



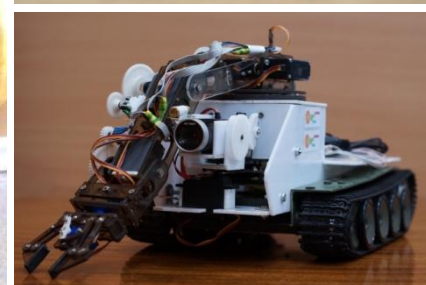
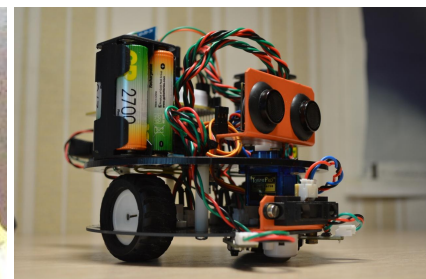
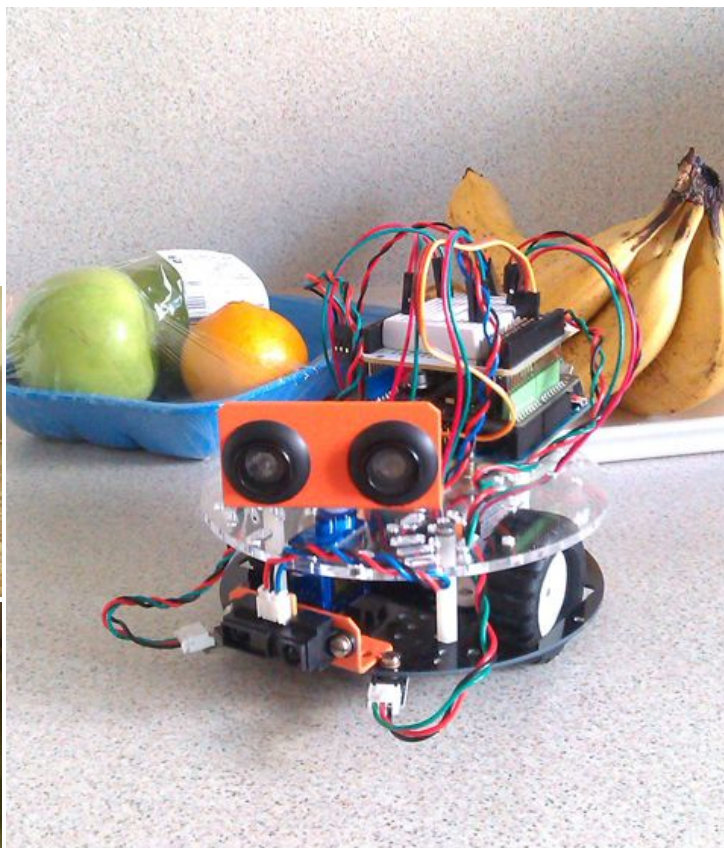
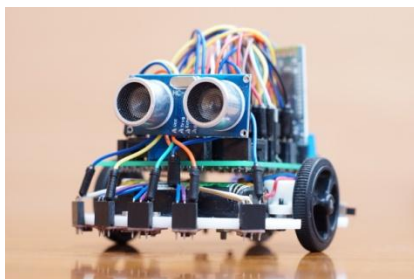
Прикладная информатика: машинное обучение

Введение и обзор материала курса.
Линейная регрессия с одной переменной

Владимир Волохов
физический факультет, лаборатория
«Цифровые цепи и сигналы»,
volokhov.blogspot.com



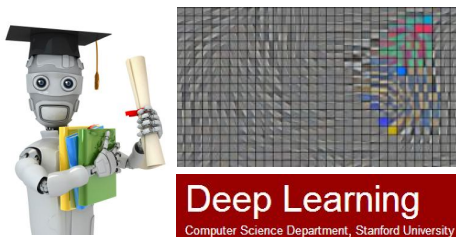
Машинное обучение



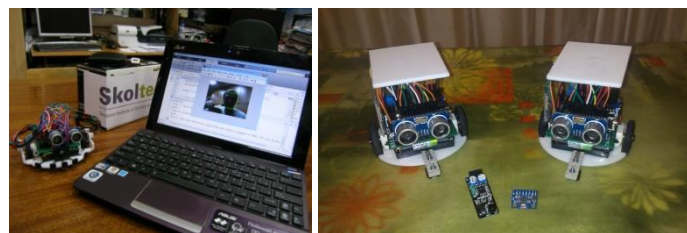
Робот Snail
(ver. 2.0.0),
построенный на
базе платы Arduino
Uno



Можно задавать любые вопросы! Мои знания в этой области ограничены ...



Курсы по машинному обучению (www.coursera.org, www.udacity.com и т.п.)



Курсовые и дипломные проекты на темы, связанные с машинным обучением



Диссертации и прочее ...

... а также курсы в ФГБОУ ВО ЯрГУ им. П. Г. Демидова («Методы машинного обучения» и «Системы технического зрения»)



План на сегодня

- ✓ Обзор программы курса
- ✓ Требования
- ✓ Введение в методы машинного обучения
 - ✓ Немного о жизни!
 - ✓ Что такое машинное обучение?
 - ✓ Приложения машинного обучения
 - ✓ Алгоритмы машинного обучения
 - ✓ Линейная регрессия с одной переменной
 - ✓ Метод градиентного спуска
 - ✓ Базы данных



Цель курса

- ✓ Рассмотрение ряда задач и вопросов из области машинного обучения для:
 - ✓ Создания базиса с целью дальнейшего самообразования
 - ✓ Помощи в дальнейшей практической деятельности как в этой области, так и в смежных областях
 - ✓ Расширения кругозора
- ✓ В общем станет понятнее что это такое и действительно ли вам это нужно



Структура курса

- ✓ Лекции
 - ✓ Тематика курса охватывает: обучение с учителем, обучение без учителя, регрессия, классификация, кластеризация, сокращение размерности данных, детектирование аномалий, машинное обучение на больших базах данных и глубокое обучение
- ✓ Аттестация по курсу:
 - ✓ Решение практических заданий и тестов по перечисленным темам. Будем использовать язык программирования Python для решения практических заданий!

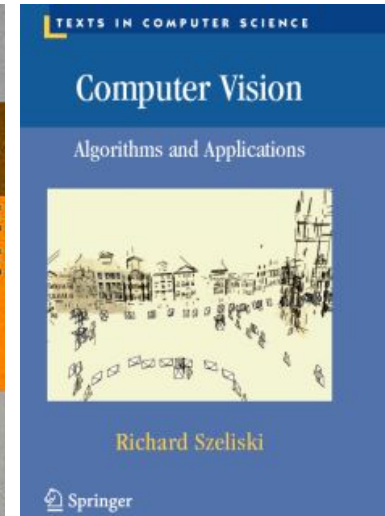
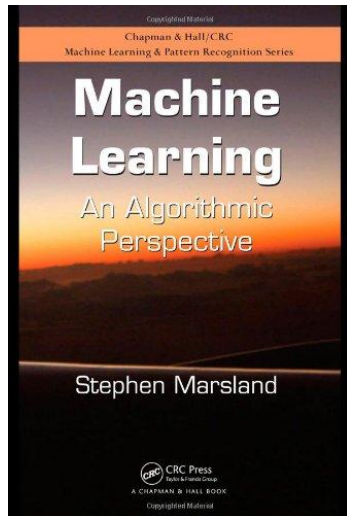


При решении практических заданий понадобятся

- ✓ Python 3 – высокоуровневый язык программирования общего назначения, ориентированный на повышение производительности разработчика и читаемости кода
- ✓ А также дополнительные библиотеки: NumPy, SciPy, Matplotlib и Scikit-Learn
- ✓ Опционально не будут лишними OpenCV, Pandas и Scikit-Image



Какую литературу можно найти?



- ✓ Marsland S. Machine Learning: An Algorithmic Perspective, 2009
- ✓ Мерков А.Б. Распознавание образов: введение в методы статистического обучения, 2011
- ✓ Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Цифровая обработка видеоизображений, 2009
- ✓ Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение, 2006
- ✓ Szeliski R. Computer vision: Algorithm and applications, 2010



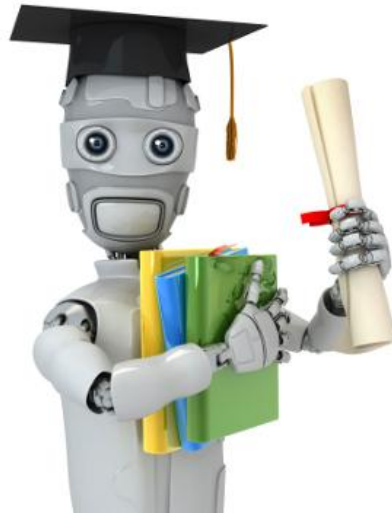
Какую литературу можно найти?

- ✓ Много информации по теме курса можно найти в сети Интернет
 - ✓ Профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных, <http://www.machinelearning.ru>
 - ✓ Большое количество видеолекций по тематике курса можно найти на <http://www.youtube.com> по ключевому слову machine learning
 - ✓ ...



Немного рекламы!

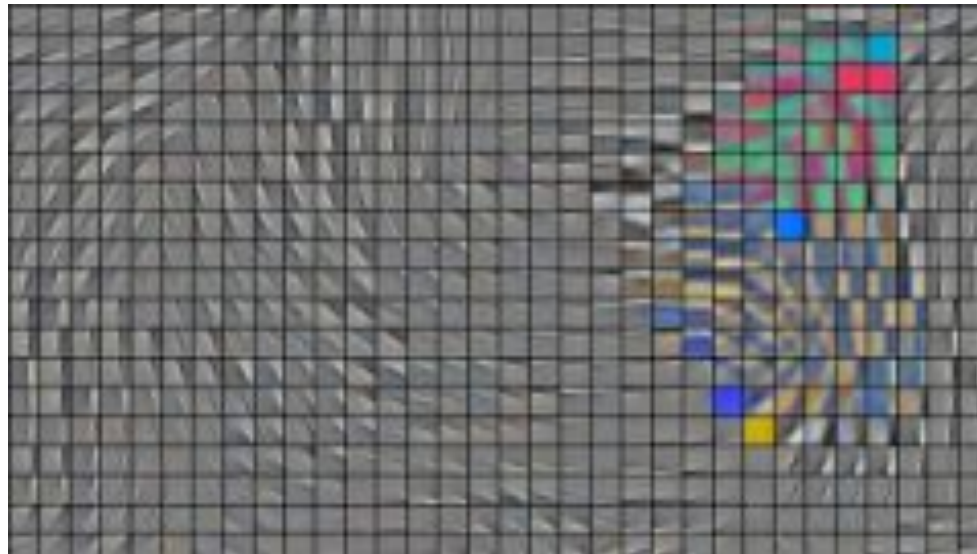
- ✓ Online курс Стэнфордского университета «Машинное обучение»
- ✓ <https://www.coursera.org/learn/machine-learning>





Немного рекламы!

- ✓ Online курс Торонтского университета «Нейронные сети в машинном обучении»
- ✓ <https://www.coursera.org/learn/neural-networks>





Немного рекламы!
















- ✓ Online курс Высшей школы экономики «Введение в машинное обучение»
- ✓ <https://www.coursera.org/learn/vvedenie-mashinnoe-obuchenie>





Немного рекламы!

- ✓ Другие курсы по машинному обучению на www.coursera.org
- ✓ Ищем по ключевому слову machine learning. Курсов много, очень много!

 <p>Машинное обучение Стэнфордский университет</p>	 <p>Наука о данных Специализация из 10 курсов · Университет Джона Хопкинса</p>	 <p>Машинное обучение и анализ данных Специализация из 6 курсов · Московский физико-технический институт</p>
 <p>Машинное обучение Специализация из 4 курсов · Вашингтонский университет</p>	 <p>Practical Machine Learning Университет Джона Хопкинса</p>	 <p>Наука о данных для руководителей Специализация из 5 курсов · Университет Джона Хопкинса</p>
 <p>Machine Learning Foundations: A Case Study Approach Вашингтонский университет</p>	 <p>Neural Networks for Machine Learning Торонтский университет</p>	 <p>Обучение на размеченных данных Московский физико-технический институт</p>
 <p>Big Data Специализация из 6 курсов · Калифорнийский университет в Сан-Диего</p>	 <p>Machine Learning: Clustering & Retrieval Вашингтонский университет</p>	 <p>Machine Learning: Classification Вашингтонский университет</p>
 <p>Machine Learning With Big Data Калифорнийский университет в Сан-Диего</p>	 <p>Введение в машинное обучение Высшая школа экономики</p>	 <p>Google Cloud Platform Big Data and Machine Learning Fundamentals Google Cloud</p>



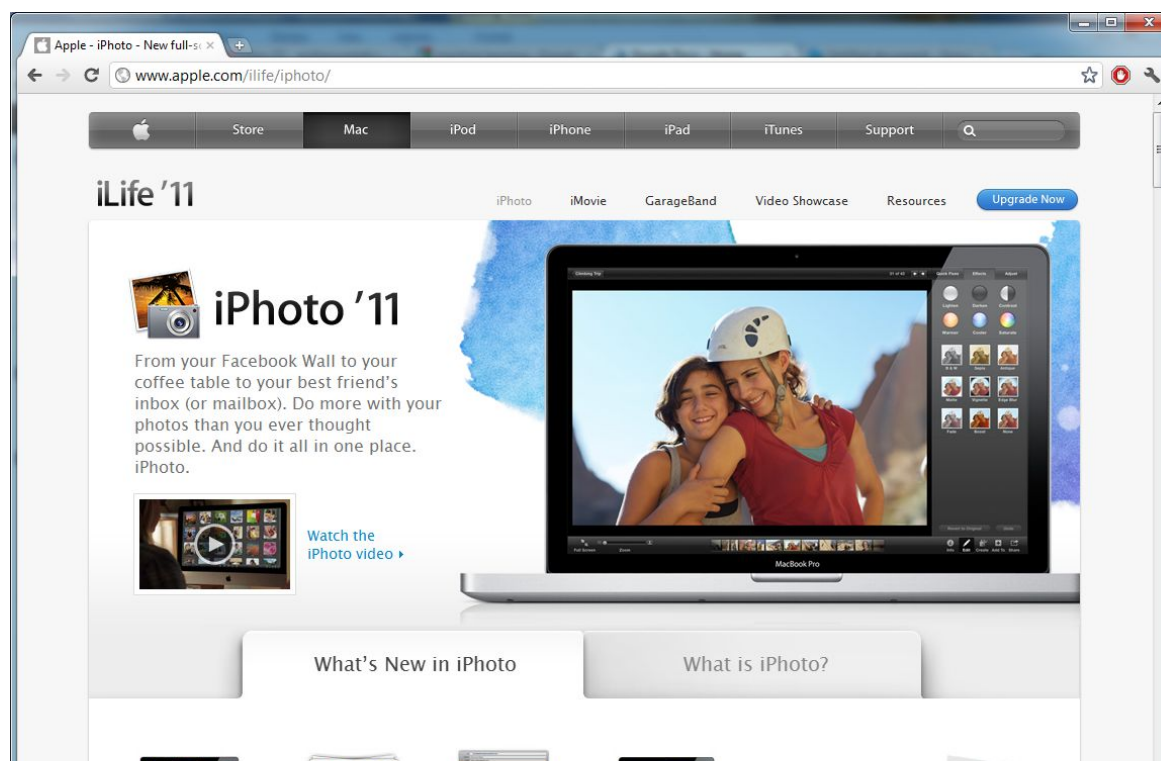
Немного рекламы!

- ✓ Online курс «Введение в машинное обучение»
 - ✓ <https://www.udacity.com/course/intro-to-machine-learning--ud120>
- ✓ Online курс Технологического института Джорджии «Машинное обучение»
 - ✓ <https://www.udacity.com/course/machine-learning--ud262>
- ✓ Online курс Стэнфордского университета «Введение в искусственный интеллект»
 - ✓ <https://www.udacity.com/course/intro-to-artificial-intelligence--cs271>



Немного о жизни!

✓ Распознавание лиц: Apple iPhoto software



<http://www.apple.com/ilife/iphoto/>



Немного о жизни!

