

# Системы распознавания образов

Докладчик:

Малинский Станислав Вальтерович,

доцент кафедры ВССиИБ

# Основные направления применения

**Наиболее важные направления применения** распознавания образов:

- ▶ • распознавание символов (печатного и рукописного текстов, банковских чеков и денежных купюр и т.д.);
- ▶ • распознавание изображений, полученных в различных частотных диапазонах (оптическом, инфракрасном, радиочастотном, звуковом) и анализ сцен;
- ▶ • распознавание речи;
- ▶ • медицинская диагностика;
- ▶ • техническая диагностика;
- ▶ • системы безопасности;
- ▶ • классификация и поиск в базах данных и знаний (в том числе и в Интернет-ресурсах).

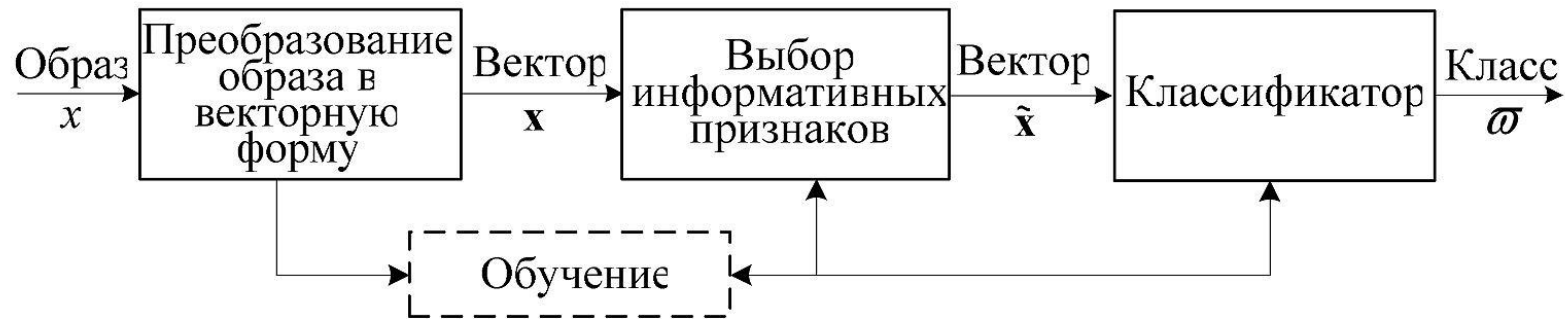
# Основные термины

- ▶ **Образ** – объект подлежащий распознаванию
- ▶ **Образ** – сигнал, полученный на выходе информационного канала
- ▶ **Признаки** – характеристики, описывающие распознаваемый образ (объект)
- ▶ **Сигнал** – совокупность признаков одновременно регистрируемых на распознаваемом объекте
- ▶ **Класс** – совокупность распознаваемых образов, имеющих единое смысловое содержание
- ▶ **Класс** – совокупность образов, обладающих некоторыми общими свойствами
- ▶ **Объект** – точка в  $N$ -мерном пространстве признаков
- ▶ **Распознавание образов** — это отнесение исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков из общей массы несущественных данных.

# Основные задачи

- ▶ Выбор наиболее информативных признаков
- ▶ Построение решающих правил
- ▶ Оценка достоверности распознавания.

# Общая схема системы распознавания



# Признаки и их классификации

- ▶ **Классификация 1:**

- **первичные**

- **вторичные**

- ▶ **Классификация 2**

- **Количественные** – признаки, которые могут быть выражены в виде числа, и простейшие арифметические действия над которыми дают физически понятный результат (вес, рост)

- **Качественные** – признаки, которые могут быть упорядочены естественным образом (оценка на зачете, сила ветра в баллах, образование)

- **Классификационные** – признаки, которые не могут быть отнесены ни к количественным, ни к качественным (пол, форма головы, архитектурный стиль)

