Project 2 - Transfer learning using Resnet50

By Ikhlaq Ahmad - ixa190000

Reading data file from sub-dircetories

```
# Dependencies
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import pandas as pd
import os
import tensorflow as tf
import cv2
```

```
The history saving thread hit an unexpected error
(OperationalError('attempt to write a readonly database')).History
will not be written to the database.
```

```
# Assuming the training data is local
dataset_dir = 'flowers'

# Batch and image size
BATCH_SIZE = 32
IMG_SIZE = (224, 224)

# Training data split from the directory
train_dataset =
tf.keras.utils.image_dataset_from_directory(dataset_dir,

image_size=IMG_SIZE,

batch_size=BATCH_SIZE,

subset='training',

validation_split=0.2,
                                                    seed=123)
```

```
Found 12847 files belonging to 13 classes.
Using 10278 files for training.
```

```
# Validation data split from the directory
validation_dataset =
tf.keras.utils.image_dataset_from_directory(dataset_dir,

image_size=IMG_SIZE,
```

```
batch_size=BATCH_SIZE,

subset='validation',

validation_split=0.2,

seed=123)
```

```
Found 12847 files belonging to 13 classes.
Using 2569 files for validation.
```

Data pre-processing

```
# Input data Augmentation for better training
data_augmentation = tf.keras.Sequential([
  tf.keras.layers.RandomFlip('horizontal'),
  tf.keras.layers.RandomRotation(0.2),
])

# Potrays a random image after augmentation
for image, _ in train_dataset.take(1):
  plt.figure(figsize=(10, 10))
  first_image = image[0]
  for i in range(9):
    ax = plt.subplot(3, 3, i + 1)
    augmented_image = data_augmentation(tf.expand_dims(first_image,
0))
    plt.imshow(augmented_image[0] / 255)
    plt.axis('off')
```

```
2024-11-10 23:16:55.492645: I
tensorflow/core/framework/local_rendezvous.cc:405] Local rendezvous is
aborting with status: OUT_OF_RANGE: End of sequence
```

```
# Splits data with in batches for train, test, and validation
val_batches = tf.data.experimental.cardinality(validation_dataset)
test_dataset = validation_dataset.take(val_batches // 5)
validation_dataset = validation_dataset.skip(val_batches // 5)

# Print number of batches
print('Number of validation batches: %d' %
tf.data.experimental.cardinality(validation_dataset))
print('Number of test batches: %d' %
tf.data.experimental.cardinality(test_dataset))
```

```
Number of validation batches: 65
Number of test batches: 16
```

```
# Fine tuning of data
AUTOTUNE = tf.data.AUTOTUNE

train_dataset = train_dataset.prefetch(buffer_size=AUTOTUNE)
validation_dataset = validation_dataset.prefetch(buffer_size=AUTOTUNE)
test_dataset = test_dataset.prefetch(buffer_size=AUTOTUNE)

# Pre-process resnet50
preprocess_input = tf.keras.applications.resnet50

# Re-scale data for better fitting of the model
rescale = tf.keras.layers.Rescaling(1./127.5, offset=-1)

# Loads resnet50 as the base model
IMG_SHAPE = IMG_SIZE + (3,)
base_model = tf.keras.applications.ResNet50(input_shape=IMG_SHAPE,
                                            include_top=False,
                                            weights='imagenet')

# Features of batches information
image_batch, label_batch = next(iter(train_dataset))
feature_batch = base_model(image_batch)
print(feature_batch.shape)
```

```
(32, 7, 7, 2048)
```

```
# Freeze all the parameters of the base model to ensure integrity
base_model.trainable = False

base_model.summary()
```

```
Model: "resnet50"

┏━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━
━━━━━┓
┃ Layer (type)         ┃ Output Shape       ┃    Param # ┃ Connected to
┃
┡━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━
━━━━━┩
│ input_layer_1        │ (None, 224, 224,   │          0 │ -
│
│ (InputLayer)         │ 3)                 │            │
│
├──────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────
─────┤
│ conv1_pad            │ (None, 230, 230,   │          0 │
input_layer_1[0]… │
│ (ZeroPadding2D)      │ 3)                 │            │
│
├──────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────
─────┤
```

conv1_conv (Conv2D)	(None, 112, 112, 64)	9,472	conv1_pad[0][0]
conv1_bn (BatchNormalizatio…	(None, 112, 112, 64)	256	conv1_conv[0][0]
conv1_relu (Activation)	(None, 112, 112, 64)	0	conv1_bn[0][0]
pool1_pad (ZeroPadding2D)	(None, 114, 114, 64)	0	conv1_relu[0][0]
pool1_pool (MaxPooling2D)	(None, 56, 56, 64)	0	pool1_pad[0][0]
conv2_block1_1_conv (Conv2D)	(None, 56, 56, 64)	4,160	pool1_pool[0][0]
conv2_block1_1_bn (BatchNormalizatio…	(None, 56, 56, 64)	256	conv2_block1_1_c…
conv2_block1_1_relu (Activation)	(None, 56, 56, 64)	0	conv2_block1_1_b…
conv2_block1_2_conv	(None, 56, 56,	36,928	

```
conv2_block1_1_r… │
│ (Conv2D)             │ 64)               │             │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼────────────
───────┤
│ conv2_block1_2_bn    │ (None, 56, 56,    │         256 │
conv2_block1_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 64)               │             │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼────────────
───────┤
│ conv2_block1_2_relu │ (None, 56, 56,    │           0 │
conv2_block1_2_b… │
│ (Activation)         │ 64)               │             │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼────────────
