

# **МАТЕМАТИКА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ**

**Темы научных работ  
для студентов 2 курса**

**А.Л.Фрадков,  
Зав. кафедрой ТК  
[fradkov@mail.ru](mailto:fradkov@mail.ru)**

**Матмех СПбГУ, Санкт-Петербург, 13 ноября 2019 г.**

# **АЛГОРИТМ ВЫБОРА ТЕМЫ**

- 1. Выбрать тему и статью (статьи) для изучения из упомянутых далее или предложить свои**
- 2. Написать на [fradkov@mail.ru](mailto: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 (3-5 страниц)**

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

# DISCLAIMER 1

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 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...

## DISCLAIMER 2

**Искусственный интеллект, ИИ (Artificial intelligence, AI) — комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, как минимум, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека.**

**Технологии ИИ – технологии, основанные на использовании искусственного интеллекта, включая**

- компьютерное зрение,
- обработку естественного языка,
- распознавание и синтез речи,
- интеллектуальную поддержку принятия решений,
- перспективные методы искусственного интеллекта.

**[Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г., утверждена Указом Президента РФ №490 от 10.10.2019 г.]**

# РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ, МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ – ВАЖНЫЙ КЛАСС ЗАДАЧ ИИ. КАК ИХ РЕШАЮТ?



**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  $\{X_k\}$ .

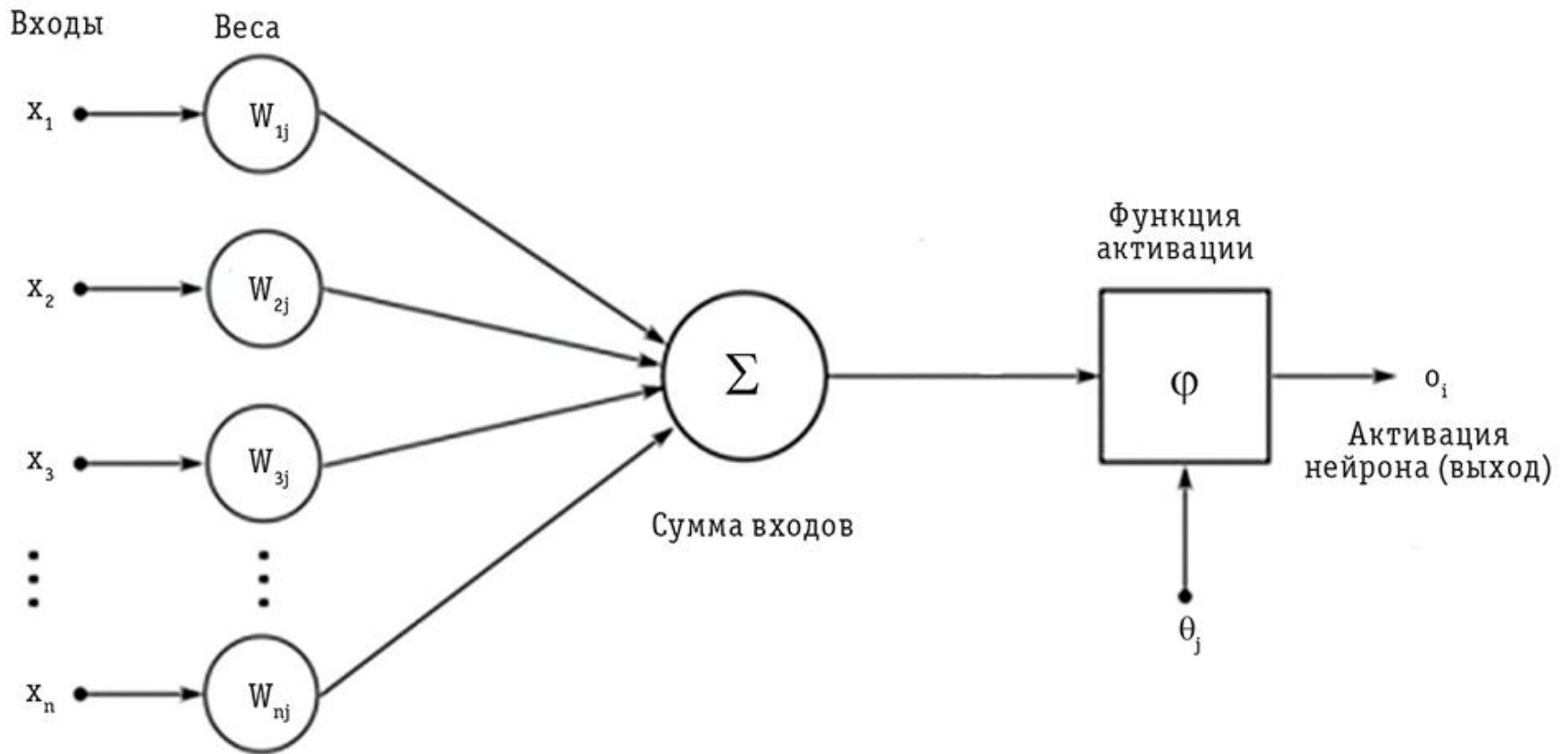
Рассмотрим задачу: найти аппроксимирующую функцию (однослойную нейронную сеть) вида:

