```
! pip install --upgrade git+https://github.com/keras-team/keras-cv -q
```

```
  Installing build dependencies ... ents to build wheel ... etadata
(pyproject.toml) ...
```

```python
import os
from tqdm.auto import tqdm
import xml.etree.ElementTree as ET
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
import matplotlib.image as mpimg
import tensorflow as tf
from tensorflow import keras
from keras_cv.losses import FocalLoss
import pandas as pd
import keras_cv
from keras_cv import bounding_box
from keras_cv import visualization

%matplotlib inline
```

Hyperparameters

```python
# Try these modifications

LEARNING_RATE = 0.001    # Lower learning rate
BATCH_SIZE = 4  # Increase batch size if memory allows
WEIGHT_DECAY = 1e-5  # Adjust weight decay
GLOBAL_CLIPNORM = 1.0
SPLIT_RATIO=0.2
```

```
class_ids = ['car', 'trafficLight-YellowLeft', 'pedestrian',
'trafficLight-GreenLeft', 'trafficLight-Green', 'biker',
'trafficLight-Yellow', 'truck',
             'trafficLight-RedLeft', 'trafficLight-Red',
'trafficLight']
class_mapping = dict(zip(range(len(class_ids)), class_ids))
```

Path to images and annotations

```
path_image="/kaggle/input/self-driving-car/export/"
annot_path="/kaggle/input/self-driving-car/export/"


# Get all XML file paths in path_annot and sort them

xml_files = sorted(
    [
        os.path.join(annot_path, file_name)
        for file_name in os.listdir(annot_path)
        if file_name.endswith(".xml")
    ]
)


# Get all JPEG image file paths in path_images and sort them
jpg_files = sorted(
    [
        os.path.join(path_image, file_name)
        for file_name in os.listdir(path_image)
        if file_name.endswith(".jpg")
    ]
)


class_names = set()

# Function to parse XML annotations and extract class names
def extract_class_names(xml_file):
    tree = ET.parse(xml_file)
    root = tree.getroot()

    # Loop through each object in the XML and extract the class name
    for obj in root.iter("object"):
        class_name = obj.find("name").text
        class_names.add(class_name)

# Loop through XML files and extract class names with tqdm for
progress
for xml_file in tqdm(xml_files, desc="Extracting class names",
unit="file"):
    extract_class_names(xml_file)

# Print unique class names
print("Unique class names:")
print(class_names)
```

```
{"model_id":"ca8690c719134e72ab36742ae8c21bdd","version_major":2,"vers
ion_minor":0}
```

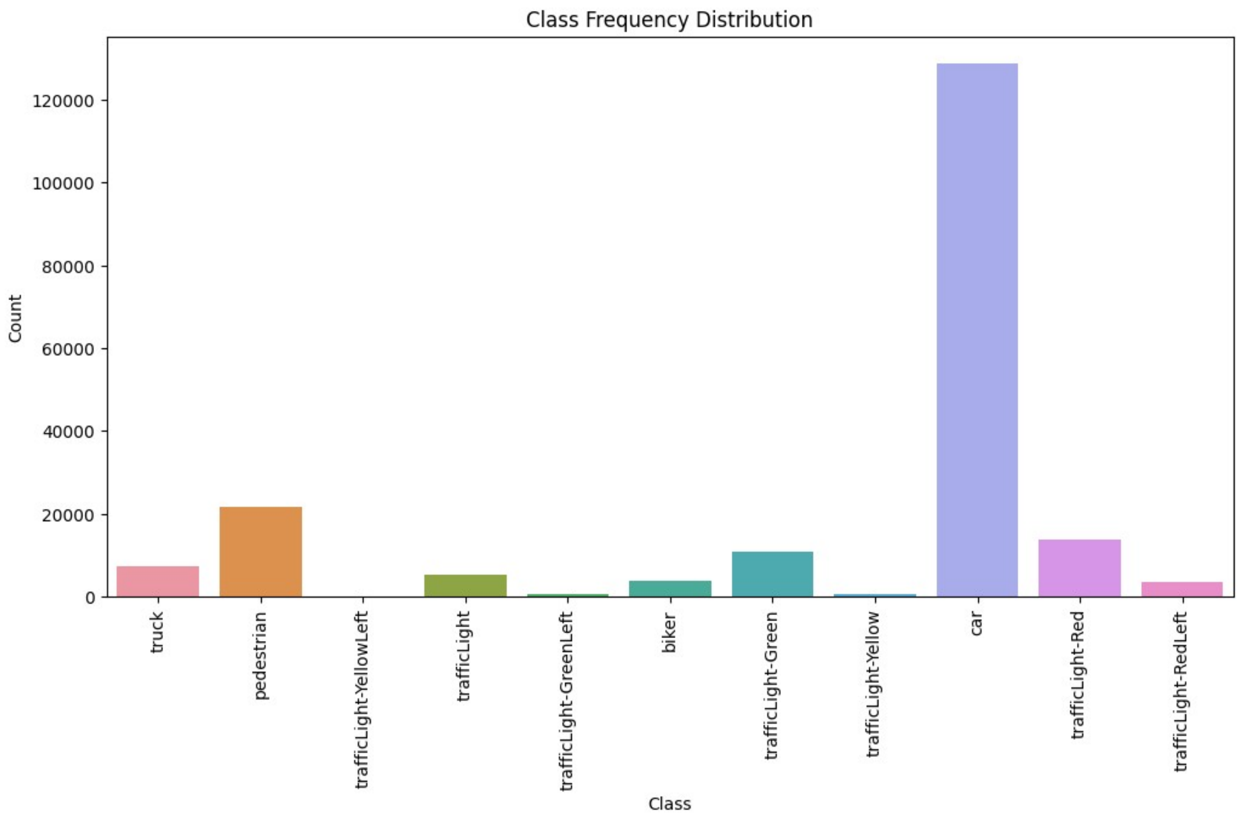
```
Unique class names:
{'truck', 'pedestrian', 'trafficLight-YellowLeft', 'trafficLight',
'trafficLight-GreenLeft', 'biker', 'trafficLight-Green',
'trafficLight-Yellow', 'car', 'trafficLight-Red', 'trafficLight-
RedLeft'}
```

```
rows, cols = 5, 5
fig, ax = plt.subplots(rows, cols, figsize=(15, 15))
axes = ax.flatten()

# Make sure the class_names list has enough elements for the available
images
num_images = min(len(jpg_files), rows * cols)
class_names_list = list(class_names)[:num_images]

for i, ax in enumerate(axes[:num_images]):
    img = mpimg.imread(jpg_files[i])
    ax.imshow(img)
    ax.set_title(f"Class: {class_names_list[i %
len(class_names_list)]}")  # Cycle through class names if less than
images
    ax.axis('off')

# Hide any remaining axes
for j in range(num_images, len(axes)):
    axes[j].axis('off')

plt.tight_layout()
plt.show()
```