───────┤
│ conv2_block1_0_conv │ (None, 56, 56,    │      16,640 │ pool1_pool[0]
[0]  │
│ (Conv2D)             │ 256)              │             │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼────────────
───────┤
│ conv2_block1_3_conv │ (None, 56, 56,    │      16,640 │
conv2_block1_2_r… │
│ (Conv2D)             │ 256)              │             │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼────────────
───────┤
│ conv2_block1_0_bn    │ (None, 56, 56,    │       1,024 │
conv2_block1_0_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)              │             │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼────────────
───────┤
│ conv2_block1_3_bn    │ (None, 56, 56,    │       1,024 │
conv2_block1_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)              │             │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼────────────
───────┤
│ conv2_block1_add     │ (None, 56, 56,    │           0 │
conv2_block1_0_b… │
│ (Add)                │ 256)              │             │
conv2_block1_3_b… │
├──────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼────────────
───────┤
│ conv2_block1_out     │ (None, 56, 56,    │           0 │
conv2_block1_add… │
```

```
│ (Activation)        │ 256)              │             │
│
├─────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block2_1_conv │ (None, 56, 56,    │      16,448 │
conv2_block1_out… │
│ (Conv2D)            │ 64)               │             │
│
├─────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block2_1_bn   │ (None, 56, 56,    │         256 │
conv2_block2_1_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 64)               │             │
│
├─────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block2_1_relu │ (None, 56, 56,    │           0 │
conv2_block2_1_b… │
│ (Activation)        │ 64)               │             │
│
├─────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block2_2_conv │ (None, 56, 56,    │      36,928 │
conv2_block2_1_r… │
│ (Conv2D)            │ 64)               │             │
│
├─────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block2_2_bn   │ (None, 56, 56,    │         256 │
conv2_block2_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 64)               │             │
│
├─────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block2_2_relu │ (None, 56, 56,    │           0 │
conv2_block2_2_b… │
│ (Activation)        │ 64)               │             │
│
├─────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block2_3_conv │ (None, 56, 56,    │      16,640 │
conv2_block2_2_r… │
│ (Conv2D)            │ 256)              │             │
│
├─────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block2_3_bn   │ (None, 56, 56,    │       1,024 │
conv2_block2_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)              │             │
```

```
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block2_add    │ (None, 56, 56,     │          0 │
conv2_block1_out… │
│ (Add)               │ 256)               │            │
conv2_block2_3_b… │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block2_out    │ (None, 56, 56,     │          0 │
conv2_block2_add… │
│ (Activation)        │ 256)               │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block3_1_conv │ (None, 56, 56,     │     16,448 │
conv2_block2_out… │
│ (Conv2D)            │ 64)                │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block3_1_bn   │ (None, 56, 56,     │        256 │
conv2_block3_1_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 64)                │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block3_1_relu │ (None, 56, 56,     │          0 │
conv2_block3_1_b… │
│ (Activation)        │ 64)                │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block3_2_conv │ (None, 56, 56,     │     36,928 │
conv2_block3_1_r… │
│ (Conv2D)            │ 64)                │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block3_2_bn   │ (None, 56, 56,     │        256 │
conv2_block3_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 64)                │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼─────────────
───────┤
│ conv2_block3_2_relu │ (None, 56, 56,     │          0 │
conv2_block3_2_b… │
│ (Activation)        │ 64)                │            │
│
```

```
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2_block3_3_conv  │ (None, 56, 56,       │     16,640 │ conv2_block3_2_r… │
│ (Conv2D)             │ 256)                 │            │                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2_block3_3_bn    │ (None, 56, 56,       │      1,024 │ conv2_block3_3_c… │
│ (BatchNormalizatio…  │ 256)                 │            │                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2_block3_add     │ (None, 56, 56,       │          0 │ conv2_block2_out… │
│ (Add)                │ 256)                 │            │ conv2_block3_3_b… │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2_block3_out     │ (None, 56, 56,       │          0 │ conv2_block3_add… │
