



# [4] СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ

Дмитрий Коробченко

The background is a dark blue field with a complex network of thin, light green lines. These lines connect various points, some of which are highlighted as bright green dots. The overall effect is a sense of a digital or neural network, with lines crisscrossing the frame and dots acting as nodes or data points.

# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ



# ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ



# ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ

## Классификация

Label



Котик

# ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ

Классификация

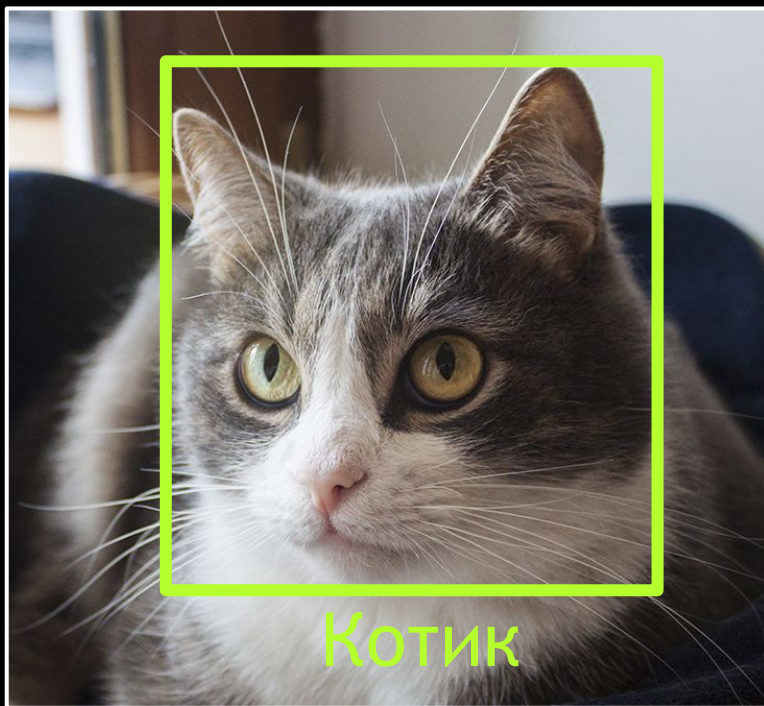
Label



Котик

Локализация [1]

Bounding box + Label



Котик

# ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ

Классификация

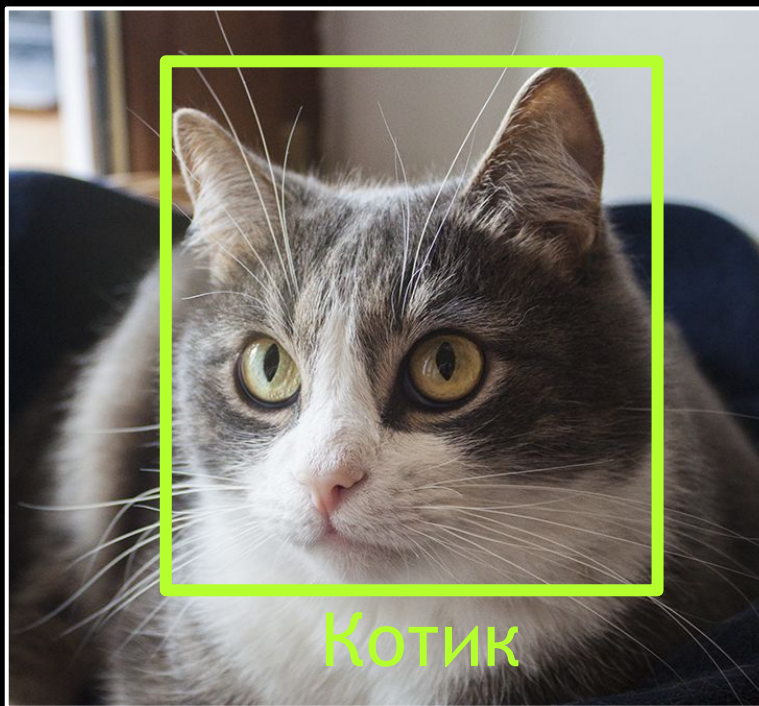
Label



Котик

Локализация [1]

Bounding box + Label



Котик

Локализация [2]

Heatmap



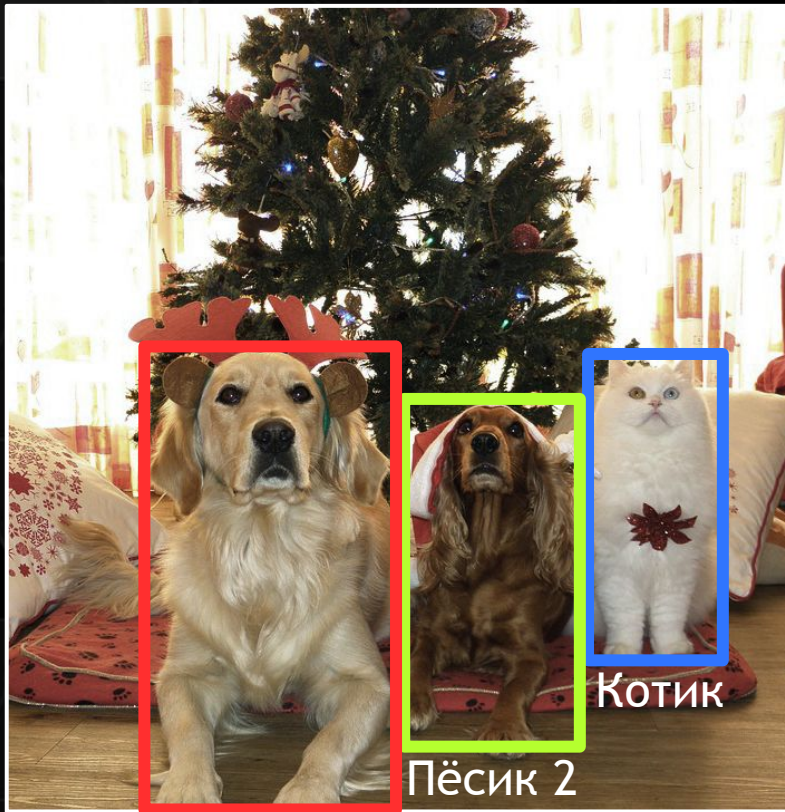


# ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ



# ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ

## Детектирование объектов



Пёсик 1

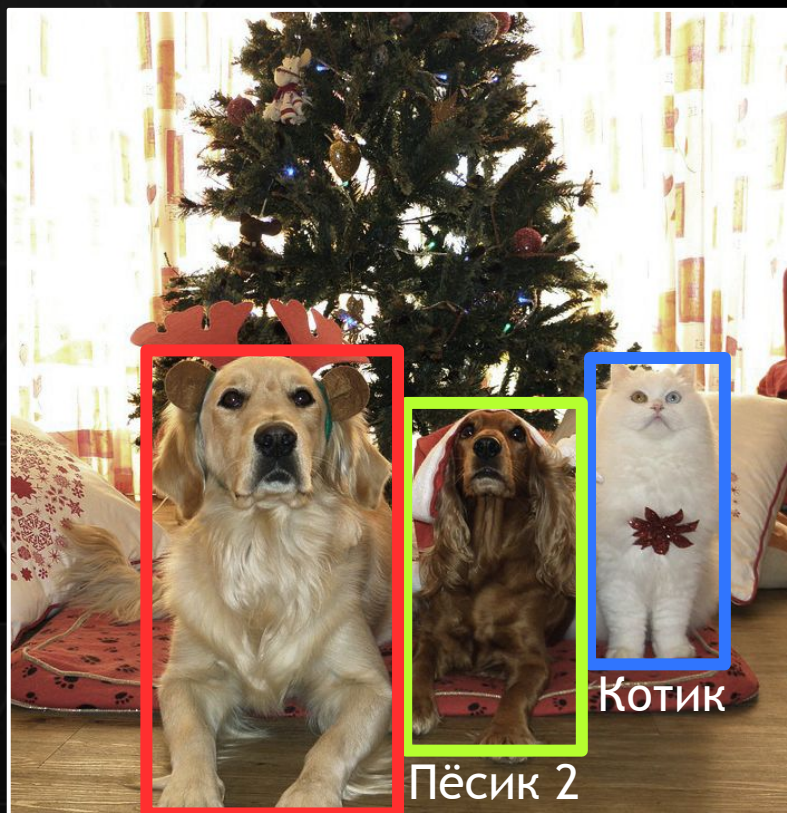
Пёсик 2

Котик



# ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ

Детектирование  
объектов

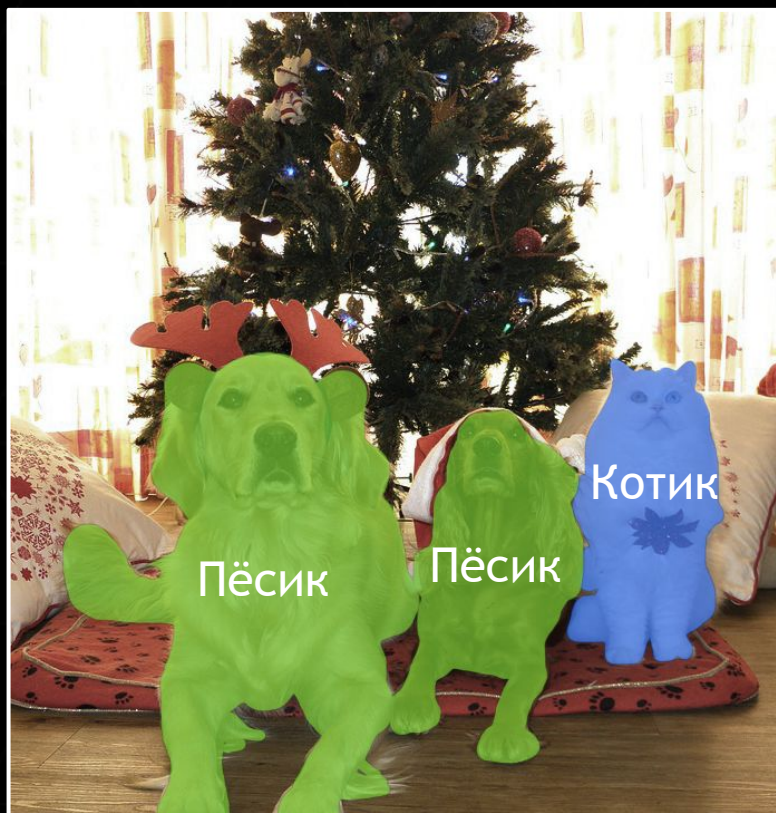


Пёсик 1

Пёсик 2

Котик

Семантическая  
сегментация



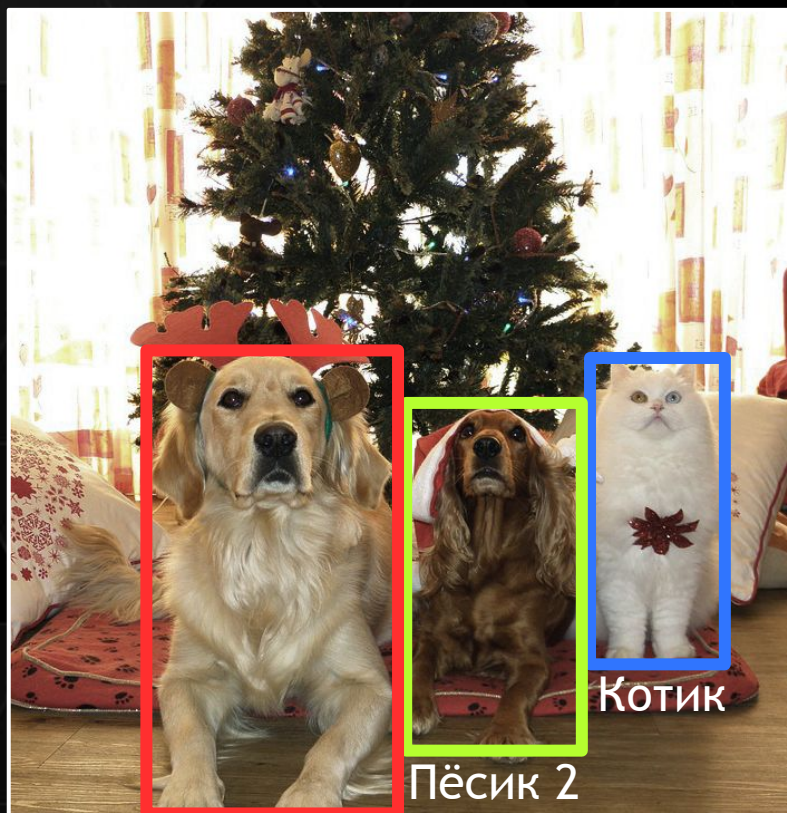
Пёсик

Пёсик

Котик

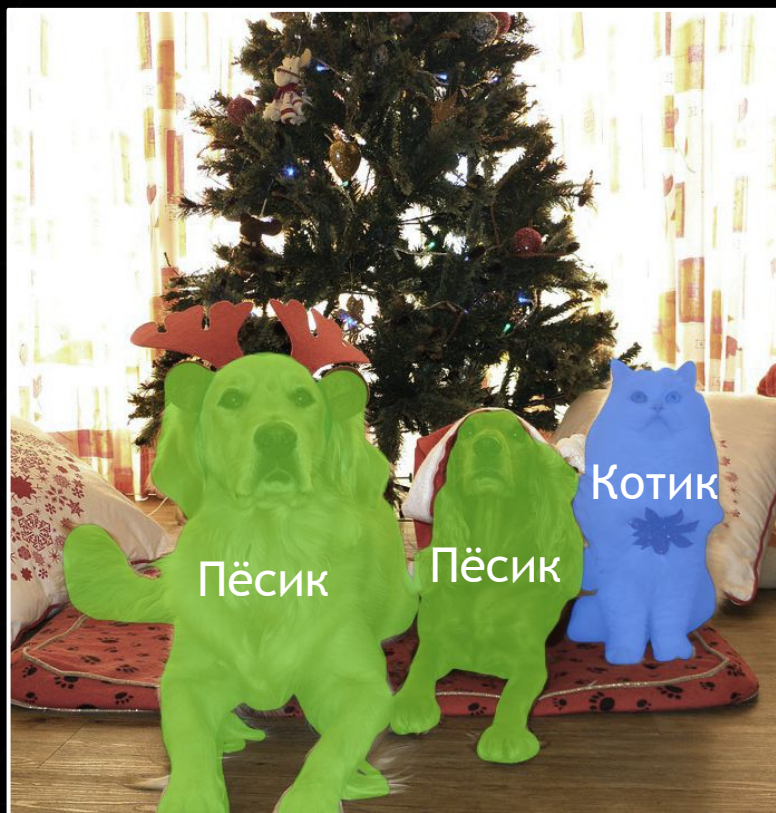
# ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ

Детектирование  
объектов



Пёсик 1

Семантическая  
сегментация

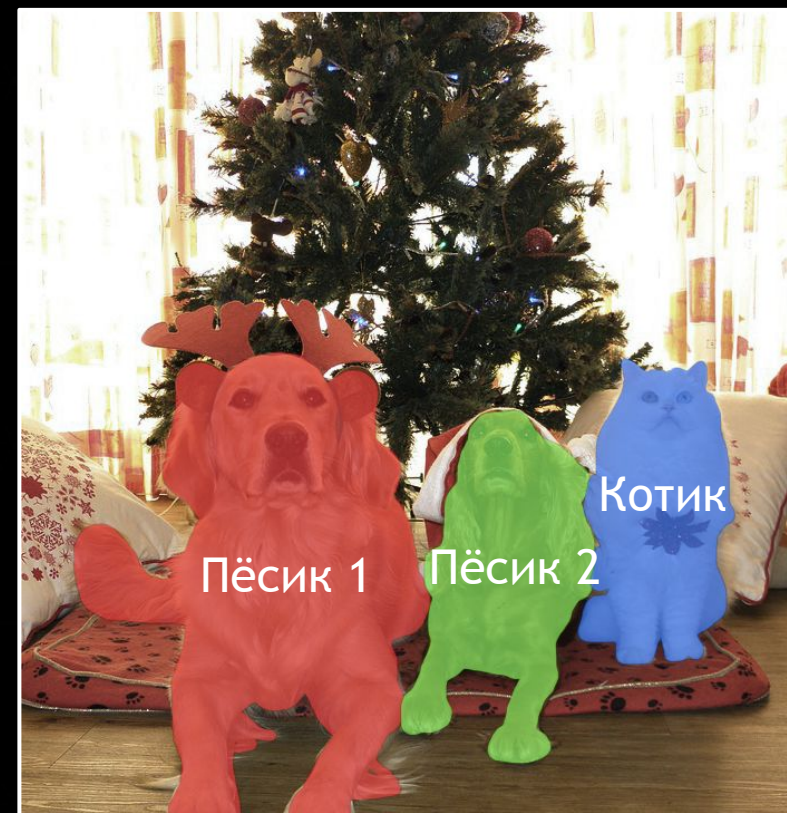


Пёсик

Пёсик

Котик

Сегментация  
объектов



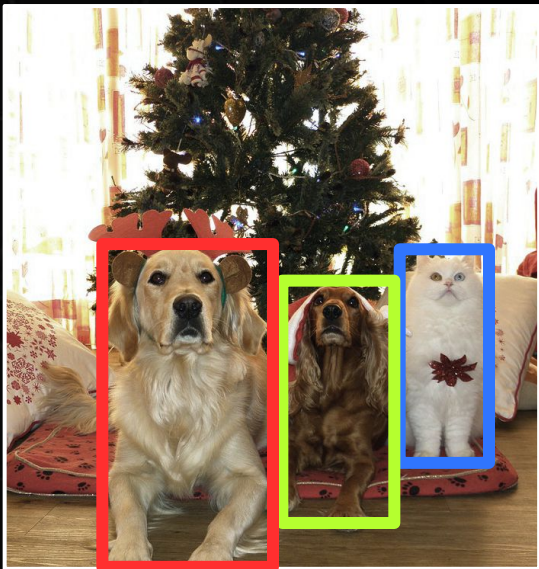
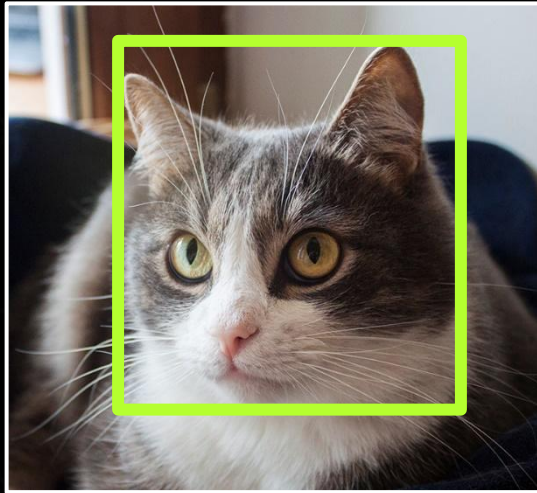
Пёсик 1

Пёсик 2

Котик

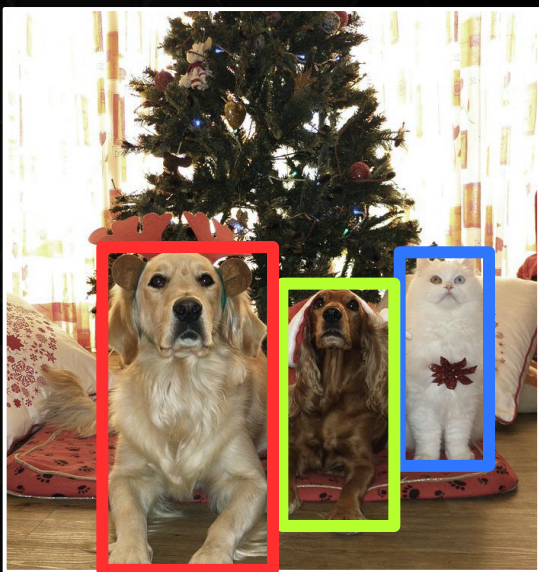
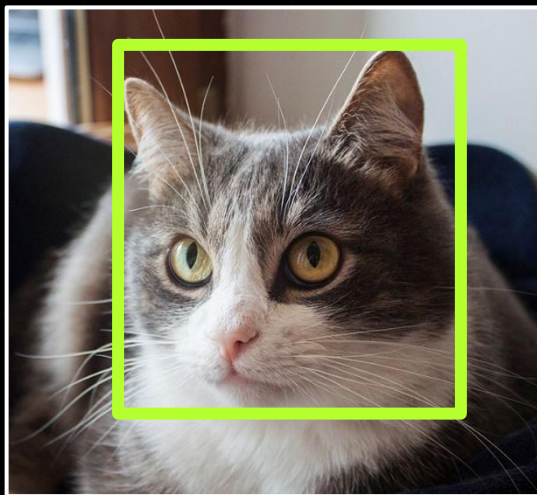


# ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ





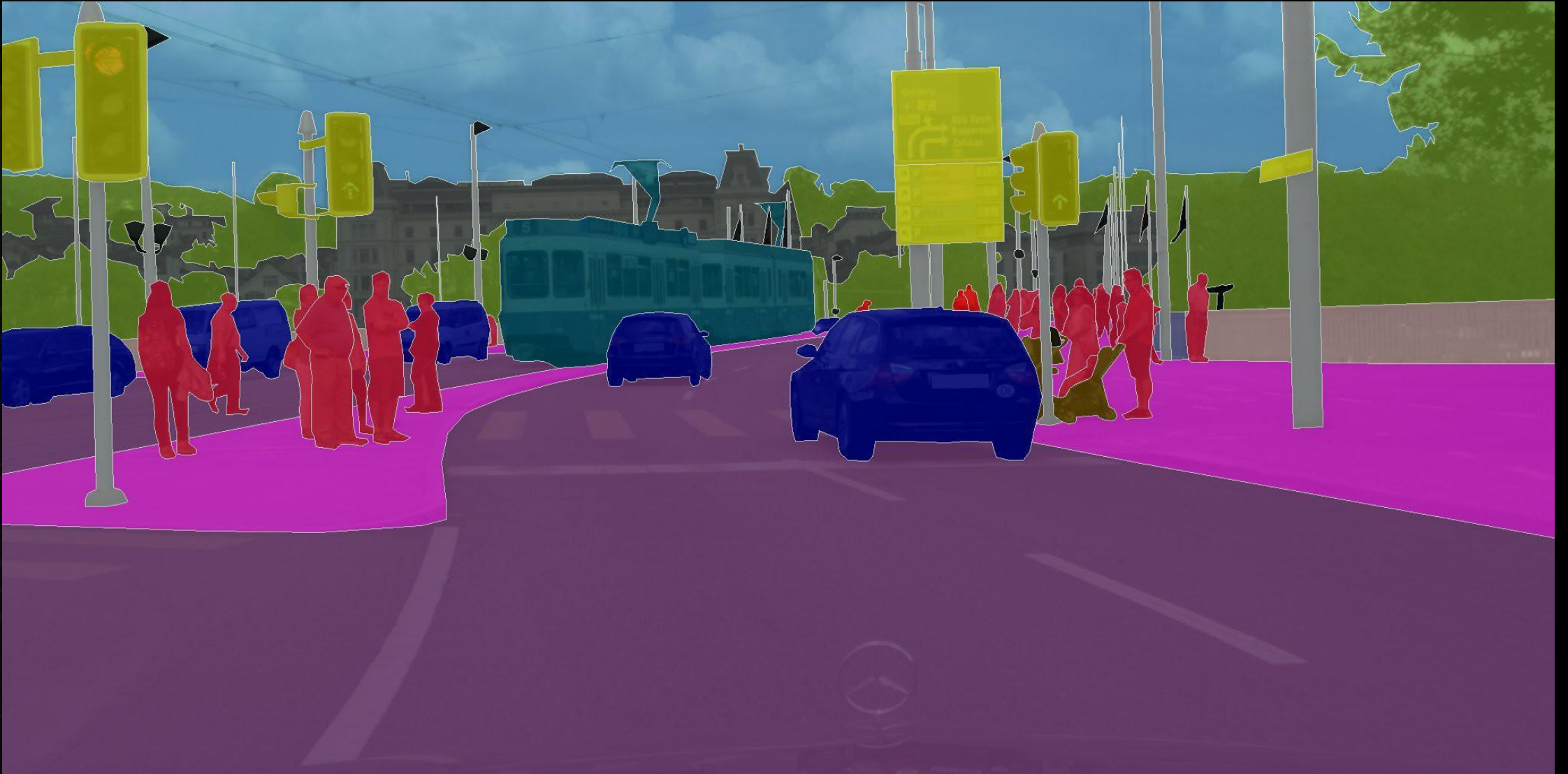
# ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ



The background is a dark blue gradient with a network of thin, light green lines connecting various points. Some points are small, bright green dots, while others are larger, fainter blue-green circles. The overall effect is a complex, interconnected web of light against a dark background.

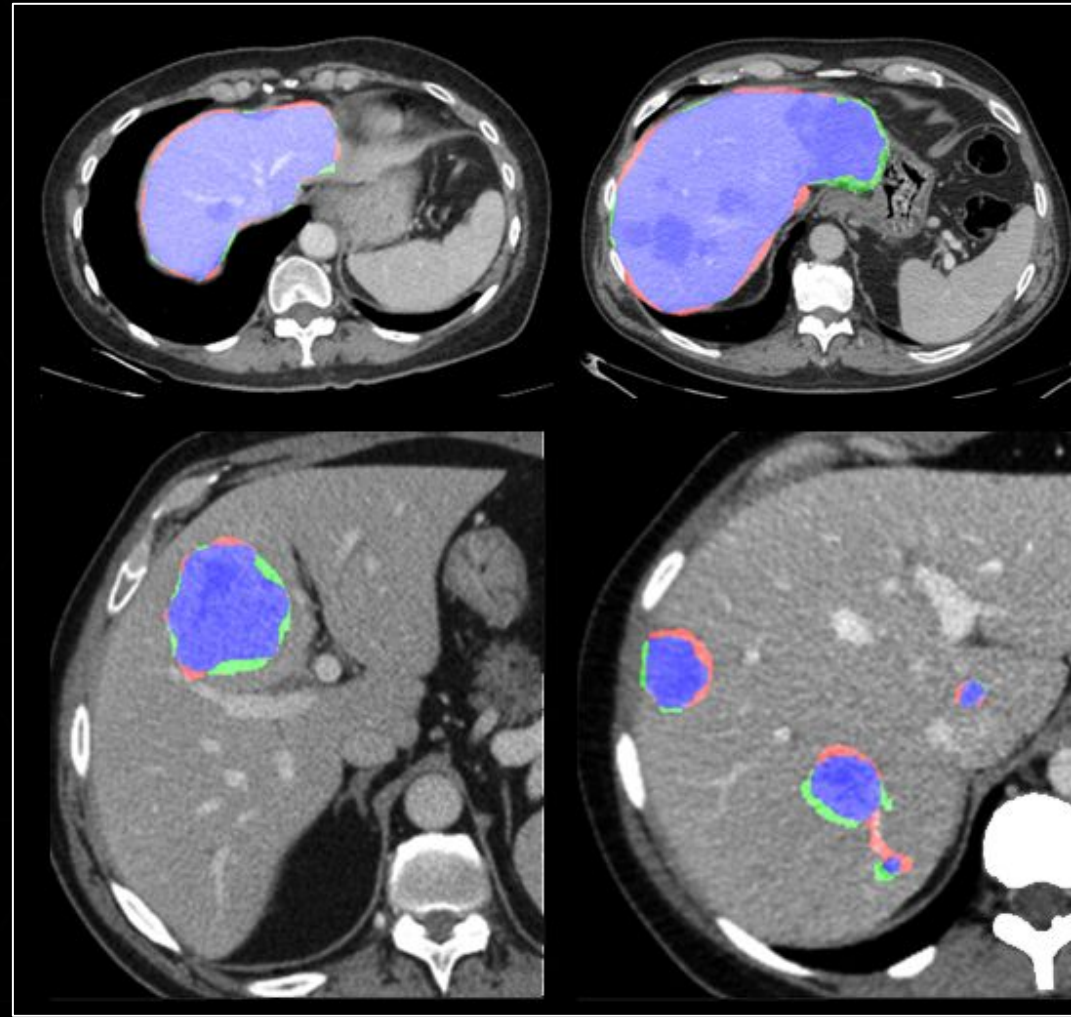
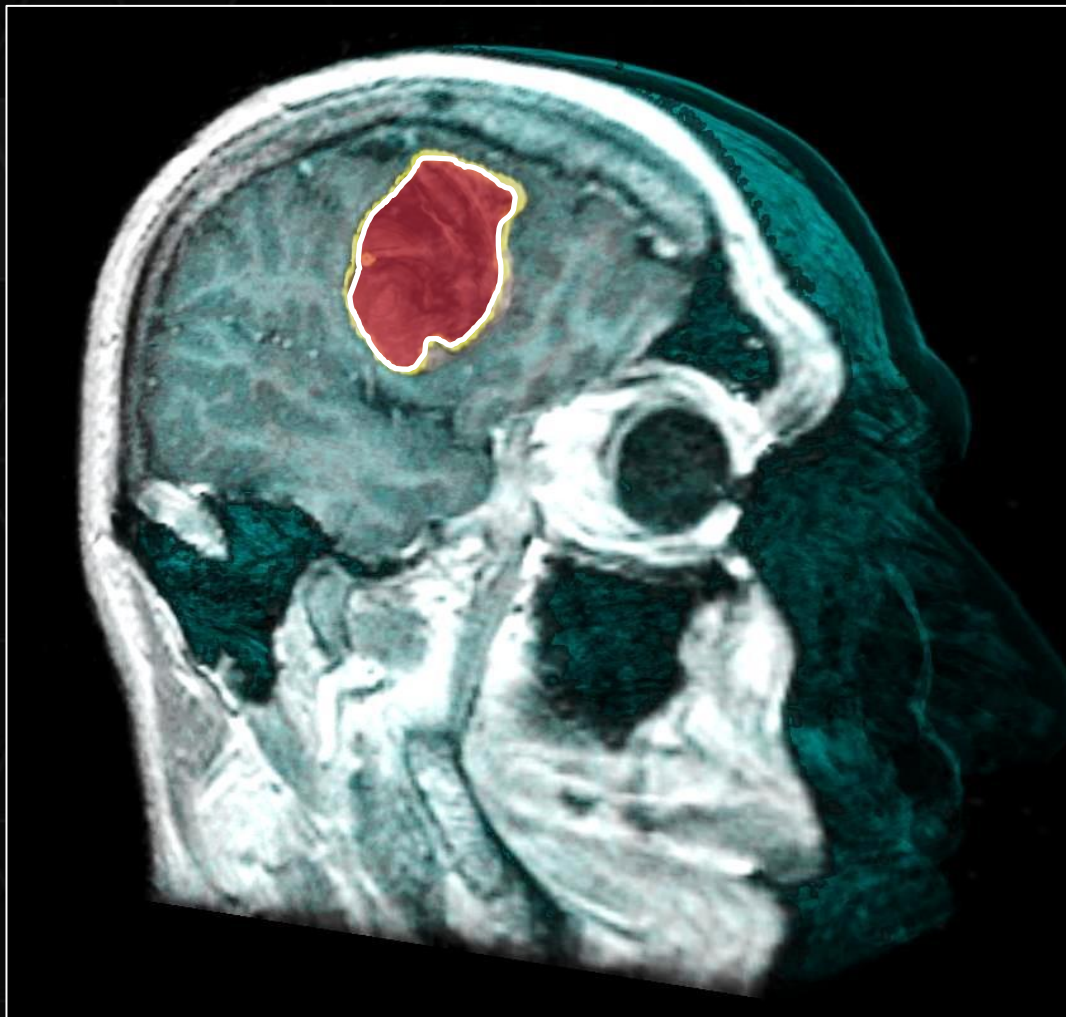
# ПРИЛОЖЕНИЯ СЕГМЕНТАЦИИ

# АВТОНОМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА



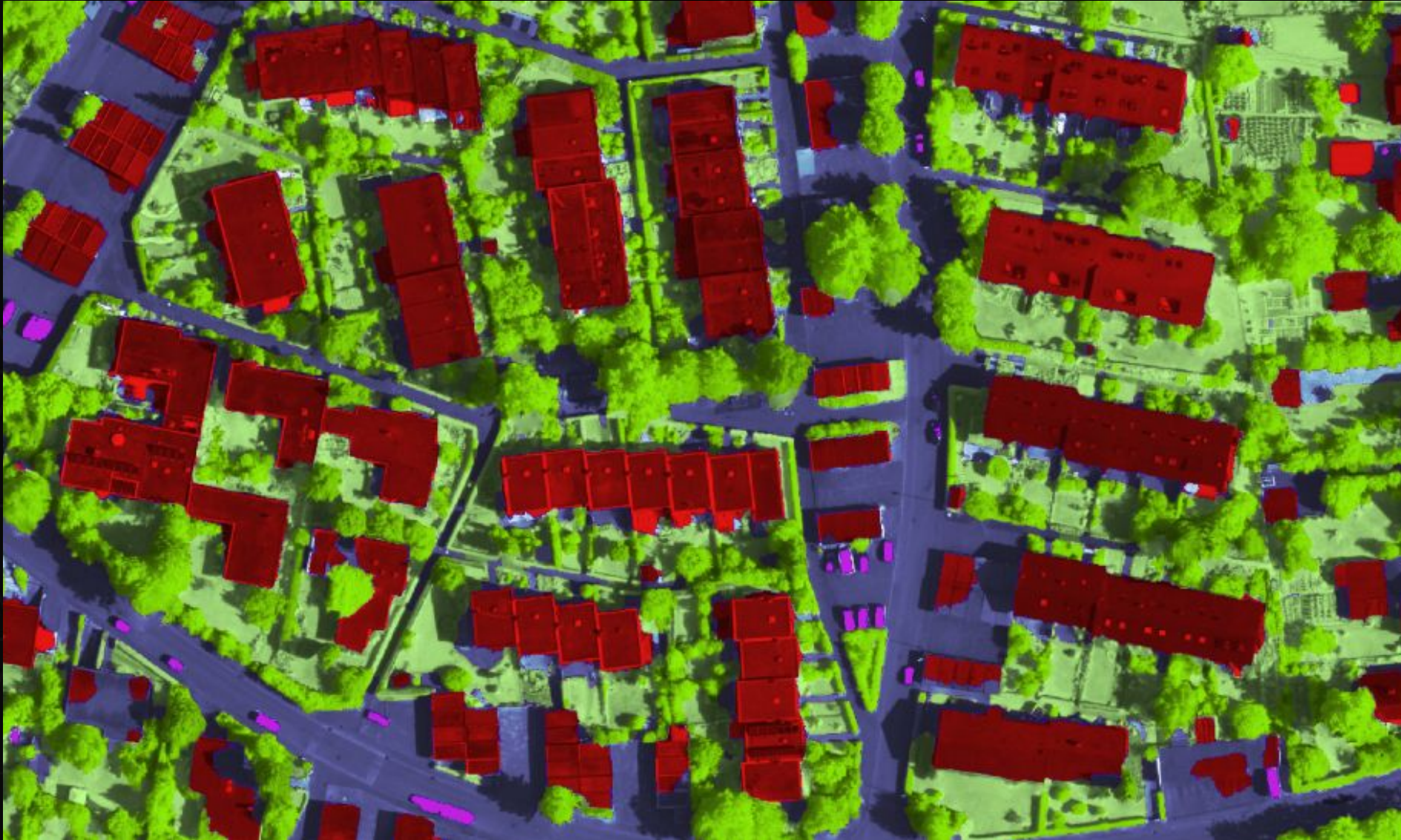


# МЕДИЦИНСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ





# СПУТНИКОВАЯ И АЭРОФОТОСЪЁМКА





# СЕГМЕНТАЦИЯ ЛЮДЕЙ





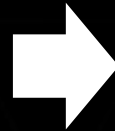
The background is a dark blue gradient with a network of thin, light green lines connecting various points. Some points are small, bright green dots, while others are larger, fainter blue circles. The overall effect is a complex, interconnected web of light against a dark background.

# КЛАССИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ

# СУПЕРПИКСЕЛИ



# СУПЕРПИКСЕЛИ



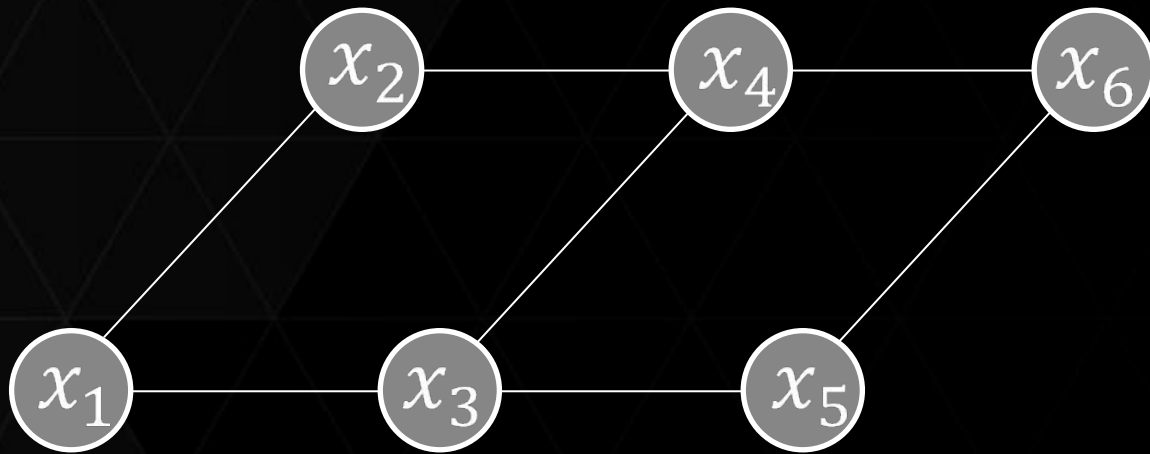


# СУПЕРПИКСЕЛИ



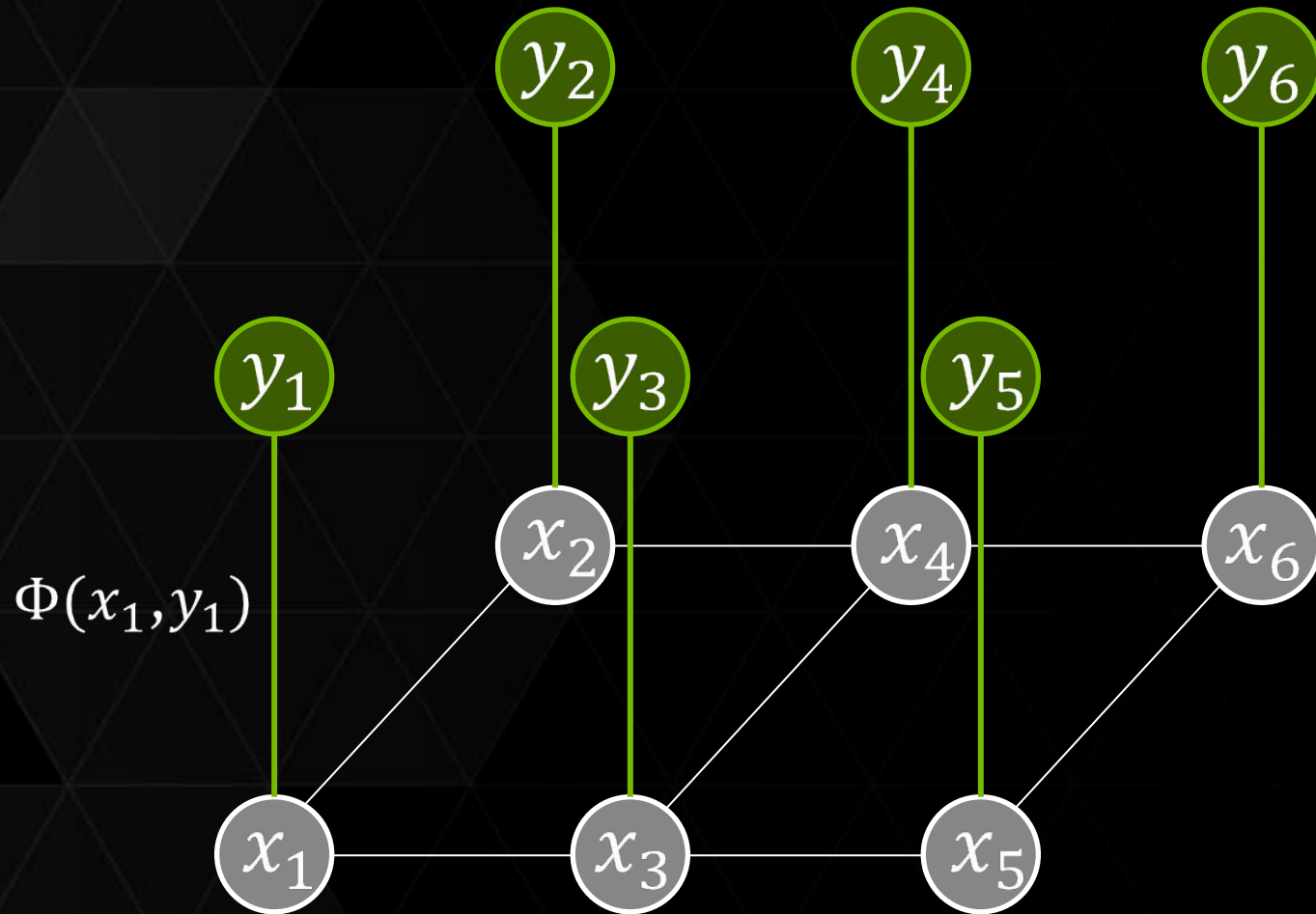
# УСЛОВНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПОЛЯ (CRF)

- Скрытые значения  
(искомые метки)





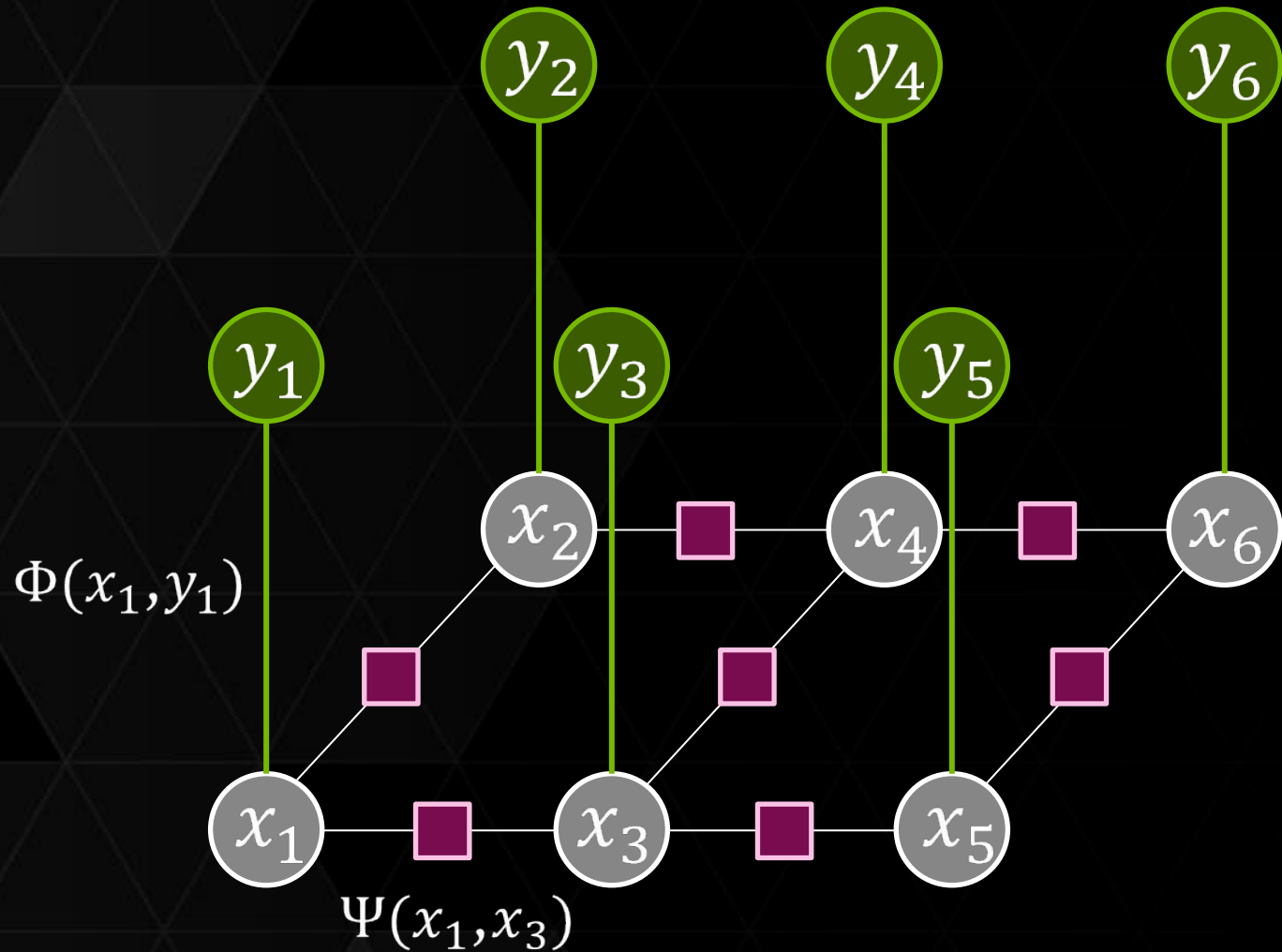
# УСЛОВНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПОЛЯ (CRF)



○ Скрытые значения  
(искомые метки)

—○ Наблюдаемые значения  
(унарный потенциал)

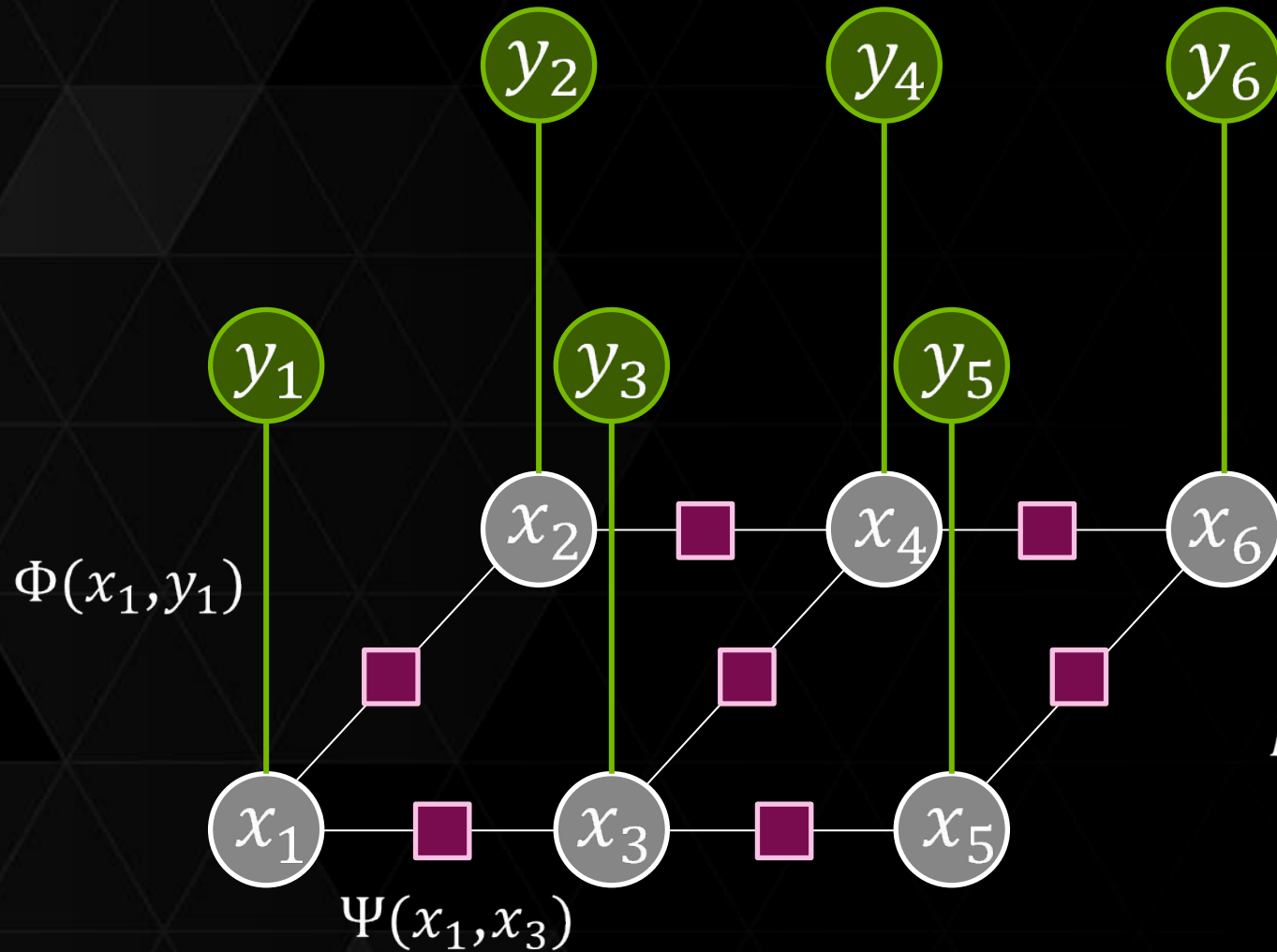
# УСЛОВНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПОЛЯ (CRF)



- Скрытые значения (искомые метки)
- Наблюдаемые значения (унарный потенциал)
- Связи между элементами (парный потенциал)



# УСЛОВНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПОЛЯ (CRF)



- Скрытые значения (искомые метки)
- Наблюдаемые значения (унарный потенциал)
- Связи между элементами (парный потенциал)

$$E(x, y) = \sum_i \Phi(x_i, y_i) + \sum_{i,j} \Psi(x_i, x_j)$$

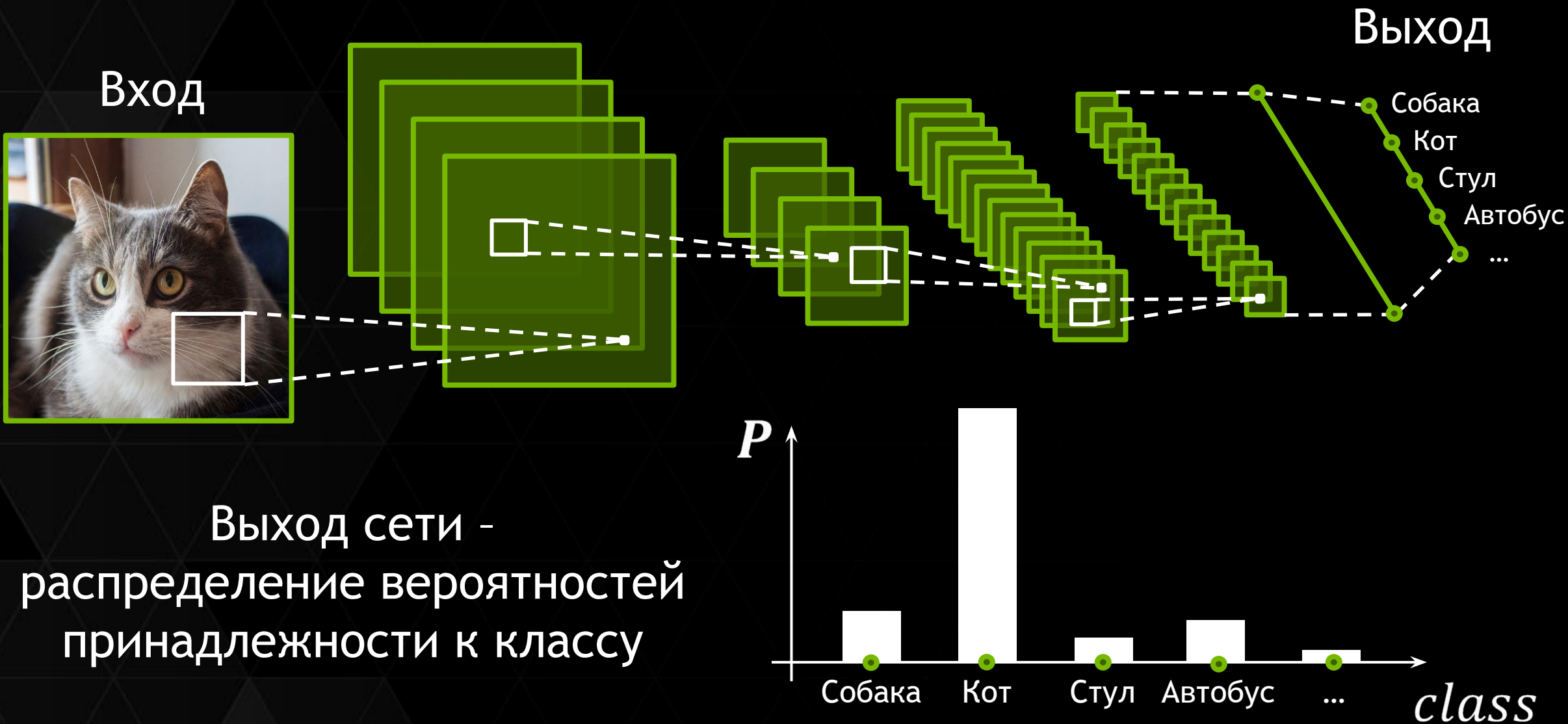
$$x^* = \operatorname{argmax}_x E(x, y)$$

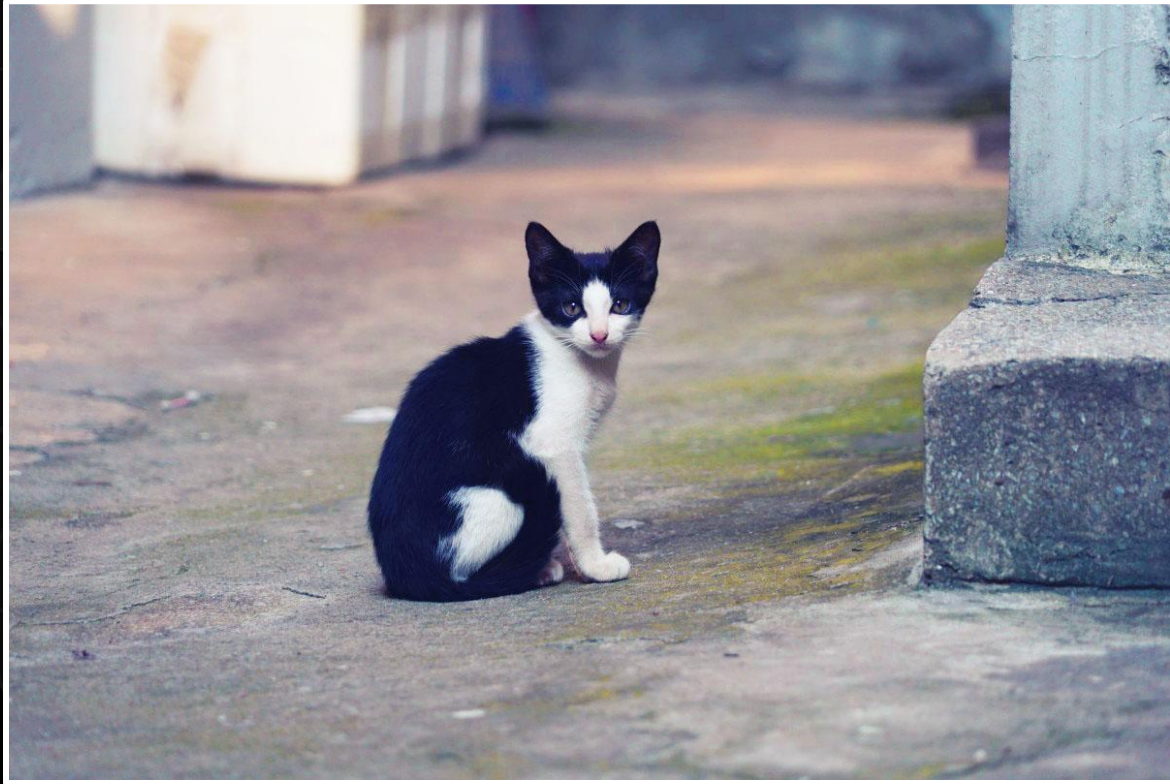
The background is a dark, almost black, field filled with a complex network of thin, glowing green lines. These lines intersect at various points, creating a web-like structure. At many of these intersection points, there are small, bright green circular dots. Some of these dots are slightly larger and more intense than others. Additionally, there are a few larger, fainter blue circular shapes scattered across the background, adding to the abstract, technological feel of the image.

# МЕТОДЫ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ



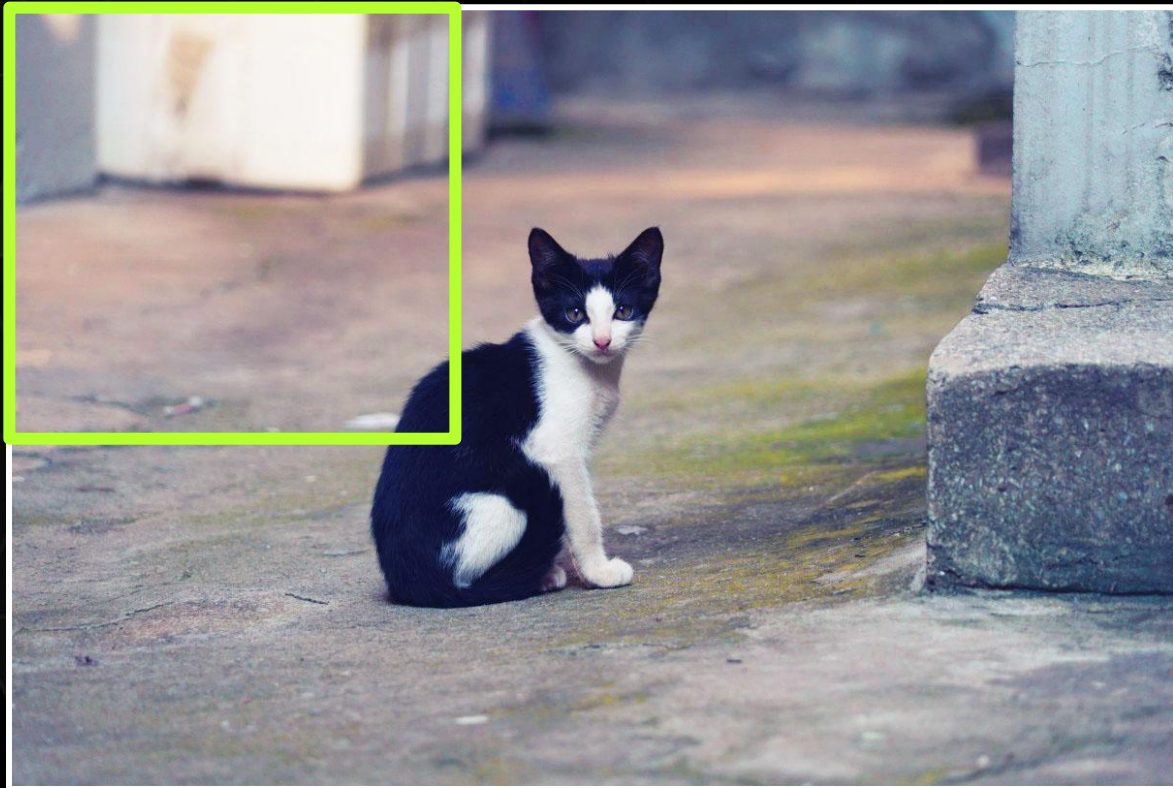
# КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ



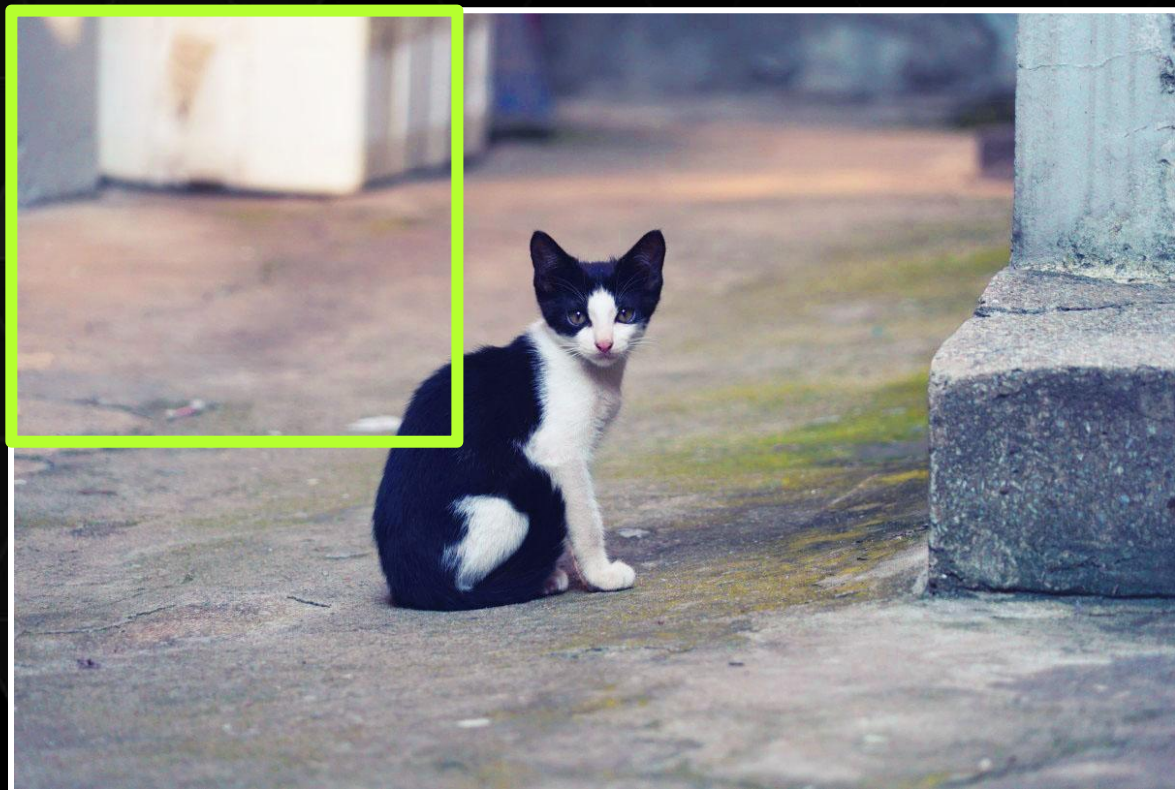




# СКОЛЬЗЯЩЕЕ ОКНО



# СКОЛЬЗЯЩЕЕ ОКНО

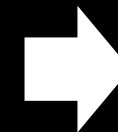
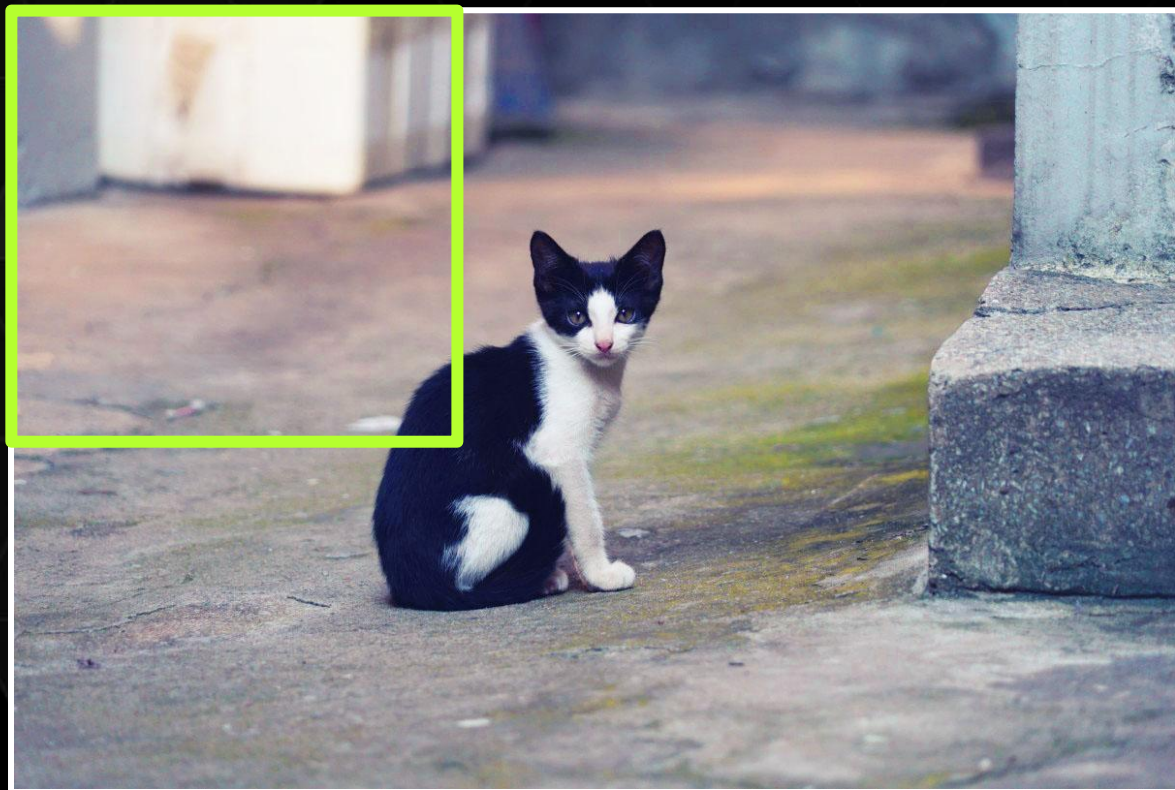


Классификатор

- Собака
- Кот
- Стул
- Автобус
- ...



# СКОЛЬЗЯЩЕЕ ОКНО



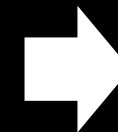
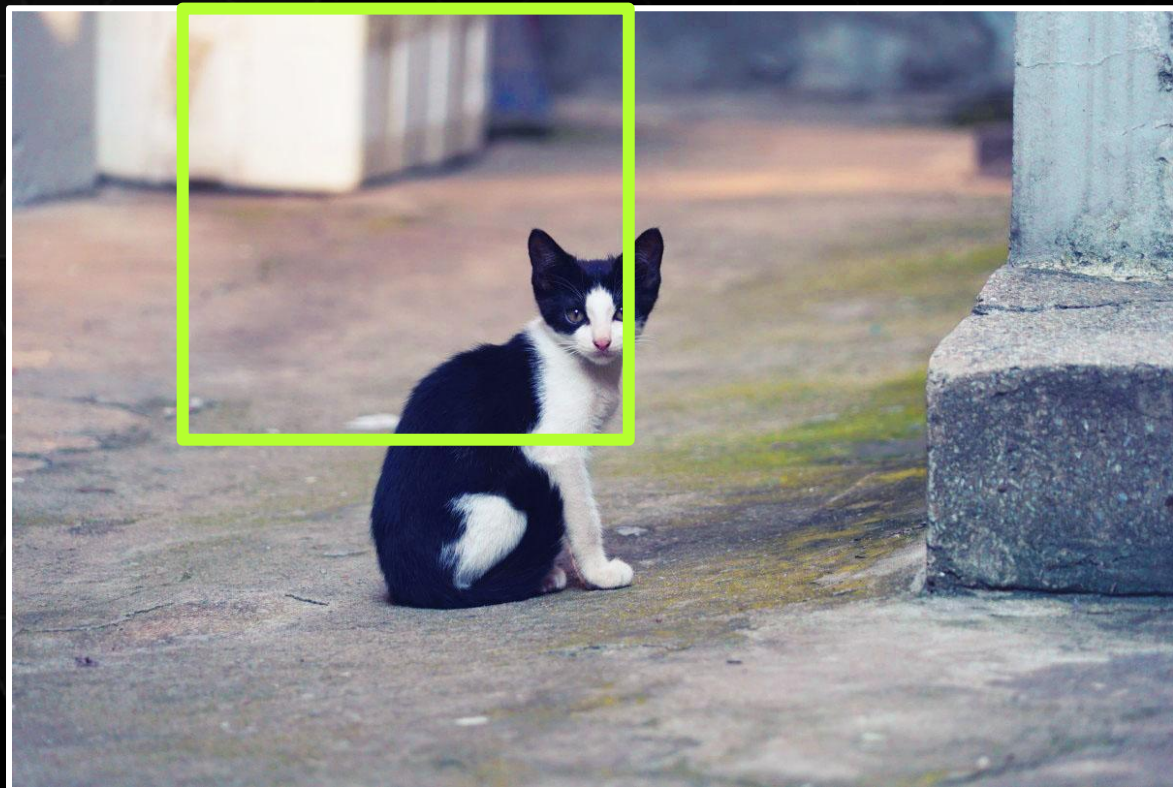
Классификатор

Собака  
Кот  
Стул  
Автобус  
...