Class: truck
Class: pedestrian
Class: trafficLight-YellowLeft
Class: trafficLight
Class: trafficLight-GreenLeft
Class: biker
Class: trafficLight-Green
Class: trafficLight-Yellow
Class: car
Class: trafficLight-Red

```
class_count = {class_name: 0 for class_name in class_names}

def count_classes_in_xml(xml_file):
    tree = ET.parse(xml_file)
    root = tree.getroot()

    for obj in root.iter("object"):
        class_name = obj.find("name").text
        if class_name in class_count:
            class_count[class_name] += 1

for xml_file in tqdm(xml_files, desc="Counting class occurrences",
unit="file"):
    count_classes_in_xml(xml_file)

class_count_df = pd.DataFrame(list(class_count.items()),
columns=["Class", "Count"])

plt.figure(figsize=(12, 6))
sns.barplot(x="Class", y="Count", data=class_count_df)
plt.xticks(rotation=90)
plt.title("Class Frequency Distribution")
plt.show()
```

{"model_id":"3aeace96ff254091ac317e5c5e26531c","version_major":2,"version_minor":0}



- The function below reads the XML file and finds the image name and path, and then iterates over each object in the XML file to extract the bounding box coordinates and class labels for each object.
- The function returns three values: the image path, a list of bounding boxes (each represented as a list of four floats: xmin, ymin, xmax, ymax), and a list of class IDs (represented as integers) corresponding to each bounding box. The class IDs are obtained by mapping the class labels to integer values using a dictionary called class_mapping.

```
def parse_annotation(xml_file):
    tree = ET.parse(xml_file)
    root = tree.getroot()

    image_name = root.find("filename").text
    image_path = os.path.join(path_image, image_name)

    boxes = []
    classes = []
    for obj in root.iter("object"):
        cls = obj.find("name").text
        classes.append(cls)

        bbox = obj.find("bndbox")
        xmin = float(bbox.find("xmin").text)
        ymin = float(bbox.find("ymin").text)
        xmax = float(bbox.find("xmax").text)
        ymax = float(bbox.find("ymax").text)
        boxes.append([xmin, ymin, xmax, ymax])

    class_ids = [
        list(class_mapping.keys())
[list(class_mapping.values()).index(cls)]
        for cls in classes
    ]
    return image_path, boxes, class_ids


image_paths = []
bbox = []
classes = []
for xml_file in tqdm(xml_files):
    image_path, boxes, class_ids = parse_annotation(xml_file)
    image_paths.append(image_path)
    bbox.append(boxes)
    classes.append(class_ids)
```

{"model_id":"8f489067b8db4680b04bd20fa2c79502","version_major":2,"version_minor":0}

```
bbox = tf.ragged.constant(bbox)
classes = tf.ragged.constant(classes)
image_paths = tf.ragged.constant(image_paths)

data = tf.data.Dataset.from_tensor_slices((image_paths, classes,
bbox))
```

split data from train & valid

```
# Determine the number of validation samples
num_val = int(len(xml_files) * SPLIT_RATIO)

# Split the dataset into train and validation sets
val_data = data.take(num_val)
train_data = data.skip(num_val)
```

- The dictionary has two keys, 'boxes' and 'classes', each of which maps to a TensorFlow RaggedTensor or Tensor object. The 'boxes' Tensor has a shape of [batch, num_boxes, 4], where batch is the number of images in the batch and num_boxes is the maximum number of bounding boxes in any image. The 4 represents the four values needed to define a bounding box: xmin, ymin, xmax, ymax.

- The 'classes' Tensor has a shape of [batch, num_boxes], where each element represents the class label for the corresponding bounding box in the 'boxes' Tensor. The num_boxes dimension may be ragged, which means that the number of boxes may vary across images in the batch.

Final dict should be:

```
def load_image(image_path):
    image = tf.io.read_file(image_path)
    image = tf.image.decode_jpeg(image, channels=3)
    return image


def load_dataset(image_path, classes, bbox):
    # Read Image
    image = load_image(image_path)
    bounding_boxes = {
        "classes": tf.cast(classes, dtype=tf.float32),
        "boxes": bbox,
    }
    return {"images": tf.cast(image, tf.float32), "bounding_boxes":
bounding_boxes}

augmenter = keras.Sequential(
    layers=[
        keras_cv.layers.RandomFlip(mode="horizontal",
bounding_box_format="xyxy"),
        keras_cv.layers.RandomShear(
            x_factor=0.2, y_factor=0.2, bounding_box_format="xyxy"
        ),
        keras_cv.layers.JitteredResize(
            target_size=(640,640), scale_factor=(0.75, 1.3),
bounding_box_format="xyxy"
        ),
    ]
)
```

Creating Training Dataset

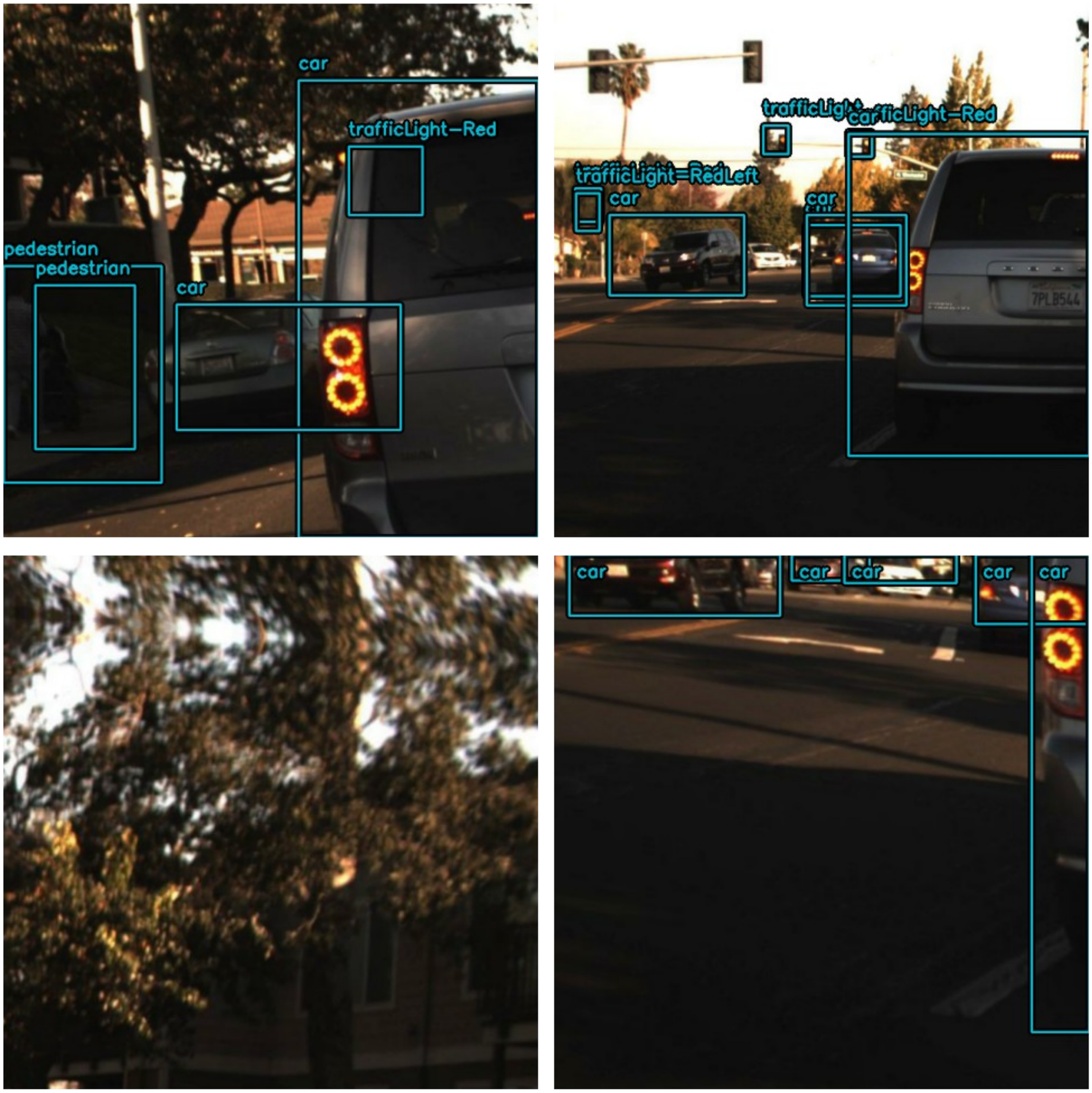
```
train_ds = train_data.map(load_dataset,
num_parallel_calls=tf.data.AUTOTUNE)
train_ds = train_ds.shuffle(BATCH_SIZE * 4)
train_ds = train_ds.ragged_batch(BATCH_SIZE, drop_remainder=True)
train_ds = train_ds.map(augmenter,
num_parallel_calls=tf.data.AUTOTUNE)
```

