

# Основные понятия и примеры прикладных задач

Презентация: ([PDF, 1,4 МБ](#)) — обновление 08.10.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Постановка задач обучения по прецедентам. Объекты и признаки. Типы шкал: бинарные, номинальные, порядковые, количественные.
- Типы задач: [классификация](#), [регрессия](#), [прогнозирование](#), [ранжирование](#).
- Основные понятия: [модель алгоритмов](#), [метод обучения](#), [функция потерь](#) и функционал качества, [принцип минимизации эмпирического риска](#), [обобщающая способность](#), [скользящий контроль](#).
- Линейные модели регрессии и классификации. Метод наименьших квадратов. Полиномиальная регрессия.
- Примеры прикладных задач.
- Методика экспериментального исследования и сравнения алгоритмов на модельных и реальных данных.
- Конкурсы по анализу данных kaggle.com. [Полигон алгоритмов классификации](#).
- [CRISP-DM](#) — межотраслевой стандарт ведения проектов [интеллектуального анализа данных](#).

## Линейный классификатор и стохастический градиент

Презентация: ([PDF, 1,1 МБ](#)) — обновление 08.10.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- [Линейный классификатор](#), модель МакКаллока-Питтса, непрерывные аппроксимации пороговой функции потерь.
- [Метод стохастического градиента](#) SG.
- [Метод стохастического среднего градиента](#) SAG.
- Эвристики: инициализация весов, порядок предъявления объектов, выбор величины градиентного шага, «выбывание» из локальных минимумов.
- Проблема мультиколлинеарности и переобучения, регуляризация или [редукция весов](#) (weight decay).
- Вероятностная постановка задачи классификации. Принцип максимума правдоподобия.
- Вероятностная интерпретация регуляризации, совместное правдоподобие данных и модели. Принцип максимума апостериорной вероятности.
- Гауссовский и лапласовский регуляризаторы.
- [Логистическая регрессия](#). Принцип максимума правдоподобия и логарифмическая функция потерь. [Метод стохастического градиента](#) для логарифмической функции потерь. Многоклассовая логистическая регрессия. Регуляризованная логистическая регрессия. [Калибровка Платта](#).

## Нейронные сети: градиентные методы оптимизации

Презентация: ([PDF, 1,4 МБ](#)) — обновление 08.10.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Биологический нейрон, [модель МакКаллока-Питтса](#) как [линейный классификатор](#). Функции активации.
- Проблема полноты. [Задача исключаящего или](#). Полнота двухслойных сетей в пространстве булевых функций.
- [Алгоритм обратного распространения ошибок](#).
- Быстрые методы стохастического градиента: Поляка, Нестерова, AdaGrad, RMSProp, AdaDelta, Adam, Nadam, [диагональный метод Левенберга-Марквардта](#).
- Проблема взрыва градиента и эвристика gradient clipping.
- Метод случайных отключений нейронов (Dropout). Интерпретации Dropout. Обратный Dropout и L2-регуляризация.

- Функции активации ReLU и PReLU. Проблема «паралича» сети.
- Эвристики для формирования начального приближения. Метод послойной настройки сети.
- Подбор структуры сети: методы постепенного усложнения сети, оптимальное прореживание нейронных сетей (optimal brain damage).

## Метрические методы классификации и регрессии

Презентация: (PDF, 3,2 МБ) — обновление 08.10.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Гипотезы компактности и непрерывности.
- Обобщённый метрический классификатор.
- Метод ближайших соседей  $k$ NN и его обобщения. Подбор числа  $k$  по критерию скользящего контроля.
- Метод окна Парзена с постоянной и переменной шириной окна.
- Метод потенциальных функций и его связь с линейной моделью классификации.
- Задача отбора эталонов. Полный скользящий контроль (CCV), формула быстрого вычисления для метода 1NN. Профиль компактности.
- Отбор эталонных объектов на основе минимизации функционала полного скользящего контроля.
- Непараметрическая регрессия. Локально взвешенный метод наименьших квадратов. Ядерное сглаживание.
- Оценка Надарая-Ватсона с постоянной и переменной шириной окна. Выбор функции ядра и ширины окна сглаживания.
- Задача отсева выбросов. Робастная непараметрическая регрессия. Алгоритм LOWESS.