✓ Спаму - нет!





Машинное обучение

- ✓ Выросло из работ по искусственному интеллекту и является одной из перспективных веток его развития
- ✓ Предоставляет новую способность для компьютеров
- ✓ Примеры:
 - ✓ Интеллектуальный анализ баз данных
 - ✓ Большие базы данных с ростом автоматизации/web (рекламные клики, медицинские записи, последовательности ДНК и т.п.)
 - ✓ Приложения, которые не могут быть запрограммированы вручную (автономный вертолет, распознавание рукописного текста и т.п.)
 - ✓ Самозаказывающие программы (Amazon, Netflix и т.п.)
 - ✓ Понимание обучения человека и человеческого мозга



АВТОНОМНЫЙ ВЕРТОЛЕТ

- ✓ Создан сотрудниками лаборатории «Искусственного интеллекта» Стэнфордского университета



<http://heli.stanford.edu/>



Автономное вождение. Проект ALVINN

✓ Снимки сделаны 23 ноября 1992 года!



Autonomous Land Vehicle In a Neural Network (ALVINN) является системой, которая обучается управлять автомобилем путем наблюдения за вождением реального человека. Архитектура ALVINN основана на нейронной сети с одним скрытым слоем, обучаемой с использованием метода обратного распространения ошибки



Stanley, Junior и Google-мобиль



ALVINN



Stanley



Junior



Google-мобиль



Суперкомпьютер IBM Watson

✓ В 2011 г. компьютер одержал победу над двумя людьми в телепередаче Jeopardy («Своя игра»), получив один миллион долларов!



Кен Дженнингс:
«Ватсон», «Своя игра»
и я, устаревший
всезнайка

http://www.ted.com/talks/ken_jennings_watson_jeopardy_and_me_the_obsolete_know_it_all?language=ru



Компьютерное зрение

- ✓ Распознавание лиц, подписи, отпечатков пальцев, радужной оболочки глаза



Иванов
Иван Иванович



Компьютерное зрение

✓ Зрение для роботов



AiVo (японская собака-робот,
изобретение компании Sony)

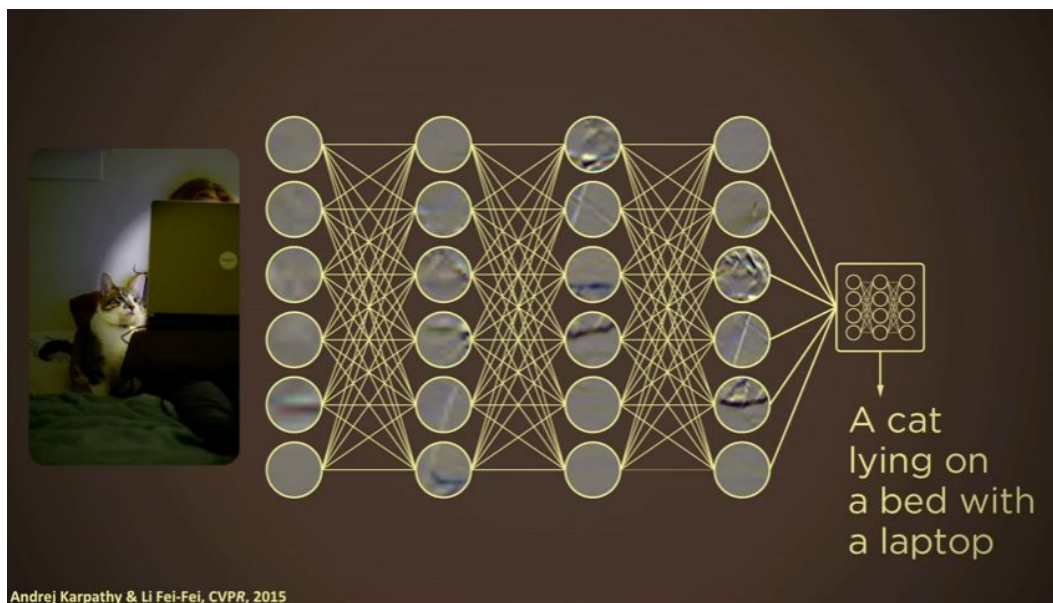


Teddy (японский медведь-
робот, изобретение
компании Fujitsu)



Компьютерное зрение

✓ Ли Ф.-Ф. Как мы учим компьютер понимать изображения?



https://www.ted.com/talks/fei_fei_li_how_we_re_teaching_computers_to_understand_pictures?language=en#t-5181



Компьютерное зрение

- ✓ Ли Ф.-Ф. Как мы учим компьютер понимать изображения?

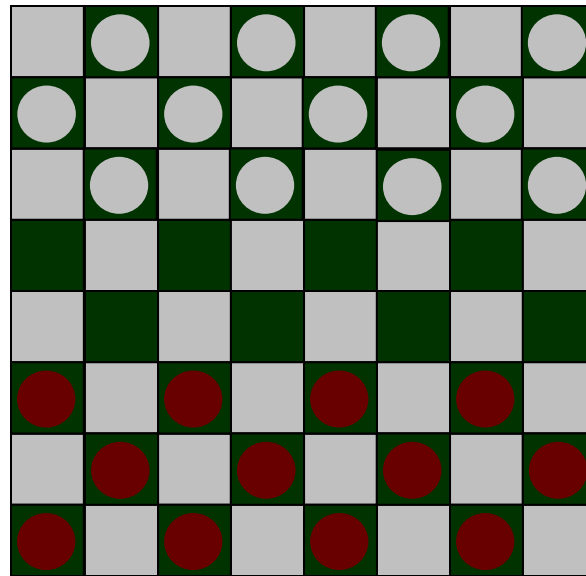


https://www.ted.com/talks/fei_fei_li_how_we_re_teaching_computers_to_understand_pictures?language=en#t-5181



Что такое машинное обучение?

✓ А. Самуэль (Arthur Samuel), 1959 г.: **Машинное обучение** - это область исследования, которая предоставляет компьютеру, не будучи явно запрограммированному, возможность к обучению





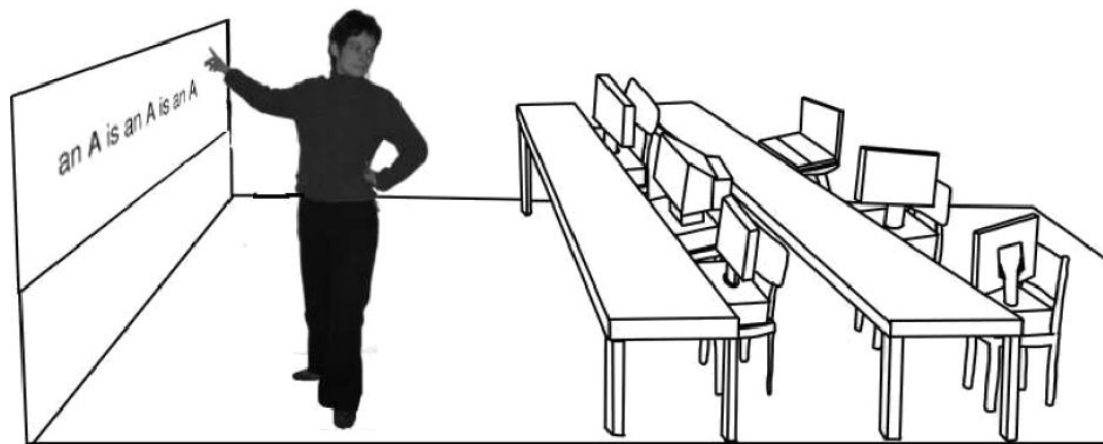
Что такое машинное обучение?

- ✓ А. Самуэль (Arthur Samuel), 1959 г.: **Машинное обучение** - это область исследования, которая предоставляет компьютеру, не будучи явно запрограммированному, возможность к обучению
- ✓ Т. Митчелл (Tom Mitchell), 1998 г.: конкретно поставленная задача обучения. Говорят, что компьютерная программа способна к обучению из опыта E по отношению к некоторой задаче T и критерию качества работы P , если ее производительность на T , как мера P , улучшается с опытом E



Что такое машинное обучение?

- ✓ Обучение = приспособление
 - ✓ Обучаясь, мы становимся более приспособленными к окружающей среде
- ✓ Обучение \neq «заучивание наизусть»
 - ✓ Заучить наизусть - для машины не проблема
 - ✓ Мы хотим научить машину делать выводы!





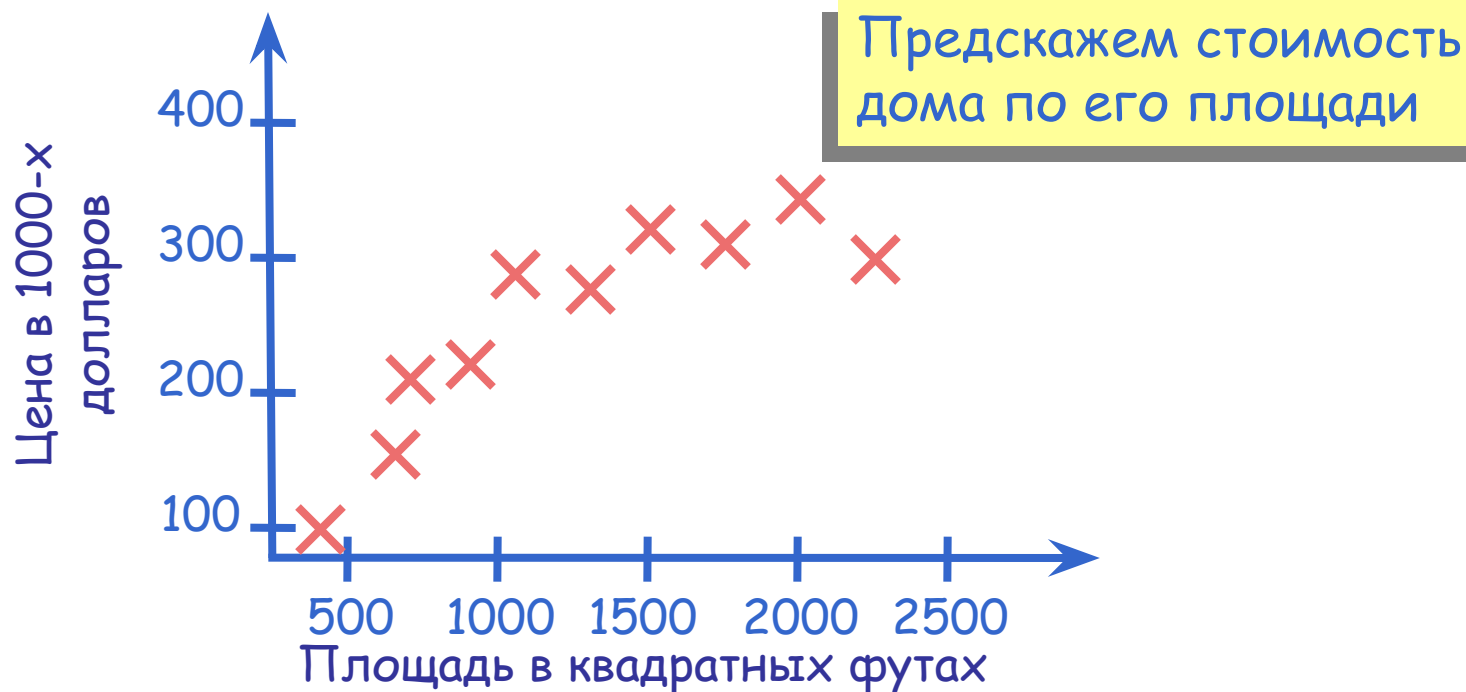
Алгоритмы машинного обучения

- ✓ **Обучение с учителем (Supervised Learning).** Алгоритм машинного обучения обобщает на основе размеченного множества тренировочных примеров
- ✓ **Обучение без учителя (Unsupervised Learning).** Размеченное тренировочное множество отсутствует. Алгоритм машинного обучения пытается самостоятельно определить сходство между входами. Поэтому входы, которые имеют что-то общее объединяются в общую категорию



Обучение с учителем

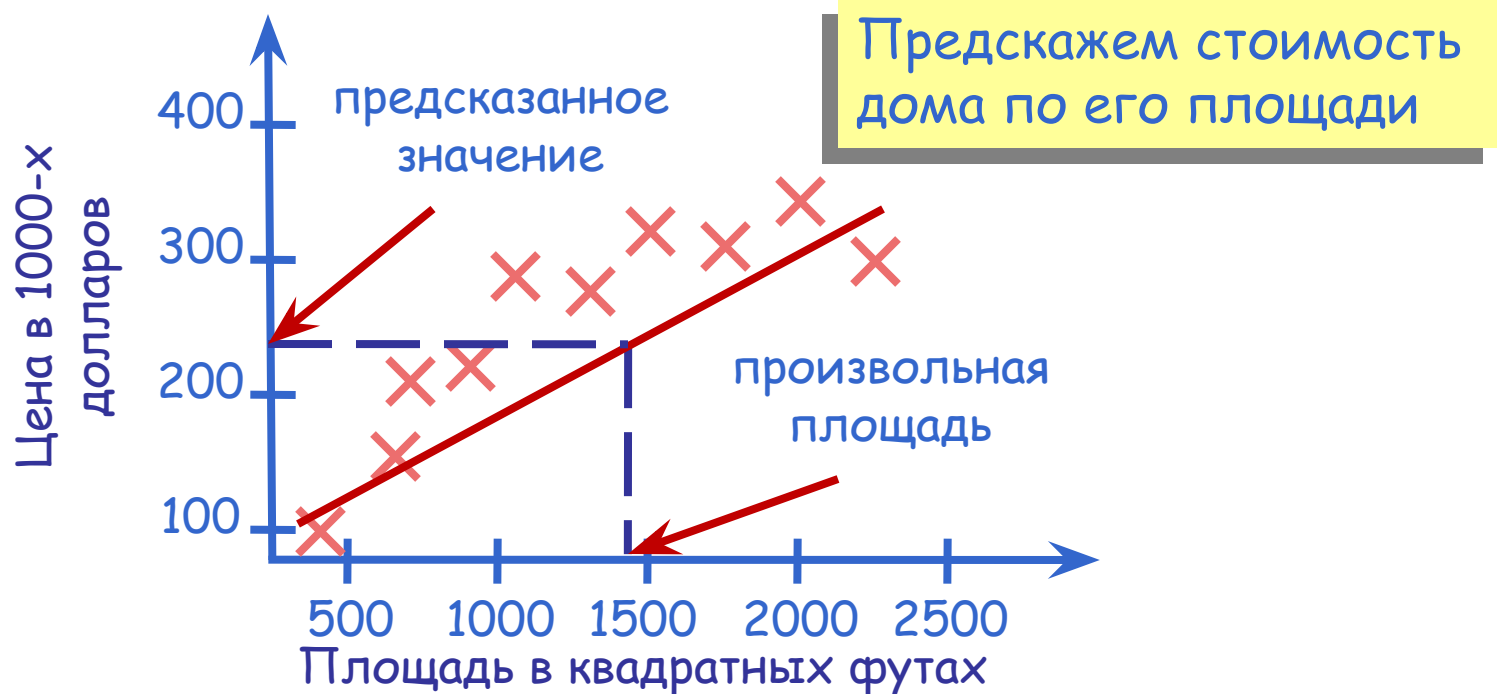
- ✓ Регрессия (предсказание непрерывной выходной величины, например, цены на недвижимость)