# СКОЛЬЗЯЩЕЕ ОКНО

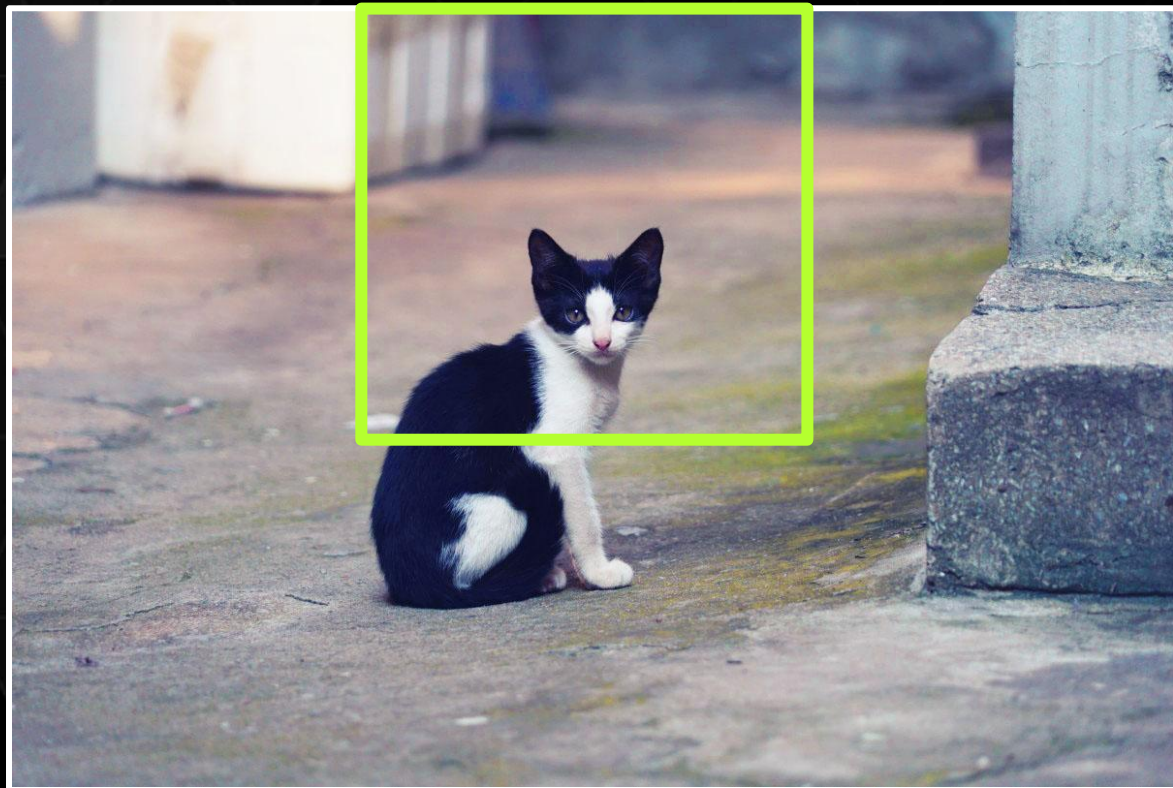


Классификатор

Собака  
Кот  
Стул  
Автобус  
...

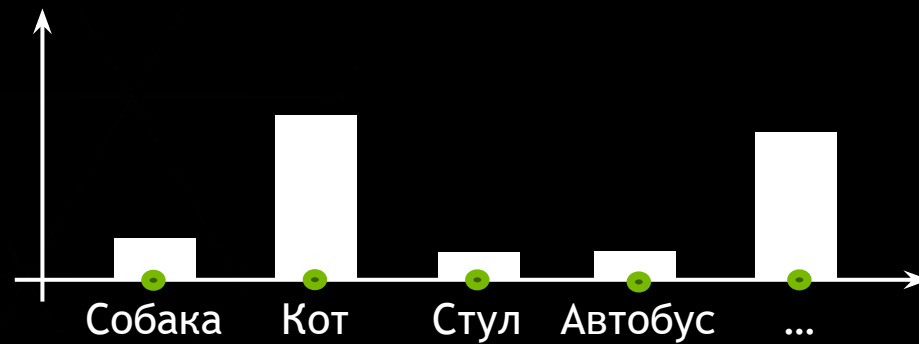


# СКОЛЬЗЯЩЕЕ ОКНО



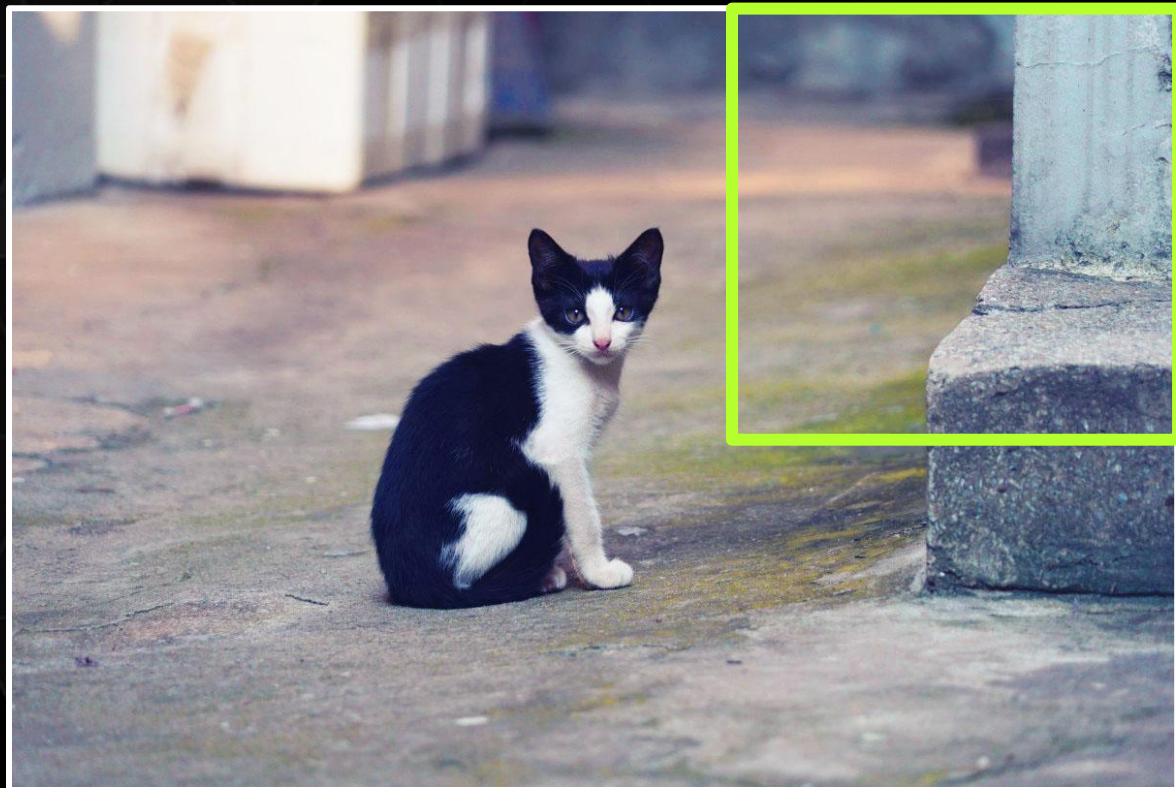
Классификатор

Собака  
Кот  
Стул  
Автобус  
...



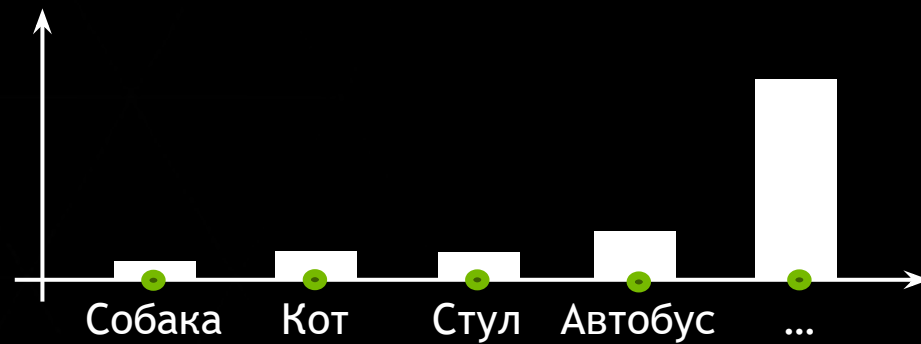


# СКОЛЬЗЯЩЕЕ ОКНО



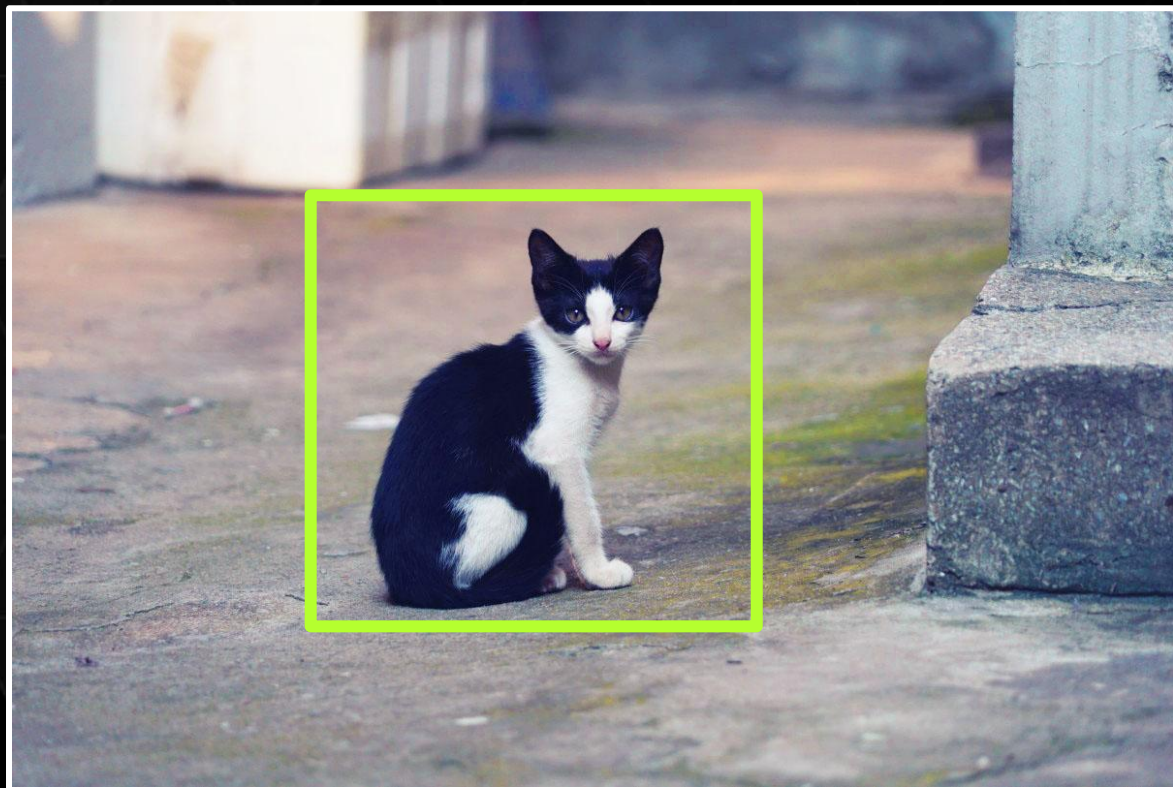
Классификатор

Собака  
Кот  
Стул  
Автобус  
...



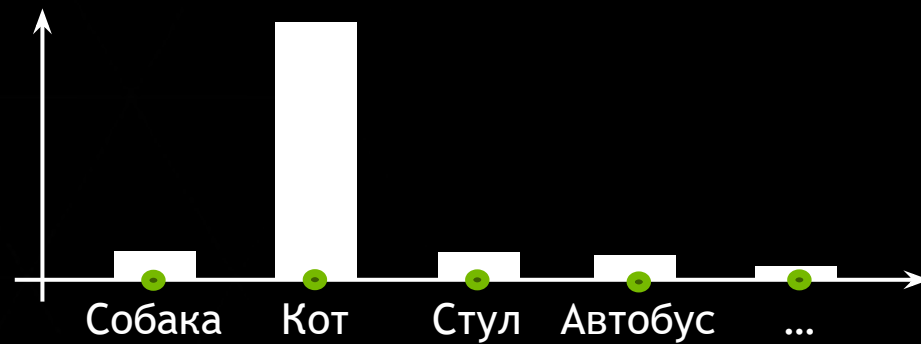


# СКОЛЬЗЯЩЕЕ ОКНО

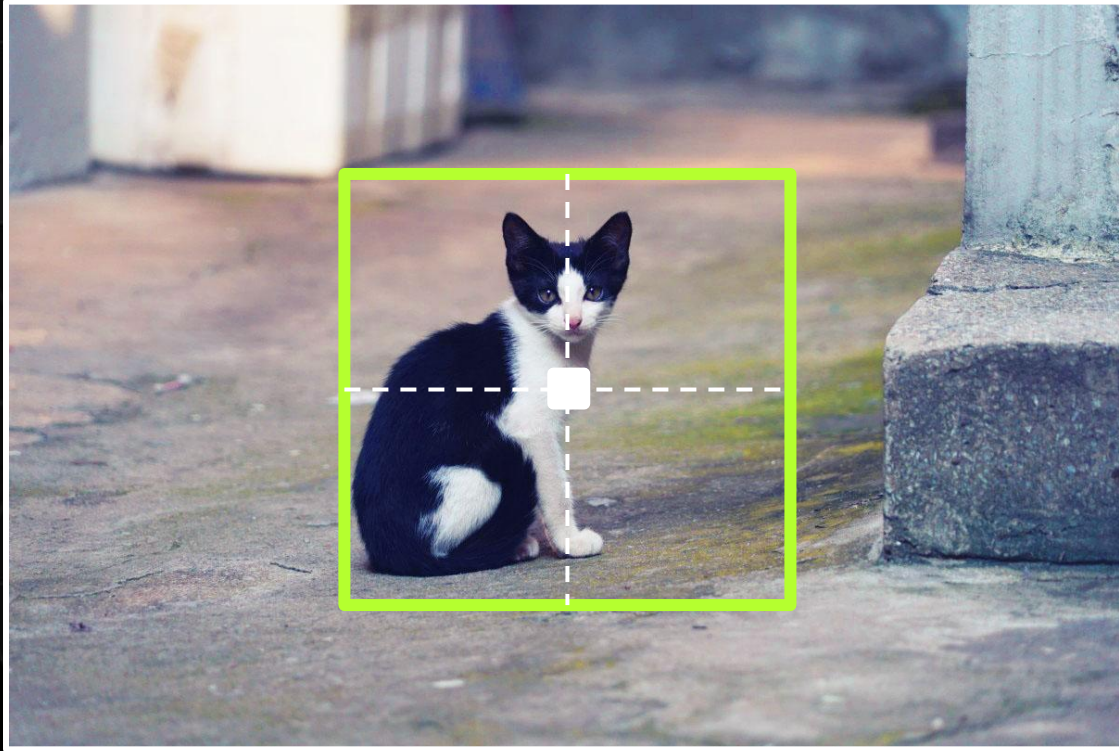


Классификатор

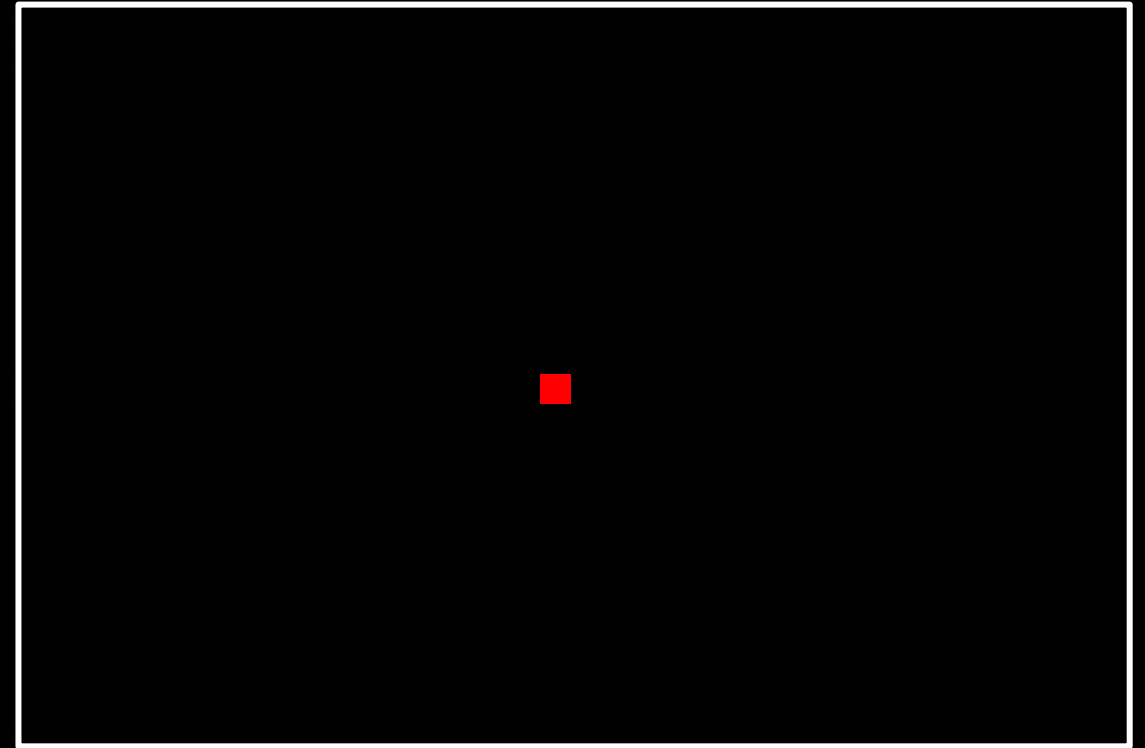
Собака  
Кот  
Стул  
Автобус  
...