# Оценка информативности признаков

- ▶ Информативность признака по Фишеру

$$I_x = \frac{(m_x^A - m_x^B)^2}{(\sigma_x^A)^2 + (\sigma_x^B)^2}$$

- ▶ где

- ▶  $m_x^A$  - среднее значение признака  $X$  у объектов класса  $A$

- ▶  $m_x^B$  - среднее значение признака  $X$  у объектов класса  $B$

- ▶  $\sigma_x^A$  - среднее квадратическое значение признака  $X$  у объектов класса  $A$

- ▶  $\sigma_x^B$  - среднее квадратическое значение признака  $X$  у объектов класса  $B$

# Оценка информативности признаков

**Задано:** обучающая выборка

**Требуется:** оценить информативность признаков

**Решение:**

**для первого признака:**

$$m_x^A = (1+2+3+4+5)/5 = 3 \quad m_x^B = (6+7+8+9+10)/5 = 8$$

$$\sigma_x^A = \sqrt{(4+1+0+1+4)/5} = \sqrt{2}$$

$$\sigma_x^B = \sqrt{(4+1+0+1+4)/5} = \sqrt{2}$$

$$I_x = (3-8)^2 / 4 = 6,25$$

**для второго признака:**

$$m_x^A = (1+2+3+4+5)/5 = 3 \quad m_x^B = (3+4+5+6+7)/5 = 5$$

$$\sigma_x^A = \sqrt{(4+1+0+1+4)/5} = \sqrt{2}$$

$$\sigma_x^B = \sqrt{(4+1+0+1+4)/5} = \sqrt{2}$$

$$I_x = (3-5)^2 / 4 = 1,0$$

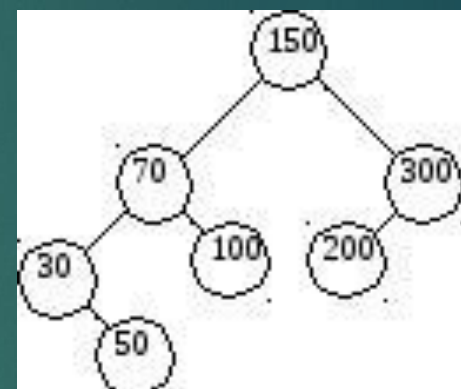
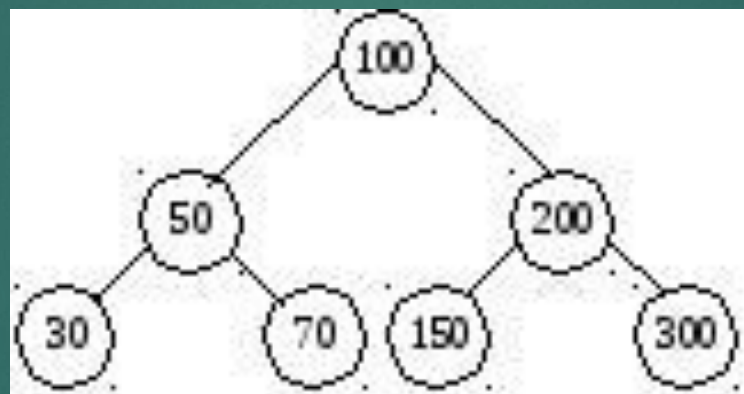
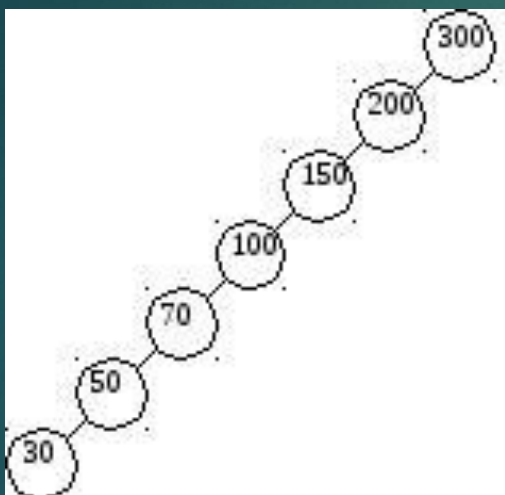
Обучающая выборка

		Признак 1	Признак 2
A	1	1	1
	2	2	2
	3	3	3
	4	4	4
	5	5	5
B	1	6	3
	2	7	4
	3	8	5
	4	9	6
	5	10	7



# Метод последовательной дихотомии

- ▶ **Метод последовательной дихотомии** – прием, с помощью которого задача распознавания образов к  $K$  классам сводится к последовательному решению задач распознавания образов к 2 классам.