create valid dataset

```
resizing = keras_cv.layers.JitteredResize(
                target_size=(640,640),
                scale_factor=(0.75, 1.3),
                bounding_box_format="xyxy")

val_ds = val_data.map(load_dataset,
num_parallel_calls=tf.data.AUTOTUNE)
val_ds = val_ds.shuffle(BATCH_SIZE * 4)
val_ds = val_ds.ragged_batch(BATCH_SIZE, drop_remainder=True)
val_ds = val_ds.map(resizing, num_parallel_calls=tf.data.AUTOTUNE)
```

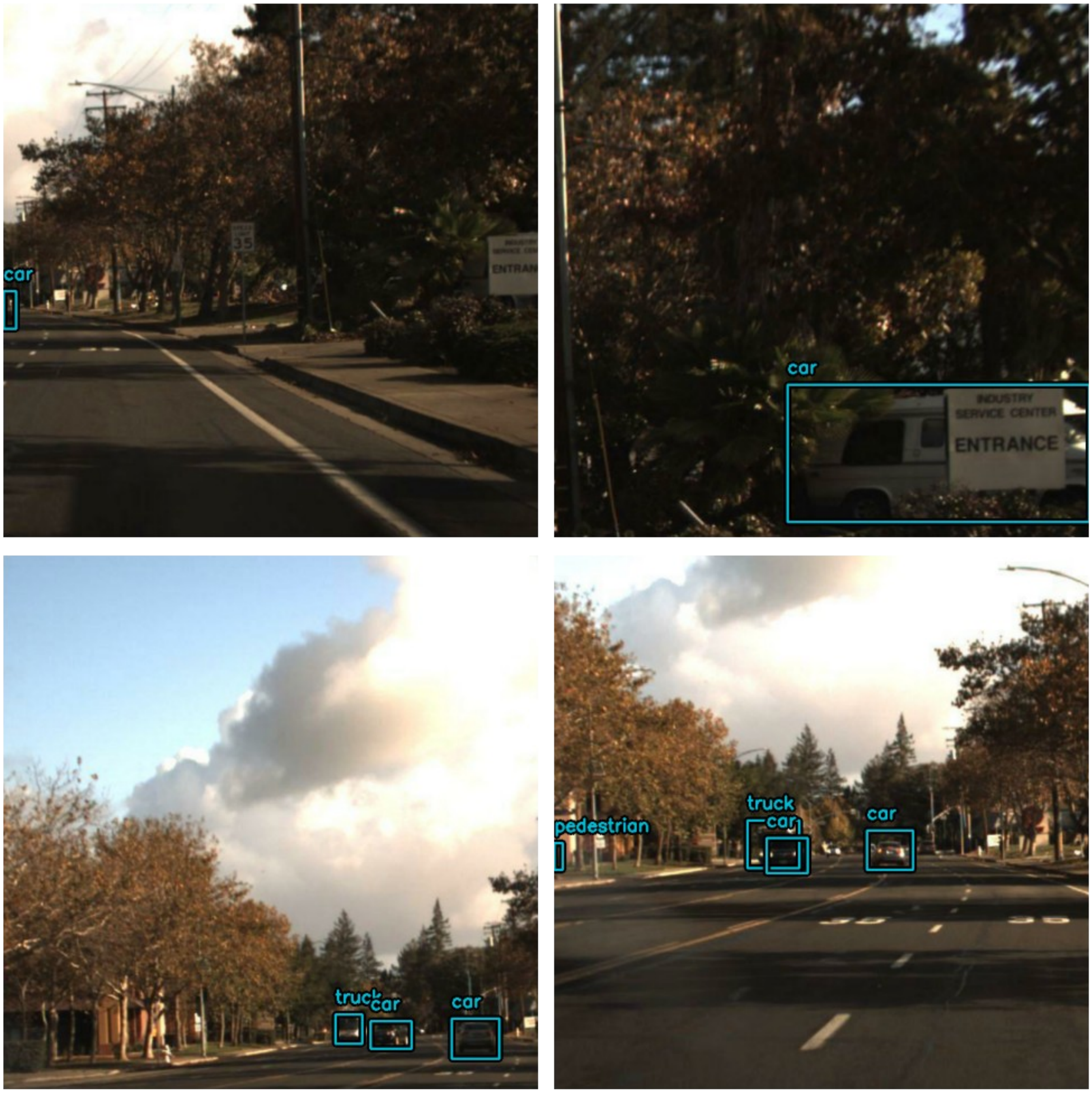
Visualization

```
def visualize_dataset(inputs, value_range, rows, cols,
bounding_box_format):
    inputs = next(iter(inputs.take(1)))
    images, bounding_boxes = inputs["images"],
inputs["bounding_boxes"]
    visualization.plot_bounding_box_gallery(
        images,
        value_range=value_range,
        rows=rows,
        cols=cols,
        y_true=bounding_boxes,
        scale=5,
        font_scale=0.7,
        bounding_box_format=bounding_box_format,
        class_mapping=class_mapping,
    )


visualize_dataset(train_ds, bounding_box_format="xyxy",
value_range=(0, 255), rows=2, cols=2)
```



visualize from valid dataset

```
def visualize_dataset(inputs, value_range, rows, cols,
bounding_box_format):
    inputs = next(iter(inputs.take(1)))
    images, bounding_boxes = inputs["images"],
inputs["bounding_boxes"]
    visualization.plot_bounding_box_gallery(
        images,
        value_range=value_range,
        rows=rows,
        cols=cols,
        y_true=bounding_boxes,
        scale=5,
        font_scale=0.7,
        bounding_box_format=bounding_box_format,
        class_mapping=class_mapping,
    )


visualize_dataset(val_ds, bounding_box_format="xyxy", value_range=(0, 255), rows=2, cols=2)
```



- We need to extract the inputs from the preprocessing dictionary and get them ready to be fed into the model.

```
def dict_to_tuple(inputs):
    return inputs["images"], bounding_box.to_dense(
        inputs["bounding_boxes"], max_boxes=32
    )


train_ds = train_ds.take(100)
train_ds = train_ds.map(dict_to_tuple,
num_parallel_calls=tf.data.AUTOTUNE)
train_ds = train_ds.prefetch(tf.data.AUTOTUNE)

val_ds = val_ds.take(100)
val_ds = val_ds.map(dict_to_tuple,
num_parallel_calls=tf.data.AUTOTUNE)
val_ds = val_ds.prefetch(tf.data.AUTOTUNE)
```

Creating Model

- Next, let's build a YOLOV8 model using the YOLOV8Detector, which accepts a feature extractor as the backbone argument, a num_classes argument that specifies the number of object classes to detect based on the size of the class_mapping list, a bounding_box_format argument that informs the model of the format of the bbox in the dataset, and a finally, the feature pyramid network (FPN) depth is specified by the fpn_depth argument.

