

# Введение в машинное обучение

Лекция 1

# План лекции

- Литература
- Основные понятия
- Схема машинного обучения
- Виды признаков
- Геометрическая интерпретация
- Задачи машинного обучения
- Оценка качества

# Литература

- Флах П. Машинное обучение. М: ДМК Пресс, 2015
- Рашка С. Python и машинное обучение. М: ДМК Пресс, 2017
- Элбон К. Машинное обучение с использованием Python. 2019
- Соколов Е. Курс по машинному обучению
  - <https://github.com/esokolov/ml-course-hse/tree/master>
- Воронцов К. Математические методы обучения по прецедентам
  - [www.machinelearning.ru](http://www.machinelearning.ru)
- Дьяконов А. Машинное обучение и анализ данных
  - [https://github.com/Dyakonov/MLDM\\_BOOK](https://github.com/Dyakonov/MLDM_BOOK)
- Котельников Е., Котельникова А. Введение в машинное обучение и анализ данных. 2023

# Литература

- Mitchell T.M. Machine Learning. McGraw-Hill, 1997
- Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006
- James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R., Taylor J. An Introduction to Statistical Learning. 2<sup>nd</sup> ed. Springer, 2023
- Mohri M., Rostamizadeh A., Talwalkar A. Foundations of machine learning. 2<sup>nd</sup> ed. The MIT Press, 2018
- Forsyth D. Applied Machine Learning. Springer, 2019
- Lindholm A. et al. Machine Learning. A First Course for Engineers and Scientists. Cambridge University Press, 2022
- Murphy K.P. Probabilistic Machine Learning. The MIT Press, 2022