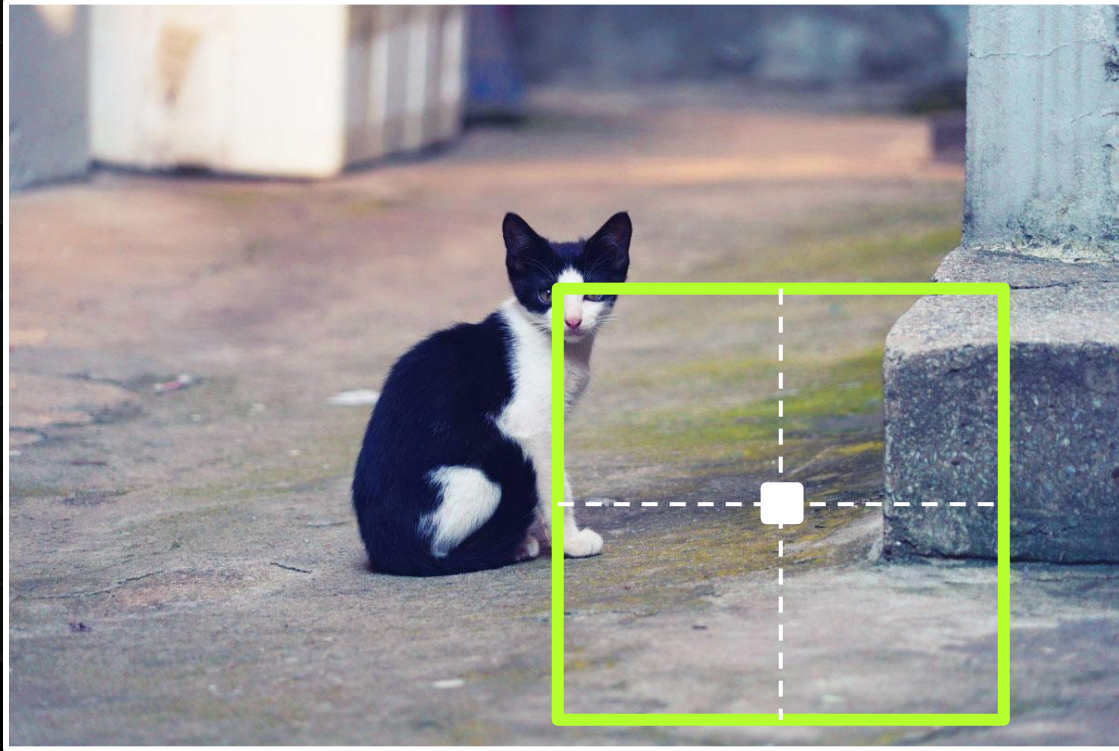
# ТЕПЛОВАЯ КАРТА



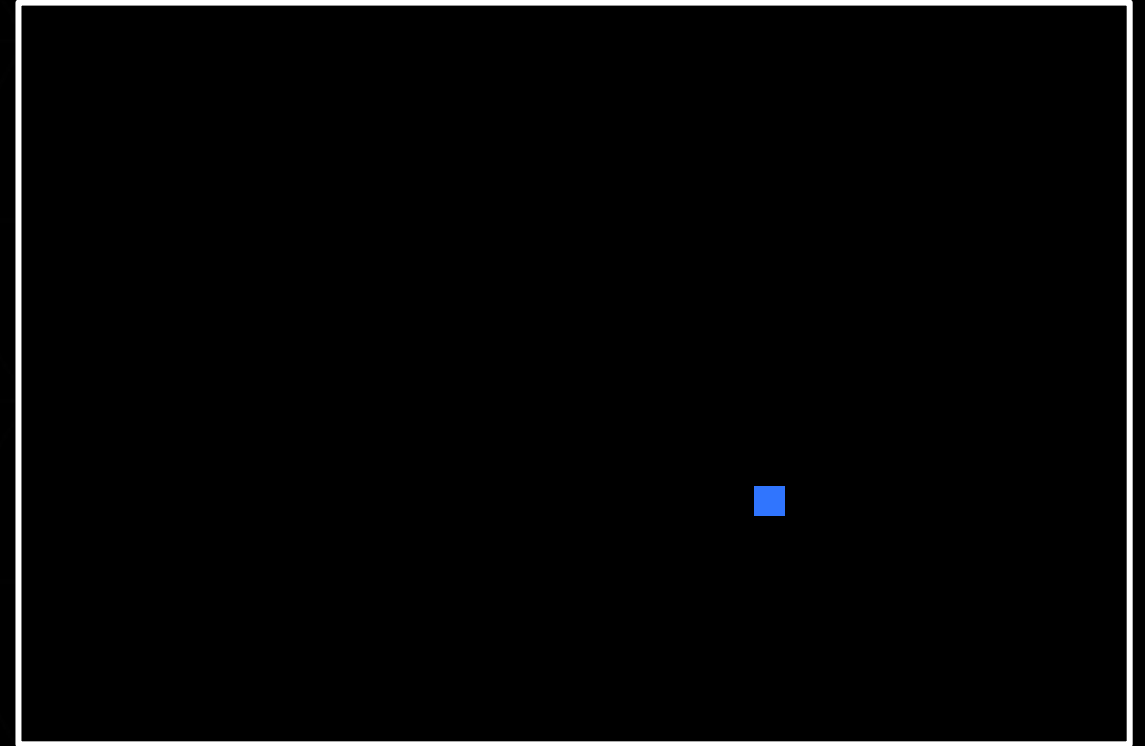
Класс: **Кот**



# ТЕПЛОВАЯ КАРТА

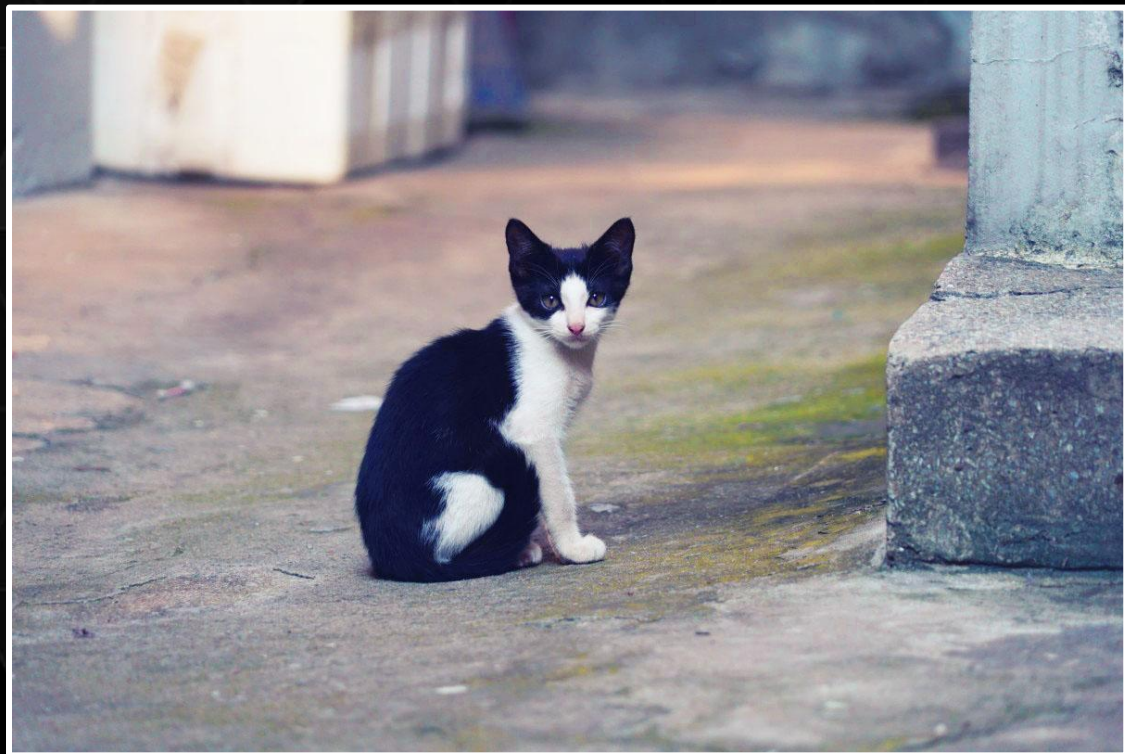


Класс: **Кот**

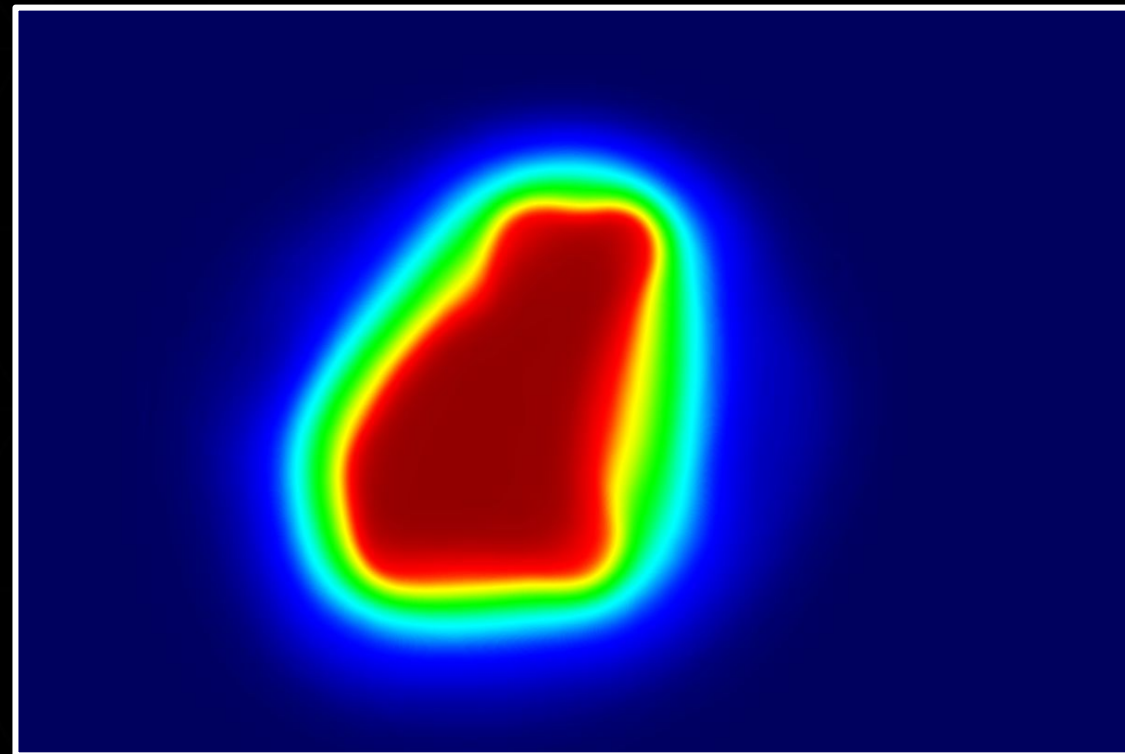




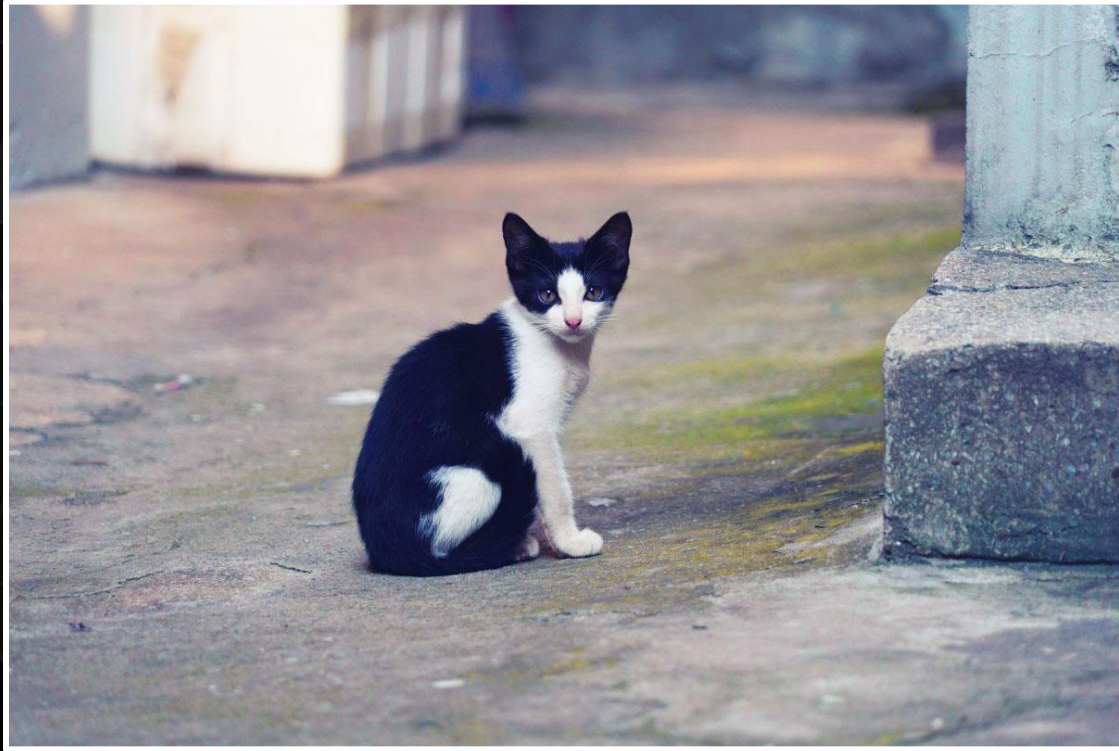
# ТЕПЛОВАЯ КАРТА



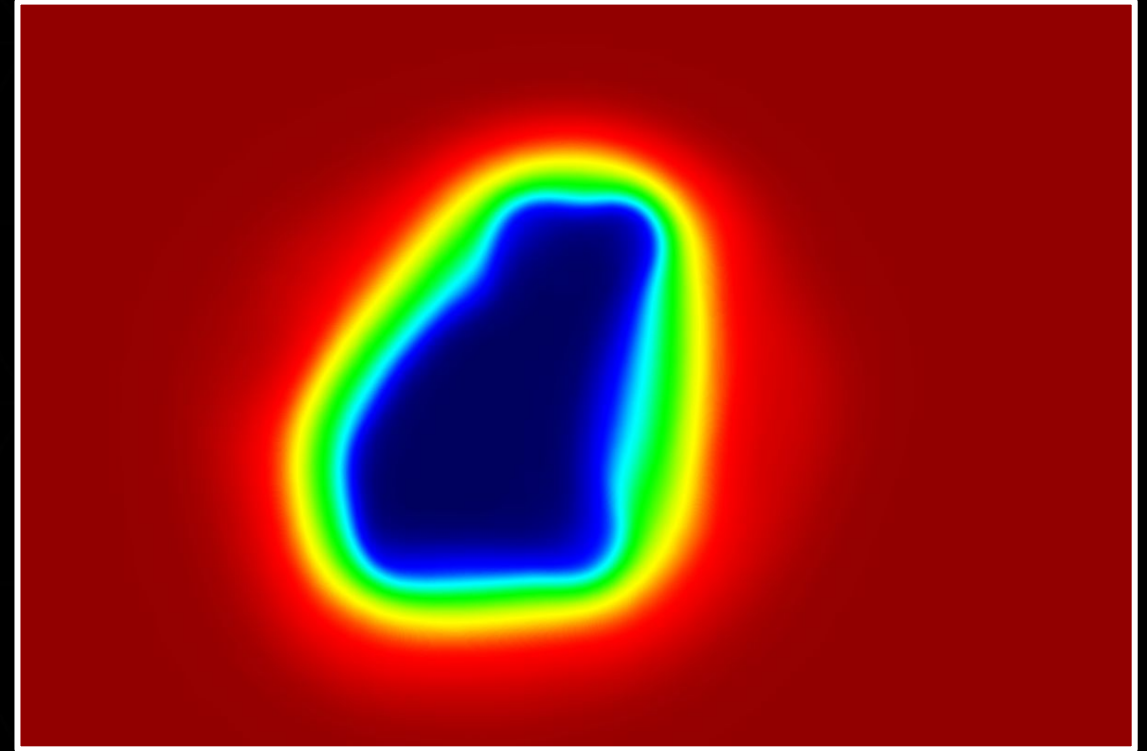
Класс: **Кот**



# ТЕПЛОВАЯ КАРТА

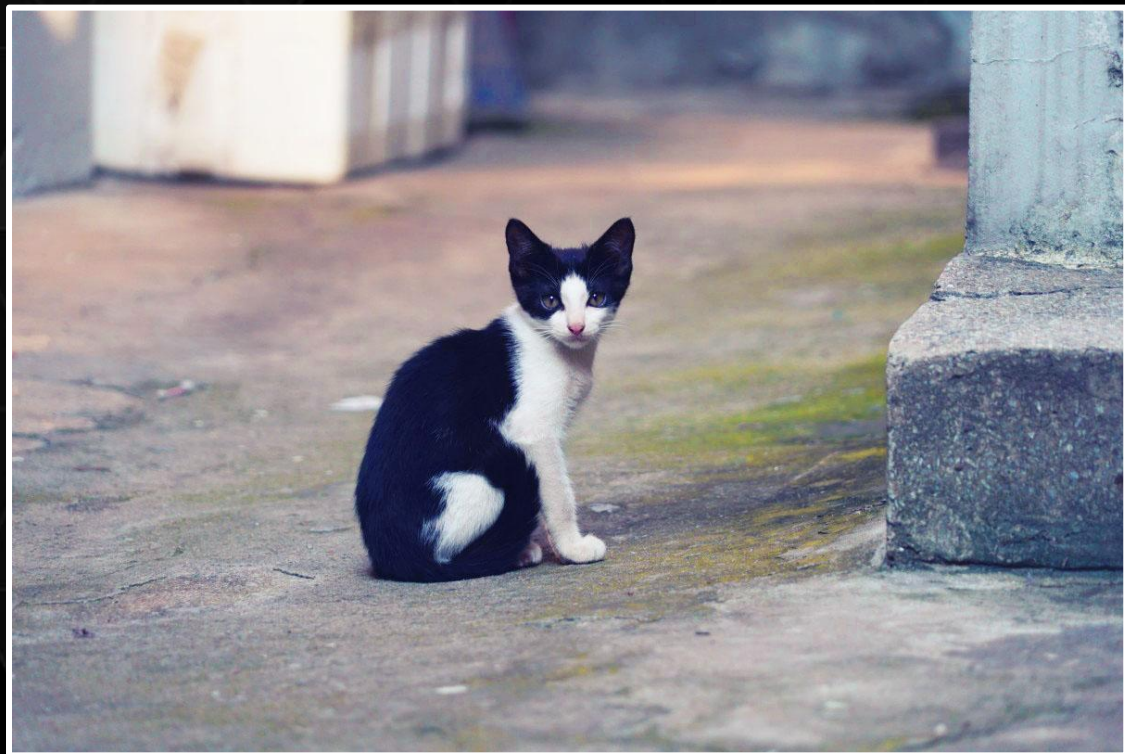


Класс: Фон

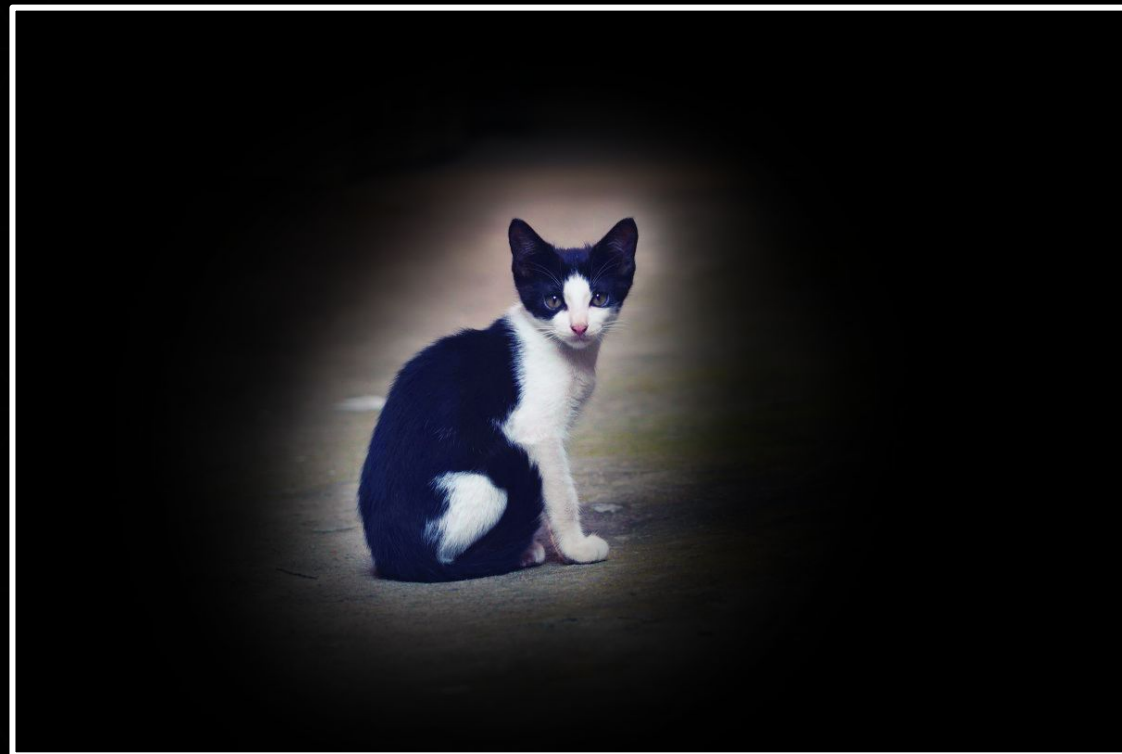




# МАСКА КЛАССА

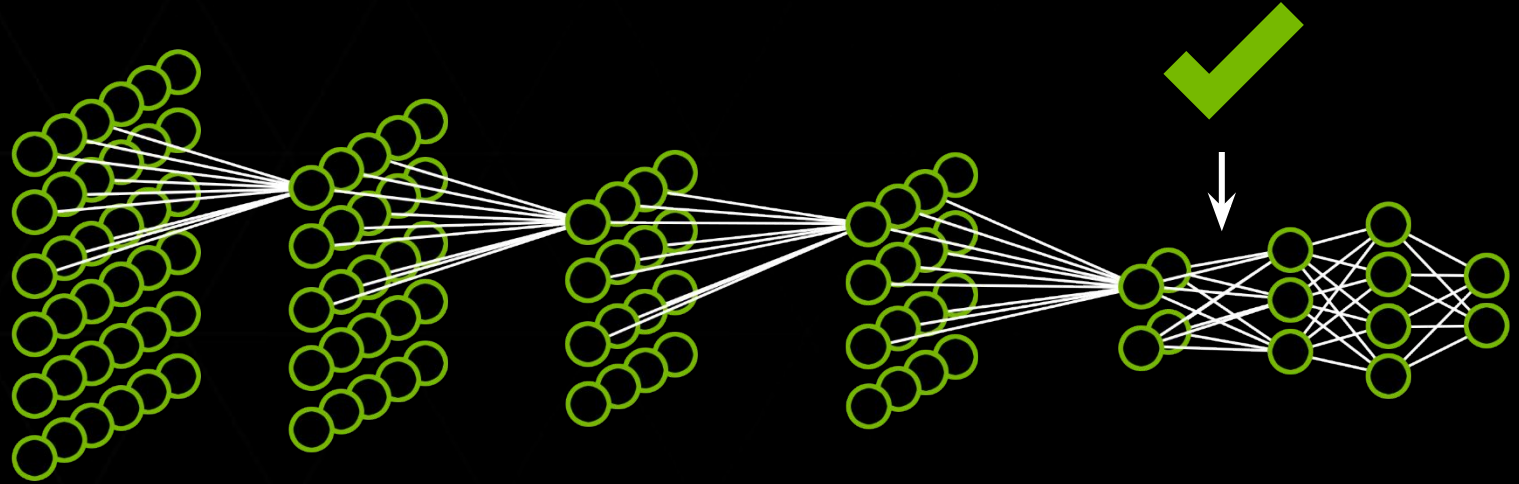


Класс: **Кот**

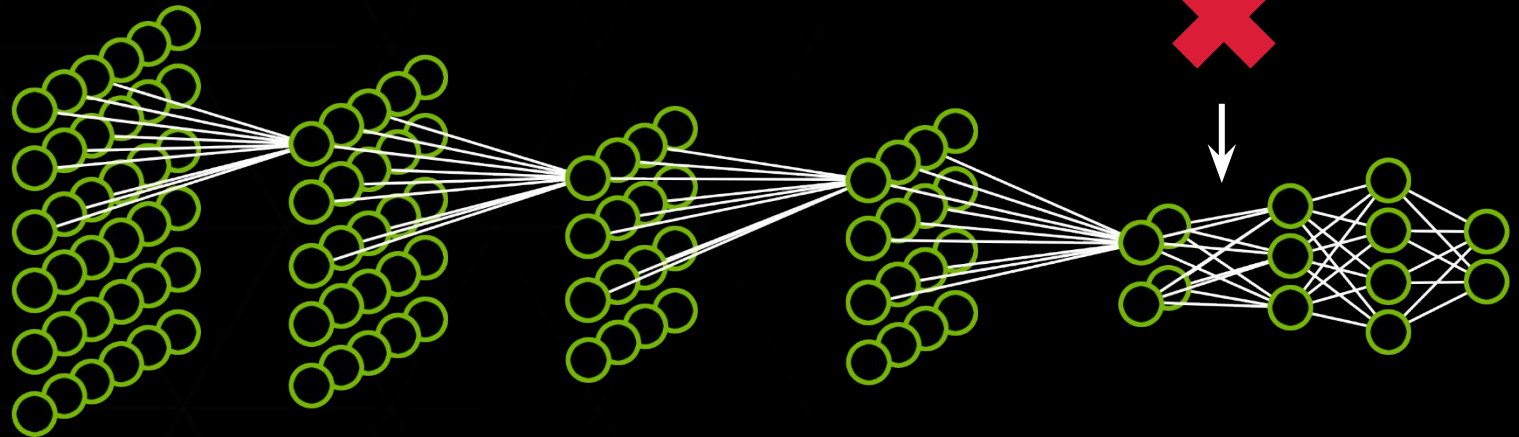
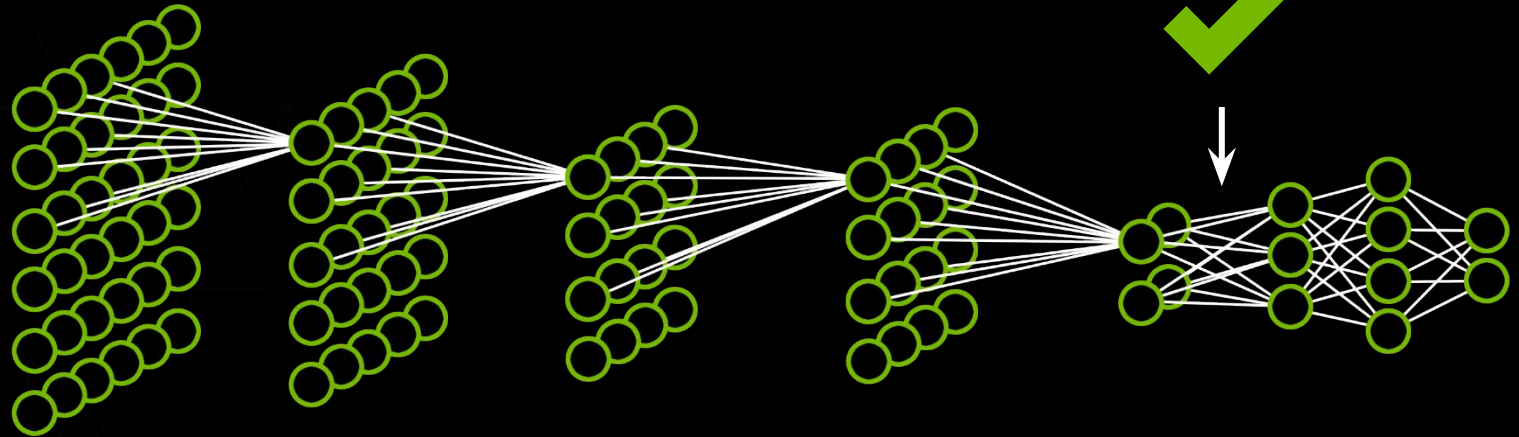




# ФС СЛОИ: ФИКСИРОВАННЫЙ РАЗМЕР

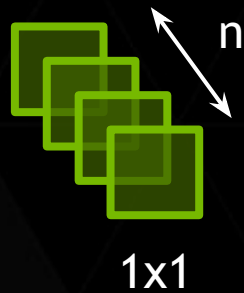


# ФС СЛОИ: ФИКСИРОВАННЫЙ РАЗМЕР



# СВЁРТКА 1 X 1

Выход последнего  
свёрточного слоя





# СВЁРТКА 1 X 1



# СВЁРТКА 1 X 1



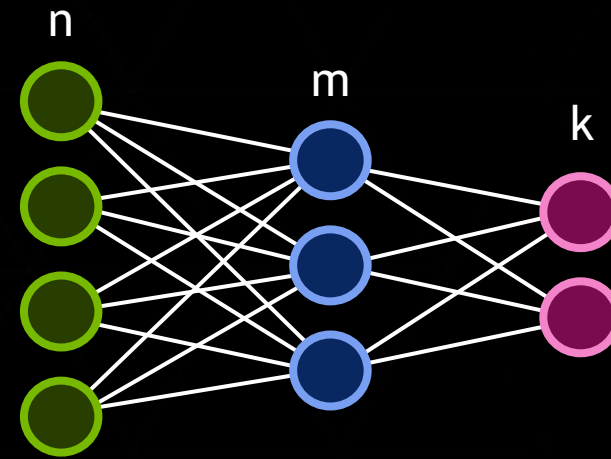
# СВЁРТКА 1 X 1



Выход последнего  
свёрточного слоя

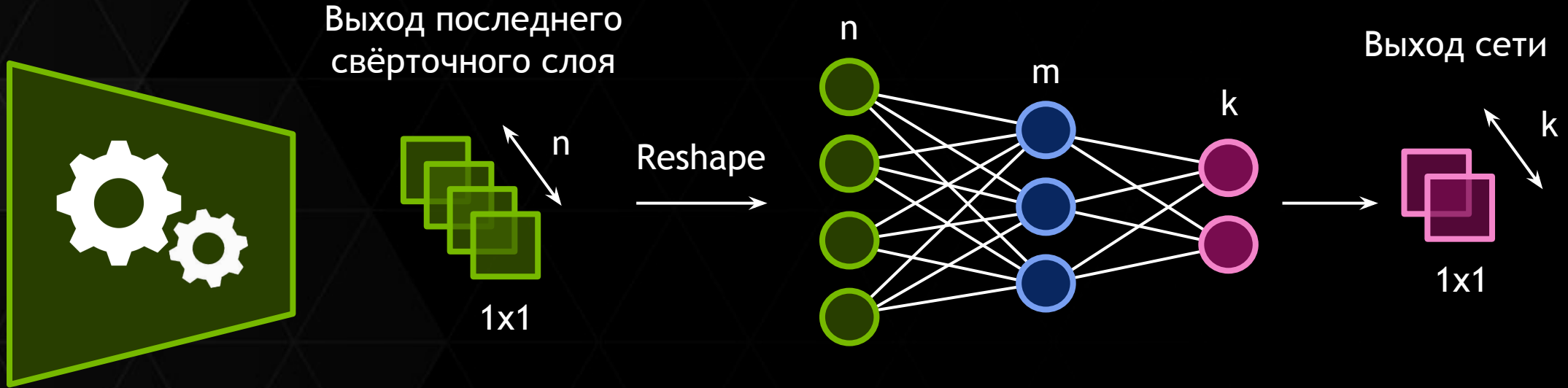


Reshape

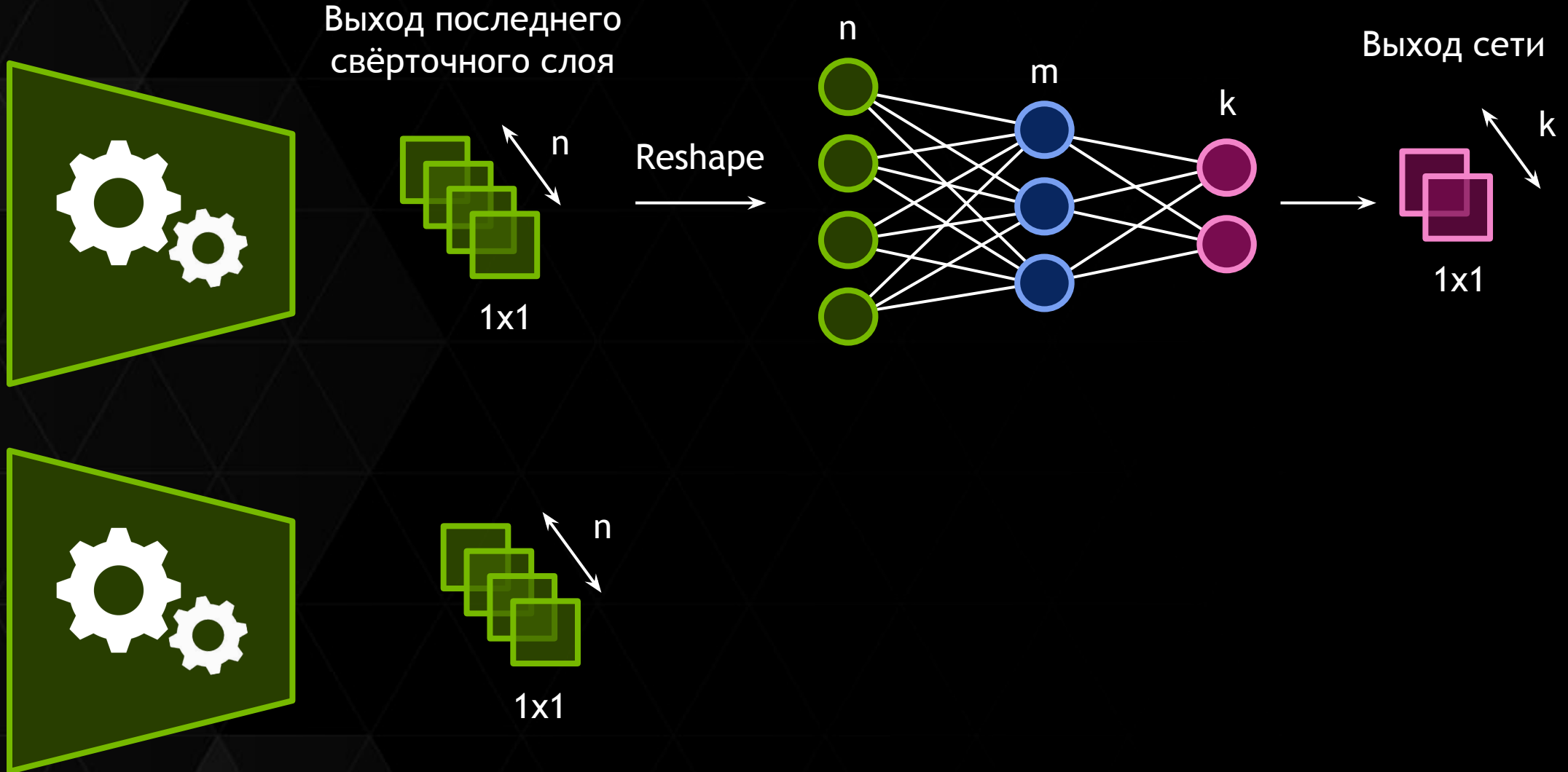




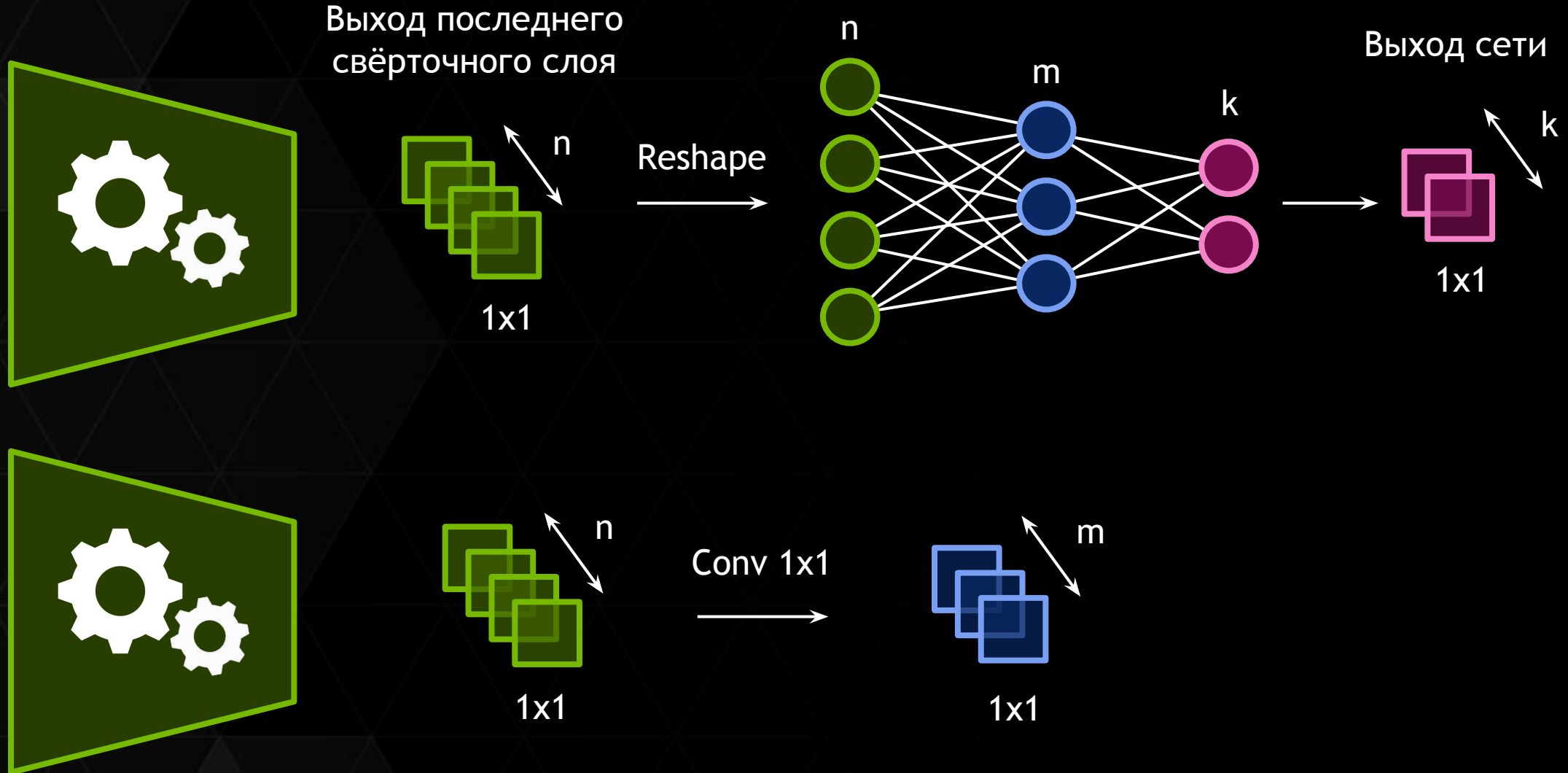
# СВЁРТКА 1 X 1



# СВЁРТКА 1 X 1

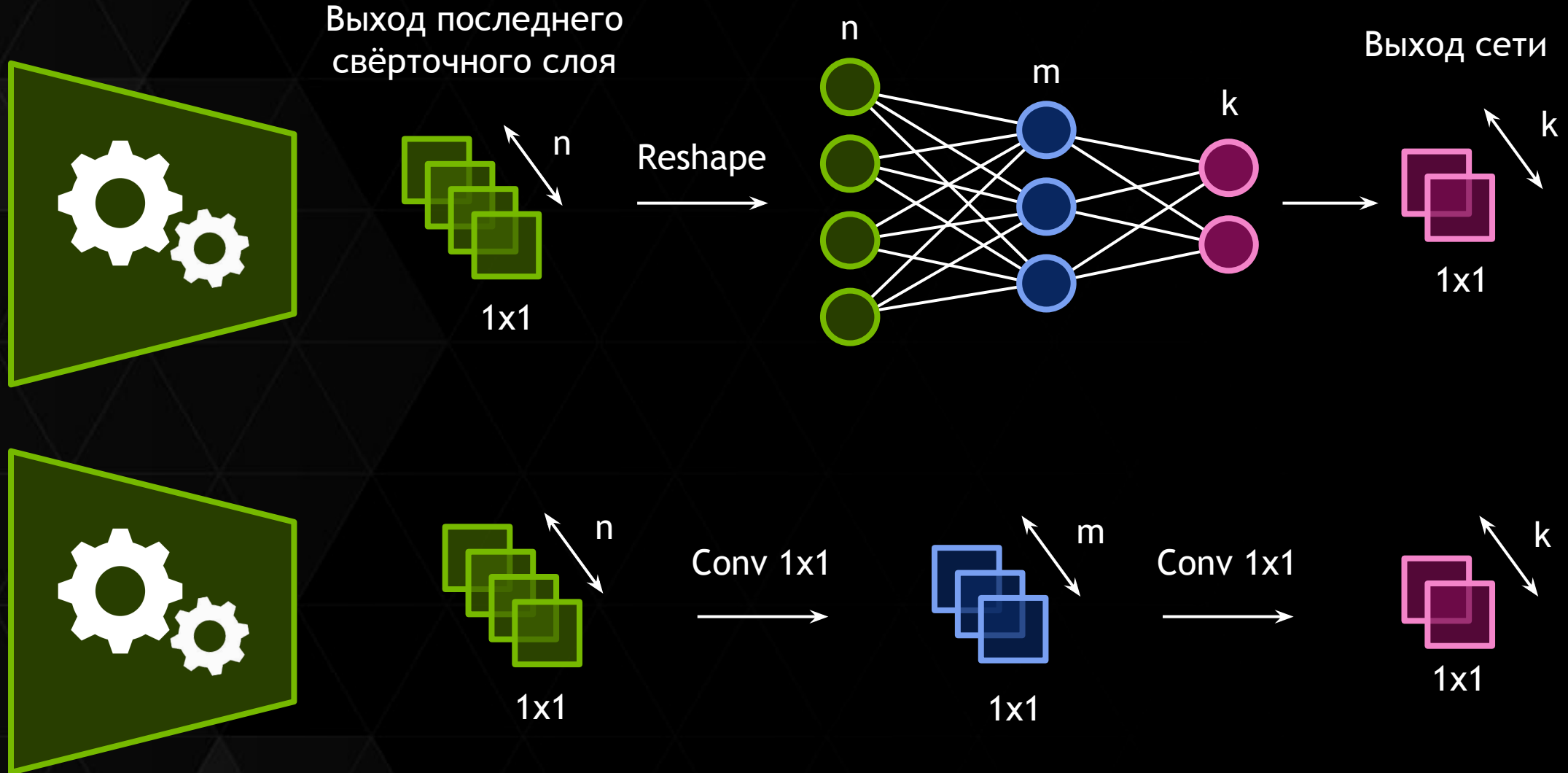


# СВЁРТКА 1 X 1





# СВЁРТКА 1 X 1



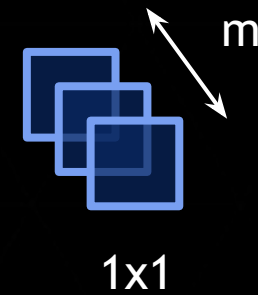
# СВЁРТКА 1 X 1

В случае, если выход последнего свёрточного слоя исходной сети имеет размеры  $> 1 \times 1$

Выход последнего  
свёрточного слоя

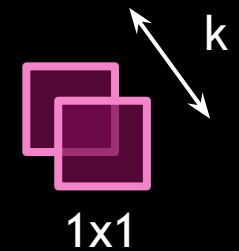


Conv  $H \times W$

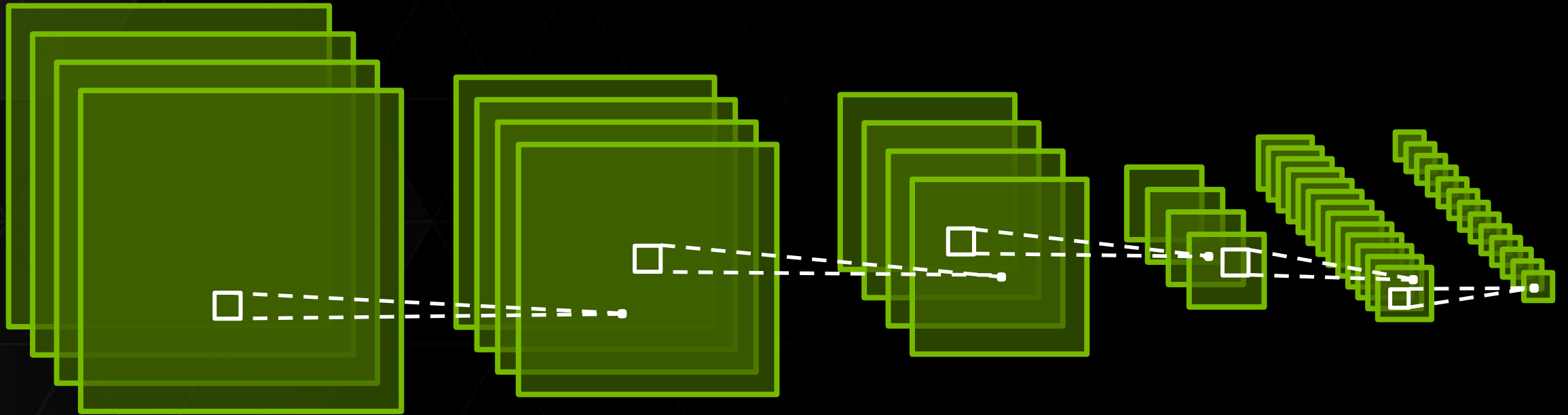


Conv  $1 \times 1$

Выход сети

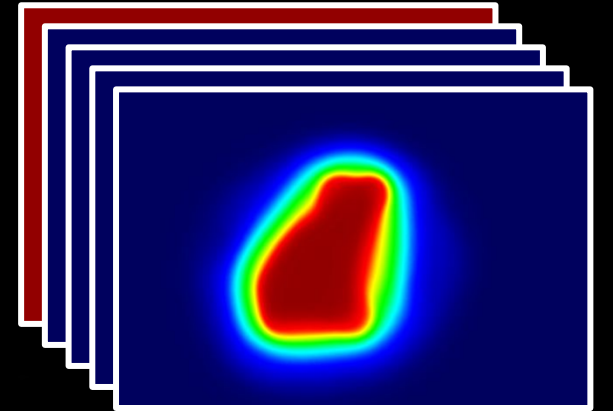
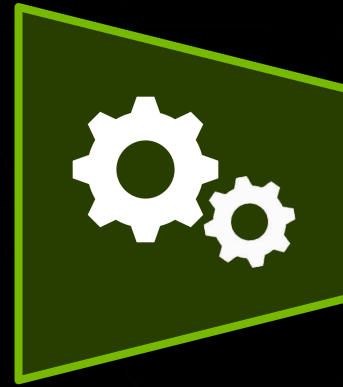
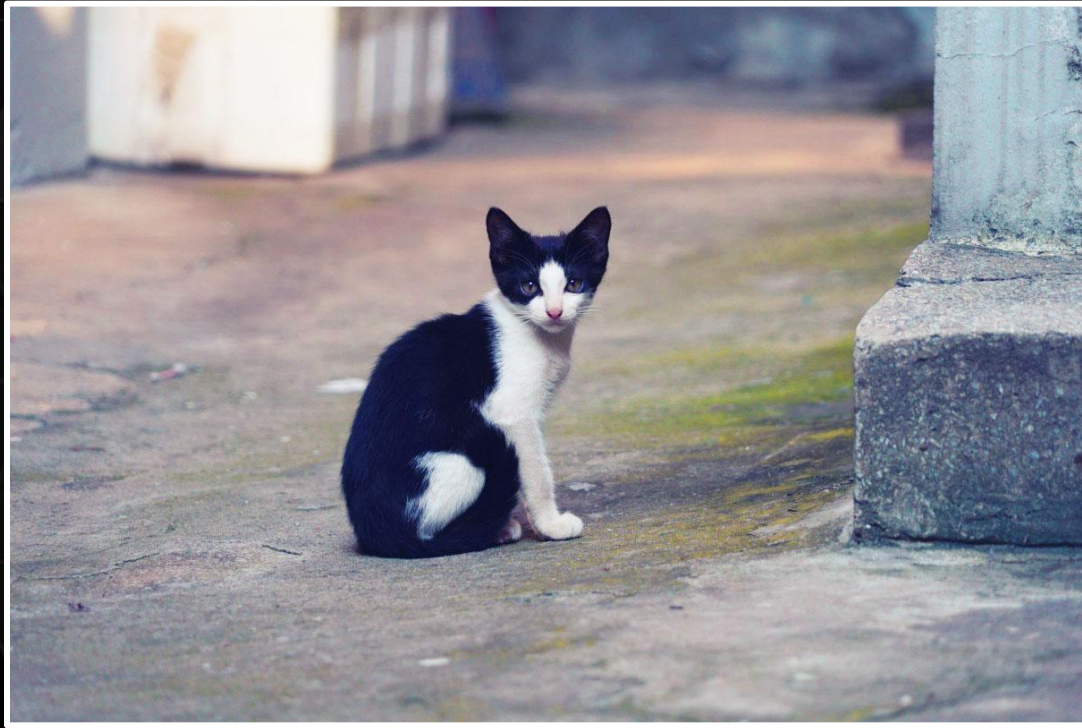


# ПОЛНОСВЁРТОЧНАЯ СЕТЬ (FCN)

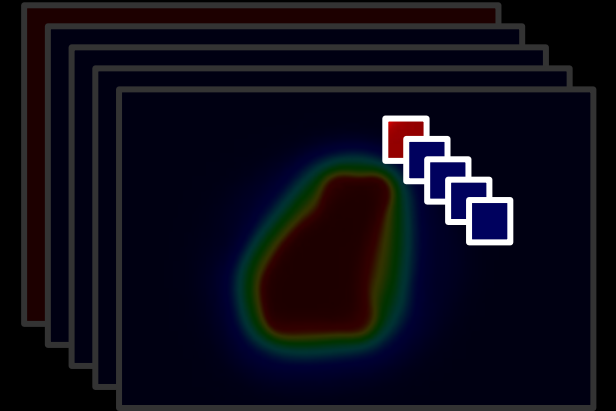
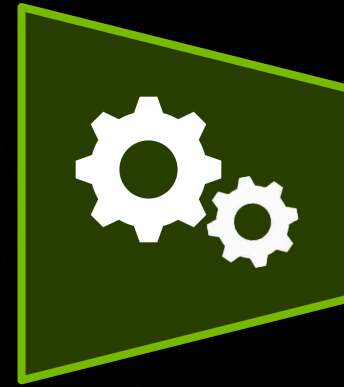




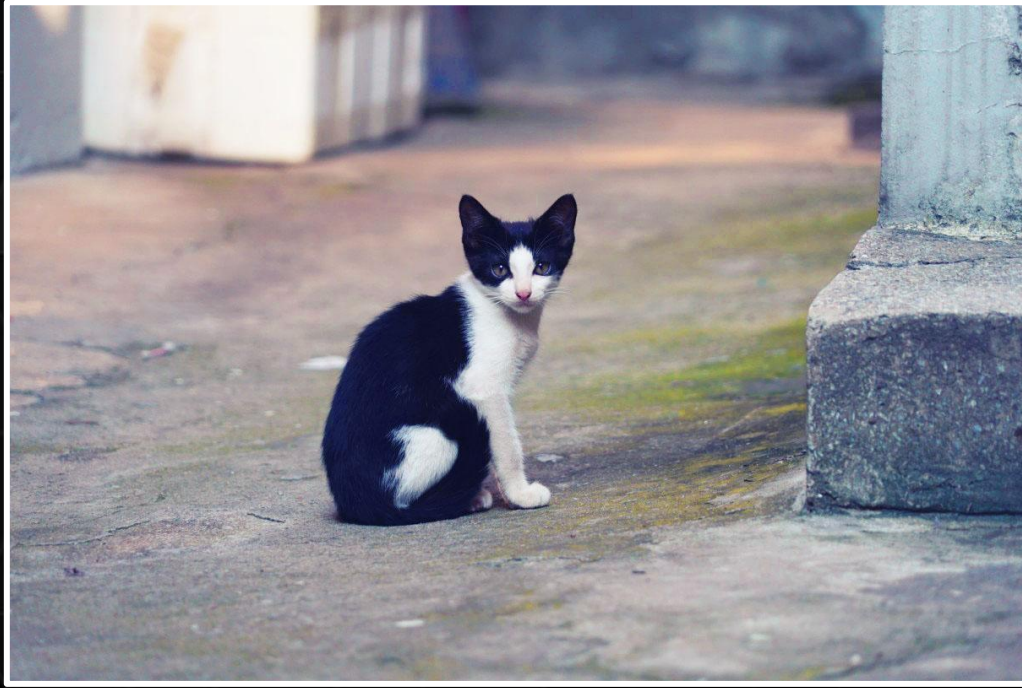
# ПОЛНОСВЁРТОЧНАЯ СЕТЬ (FCN)