Обучение с учителем

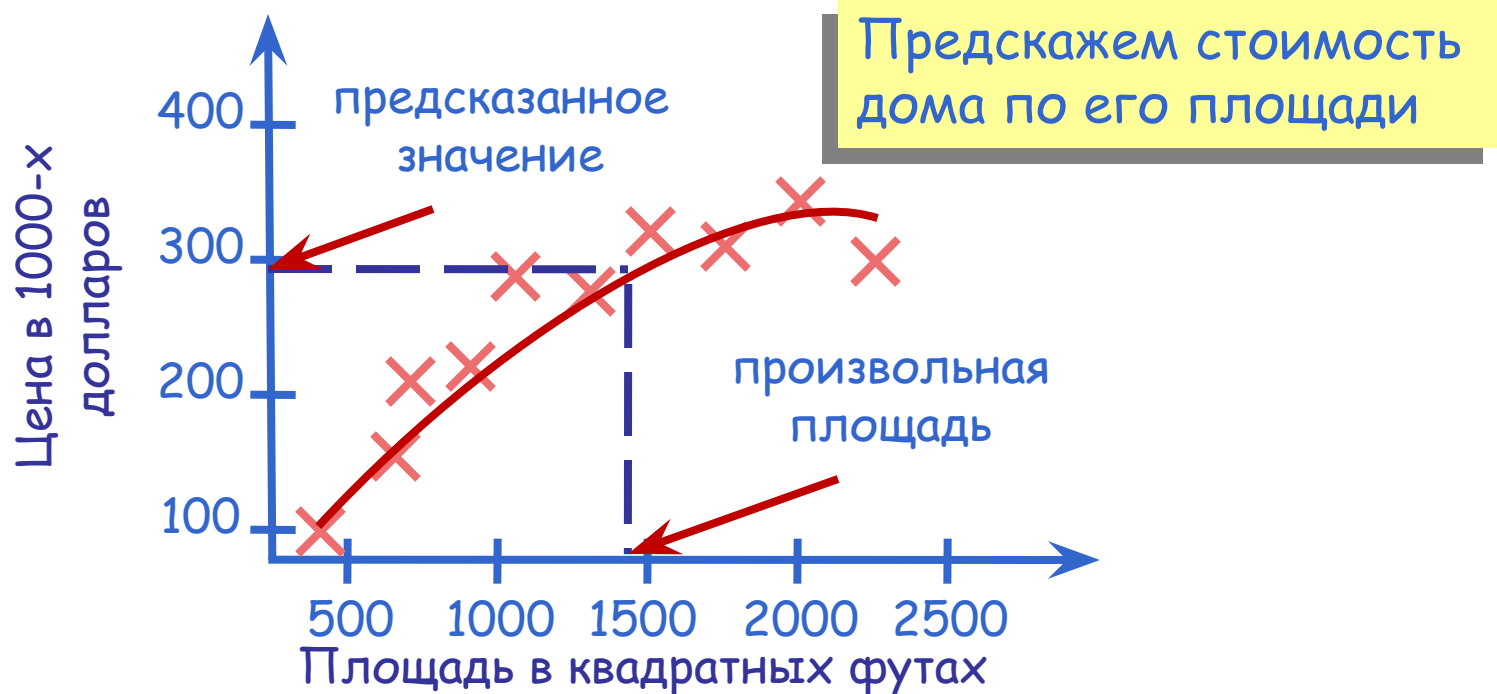
- ✓ Регрессия (предсказание непрерывной выходной величины, например, цены на недвижимость)





Обучение с учителем

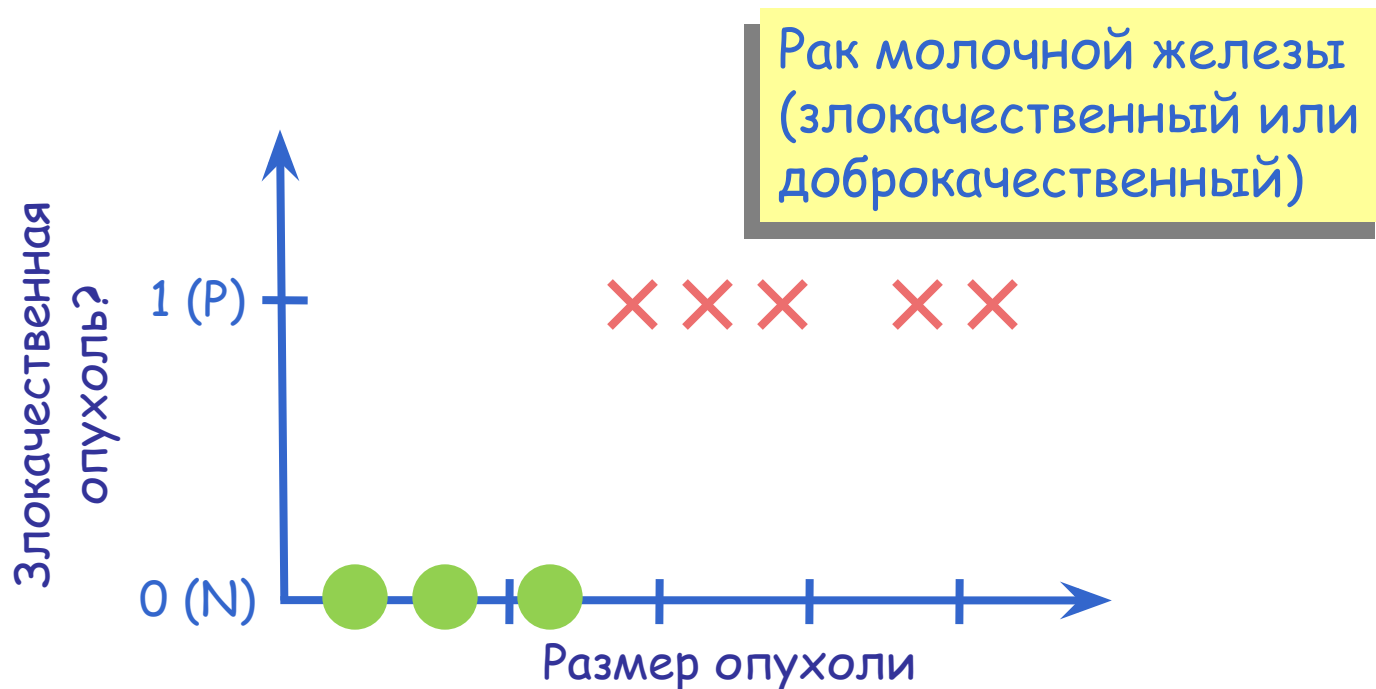
- ✓ Регрессия (предсказание непрерывной выходной величины, например, цены на недвижимость)





Обучение с учителем

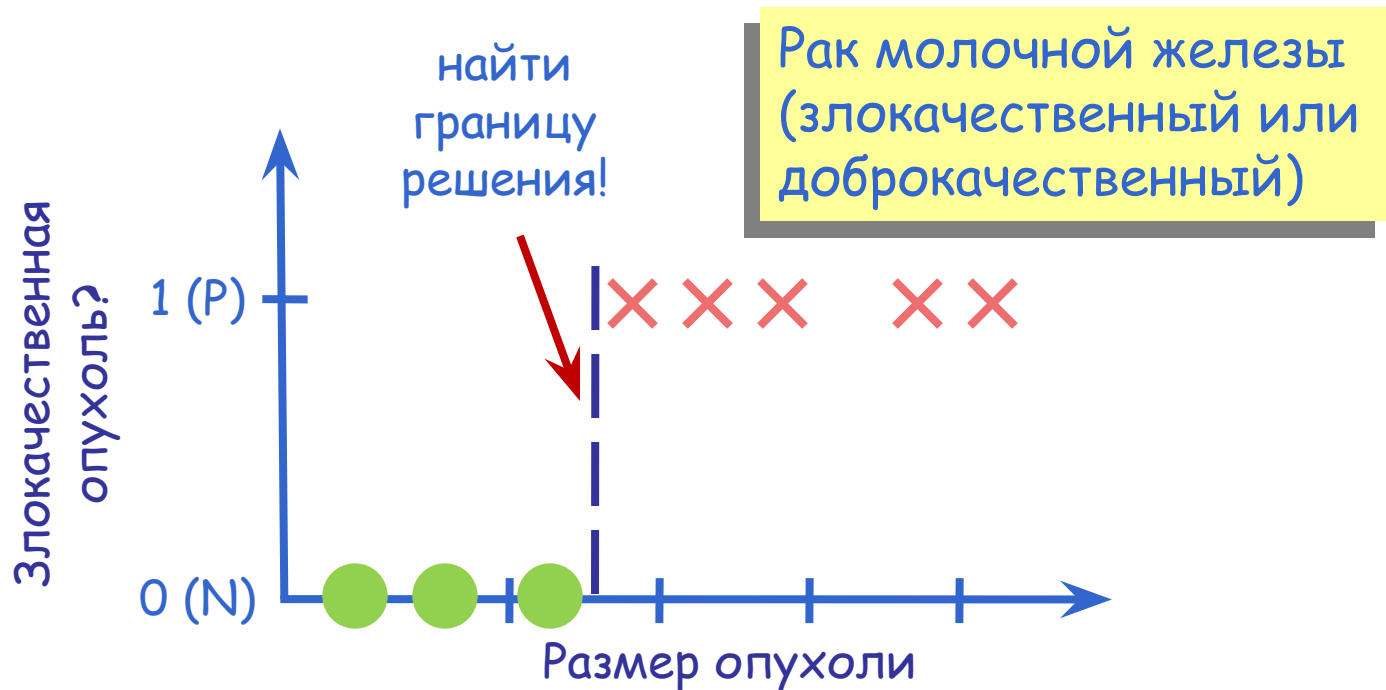
- ✓ Классификация (предсказание дискретной выходной величины, например, 0 или 1)





Обучение с учителем

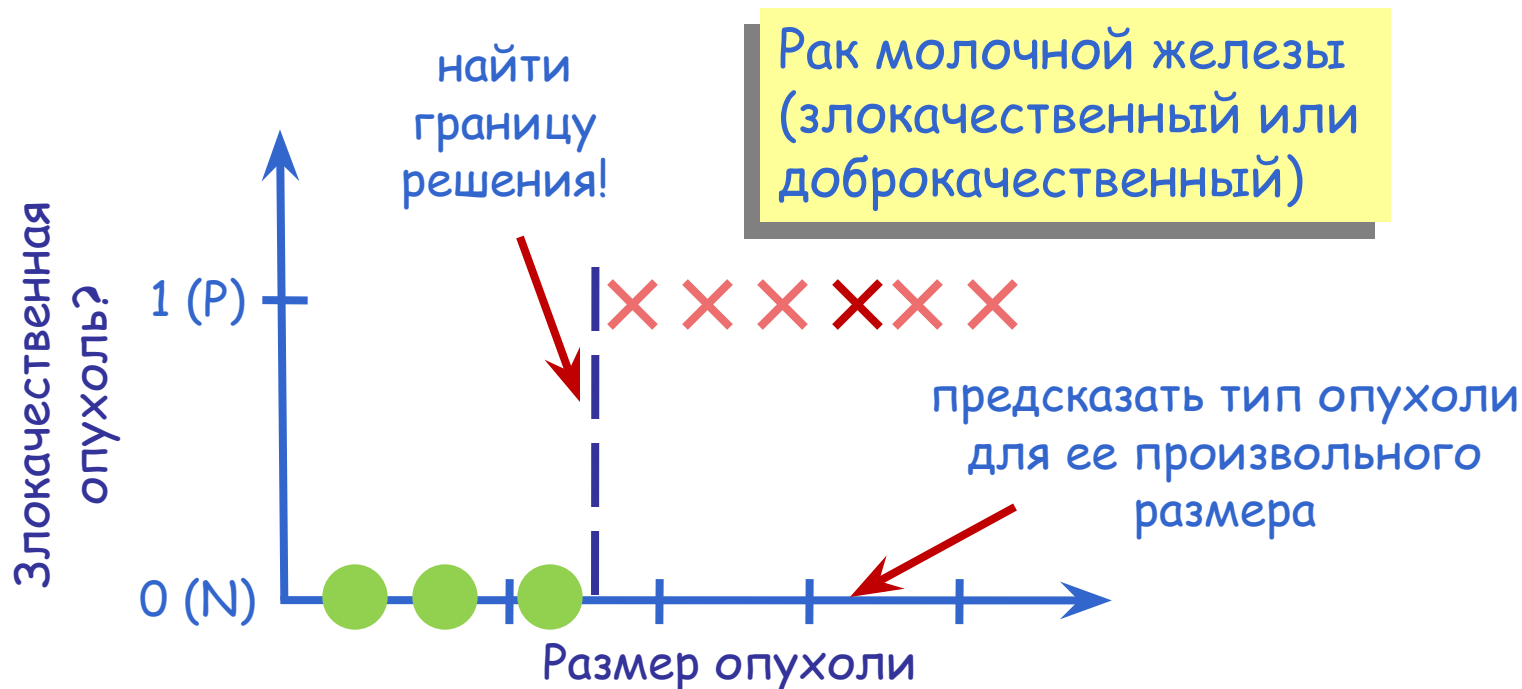
- ✓ Классификация (предсказание дискретной выходной величины, например, 0 или 1)





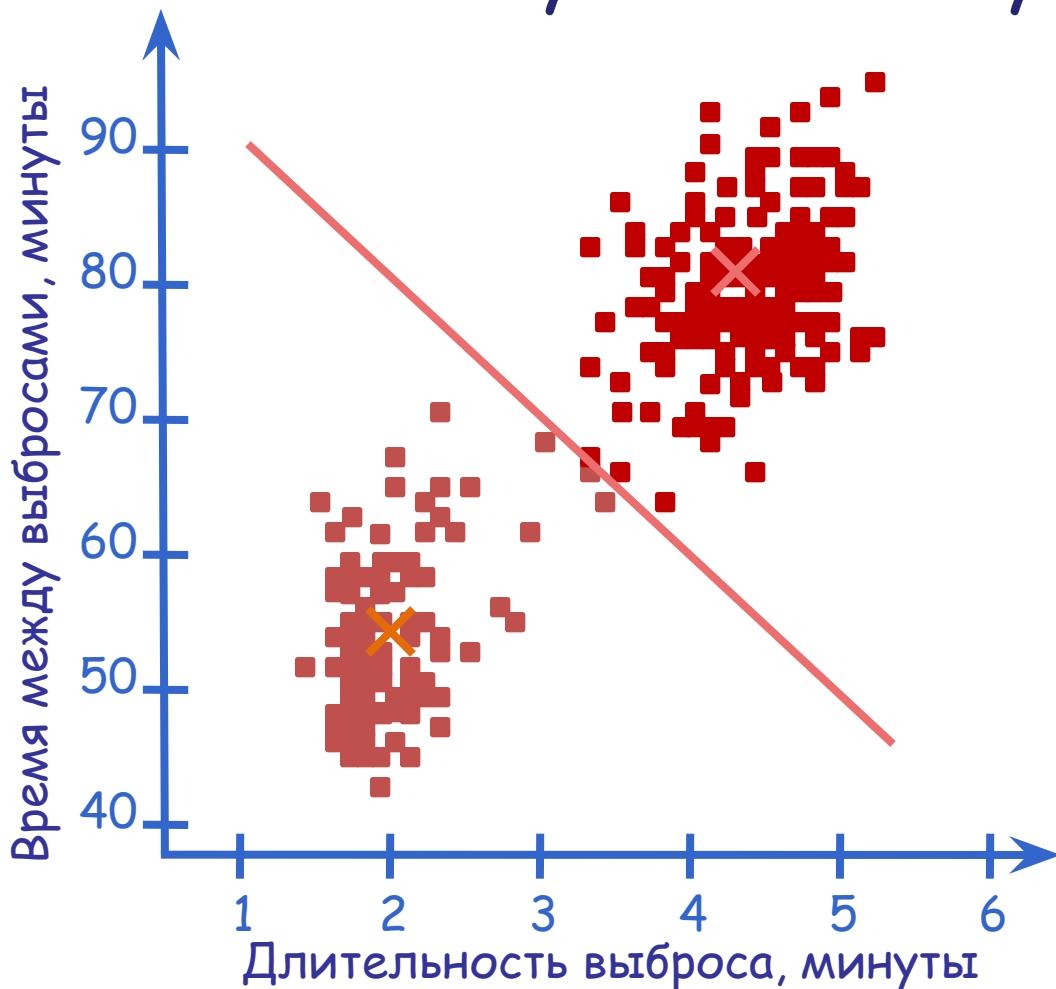
Обучение с учителем

- ✓ Классификация (предсказание дискретной выходной величины, например, 0 или 1)





