

# Глубокое обучение для компьютерного зрения – ОСНОВЫ

12 марта 2026 г.

# Как представляются изображения в оттенках серого



	[.1]	[.2]	[.3]	[.4]	[.5]	[.6]	[.7]	[.8]	[.9]	[.10]	[.11]	[.12]	[.13]	[.14]	[.15]	[.16]	[.17]	[.18]	[.19]	[.20]	[.21]	[.22]	[.23]	[.24]	[.25]	[.26]	[.27]	[.28]
[1.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[2.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[3.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[4.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18	18	18	126	136	175	26	166	255	247	127	0	0	0	0
[7.]	0	0	0	0	0	0	0	30	36	94	154	170	253	253	253	253	253	253	225	172	253	242	195	64	0	0	0	0
[8.]	0	0	0	0	0	0	0	49	238	253	253	253	253	253	253	253	253	251	93	82	82	56	39	0	0	0	0	0
[9.]	0	0	0	0	0	0	0	18	219	253	253	253	253	253	198	182	247	241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[10.]	0	0	0	0	0	0	0	80	156	107	253	253	205	11	0	43	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[11.]	0	0	0	0	0	0	0	0	14	1	154	253	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[12.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	253	190	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[13.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	190	253	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[14.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	241	225	160	108	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[15.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	240	253	253	253	119	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[16.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	186	253	253	150	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[17.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	93	252	253	187	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[18.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249	253	249	64	0	0	0	0	0	0	0	0
[19.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	130	183	253	253	207	2	0	0	0	0	0	0	0
[20.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	148	229	253	253	253	250	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[21.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	114	221	253	253	253	253	201	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[22.]	0	0	0	0	0	0	0	23	66	213	253	253	253	198	81	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[23.]	0	0	0	0	0	0	18	171	219	253	253	253	253	195	80	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[24.]	0	0	0	0	55	172	226	253	253	253	253	244	133	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[25.]	0	0	0	0	136	253	253	253	212	135	132	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[26.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[27.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[28.]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

# Как представляются изображения в оттенках серого



	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]	[,9]	[,10]	[,11]	[,12]	[,13]	[,14]	[,15]	[,16]	[,17]	[,18]	[,19]	[,20]	[,21]	[,22]	[,23]	[,24]	[,25]	[,26]	[,27]	[,28]
[1,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[2,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[3,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[4,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[7,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	36	94	154	170	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253
[8,]	0	0	0	0	0	0	0	0	49	238	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	251	93	82	82	56	39	0	0
[9,]	0	0	0	0	0	0	0	18	219	253	253	253	253	253	198	182	247	241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[10,]	0	0	0	0	0	0	0	80	156	107	253	253	205	11	0	43	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[11,]	0	0	0	0	0	0	0	14	1	154	253	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[12,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	253	190	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[13,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	190	253	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[14,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	241	225	160	108	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[15,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	240	253	253	119	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[16,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	186	253	253	150	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[17,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	93	252	253	187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[18,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249	253	249	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[19,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	130	183	253	253	207	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[20,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	148	229	253	253	253	250	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[21,]	0	0	0	0	0	0	0	0	24	114	221	253	253	253	253	201	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[22,]	0	0	0	0	0	0	0	23	66	213	253	253	253	253	198	81	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[23,]	0	0	0	0	0	0	18	171	219	253	253	253	195	80	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[24,]	0	0	0	0	55	172	226	253	253	253	253	244	133	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[25,]	0	0	0	0	136	253	253	253	212	135	132	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[26,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[27,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[28,]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Изображение в оттенках серого представляет собой прямоугольный массив пикселей.
- Интенсивность света каждого пикселя — это число от 0 до 255. По мере увеличения числа от 0 до 255 пиксель переходит из черного цвета через серый в белый.
- Каждая ячейка матрицы показывает интенсивность света пикселя в этом месте.

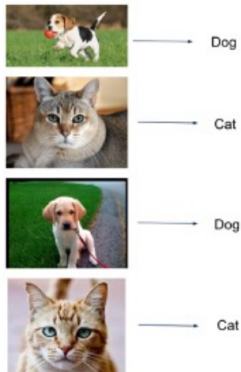
# Как представляются цветные изображения

- Каждый пиксель цветного изображения представлен тремя интенсивностями (а не одной), соответствующими “красноте”, “синести” и “зелени” пикселя (RGB).
- Каждая интенсивность света по-прежнему представляет собой число от 0 до 255.
- Таким образом, цветные изображения представляются в виде 3 матриц чисел, соответствующих “каналам” красного, зеленого и синего цветов.