## Метод опорных векторов

Презентация: (PDF, 1,1 МБ) — обновление 08.10.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Оптимальная разделяющая гиперплоскость. Понятие **зазора** между классами (margin).
- Случаи линейной разделимости и отсутствия линейной разделимости. Связь с минимизацией регуляризованного эмпирического риска. Кусочно-линейная функция потерь.
- Задача квадратичного программирования и двойственная задача. Понятие **опорных векторов**.
- Рекомендации по выбору константы  $C$ .
- Функция ядра (kernel functions), **спрямляющее пространство**, теорема Мерсера.
- Способы конструктивного построения ядер. Примеры ядер.
- SVM-регрессия.
- Регуляризации для отбора признаков: **LASSO SVM**, **Elastic Net SVM**, **SFM**, **RFM**.
- Метод релевантных векторов RVM

## Многомерная линейная регрессия

Презентация: (PDF, 1,2 МБ) — обновление 08.10.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Задача регрессии, многомерная линейная регрессия.
- Метод наименьших квадратов, его вероятностный смысл и геометрический смысл.
- Сингулярное разложение.
- Проблемы мультиколлинеарности и переобучения.
- **Регуляризация**. Гребневая регрессия через сингулярное разложение.
- Методы отбора признаков: Лассо Тибширани, **Elastic Net**, сравнение с гребневой регрессией.
- Метод главных компонент и **декоррелирующее преобразование** Карунена-Лозва, его связь с сингулярным разложением.
- Спектральный подход к решению задачи наименьших квадратов.

- Задачи и методы низкоранговых матричных разложений.

## Нелинейная регрессия

Презентация: ([PDF, 0,7 МБ](#)) — обновление 6.11.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- [Метод Ньютона-Рафсона](#), [метод Ньютона-Гаусса](#).
- Обобщённая аддитивная модель (GAM): [метод настройки с возвращениями](#) (backfitting) Хастингса-Тибширани.
- [Логистическая регрессия](#). [Метод наименьших квадратов с итеративным пересчётом весов](#) (IRLS). Пример прикладной задачи: кредитный скоринг. Бинаризация признаков. Скоринговые карты и оценивание вероятности дефолта. *Риск кредитного портфеля банка.*
- [Обобщённая линейная модель](#) (GLM). Экспоненциальное семейство распределений.
- Неквадратичные функции потерь. Метод наименьших модулей. Квантильная регрессия. Пример прикладной задачи: прогнозирование потребительского спроса.
- Робастная регрессия, функции потерь с горизонтальными асимптотами.

## Критерии выбора моделей и методы отбора признаков

Текст лекций: ([PDF, 330 КБ](#)).

Презентация: ([PDF, 1,5 МБ](#)) — обновление 6.11.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Критерии качества классификации: чувствительность и специфичность, ROC-кривая и AUC, точность и полнота, AUC-PR.
- Внутренние и **внешние критерии**. Эмпирические и аналитические критерии.
- [Скольльзящий контроль](#), разновидности эмпирических оценок скользящего контроля. **Критерий непротиворечивости**.
- Разновидности аналитических оценок. **Регуляризация**. [Критерий Акаике](#) (AIC). [Байесовский информационный критерий](#) (BIC). Оценка Вапника-Червоненкиса.
- Сложность задачи **отбора признаков**. **Полный перебор**.
- **Метод добавления и удаления**, шаговая регрессия.
- **Поиск в глубину**, метод ветвей и границ.
- Усечённый **поиск в ширину**, **многорядный итерационный алгоритм МГУА**.
- [Генетический алгоритм](#), его сходство с МГУА.
- **Случайный поиск** и **Случайный поиск с адаптацией** (СПА).

## Логические методы классификации

Текст лекций: ([PDF, 625 КБ](#)).

Презентация: ([PDF, 1.8 МБ](#)) — обновление 6.11.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Понятие [логической закономерности](#).
- Параметрические семейства закономерностей: конъюнкции пороговых правил, синдромные правила, шары, гиперплоскости.
- Переборные алгоритмы синтеза конъюнкций: **стохастический локальный поиск**, **стабилизация**, **редукция**.
- Двухкритериальный отбор информативных закономерностей, парето-оптимальный фронт в (p,n)-пространстве.
- Статистический критерий информативности, [точный тест Фишера](#). Сравнение областей эвристических и статистических закономерностей. Разнообразие критериев информативности в (p,n)-пространстве.

