



# **Оценка результатов классификатора**

Евгений Борисов

# оценка результатов классификатора

кроссвалидация

# оценка результатов классификатора

разделение данных на части (классы)

**Учебный набор:** [ объект, ответ ]

**Задача:** классификатор

*объект → вектор-признак → результат*

**Обучение:** минимизация ошибки

ошибка = результат - правильный ответ

**Критерий остановки:**

достигнут порог значения ошибки,  
и/или порог количества циклов

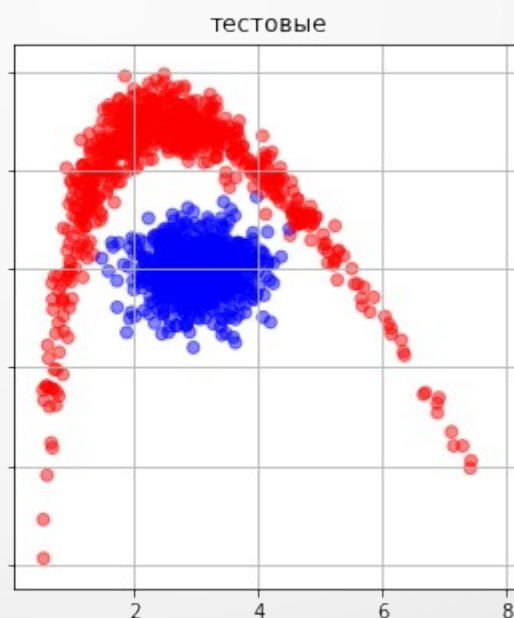
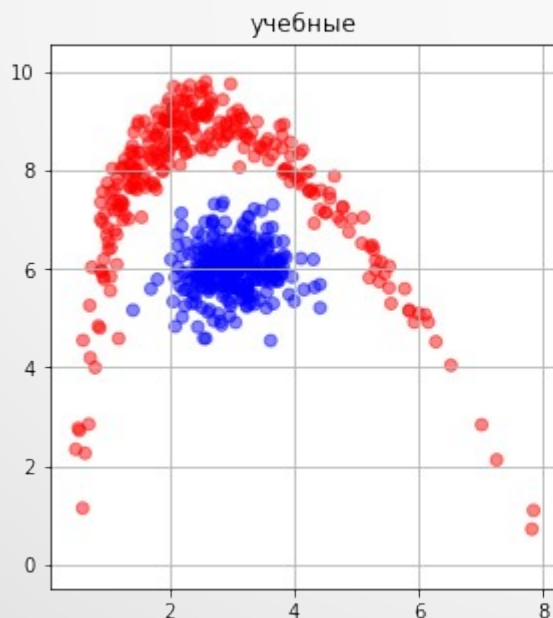
# оценка результатов классификатора

разделяем набор данных

- учебный
- тестовый

**недообучение (underfitting)**  
большая ошибка на учебном наборе

**переобучение (overfitting)**  
малая ошибка на учебном наборе  
большая ошибка на тестовом наборе



# оценка результатов классификатора

классификация - задача разделения объектов на классы

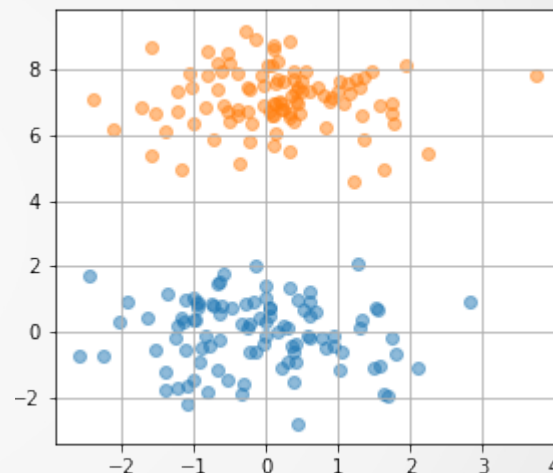
$X \subset \mathbb{R}^n$  - объекты

$Y \in \{0, 1\}$  - метки классов

$p \in [0, 1]$  - оценка

$a: X \rightarrow p$  - считаем оценку

$y = \begin{cases} 0, & p < b \\ 1, & p \geq b \end{cases}$  - если оценка выше порога  
то объект принадлежит «первому» классу



