

# Введение в искусственный интеллект. Машинное обучение

Тема: Историческая справка. Постановка основных задач машинного обучения

Бабин Д.Н., Иванов И.Е.

кафедра Математической Теории Интеллектуальных Систем



## ① Историческая справка

- 1 Историческая справка
- 2 Постановка основных задач машинного обучения

# Что такое машинное обучение

В 1959 году Артур Самуэль (Arthur Samuel) ввел в научный обиход термин “машинное обучение”.

## Общее определение

**Машинное обучение** — процесс, в результате которого компьютеры способны показать поведение, которое в них не было явно запрограммировано.

# Что такое машинное обучение

В 1959 году Артур Самуэль (Arthur Samuel) ввел в научный обиход термин “машинное обучение”.

## Общее определение

**Машинное обучение** — процесс, в результате которого компьютеры способны показать поведение, которое в них не было явно запрограммировано.

В 1997 году Том М. Митчелл (Tom M. Mitchell) предложил формальное определение алгоритма машинного обучения.

## Формальное определение

Считается, что **компьютерная программа обучается** по примерам  $E$  для некоторого набора задач  $T$  и метрики качества  $P$ , если качество ее работы на задачах из  $T$ , измеренное с помощью  $P$ , улучшается с использованием примеров  $E$ .



# Фундамент машинного обучения

- Люди пытались предсказывать будущее на основе своего опыта с незапамятных времен.
- Однако научную основу заложили теория вероятностей (в особенности статистика) и линейная алгебра (как инструмент).

- Люди пытались предсказывать будущее на основе своего опыта с незапамятных времен.
- Однако научную основу заложили теория вероятностей (в особенности статистика) и линейная алгебра (как инструмент).
- **1795** г.: Гаусс впервые применяет метод наименьших квадратов (МНК) для анализа астрономических наблюдений. В **1805** г. Лежандр впервые публикует этот метод для анализа формы Земли. В настоящее время МНК является простейшим способом решить переопределенную систему линейных уравнений.

- Люди пытались предсказывать будущее на основе своего опыта с незапамятных времен.
- Однако научную основу заложили теория вероятностей (в особенности статистика) и линейная алгебра (как инструмент).
- **1795** г.: Гаусс впервые применяет метод наименьших квадратов (МНК) для анализа астрономических наблюдений. В **1805** г. Лежандр впервые публикует этот метод для анализа формы Земли. В настоящее время МНК является простейшим способом решить переопределенную систему линейных уравнений.
- **1901** г.: Карл Пирсон (Karl Pearson) изобрел метод главных компонент — главный метод уменьшения размерности данных.





- Люди пытались предсказывать будущее на основе своего опыта с незапамятных времен.
- Однако научную основу заложили теория вероятностей (в особенности статистика) и линейная алгебра (как инструмент).
- **1795** г.: Гаусс впервые применяет метод наименьших квадратов (МНК) для анализа астрономических наблюдений. В **1805** г. Лежандр впервые публикует этот метод для анализа формы Земли. В настоящее время МНК является простейшим способом решить переопределенную систему линейных уравнений.
- **1901** г.: Карл Пирсон (Karl Pearson) изобрел метод главных компонент — главный метод уменьшения размерности данных.
- **1906** г.: Андрей Андреевич Марков разрабатывает аппарат марковских цепей, который в **1913** г. применяет для исследования текста “Евгений Онегин”. Марковские цепи применяются для генерации и распознавания сигналов.



- **1950 г.:** Алан Тьюринг (Alan Turing) создает тест Тьюринга для оценки интеллекта компьютера.

- **1950** г.: Алан Тьюринг (Alan Turing) создает тест Тьюринга для оценки интеллекта компьютера.
- **1951** г.: Марвин Минский (Marvin Minsky) создал первую обучающуюся машину SNARC со случайно связанной нейросетью. В **1959** г. стал одним из сооснователей лаборатории искусственного интеллекта в MIT.



- **1950** г.: Алан Тьюринг (Alan Turing) создает тест Тьюринга для оценки интеллекта компьютера.
- **1951** г.: Марвин Минский (Marvin Minsky) создал первую обучающуюся машину SNARC со случайно связанной нейросетью. В **1959** г. стал одним из сооснователей лаборатории искусственного интеллекта в MIT.
- **1952** г.: Артур Самуэль создает первую шашечную программу для IBM 701. В **1955** г. Самуэль добавляет в программу способность к самообучению.



