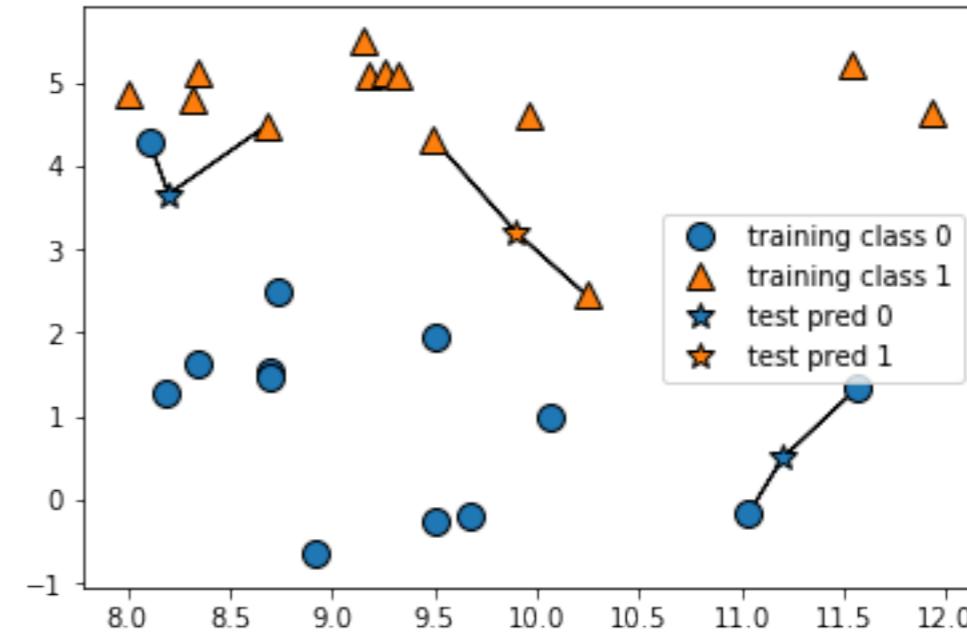
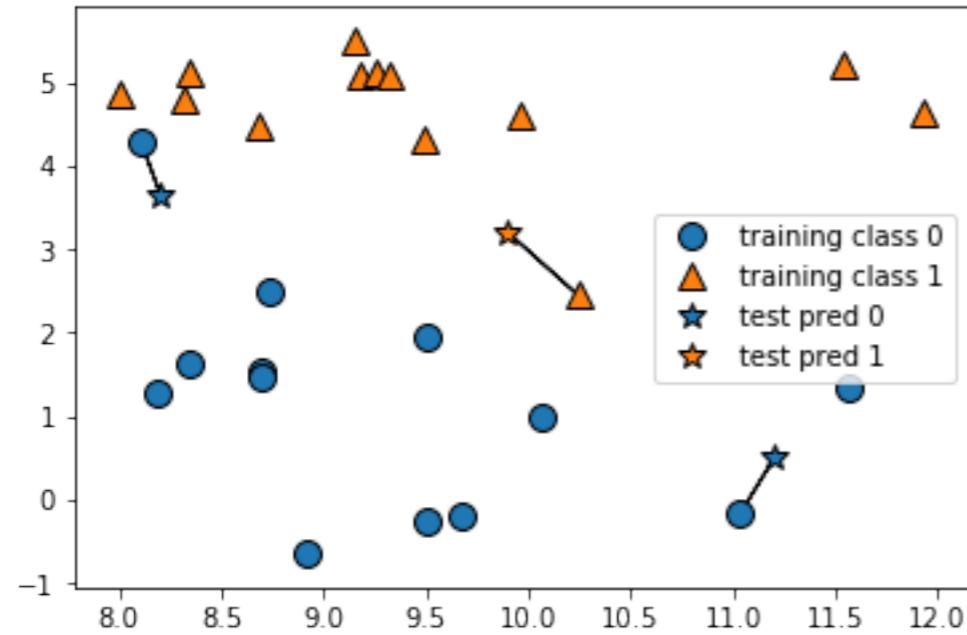


