

МАТЕМАТИКА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

**Темы научных работ
для студентов 2-3 курсов**

**Проф. А.Л.Фрадков,
fradkov@mail.ru**

Матмех СПбГУ, Санкт-Петербург, 2024г.

**Каф.ТК: <http://rusycon.ru/spbu/tcyber/>
Каф.ТК-старый сайт: <https://tcyber.ru/>**

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ТЕМЫ

- 1. Выбрать тему и статью (статьи) для изучения из упомянутых далее тем.**
- 2. Написать на fradkov@mail.ru о своем выборе.**
- 3. Получить по e-мейл файлы статей и консультацию руководителя**
- 4. Написать отчет по 1 этапу, содержащий постановку задачи и реферат (краткий обзор) выбранной статьи (4-6 страниц)**

СРОК написания отчета для получения зачета по научной работе (учебной практике) за 1 семестр – 15 декабря.

DISCLAIMER

Принципы обучения на матмехе – учить не пользоваться готовыми мат.методами, а создавать новые, и учить не пользоваться готовым софтом, а создавать новый. Этим матмех отличается от технического вуза.

Поэтому важно изучать не только современные средства, но и тот путь, по которому шли их создатели. Важно познакомиться с развитием идей ИИ и МО от 1960-х годов до наших дней.

Предлагаем начать со знакомства с классическими, пионерскими работами по машинному обучению. Некоторые из них родились в стенах матмеха...

ПОНЯТИЕ О МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ И РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ, МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ – ВАЖНЫЙ КЛАСС ЗАДАЧ ИИ. КАК ИХ РЕШАЮТ? ПРИМЕР: РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ



Мужские лица



Женские лица

Оцифровка: вводятся признаки: $x = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$,
координаты объектов: $X_k = \{x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{km}\}$, $k=1, \dots, N$
функция $y(x)$ – номер класса, $y(x) = -1$ – **М**, $y(x) = +1$ – **Ж**

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ = ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ

Итак, дана функция $y(x)$, заданная на конечном множестве $\{X_k\}$.