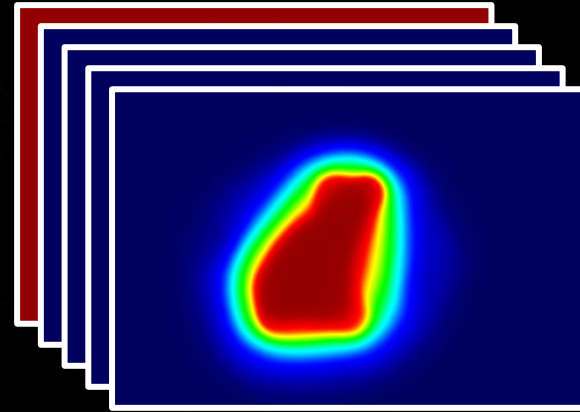
# ПОЛНОСВЁРТОЧНАЯ СЕТЬ (FCN)



# FCN + ARGMAX

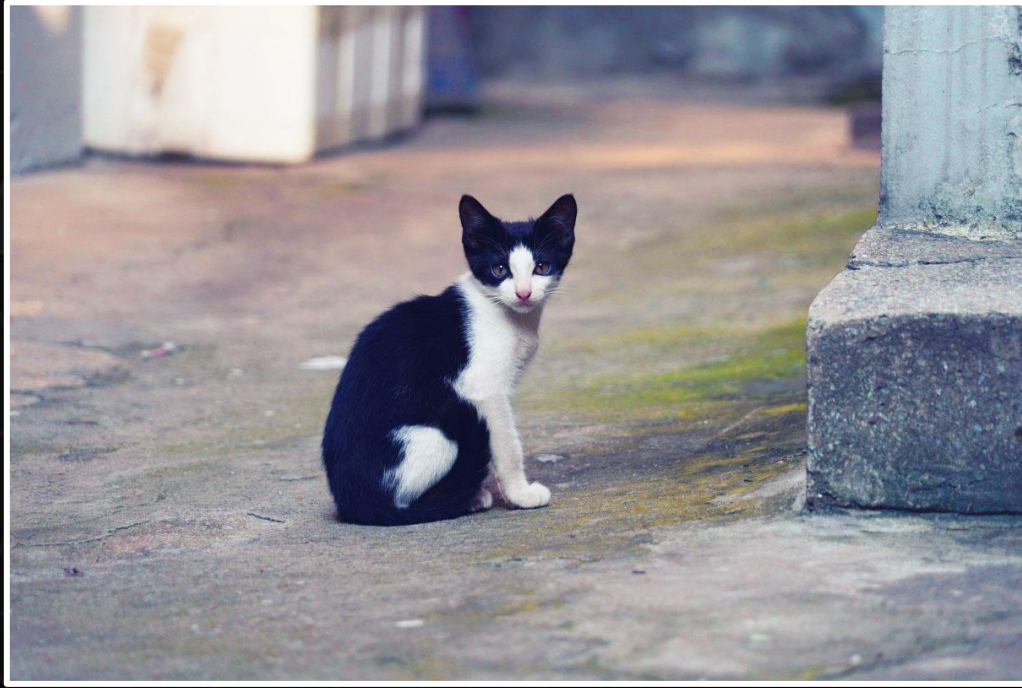


FCN

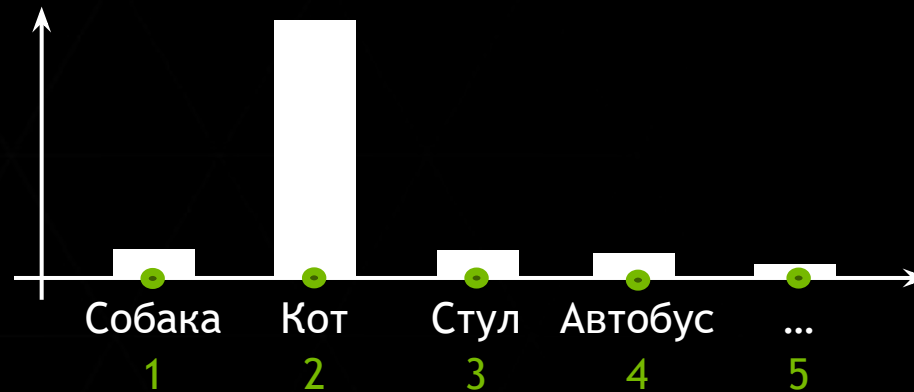
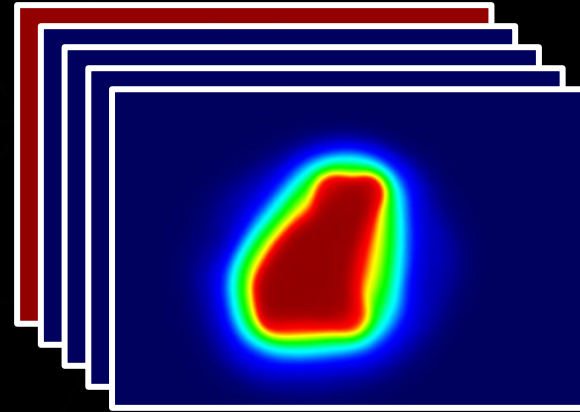




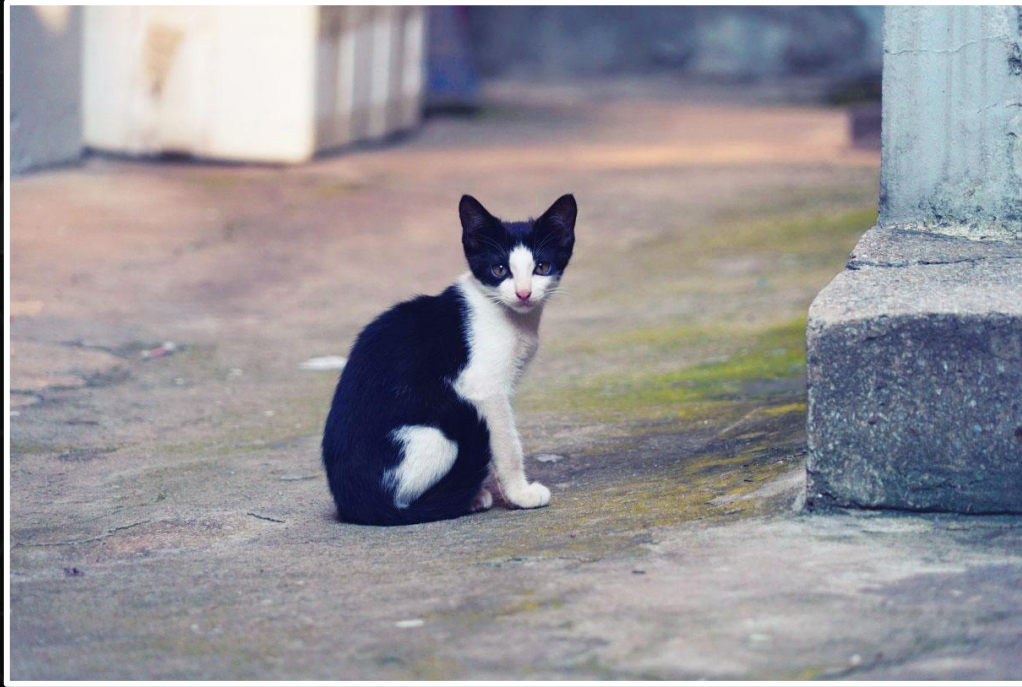
# FCN + ARGMAX



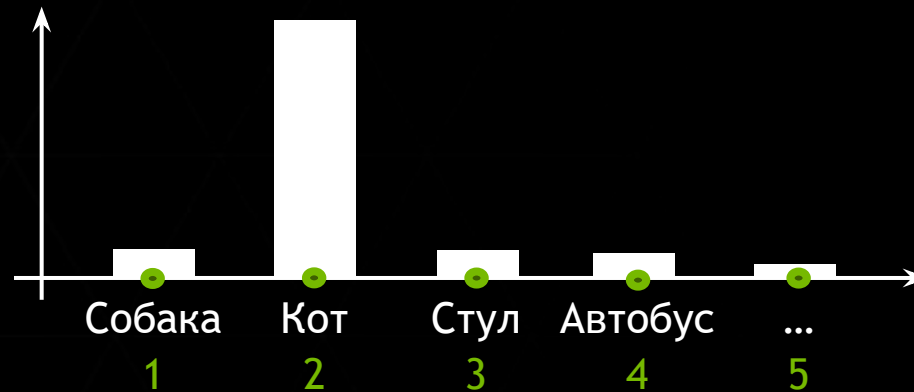
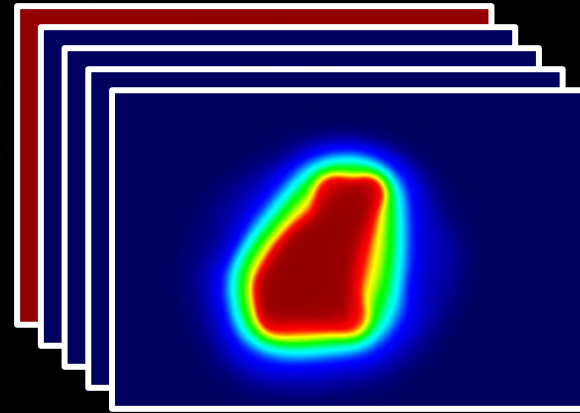
FCN



# FCN + ARGMAX



FCN

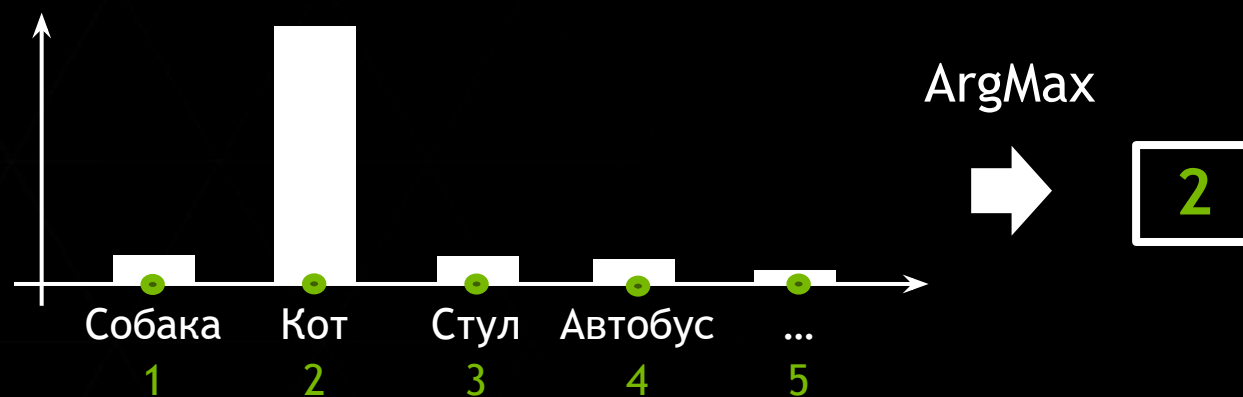
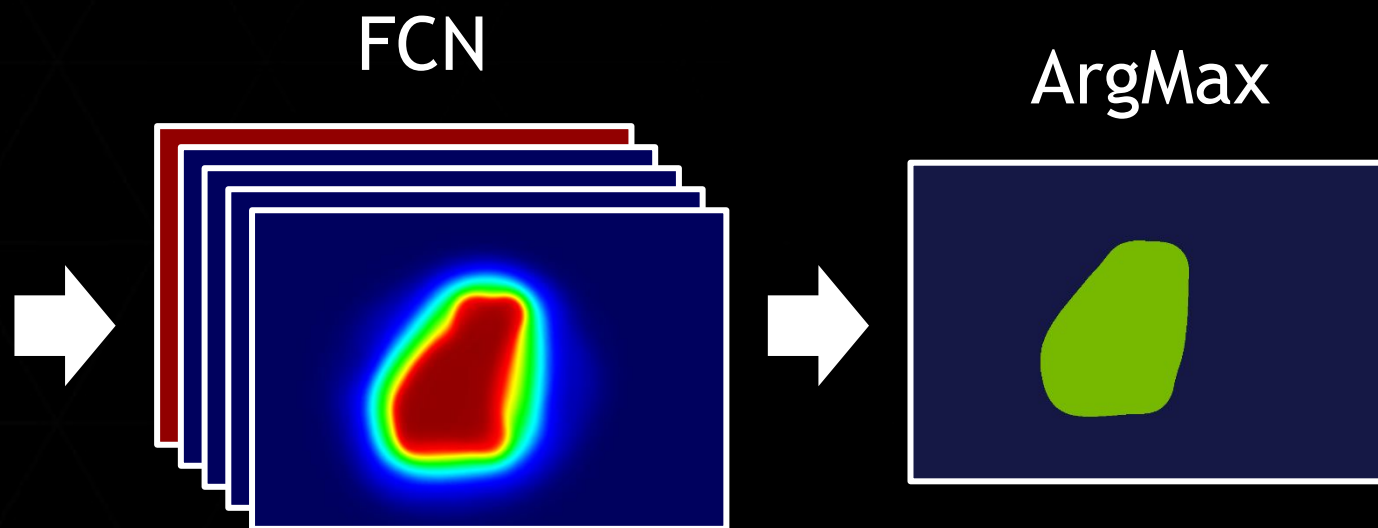
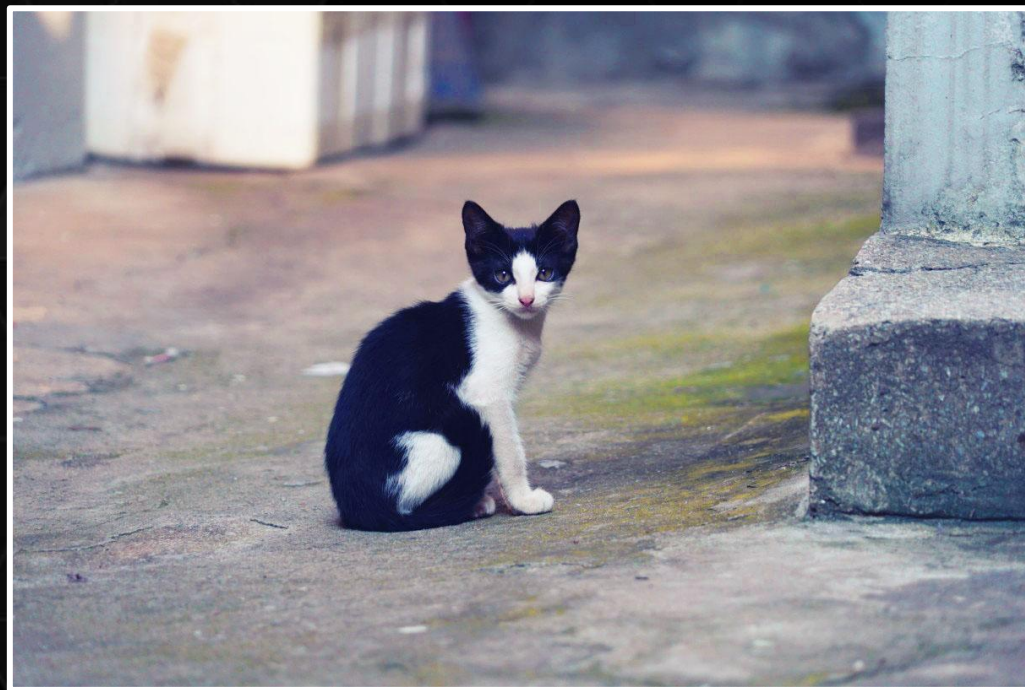


ArgMax



2

# FCN + ARGMAX





# FCN + UPSCALE + ARGMAX

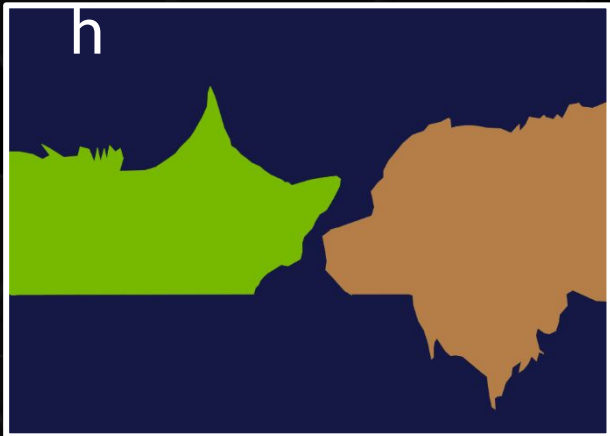


# ОБУЧЕНИЕ FCN

Вход  $X$



Ground-Truth  $Y$



# ОБУЧЕНИЕ FCN

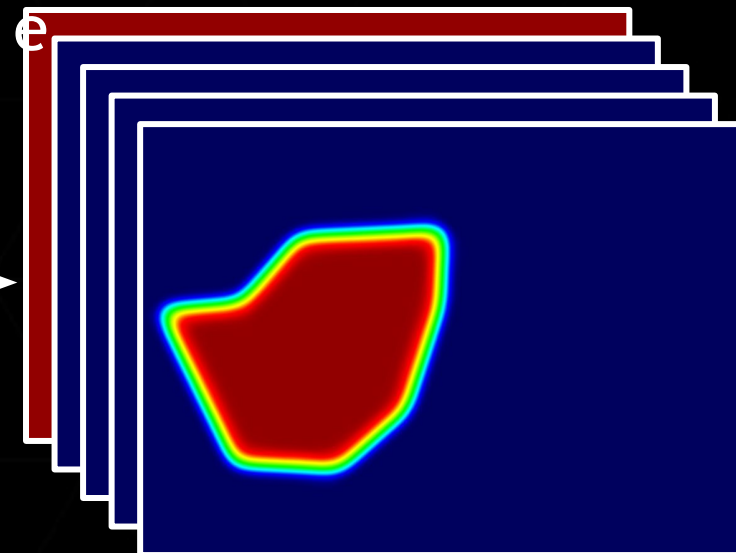
Вход  $X$



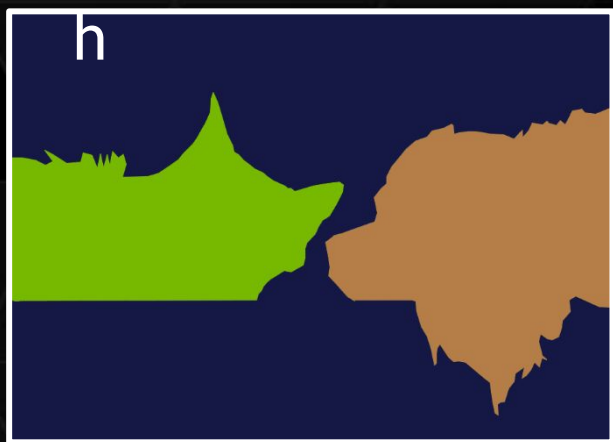
FCN



Предсказания  $F(X)$



Ground-Truth  $Y$





# ОБУЧЕНИЕ FCN

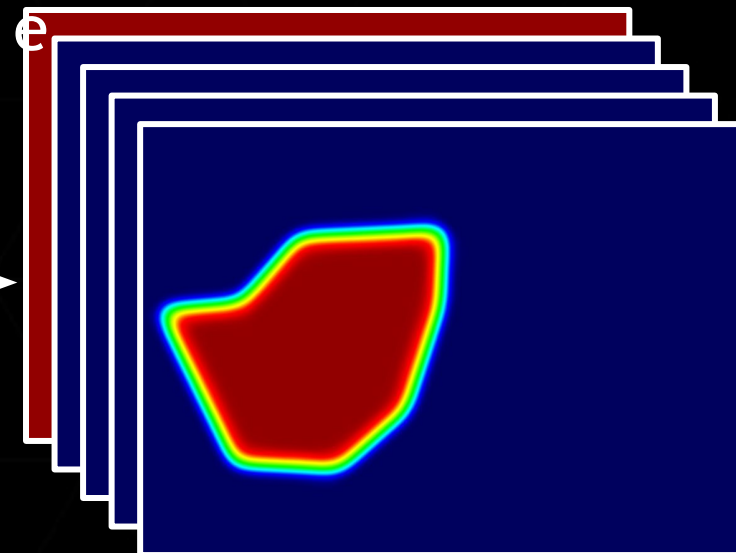
Вход  $X$



FCN



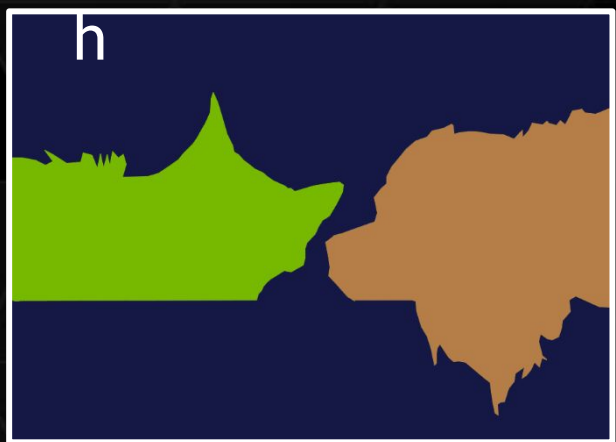
Предсказания  $F(X)$



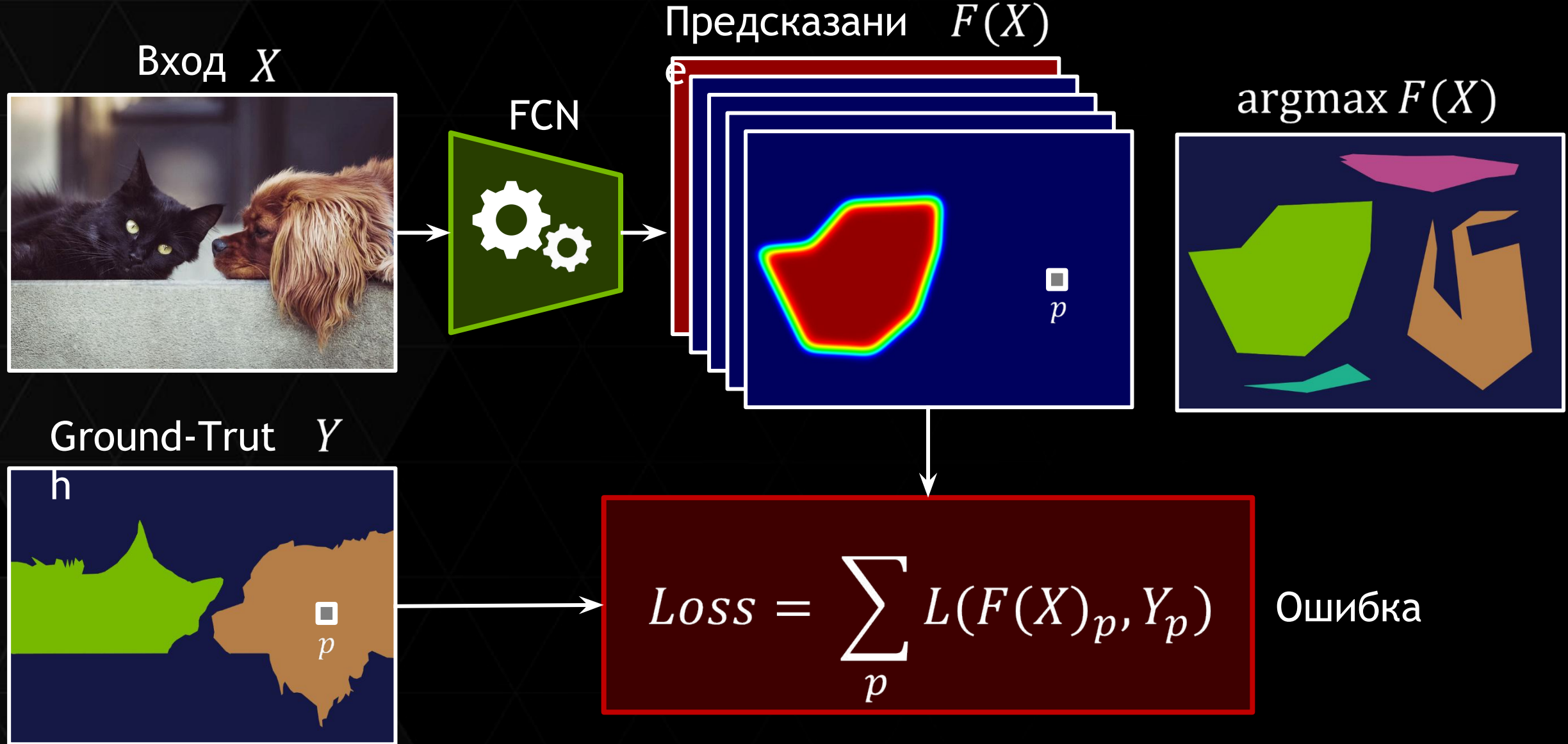
$\operatorname{argmax} F(X)$



Ground-Truth  $Y$



# ОБУЧЕНИЕ FCN





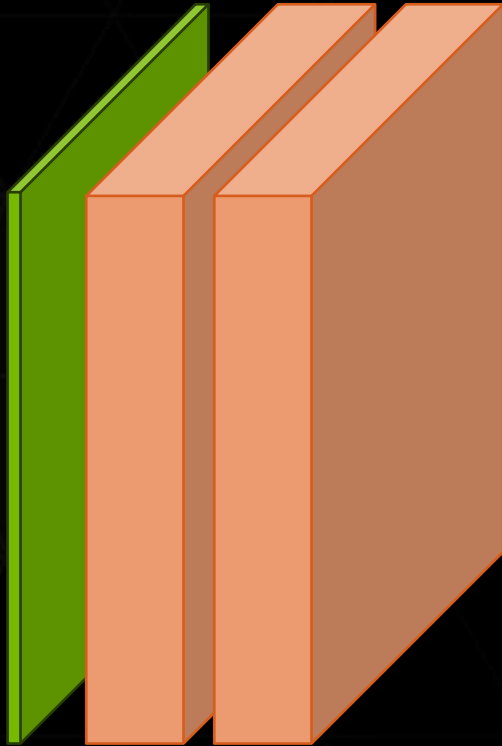
# МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ FCSN МОДЕЛИ



# FCN + UPSCALE

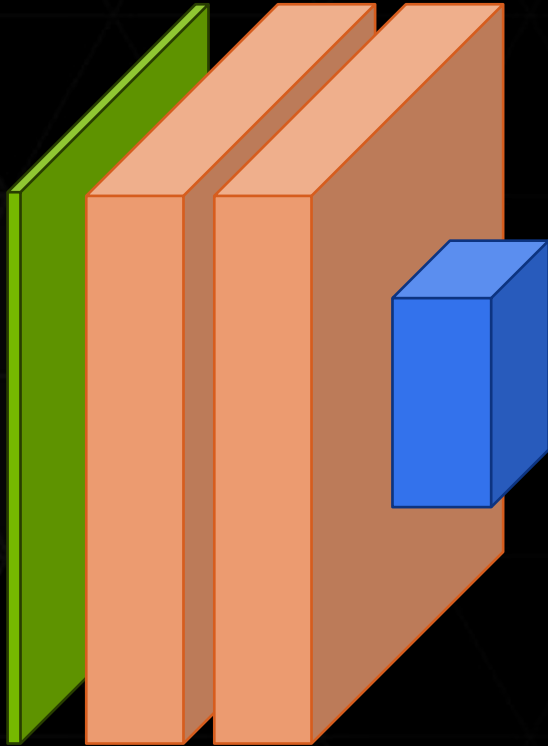


# FCN + UPSCALE



Выход Conv слоя

# FCN + UPSCALE



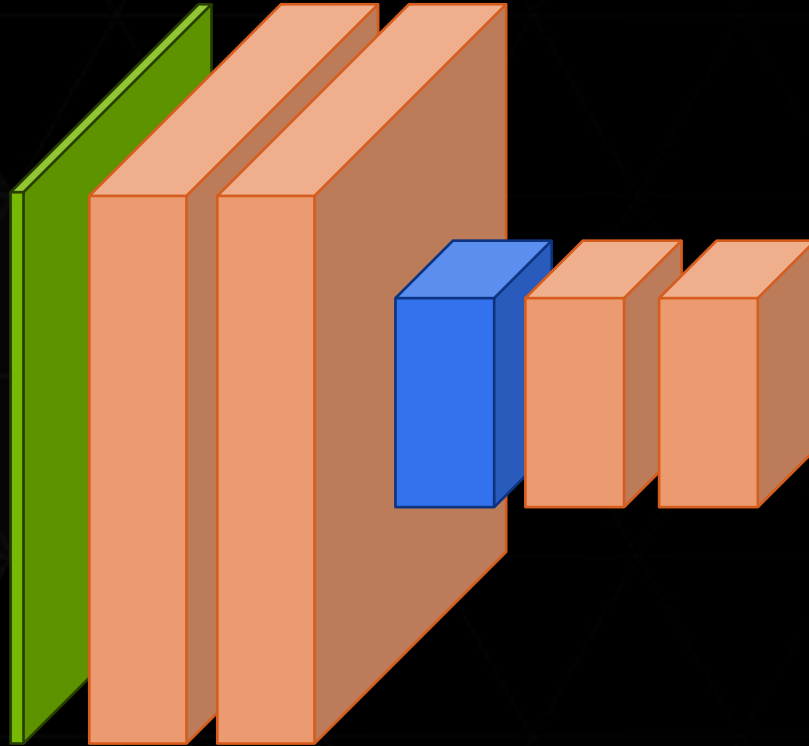
Выход Conv слоя



Выход Pooling слоя



# FCN + UPSCALE

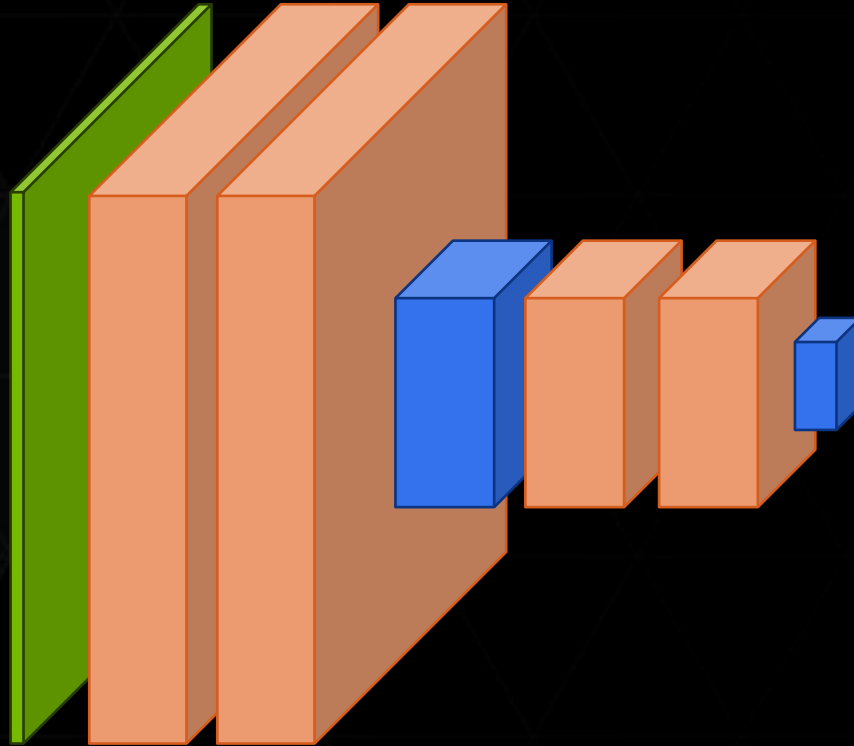


Выход Conv слоя



Выход Pooling слоя

# FCN + UPSCALE

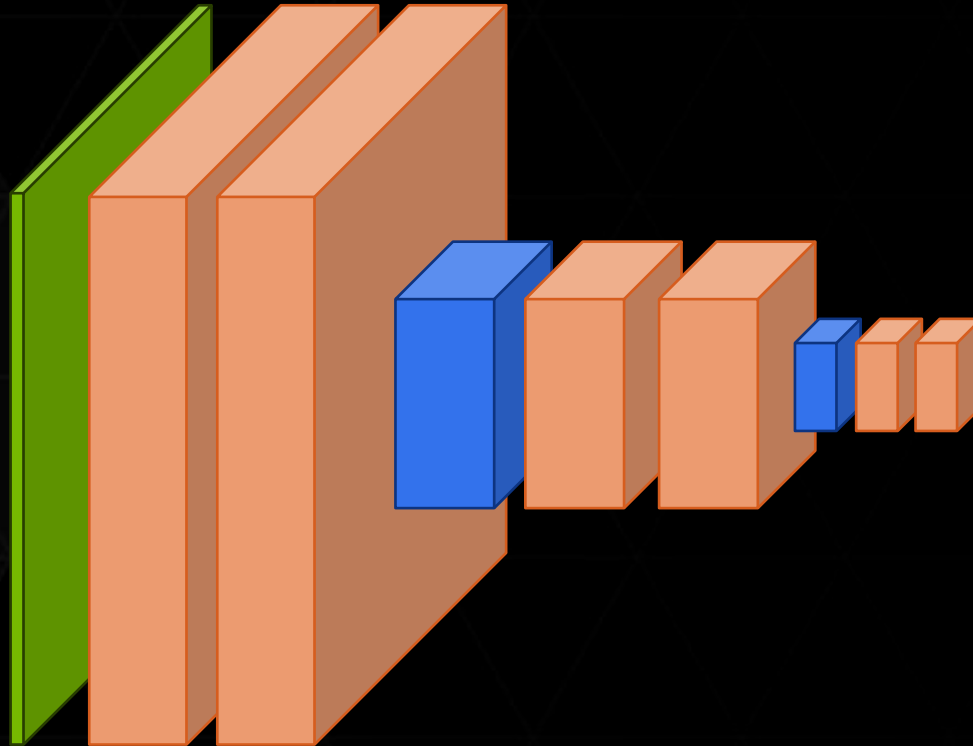




Выход Conv слоя



Выход Pooling слоя

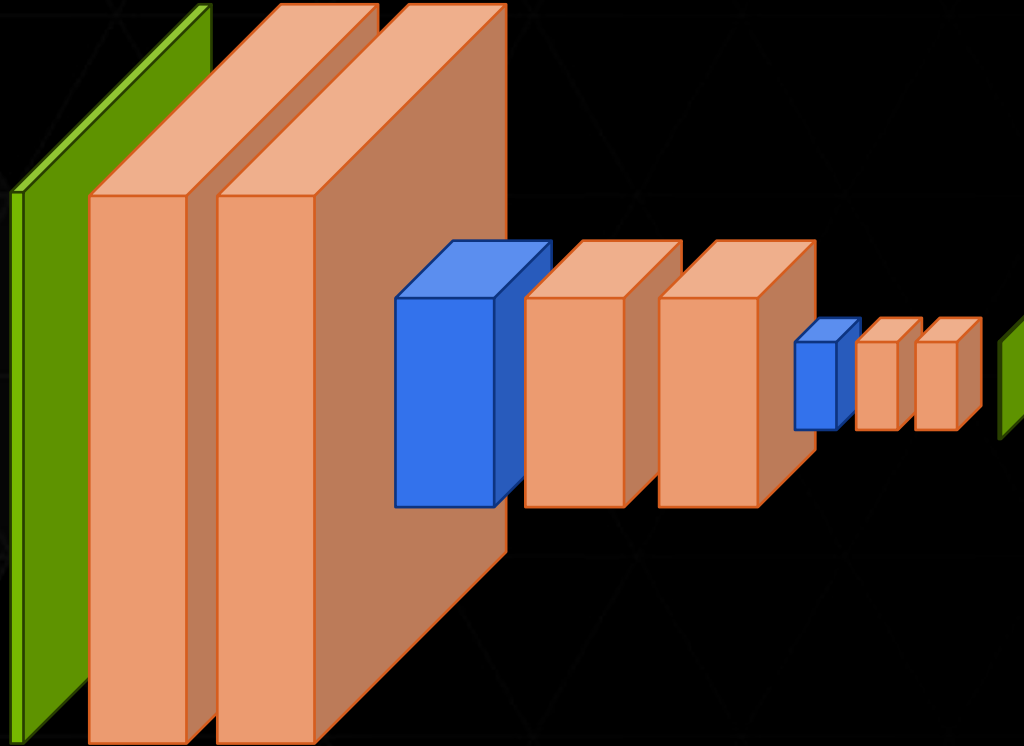
# FCN + UPSCALE





-  Выход Conv слоя
-  Выход Pooling слоя

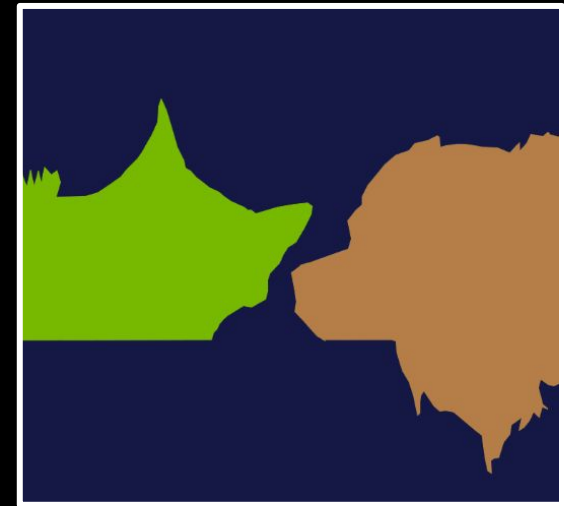
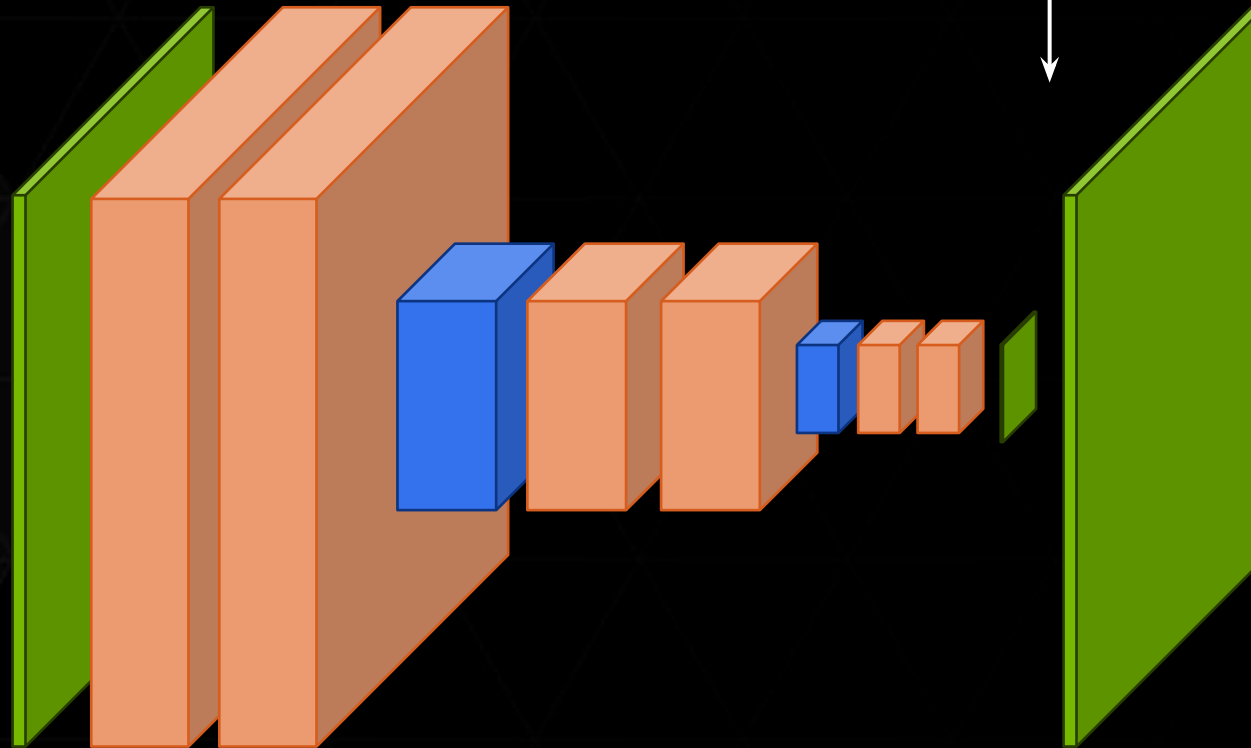