Обучение без учителя

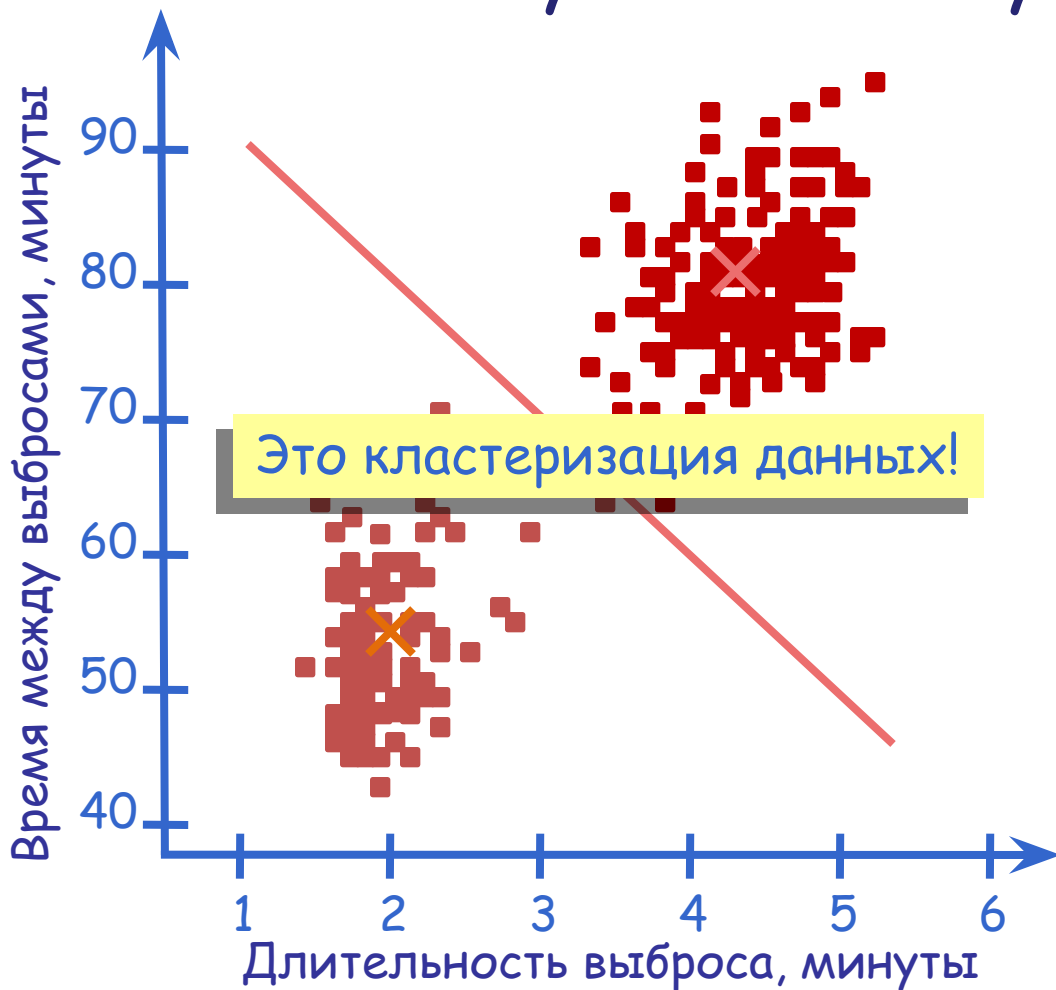


Рассмотрим метод
K-средних и задачу
с гейзером





Обучение без учителя



Рассмотрим метод
K-средних и задачу
с гейзером





Кластеризация в Google News

The screenshot shows the Google News homepage in a browser window. The address bar displays 'news.google.com'. The page features a search bar with 'Search News' and 'Search the Web' buttons. On the left, there is a sidebar with 'Top Stories' and 'All news' categories. The main content area is divided into 'Top Stories' and 'Recent' sections. The 'Top Stories' section includes articles such as 'White House official denies Tea Party-focused ad campaign', 'US Stocks Climb After Recession Called Over, Homebuilders Gain', and 'BP Oil Well, Site of National Catastrophe, Dies at One'. The 'Recent' section includes 'Recession officially ended in June 2009', 'Hurricane Igor lashes Bermuda', and 'Crisis response: Pakistan floods'. The page also shows a 'Spotlight' section with the article 'Sarkozy rages at EU 'humiliation''. The browser window includes standard navigation buttons and a user profile 'andrewyantakng@gmail.com'.



Кластеризация в Google News

The screenshot shows a web browser window displaying a page from The Wall Street Journal's 'The Source' section. The browser's address bar shows the URL: `blogs.wsj.com/source/2010/09/20/bp-kills-macondo-but-its-legacy-lives-on/`. The page header includes 'THE WALL STREET JOURNAL. Digital Network' and navigation links for 'WSJ.com', 'MarketWatch', 'BARRON'S', 'All Things Digital.', 'FINS', 'SmartMoney', and 'More'. A search bar is visible in the top right corner.

The main content area features the title 'BP Kills Macondo, But Its Legacy Lives On' and a sub-header 'THE SOURCE'. Below the title, there are navigation links for 'Financial Services', 'Transport', 'Leisure', 'Insurance', 'Oil & Gas', 'Sport', 'Caught on the Web', 'Betting', and 'Technology'. The date 'SEPTEMBER 20, 2010, 12:44 PM GMT' is displayed above the article title.

The article is by James Herron. The text reads: 'BP confirmed late Sunday that the Macondo well that leaked almost five million barrels of oil into the Gulf of Mexico has been permanently sealed, but the well will continue to affect BP and the wider oil industry for many years. The most immediate worry for BP and its shareholders is how the authorities will apportion blame for the spill. BP's own investigation spread responsibility across'. A large image of an offshore oil rig on fire is shown, with fireboats spraying water on it. The caption reads: 'Fire boat response crews battled the blazing remnants of the off shore oil rig Deepwater Horizon on April 21, 2010.' The source is attributed to 'Associated Press'.

On the right side of the page, there is a section 'About The Source' with a photo of Lauren Mills and a description: 'The Source is WSJ.com Europe's home for rapid-fire analysis of the day's big business and finance stories. It is edited by Lauren Mills, based in London.' Below this is a 'Most Recent' section with a list of articles:

1. Who Needs Plaza II Anyway
2. Will Banks Be Forced to Split Retail And Banking Arms?
3. Timing of Ratings Award Intriguing
4. BP Kills Macondo, But Its Legacy Lives On
5. We Already Need a Sequel to Basel III



Кластеризация в Google News

The screenshot shows a web browser window displaying a CNN article. The address bar shows the URL: `edition.cnn.com/2010/US/09/20/gulf.oil.disaster/`. The page features the CNN logo and navigation menus for various regions and topics. The main headline is "Allen: Well is dead, but much Gulf Coast work remains" by the CNN Wire Staff, dated September 20, 2010. Below the headline is a video player with a "Click to play" button and a play icon. To the right of the video is a "Most Popular" section listing five trending stories. At the bottom, a "STORY HIGHLIGHTS" section begins with the text: "(CNN) -- The ruptured Macondo well, a mile under the Gulf of Mexico off the Louisiana coast, has been pronounced dead".



Кластеризация в Google News

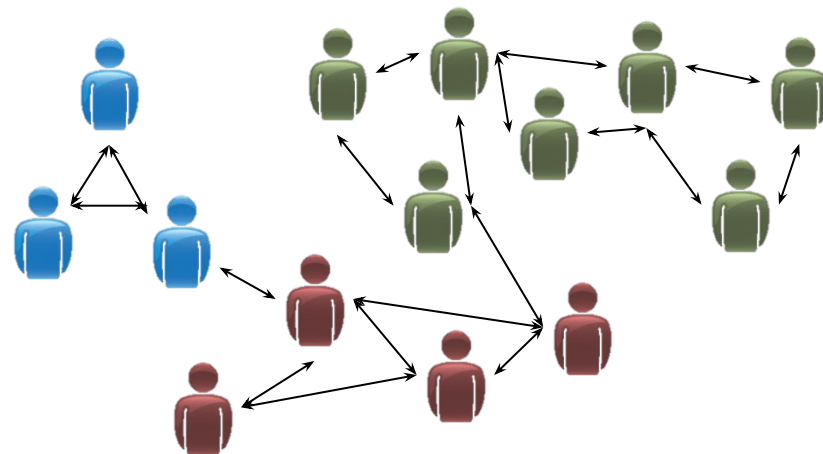
The screenshot shows a web browser window displaying a Guardian article. The address bar shows the URL: www.guardian.co.uk/environment/2010/sep/20/bp-oil-spill-deepwater-horizon-costs-10bn. The article title is "BP oil spill cost hits nearly \$10bn". The text states: "BP has set up a \$20bn compensation fund after the Deepwater Horizon disaster, which has so far paid out 19,000 claims totalling more than \$240m". The author is Julia Kollwe, dated Monday 20 September 2010 08.33 BST. A large image shows an offshore oil rig on fire with thick black smoke rising into the sky. Social media sharing options for Twitter, Facebook, and LinkedIn are visible. A sidebar on the right contains a "BP oil spill news on Twitter" section with tweets from BP_America and guardianeco. Below that is an "On Business" section with a "Last 24 hours" filter and a headline "1. Britain keeps AAA credit rating".



Еще несколько примеров кластеризации!



Организация компьютерных кластеров



Анализ социальных сетей



Сегментация рынка



Анализ астрономических данных



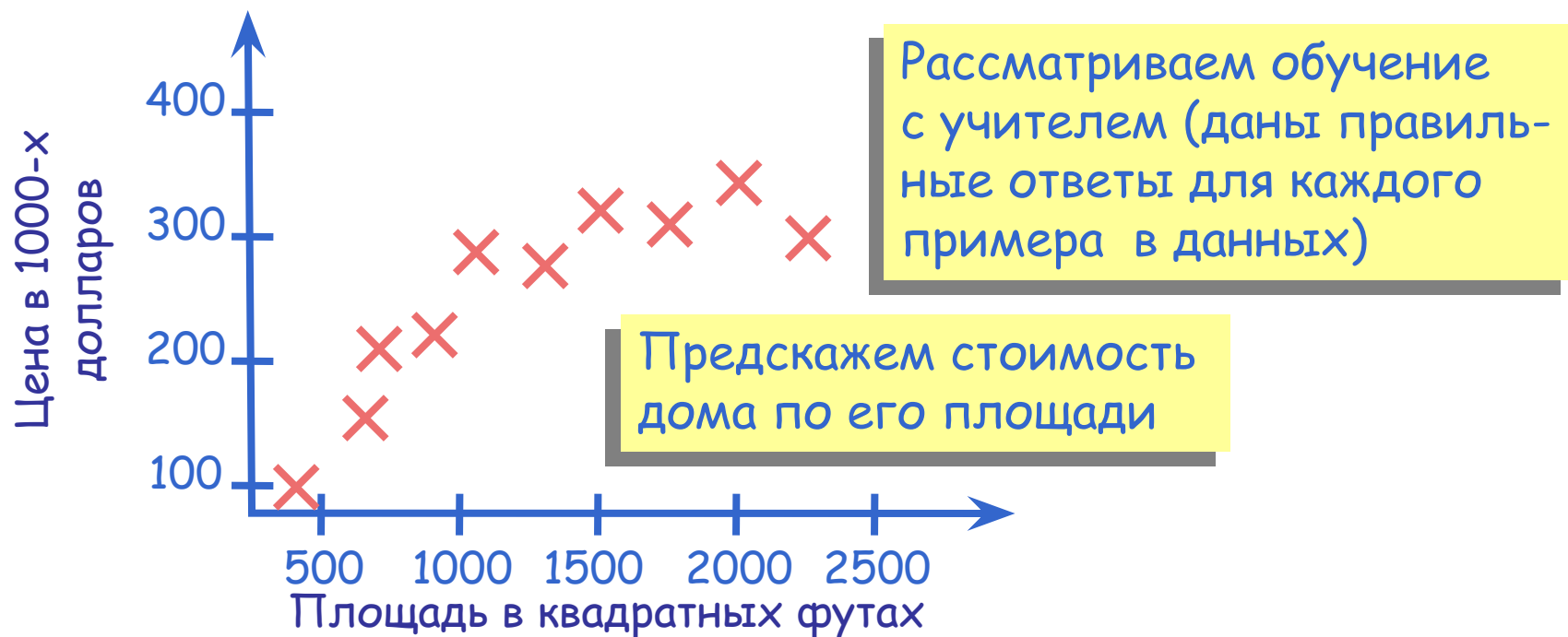
Алгоритмы машинного обучения

- ✓ **Обучение по алгоритму типа «кнут и пряник» или стимулированное обучение (Reinforcement Learning).** Алгоритм машинного обучения получает подсказку, когда его ответ является ошибочным и не получает, когда ответ является правильным
- ✓ **Эволюционное обучение (Evolutionary Learning).** Биологические организмы адаптируются для того, чтобы улучшить свою выживаемость и шансы иметь потомство в окружающей их среде. Смоделируем подобное на компьютере!



Линейная регрессия с одной переменной

- ✓ Регрессия (предсказание непрерывной выходной величины, например, цены на недвижимость)





Линейная регрессия с одной переменной

✓ Тренировочное множество данных (скажем, всего m)

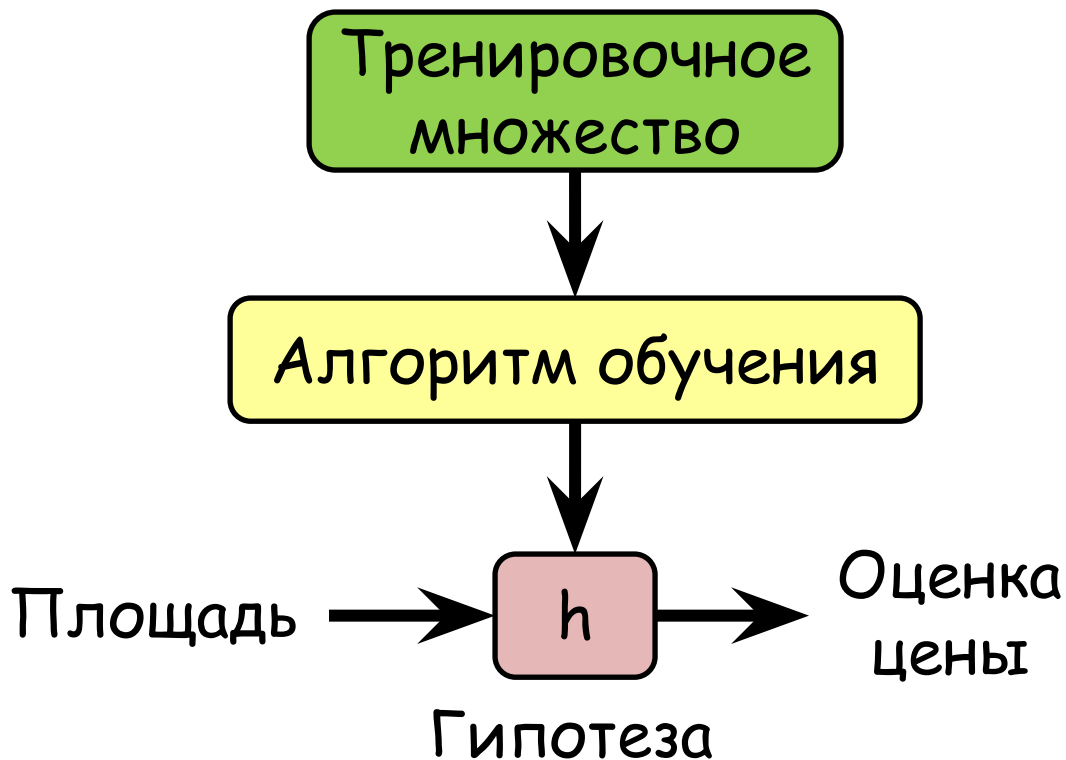
Площадь (фут ²) - x	Цена в 1000-х (\$) - y
2104	460
1416	232
1534	315
852	178
...	...