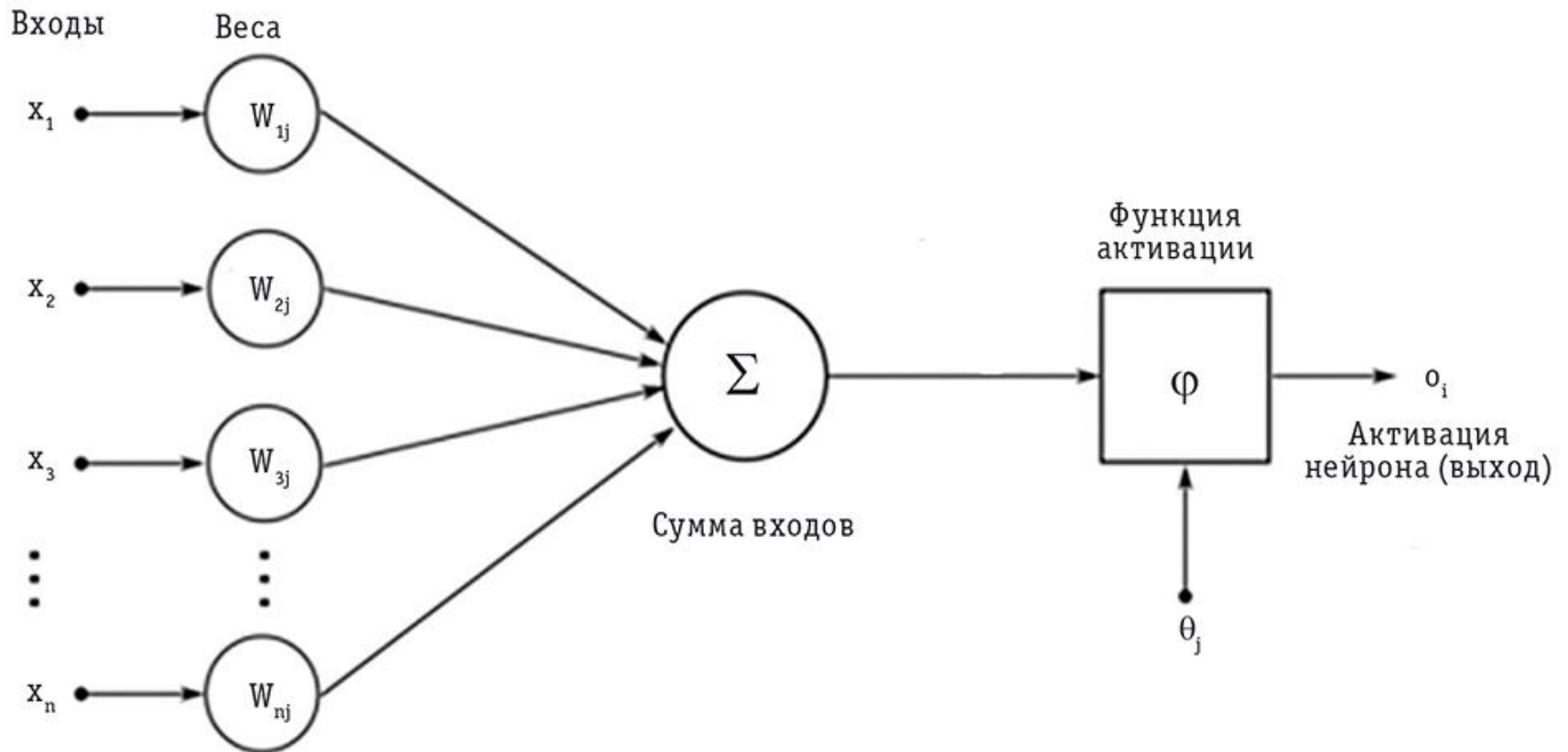
Рассмотрим задачу: найти аппроксимирующую функцию (однослойную нейронную сеть) вида:

$$\hat{y}(x) = \text{sign}\left(\sum_{i=1}^m w_i \psi_i(x) + d\right)$$

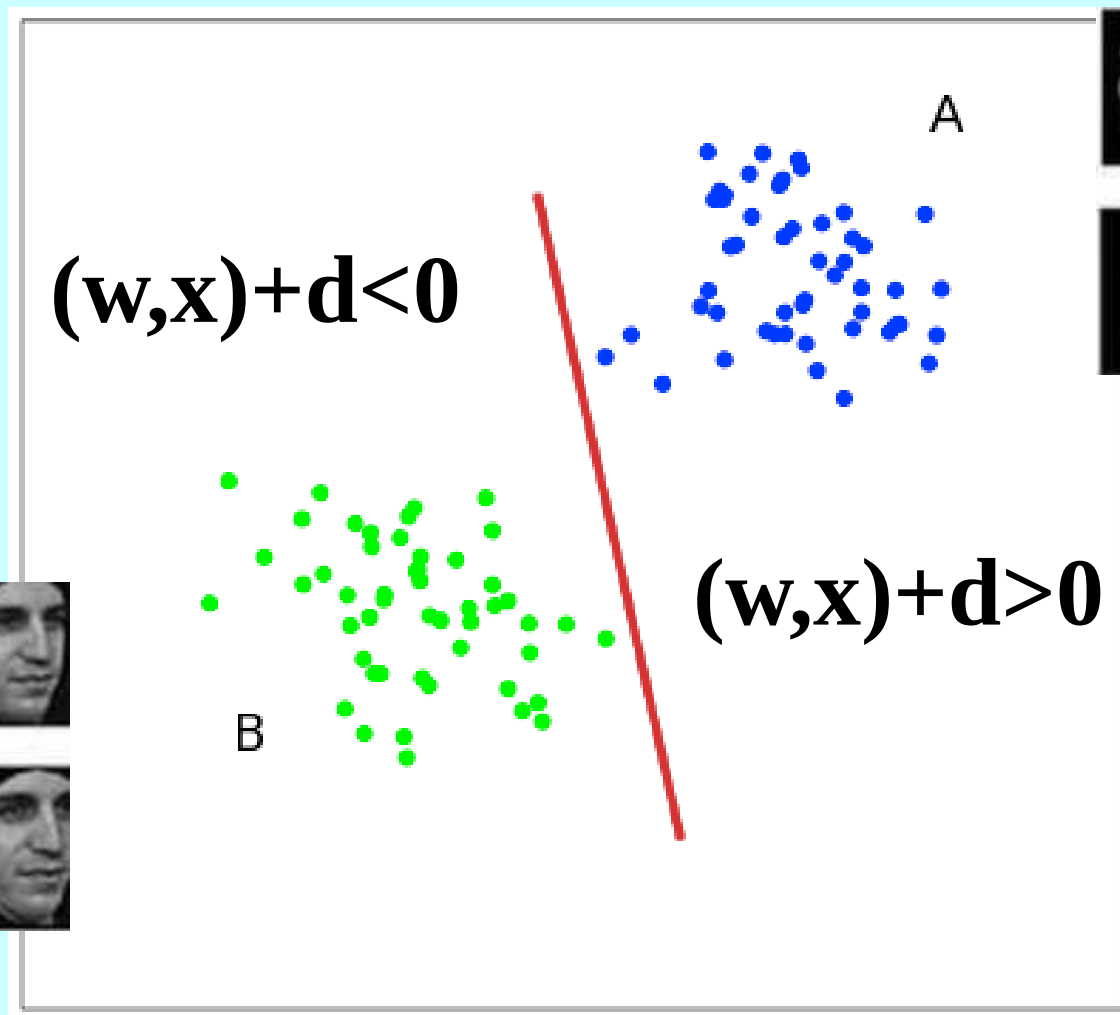
Частный случай – линейная сеть:

$$\hat{y}(x) = \text{sign}\left(\sum_{i=1}^m w_i x_i + d\right)$$

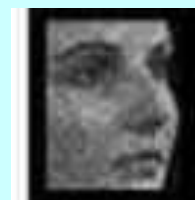
ЛИНЕЙНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ



ГЕОМЕТРИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ



Разделяющая гиперплоскость:
 $(w, x) + d = 0$ $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$.



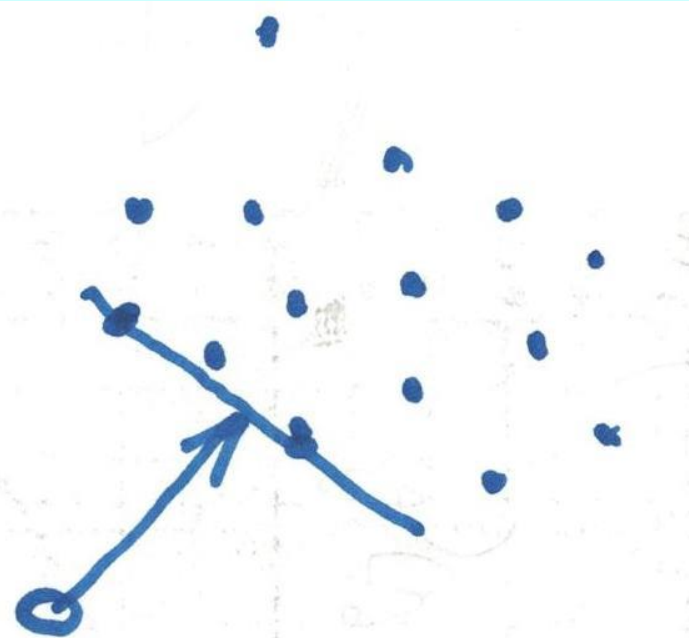
- Кто это?