- **Решающее дерево.** Жадная нисходящая стратегия «разделяй и властвуй». **Алгоритм ID3.** Недостатки жадной стратегии и способы их устранения. Проблема переобучения.
- Вывод критериев ветвления. Мера нечистоты (impurity) распределения. Энтропийный критерий, критерий Джини.
- **Редукция решающих деревьев: предредукция и постредукция. Алгоритм C4.5.**
- Деревья регрессии. **Алгоритм CART.**
- **Небрежные решающие деревья** (oblivious decision tree).
- Решающий лес. **Случайный лес** (Random Forest).
- Решающий пенёк. **Бинаризация признаков.** Алгоритм разбиения области значений признака на информативные зоны.
- **Решающий список.** Жадный алгоритм синтеза списка. Преобразование решающего дерева в решающий список.

## Факультатив

- Асимптотическая эквивалентность статистического и энтропийного критерия информативности.

## Линейные ансамбли

Текст лекций: ([PDF, 1 МБ](#)).

Презентация: ([PDF, 1.0 МБ](#)) — **обновление 6.11.2021.** Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Основные понятия: **базовый алгоритм, корректирующая операция.**
- **Простое голосование** (комитет большинства).
- Стохастические методы: **бэггинг** и **метод случайных подпространств.**
- **Случайный лес** (Random Forest).
- **Взвешенное голосование.** Преобразование простого голосования во взвешенное.
- **Алгоритм AdaBoost.** Экспоненциальная аппроксимация пороговой функции потерь. Процесс последовательного обучения базовых алгоритмов. Теорема о сходимости **бустинга.** Идентификация нетипичных объектов (выбросов).
- Теоретические обоснования. Обобщающая способность бустинга.
- Базовые алгоритмы в бустинге. Решающие пни.
- Сравнение бэггинга и бустинга.
- **Алгоритм ComBoost.** Обобщение на большое число классов.

## Продвинутые методы ансамблирования

Презентация: ([PDF, 1.2 МБ](#)) — **обновление 22.04.2021.** Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Виды ансамблей. Теоретические обоснования. Анализ смещения и разброса для простого голосования.
- **Градиентный бустинг.** Стохастический градиентный бустинг.
- Варианты бустинга: регрессия, **Алгоритм AnyBoost, GentleBoost, LogitBoost, BrownBoost,** и другие.
- **Алгоритм XGBoost.**
- **Алгоритм CatBoost.** Обработка категориальных признаков.
- **Стэкинг.** Линейный стэкинг, взвешенный по признакам.
- **Смесь алгоритмов** (квазилинейная композиция), **область компетентности,** примеры функций компетентности.
- Выпуклые функции потерь. Методы построения смесей: последовательный и иерархический.
- Построение смеси алгоритмов с помощью EM-подобного алгоритма.

## Восстановление плотности распределения

Презентация: (PDF, 1,1 МБ) — обновление 20.11.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Параметрическое оценивание плотности. Многомерное нормальное распределение, геометрическая интерпретация.
- Выборочные оценки параметров многомерного нормального распределения. Проблемы мультиколлинеарности и переобучения. Регуляризация ковариационной матрицы.
- *Матричное дифференцирование. Вывод оценок параметров многомерного нормального распределения.*
- Непараметрическое оценивание плотности. Ядерная оценка плотности Парзена-Розенблатта. Одномерный и многомерный случаи.
- Смесь распределений. ЕМ-алгоритм как метод простых итераций. Обобщённый ЕМ-алгоритм. Стохастический ЕМ-алгоритм.
- Детали реализации ЕМ-алгоритма. Критерий останова. Выбор начального приближения.
- Выбор числа компонентов смеси. Пошаговая стратегия. Иерархический ЕМ-алгоритм.