# оценка результатов классификатора

## метрики качества

- погрешность (accuracy)
- матрица ошибок ( confusion matrix )
- точность (precision)
- полнота (recall)
- F-мера
- ROC/AUC

# оценка результатов классификатора

## погрешность (accuracy)

правильные ответы / всего примеров

*Accuracy это оценка только для сбалансированного датасета,  
т.е. количество примеров в классах почти одинаковое*

### Пример:

имеем датасет из 203 объектов

#### 1. сбалансированный

100 позитивных  
103 негативных

90 правильно предсказанных позитивных  
10 ложно-негативных предсказаний  
103 правильно предсказанных негативных

193 правильных ответов

$193/203 = .95$  accuracy

#### 2. несбалансированный

6 позитивных  
197 негативных

0 правильно предсказанных позитивных  
197 правильно предсказанных негативных  
6 ложно-негативных предсказаний

197 правильных ответов

$197/203 = .97$  accuracy

# оценка результатов классификатора

## Пример:

*тест на болезнь «зеленуху» имеет вероятность ошибки 0.1  
(как позитивной, так и негативной)*

*зеленухой болеет 10% населения.*

*Какая вероятность того,  
что человек болен зеленухой,  
если у него позитивный результат теста?*



# оценка результатов классификатора

**Подсказка:** формула Байеса

$$P(\text{болен} \mid +) = \frac{P(+ \mid \text{болен})P(\text{болен})}{P(+ \mid \text{болен})P(\text{болен}) + P(+ \mid \text{здоров})P(\text{здоров})}$$

# оценка результатов классификатора

**Подсказка:** формула Байеса

$$P(\text{болен} \mid +) = \frac{P(+ \mid \text{болен})P(\text{болен})}{P(+ \mid \text{болен})P(\text{болен}) + P(+ \mid \text{здоров})P(\text{здоров})}$$

**Ответ:**  $(0.9*0.1) / (0.9*0.1 + 0.1*0.9) = 0.5$

# оценка результатов классификатора

**Подсказка:** формула Байеса

$$P(\text{болен} \mid +) = \frac{P(+ \mid \text{болен})P(\text{болен})}{P(+ \mid \text{болен})P(\text{болен}) + P(+ \mid \text{здоров})P(\text{здоров})}$$

**Ответ:**  $(0.9*0.1) / (0.9*0.1 + 0.1*0.9) = 0.5$

**Замечание о корректности этого результата:**

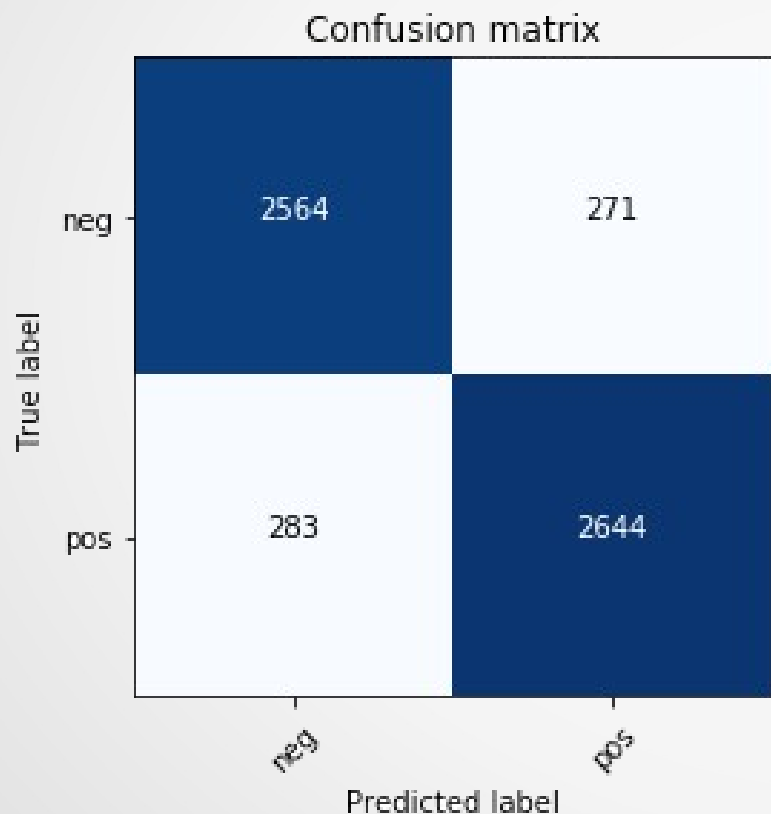
анализы проводят, когда есть подозрение на какую-то болезнь,