Линейная задача сводится к нахождению гиперплоскости, отделяющей точку от конечного множества

$$(\bar{w}, \bar{x}) > 0$$

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} x \\ 1 \end{bmatrix}$$

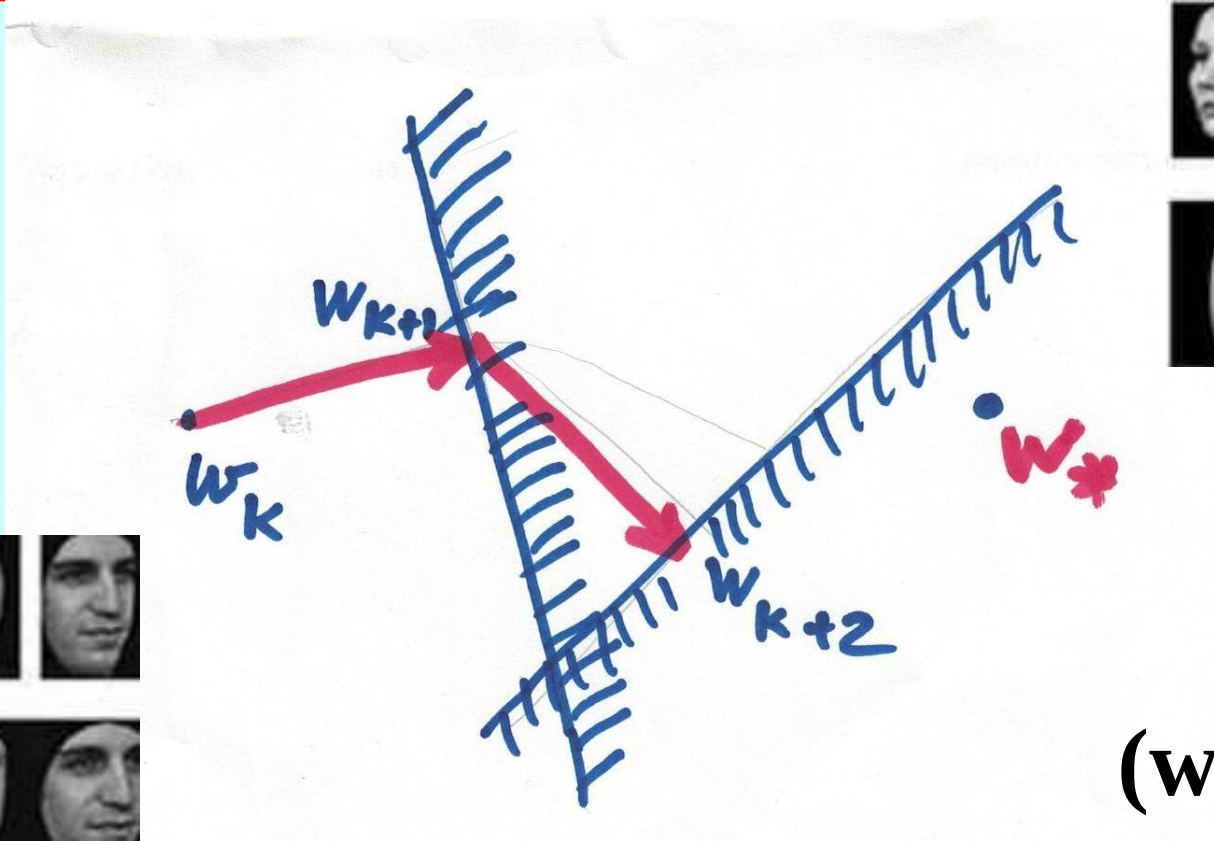
$$\bar{w} = \begin{bmatrix} w \\ d \end{bmatrix}$$



Разделяющая гиперплоскость:

$$(\bar{w}, \bar{x}) = 0, \bar{w} = \text{col}(w, d), \bar{x} = y(x)\text{col}(x, 1)$$