## Байесовская теория классификации

Презентация: (PDF, 1,1 МБ) — обновление 27.11.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Байесовская теория классификации. Оптимальный байесовский классификатор.
- Генеративные и дискриминативные модели классификации.
- Наивный байесовский классификатор. Линейный наивный байесовский классификатор в случае экспоненциального семейства распределений.
- Мультиномиальный наивный байесовский классификатор для классификации текстов.
- Метод парзеновского окна. Выбор функции ядра. Выбор ширины окна, переменная ширина окна.
- Нормальный дискриминантный анализ. Квадратичный дискриминант. Вид разделяющей поверхности. Подстановочный алгоритм, его недостатки и способы их устранения. Линейный дискриминант Фишера.
- *Связь линейного дискриминанта Фишера с методом наименьших квадратов.*
- Смесь многомерных нормальных распределений. Сеть радиальных базисных функций (RBF) и применение ЕМ-алгоритма для её настройки. Сравнение RBF-сети и SVM с гауссовским ядром.

## Кластеризация и частичное обучение

Презентация: (PDF, 1,6 МБ) — обновление 4.12.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Постановка задачи кластеризации. Примеры прикладных задач. Типы кластерных структур.
- Постановка задачи Semisupervised Learning, примеры приложений.
- Оптимизационные постановки задач кластеризации и частичного обучения.
- Алгоритм k-средних и ЕМ-алгоритм для разделения гауссовской смеси.
- Алгоритм DBSCAN.
- Агломеративная кластеризация, Алгоритм Ланса-Вильямса и его частные случаи.
- Алгоритм построения дендрограммы. Определение числа кластеров.
- Свойства сжатия/растяжения и монотонности.
- Простые эвристические методы частичного обучения: self-training, co-training, co-learning.
- Трансдуктивный метод опорных векторов TSVM.
- Алгоритм Expectation-Regularization на основе многоклассовой регуляризированной логистической регрессии.



# Семестр 2. Прикладные модели машинного обучения

## Глубокие нейронные сети

Презентация: ([PDF, 4,3 МБ](#)) — обновление 4.02.2022. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Обоснования глубоких нейронных сетей: выразительные возможности, скорость сходимости при избыточной параметризации.
- Свёрточные нейронные сети (CNN) для изображений. Свёрточный нейрон. Pooling нейрон. Выборка размеченных изображений ImageNet.
- ResNet: остаточная нейронная сеть (residual NN). Сквозные связи между слоями (skip connection).
- Свёрточные сети для сигналов, текстов, графов, игр.
- Рекуррентные нейронные сети (RNN). Обучение рекуррентных сетей: Backpropagation Through Time (BPTT).
- Сети долгой кратковременной памяти (Long short-term memory, LSTM).
- Рекуррентные сети Gated Recurrent Unit (GRU) и Simple Recurrent Unit (SRU).

## Нейронные сети с обучением без учителя

Презентация: ([PDF, 2,3 МБ](#)) — обновление 11.02.2022. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Нейронная сеть Кохонена. Конкурентное обучение, стратегии WTA и WTM.
- Самоорганизующаяся карта Кохонена. Применение для визуального анализа данных. Искусство интерпретации карт Кохонена.
- Автокодировщик. Линейный AE, SAE, DAE, CAE, RAE, VAE, AE для классификации, многослойный AE.
- Пред-обучение нейронных сетей (pre-training).
- Перенос обучения (transfer learning).
- Многозадачное обучение (multi-task learning).
- Самостоятельное обучение (self-supervised learning).
- Дистилляция моделей или суррогатное моделирование.
- Обучение с использованием привилегированной информации (learning using privileged information, LUPI).
- Генеративные состязательные сети (generative adversarial net, GAN).

## Векторные представления текстов и графов

Презентация: ([PDF, 1,0 МБ](#)) — обновление 19.02.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Векторные представления текста. Гипотеза дистрибутивной семантики.
- Модели CBOW и SGNS из программы **word2vec**. Иерархический SoftMax.
- Модель **FastText**.
- Векторные представления графов.
- **Многомерное шкалирование** (multidimensional scaling, MDS).
- Векторное представление соседства (stochastic neighbor embedding, SNE и tSNE).
- Матричные разложения (graph factorization).
- Модели случайных блужданий **DeepWalk**, **node2vec**.
- Обобщённый автокодировщик на графах **GraphEDM**.