поэтому вероятность болезни надо вычислять по этой «подозрительной» группе.

это понижает требования к точности прибора...

# оценка результатов классификатора

матрица ошибок ( confusion matrix )



два класса — четыре группы

- TP истинно положительные
- TN истинно отрицательные
- FP ложно положительные
- FN ложно отрицательные

# оценка результатов классификатора

## точность (precision)

$$TP / ( TP + FP )$$

доля истинно позитивных  
относительно всех объектов,  
которые классификатор определил  
как позитивные

# оценка результатов классификатора

## точность (precision)

$$TP / ( TP + FP )$$

доля истинно позитивных  
относительно всех объектов,  
которые классификатор определил  
как позитивные

## полнота (recall)

$$TP / ( TP + FN )$$

доля истинно позитивных,  
найденных классификатором,  
относительно всех истинно  
позитивных

# оценка результатов классификатора

## точность (precision)

$$TP / ( TP + FP )$$

доля истинно позитивных  
относительно всех объектов,  
которые классификатор определил  
как позитивные

## полнота (recall)

$$TP / ( TP + FN )$$

доля истинно позитивных,  
найденных классификатором,  
относительно всех истинно  
позитивных

*С ростом полноты точность может снижаться*

# оценка результатов классификатора

## точность (precision)

$$TP / ( TP + FP )$$

доля истинно позитивных  
относительно всех объектов,  
которые классификатор определил  
как позитивные

## полнота (recall)

$$TP / ( TP + FN )$$

доля истинно позитивных,  
найденных классификатором,  
относительно всех истинно  
позитивных

*С ростом полноты точность может снижаться*

## F-мера

$( precision * recall ) / ( precision + recall )$   
усреднение точности и полноты



# оценка результатов классификатора

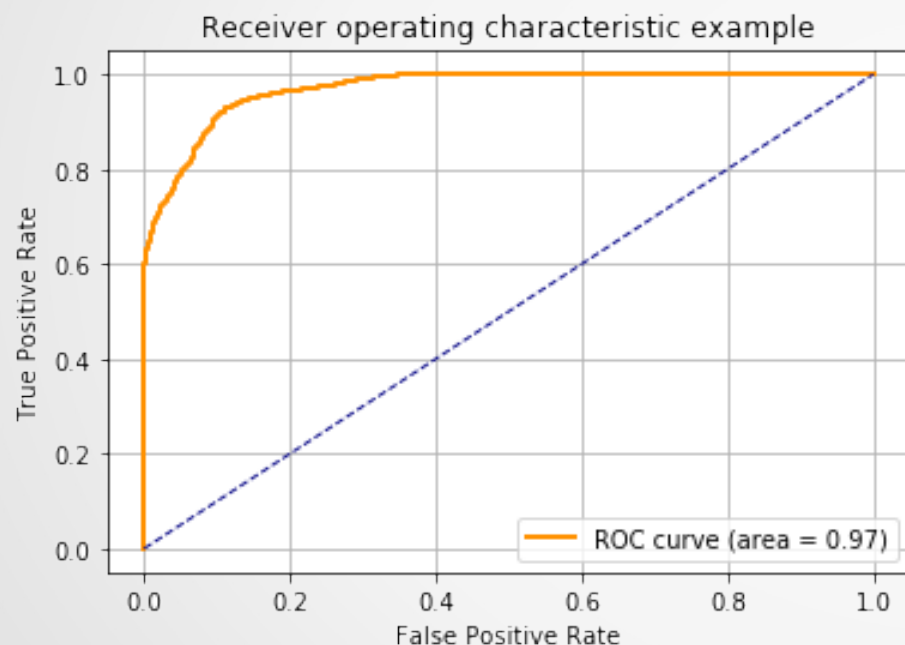
**Пример** *classification\_report*

	precision	recall	f1-score	support
0	0.90	0.90	0.90	2835
1	0.91	0.90	0.91	2927
avg / total	0.90	0.90	0.90	5762