- **1950** г.: Алан Тьюринг (Alan Turing) создает тест Тьюринга для оценки интеллекта компьютера.
- **1951** г.: Марвин Минский (Marvin Minsky) создал первую обучающуюся машину SNARC со случайно связанной нейросетью. В **1959** г. стал одним из сооснователей лаборатории искусственного интеллекта в MIT.
- **1952** г.: Артур Самуэль создает первую шашечную программу для IBM 701. В **1955** г. Самуэль добавляет в программу способность к самообучению.
- **1958** г.: Фрэнк Розенблатт (Frank Rosenblatt) придумал Персептрон — первую искусственную нейронную сеть — и создал первый нейрокомпьютер “Марк-1”. *New York Times: Персептрон — это “эмбрион электронного компьютера, который в будущем сможет ходить, говорить, видеть, писать, воспроизводить себя и осознавать свое существование”.*



- **1950** г.: Алан Тьюринг (Alan Turing) создает тест Тьюринга для оценки интеллекта компьютера.
- **1951** г.: Марвин Минский (Marvin Minsky) создал первую обучающуюся машину SNARC со случайно связанной нейросетью. В **1959** г. стал одним из сооснователей лаборатории искусственного интеллекта в MIT.
- **1952** г.: Артур Самуэль создает первую шашечную программу для IBM 701. В **1955** г. Самуэль добавляет в программу способность к самообучению.
- **1958** г.: Фрэнк Розенблатт (Frank Rosenblatt) придумал Персептрон — первую искусственную нейронную сеть — и создал первый нейрокомпьютер “Марк-1”. *New York Times: Персептрон — это “эмбрион электронного компьютера, который в будущем сможет ходить, говорить, видеть, писать, воспроизводить себя и осознавать свое существование”.*
- **1963** г.: Лоуренс Робертс (Lawrence Roberts) сформулировал тезисы компьютерного зрения в своей диссертации в MIT.



- **1963** г.: Владимир Вапник и Алексей Червоненкис изобрели алгоритм SVM.



- **1963** г.: Владимир Вапник и Алексей Червоненкис изобрели алгоритм SVM.
- **1965** г.: Опубликована одна из первых книг по машинному обучению (классификации образов) — Nilsson N. Learning Machines, McGraw Hill.





- **1963** г.: Владимир Вапник и Алексей Червоненкис изобрели алгоритм SVM.
- **1965** г.: Опубликована одна из первых книг по машинному обучению (классификации образов) — Nilsson N. Learning Machines, McGraw Hill.
- **1966** г.: Джозеф Вейценбаум (Joseph Weizenbaum) написал виртуального собеседника ELIZA, способного имитировать (а скорее, пародировать) диалог с психотерапевтом (своим названием программа обязана героине из пьесы Б. Шоу).

- **1963** г.: Владимир Вапник и Алексей Червоненкис изобрели алгоритм SVM.
- **1965** г.: Опубликована одна из первых книг по машинному обучению (классификации образов) — Nilsson N. Learning Machines, McGraw Hill.
- **1966** г.: Джозеф Вейценбаум (Joseph Weizenbaum) написал виртуального собеседника ELIZA, способного имитировать (а скорее, пародировать) диалог с психотерапевтом (своим названием программа обязана героине из пьесы Б. Шоу).
- **1967** г.: Алексей Ивахненко и Валентин Лапа публикуют первый общий работающий обучающийся алгоритм для глубоких многослойных перцептронов для задач обучения с учителем.

- **1963** г.: Владимир Вапник и Алексей Червоненкис изобрели алгоритм SVM.
- **1965** г.: Опубликована одна из первых книг по машинному обучению (классификации образов) — Nilsson N. Learning Machines, McGraw Hill.
- **1966** г.: Джозеф Вейценбаум (Joseph Weizenbaum) написал виртуального собеседника ELIZA, способного имитировать (а скорее, пародировать) диалог с психотерапевтом (своим названием программа обязана героине из пьесы Б. Шоу).
- **1967** г.: Алексей Ивахненко и Валентин Лапа публикуют первый общий работающий обучающийся алгоритм для глубоких многослойных перцептронов для задач обучения с учителем.
- **1986** г.: Рина Дехтер (Rina Dechter) представила термин “Глубокое обучение” (Deep Learning) сообществу машинного обучения.