Обозначения: m = число тренировочных примеров
 x = «входная» переменная / свойство
 y = «выходная» переменная / «метка»
 $(x^{(i)}, y^{(i)})$ = i -й тренировочный пример



Линейная регрессия с одной переменной

✓ Последовательность действий



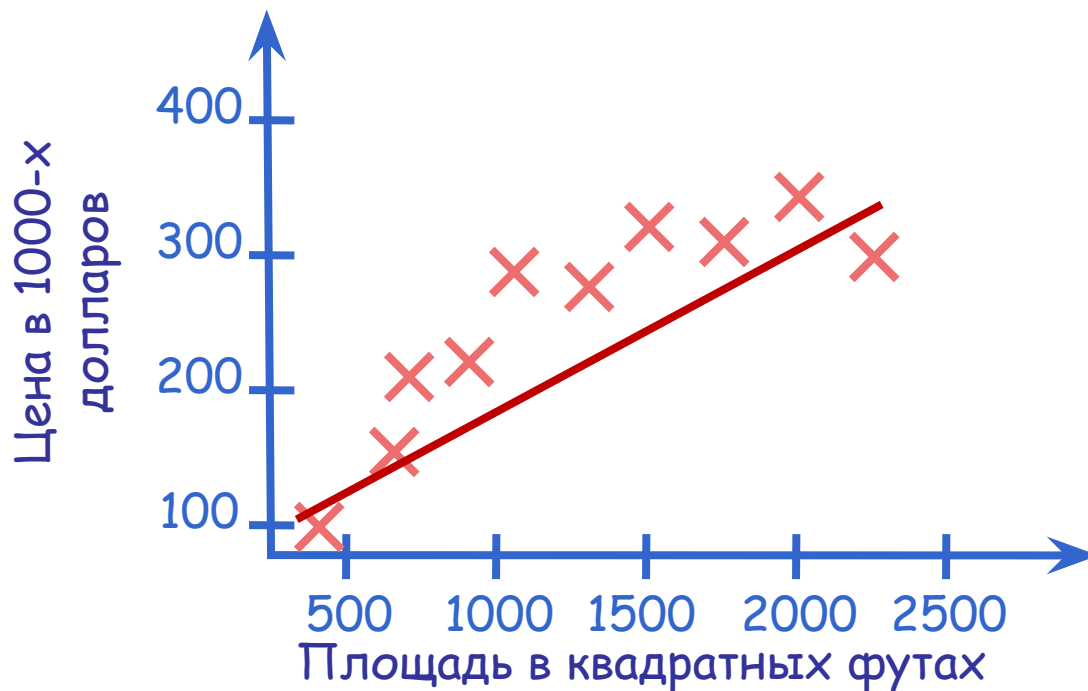
Гипотеза h выглядит так: $h_Q(x) = Q_0 + Q_1 x$

Как оценить Q_0 и Q_1 ?



Линейная регрессия с одной переменной

✓ Последовательность действий



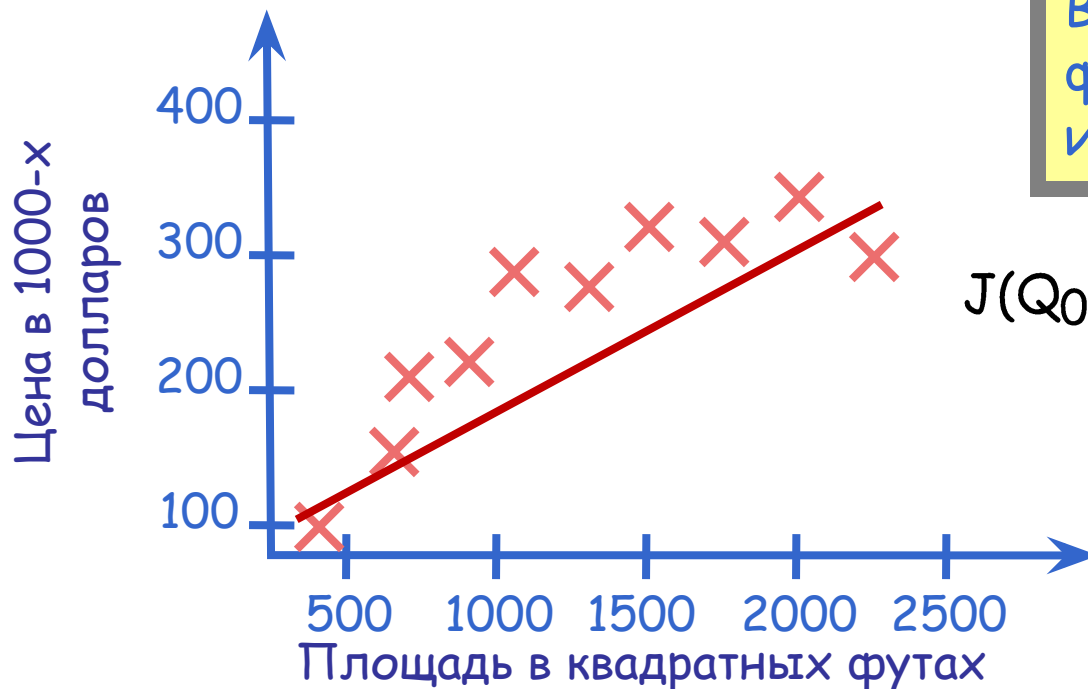
Гипотеза h выглядит так: $h_Q(x) = Q_0 + Q_1 x$

Как оценить Q_0 и Q_1 ?



Стоимостная функция (Cost Function)

Идея! Выбрать Q_0 и Q_1 так, чтобы $h_Q(x)$ являлась близкой к значениям y для всех тренировочных примеров



Введем стоимостную функцию $J(Q_0, Q_1)$ и минимизируем ее:

$$J(Q_0, Q_1) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h_Q(x^{(i)}) - y^{(i)})^2,$$

$$\min_{Q_0, Q_1} J(Q_0, Q_1)$$



Как минимизировать стоимостную функцию для линейной регрессии с одной переменной?

- ✓ Использование нормальных уравнений (normal equation)
 - ✓ Рассмотрим на следующей лекции
 - ✓ Подход работает только для линейной регрессии
- ✓ Использование методов численной оптимизации, например, метода градиентного спуска
 - ✓ Рассмотрим на этой лекции. Более конкретно будем рассматривать групповой градиентный спуск («Batch» Gradient Descent). Групповой означает, что на каждом этапе градиентного спуска используются все тренировочные примеры
 - ✓ Подход может быть использован и для других методов машинного обучения, например, нейронных сетей

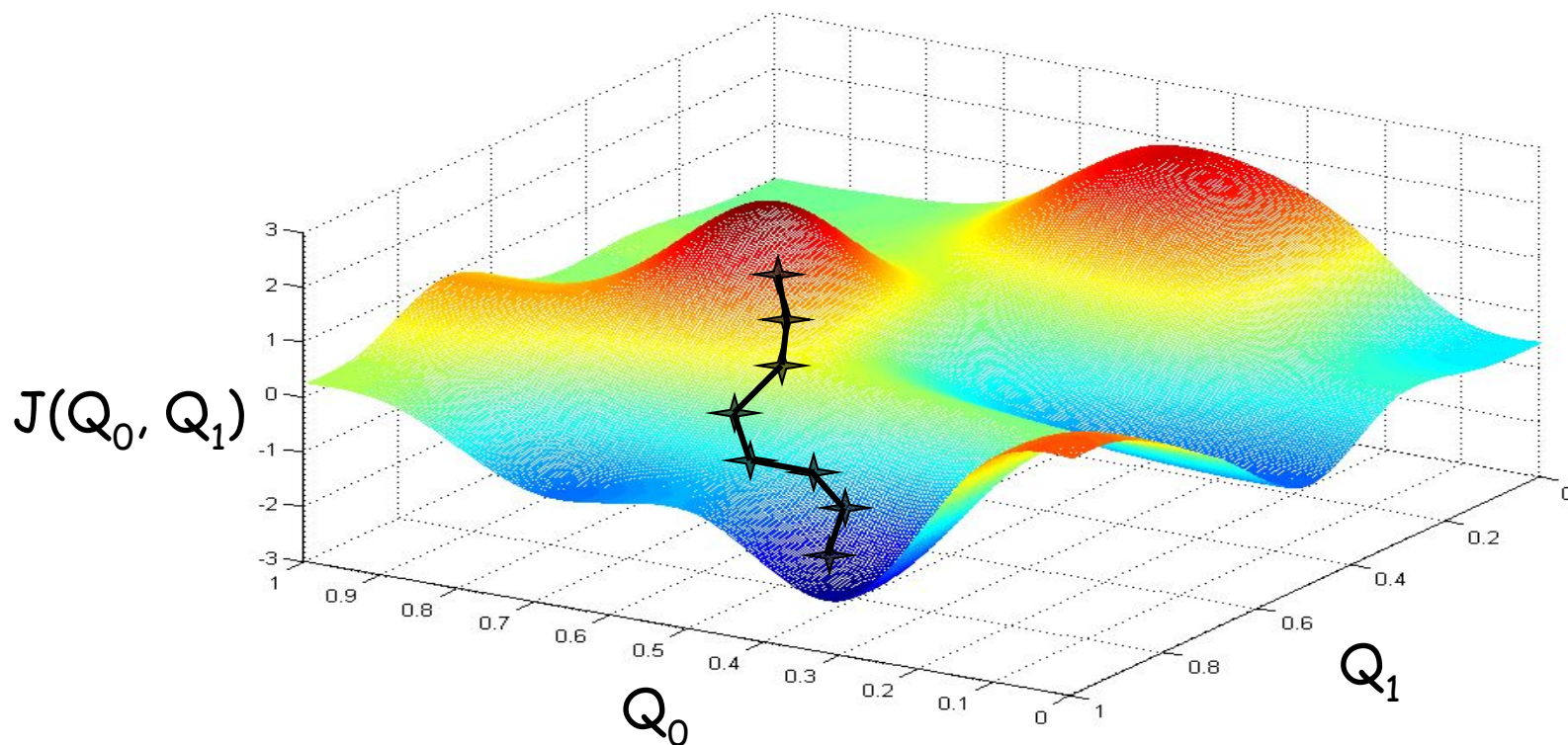


Метод градиентного спуска

- ✓ Постановка задачи
 - ✓ Имеется некоторая стоимостная функция $J(Q_0, Q_1)$
 - ✓ Необходимо найти такие значения Q_0, Q_1 , чтобы функция $J(Q_0, Q_1)$ стала минимальной
- ✓ Решение задачи
 - ✓ Стартуем из некоторых значений Q_0, Q_1 , например, равных величине ноль
 - ✓ Продолжаем изменение значений Q_0, Q_1 до тех пор, пока не достигнем минимума. Минимум достигим не всегда!

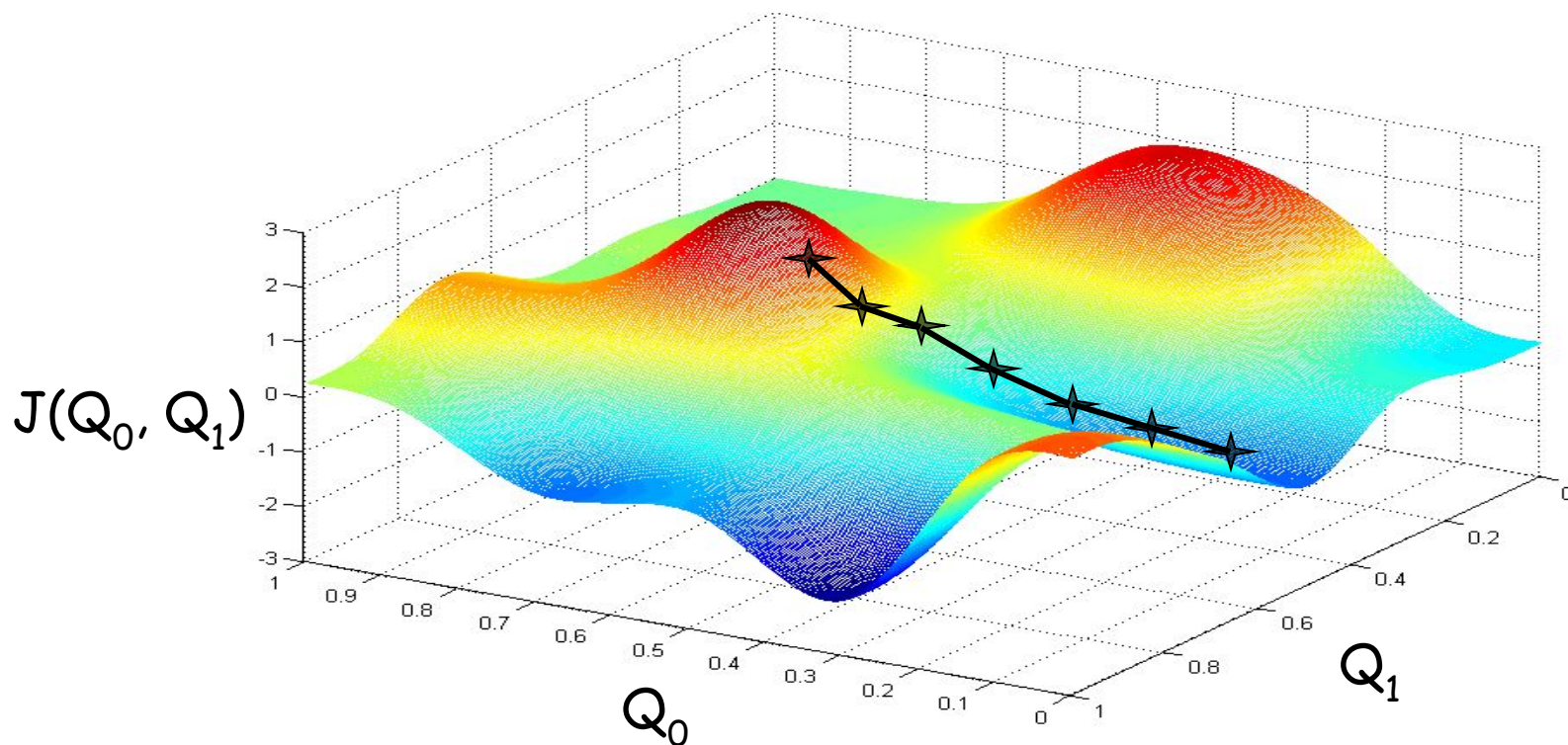


Пример работы градиентного спуска





Пример работы градиентного спуска





Метод градиентного спуска. Реализация

repeat until convergence

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_j = Q_j - \alpha \frac{\partial}{\partial Q_j} J(Q_0, Q_1); \quad (j = 0 \text{ и } j = 1) \end{array} \right.$$

Правильная реализация
(параметры Q_0 , Q_1
обновляются одновременно)

$$\text{temp0} = Q_0 - \alpha \frac{\partial}{\partial Q_0} J(Q_0, Q_1);$$

$$\text{temp1} = Q_1 - \alpha \frac{\partial}{\partial Q_1} J(Q_0, Q_1);$$

$$Q_0 = \text{temp0};$$

$$Q_1 = \text{temp1};$$

Неправильная реализация
(параметры Q_0 , Q_1 обновляются
не одновременно)

$$\text{temp0} = Q_0 - \alpha \frac{\partial}{\partial Q_0} J(Q_0, Q_1);$$

$$Q_0 = \text{temp0};$$

$$\text{temp1} = Q_1 - \alpha \frac{\partial}{\partial Q_1} J(Q_0, Q_1);$$

$$Q_1 = \text{temp1};$$



Метод градиентного спуска. Реализация

- ✓ Скорость сходимости алгоритма регулируется параметром α
 - ✓ Если α маленькое, то градиентный спуск может быть медленным
 - ✓ Если α большое, то градиентный спуск может проскочить минимум. Алгоритм может не сходиться или даже расходиться
- ✓ Градиентный спуск может сходиться к локальному минимуму, даже если α является фиксированным
 - ✓ При приближении к локальному минимуму градиентный спуск будет автоматически выполнять более малые шаги. Поэтому нет необходимости уменьшать α через некоторое время



Градиентный спуск для линейной регрессии

repeat until convergence

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_j = Q_j - \alpha \frac{\partial}{\partial Q_j} J(Q_0, Q_1); \quad (j = 0 \text{ и } j = 1) \end{array} \right.$$