# FCN + UPSCALE



-  Выход Conv слоя
-  Выход Pooling слоя

# FCN + UPSCALE



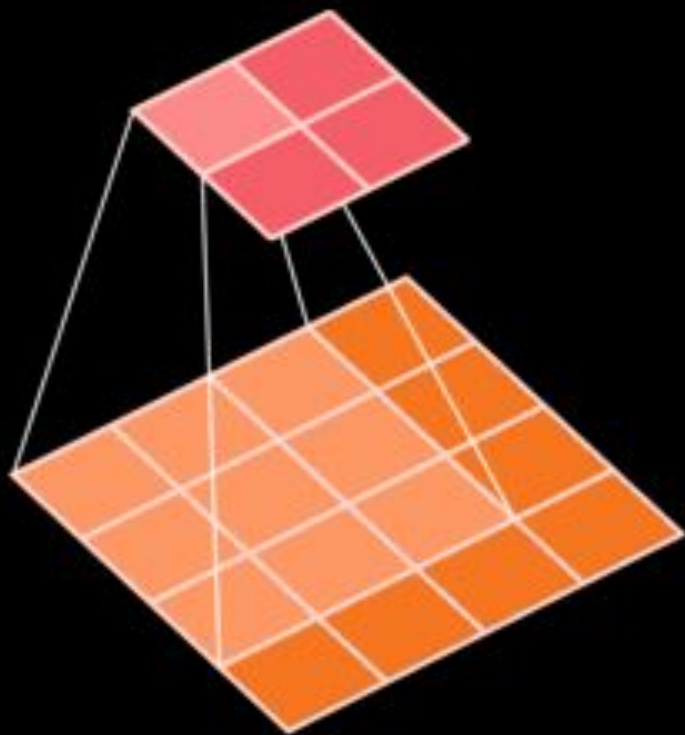
 Выход Conv слоя

 Выход Pooling слоя

# СВЁРТКА СО СТРАЙДОМ

Conv

Шаг окна: 1

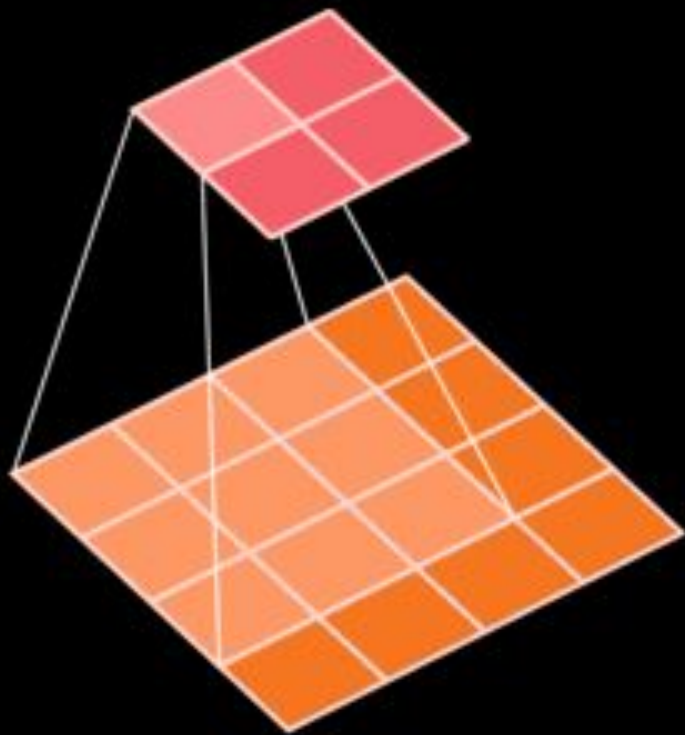




# СВЁРТКА СО СТРАЙДОМ

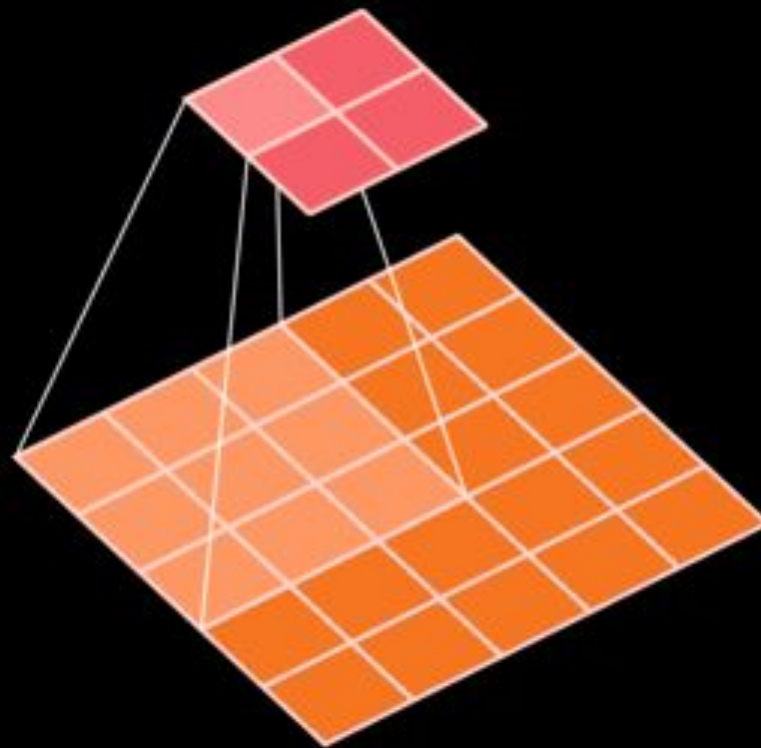
Conv

Шаг окна: 1

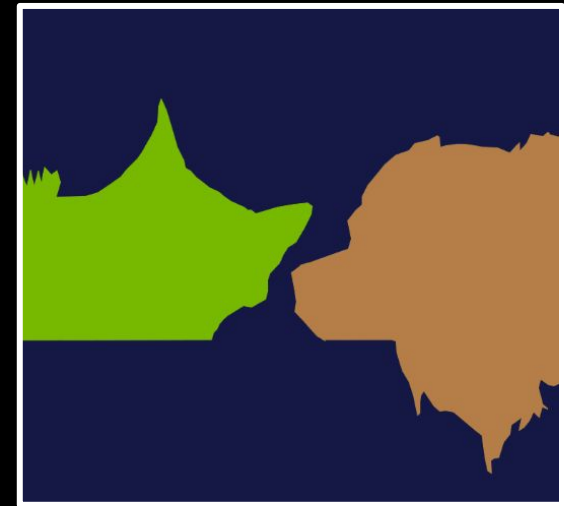
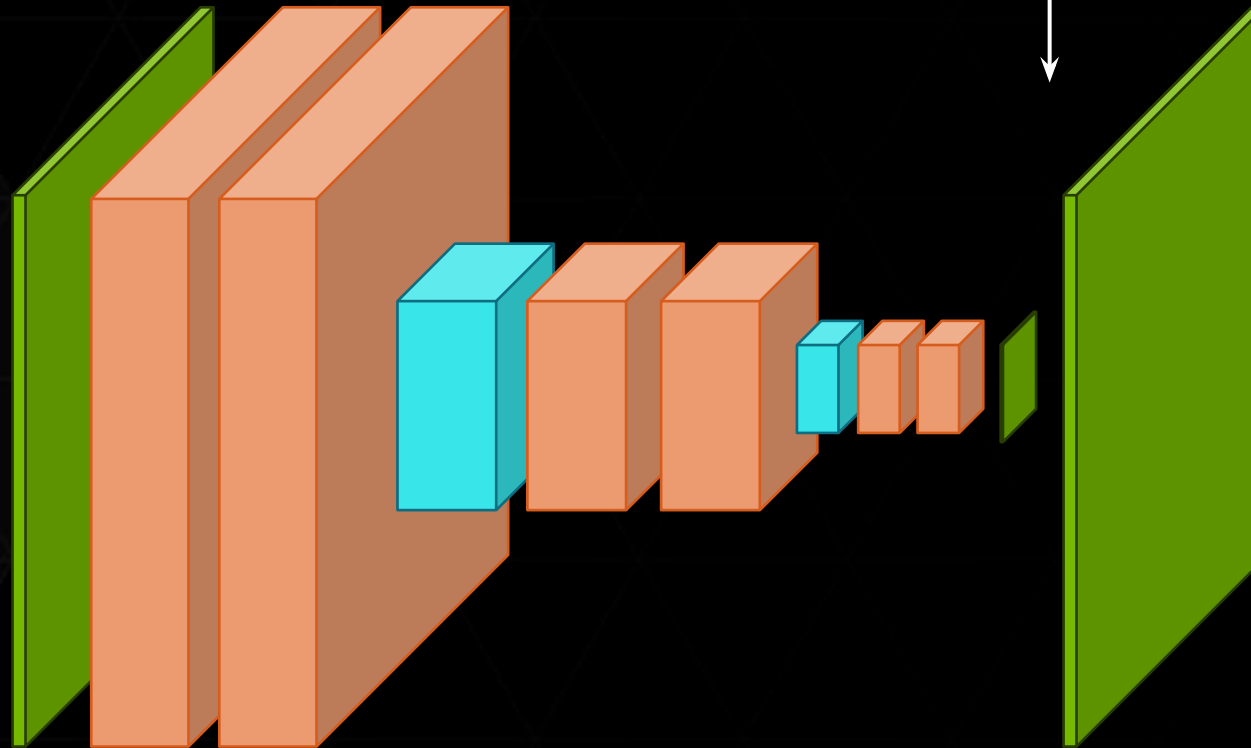


Strided Conv

Шаг окна: 2



# СВЁРТКА СО СТРАЙДОМ

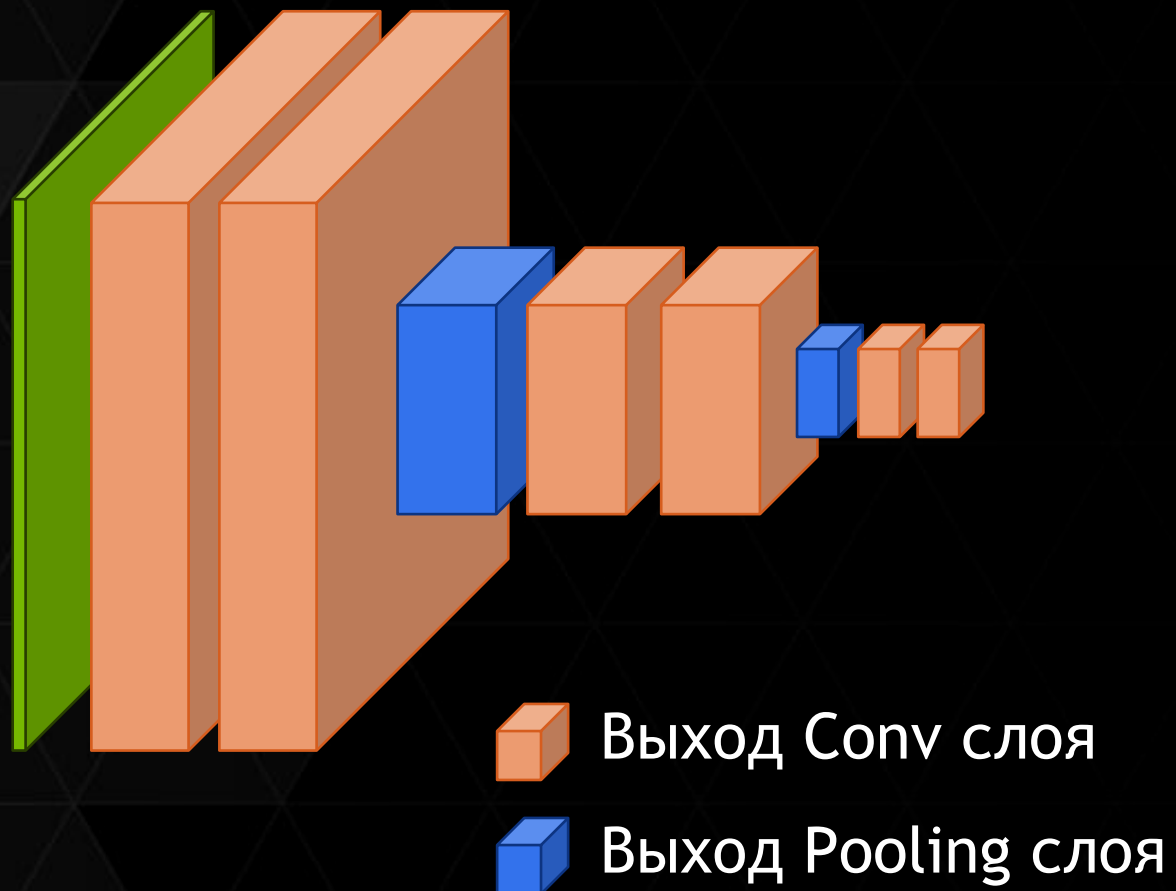


Выход Conv слоя



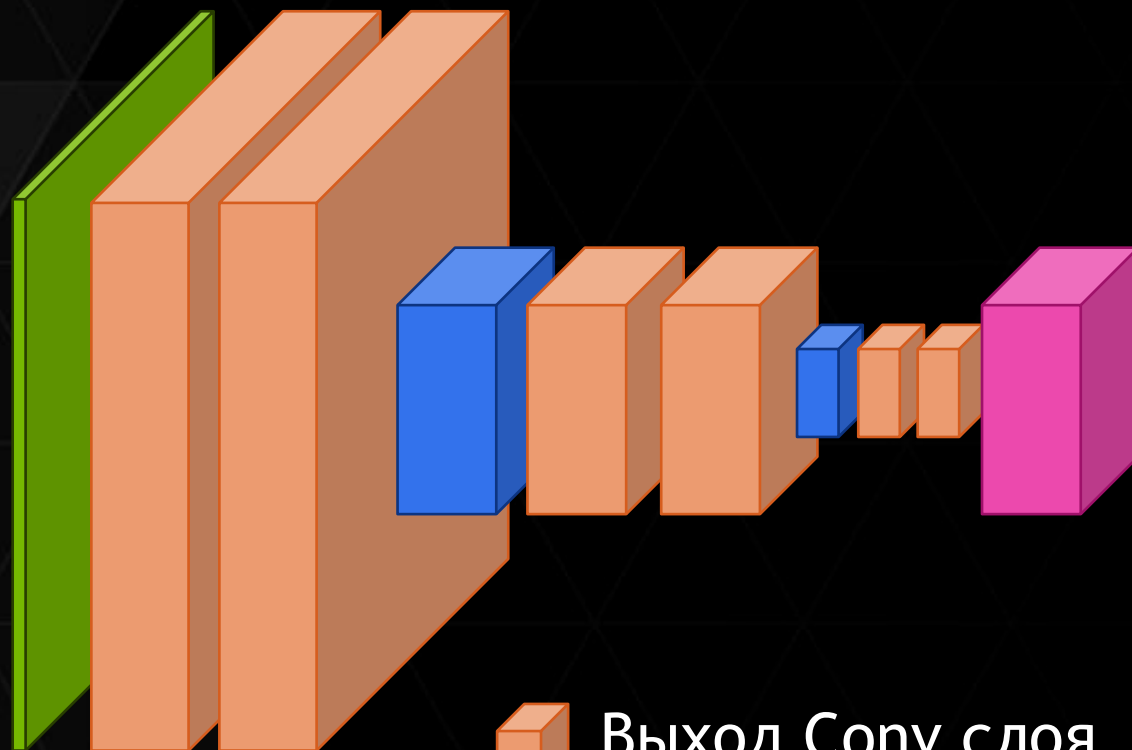
Выход Strided Conv слоя

# СЛОИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ





# СЛОИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ



Выход Conv слоя

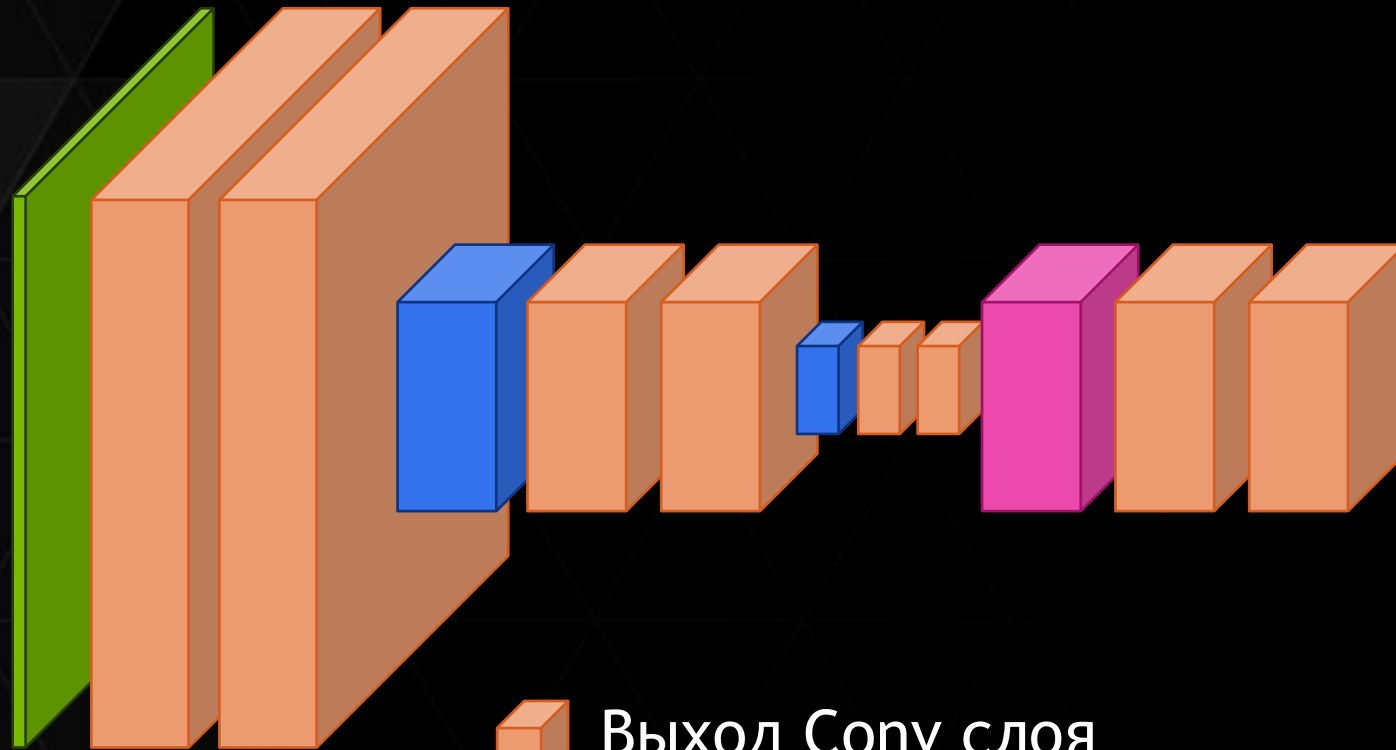


Выход Pooling слоя



Выход **Unpooling** / **Upconv** слоя

# СЛОИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ



Выход Conv слоя

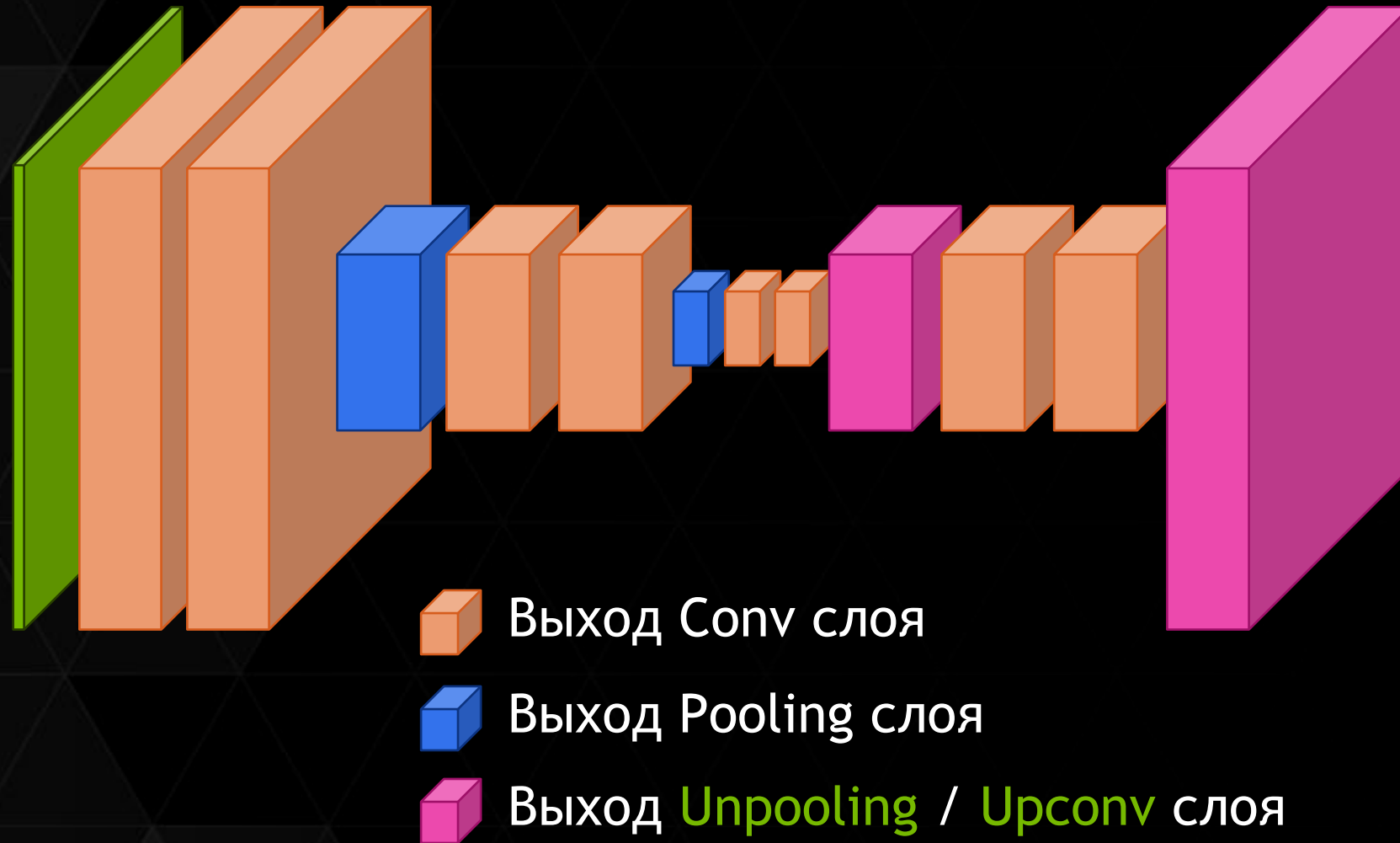


Выход Pooling слоя

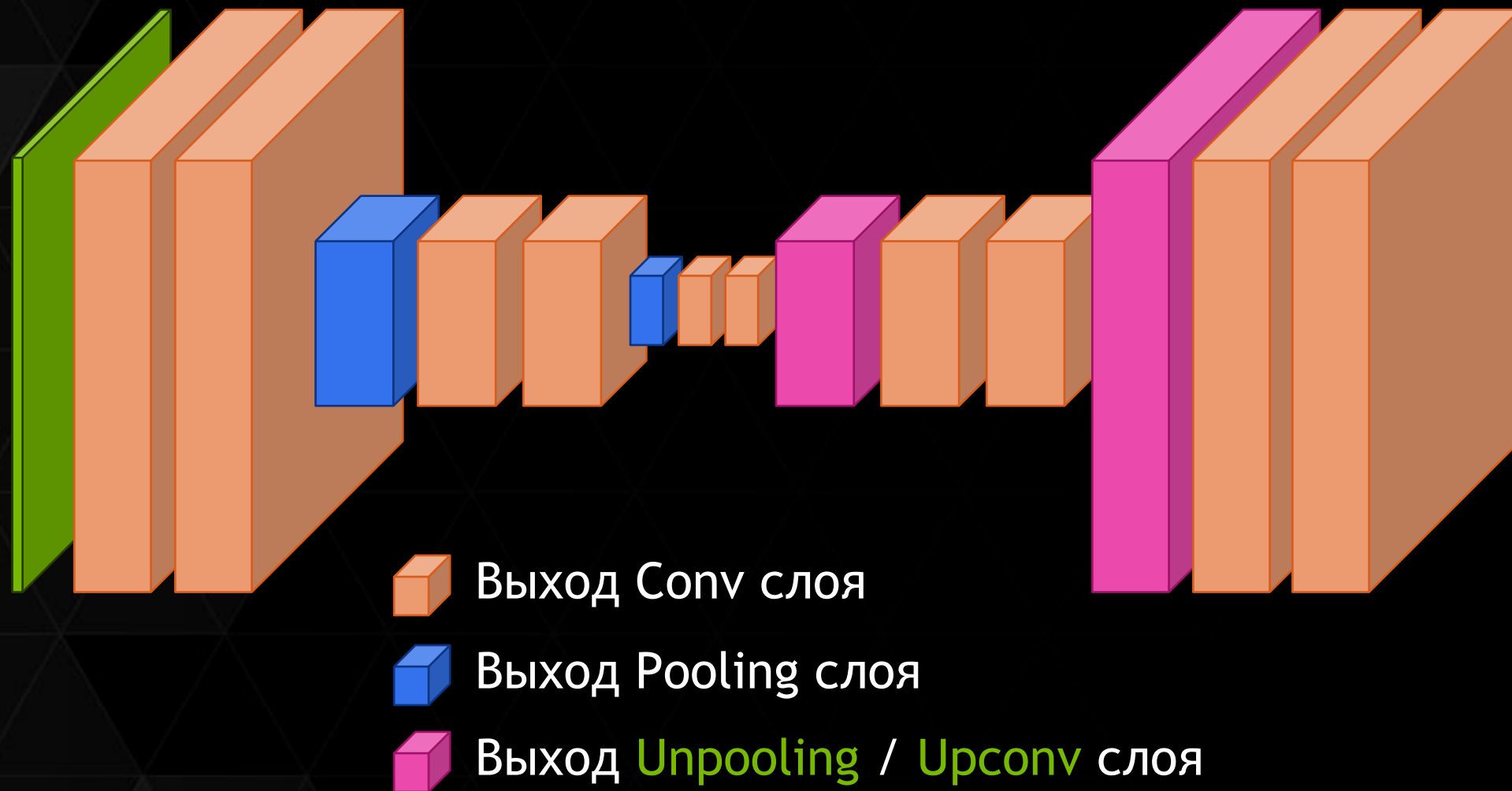


Выход **Unpooling** / **Upconv** слоя

# СЛОИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ

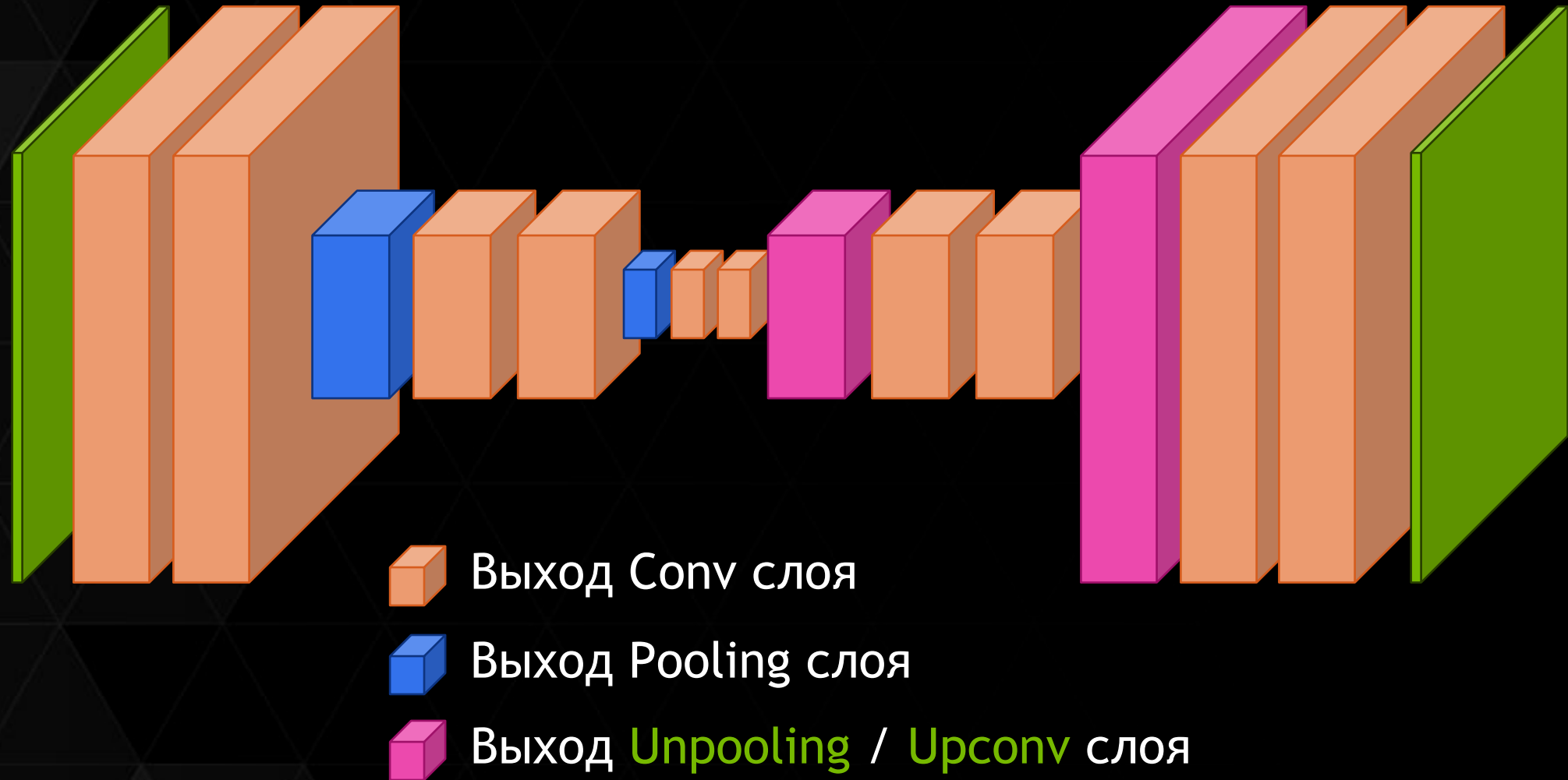


# СЛОИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ





# СЛОИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ

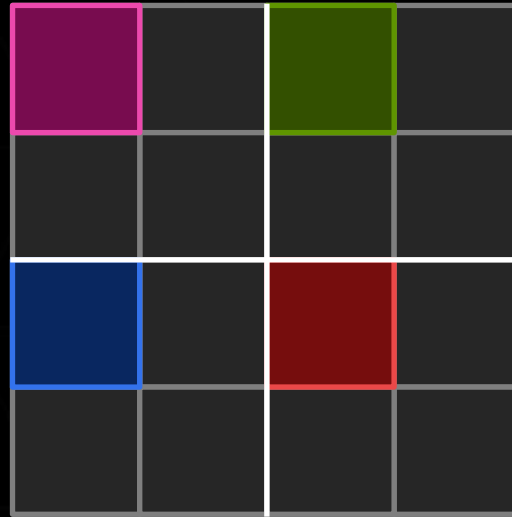
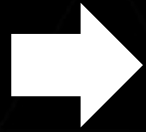