# Решающая граница

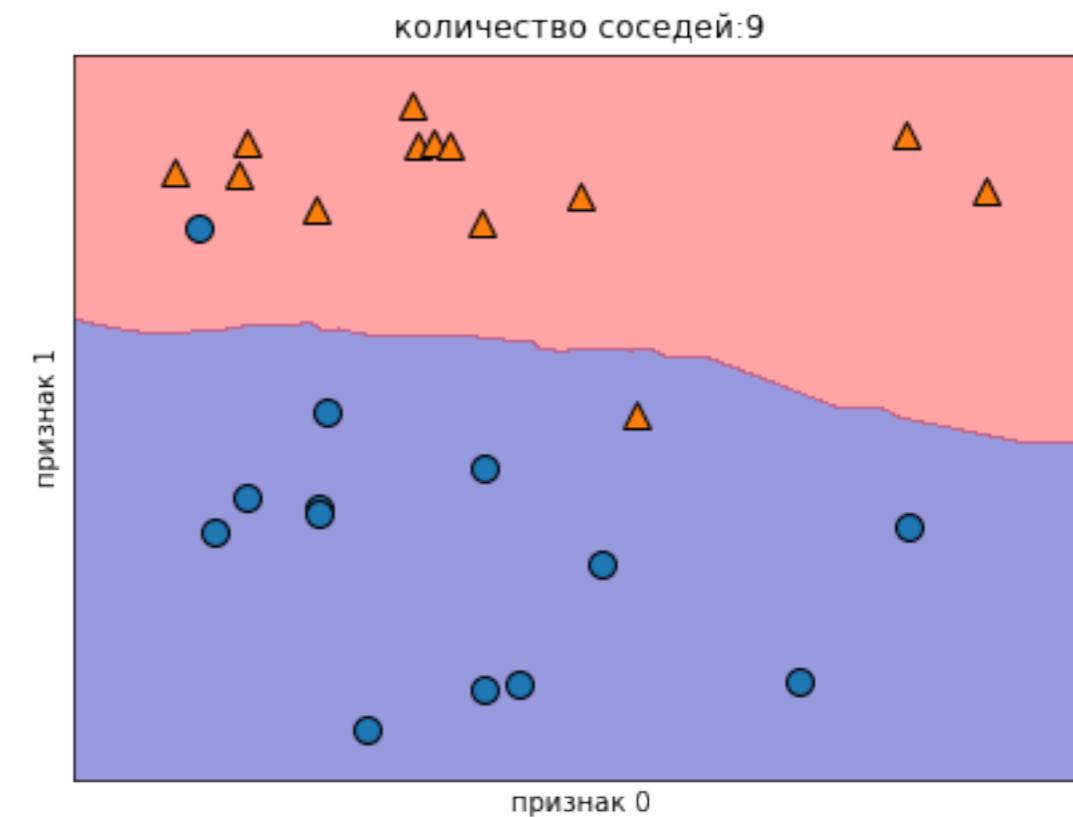