Алгоритм ЯВА (В.А. Якубович, 1965)



$$(w, x) + d > 0$$

Пространство гиперплоскостей $\{w, d\}$: $(w, x) + d = 0$

$$w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}.$$

ТЕМЫ 1-4. ПРОРЕФЕРИРОВАТЬ ОДНУ ИЗ РАБОТ

- 1. Митчелл Б. Ф., Демьянов В. Ф., Малоземов В. Н. Нахождение ближайшей к началу координат точки многогранника // Вестник ЛГУ. 1971. № 19. С. 38-45. 1b) В. Н. Малозёмов МДМ-методу — 40 лет. Вестник Сыктывкарского ун-та, 15, 2012.**
- 2. Б.Н.Козинец. Об одном алгоритме обучения линейного персептрона, Выч.техника и вопросы программирования 1964.**
- 3. В. Н. Вапник, А. Я. Червоненкис, “Об одном классе персептронов”, *Автомат. и телемех.*, 25:1 (1964), 112–120.**
- 4. Якубович В.А. Рекуррентные конечно-сходящиеся алгоритмы решения систем неравенств”, Докл. АН СССР, 166:6 (1966), 1308–1311.**

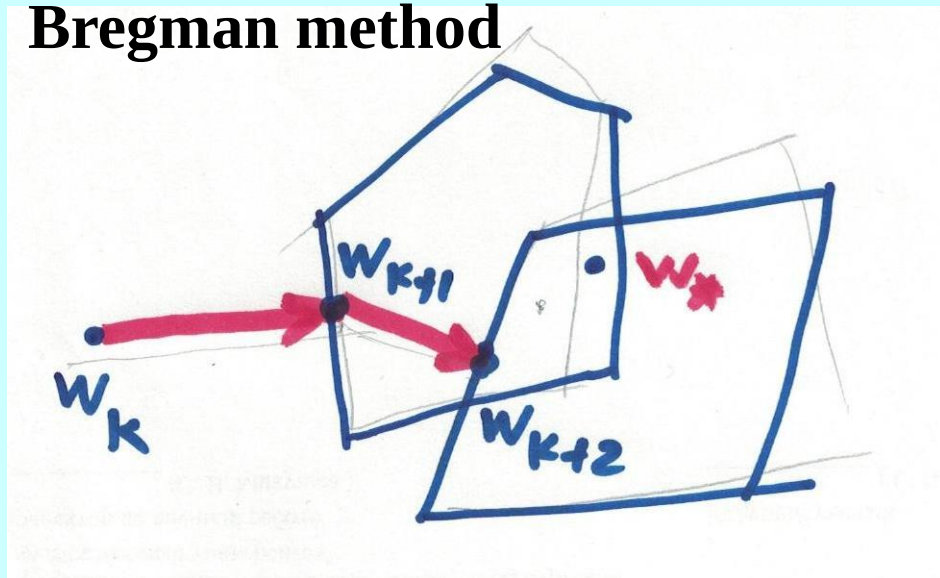
ТЕМЫ 5-8: Запрограммировать один из алгоритмов работ 1,2,3,4, чтобы впоследствии сравнить их на тестах.

ТЕМА 9. Метод Брэгмана поиска пересечения выпуклых мн-в

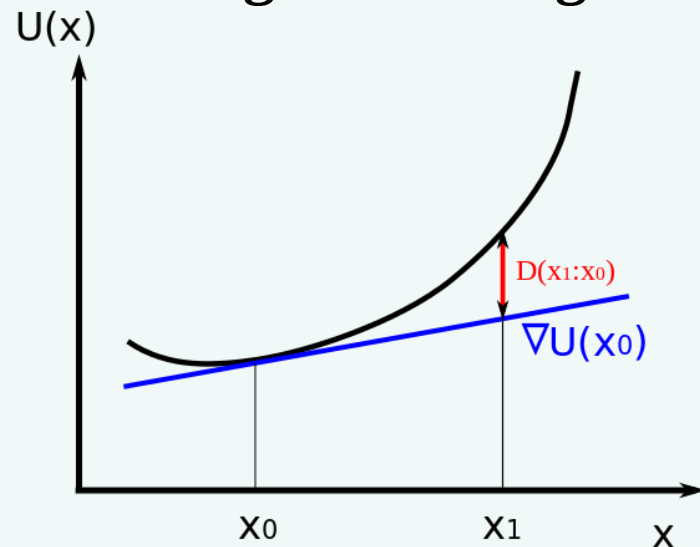
Л. М. Брэгман (1965). Нахождение общей точки выпуклых множеств методом последовательного проектирования
Докл. АН СССР, 1965, 162:3, 487–490. (предст. Л.В.Канторович)