- It is simple to build a YOLOV8 using any of the aforementioned backbones thanks to KerasCV

```
backbone =
keras_cv.models.YOLOV8Backbone.from_preset("yolo_v8_l_backbone_coco")

model =
keras_cv.models.YOLOV8Detector( num_classes=len(class_mapping),boundin
g_box_format="xyxy",backbone=backbone,fpn_depth=2,

prediction_decoder=keras_cv.layers.NonMaxSuppression(bounding_box_form
at="xyxy",from_logits=False,
        iou_threshold=0.5,
        confidence_threshold=0.1,
        max_detections=50))



optimizer = tf.keras.optimizers.AdamW(learning_rate=LEARNING_RATE,
weight_decay=WEIGHT_DECAY,global_clipnorm=GLOBAL_CLIPNORM)
```

```python
# Reasonable starting point
lr_schedule =
tf.keras.optimizers.schedules.CosineDecay(initial_learning_rate=LEARNI
NG_RATE,decay_steps=10000,alpha=0.01)
optimizer =
tf.keras.optimizers.AdamW(learning_rate=lr_schedule,weight_decay=WEIGH
T_DECAY,global_clipnorm=GLOBAL_CLIPNORM)
model.compile(optimizer=optimizer,
classification_loss=FocalLoss(alpha=0.25, gamma=2.0), box_loss="ciou")

model.summary()
```

```
Model: "yolov8_detector"

┏━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━
┃ Layer (type)           ┃ Output Shape           ┃        Param #
┃ Connected to           ┃                        ┃
┡━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━
│ input_layer_1          │ (None, None, None, 3)  │              0
│ -                      │                        │
│ (InputLayer)           │                        │
│                        │                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
│ functional (Functional)│ [(None, None, None,    │     19,831,744
│ input_layer_1[0][0]    │ 256), (None, None,     │
│                        │ None, 512), (None,     │
│                        │ None, None, 512)]      │
│                        │                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
│ repeat (Repeat)        │ (None, None, None,     │              0
│ functional[0][2]       │ 512)                   │
│                        │                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
│ repeat_1 (Repeat)      │ (None, None, None,     │              0
│ repeat[0][0]           │ 512)                   │
│                        │                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
│ concatenate_5          │ (None, None, None,     │              0
│ repeat_1[0][0],        │
│ (Concatenate)               │ 1024)                    │
│ functional[0][1]          │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_conv      │ (None, None, None,       │          524,288
│ concatenate_5[0][0]       │
│ (Conv2D)                  │ 512)                     │
│                           │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_bn        │ (None, None, None,       │            2,048
│ pa_fpn_p4p5_pre_conv[… │
│ (BatchNormalization)      │ 512)                     │
│                           │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre           │ (None, None, None,       │                0
│ pa_fpn_p4p5_pre_bn[0]… │
│ (Activation)              │ 512)                     │
│                           │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼──────────────────────────┤
│ split_4 (Split)           │ [(None, None, None,      │                0
│ pa_fpn_p4p5_pre[0][0]     │
│                           │ 256), (None, None,       │
│                           │
│                           │ None, 256)]              │
│                           │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_1_pad   │ (None, None, None,       │                0
│ split_4[0][1]             │
│ (ZeroPadding2D)           │ 256)                     │
│                           │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_1_conv  │ (None, None, None,       │          589,824
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_1_p… │
│ (Conv2D)                  │ 256)                     │
│                           │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_1_bn    │ (None, None, None,       │            1,024
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_1_c… │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                     │
│                           │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_1       │ (None, None, None,       │                0
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_1_b… │
│ (Activation)            │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_2_pad │ (None, None, None,      │                0
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_1[0… │
│ (ZeroPadding2D)         │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_2_conv │ (None, None, None,     │          589,824
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_2_p… │
│ (Conv2D)                │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_2_bn  │ (None, None, None,      │            1,024
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_2_c… │
│ (BatchNormalization)    │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_2     │ (None, None, None,      │                0
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_2_b… │
│ (Activation)            │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_1_pad │ (None, None, None,      │                0
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_2[0… │
│ (ZeroPadding2D)         │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_1_conv │ (None, None, None,     │          589,824
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_1_p… │
│ (Conv2D)                │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_1_bn  │ (None, None, None,      │            1,024
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_1_c… │
│ (BatchNormalization)    │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_1     │ (None, None, None,      │                0
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_1_b… │
│ (Activation)              │ 256)                      │
│                          │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┤──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_2_pad   │ (None, None, None,      │             0
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_1[0…  │
│ (ZeroPadding2D)           │ 256)                    │
│                          │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┤──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_2_conv  │ (None, None, None,      │       589,824
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_2_p…  │
│ (Conv2D)                  │ 256)                    │
│                          │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┤──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_2_bn    │ (None, None, None,      │         1,024
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_2_c…  │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                    │
│                          │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┤──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_2       │ (None, None, None,      │             0
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_2_b…  │
│ (Activation)              │ 256)                    │
│                          │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┤──────────────────────────┤
│ concatenate_6             │ (None, None, None,      │             0
│ split_4[0][0],           │
│ (Concatenate)             │ 1024)                   │
│ split_4[0][1],           │
│                           │                         │
│ pa_fpn_p4p5_pre_0_2[0…  │
│                           │                         │
│ pa_fpn_p4p5_pre_1_2[0…  │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┤──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_output_conv   │ (None, None, None,      │       524,288
│ concatenate_6[0][0]      │
│ (Conv2D)                  │ 512)                    │
│                          │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┤──────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_output_bn     │ (None, None, None,      │         2,048
│ pa_fpn_p4p5_output_co…  │
│ (BatchNormalization)      │ 512)                    │
│                          │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
```

```
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p4p5_output        │ (None, None, None,        │            0
│ pa_fpn_p4p5_output_bn…    │
│ (Activation)              │ 512)                      │
│                           │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ repeat_2 (Repeat)         │ (None, None, None,        │            0
│ pa_fpn_p4p5_output[0]…    │
│                           │ 512)                      │
│                           │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ repeat_3 (Repeat)         │ (None, None, None,        │            0
│ repeat_2[0][0]            │
│                           │ 512)                      │
│                           │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ concatenate_7             │ (None, None, None,        │            0
│ repeat_3[0][0],           │
│ (Concatenate)             │ 768)                      │
│ functional[0][0]          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_conv    │ (None, None, None,        │      196,608
│ concatenate_7[0][0]       │
│ (Conv2D)                  │ 256)                      │
│                           │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_bn      │ (None, None, None,        │        1,024
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_con…    │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                      │
│                           │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre         │ (None, None, None,        │            0
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_bn[…    │
│ (Activation)              │ 256)                      │
│                           │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ split_5 (Split)           │ [(None, None, None,       │            0
│ pa_fpn_p3p4p5_pre[0][…    │
│                           │ 128), (None, None,        │
│                           │
│                           │ None, 128)]               │
│                           │
│                            │                          │
├────────────────────────────┼──────────────────────────┼──────────────────
───────────────────────────┤
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_1_pad │ (None, None, None,       │                 0
split_5[0][1]             │
(ZeroPadding2D)           │ 128)                     │
                          │
├────────────────────────────┼──────────────────────────┼──────────────────
───────────────────────────┤
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_1_co… │ (None, None, None,       │           147,456
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_1…    │
(Conv2D)                  │ 128)                     │
                          │
├────────────────────────────┼──────────────────────────┼──────────────────
───────────────────────────┤
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_1_bn  │ (None, None, None,       │               512
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_1…    │
(BatchNormalization)      │ 128)                     │
                          │
├────────────────────────────┼──────────────────────────┼──────────────────
───────────────────────────┤
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_1     │ (None, None, None,       │                 0
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_1…    │
(Activation)              │ 128)                     │
                          │
├────────────────────────────┼──────────────────────────┼──────────────────
───────────────────────────┤
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_2_pad │ (None, None, None,       │                 0
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_1…    │
(ZeroPadding2D)           │ 128)                     │
                          │
├────────────────────────────┼──────────────────────────┼──────────────────
───────────────────────────┤
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_2_co… │ (None, None, None,       │           147,456
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_2…    │
(Conv2D)                  │ 128)                     │
                          │
├────────────────────────────┼──────────────────────────┼──────────────────
───────────────────────────┤
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_2_bn  │ (None, None, None,       │               512
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_2…    │
(BatchNormalization)      │ 128)                     │
                          │
├────────────────────────────┼──────────────────────────┼──────────────────
───────────────────────────┤
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_2     │ (None, None, None,       │                 0
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_2…    │
(Activation)              │ 128)                     │
                          │
├────────────────────────────┼──────────────────────────┼──────────────────
│                            │                          │
```

```
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_1_pad │ (None, None, None,        │           0
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_0_2… │
│ (ZeroPadding2D)           │ 128)                      │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_1_co… │ (None, None, None,        │     147,456
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_1… │
│ (Conv2D)                  │ 128)                      │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_1_bn  │ (None, None, None,        │         512
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_1… │
│ (BatchNormalization)      │ 128)                      │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_1     │ (None, None, None,        │           0
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_1… │
│ (Activation)              │ 128)                      │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_2_pad │ (None, None, None,        │           0
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_1… │
│ (ZeroPadding2D)           │ 128)                      │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_2_co… │ (None, None, None,        │     147,456
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_2… │
│ (Conv2D)                  │ 128)                      │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_2_bn  │ (None, None, None,        │         512
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_2… │
│ (BatchNormalization)      │ 128)                      │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_2     │ (None, None, None,        │           0
│ pa_fpn_p3p4p5_pre_1_2… │
│ (Activation)              │ 128)                      │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────
┼─────────────────────────┤
```

```
│ concatenate_8             │ (None, None, None,        │          0
split_5[0][0],            │
│ (Concatenate)             │ 512)                      │
split_5[0][1],            │
│                           │                           │
pa_fpn_p3p4p5_pre_0_2…    │
│                           │                           │
pa_fpn_p3p4p5_pre_1_2…    │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────
─┼────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_output_conv │ (None, None, None,        │    131,072
concatenate_8[0][0]       │