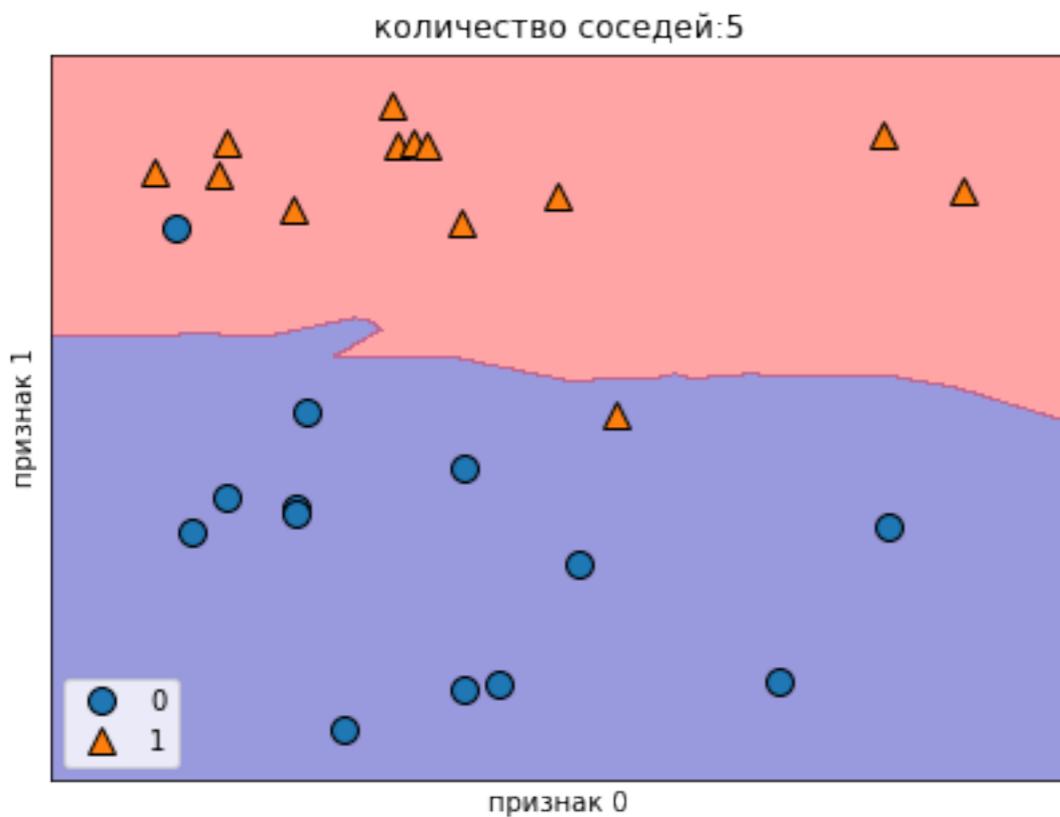
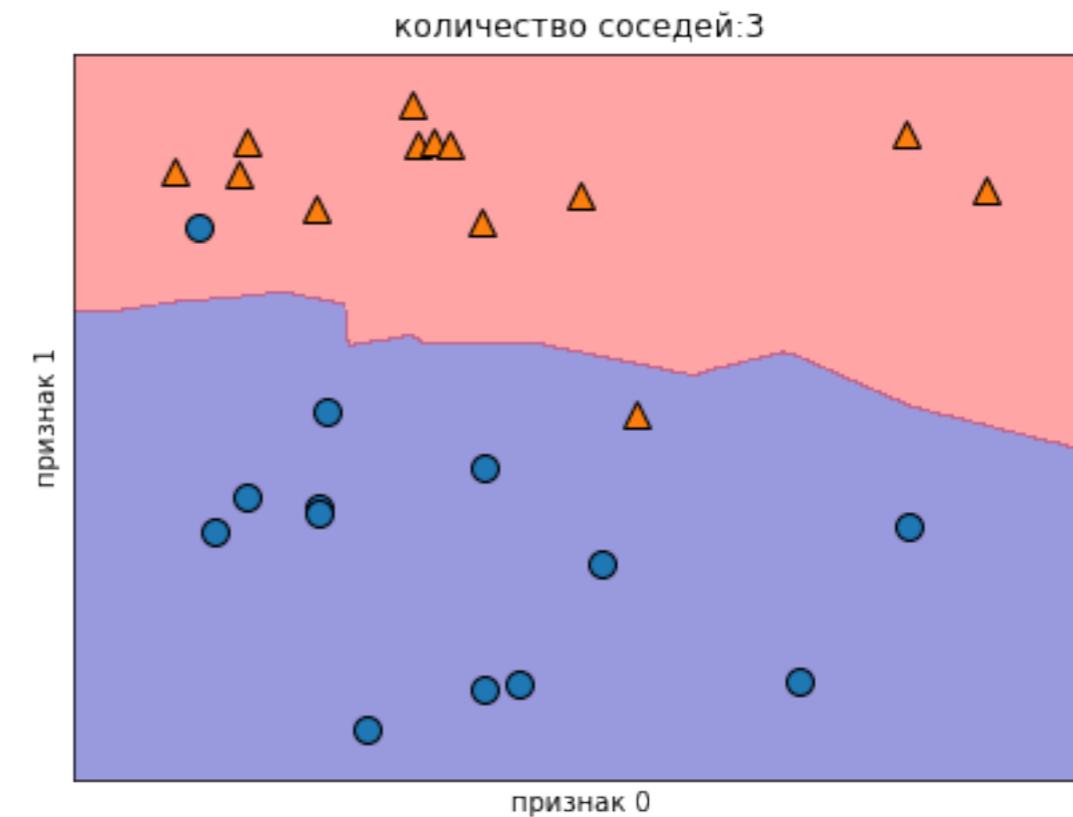