# Расстояния между объектами

## Способы измерения расстояний между векторами признаков

Если рассматривать образы как элементы метрического пространства, то в качестве функции расстояния можно использовать метрику этого пространства. Чаще всего используют следующие метрики:

а) метрику Евклида  $d_2(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|_2 = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}$ ;

б) манхаттановскую метрику  $d_1(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|_1 = |x_1 - y_1| + \dots + |x_n - y_n|$

(метрику  $d_1$ , рассматриваемую на множестве биполярных векторов  $\mathbf{x} = (x_i)$ ,  $x_i \in \{-1, 1\}$ , называют метрикой Хэмминга<sup>1</sup>);

г) метрику Минковского<sup>1</sup>  $d_p(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|_p = \sqrt[p]{|x_1 - y_1|^p + \dots + |x_n - y_n|^p}$   
( $p \geq 1$ ); Г.

д) метрику Махаланобиса<sup>2</sup>

$$d_{S^{-1}}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|_{S^{-1}} = \sqrt{(\mathbf{x} - \mathbf{y})^T S^{-1} (\mathbf{x} - \mathbf{y})} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i - y_i) s_{ij}^{-1} (x_j - y_j)},$$

где  $S = (s_{ij})$  – ковариационная матрица векторов обучающей выборки.

# Расстояние между классами или образом и классом

## Способы определения расстояния между вектором-образом и классом

После выбора метрики, измеряющей расстояние между образами, необходимо решить проблему измерения расстояния между образом и классом. Причем в случае распознавания с обучением нам известны только прецеденты, т.е. элементы обучающей выборки  $\Xi = \{\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_N\}$  с метками принадлежности их тем или иным классам. Можно выделить несколько способов решения этой проблемы.

**Первый способ – определение расстояния до центра класса.** Этот способ применяется в том случае, когда класс «хорошо описывается» одним эталонным образом – центром класса (качество такого описания может быть измерено величиной дисперсии элементов класса), а цена ошибки неправильной классификации не очень велика. Этот способ согласуется с так называемым *«принципом компактности»* в распознавании образов

**Второй способ – метод ближайшего соседа.**

# Методы построения решающих правил (методы распознавания)

- ▶ **Метод эталонов**

Метод распознавания – по совпадению неопознанного объекта с эталоном

- ▶ **Метод K ближайших соседей**

Метод распознавания –

а) неопознанный объект относится к тому же классу, что и ближайший сосед (метод ближайшего соседа)

б) неопознанный объект относится к тому же классу, что и большинство из K ближайших соседей (метод K ближайших соседей)

- ▶ **Метод дискриминантных функций**

Метод распознавания -

$F(x) > 0$  -> объект класса А

$F(x) < 0$  -> объект класса В,

где  $F(x)$  – дискриминантная функция

# Метод дискриминантных функций

- ▶ Построение линейной дискриминантной функции:

$$F = (\bar{X}_A - \bar{X}_B) X' - \frac{1}{2} (\bar{X}_A - \bar{X}_B) (\bar{X}_A + \bar{X}_B)'$$

- ▶ Где

$$\bar{X}_A$$

- вектор признаков, описывающий центр класса А

$$\bar{X}_B$$

- вектор признаков, описывающий центр класса В

$$X'$$

- вектор признаков, описывающий неопознанный объект

# Метод дискриминантных функций

- ▶ Построение линейной дискриминантной функции:

Класс	$X_1$	$X_2$
A	1	1
	1	2
	2	1
	2	2
B	3	3
	3	4
	4	3
	4	4

$$X_1^A = (1+1+2+2)/4 = 1,5$$

$$X_2^A = (1+2+1+2)/4 = 1,5$$

$$\bar{X}_A = (1,5; 1,5)$$

$$X_1^B = (3+3+4+4)/4 = 3,5$$

$$X_2^B = (3+4+3+4)/4 = 3,5$$

$$\bar{X}_B = (3,5; 3,5)$$

$$\bar{X}_A - \bar{X}_B = (-2, -2)$$

$$\bar{X}_A + \bar{X}_B = (5, 5)$$

# Метод дискриминантных функций

- ▶ Построение линейной дискриминантной функции:

$$F = (\bar{X}_A - \bar{X}_B) X' - \frac{1}{2} (\bar{X}_A - \bar{X}_B) (\bar{X}_A + \bar{X}_B)'$$

$$\bar{X}_A - \bar{X}_B = (-2, -2)$$

$$\bar{X}_A + \bar{X}_B = (5, 5)$$

$$F = (-2, -2) \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} - \frac{1}{2} (-2, -2) \begin{pmatrix} 5 \\ 5 \end{pmatrix}$$

$$F = -2x_1 - 2x_2 - \frac{1}{2} (-10 - 10)$$

$$F = -2x_1 - 2x_2 + 10$$

$$F = x_1 + x_2 - 5$$

# Метод дискриминантных функций

- ▶ Построение линейной дискриминантной функции:

Метод распознавания -

$F(x) > 0$  -> объект класса А

$F(x) < 0$  -> объект класса В,

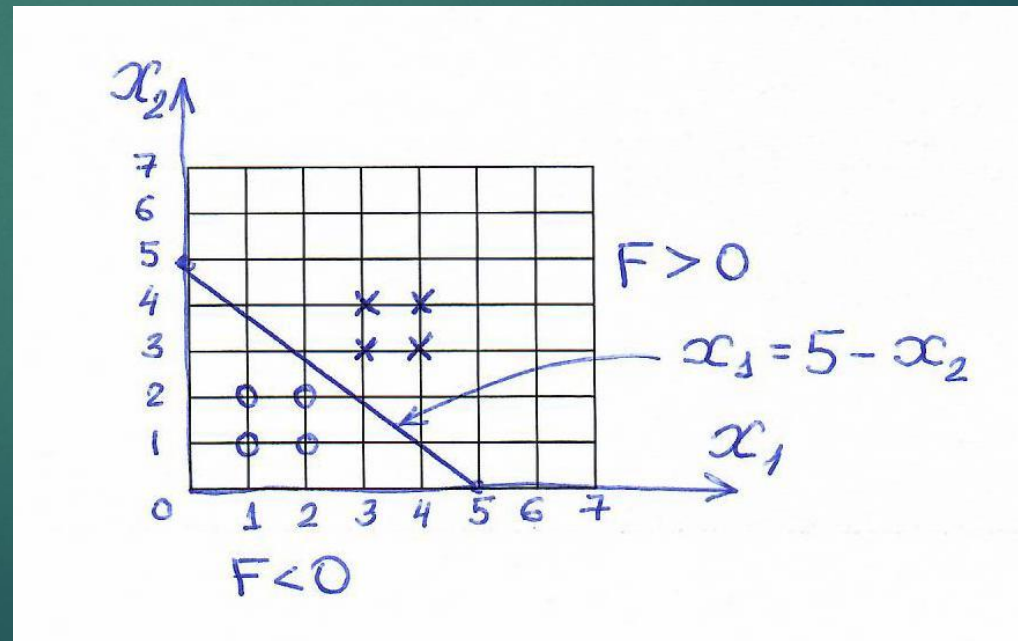
где  $F(x)$  – дискриминантная функция

$$F = x_1 + x_2 - 5$$

$$F = x_1 + x_2 - 5 = 0$$

$$x_1 = 5 - x_2$$

Класс	$X_1$	$X_2$
А	1	1
	1	2
	2	1
	2	2
В	3	3
	3	4
	4	3
	4	4





Спасибо за внимание !

Кто слушал молодец