✓ Вычислив производные получим

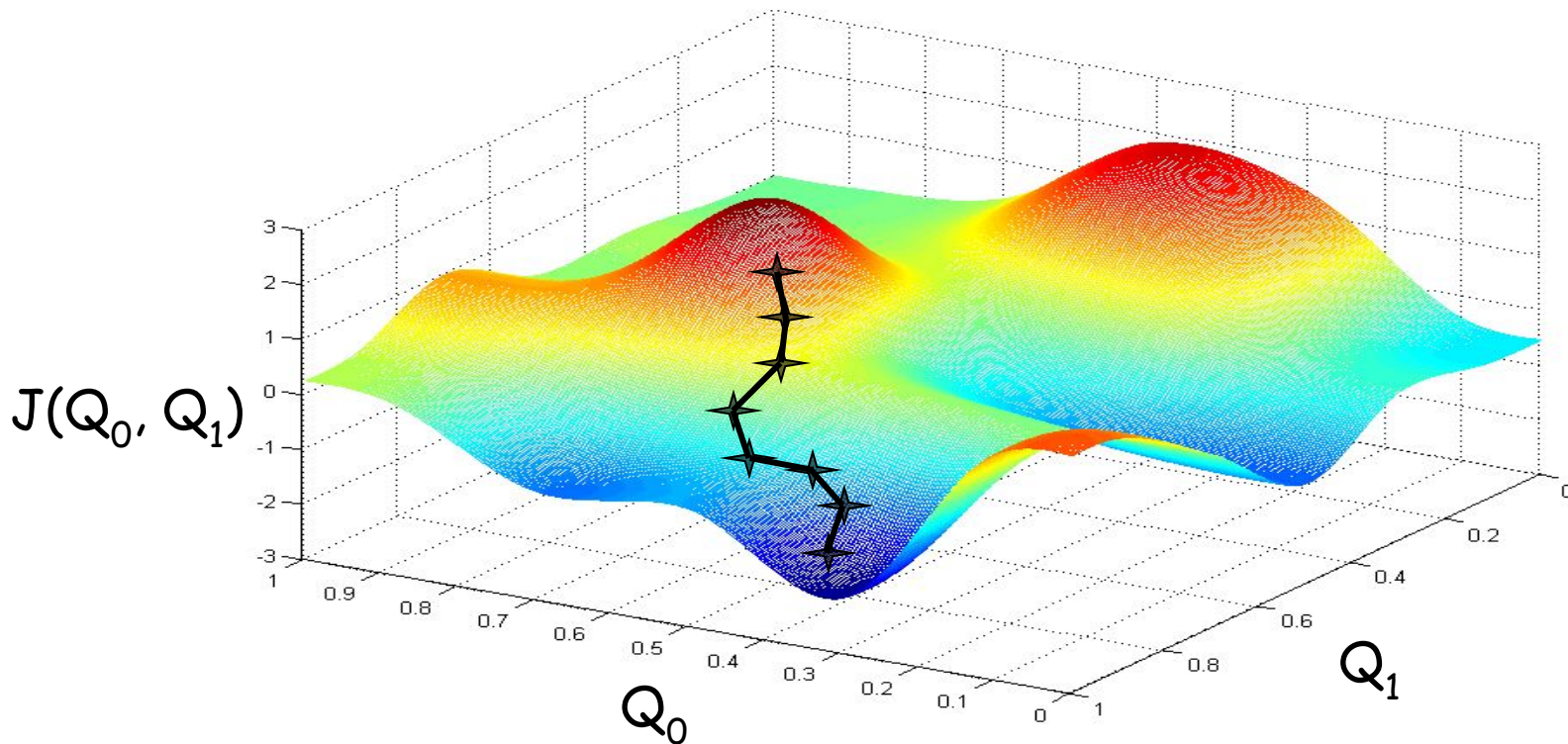
repeat until convergence

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_0 = Q_0 - \alpha \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_Q(x^{(i)}) - y^{(i)}); \\ Q_1 = Q_1 - \alpha \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_Q(x^{(i)}) - y^{(i)}) x^{(i)}; \end{array} \right.$$

параметры Q_0 , Q_1
обновляются
одновременно

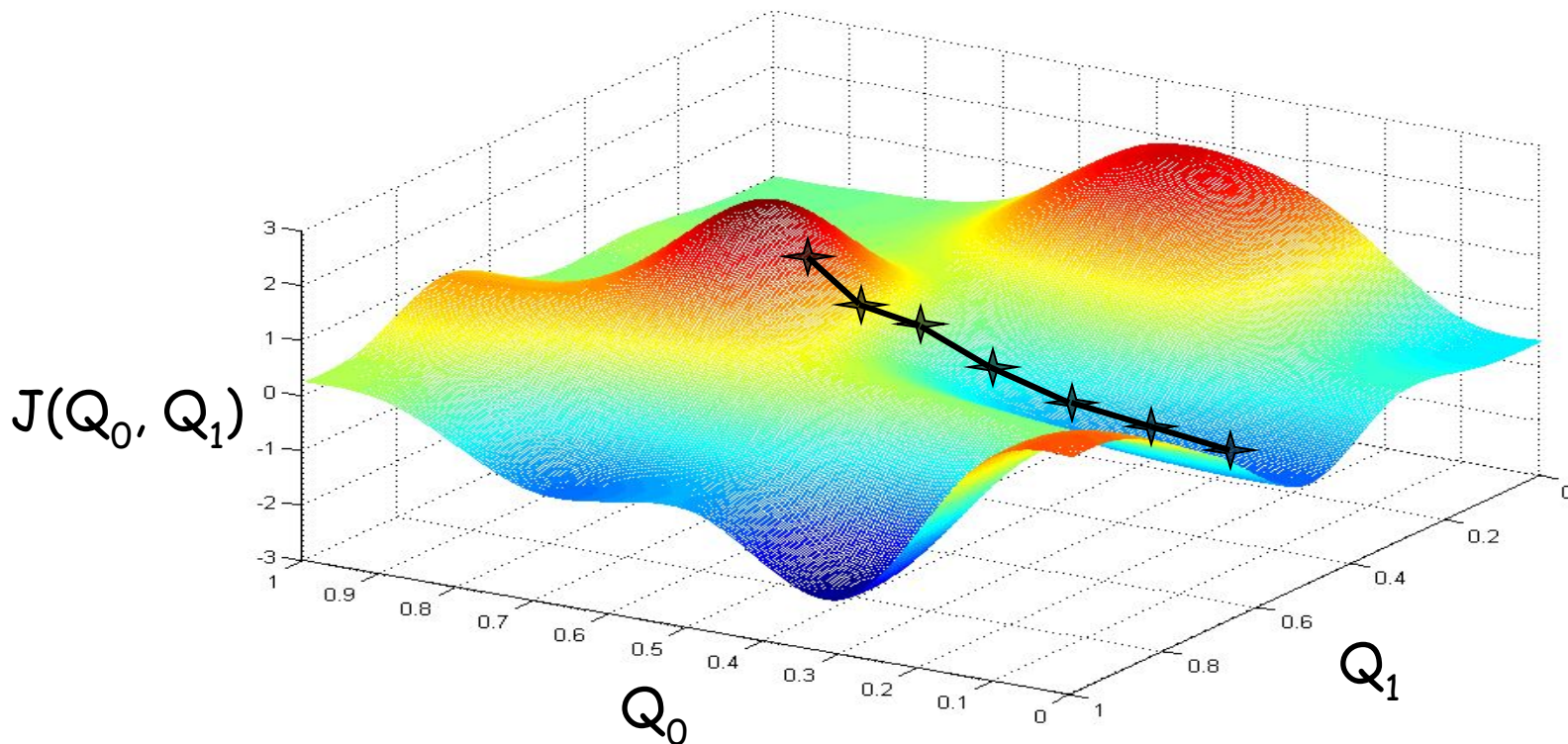


Пример формы стоимостной функции



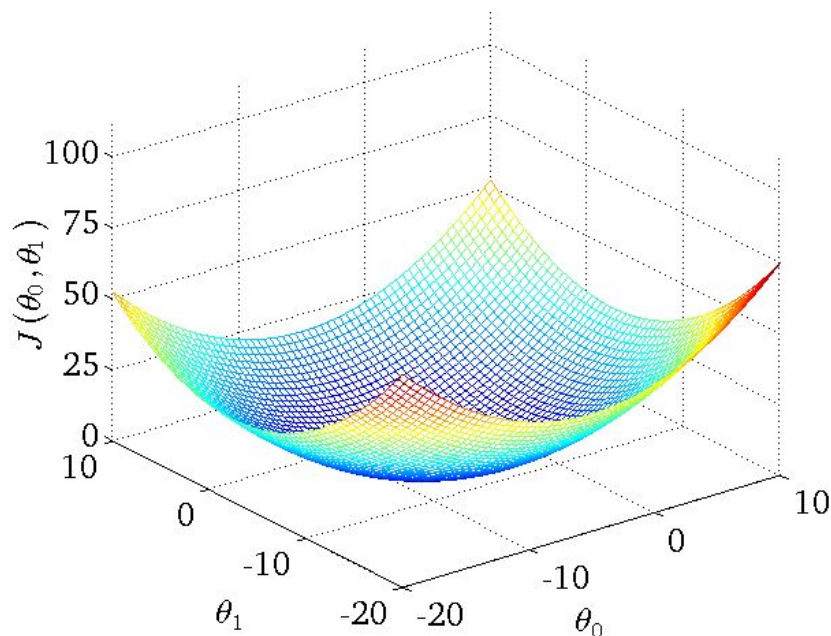


Пример формы стоимостной функции





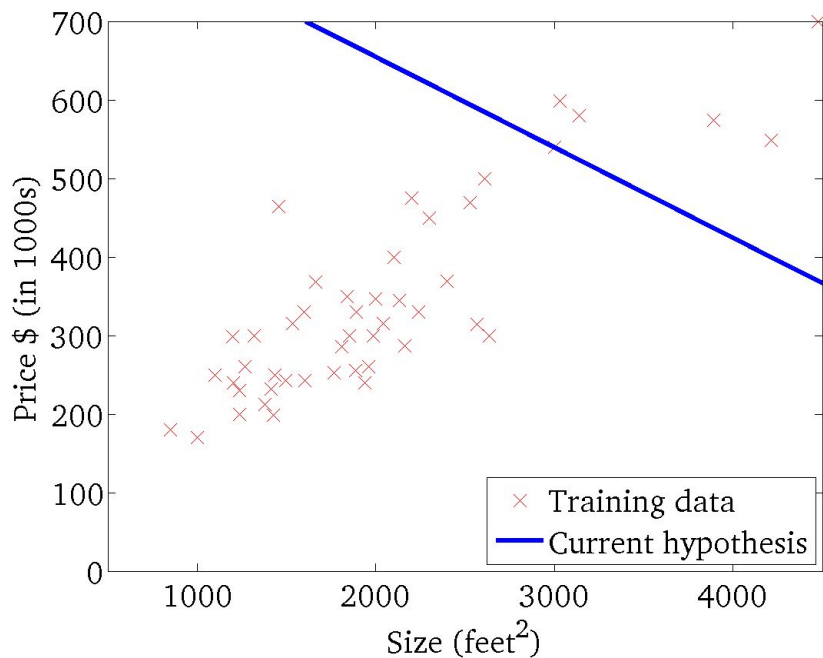
Пример формы стоимостной функции для линейной регрессии



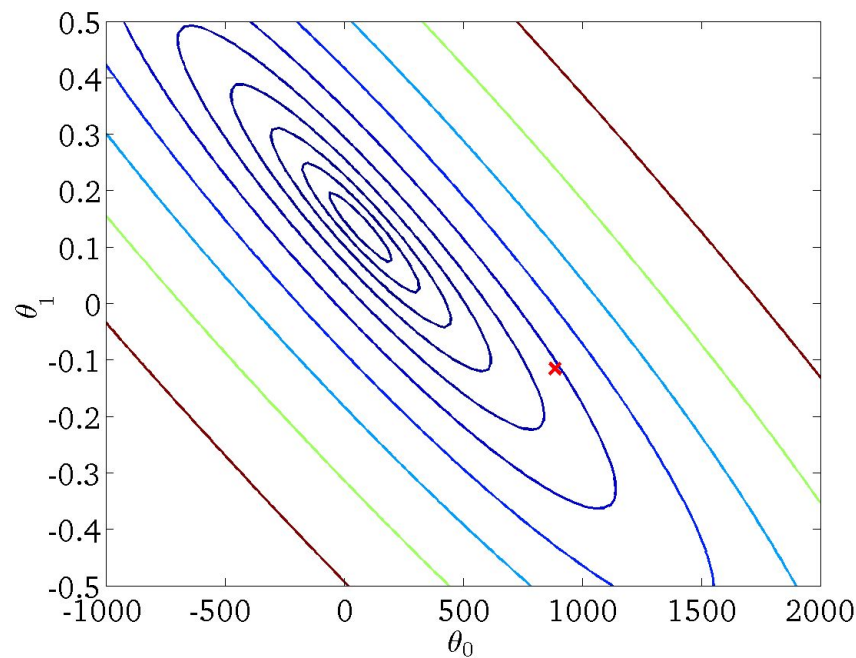
Функция $J(\theta_0, \theta_1)$ является выпуклой



Пример работы градиентного спуска для линейной регрессии



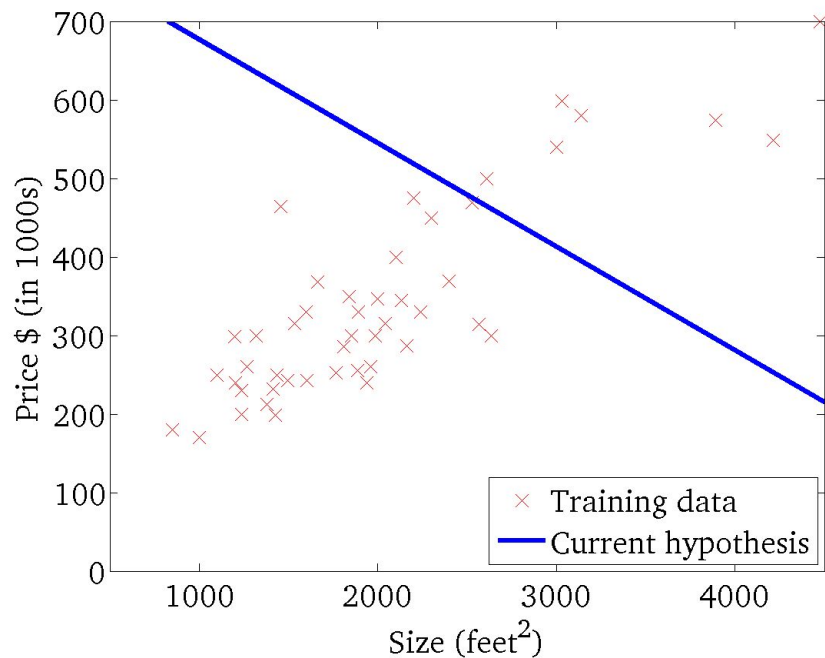
$h_Q(x)$ - это функция x для фиксированных Q_0 и Q_1



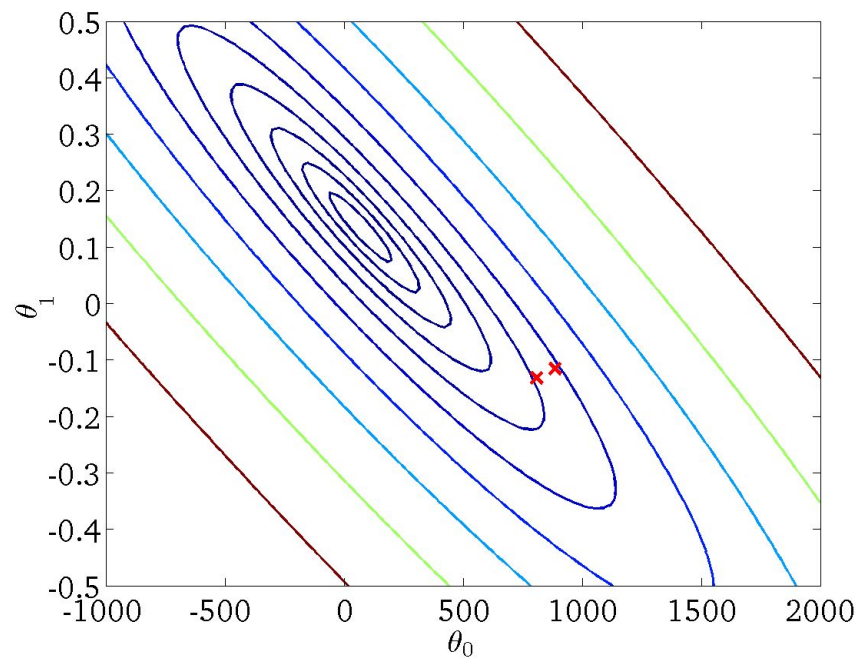
$J(Q_0, Q_1)$ - это функция параметров Q_0 и Q_1