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

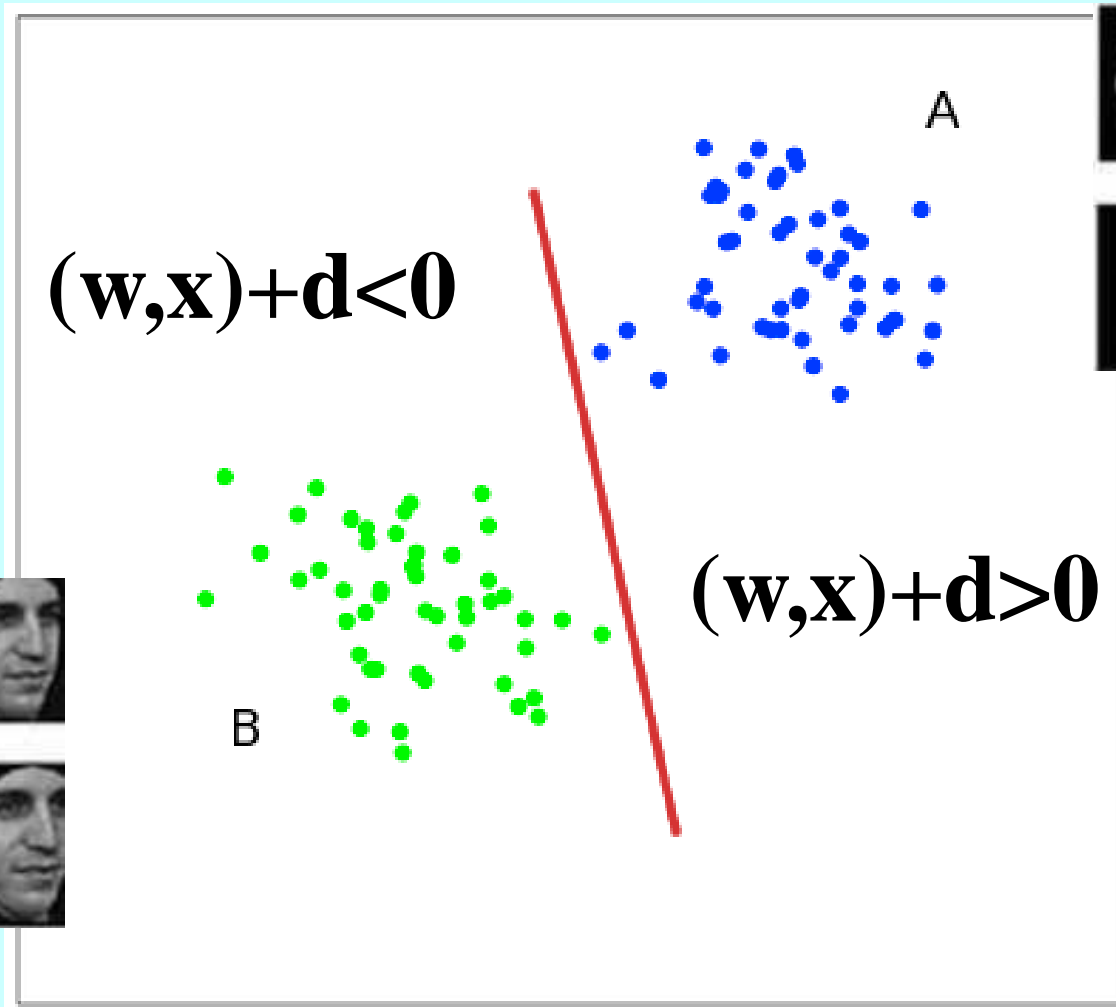
Частный случай – линейная сеть:

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

# ЛИНЕЙНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ

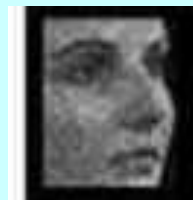


# ГЕОМЕТРИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ



Разделяющая гиперплоскость:

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



- Кто это?



