

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.

¹https://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.

¹https://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!*

¹https://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%.

¹https://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 информацией¹ у человека (пример игры с неполной информацией — покер, хотя и там уже начинают успешно выступать роботы).

¹https://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 информацией¹ 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.

¹https://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

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!