- **1963** г.: Владимир Вапник и Алексей Червоненкис изобрели алгоритм SVM.
- **1965** г.: Опубликована одна из первых книг по машинному обучению (классификации образов) — Nilsson N. Learning Machines, McGraw Hill.
- **1966** г.: Джозеф Вейценбаум (Joseph Weizenbaum) написал виртуального собеседника ELIZA, способного имитировать (а скорее, пародировать) диалог с психотерапевтом (своим названием программа обязана героине из пьесы Б. Шоу).
- **1967** г.: Алексей Ивахненко и Валентин Лапа публикуют первый общий работающий обучающийся алгоритм для глубоких многослойных перцептронов для задач обучения с учителем.
- **1986** г.: Рина Дехтер (Rina Dechter) представила термин “Глубокое обучение” (Deep Learning) сообществу машинного обучения.
- **1997** г.: Компьютер Deep Blue обыграл чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова.



- 2010 г.: Основание компании DeepMind.

---

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect\\_information](https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect_information)

- **2010** г.: Основание компании DeepMind.
- **2011** г.: Эндрю Ын (Andrew Ng), Грег Коррадо (Greg Corrado) и Джефф Дин (Jeff Dean) основали Google Brain.

---

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect\\_information](https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect_information)



- **2010** г.: Основание компании DeepMind.
- **2011** г.: Эндрю Ын (Andrew Ng), Грег Коррадо (Greg Corrado) и Джефф Дин (Jeff Dean) основали Google Brain.
- **2011** г.: Суперкомпьютер IBM Watson, оснащенный системой искусственного интеллекта, одержал победу в телевикторине *Jeopardy!*

---

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect\\_information](https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect_information)



- **2010** г.: Основание компании DeepMind.
- **2011** г.: Эндрю Ын (Andrew Ng), Грег Коррадо (Greg Corrado) и Джефф Дин (Jeff Dean) основали Google Brain.
- **2011** г.: Суперкомпьютер IBM Watson, оснащенный системой искусственного интеллекта, одержал победу в телевикторине *Jeopardy!*
- **2014** г.: В Facebook изобрели программный алгоритм DeepFace для распознавания лиц. Точность алгоритма составила 97%.

---

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect\\_information](https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect_information)





- **2010 г.:** Основание компании DeepMind.
- **2011 г.:** Эндрю Ын (Andrew Ng), Грег Коррадо (Greg Corrado) и Джефф Дин (Jeff Dean) основали Google Brain.
- **2011 г.:** Суперкомпьютер IBM Watson, оснащенный системой искусственного интеллекта, одержал победу в телевикторине *Jeopardy!*
- **2014 г.:** В Facebook изобрели программный алгоритм DeepFace для распознавания лиц. Точность алгоритма составила 97%.
- **2016 г.:** Программа AlphaGo, разработанная (уже) гугловской компанией DeepMind, выиграла в четырех играх из пяти у чемпиона мира по игре в го корейца Ли Седоля (Lee Se-dol). Компьютер выиграл в последней игре с полной информацией<sup>1</sup> у человека (пример игры с неполной информацией — покер, хотя и там уже начинают успешно выступать роботы).

---

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect\\_information](https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect_information)



- **2010 г.:** Основание компании DeepMind.
- **2011 г.:** Эндрю Ын (Andrew Ng), Грег Коррадо (Greg Corrado) и Джефф Дин (Jeff Dean) основали Google Brain.
- **2011 г.:** Суперкомпьютер IBM Watson, оснащенный системой искусственного интеллекта, одержал победу в телевикторине *Jeopardy!*
- **2014 г.:** В Facebook изобрели программный алгоритм DeepFace для распознавания лиц. Точность алгоритма составила 97%.
- **2016 г.:** Программа AlphaGo, разработанная (уже) гугловской компанией DeepMind, выиграла в четырех играх из пяти у чемпиона мира по игре в го корейца Ли Седоля (Lee Se-dol). Компьютер выиграл в последней игре с полной информацией<sup>1</sup> у человека (пример игры с неполной информацией — покер, хотя и там уже начинают успешно выступать роботы).
- **2016 г.:** При поддержке Илона Маска (Elon Musk) запущена некоммерческая исследовательская компания OpenAI.