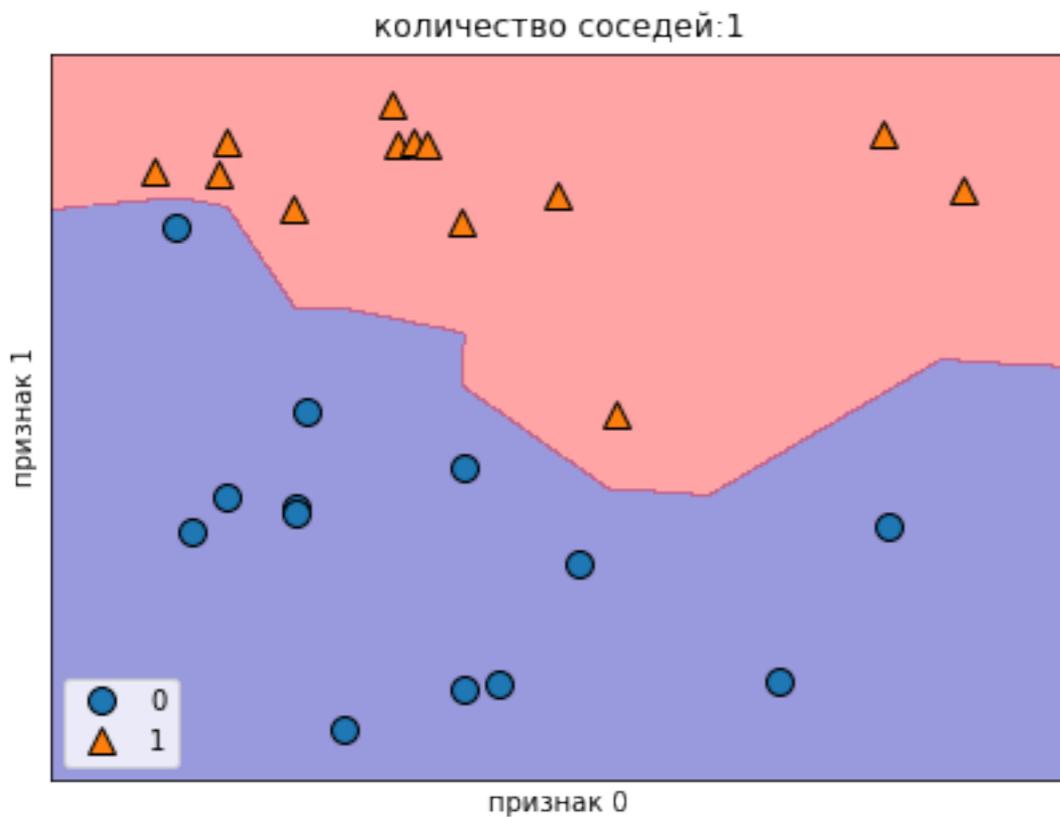