# оценка результатов классификатора

*ROC - receiver operating characteristic, рабочая характеристика приёмника*

ROC - зависимость полноты (TPR) от доли ложно-негативных (FPR)



$TPR = TP / (TP + FN)$  полнота (recall),  
доля позитивных, найденных классификатором,  
относительно всех позитивных

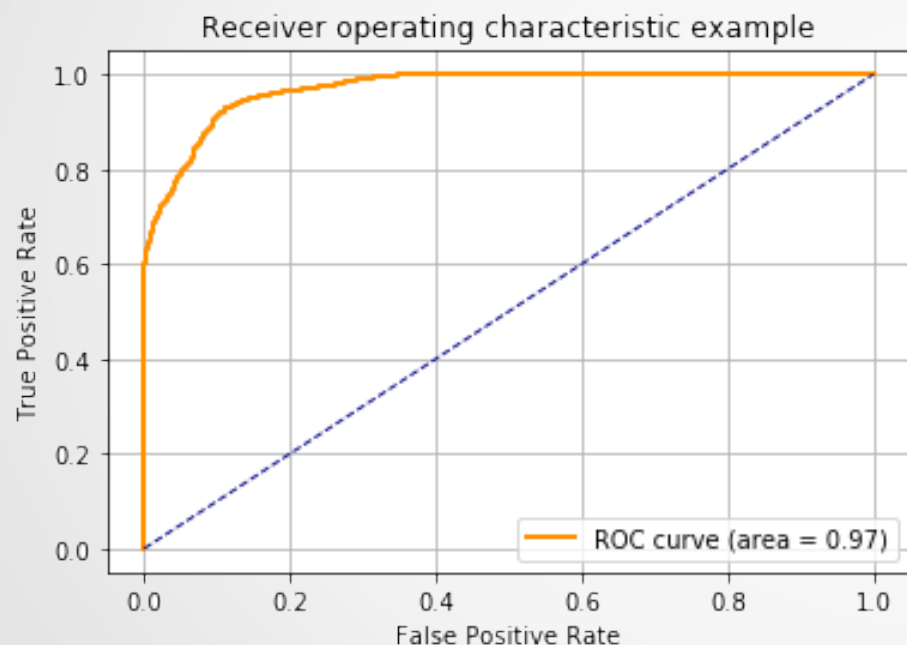
$FPR = FP / (FP + TN)$   
доля негативных предсказанных неверно

AUC - area under ROC curve, площадь под ROC-кривой  
характеристика качества классификации

# оценка результатов классификатора

*ROC - receiver operating characteristic, рабочая характеристика приёмника*

ROC - зависимость полноты (TPR) от доли ложно-негативных (FPR)



$TPR = TP / (TP + FN)$  полнота (recall),  
доля позитивных, найденных классификатором,  
относительно всех позитивных

$FPR = FP / (FP + TN)$   
доля негативных предсказанных неверно

AUC - area under ROC curve, площадь под ROC-кривой  
характеристика качества классификации