Л. М. Брэгман (1967) Релаксационный метод нахождения общей точки выпуклых множеств и его применение для решения задач выпуклого программирования. ЖВМ и МФ, 1967, 7:3, 620–631

Bregman method



Bregman divergence



ТЕМА 9. Реферат статьи Л.М.Брэгмана:

Л. М. Брэгман (1965). Нахождение общей точки выпуклых множеств методом последовательного проектирования Докл. АН СССР, 1965, 162:3, 487–490. (предст. Л.В.Канторович)

Л. М. Брэгман (1967) Релаксационный метод нахождения общей точки выпуклых множеств и его применение для решения задач выпуклого программирования. ЖВМ и МФ, 1967, 7:3, 620–631

**Метод Брэгмана очень известен за рубежом
(Bregman method, Bregman divergence)**

**Число ссылок на [Брэгман,1967] в Скопусе >1500!
Bregman в заголовке: >900 статей**

ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА БРЭГМАНА В ИИ

**Clustering with Bregman divergences, Banerjee, A et al.
J. Machine Learning Research, 2005 (times cited: >500)**

**Learning Bregman Distance Functions for Structural
Learning to Rank; Li, Xi et al.
IEEE Trans. Knowledge And Data Engineering, 2017.**

ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ: reconstruction of seismic data,
tomography, segmentation and correction of MR images and color
images, clustering, image restoration, subspace learning, solving
variational inequalities, nonconvex optimization,
Solving the Self-repelling Snakes Model
Skin Cancer Detection Using Bregman Recurrent Deep Learning...

ТЕМА 10: реферат статьи по методу Брэгмана и
его применению на английском.

Работы по ИИ на кафедре Теоретической Кибернетики

1. В.Н.Фомин, Математическая теория обучаемых опознающих систем. Л.: ЛГУ, 1976.
2. А.Х. Гелиг. Динамика импульсных систем и нейронных сетей. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982.
3. А.Х. Гелиг, А.С.Матвеев. Введение в математическую теорию обучаемых распознающих систем и нейронных сетей. Изд-во СПбГУ. 2014.

Первая в РФ книга по сетевым и многоагентным системам

4. Проблемы сетевого управления (2015), Ред. А.Л.Фрадков, М.С.Ананьевский, А.С.Матвеев, А.В.Проскурников и др.
- 5 А.Л.Фрадков. К задаче синтеза самообучающихся распознающих систем. Вестник Ленинградского ун-та, 1972, №13 С.70-76.
6. Гусев С.В. Конечно-сходящийся **алгоритм** восстановления функции **регрессии** и его применение в задачах **адаптивного** Управления. Авт. и Телемех., 1989, №3.

ТЕМЫ 11-16 – реферат главы из книги 1-4 или статьи ¹⁵ 5-6.

Другие работы по машинному обучению

Тема 17. реферат одной главы из учебника:

Лепский А.Е., Броневиц А.Г. Математические методы распознавания образов, 2009.

Тема 18. реферат самой цитируемой статьи по ML:

C.Cortes, V.Vapnik. Support vector networks. **Machine Learning**, 20, 273-297 (1995) (**>30000 цитирований!**)

Темы 19, 20. Написать программу отделения точки от конечного множества:

19) на плоскости; 20) в 3D пространстве.

Другие темы (роботы, сети, хаос и др.) есть на сайтах каф. ТК: **<http://tcyber.ru>, <http://rusycon.ru/tcyber.ru>,**