│ (Conv2D)                  │ 256)                      │
│
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────
─┼────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_output_bn   │ (None, None, None,        │      1,024
pa_fpn_p3p4p5_output_…    │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                      │
│
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────
─┼────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_output      │ (None, None, None,        │          0
pa_fpn_p3p4p5_output_…    │
│ (Activation)              │ 256)                      │
│
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────
─┼────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,        │          0
pa_fpn_p3p4p5_output[…    │
│ (ZeroPadding2D)           │ 256)                      │
│
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────
─┼────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,        │    589,824
pa_fpn_p3p4p5_downsam…    │
│ (Conv2D)                  │ 256)                      │
│
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────
─┼────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,        │      1,024
pa_fpn_p3p4p5_downsam…    │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                      │
│
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────
─┼────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample1 │ (None, None, None,        │          0
pa_fpn_p3p4p5_downsam…    │
│ (Activation)              │ 256)                      │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┤
─────────────────────────┤
│ concatenate_9           │ (None, None, None,      │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Concatenate)           │ 768)                    │
│ pa_fpn_p4p5_output[0]… │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┤
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,    │        393,216
│ concatenate_9[0][0]     │
│ (Conv2D)                │ 512)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┤
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,    │          2,048
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)    │ 512)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┤
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,    │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)            │ 512)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┤
─────────────────────────┤
│ split_6 (Split)         │ [(None, None, None,     │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│                         │ 256), (None, None,      │
│                         │
│                         │ None, 256)]             │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┤
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,    │              0
│ split_6[0][1]           │
│ (ZeroPadding2D)         │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┤
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,    │        589,824
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Conv2D)                │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┤
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,    │          1,024
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)       │ 256)                    │
│                           │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │               0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)               │ 256)                    │
│                           │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │               0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (ZeroPadding2D)            │ 256)                    │
│                           │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │         589,824
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Conv2D)                   │ 256)                    │
│                           │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │           1,024
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)       │ 256)                    │
│                           │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │               0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)               │ 256)                    │
│                           │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │               0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (ZeroPadding2D)            │ 256)                    │
│                           │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │         589,824
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Conv2D)                   │ 256)                    │
│                           │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │           1,024
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)       │ 256)                    │
│                           │
├─────────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │                0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)              │ 256)                    │
│                           │
├─────────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │                0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (ZeroPadding2D)           │ 256)                    │
│                           │
├─────────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │          589,824
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Conv2D)                  │ 256)                    │
│                           │
├─────────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │            1,024
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                    │
│                           │
├─────────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │                0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)              │ 256)                    │
│                           │
├─────────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┤
│ concatenate_10            │ (None, None, None,      │                0
│ split_6[0][0],            │
│ (Concatenate)             │ 1024)                   │
│ split_6[0][1],            │
│                           │                         │
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam…    │
│                           │                         │
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam…    │
├─────────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │          524,288
│ concatenate_10[0][0]      │
│ (Conv2D)                  │ 512)                    │
│                           │
├─────────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────
┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │            2,048
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)      │ 512)                     │
│                        │
├──────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,       │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)              │ 512)                     │
│                        │
├──────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,       │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (ZeroPadding2D)           │ 512)                     │
│                        │
├──────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,       │      2,359,296
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Conv2D)                  │ 512)                     │
│                        │
├──────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,       │          2,048
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)      │ 512)                     │
│                        │
├──────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample2 │ (None, None, None,       │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)              │ 512)                     │
│                        │
├──────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────┤
│ concatenate_11            │ (None, None, None,       │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Concatenate)             │ 1024)                    │
│ functional[0][2]       │
├──────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,       │        524,288
│ concatenate_11[0][0]   │
│ (Conv2D)                  │ 512)                     │
│                        │
├──────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┤─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,       │          2,048
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)       │ 512)                   │
                          │
├────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
┤
pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │              0
pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
(Activation)              │ 512)                   │
                          │
├────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
┤
split_7 (Split)           │ [(None, None, None,    │              0
pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
                          │ 256), (None, None,     │
                          │
                          │ None, 256)]            │
                          │
├────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
┤
pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │              0
split_7[0][1]             │
(ZeroPadding2D)           │ 256)                   │
                          │
├────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
┤
pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │        589,824
pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
(Conv2D)                  │ 256)                   │
                          │
├────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
┤
pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │          1,024
pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
(BatchNormalization)      │ 256)                   │
                          │
├────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
┤
pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │              0
pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
(Activation)              │ 256)                   │
                          │
├────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
┤
pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │              0
pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
(ZeroPadding2D)           │ 256)                   │
                          │
├────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │        589,824
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Conv2D)                  │ 256)                    │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │          1,024
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                    │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)              │ 256)                    │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (ZeroPadding2D)           │ 256)                    │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │        589,824
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Conv2D)                  │ 256)                    │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │          1,024
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                    │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)              │ 256)                    │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (ZeroPadding2D)           │ 256)                    │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,     │        589,824
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Conv2D)                    │ 256)                    │
│                            │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼───────────────
─────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │          1,024
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)        │ 256)                    │
│                            │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼───────────────
─────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)                │ 256)                    │
│                            │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼───────────────
─────────────────────────────┤
│ concatenate_12              │ (None, None, None,      │              0
│ split_7[0][0],             │
│ (Concatenate)               │ 1024)                   │
│ split_7[0][1],             │
│                             │                         │
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│                             │                         │
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼───────────────
─────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │        524,288
│ concatenate_12[0][0]       │
│ (Conv2D)                    │ 512)                    │
│                            │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼───────────────
─────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │          2,048
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (BatchNormalization)        │ 512)                    │
│                            │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼───────────────
─────────────────────────────┤
│ pa_fpn_p3p4p5_downsample… │ (None, None, None,      │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam… │
│ (Activation)                │ 512)                    │
│                            │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼───────────────
─────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_class_1_p… │ (None, None, None,      │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_output[… │
│ (ZeroPadding2D)             │ 256)                    │
│                            │
├────────────────────────────┼─────────────────────────┼───────────────
```

```
├──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_class_1_p… │ (None, None, None,       │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam…    │
│ (ZeroPadding2D)            │ 512)                     │
│                            │
├──────────────────────────────┼──────────────────────────┼────────────────
├──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_class_1_p… │ (None, None, None,       │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam…    │
│ (ZeroPadding2D)            │ 512)                     │
│                            │
├──────────────────────────────┼──────────────────────────┼────────────────
├──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_box_1_pad   │ (None, None, None,       │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_output[…    │
│ (ZeroPadding2D)            │ 256)                     │
│                            │
├──────────────────────────────┼──────────────────────────┼────────────────
├──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_class_1_c… │ (None, None, None,       │        589,824
│ yolo_v8_head_1_class_…    │
│ (Conv2D)                   │ 256)                     │
│                            │
├──────────────────────────────┼──────────────────────────┼────────────────
├──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_box_1_pad   │ (None, None, None,       │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam…    │
│ (ZeroPadding2D)            │ 512)                     │
│                            │
├──────────────────────────────┼──────────────────────────┼────────────────
├──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_class_1_c… │ (None, None, None,       │      1,179,648
│ yolo_v8_head_2_class_…    │
│ (Conv2D)                   │ 256)                     │