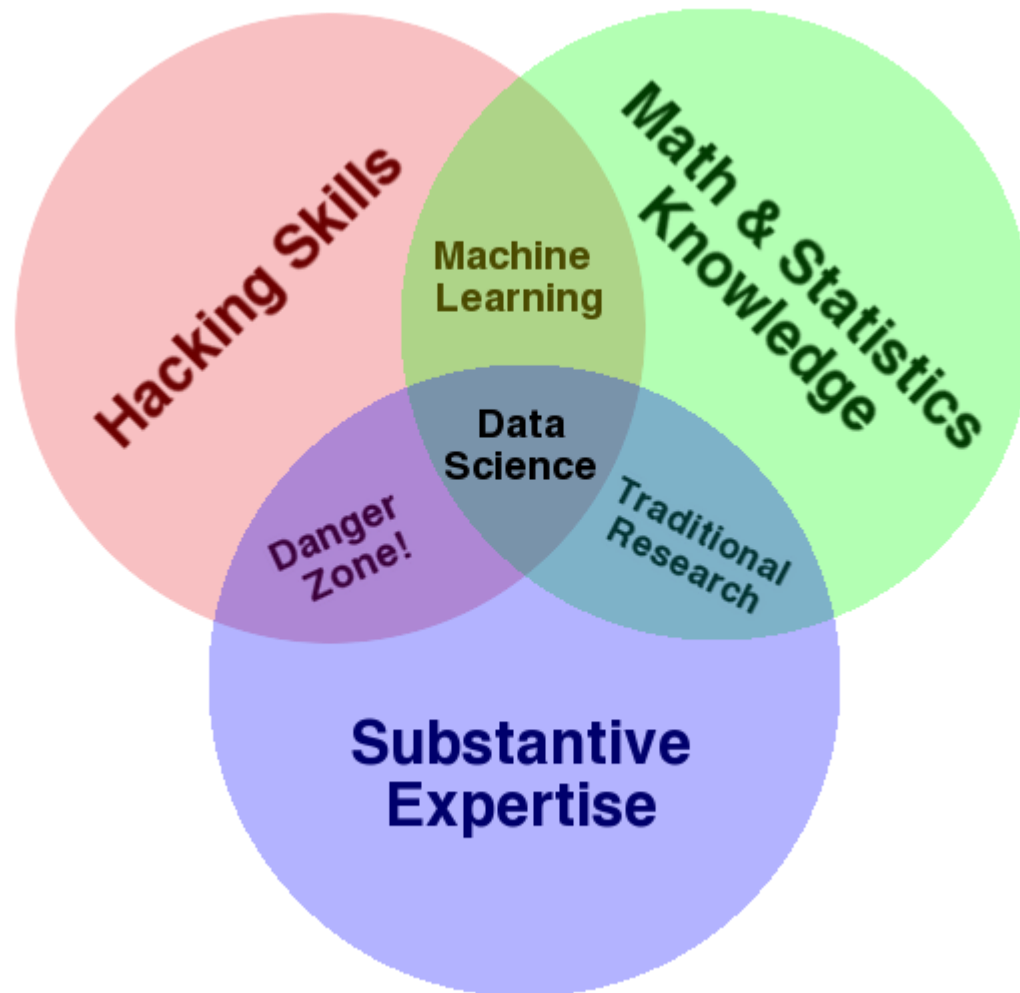
# Основные понятия

- Машинное обучение (Machine Learning, ML) – научная дисциплина, изучающая методы построения моделей, способных обучаться, и алгоритмов для их построения и обучения
  - Артур Самуэль, 1959 год: Checkers-playing
- A computer program is said to learn from experience  $E$  with respect to some classes of task  $T$  and performance measure  $P$  if its performance can improve with  $E$  on  $T$  measured by  $P$  [Mitchell, 1997, p. 2]

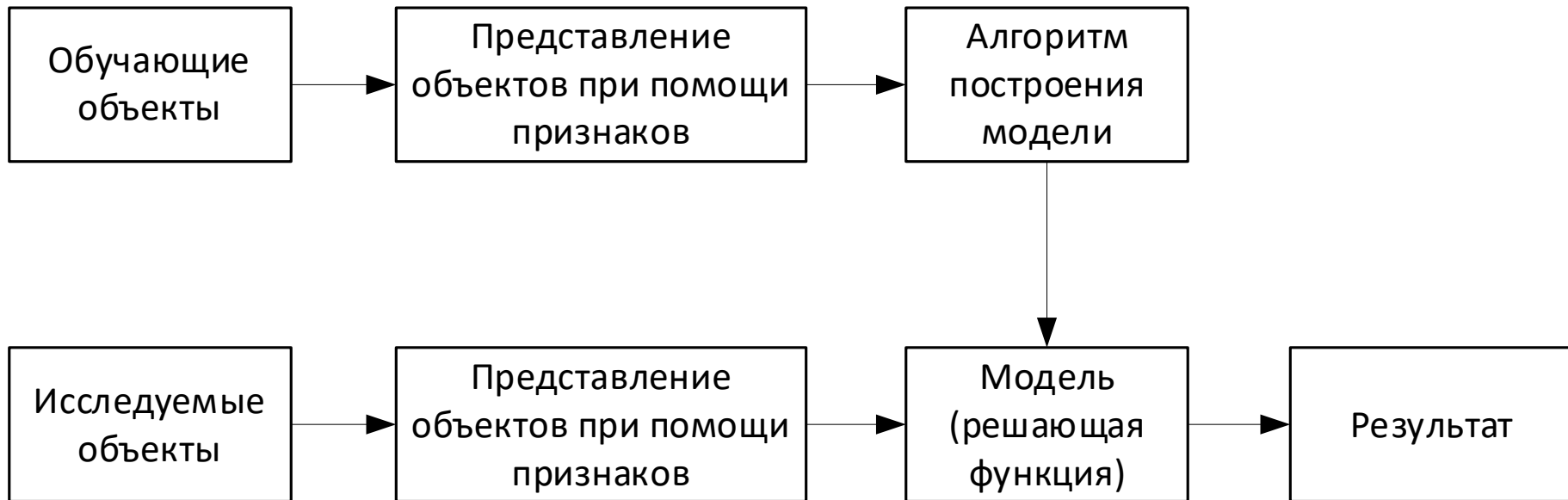
# Основные понятия

- Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) – это процесс обнаружения в сырых данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных, доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности
  - Григорий Пятецкий-Шапиро, 1989 год
- Большие данные (Big Data) – совокупности данных с возможным экспоненциальным ростом, которые слишком велики, слишком не форматированы или слишком не структурированы для анализа традиционными методами
  - Клиффорд Линч, 2008 год
  - VVV = Volume, Velocity, Variety

# Основные понятия



# Схема машинного обучения





# Термины

- Пространство объектов  $\mathbb{X}$
- Целевая переменная  $y$  (target)
- Пространство ответов  $\mathbb{Y}$ :  $y \in \mathbb{Y}$
- Обучающая выборка (training set):

$$X = \{(\vec{x}_1, y_1), \dots, (\vec{x}_l, y_l)\}$$

- Тестовая (контрольная) выборка (test set)
- Признак (feature):

$$f: \mathbb{X} \rightarrow D_f$$

# Термины

- Признаковое описание объекта:

$$\vec{x}_i = (x_{i1}, \dots, x_{id})$$

- Матрица «объект-признак»:

$$X \in \mathbb{R}^{l \times d}, \quad X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1d} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{l1} & \dots & x_{ld} \end{bmatrix}$$