# Алгоритм к ближайших соседей

## Классификация



# Классификация k-NN



# Датасет (Dataset) ирисы Фишера

Набор данных «Ирисы Фишера» состоит из данных о 150 экземплярах ириса, по 50 экземпляров из трёх видов — Ирис щетинистый (*Iris setosa*), Ирис виргинский (*Iris virginica*) и Ирис разноцветный (*Iris versicolor*).

Для каждого экземпляра измерялись четыре характеристики (в сантиметрах):

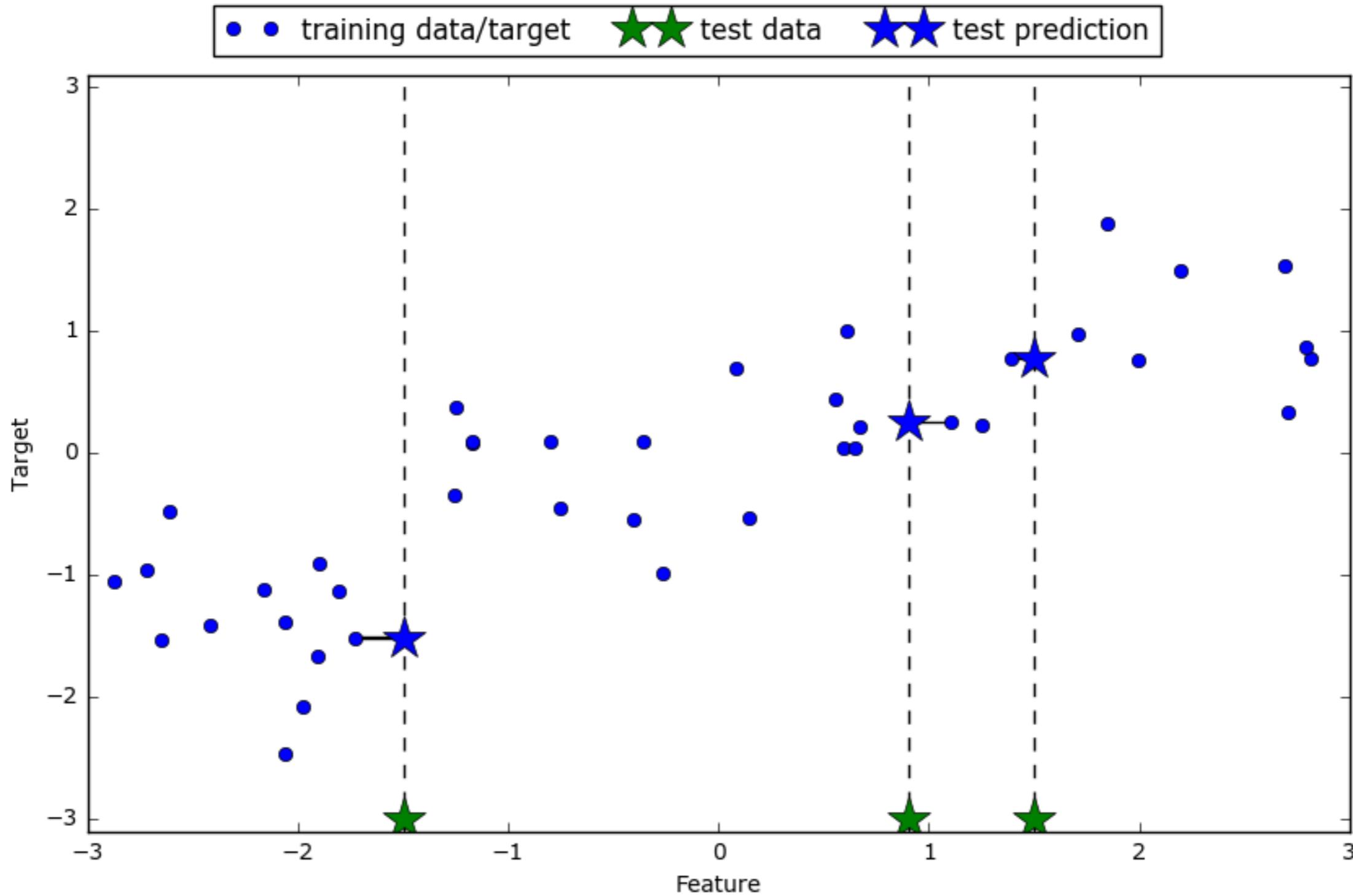


- Длина лепестка (англ. sepal length);
- Ширина лепестка (англ. sepal width);
- Длина чашелистика (англ. petal length);
- Ширина чашелистика (англ. petal width).