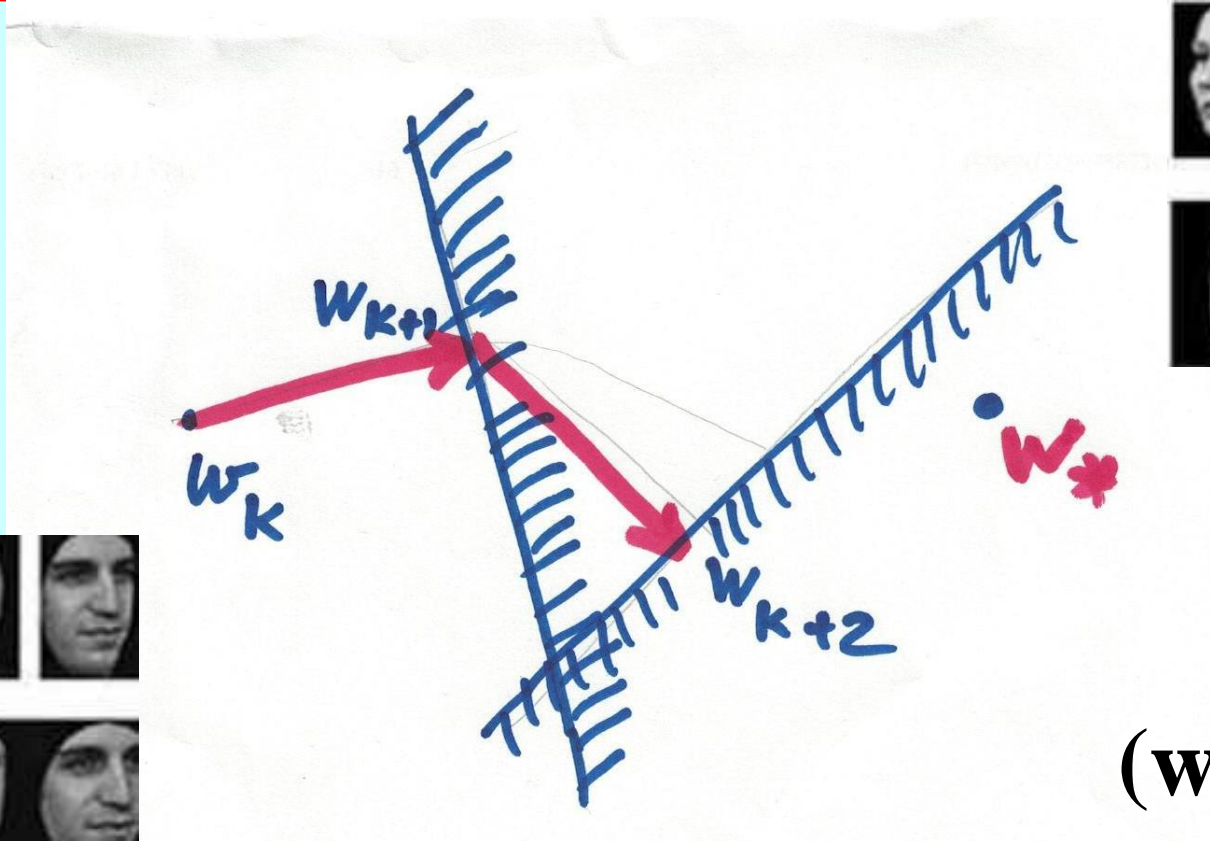
**Линейная задача сводится к нахождению гиперплоскости, отделяющей точку от конечного множества**



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

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

В.А.Якубович. Машины, обучающиеся распознаванию образов.

Методы вычислений. Изд-во ЛГУ, вып. II, 1963, С.95-131.