│ (Activation)         │ 256)                 │            │                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv3_block1_1_conv  │ (None, 28, 28,       │     32,896 │ conv2_block3_out… │
│ (Conv2D)             │ 128)                 │            │                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv3_block1_1_bn    │ (None, 28, 28,       │        512 │ conv3_block1_1_c… │
│ (BatchNormalizatio…  │ 128)                 │            │                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv3_block1_1_relu  │ (None, 28, 28,       │          0 │ conv3_block1_1_b… │
│ (Activation)         │ 128)                 │            │                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv3_block1_2_conv  │ (None, 28, 28,       │    147,584 │ conv3_block1_1_r… │
│ (Conv2D)             │ 128)                 │            │                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
```

```
──────┤
│ conv3_block1_2_bn   │ (None, 28, 28,     │         512 │
conv3_block1_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 128)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────
──────┤
│ conv3_block1_2_relu │ (None, 28, 28,     │           0 │
conv3_block1_2_b… │
│ (Activation)        │ 128)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────
──────┤
│ conv3_block1_0_conv │ (None, 28, 28,     │     131,584 │
conv2_block3_out… │
│ (Conv2D)            │ 512)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────
──────┤
│ conv3_block1_3_conv │ (None, 28, 28,     │      66,048 │
conv3_block1_2_r… │
│ (Conv2D)            │ 512)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────
──────┤
│ conv3_block1_0_bn   │ (None, 28, 28,     │       2,048 │
conv3_block1_0_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 512)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────
──────┤
│ conv3_block1_3_bn   │ (None, 28, 28,     │       2,048 │
conv3_block1_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 512)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────
──────┤
│ conv3_block1_add    │ (None, 28, 28,     │           0 │
conv3_block1_0_b… │
│ (Add)               │ 512)               │             │
conv3_block1_3_b… │
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────
──────┤
│ conv3_block1_out    │ (None, 28, 28,     │           0 │
conv3_block1_add… │
│ (Activation)        │ 512)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────
──────┤
```

```
| conv3_block2_1_conv | (None, 28, 28,     |     65,664 |
conv3_block1_out… |
| (Conv2D)            | 128)               |            |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
| conv3_block2_1_bn   | (None, 28, 28,     |        512 |
conv3_block2_1_c… |
| (BatchNormalizatio… | 128)               |            |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
| conv3_block2_1_relu | (None, 28, 28,     |          0 |
conv3_block2_1_b… |
| (Activation)        | 128)               |            |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
| conv3_block2_2_conv | (None, 28, 28,     |    147,584 |
conv3_block2_1_r… |
| (Conv2D)            | 128)               |            |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
| conv3_block2_2_bn   | (None, 28, 28,     |        512 |
conv3_block2_2_c… |
| (BatchNormalizatio… | 128)               |            |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
| conv3_block2_2_relu | (None, 28, 28,     |          0 |
conv3_block2_2_b… |
| (Activation)        | 128)               |            |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
| conv3_block2_3_conv | (None, 28, 28,     |     66,048 |
conv3_block2_2_r… |
| (Conv2D)            | 512)               |            |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
| conv3_block2_3_bn   | (None, 28, 28,     |      2,048 |
conv3_block2_3_c… |
| (BatchNormalizatio… | 512)               |            |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
| conv3_block2_add    | (None, 28, 28,     |          0 |
```

```
conv3_block1_out… │
│ (Add)               │ 512)               │             │
conv3_block2_3_b… │
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv3_block2_out    │ (None, 28, 28,     │           0 │
conv3_block2_add… │
│ (Activation)        │ 512)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv3_block3_1_conv │ (None, 28, 28,     │      65,664 │
conv3_block2_out… │
│ (Conv2D)            │ 128)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv3_block3_1_bn   │ (None, 28, 28,     │         512 │
conv3_block3_1_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 128)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv3_block3_1_relu │ (None, 28, 28,     │           0 │
conv3_block3_1_b… │
│ (Activation)        │ 128)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv3_block3_2_conv │ (None, 28, 28,     │     147,584 │
conv3_block3_1_r… │
│ (Conv2D)            │ 128)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv3_block3_2_bn   │ (None, 28, 28,     │         512 │
conv3_block3_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 128)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv3_block3_2_relu │ (None, 28, 28,     │           0 │
conv3_block3_2_b… │