# UNPOOLING СЛОЙ

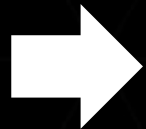


Разреженный  
Unpooling

# UNPOOLING СЛОЙ

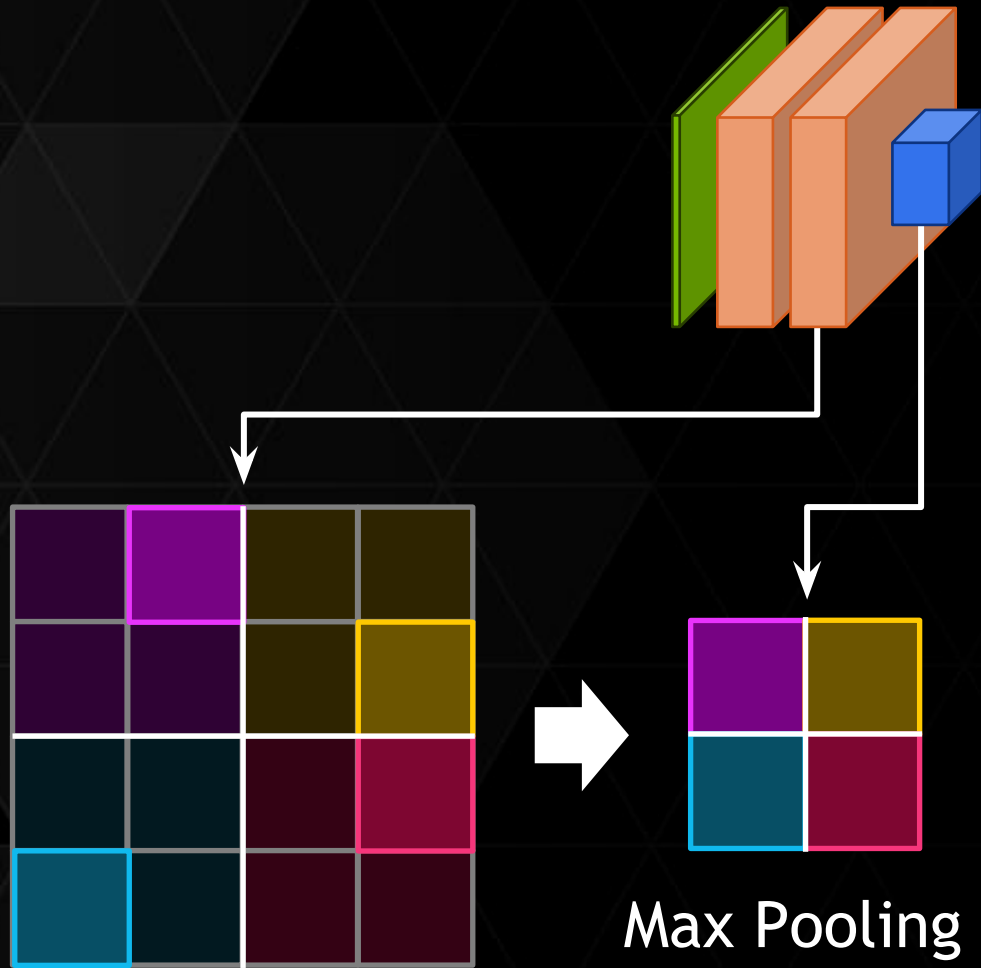


Разреженный  
Unpooling



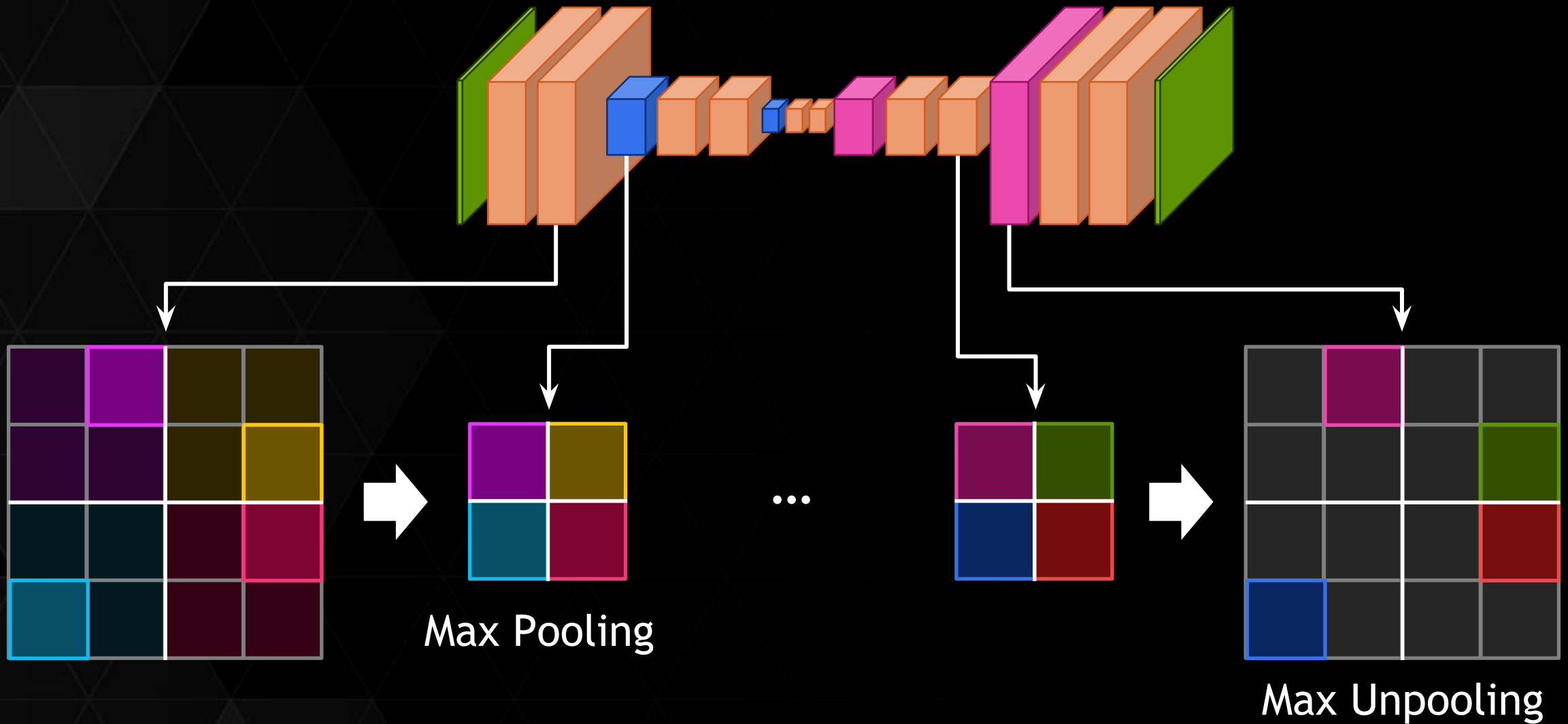
Ближайший  
сосед

# MAX UNPOOLING



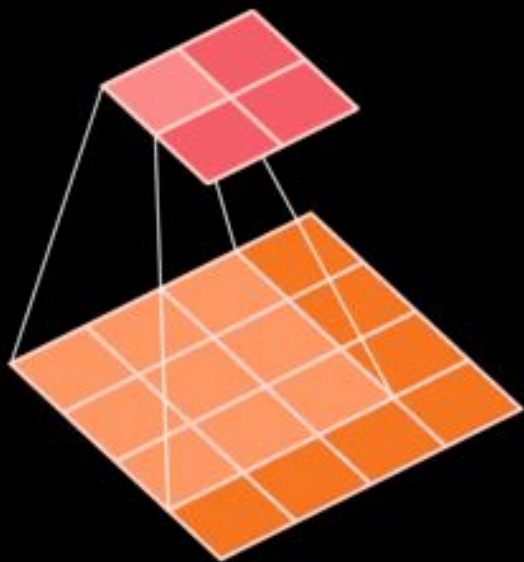


# MAX UNPOOLING



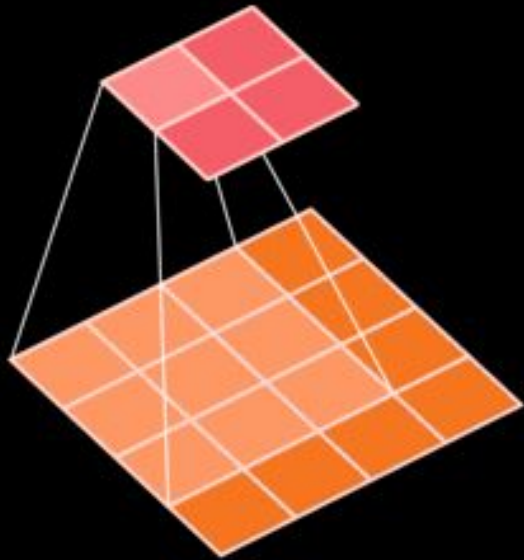
# ТРАНСПОНИРОВАННАЯ СВЁРТКА

Обычная свёртка

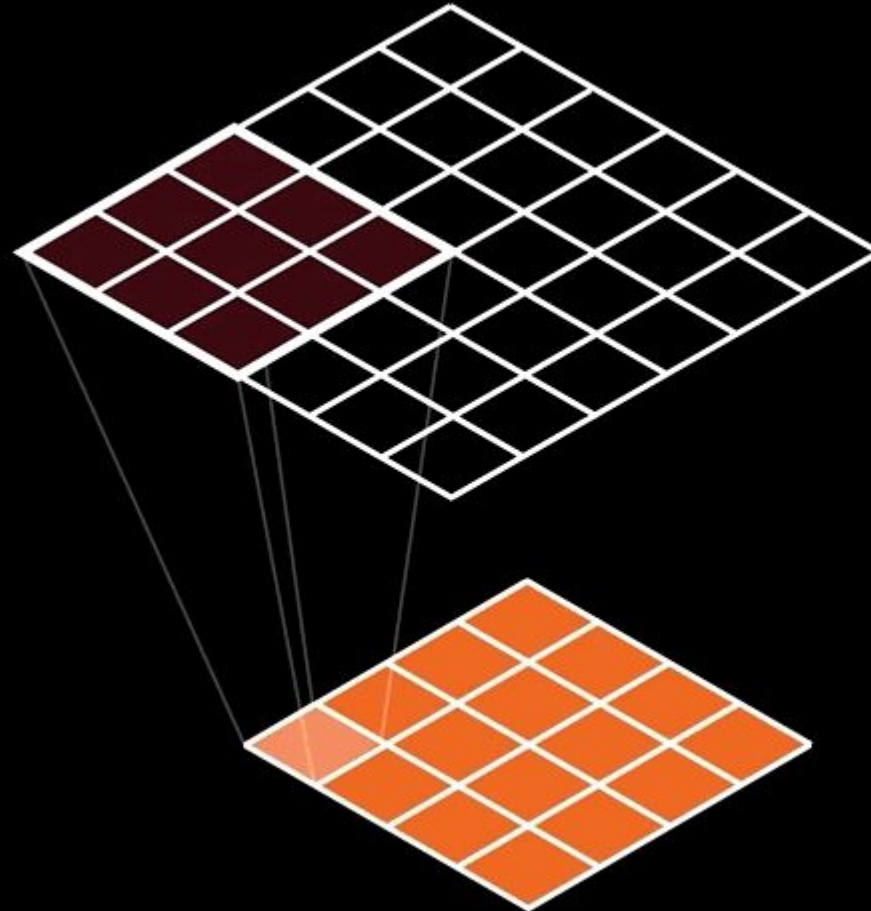


# ТРАНСПОНИРОВАННАЯ СВЁРТКА

Обычная свёртка



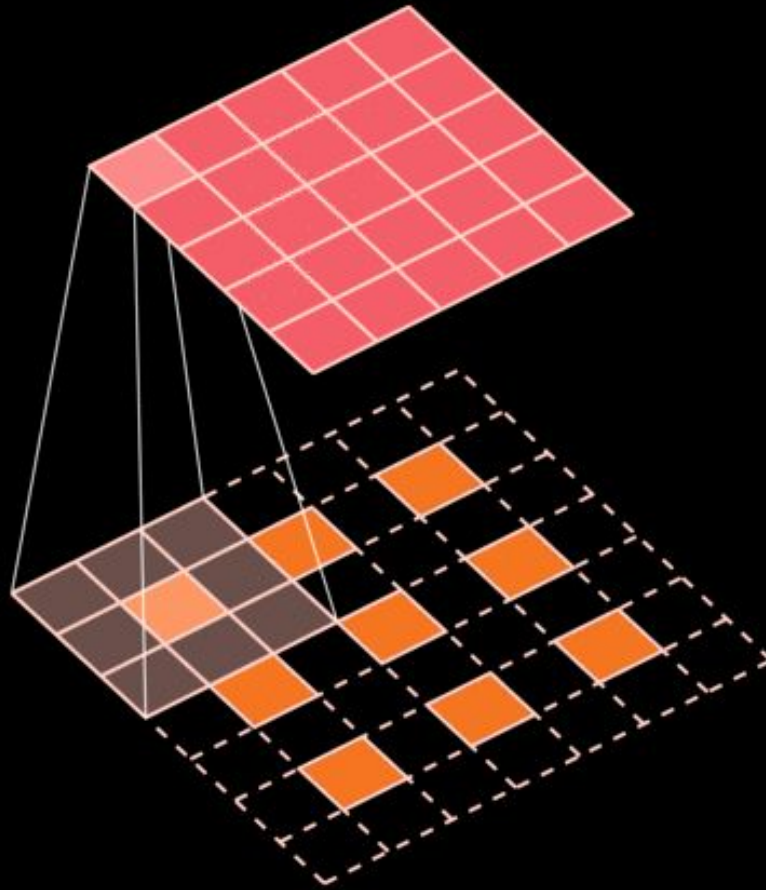
Транспонированная свёртка



# ТРАНСПОНИРОВАННАЯ СВЁРТКА СО СТРАДОМ

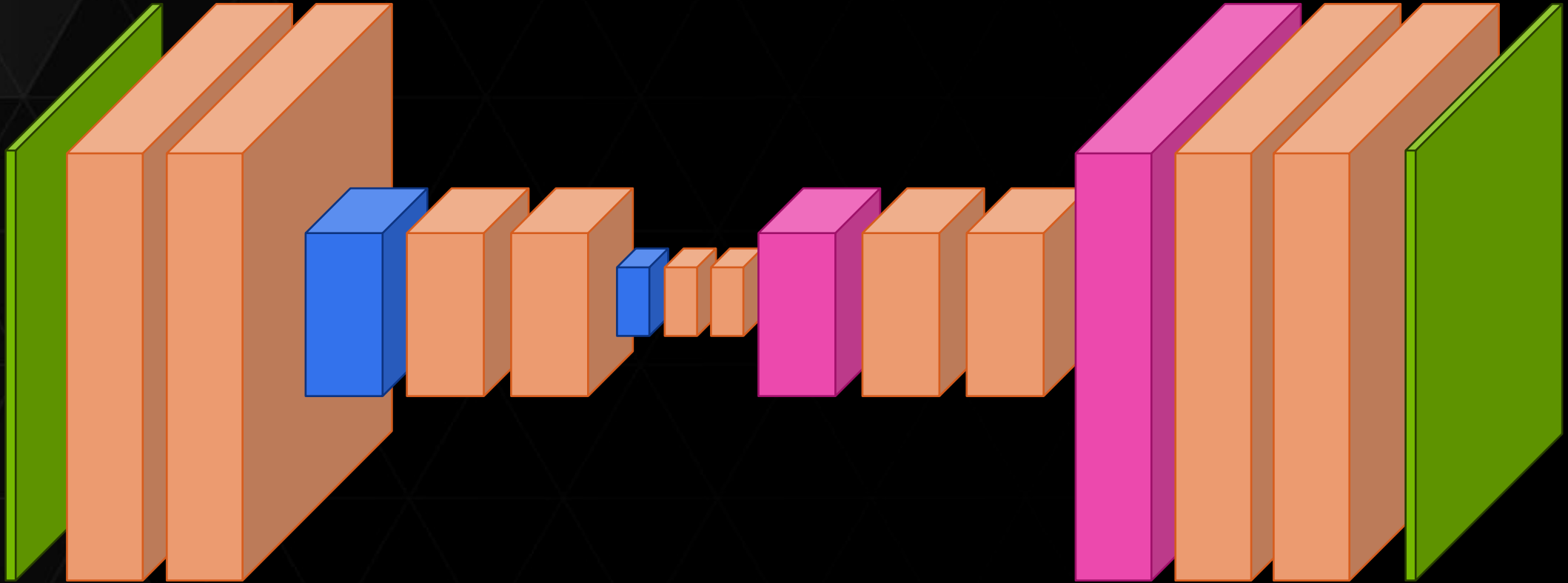
Upconv:

Транспонированная свёртка  
stride=2

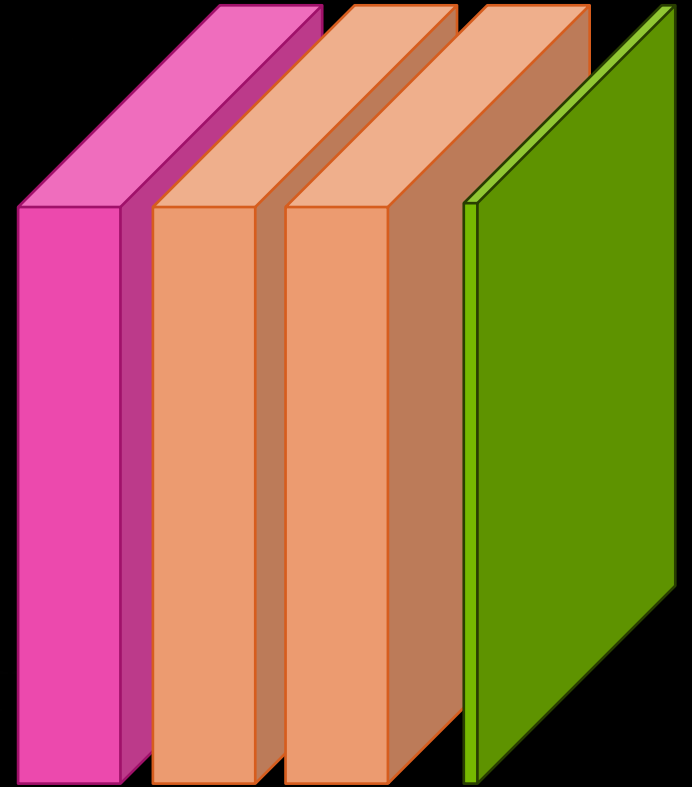
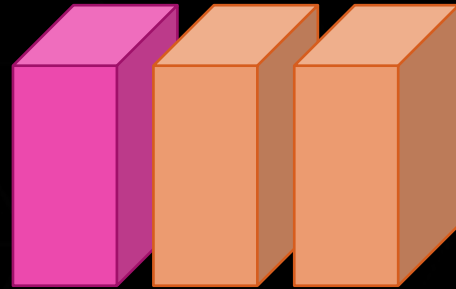
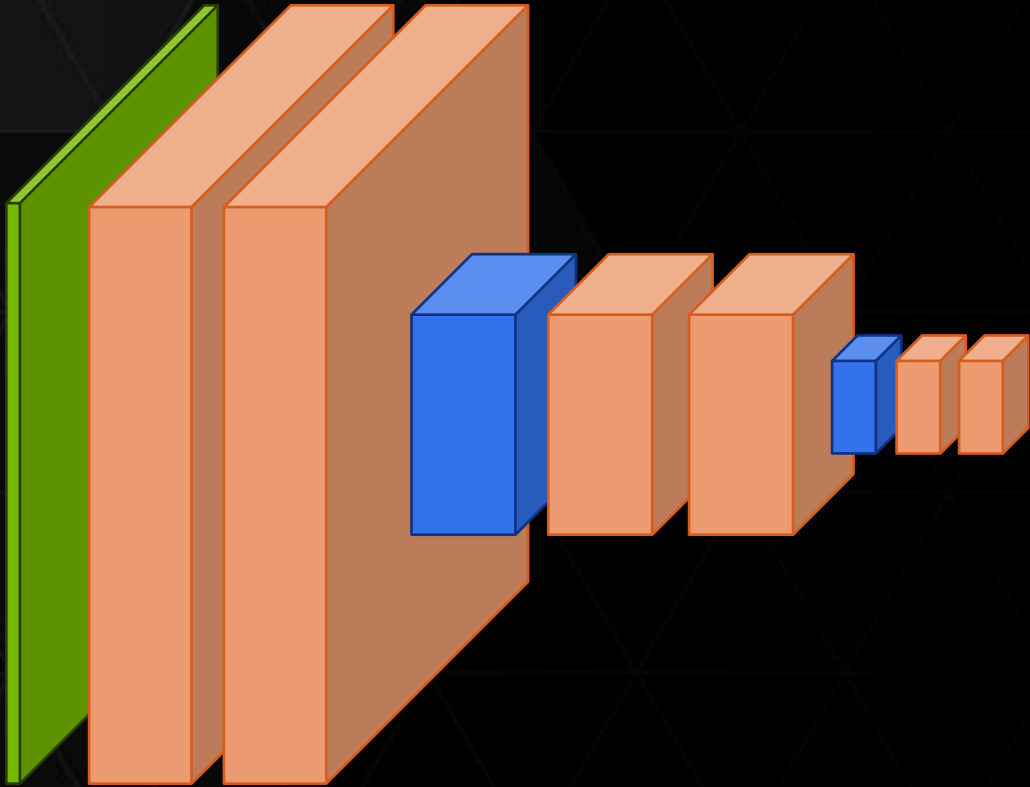




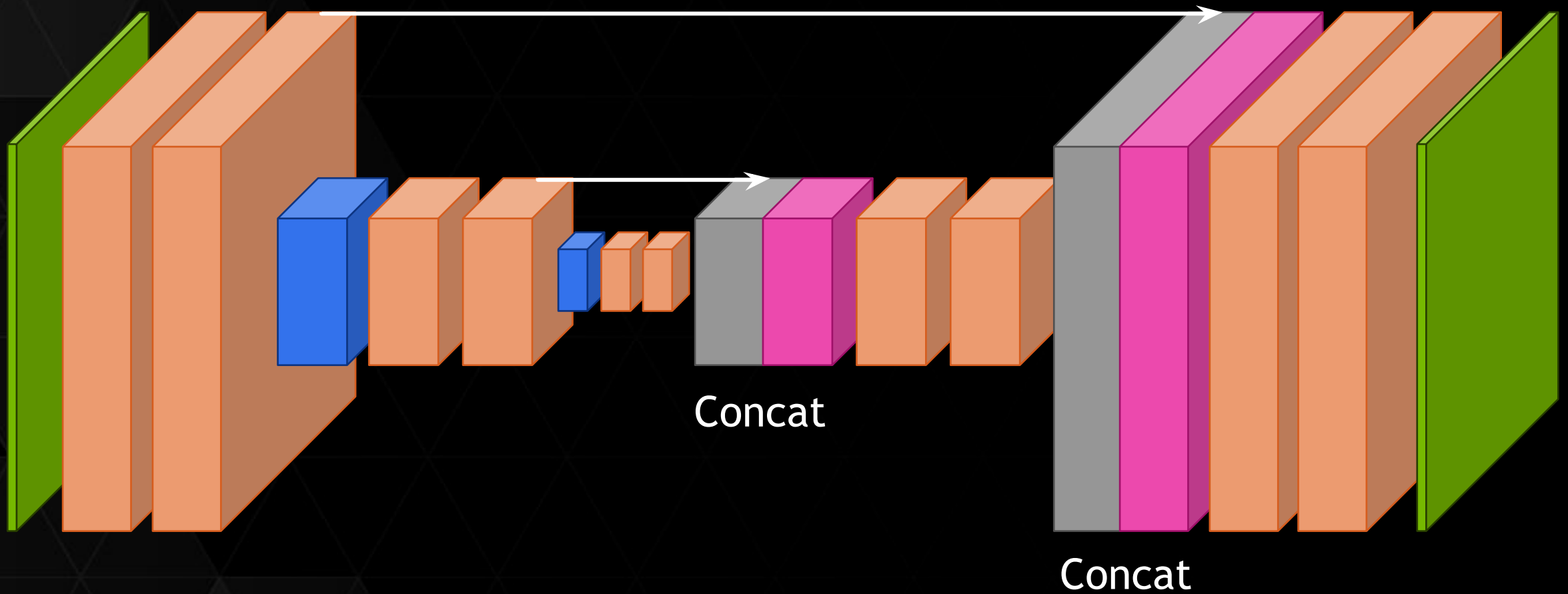
# SKIPPED CONNECTIONS



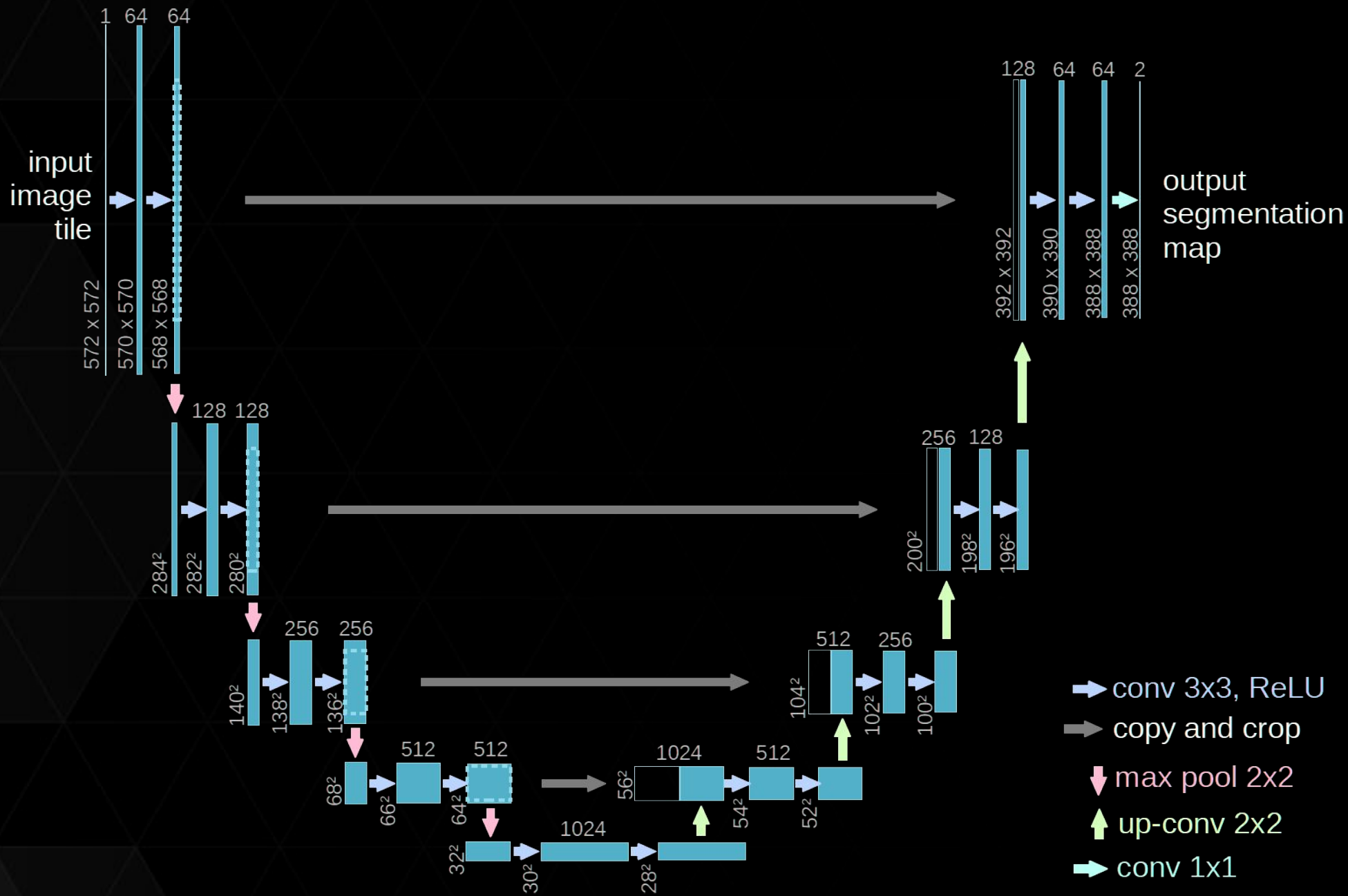
# SKIPPED CONNECTIONS



# SKIPPED CONNECTIONS



# U-NET





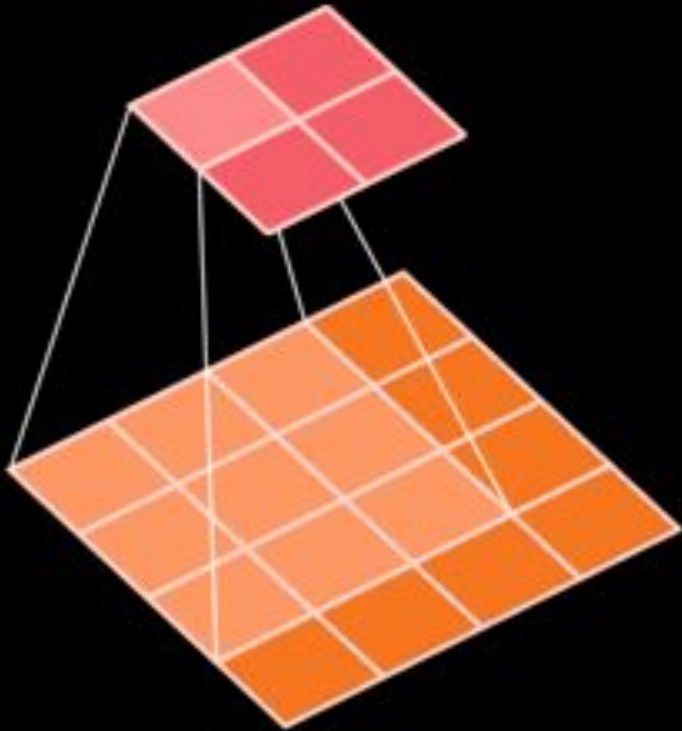
# ДИЛАТАЦИОННАЯ СВЁРТКА (DILATED, ATROUS)

Conv

Количество параметров:

3x3

Рецептивное поле: 3x3

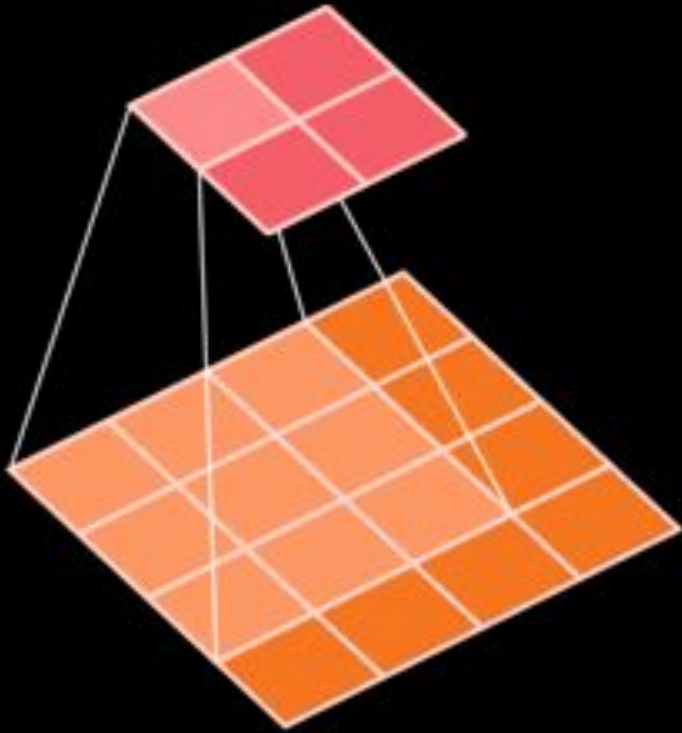


# ДИЛАТАЦИОННАЯ СВЁРТКА (DILATED, ATROUS)

## Conv

Количество параметров:  $3 \times 3$

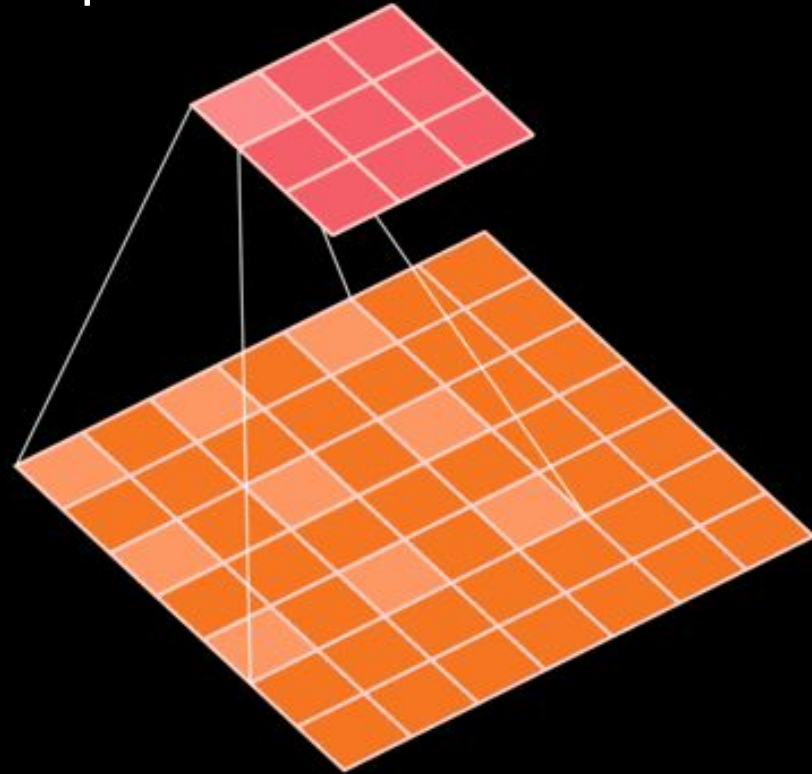
Рецептивное поле:  $3 \times 3$



## Dilated / Atrous Conv

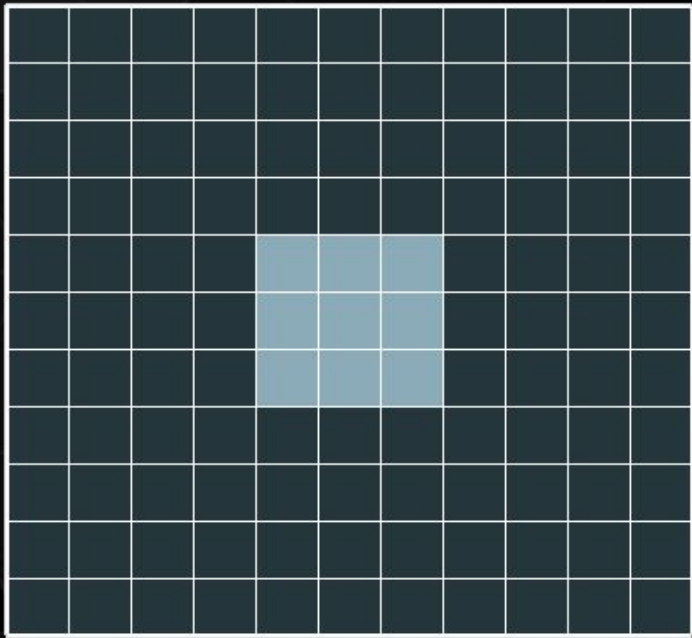
Количество параметров:  $3 \times 3$

Рецептивное поле:  $5 \times 5$

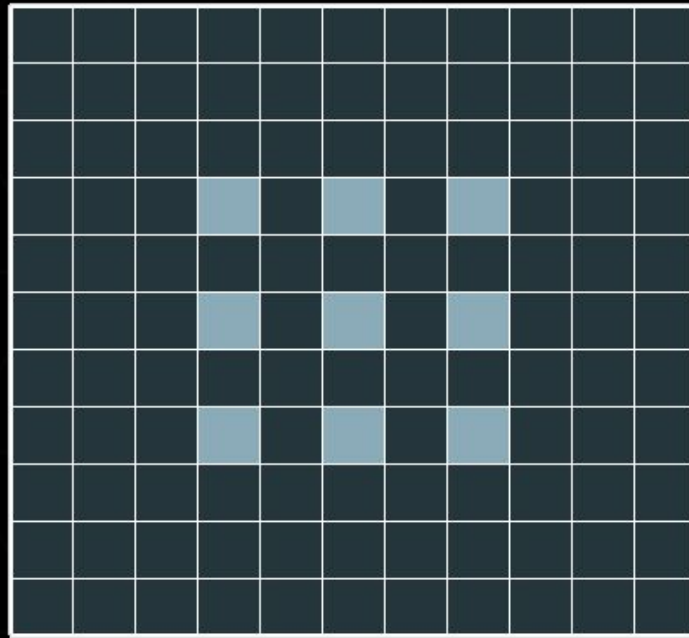


# ДИЛАТАЦИОННАЯ СВЁРТКА (DILATED, ATROUS)

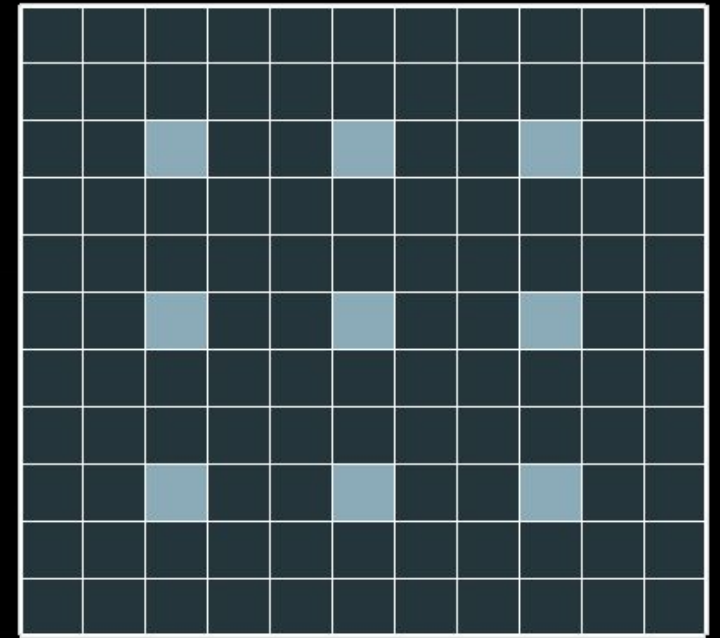
$d = 1$



$d = 2$

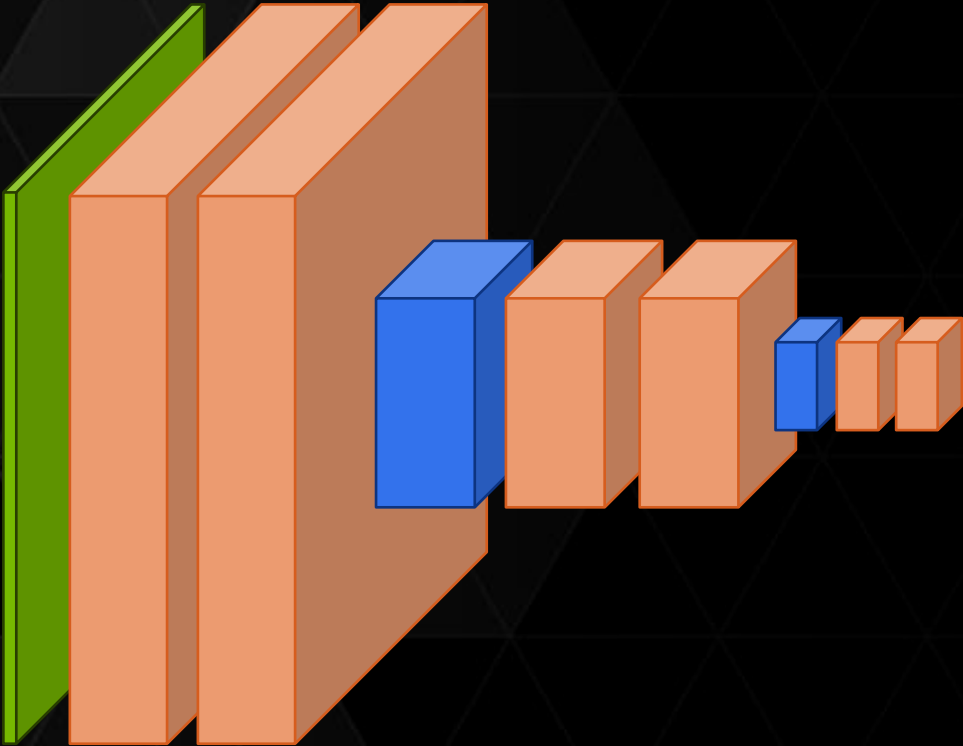


$d = 3$



# ATROUS SPATIAL PYRAMID POOLING

Encoder

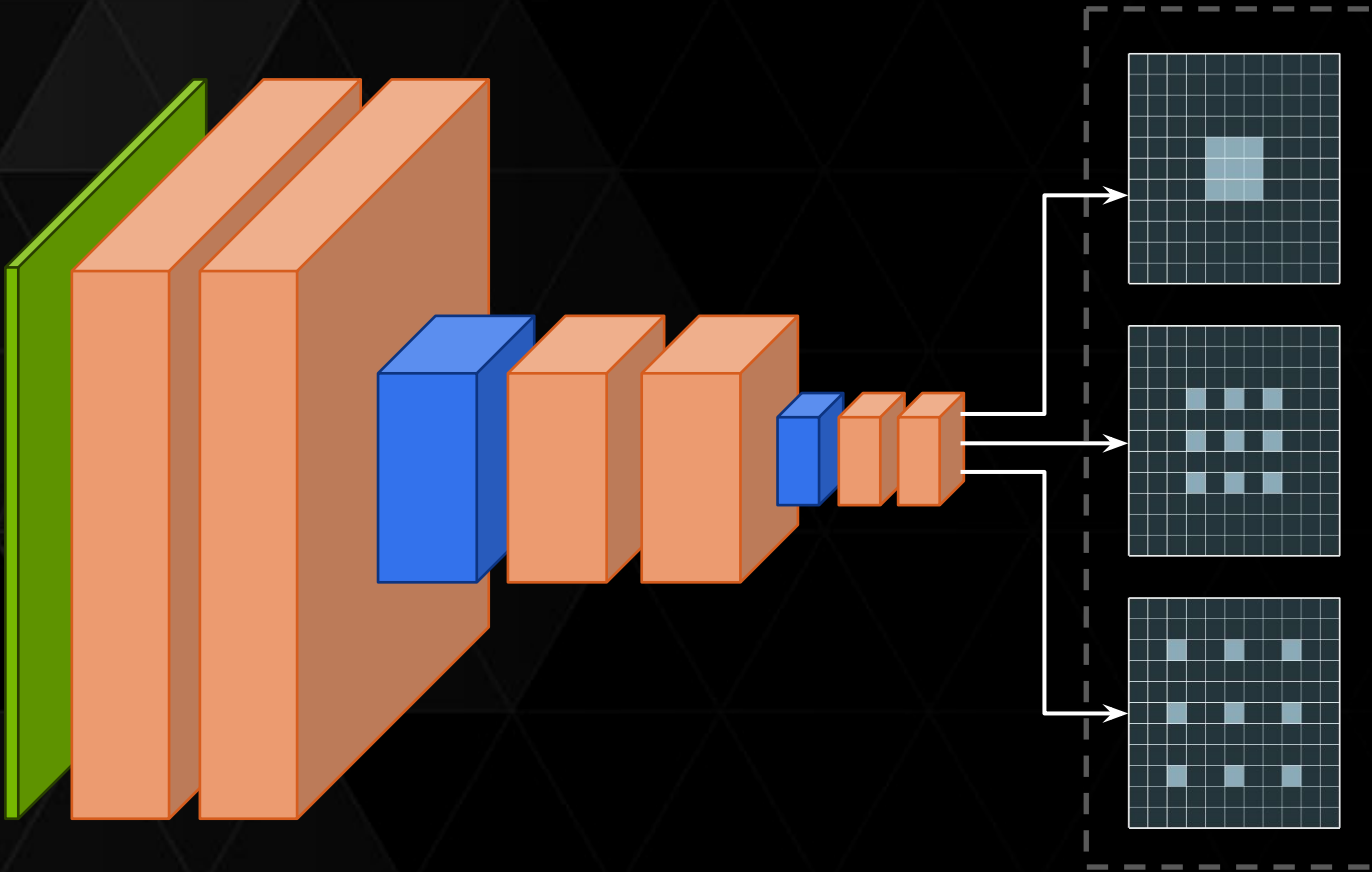




# ATROUS SPATIAL PYRAMID POOLING

Encoder

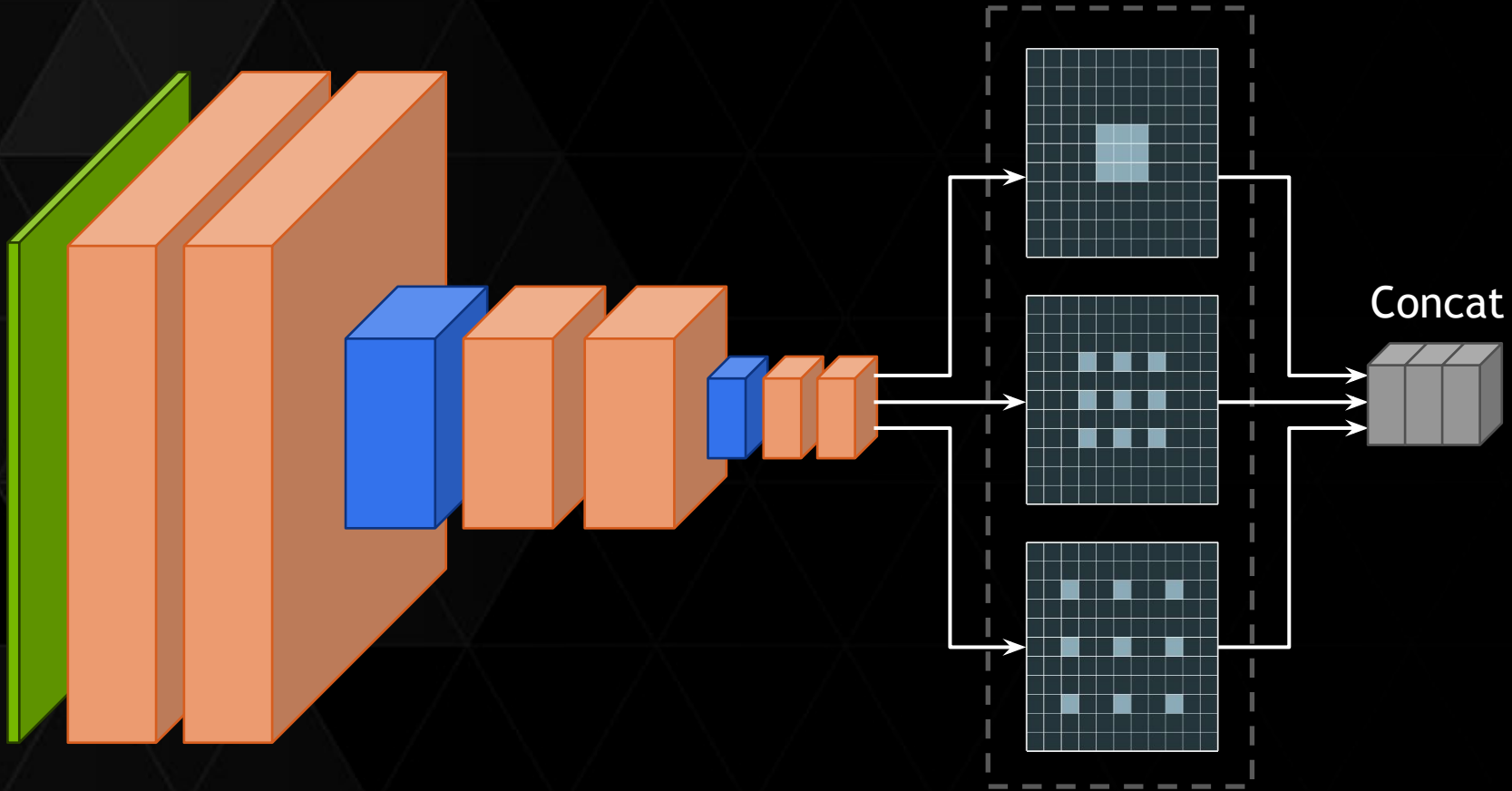
ASPP



# ATROUS SPATIAL PYRAMID POOLING

Encoder

ASPP

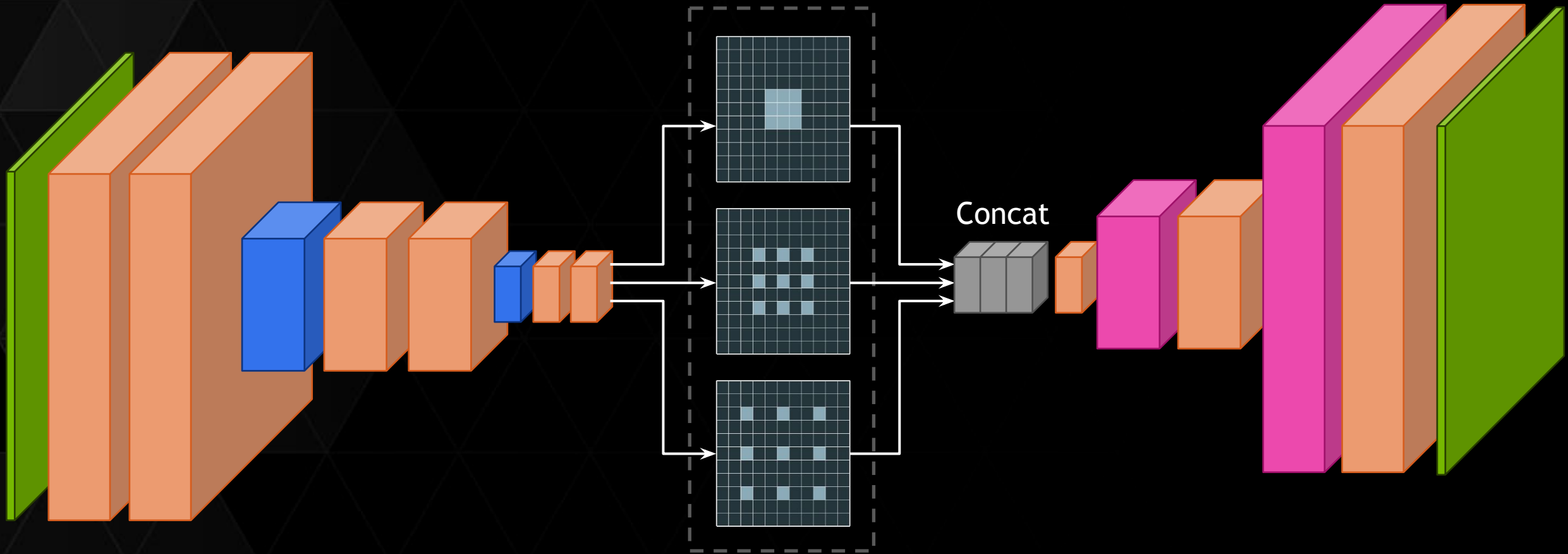


# ATROUS SPATIAL PYRAMID POOLING

Encoder

ASPP

Decoder

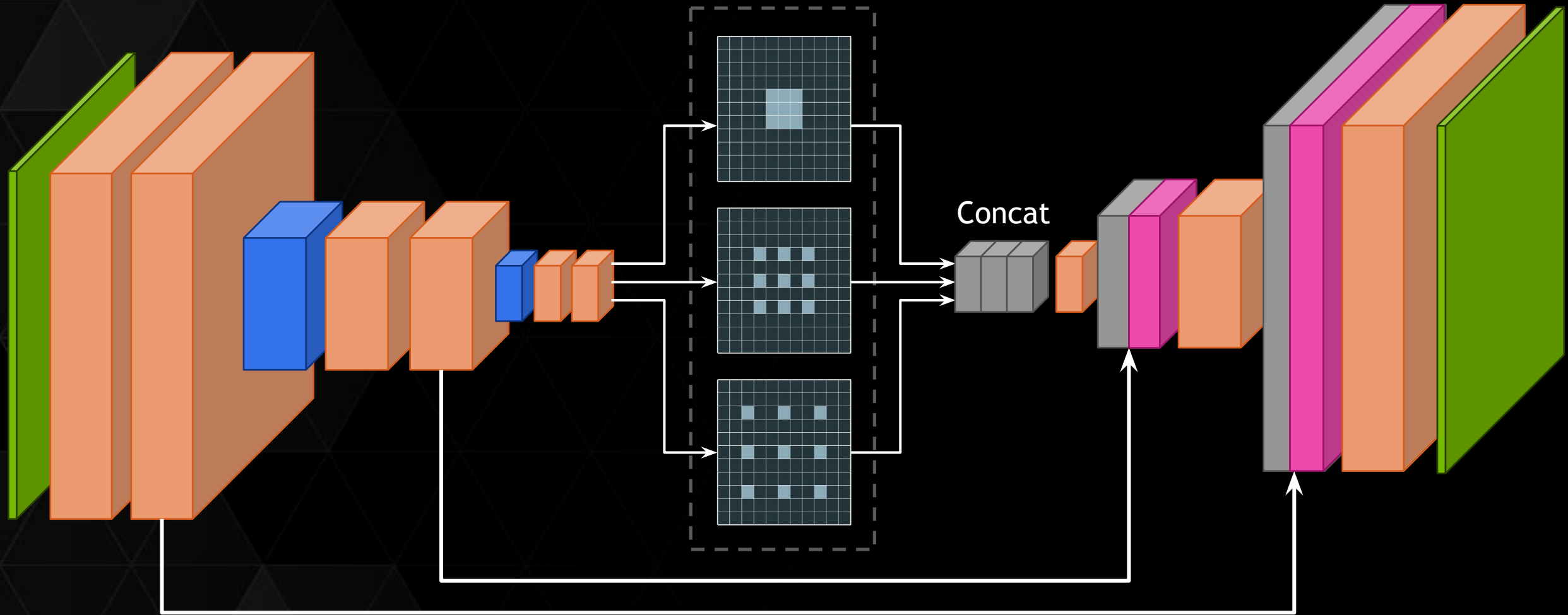


# ATROUS SPATIAL PYRAMID POOLING

Encoder

ASPP

Decoder

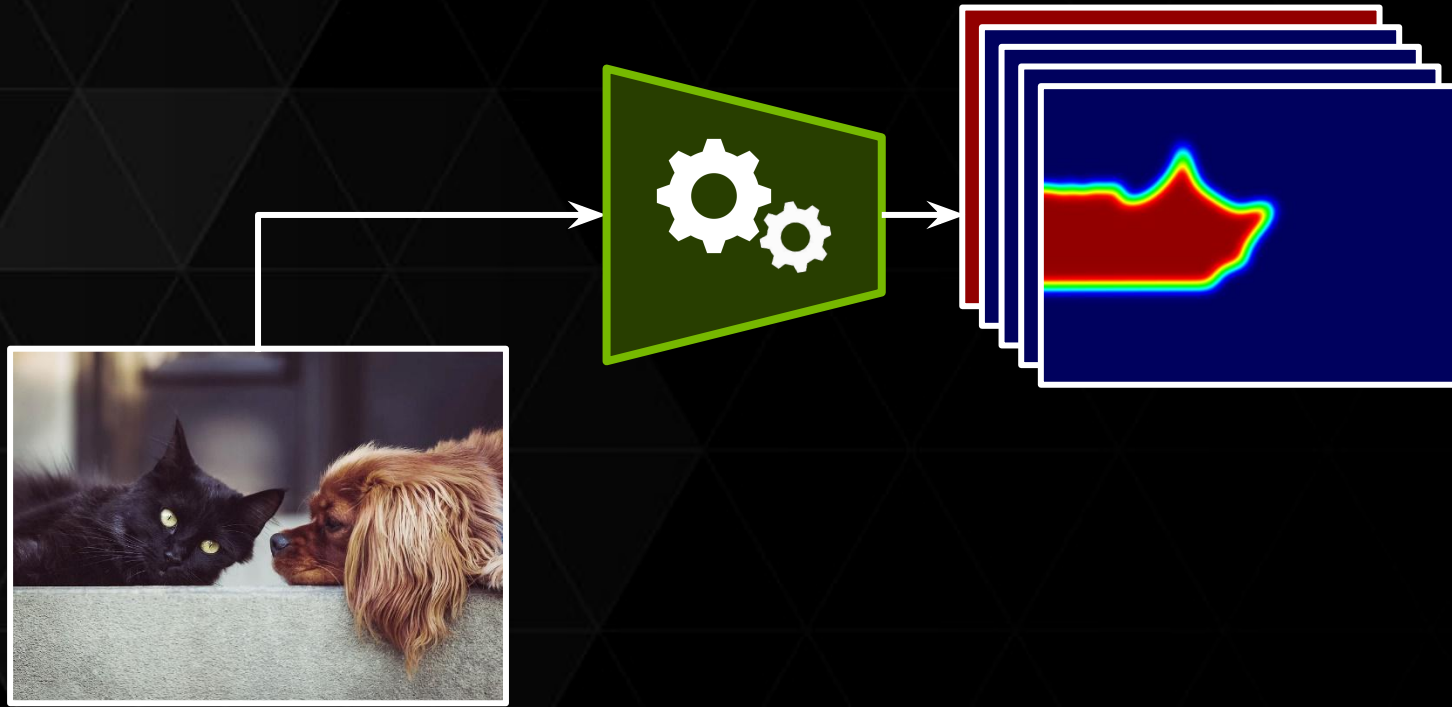




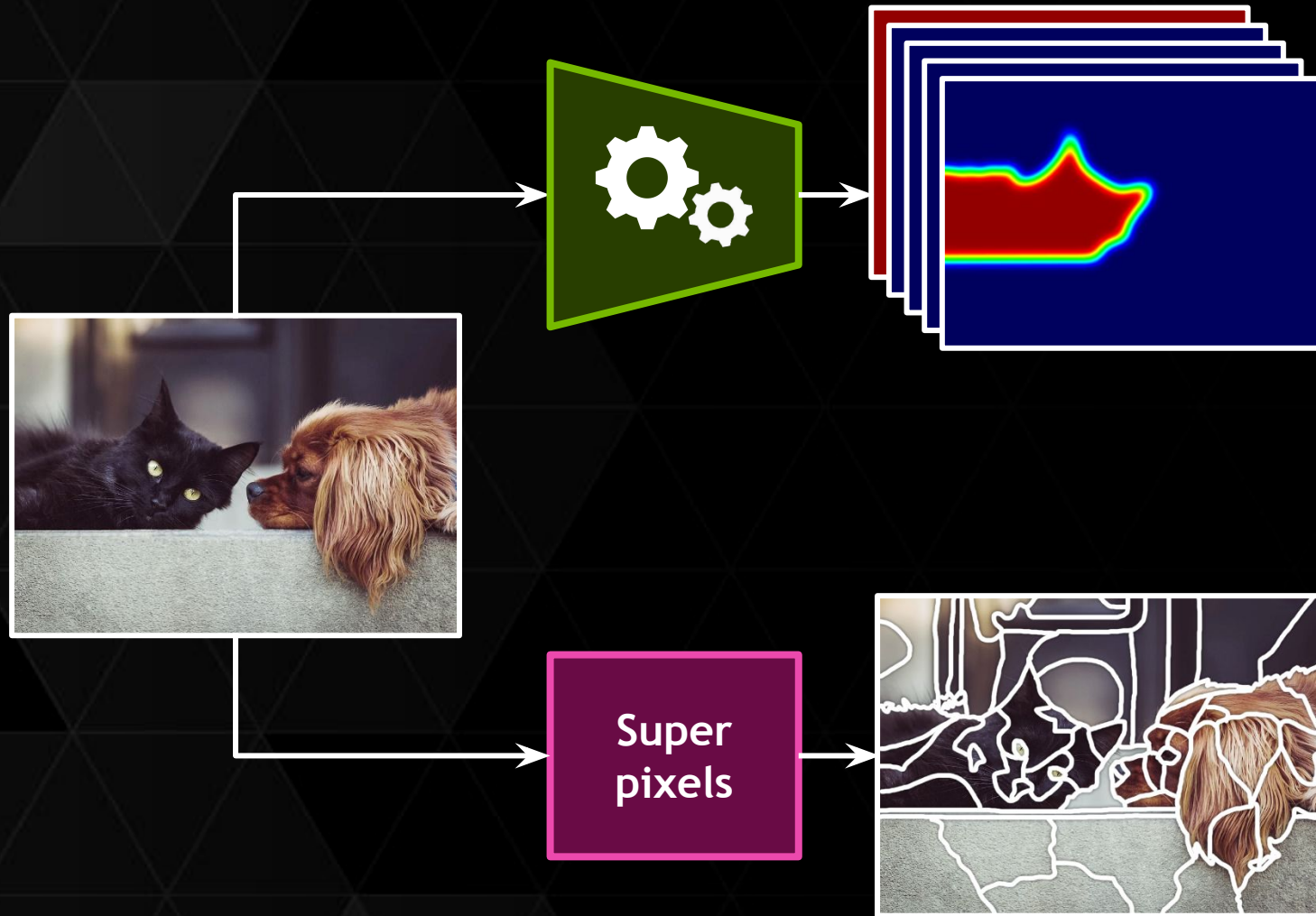
# ПОСТОБРАБОТКА: DL + CRF



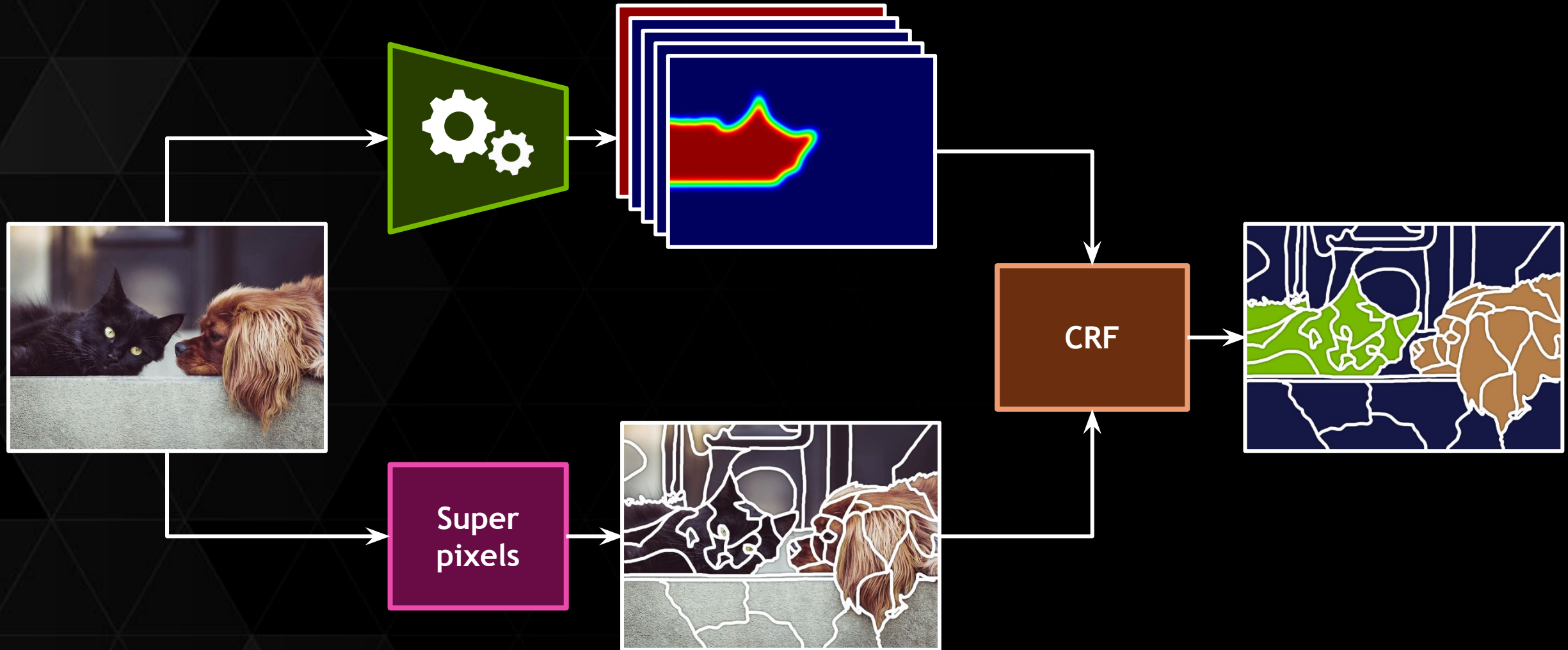
# ПОСТОБРАБОТКА: DL + CRF



# ПОСТОБРАБОТКА: DL + CRF

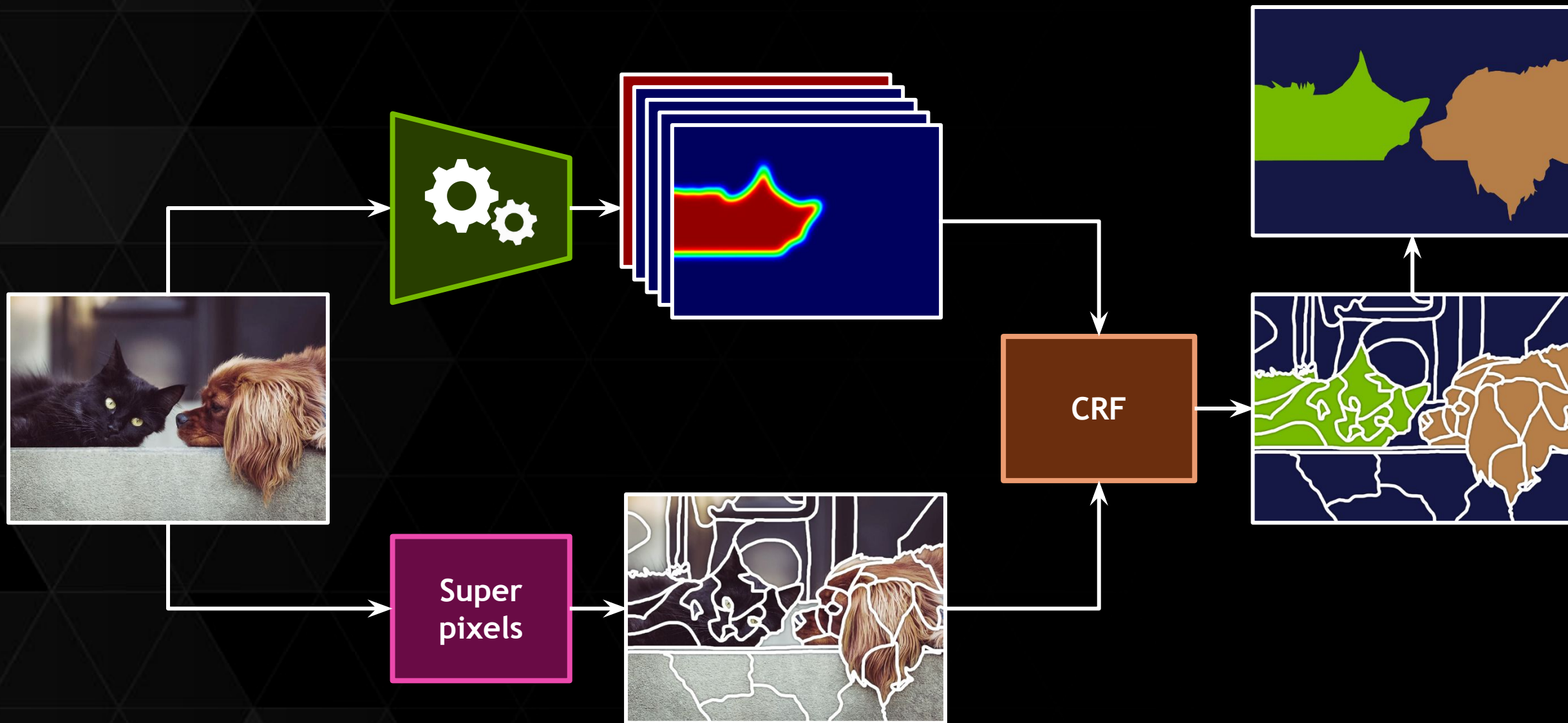


# ПОСТОБРАБОТКА: DL + CRF





# ПОСТОБРАБОТКА: DL + CRF



The background is a dark blue gradient with a complex network of thin, light green lines crisscrossing across the frame. At various points where these lines intersect, there are small, bright green circular dots. Some of these dots are slightly larger and more prominent than others. The overall effect is a sense of a digital or neural network, or perhaps a constellation of stars in space.

СПАСИБО