## **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. 1б) 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.**

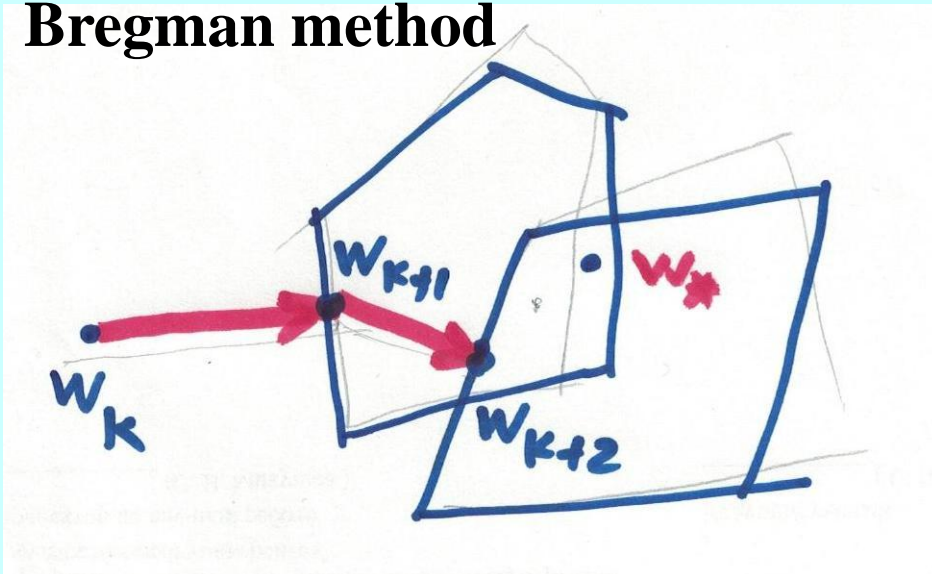
**ТЕМЫ 5-8: Запрограммировать один из алгоритмов 1,2,3,4, чтобы впоследствии сравнить их на тестах.**

## ТЕМА 9. Метод Брэгмана поиска пересечения выпуклых мн-в

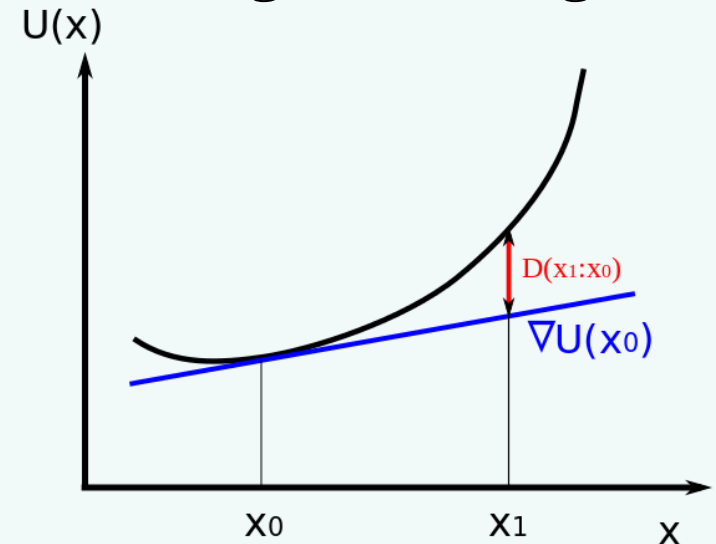
Л. М. Брэгман (1965). Нахождение общей точки выпуклых множеств методом последовательного проектирования  
Докл. АН СССР, 1965, 162:3, 487–490. (предст. Л.В.Канторович)

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. Метод Брэгмана поиска пересечения выпуклых множеств**

**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**

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

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

**Число ссылок на [Брэгман,1967] в Скопусе >1250!**

**Bregman в заголовке: >600 статей (из России 0☹)**

**ТЕМА 10: реферат статьи, где Bregman в названии.**

## **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,...

**На матмехе метод Брегмана применяют:**

**Л. М. Брэгман, Н. И. Наумова, “Арбитражные решения с  
идеальной точкой, порождаемые системами функций”, Докл.  
АН СССР, 279:1 (1984), 16–20.**

**Ампилова Н.Б. Стационарные процессы на графах и анализ  
изображений. Компьютерные инструменты в образовании.<sup>14</sup> 2013.**

## 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<sup>15</sup> 5-6.**

## **Другие работы по машинному обучению**

**Тема 17. реферат главы 3 или 4 из книги:**

Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. М.: Наука, 1968 (подход на основе метода стохастической аппроксимации).

**Тема 18. реферат самой цитируемой статьи по ML:**

C.Cortes, V.Vapnik Support vector networks. *Machine Learning*, 20, 273-297 (1995) (**>22500 цитирований!**)

**Темы 19, 20. Написать программу отделения**

**точки от конечного множества:**

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