│ (Activation)        │ 128)               │             │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv3_block3_3_conv │ (None, 28, 28,     │      66,048 │
conv3_block3_2_r… │
```

```
| (Conv2D)              | 512)                 |             |
|                       |                      |             |
├───────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv3_block3_3_bn     | (None, 28, 28,       |       2,048 |
conv3_block3_3_c… |
| (BatchNormalizatio… | 512)                 |             |
|                       |                      |             |
├───────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv3_block3_add      | (None, 28, 28,       |           0 |
conv3_block2_out… |
| (Add)                 | 512)                 |             |
conv3_block3_3_b… |
├───────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv3_block3_out      | (None, 28, 28,       |           0 |
conv3_block3_add… |
| (Activation)          | 512)                 |             |
|                       |                      |             |
├───────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv3_block4_1_conv | (None, 28, 28,       |     65,664 |
conv3_block3_out… |
| (Conv2D)              | 128)                 |             |
|                       |                      |             |
├───────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv3_block4_1_bn     | (None, 28, 28,       |         512 |
conv3_block4_1_c… |
| (BatchNormalizatio… | 128)                 |             |
|                       |                      |             |
├───────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv3_block4_1_relu | (None, 28, 28,       |           0 |
conv3_block4_1_b… |
| (Activation)          | 128)                 |             |
|                       |                      |             |
├───────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv3_block4_2_conv | (None, 28, 28,       |    147,584 |
conv3_block4_1_r… |
| (Conv2D)              | 128)                 |             |
|                       |                      |             |
├───────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv3_block4_2_bn     | (None, 28, 28,       |         512 |
conv3_block4_2_c… |
| (BatchNormalizatio… | 128)                 |             |
```

```
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
───────┤
│ conv3_block4_2_relu │ (None, 28, 28,      │           0 │
conv3_block4_2_b… │
│ (Activation)        │ 128)                │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
───────┤
│ conv3_block4_3_conv │ (None, 28, 28,      │      66,048 │
conv3_block4_2_r… │
│ (Conv2D)            │ 512)                │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
───────┤
│ conv3_block4_3_bn   │ (None, 28, 28,      │       2,048 │
conv3_block4_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 512)                │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
───────┤
│ conv3_block4_add    │ (None, 28, 28,      │           0 │
conv3_block3_out… │
│ (Add)               │ 512)                │             │
conv3_block4_3_b… │
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
───────┤
│ conv3_block4_out    │ (None, 28, 28,      │           0 │
conv3_block4_add… │
│ (Activation)        │ 512)                │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
───────┤
│ conv4_block1_1_conv │ (None, 14, 14,      │     131,328 │
conv3_block4_out… │
│ (Conv2D)            │ 256)                │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
───────┤
│ conv4_block1_1_bn   │ (None, 14, 14,      │       1,024 │
conv4_block1_1_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)                │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
───────┤
│ conv4_block1_1_relu │ (None, 14, 14,      │           0 │
conv4_block1_1_b… │
│ (Activation)        │ 256)                │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
```

```
──────┤
│ conv4_block1_2_conv │ (None, 14, 14,     │    590,080 │
conv4_block1_1_r… │
│ (Conv2D)            │ 256)               │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block1_2_bn   │ (None, 14, 14,     │      1,024 │
conv4_block1_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)               │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block1_2_relu │ (None, 14, 14,     │          0 │
conv4_block1_2_b… │
│ (Activation)        │ 256)               │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block1_0_conv │ (None, 14, 14,     │    525,312 │
conv3_block4_out… │
│ (Conv2D)            │ 1024)              │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block1_3_conv │ (None, 14, 14,     │    263,168 │
conv4_block1_2_r… │
│ (Conv2D)            │ 1024)              │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block1_0_bn   │ (None, 14, 14,     │      4,096 │
conv4_block1_0_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 1024)              │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block1_3_bn   │ (None, 14, 14,     │      4,096 │
conv4_block1_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 1024)              │            │
│
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block1_add    │ (None, 14, 14,     │          0 │
conv4_block1_0_b… │