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect\\_information](https://en.wikipedia.org/wiki/Perfect_information)





## Определения

- $X$  — множество объектов
- $Y$  — множество ответов
- $y : X \rightarrow Y$  — неизвестная зависимость

# Способы машинного обучения

## Определения

- $X$  — множество объектов
- $Y$  — множество ответов
- $y : X \rightarrow Y$  — неизвестная зависимость

## Основные способы машинного обучения

- **С учителем** (сейчас)
  - Достаточное количество обучающего материала, то есть пар  $(x_i, y_i)$
- Частичное обучение
  - Малое количество размеченных данных и много неразмеченных примеров  $x_i$
- *Без учителя* (в следующих лекциях)
  - Нет размеченных пар, только примеры  $x_i$
- С подкреплением
  - Формирование отклика на основе взаимодействия со средой

# Постановка задачи обучения с учителем

- Дано:
  - $\{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\} \subset X \times Y$  — обучающая выборка
- Найти
  - Решающую функцию  $a : X \rightarrow Y$ , которая приближает целевую зависимость  $y$ .



# Постановка задачи обучения с учителем

- Дано:
  - $\{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\} \subset X \times Y$  — обучающая выборка
- Найти
  - Решающую функцию  $a : X \rightarrow Y$ , которая приближает целевую зависимость  $y$ .
- Необходимо детализировать:
  - Как определяются объекты
  - Как задаются ответы
  - Что значит, что одна зависимость приближает другую



# Как определяются объекты

## Определение

Объект = совокупность признаков



# Как определяются объекты

## Определение

Объект = совокупность признаков

## Типы признаков

- Категориальный признак

# Как определяются объекты

## Определение

Объект = совокупность признаков

## Типы признаков

- Категориальный признак
- Бинарный признак
  - Частный случай категориального, когда категория = “есть данное свойство или нет”

# Как определяются объекты

## Определение

Объект = совокупность признаков

## Типы признаков

- Категориальный признак
- Бинарный признак
  - Частный случай категориального, когда категория = “есть данное свойство или нет”
- Порядковый признак
  - Полный (частичный) порядок внутри категорий



# Как определяются объекты

## Определение

Объект = совокупность признаков

## Типы признаков

- Категориальный признак
- Бинарный признак
  - Частный случай категориального, когда категория = “есть данное свойство или нет”
- Порядковый признак
  - Полный (частичный) порядок внутри категорий
- Количественный признак



## Задачи классификации

- Бинарная классификация  $Y = \{-1, 1\}$  или  $Y = \{0, 1\}$
- Многоклассовая классификация  $Y = \{0, 1, \dots, M - 1\}$
- Многозначная бинарная классификация  $Y = \{0, 1\}^M$

## Задачи классификации

- Бинарная классификация  $Y = \{-1, 1\}$  или  $Y = \{0, 1\}$
- Многоклассовая классификация  $Y = \{0, 1, \dots, M - 1\}$
- Многозначная бинарная классификация  $Y = \{0, 1\}^M$

## Задачи восстановления регрессии

$Y = \mathbb{R}$  или  $Y = \mathbb{R}^n$

## Определение

Функция потерь (Loss function)  $L(a, x)$  — величина ошибки алгоритма  $a$  на объекте  $x$

## Определение

Функция потерь (Loss function)  $L(a, x)$  — величина ошибки алгоритма  $a$  на объекте  $x$

## Функции потерь для задач классификации

$L(a, x) = [a(x) \neq y]$  — индикатор ошибки



# Функция потерь

## Определение

Функция потерь (Loss function)  $L(a, x)$  — величина ошибки алгоритма  $a$  на объекте  $x$

## Функции потерь для задач классификации

$L(a, x) = [a(x) \neq y]$  — индикатор ошибки

## Функции потерь для задач восстановления регрессии

$L(a, x) = (a(x) - y)^2$  — квадратичная ошибка





Спасибо за внимание!