│                            │
├──────────────────────────────┼──────────────────────────┼────────────────
├──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_box_1_pad   │ (None, None, None,       │              0
│ pa_fpn_p3p4p5_downsam…    │
│ (ZeroPadding2D)            │ 512)                     │
│                            │
├──────────────────────────────┼──────────────────────────┼────────────────
├──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_class_1_c… │ (None, None, None,       │      1,179,648
│ yolo_v8_head_3_class_…    │
│ (Conv2D)                   │ 256)                     │
│                            │
├──────────────────────────────┼──────────────────────────┼────────────────
├──────────────────────────────┤
```

```
│ yolo_v8_head_1_box_1_conv │ (None, None, None, 64) │       147,456
│ yolo_v8_head_1_box_1_… │
│ (Conv2D)                  │                        │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
──────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_class_1_bn │ (None, None, None,     │         1,024
│ yolo_v8_head_1_class_… │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                   │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
──────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_box_1_conv │ (None, None, None, 64) │       294,912
│ yolo_v8_head_2_box_1_… │
│ (Conv2D)                  │                        │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
──────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_class_1_bn │ (None, None, None,     │         1,024
│ yolo_v8_head_2_class_… │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                   │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
──────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_box_1_conv │ (None, None, None, 64) │       294,912
│ yolo_v8_head_3_box_1_… │
│ (Conv2D)                  │                        │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
──────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_class_1_bn │ (None, None, None,     │         1,024
│ yolo_v8_head_3_class_… │
│ (BatchNormalization)      │ 256)                   │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
──────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_box_1_bn   │ (None, None, None, 64) │           256
│ yolo_v8_head_1_box_1_… │
│ (BatchNormalization)      │                        │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
──────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_class_1    │ (None, None, None,     │             0
│ yolo_v8_head_1_class_… │
│ (Activation)              │ 256)                   │
│                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────
──────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_box_1_bn   │ (None, None, None, 64) │           256
│ yolo_v8_head_2_box_1_… │
│ (BatchNormalization)   │                        │
│                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┤
│ yolo_v8_head_2_class_1 │ (None, None, None,     │            0 │
│ yolo_v8_head_2_class_… │
│ (Activation)           │ 256)                   │
│                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┤
│ yolo_v8_head_3_box_1_bn │ (None, None, None, 64) │          256 │
│ yolo_v8_head_3_box_1_… │
│ (BatchNormalization)   │                        │
│                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┤
│ yolo_v8_head_3_class_1 │ (None, None, None,     │            0 │
│ yolo_v8_head_3_class_… │
│ (Activation)           │ 256)                   │
│                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┤
│ yolo_v8_head_1_box_1   │ (None, None, None, 64) │            0 │
│ yolo_v8_head_1_box_1_… │
│ (Activation)           │                        │
│                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┤
│ yolo_v8_head_1_class_2_p… │ (None, None, None,  │            0 │
│ yolo_v8_head_1_class_… │
│ (ZeroPadding2D)        │ 256)                   │
│                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┤
│ yolo_v8_head_2_box_1   │ (None, None, None, 64) │            0 │
│ yolo_v8_head_2_box_1_… │
│ (Activation)           │                        │
│                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┤
│ yolo_v8_head_2_class_2_p… │ (None, None, None,  │            0 │
│ yolo_v8_head_2_class_… │
│ (ZeroPadding2D)        │ 256)                   │
│                        │
├────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┤
│ yolo_v8_head_3_box_1   │ (None, None, None, 64) │            0 │
│ yolo_v8_head_3_box_1_… │
│ (Activation)                 │                         │
                              │
├──────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────
─┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_class_2_p… │ (None, None, None,      │            0
│ yolo_v8_head_3_class_… │
│ (ZeroPadding2D)              │ 256)                    │
                              │
├──────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────
─┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_box_2_pad     │ (None, None, None, 64)  │            0
│ yolo_v8_head_1_box_1[… │
│ (ZeroPadding2D)              │                         │
                              │
├──────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────
─┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_class_2_c… │ (None, None, None,      │      589,824
│ yolo_v8_head_1_class_… │
│ (Conv2D)                     │ 256)                    │
                              │
├──────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────
─┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_box_2_pad     │ (None, None, None, 64)  │            0
│ yolo_v8_head_2_box_1[… │
│ (ZeroPadding2D)              │                         │
                              │
├──────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────
─┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_class_2_c… │ (None, None, None,      │      589,824
│ yolo_v8_head_2_class_… │
│ (Conv2D)                     │ 256)                    │
                              │
├──────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────
─┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_box_2_pad     │ (None, None, None, 64)  │            0
│ yolo_v8_head_3_box_1[… │
│ (ZeroPadding2D)              │                         │
                              │
├──────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────
─┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_class_2_c… │ (None, None, None,      │      589,824
│ yolo_v8_head_3_class_… │
│ (Conv2D)                     │ 256)                    │
                              │
├──────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────
─┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_box_2_conv │ (None, None, None, 64)  │       36,864
│ yolo_v8_head_1_box_2_… │
│ (Conv2D)                     │                         │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_class_2_bn │ (None, None, None,      │            1,024 │
│ yolo_v8_head_1_class_… │
│ (BatchNormalization)    │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_box_2_conv │ (None, None, None, 64) │           36,864 │
│ yolo_v8_head_2_box_2_… │
│ (Conv2D)                │                         │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_class_2_bn │ (None, None, None,      │            1,024 │
│ yolo_v8_head_2_class_… │
│ (BatchNormalization)    │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_box_2_conv │ (None, None, None, 64) │           36,864 │
│ yolo_v8_head_3_box_2_… │
│ (Conv2D)                │                         │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_class_2_bn │ (None, None, None,      │            1,024 │
│ yolo_v8_head_3_class_… │
│ (BatchNormalization)    │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_box_2_bn   │ (None, None, None, 64) │              256 │
│ yolo_v8_head_1_box_2_… │
│ (BatchNormalization)    │                         │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_class_2    │ (None, None, None,      │                0 │
│ yolo_v8_head_1_class_… │
│ (Activation)            │ 256)                    │
│                         │
├─────────────────────────┼─────────────────────────┼──────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_box_2_bn   │ (None, None, None, 64) │              256 │
│ yolo_v8_head_2_box_2_… │
│ (BatchNormalization)    │                         │
│                         │
```

```
├─────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤
│ yolo_v8_head_2_class_2      │ (None, None, None,     │             0 │
│ yolo_v8_head_2_class_…      │ 256)                   │               │
│ (Activation)                │                        │               │
├─────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤
│ yolo_v8_head_3_box_2_bn     │ (None, None, None, 64) │           256 │
│ yolo_v8_head_3_box_2_…      │                        │               │
│ (BatchNormalization)        │                        │               │
├─────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤
│ yolo_v8_head_3_class_2      │ (None, None, None,     │             0 │
│ yolo_v8_head_3_class_…      │ 256)                   │               │
│ (Activation)                │                        │               │
├─────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤
│ yolo_v8_head_1_box_2        │ (None, None, None, 64) │             0 │
│ yolo_v8_head_1_box_2_…      │                        │               │
│ (Activation)                │                        │               │
├─────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤
│ yolo_v8_head_1_class_3_c…   │ (None, None, None, 11) │         2,827 │
│ yolo_v8_head_1_class_…      │                        │               │
│ (Conv2D)                    │                        │               │
├─────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤
│ yolo_v8_head_2_box_2        │ (None, None, None, 64) │             0 │
│ yolo_v8_head_2_box_2_…      │                        │               │
│ (Activation)                │                        │               │
├─────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤
│ yolo_v8_head_2_class_3_c…   │ (None, None, None, 11) │         2,827 │
│ yolo_v8_head_2_class_…      │                        │               │
│ (Conv2D)                    │                        │               │
├─────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤
│ yolo_v8_head_3_box_2        │ (None, None, None, 64) │             0 │
│ yolo_v8_head_3_box_2_…      │                        │               │
│ (Activation)                │                        │               │
├─────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤
```

```
┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_class_3_c… │ (None, None, None, 11) │         2,827
│ yolo_v8_head_3_class_… │
│ (Conv2D)                  │                        │
│                          │
├──────────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────
┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_box_3_conv │ (None, None, None, 64) │         4,160
│ yolo_v8_head_1_box_2[… │
│ (Conv2D)                  │                        │
│                          │
├──────────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────
┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_classifier │ (None, None, None, 11) │             0
│ yolo_v8_head_1_class_… │
│ (Activation)              │                        │
│                          │
├──────────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────
┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_box_3_conv │ (None, None, None, 64) │         4,160
│ yolo_v8_head_2_box_2[… │
│ (Conv2D)                  │                        │
│                          │
├──────────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────
┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_classifier │ (None, None, None, 11) │             0
│ yolo_v8_head_2_class_… │
│ (Activation)              │                        │
│                          │
├──────────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────
┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_box_3_conv │ (None, None, None, 64) │         4,160
│ yolo_v8_head_3_box_2[… │
│ (Conv2D)                  │                        │
│                          │
├──────────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────
┼──────────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_classifier │ (None, None, None, 11) │             0
│ yolo_v8_head_3_class_… │
│ (Activation)              │                        │
│                          │
├──────────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────
┼──────────────────────────────┤
│ concatenate_13            │ (None, None, None, 75) │             0
│ yolo_v8_head_1_box_3_… │
│ (Concatenate)             │                        │
│ yolo_v8_head_1_classi… │
├──────────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────
┼──────────────────────────────┤
│ concatenate_14            │ (None, None, None, 75) │             0
│ yolo_v8_head_2_box_3_… │
│ (Concatenate)             │                         │
│ yolo_v8_head_2_classi… │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ concatenate_15            │ (None, None, None, 75) │               0
│ yolo_v8_head_3_box_3_… │
│ (Concatenate)             │                         │
│ yolo_v8_head_3_classi… │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_1_output_re… │ (None, None, 75)        │               0
│ concatenate_13[0][0]   │
│ (Reshape)                 │                         │
│                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_2_output_re… │ (None, None, 75)        │               0
│ concatenate_14[0][0]   │
│ (Reshape)                 │                         │
│                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ yolo_v8_head_3_output_re… │ (None, None, 75)        │               0
│ concatenate_15[0][0]   │
│ (Reshape)                 │                         │
│                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ concatenate_16            │ (None, None, 75)        │               0
│ yolo_v8_head_1_output… │
│ (Concatenate)             │                         │
│ yolo_v8_head_2_output… │
│                           │                         │
│ yolo_v8_head_3_output… │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ box_outputs (Activation)  │ (None, None, 75)        │               0
│ concatenate_16[0][0]   │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ get_item (GetItem)        │ (None, None, 64)        │               0
│ box_outputs[0][0]      │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
│ get_item_1 (GetItem)      │ (None, None, 11)        │               0
│ box_outputs[0][0]      │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
─────────────────────────┤
```

```
│ box (Concatenate)            │ (None, None, 64)        │              0
│ get_item[0][0]             │
├──────────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────
┼────────────────────────────┤
│ class (Concatenate)          │ (None, None, 11)        │              0
│ get_item_1[0][0]           │
└──────────────────────────────┴─────────────────────────┴────────────────
┴────────────────────────────┘

 Total params: 39,417,761 (150.37 MB)

 Trainable params: 39,374,881 (150.20 MB)

 Non-trainable params: 42,880 (167.50 KB)
```

```
# keras.utils.plot_model(model,show_shapes=True)
```