# Ключевые задачи компьютерного зрения

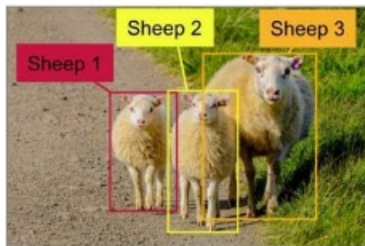
# Классификация изображений

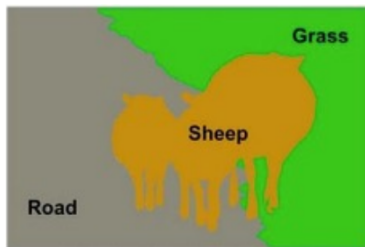


# Классификация и локализация



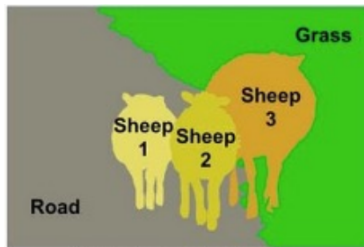
# Обнаружение объектов





Каждый пиксель необходимо отнести к одной из  $N$  категорий.

# Сегментация экземпляров



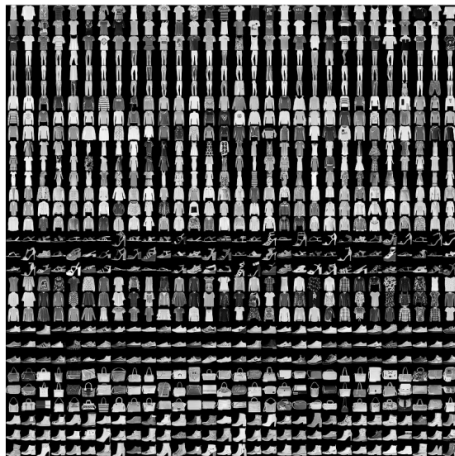
Каждый пиксель необходимо отнести к одной из  $N$  категорий, и необходимо идентифицировать различные экземпляры (например, Овца 1, Овца 2, Овца 3) одной и той же категории (например, Овца).

# Классификация изображений

# Мотивирующее приложение: Мода MNIST

Набор данных fashion-mnist состоит из 70 000 изображений предметов одежды, отнесенных к 10 категориям.

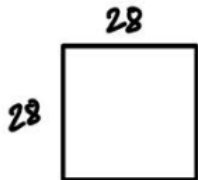
Мы создадим с нуля нейронную сеть глубокого обучения для классификации одежды по этим 10 категориям с точностью более 90%!



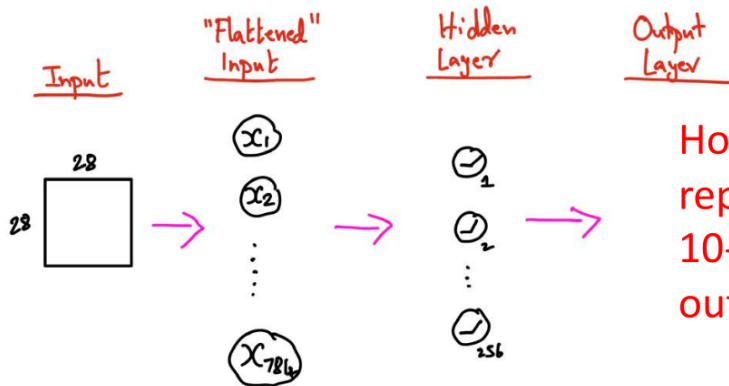
Sample of the Fashion MNIST images by Yuzamei.  
Source: Wikimedia Commons. License: CC BY-SA.

# Простая нейронная сеть для классификации изображений одежды в оттенках серого.

Input



# Простая нейронная сеть для классификации изображений одежды в оттенках серого.

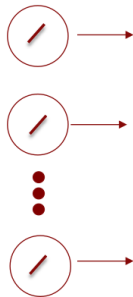


How do we represent a 10-way output?

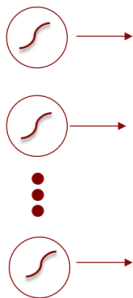
# Многоклассовая классификация

Предположим, что выходная переменная является категориальной и имеет 10 уровней.