- Представление о графовых нейронных сетях (graph neural network, GNN). Передача сообщений по графу (message passing).

## Модели внимания и трансформеры

Презентация: ([PDF, 1,1 МБ](#)) — обновление 02.03.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Задачи обработки и преобразования последовательностей (sequence to sequence).
- Рекуррентная сеть с моделью внимания.
- Разновидности моделей внимания: многомерное, иерархическое, Query–Key–Value, внутреннее (self-attention).
- Модели внимания на графах (Graph Attention Network). Задача классификации вершин графа.
- Трансформеры. Особенности архитектуры кодировщика и декодировщика.
- Критерии обучения и оценивание качества (предобучение). Модель BERT.
- Прикладные задачи: машинный перевод, аннотирование изображений.
- Модели внимания и трансформеры для текстов, изображений, графов.

## Тематическое моделирование

Презентация: ([PDF, 6.3 МБ](#)) — обновление 05.03.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Задача тематического моделирования коллекции текстовых документов. **Метод максимума правдоподобия**.
- Лемма о максимизации гладкой функции на симплексах (применение условий Каруша–Куна–Таккера).
- Аддитивная регуляризация тематических моделей. Регуляризованный ЕМ-алгоритм, теорема о стационарной точке. Элементарная интерпретация ЕМ-алгоритма.
- Вероятностный латентный семантический анализ PLSA. ЕМ-алгоритм.
- **Латентное размещение Дирихле** LDA. **Метод максимума апостериорной вероятности**. Сглаженная частотная оценка условной вероятности. Небайесовская интерпретация LDA.
- Регуляризаторы разреживания, сглаживания, частичного обучения, декоррелирования.
- Мультиязычная тематическая модель. Мультиязычная тематическая модель.
- Регуляризаторы классификации и регрессии.
- Модель битермов WNTM. Модель связанных документов. Иерархическая тематическая модель.
- Внутренние и внешние критерии качества тематических моделей.

## Обучение ранжированию

Презентация: ([PDF, 0,8 МБ](#)) — обновление 11.04.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Постановка задачи **обучения ранжированию**. Примеры.
- Поточечные методы Ранговая регрессия. Ранговая классификация, ОС-SVM.
- Парные методы: RankingSVM, RankNet, LambdaRank.
- Списочные методы.
- Признаки в задаче ранжирования поисковой выдачи: текстовые, ссылочные, кликовые. **TF-IDF, Okapi BM25, PageRank**.
- Критерии качества ранжирования: Precision, MAP, AUC, DCG, NDCG, pFound.
- Глубокая структурированная семантическая модель **DSSM** (Deep Structured Semantic Model).

## Рекомендательные системы

Презентация: ([PDF, 0.8 МБ](#)) — обновление 11.04.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Задачи коллаборативной фильтрации, транзакционные данные.
- Корреляционные методы user-based, item-based. Задача восстановления пропущенных значений. Меры сходства.
- Разреженная линейная модель (Sparse Linear Method, SLIM).
- Латентные методы на основе матричных разложений. Метод главных компонент для разреженных данных (LFM, Latent Factor Model). Метод стохастического градиента.
- Неотрицательные матричные разложения NMF. Метод чередующихся наименьших квадратов ALS. Вероятностный латентный семантический анализ PLSA.
- Модель с учётом неявной информации (implicit feedback).
- Автокодировщики для коллаборативной фильтрации.
- Учёт дополнительных признаков данных в матричных разложениях и автокодировщиках.
- Линейная и квадратичная регрессионные модели, libFM.
- Гиперграфовая транзакционная тематическая модель для учёта дополнительных данных.
- Измерение качества рекомендаций. Меры разнообразия (diversity), новизны (novelty), покрытия (coverage), догадливости (serendipity).

## Поиск ассоциативных правил

Презентация: ([PDF, 1.3 МБ](#)) — обновление 7.11.2020. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Понятие ассоциативного правила и его связь с понятием логической закономерности.
- Примеры прикладных задач: анализ рыночных корзин, выделение терминов и тематики текстов.
- Алгоритм APriori. Два этапа: поиск частых наборов и рекурсивное порождение ассоциативных правил. Недостатки и пути усовершенствования алгоритма APriori.
- Алгоритм FP-growth. Понятия FP-дерева и условного FP-дерева. Два этапа поиска частых наборов в FP-growth: построение FP-дерева и рекурсивное порождение частых наборов.
- Общее представление о динамических и иерархических методах поиска ассоциативных правил.