│ (Add)               │ 1024)              │            │
conv4_block1_3_b… │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
```

```
| conv4_block1_out    | (None, 14, 14,     |           0 |
conv4_block1_add… |
| (Activation)        | 1024)              |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block2_1_conv | (None, 14, 14,     |     262,400 |
conv4_block1_out… |
| (Conv2D)            | 256)               |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block2_1_bn   | (None, 14, 14,     |       1,024 |
conv4_block2_1_c… |
| (BatchNormalizatio… | 256)               |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block2_1_relu | (None, 14, 14,     |           0 |
conv4_block2_1_b… |
| (Activation)        | 256)               |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block2_2_conv | (None, 14, 14,     |     590,080 |
conv4_block2_1_r… |
| (Conv2D)            | 256)               |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block2_2_bn   | (None, 14, 14,     |       1,024 |
conv4_block2_2_c… |
| (BatchNormalizatio… | 256)               |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block2_2_relu | (None, 14, 14,     |           0 |
conv4_block2_2_b… |
| (Activation)        | 256)               |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block2_3_conv | (None, 14, 14,     |     263,168 |
conv4_block2_2_r… |
| (Conv2D)            | 1024)              |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block2_3_bn   | (None, 14, 14,     |       4,096 |
```

```
conv4_block2_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 1024)              │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv4_block2_add    │ (None, 14, 14,     │          0 │
conv4_block1_out… │
│ (Add)               │ 1024)              │            │
conv4_block2_3_b… │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv4_block2_out    │ (None, 14, 14,     │          0 │
conv4_block2_add… │
│ (Activation)        │ 1024)              │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv4_block3_1_conv │ (None, 14, 14,     │    262,400 │
conv4_block2_out… │
│ (Conv2D)            │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv4_block3_1_bn   │ (None, 14, 14,     │      1,024 │
conv4_block3_1_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv4_block3_1_relu │ (None, 14, 14,     │          0 │
conv4_block3_1_b… │
│ (Activation)        │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv4_block3_2_conv │ (None, 14, 14,     │    590,080 │
conv4_block3_1_r… │
│ (Conv2D)            │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv4_block3_2_bn   │ (None, 14, 14,     │      1,024 │
conv4_block3_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
─────┤
│ conv4_block3_2_relu │ (None, 14, 14,     │          0 │
conv4_block3_2_b… │
```

```
| (Activation)         | 256)                |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block3_3_conv | (None, 14, 14,     |    263,168 |
conv4_block3_2_r… |
| (Conv2D)             | 1024)               |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block3_3_bn    | (None, 14, 14,     |      4,096 |
conv4_block3_3_c… |
| (BatchNormalizatio… | 1024)               |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block3_add     | (None, 14, 14,     |          0 |
conv4_block2_out… |
| (Add)                | 1024)               |             |
conv4_block3_3_b… |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block3_out     | (None, 14, 14,     |          0 |
conv4_block3_add… |
| (Activation)         | 1024)               |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block4_1_conv | (None, 14, 14,     |    262,400 |
conv4_block3_out… |
| (Conv2D)             | 256)                |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block4_1_bn    | (None, 14, 14,     |      1,024 |
conv4_block4_1_c… |
| (BatchNormalizatio… | 256)                |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block4_1_relu | (None, 14, 14,     |          0 |
conv4_block4_1_b… |
| (Activation)         | 256)                |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block4_2_conv | (None, 14, 14,     |    590,080 |
conv4_block4_1_r… |
| (Conv2D)             | 256)                |             |
```

```
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv4_block4_2_bn   │ (None, 14, 14,      │       1,024 │
conv4_block4_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)                │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv4_block4_2_relu │ (None, 14, 14,      │           0 │
conv4_block4_2_b… │
│ (Activation)        │ 256)                │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv4_block4_3_conv │ (None, 14, 14,      │     263,168 │
conv4_block4_2_r… │
│ (Conv2D)            │ 1024)               │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv4_block4_3_bn   │ (None, 14, 14,      │       4,096 │
conv4_block4_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 1024)               │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv4_block4_add    │ (None, 14, 14,      │           0 │
conv4_block3_out… │
│ (Add)               │ 1024)               │             │