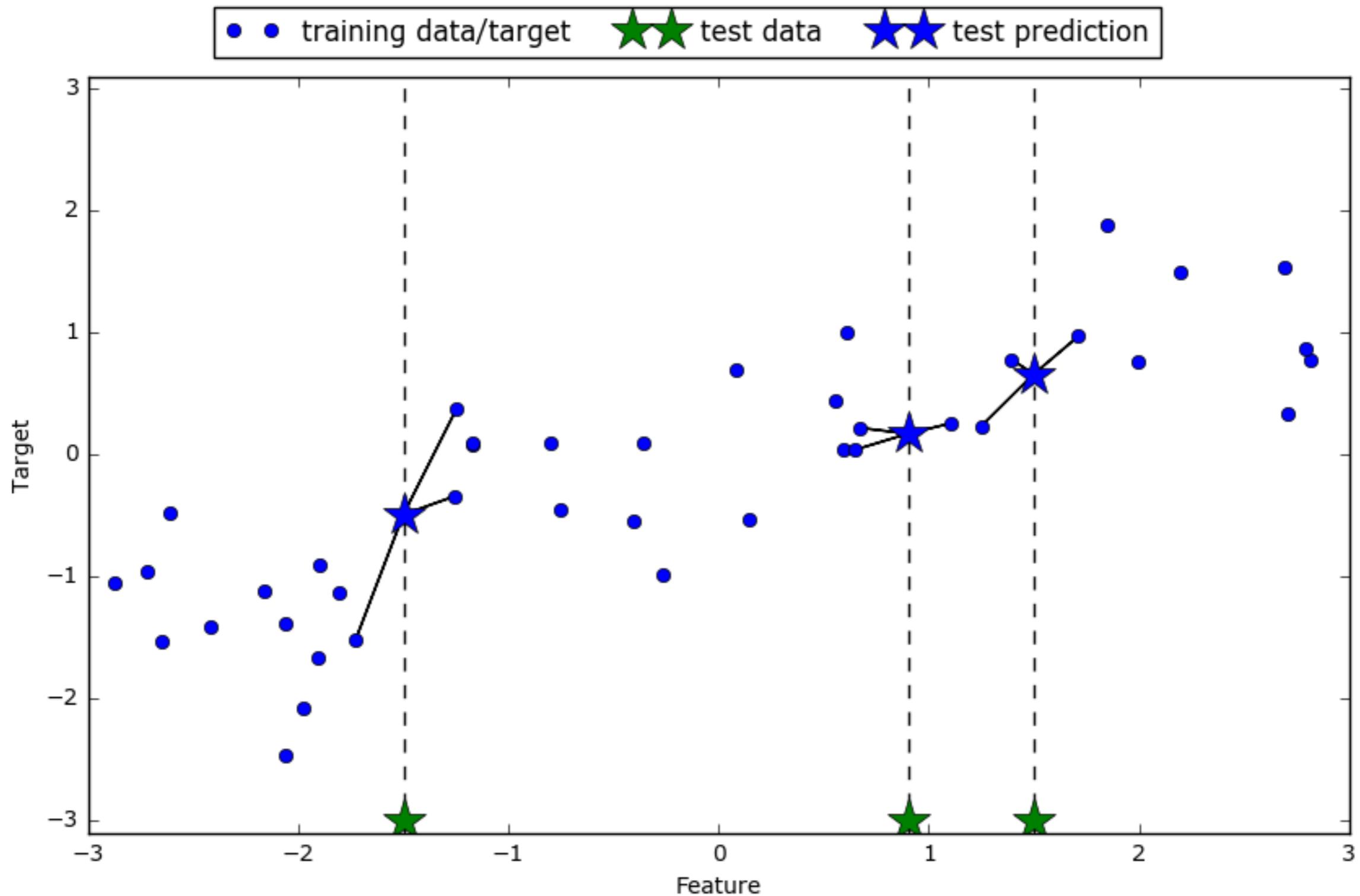
На основании этого набора данных требуется построить правило классификации, определяющее вид растения по данным измерений. Это задача многоклассовой классификации, так как имеется три класса — три вида ириса.

# Алгоритм k ближайших соседей

# Регрессия



# Регрессия k-NN



# Датасет Boston Housing

Задача, связанная с этим набором данных, заключается в том, чтобы спрогнозировать медианную стоимость домов в нескольких районах Бостона в 1970-е годы на основе такой информации, как уровень преступности, близость к Charles River, удаленность от радиальных магистралей и т.д. Набор данных содержит 506 точек данных и 13 признаков.

CRIM - уровень преступности на душу населения

ZN - доля жилой застройки для участков более 25 000 кв. футов

INDUS - доля не розничной торговли в районе

CHAS - вид на реку Charles River ( 1 - есть вид, 0 - нет вида)

NOX - концентрация оксидов азота (частей на 10 миллионов)

RM - среднее количество комнат в доме

AGE - доля построек на участке, построенных до 1940 г.

DIS - взвешенное расстояние до пяти бостонских центров занятости

RAD - индекс доступности радиальных магистралей

TAX - налоговая ставка на имущество на 10 000\$

PTRATIO - ученики/учителя

B -  $1000(Bk-0.63)^2$ , Bk - доля чернокожего населения в районе

LSAT - % населения с низким уровнем доходов

предсказываем MEDV - среднее стоимость домов в 1000\$



# Алгоритм k ближайших соседей

Важные параметры:

1. количество соседей (n\_neighbors)
2. мера расстояния между точками данных (metric) см. `sklearn.neighbors.DistanceMetric`

Достоинства:

1. Самый легко объясняемый алгоритм
2. Хорошо работает с небольшим количеством признаков
3. Необходимо предварительная обработка (проблема разнородных данных)

Недостатки:

1. Плохо работает при 100 и более признаков
2. Особенно плохо работает, если подавляющее большинство признаков равно нулю (проблема разряженных данных)

Вывод: несмотря на то что алгоритм ближайших соседей легко интерпретировать, на практике он не часто используется из-за скорости вычислений и его неспособности обрабатывать большое количество признаков.