## Адаптивные методы прогнозирования

Презентация: ([PDF, 0,9 МБ](#)) — обновление 14.12.2019. Видеозапись: ЛекцияСеминарВидеозапись лекции Евгения Рябенко

- Задача прогнозирования временных рядов. Примеры приложений.
- Экспоненциальное скользящее среднее. Модель Хольта. Модель Тейла-Вейджа. Модель Хольта-Уинтерса.
- Адаптивная авторегрессионная модель.
- Следящий контрольный сигнал. Модель Тригга-Лича.
- Адаптивная селективная модель. Адаптивная композиция моделей.
- Локальная адаптация весов с регуляризацией.

## Инкрементное и онлайнное обучение

Презентация: ([PDF, 0,9 МБ](#)) — обновление 19.04.2021. Видеозапись: Лекция[ Семинар]

- Задачи инкрементного и онлайнного обучения. Оценивание инкрементного обучения. Кривые обучения.
- Ленивое обучение (метрические и непараметрические методы). Онлайнный отбор эталонных объектов.
- Онлайнный наивный байесовский классификатор.



- Онлайнный градиентный спуск OGD. Алгоритм Perceptron. Алгоритм Passive-Aggressive.
- Рекуррентный метод наименьших квадратов RLS.
- Инкрементные решающие деревья ID5R.
- Онлайнное обучение ансамбля. Алгоритм Hedge, его свойства и интерпретация в задаче портфельного инвестирования.
- Онлайнное глубокое обучение. Алгоритм Hedge BackProp.
- Онлайнное обучение новым классам. Проблема катастрофического забывания. Алгоритм iCaRL.

## Обучение с подкреплением

Презентация: ([PDF, 1.9 МБ](#)) — обновление 19.04.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Задача о многоруком бандите. Жадные и эпсилон-жадные стратегии. Метод UCB (upper confidence bound).
- Адаптивные стратегии на основе скользящих средних. Метод сравнения с подкреплением. Метод преследования.
- Постановка задачи в случае, когда агент влияет на среду. Ценность состояния среды. Ценность действия.
- Жадные стратегии максимизации ценности. Уравнения оптимальности Беллмана.
- Метод SARSA. Метод Q-обучения. Типизация методов на on-policy и off-policy.
- Глубокое Q-обучение нейронной сети DQN на примере обучения играм Atari.
- Градиентная оптимизация стратегии (policy gradient). Связь с максимизацией log-правдоподобия.
- Постановка задачи при моделировании среды. Типизация методов на model-free и model-based.
- Контекстный многорукий бандит. Линейная регрессионная модель с верхней доверительной оценкой LinUCB.
- Оценивание новой стратегии по большим историческим данным, сформированным при старых стратегиях.

## Активное обучение

Презентация: ([PDF, 1.2 МБ](#)) — обновление 24.04.2021. Видеозапись: ЛекцияСеминар

- Постановка задачи машинного обучения. Основные стратегии: отбор объектов из выборки и из потока, синтез объектов. Приложения активного обучения.
- Почему активное обучение быстрее пассивного. Оценивание качества активного обучения. Кривые обучения.
- Сэмплирование по неуверенности.
- Сэмплирование по несогласию в комитете. Сокращение пространства решений.
- Сэмплирование по ожидаемому изменению модели.
- Сэмплирование по ожидаемому сокращению ошибки.
- Синтез объектов методами безградиентной оптимизации. [Метод Нелдера-Мида](#).
- Синтез объектов по критерию сокращения дисперсии.
- Взвешивание по плотности.
- Введение изучающих действий в стратегию активного обучения. Алгоритмы  $\epsilon$ -active и EG-active.
- Использование активного обучения в краудсорсинге. Согласование оценок аннотаторов. Назначение заданий аннотаторам.

## Заключительная лекция

Презентация: ([PDF, 3.9 МБ](#)) — обновление 4.05.2021. Видеозапись: Лекция

Обзор курса. Постановки оптимизационных задач в машинном обучении.