conv4_block4_3_b… │
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv4_block4_out    │ (None, 14, 14,      │           0 │
conv4_block4_add… │
│ (Activation)        │ 1024)               │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv4_block5_1_conv │ (None, 14, 14,      │     262,400 │
conv4_block4_out… │
│ (Conv2D)            │ 256)                │             │
│
├─────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv4_block5_1_bn   │ (None, 14, 14,      │       1,024 │
conv4_block5_1_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)                │             │
│
```

```
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────
──────┤
│ conv4_block5_1_relu  │ (None, 14, 14,       │            0 │
conv4_block5_1_b… │
│ (Activation)         │ 256)                 │              │
                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────
──────┤
│ conv4_block5_2_conv  │ (None, 14, 14,       │      590,080 │
conv4_block5_1_r… │
│ (Conv2D)             │ 256)                 │              │
                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────
──────┤
│ conv4_block5_2_bn    │ (None, 14, 14,       │        1,024 │
conv4_block5_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)                 │              │
                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────
──────┤
│ conv4_block5_2_relu  │ (None, 14, 14,       │            0 │
conv4_block5_2_b… │
│ (Activation)         │ 256)                 │              │
                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────
──────┤
│ conv4_block5_3_conv  │ (None, 14, 14,       │      263,168 │
conv4_block5_2_r… │
│ (Conv2D)             │ 1024)                │              │
                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────
──────┤
│ conv4_block5_3_bn    │ (None, 14, 14,       │        4,096 │
conv4_block5_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 1024)                │              │
                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────
──────┤
│ conv4_block5_add     │ (None, 14, 14,       │            0 │
conv4_block4_out… │
│ (Add)                │ 1024)                │              │
conv4_block5_3_b… │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────
──────┤
│ conv4_block5_out     │ (None, 14, 14,       │            0 │
conv4_block5_add… │
│ (Activation)         │ 1024)                │              │
                      │
├──────────────────────┼──────────────────────┼──────────────┼──────────────────────
```

```
──────┤
│ conv4_block6_1_conv │ (None, 14, 14,     │    262,400 │
conv4_block5_out… │
│ (Conv2D)            │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block6_1_bn   │ (None, 14, 14,     │      1,024 │
conv4_block6_1_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block6_1_relu │ (None, 14, 14,     │          0 │
conv4_block6_1_b… │
│ (Activation)        │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block6_2_conv │ (None, 14, 14,     │    590,080 │
conv4_block6_1_r… │
│ (Conv2D)            │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block6_2_bn   │ (None, 14, 14,     │      1,024 │
conv4_block6_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block6_2_relu │ (None, 14, 14,     │          0 │
conv4_block6_2_b… │
│ (Activation)        │ 256)               │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block6_3_conv │ (None, 14, 14,     │    263,168 │
conv4_block6_2_r… │
│ (Conv2D)            │ 1024)              │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
│ conv4_block6_3_bn   │ (None, 14, 14,     │      4,096 │
conv4_block6_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 1024)              │            │
│                     │                    │            │
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────────
──────┤
```

```
| conv4_block6_add    | (None, 14, 14,     |           0 |
conv4_block5_out… |
| (Add)               | 1024)              |             |
conv4_block6_3_b… |
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv4_block6_out    | (None, 14, 14,     |           0 |
conv4_block6_add… |
| (Activation)        | 1024)              |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block1_1_conv | (None, 7, 7, 512)  |     524,800 |
conv4_block6_out… |
| (Conv2D)            |                    |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block1_1_bn   | (None, 7, 7, 512)  |       2,048 |
conv5_block1_1_c… |
| (BatchNormalizatio… |                    |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block1_1_relu | (None, 7, 7, 512)  |           0 |
conv5_block1_1_b… |
| (Activation)        |                    |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block1_2_conv | (None, 7, 7, 512)  |   2,359,808 |
conv5_block1_1_r… |
| (Conv2D)            |                    |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block1_2_bn   | (None, 7, 7, 512)  |       2,048 |
conv5_block1_2_c… |
| (BatchNormalizatio… |                    |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block1_2_relu | (None, 7, 7, 512)  |           0 |
conv5_block1_2_b… |