Пример работы градиентного спуска для линейной регрессии



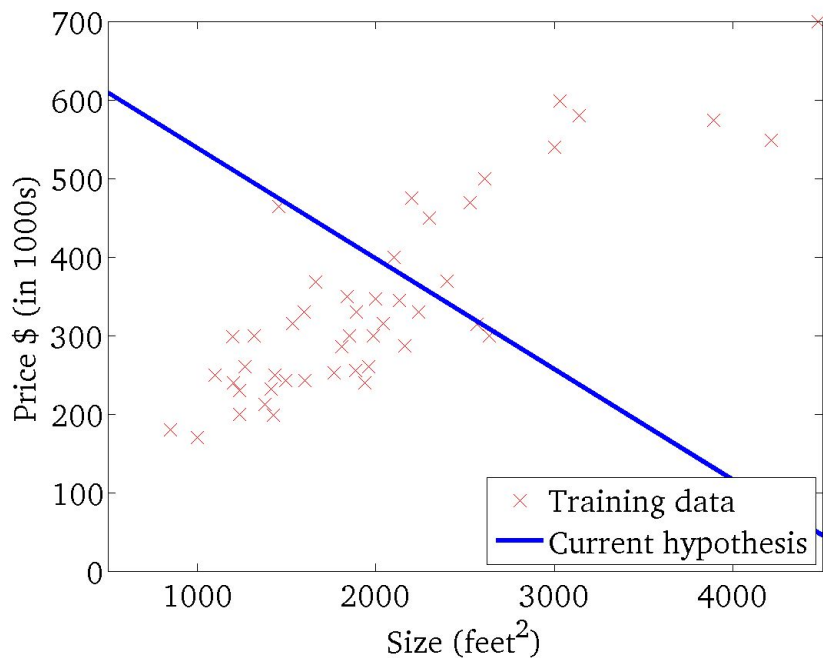
$h_Q(x)$ - это функция x для фиксированных Q_0 и Q_1



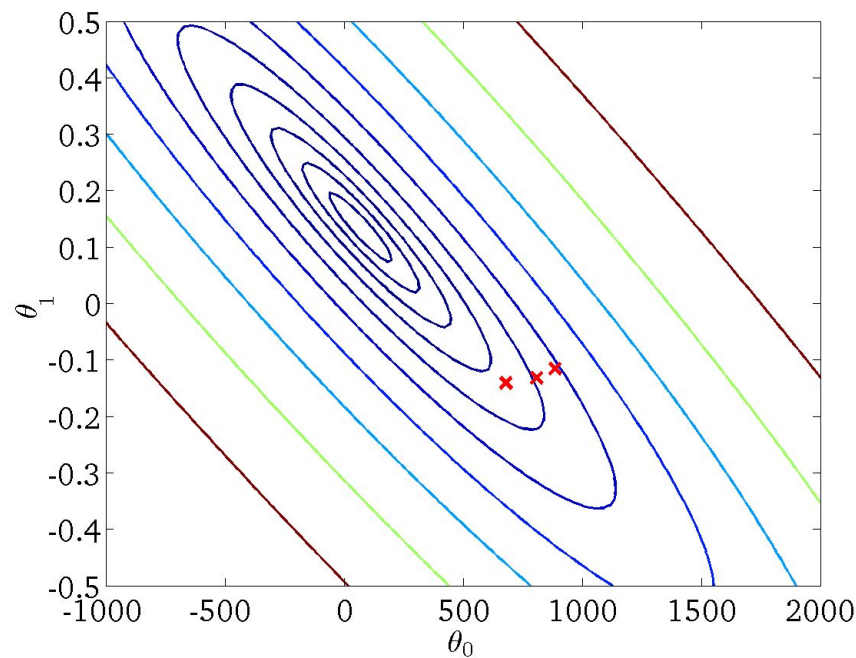
$J(Q_0, Q_1)$ - это функция параметров Q_0 и Q_1



Пример работы градиентного спуска для линейной регрессии



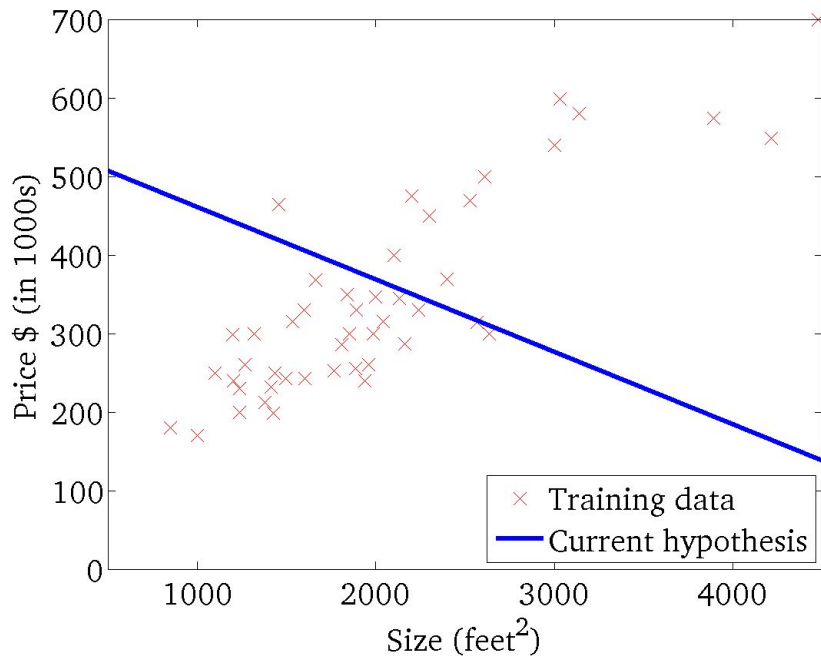
$h_Q(x)$ - это функция x для фиксированных Q_0 и Q_1



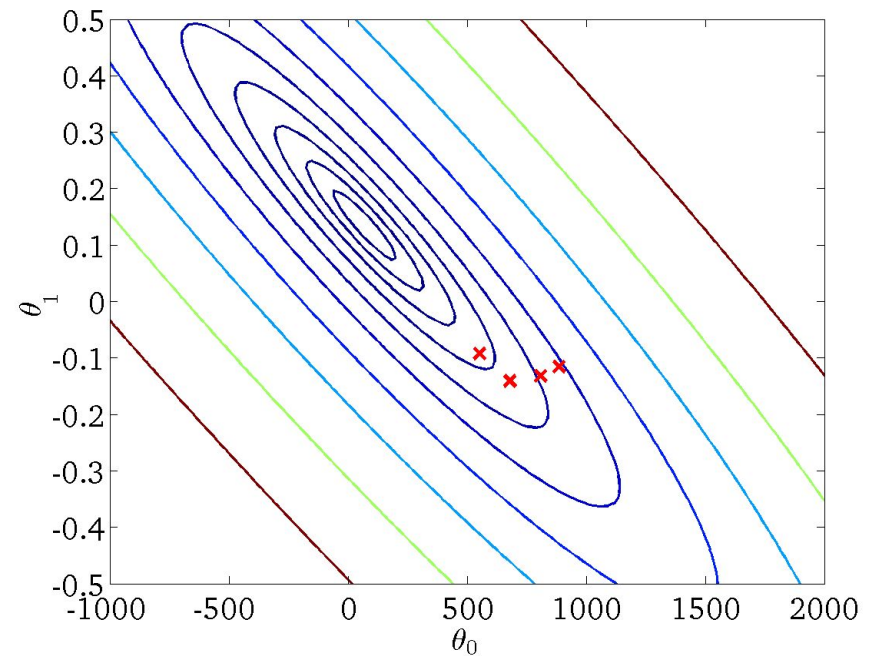
$J(Q_0, Q_1)$ - это функция параметров Q_0 и Q_1



Пример работы градиентного спуска для линейной регрессии



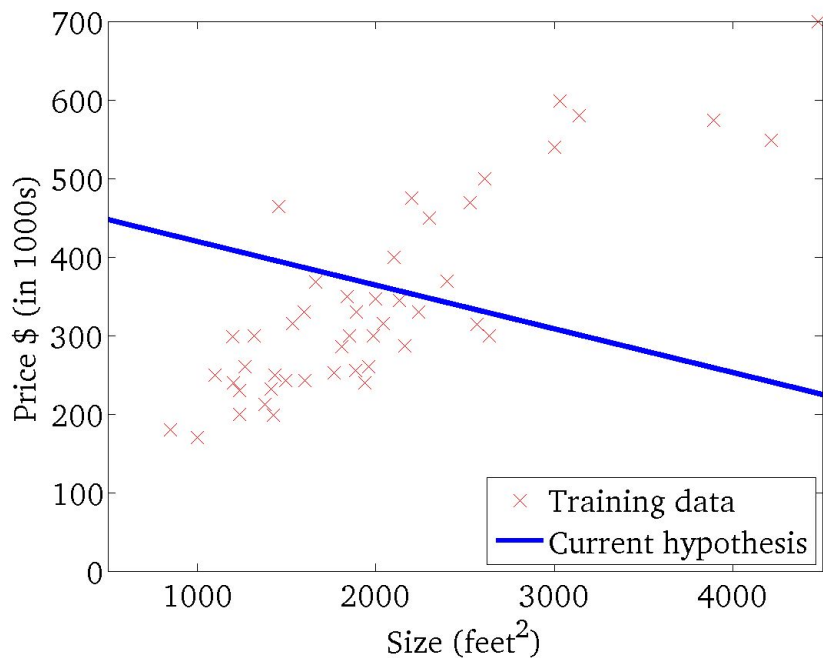
$h_Q(x)$ - это функция x для фиксированных Q_0 и Q_1



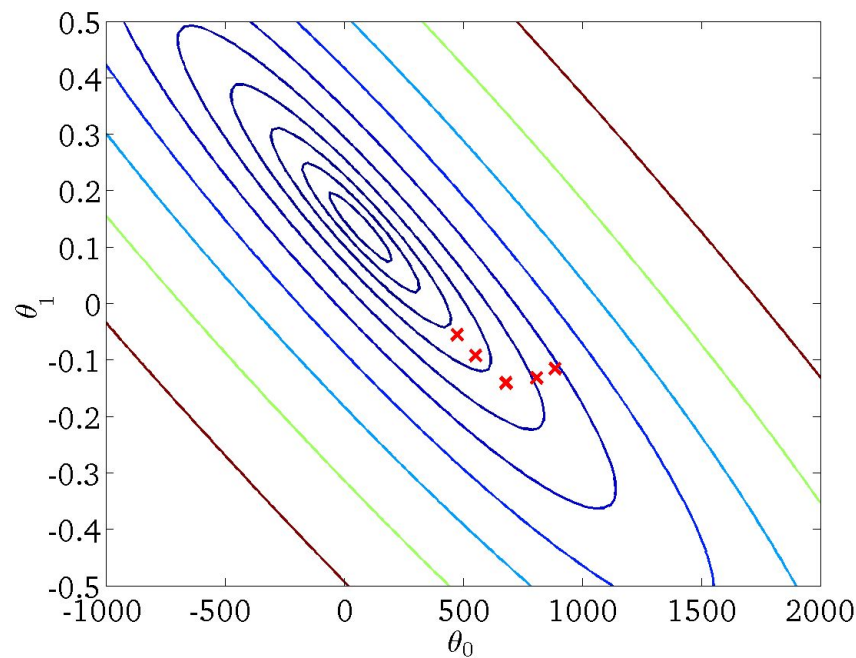
$J(Q_0, Q_1)$ - это функция параметров Q_0 и Q_1



Пример работы градиентного спуска для линейной регрессии



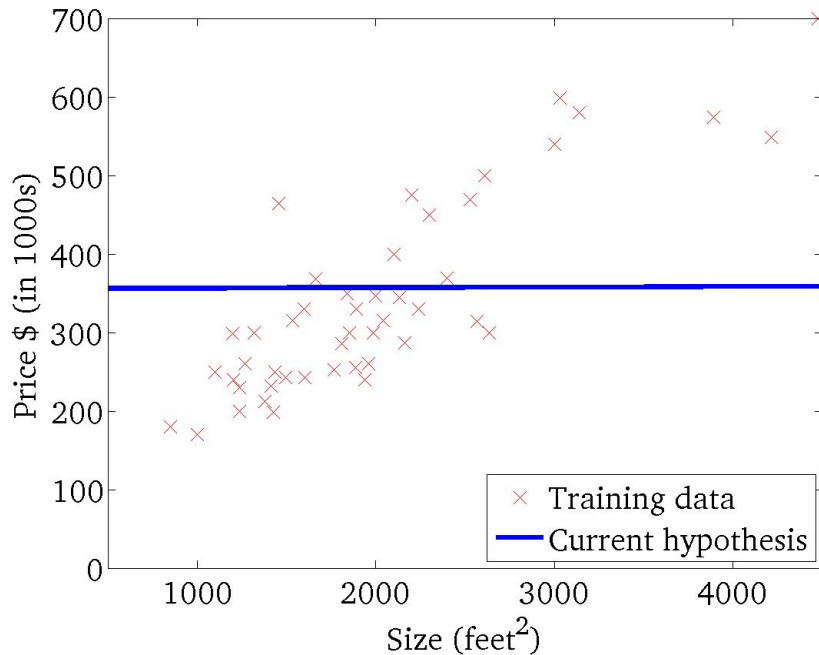
$h_Q(x)$ - это функция x для фиксированных Q_0 и Q_1



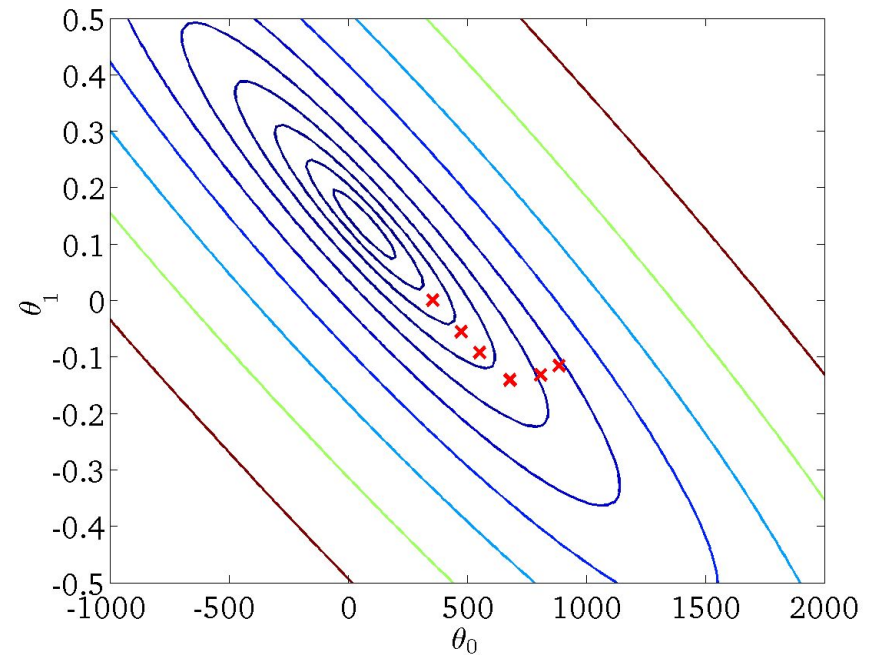
$J(Q_0, Q_1)$ - это функция параметров Q_0 и Q_1