# оценка результатов классификатора

## способ построения ROC

Таб.1 результаты классификатора

id	оценка	класс
1	0.5	0
2	0.1	0
3	0.2	0
4	0.6	1
5	0.2	1
6	0.3	1
7	0.0	0

Табл. 1

# оценка результатов классификатора

## способ построения ROC

Таб.1 результаты классификатора

id	оценка	класс
1	0.5	0
2	0.1	0
3	0.2	0
4	0.6	1
5	0.2	1
6	0.3	1
7	0.0	0

Табл. 1

упорядочим строки табл. 1  
по убыванию ответов алгоритма

id	оценка	класс
4	0.6	1
1	0.5	0
6	0.3	1
3	0.2	0
5	0.2	1
2	0.1	0
7	0.0	0

Табл. 2

# оценка результатов классификатора

## способ построения ROC

Таб.1 результаты классификатора

id	оценка	класс
1	0.5	0
2	0.1	0
3	0.2	0
4	0.6	1
5	0.2	1
6	0.3	1
7	0.0	0

Табл. 1

упорядочим строки табл. 1  
по убыванию ответов алгоритма

id	оценка	класс
4	0.6	1
1	0.5	0
6	0.3	1
3	0.2	0
5	0.2	1
2	0.1	0
7	0.0	0

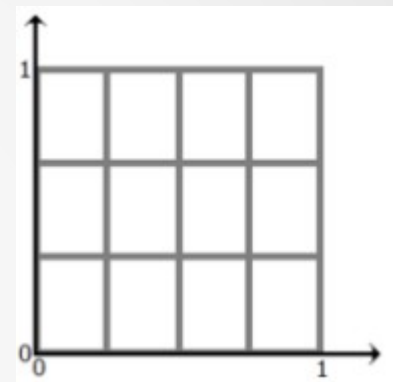
Табл. 2

единичный квадрат на координатной плоскости,

разбить на  $m$  равных частей горизонтальными линиями,  $m$  – число 1 ( $m=3$ ),

и на  $n$  – вертикальными,  $n$  – число нулей ( $n=4$ ).

получаем сетку на  $m \times n$  блоков.



# оценка результатов классификатора

## способ построения ROC

Табл.1 результаты классификатора

id	оценка	класс
1	0.5	0
2	0.1	0
3	0.2	0
4	0.6	1
5	0.2	1
6	0.3	1
7	0.0	0

Табл. 1

упорядочим строки табл. 1  
по убыванию ответов алгоритма

id	оценка	класс
4	0.6	1
1	0.5	0
6	0.3	1
3	0.2	0
5	0.2	1
2	0.1	0
7	0.0	0

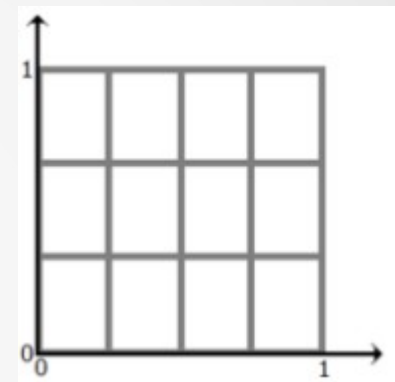
Табл. 2

единичный квадрат на координатной плоскости,

разбить на  $m$  равных частей горизонтальными линиями,  $m$  – число 1 ( $m=3$ ),

и на  $n$  – вертикальными,  $n$  – число нулей ( $n=4$ ).

получаем сетку на  $m \times n$  блоков.



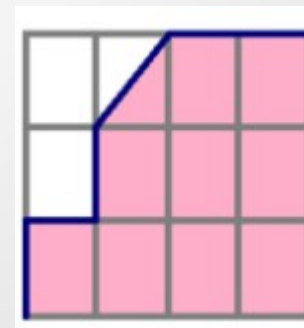
идем по строкам табл. 2

сверху вниз и прорисовывать на сетке линию из точки (0,0).

если метка класса 1, то делаем шаг вверх;

если 0, то делаем шаг вправо.

если оценки равны,  
то мы делаем шаг в точку,  
которая на  $a$  блоков выше и  $b$  блоков правее,  
где  $a$  – число единиц в группе,  
 $b$  – число нулей в ней.



# оценка результатов классификатора

git clone [https://github.com/mechanoid5/ml\\_lectorium.git](https://github.com/mechanoid5/ml_lectorium.git)

Александр Дьяконов AUC ROC (площадь под кривой ошибок)

Кривая ошибок <http://www.machinelearning.ru>



# оценка результатов классификатора



**Вопросы ?**