COCO Metric Callback

```
class EvaluateCOCOMetricsCallback(keras.callbacks.Callback):
    def __init__(self, data, save_path):
        super().__init__()
        self.data = data
        self.metrics = keras_cv.metrics.BoxCOCOMetrics(
            bounding_box_format="xyxy",
            evaluate_freq=1e9,
        )
        self.save_path = save_path
        self.best_map = -1.0

    def on_epoch_end(self, epoch, logs):
        self.metrics.reset_state()
        for batch in self.data:
            images, y_true = batch[0], batch[1]
            y_pred = self.model.predict(images, verbose=0)
            self.metrics.update_state(y_true, y_pred)

        metrics = self.metrics.result(force=True)
        logs.update(metrics)

        current_map = metrics["MaP"]
        if current_map > self.best_map:
            self.best_map = current_map
            self.model.save(self.save_path)  # Save the model when mAP
improves

        return logs
```

```
history = model.fit(
            train_ds,
            validation_data=val_ds,
            epochs=3,
            callbacks=[EvaluateCOCOMetricsCallback(val_ds,
"model.h5"), tf.keras.callbacks.EarlyStopping(patience=5,
restore_best_weights=True)])
```

```
Epoch 1/3
100/100 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 293s 2s/step - box_loss: 2.7060 -
class_loss: 0.2422 - loss: 2.9482 - val_box_loss: 0.0492 -
val_class_loss: 0.0461 - val_loss: 0.0953 - MaP: 0.0000e+00 -
MaP@[IoU=50]: 0.0000e+00 - MaP@[IoU=75]: 0.0000e+00 -
MaP@[area=small]: 0.0000e+00 - MaP@[area=medium]: 0.0000e+00 -
MaP@[area=large]: 0.0000e+00 - Recall@[max_detections=1]: 0.0000e+00 -
Recall@[max_detections=10]: 0.0000e+00 - Recall@[max_detections=100]:
0.0000e+00 - Recall@[area=small]: 0.0000e+00 - Recall@[area=medium]:
0.0000e+00 - Recall@[area=large]: 0.0000e+00
Epoch 2/3
100/100 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 167s 2s/step - box_loss: 2.6770 -
class_loss: 0.0063 - loss: 2.6834 - val_box_loss: 1.0912 -
val_class_loss: 0.0011 - val_loss: 1.0924 - MaP: 0.0000e+00 -
MaP@[IoU=50]: 0.0000e+00 - MaP@[IoU=75]: 0.0000e+00 -
MaP@[area=small]: 0.0000e+00 - MaP@[area=medium]: 0.0000e+00 -
MaP@[area=large]: 0.0000e+00 - Recall@[max_detections=1]: 0.0000e+00 -
Recall@[max_detections=10]: 0.0000e+00 - Recall@[max_detections=100]:
0.0000e+00 - Recall@[area=small]: 0.0000e+00 - Recall@[area=medium]:
0.0000e+00 - Recall@[area=large]: 0.0000e+00
Epoch 3/3
100/100 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 165s 2s/step - box_loss: 2.9708 -
class_loss: 0.0022 - loss: 2.9730 - val_box_loss: 1.7389 -
val_class_loss: 5.6286e-04 - val_loss: 1.7395 - MaP: 1.9426e-07 -
MaP@[IoU=50]: 1.2951e-06 - MaP@[IoU=75]: 0.0000e+00 -
MaP@[area=small]: 0.0000e+00 - MaP@[area=medium]: 1.5360e-07 -
MaP@[area=large]: 1.1380e-06 - Recall@[max_detections=1]: 0.0000e+00 -
Recall@[max_detections=10]: 3.5282e-05 - Recall@[max_detections=100]:
3.5282e-05 - Recall@[area=small]: 0.0000e+00 - Recall@[area=medium]:
3.8197e-05 - Recall@[area=large]: 1.1299e-04
```