Пример работы градиентного спуска для линейной регрессии



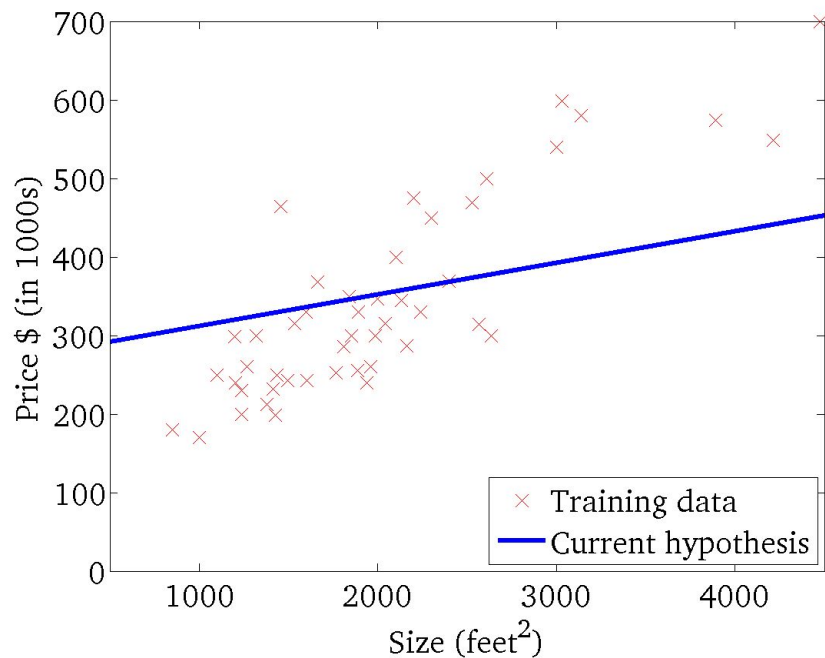
$h_Q(x)$ - это функция x для фиксированных Q_0 и Q_1



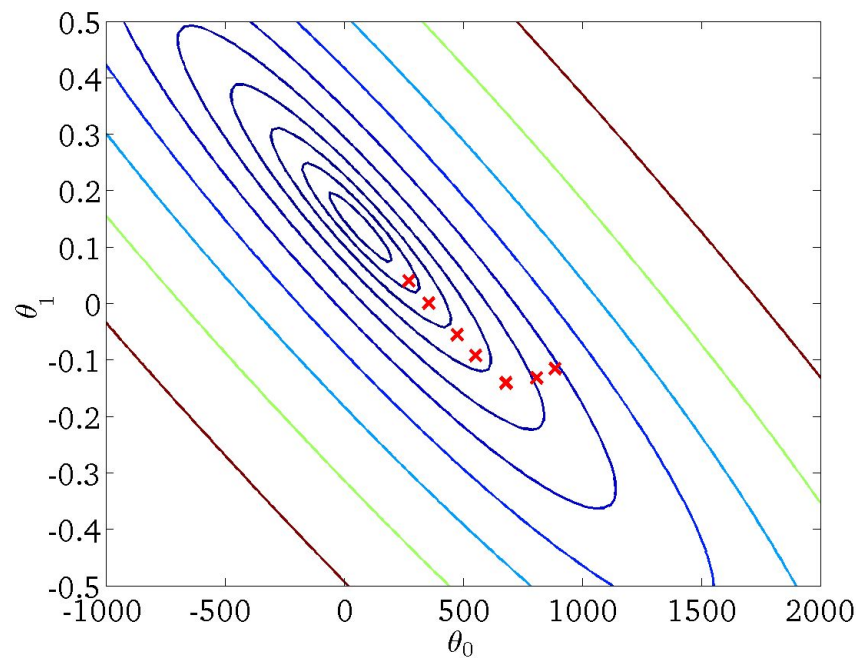
$J(Q_0, Q_1)$ - это функция параметров Q_0 и Q_1



Пример работы градиентного спуска для линейной регрессии



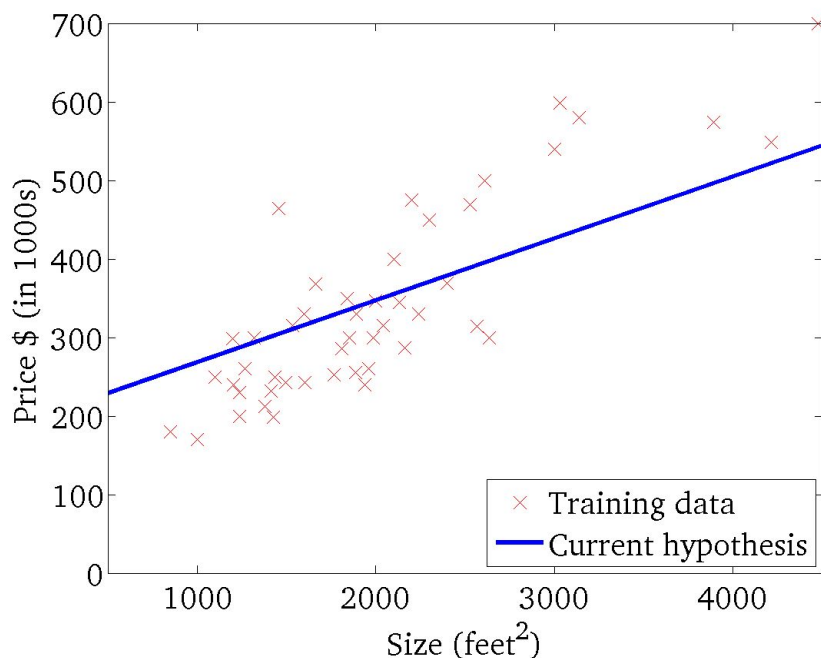
$h_Q(x)$ - это функция x для фиксированных Q_0 и Q_1



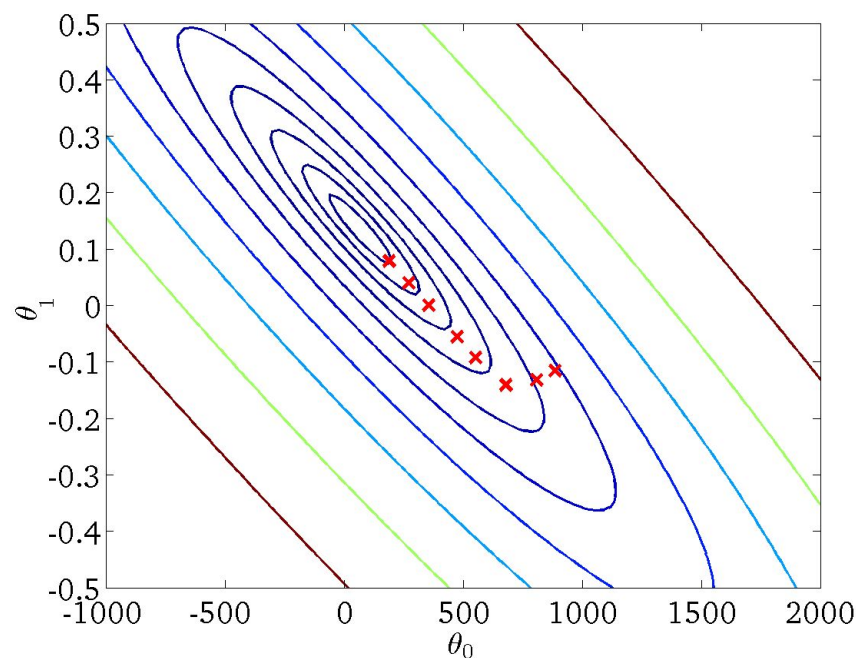
$J(Q_0, Q_1)$ - это функция параметров Q_0 и Q_1



Пример работы градиентного спуска для линейной регрессии



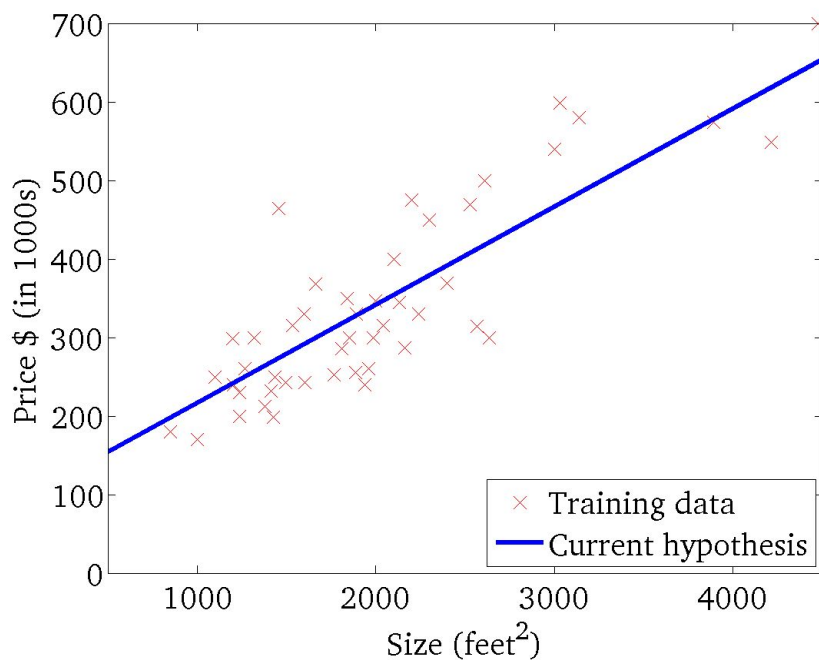
$h_Q(x)$ - это функция x для фиксированных Q_0 и Q_1



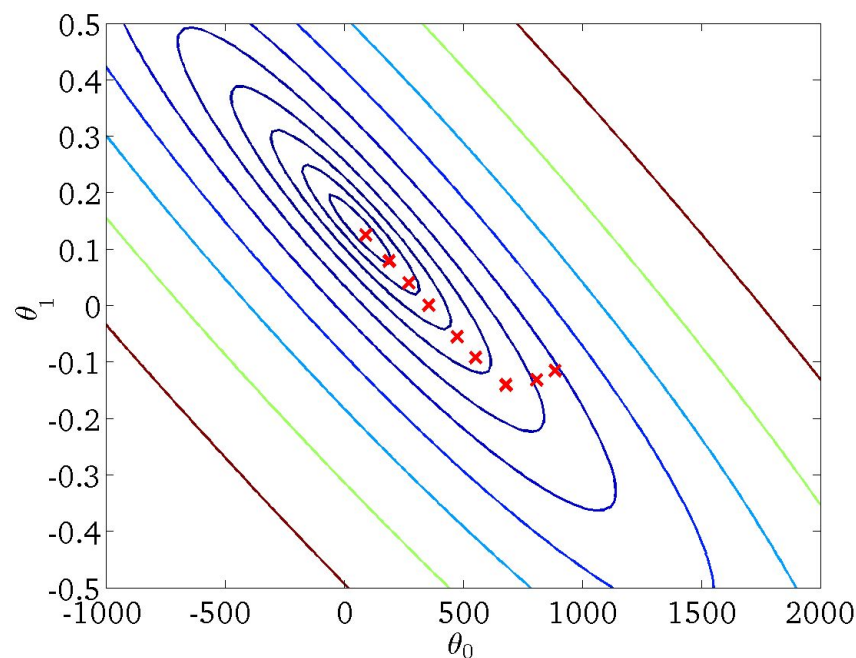
$J(Q_0, Q_1)$ - это функция параметров Q_0 и Q_1



Пример работы градиентного спуска для линейной регрессии



$h_Q(x)$ - это функция x для фиксированных Q_0 и Q_1



$J(Q_0, Q_1)$ - это функция параметров Q_0 и Q_1



Данные, данные, данные ...

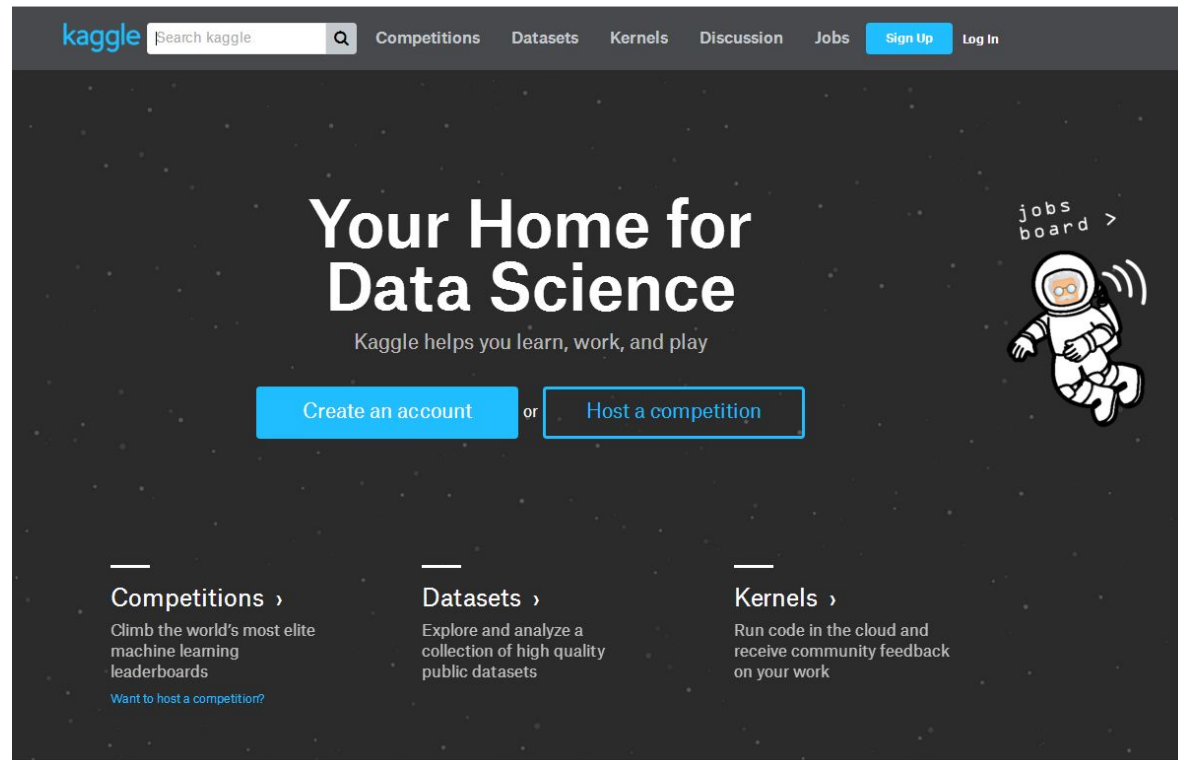
- ✓ К.В. Воронцов (ШАД Яндекс): «Кто обучает машину? Может быть мы? Может быть вы? Оба ответа неверны. Машина обучается на данных! Они называются обучающей выборкой»





Kaggle помогает вам учиться, работать и играть

✓ Соревнования, базы данных и программные коды на www.kaggle.com





Конкурс PASCAL VOC

- ✓ Pattern Analysis, Statistical Modeling and Computational Learning Visual Object Classes Challenge
 - ✓ Конкурс больше не проводится
 - ✓ Доступны материалы прошлых лет (базы данных, отчеты и т.п.)





База данных ImageNet

✓ Большая база данных цифровых изображений

IMAGENET

14,197,122 images, 21841 synsets indexed

[Explore](#) [Download](#) [Challenges](#) [Publications](#) [CoolStuff](#) [About](#)

Not logged in. [Login](#) | [Signup](#)

ImageNet is an image database organized according to the **WordNet** hierarchy (currently only the nouns), in which each node of the hierarchy is depicted by hundreds and thousands of images. Currently we have an average of over five hundred images per node. We hope ImageNet will become a useful resource for researchers, educators, students and all of you who share our passion for pictures.

[Click here](#) to learn more about ImageNet, [Click here](#) to join the ImageNet mailing list.



What do these images have in common? *Find out!*

[Check out the ImageNet Challenge 2016](#)

© 2016 Stanford Vision Lab, Stanford University, Princeton University support@image-net.org Copyright infringement



Благодарности

- ✓ В лекции использовались материалы курса:
- ✓ Andrew Ng. Machine Learning (online class), 2012. Stanford University, www.coursera.org/course/ml



Куррикулум витте Эндрю здесь: <http://ai.stanford.edu/~ang/>