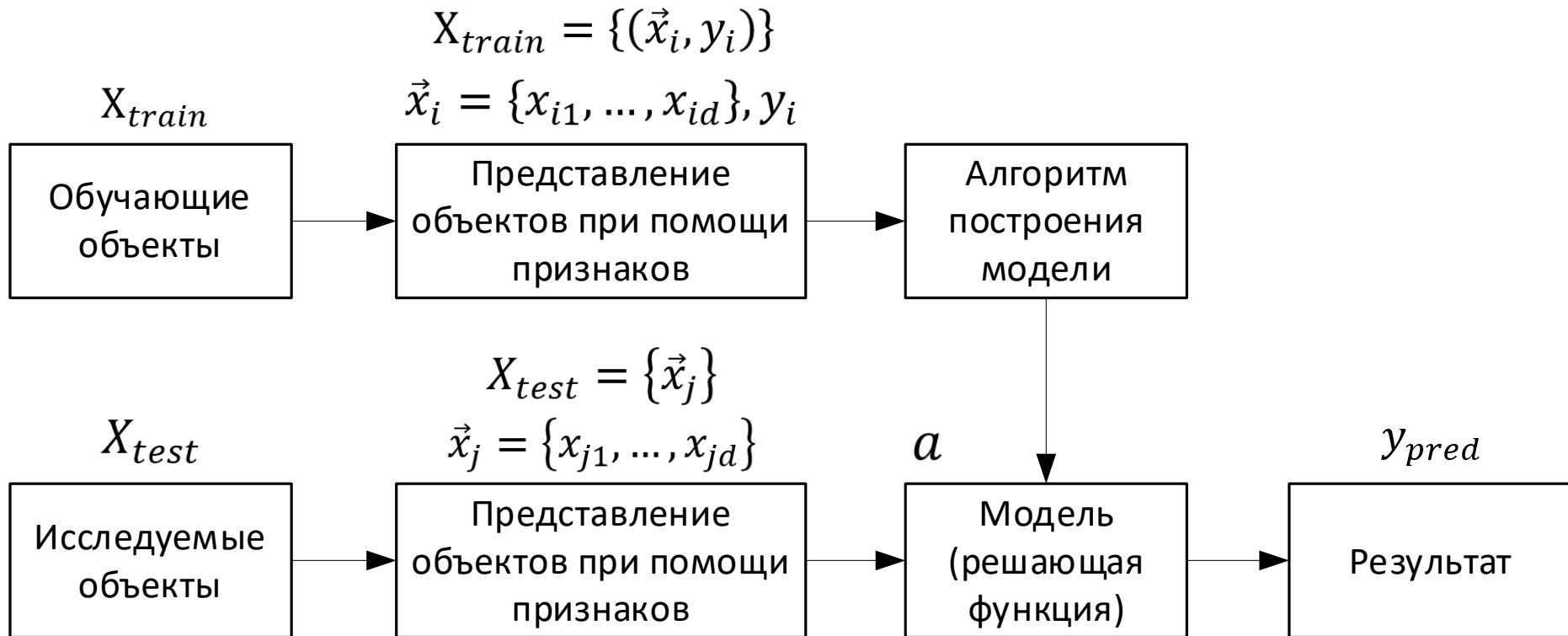
- Алгоритм или модель:

$$a: \mathbb{X} \rightarrow \mathbb{Y}$$

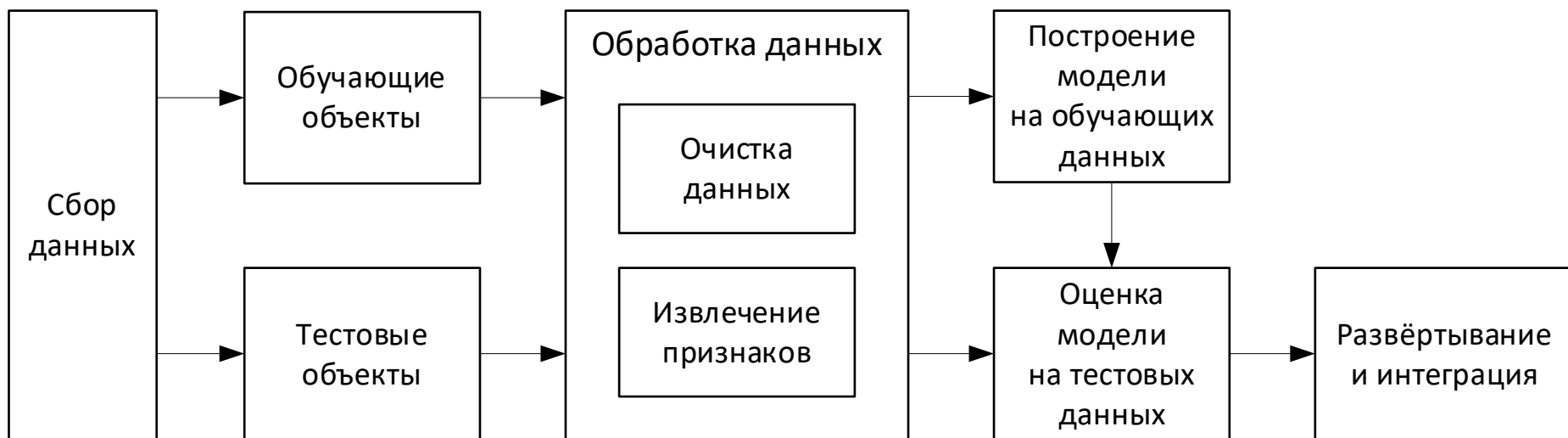
# Виды признаков

- Бинарные:  $D_f = \{0,1\}$
- Номинальные (категориальные):  
 $D_f$  – конечное множество
- Порядковые (ординальные):  
 $D_f$  – конечное упорядоченное множество
- Количественные:  $D_f = \mathbb{R}$

# Схема машинного обучения



# Схема процесса анализа данных



# Геометрическая интерпретация

- Что является объектом?
- Что является моделью?
- Размерности пространства:
  - 1d: модель = точка / множество точек
  - 2d: модель = прямая / линия (кривая)
  - 3d: модель = плоскость / поверхность
  - >3d: модель = гиперплоскость / гиперповерхность

# Задачи машинного обучения

## 1. Обучение с учителем (supervised learning):

- бинарная классификация (binary classification):  $\mathbb{Y} = \{0,1\}$
- многоклассовая (multi-class) классификация:  $\mathbb{Y} = \{1, \dots, K\}$
- многоклассовая классификация с пересекающимися классами (multi-label classification):  $\mathbb{Y} = \{0,1\}^K$
- регрессия (regression):  $\mathbb{Y} = \mathbb{R}$
- ранжирование (learning to rank)
- прогнозирование (forecasting)
- самообучение (self-supervised learning)

# Задачи машинного обучения

## 2. Обучение без учителя (unsupervised learning):

- кластеризация (clustering)
- визуализация (visualization)
- снижение размерности (dimension reduction)

## 3. Обучение со слабым контролем (weakly supervised learning) – неполные, неточные, зашумленные метки

- частичное обучение (semi-supervised learning)
- активное обучение (active learning)



# Задачи машинного обучения

4. Несбалансированное обучение (imbalanced learning)
5. Обучение с переносом (transfer learning)
  - адаптация к предметной области (domain adaptation)
6. Обучение с подкреплением (reinforcement learning)
7. Федеративное обучение (federated learning)
8. Мета-обучение (meta-learning, learning to learn)

# Оценка качества

- Функционал качества  $\rightarrow \max$
- Функция ошибки / функция потерь (loss)  $\rightarrow \min$
- Регрессия: среднеквадратичная ошибка (mean squared error, MSE):

$$Q(a, X) = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l (a(\vec{x}_i) - y_i)^2$$

# Оценка качества

- Функция потерь:

$$L: \mathbb{Y} \times \mathbb{Y} \rightarrow \mathbb{R}_+$$

- В случае MSE:

$$L(y, y_{pred}) = (y - y_{pred})^2$$

$$Q(a, X) = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l L(y, a(\vec{x}_i))$$

# Оценка качества

- Обычно: фиксация семейства алгоритмов  $\mathcal{A}$  и выбор алгоритма  $a \in \mathcal{A}$ , наилучшего с точки зрения функционала
- Линейные модели:

$$\mathcal{A} = \{a(\vec{x}_i) = w_0 + w_1 x_{i1} + \dots + w_d x_{id} \mid w_0, w_1, \dots, w_d \in \mathbb{R}\}$$

где  $x_{ij}$  – значение  $j$ -го признака  $i$ -го объекта

- Лучшая (оптимальная) модель:

$$\frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \left( w_0 + \sum_{j=1}^d w_j x_{ij} - y_i \right)^2 \rightarrow \min_{w_0, w_1, \dots, w_d}$$

- Процесс поиска оптимальной модели называется *обучением*