We know how to output 10 numbers



We know how to output 10 probabilities






How do we output 10 probabilities **that sum to 1.0**?

# softmax уровень

softmax принимает  $n$  произвольных чисел и преобразует их в  $n$  вероятностей.



# Краткое описание: Выходные слои для регрессии и классификации

Output Variable	Output Layer
Single number (regression with a single output)	
Single probability (binary classification)	
Vector of $n$ numbers (regression with multiple outputs)	Stack of 
Vector of $n$ probabilities that add up to 1 (multi-class classification)	Softmax

# Повторение: Как кодируются бинарные и категориальные переменные.

## BINARY CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA	ONE-HOT ENCODED VERSION
Yes	1
No	0

# Повторение: Как кодируются бинарные и категориальные переменные.

## BINARY CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA	ONE-HOT ENCODED VERSION
Yes	1
No	0

## MULTI-CLASS CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA	SPARSE ENCODED VERSION
T-shirt/top	0
Trouser	1
Pullover	2
Dress	3
Coat	4
Sandal	5
Shirt	6
Sneaker	7
Bag	8
Ankle boot	9

# Повторение: Как кодируются бинарные и категориальные переменные.

## BINARY CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA	ONE-HOT ENCODED VERSION
Yes	1
No	0

## MULTI-CLASS CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA	SPARSE ENCODED VERSION	ONE-HOT ENCODED VERSION
T-shirt/top	0	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Trouser	1	0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
Pullover	2	0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
Dress	3	0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
Coat	4	0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
Sandal	5	0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
Shirt	6	0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
Sneaker	7	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
Bag	8	0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
Ankle boot	9	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1

Важно: выберите функцию потерь кроссэнтропии Keras, соответствующую кодировке.

### BINARY CLASSIFICATION EXAMPLE

#### RAW DATA

Yes  
No

#### ONE-HOT ENCODED VERSION

1  
0



`binary_crossentropy`

### MULTI-CLASS CLASSIFICATION EXAMPLE

#### RAW DATA

T-shirt/top  
Trouser  
Pullover  
Dress  
Coat  
Sandal  
Shirt  
Sneaker  
Bag  
Ankle boot

#### SPARSE ENCODED VERSION

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

#### ONE-HOT ENCODED VERSION

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Важно: выберите функцию потерь кроссэнтропии Keras, соответствующую кодировке.

### BINARY CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA

Yes  
No

ONE-HOT ENCODED VERSION

1  
0



binary\_crossentropy

### MULTI-CLASS CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA

T-shirt/top  
Trouser  
Pullover  
Dress  
Coat  
Sandal  
Shirt  
Sneaker  
Bag  
Ankle boot

SPARSE ENCODED VERSION

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

ONE-HOT ENCODED VERSION

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0



sparse\_categorical\_crossentropy

Важно: выберите функцию потерь кроссэнтропии Keras, соответствующую кодировке.

### BINARY CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA
Yes
No

ONE-HOT ENCODED VERSION
1
0



binary\_crossentropy

### MULTI-CLASS CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA
T-shirt/top
Trouser
Pullover
Dress
Coat
Sandal
Shirt
Sneaker
Bag
Ankle boot

SPARSE ENCODED VERSION
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

ONE-HOT ENCODED VERSION										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1



sparse\_categorical\_crossentropy



categorical\_crossentropy

Важно: выберите функцию потерь кроссэнтропии Keras, соответствующую кодировке.

### BINARY CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA

Yes  
No

ONE-HOT ENCODED VERSION

1  
0



binary\_crossentropy

### MULTI-CLASS CLASSIFICATION EXAMPLE

RAW DATA

T-shirt/top  
Trouser  
Pullover  
Dress  
Coat  
Sandal  
Shirt  
Sneaker  
Bag  
Ankle boot

SPARSE ENCODED VERSION

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

ONE-HOT ENCODED VERSION

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1






sparse\_categorical\_crossentropy



categorical\_crossentropy

# Краткое описание: Функции потерь для различных ВЫХОДНЫХ СЛОЕВ

Output Variable	Output Layer	Loss Function
Single number (regression with a single output)		Mean squared error
Single probability (binary classification)		Binary cross-entropy
Vector of $n$ numbers (regression with multiple outputs)	Stack of 	Mean squared error
Vector of $n$ probabilities that add up to 1 (multi-class classification)	Softmax	Categorical cross-entropy

Давайте переведём эту нейронную сеть в Keras и обучим её!

colab