Visualize Predictions

```
import tensorflow as tf
from keras_cv import visualization, bounding_box

def visualize_detections(model, dataset, bounding_box_format,
class_mapping, conf_threshold=0.5, max_detections=5):
    images, y_true = next(iter(dataset.take(1)))
    y_pred = model.predict(images)
    # Extract boxes from y_pred
    if isinstance(y_pred, dict):
        y_pred_boxes = y_pred["boxes"]  # Shape: (batch_size, 100, 4)
        y_pred_classes = y_pred["classes"]  # Shape: (batch_size, 100)
        y_pred_confidence = y_pred["confidence"]  # Shape: (batch_size, 100)
    else:
        raise ValueError("y_pred must be a dictionary with 'boxes', 'classes', and 'confidence'")

    # Filter and trim predictions
    y_pred_boxes_trimmed = []
    y_pred_classes_trimmed = []
    for i in range(len(images)):
        conf = y_pred_confidence[i]
        boxes = y_pred_boxes[i]
        classes = y_pred_classes[i]

        # Filter by confidence threshold
        mask = conf > conf_threshold
        filtered_conf = conf[mask]
        filtered_boxes = boxes[mask]
        filtered_classes = classes[mask]

        # Sort by confidence and take top max_detections
        if tf.shape(filtered_conf)[0] > 0:
            top_indices = tf.argsort(filtered_conf, direction="DESCENDING")[:max_detections]
            filtered_boxes = tf.gather(filtered_boxes, top_indices)
            filtered_classes = tf.gather(filtered_classes, top_indices)
        else:
            filtered_boxes = tf.zeros((0, 4), dtype=tf.float32)
            filtered_classes = tf.zeros((0,), dtype=tf.int32)

        # Pad to max_detections
        num_detections = tf.shape(filtered_boxes)[0]
        padding = [[0, max_detections - num_detections], [0, 0]]
        padded_boxes = tf.pad(filtered_boxes, padding, constant_values=-1)  # Pad with -1 for invalid boxes
        padded_classes = tf.pad(filtered_classes, [[0, max_detections - num_detections]], constant_values=-1)

        y_pred_boxes_trimmed.append(padded_boxes)
        y_pred_classes_trimmed.append(padded_classes)

    # Stack into fixed-size tensors
    y_pred_boxes_padded = tf.stack(y_pred_boxes_trimmed, axis=0)  #
```

```
Shape: (batch_size, max_detections, 4)
    y_pred_classes_padded = tf.stack(y_pred_classes_trimmed, axis=0)
# Shape: (batch_size, max_detections)

    # Combine into a dictionary
    y_pred_formatted = {
        "boxes": y_pred_boxes_padded,
        "classes": y_pred_classes_padded
    }

    # Visualize
    visualization.plot_bounding_box_gallery(
        images,
        value_range=(0, 255),
        bounding_box_format=bounding_box_format,
        y_true=y_true,
        y_pred=y_pred_formatted,
        scale=8,
        rows=2,
        cols=2,
        show=True,
        font_scale=0.7,
        class_mapping=class_mapping,
    )

# Run the function
visualize_detections(
    model,
    dataset=val_ds,
    bounding_box_format="xyxy",
    class_mapping=class_mapping,  # Assuming defined elsewhere
    conf_threshold=0.5,
    max_detections=5
)

1/1 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 0s 154ms/step
```

truck
car
car
trafficL
car
car