| (Activation)        |                    |             |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block1_0_conv | (None, 7, 7,       |   2,099,200 |
```

```
conv4_block6_out… │
│ (Conv2D)             │ 2048)             │               │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼───────────────┼──────────────
───────┤
│ conv5_block1_3_conv │ (None, 7, 7,      │   1,050,624 │
conv5_block1_2_r… │
│ (Conv2D)             │ 2048)             │               │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼───────────────┼──────────────
───────┤
│ conv5_block1_0_bn   │ (None, 7, 7,      │       8,192 │
conv5_block1_0_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 2048)             │               │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼───────────────┼──────────────
───────┤
│ conv5_block1_3_bn   │ (None, 7, 7,      │       8,192 │
conv5_block1_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 2048)             │               │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼───────────────┼──────────────
───────┤
│ conv5_block1_add    │ (None, 7, 7,      │           0 │
conv5_block1_0_b… │
│ (Add)                │ 2048)             │               │
conv5_block1_3_b… │
├──────────────────────┼───────────────────┼───────────────┼──────────────
───────┤
│ conv5_block1_out    │ (None, 7, 7,      │           0 │
conv5_block1_add… │
│ (Activation)         │ 2048)             │               │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼───────────────┼──────────────
───────┤
│ conv5_block2_1_conv │ (None, 7, 7, 512) │   1,049,088 │
conv5_block1_out… │
│ (Conv2D)             │                   │               │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼───────────────┼──────────────
───────┤
│ conv5_block2_1_bn   │ (None, 7, 7, 512) │       2,048 │
conv5_block2_1_c… │
│ (BatchNormalizatio… │                   │               │
│
├──────────────────────┼───────────────────┼───────────────┼──────────────
───────┤
│ conv5_block2_1_relu │ (None, 7, 7, 512) │           0 │
conv5_block2_1_b… │
```

```
| (Activation)         |                     |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block2_2_conv | (None, 7, 7, 512) |  2,359,808 |
conv5_block2_1_r… |
| (Conv2D)             |                     |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block2_2_bn   | (None, 7, 7, 512) |      2,048 |
conv5_block2_2_c… |
| (BatchNormalizatio… |                     |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block2_2_relu | (None, 7, 7, 512) |          0 |
conv5_block2_2_b… |
| (Activation)         |                     |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block2_3_conv | (None, 7, 7,       |  1,050,624 |
conv5_block2_2_r… |
| (Conv2D)             | 2048)               |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block2_3_bn   | (None, 7, 7,       |      8,192 |
conv5_block2_3_c… |
| (BatchNormalizatio… | 2048)               |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block2_add    | (None, 7, 7,       |          0 |
conv5_block1_out… |
| (Add)                | 2048)               |             |
conv5_block2_3_b… |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block2_out    | (None, 7, 7,       |          0 |
conv5_block2_add… |
| (Activation)         | 2048)               |             |
|                      |                     |             |
├──────────────────────┼─────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
| conv5_block3_1_conv | (None, 7, 7, 512) |  1,049,088 |
conv5_block2_out… |
| (Conv2D)             |                     |             |
```

```
│
├─────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv5_block3_1_bn   │ (None, 7, 7, 512)    │       2,048 │
conv5_block3_1_c… │
│ (BatchNormalizatio… │                      │             │
│
├─────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv5_block3_1_relu │ (None, 7, 7, 512)    │           0 │
conv5_block3_1_b… │
│ (Activation)        │                      │             │
│
├─────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv5_block3_2_conv │ (None, 7, 7, 512)    │   2,359,808 │
conv5_block3_1_r… │
│ (Conv2D)            │                      │             │
│
├─────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv5_block3_2_bn   │ (None, 7, 7, 512)    │       2,048 │
conv5_block3_2_c… │
│ (BatchNormalizatio… │                      │             │
│
├─────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv5_block3_2_relu │ (None, 7, 7, 512)    │           0 │
conv5_block3_2_b… │
│ (Activation)        │                      │             │
│
├─────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv5_block3_3_conv │ (None, 7, 7,         │   1,050,624 │
conv5_block3_2_r… │
│ (Conv2D)            │ 2048)                │             │
│
├─────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv5_block3_3_bn   │ (None, 7, 7,         │       8,192 │
conv5_block3_3_c… │
│ (BatchNormalizatio… │ 2048)                │             │
│
├─────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
──────┤
│ conv5_block3_add    │ (None, 7, 7,         │           0 │
conv5_block2_out… │
│ (Add)               │ 2048)                │             │
conv5_block3_3_b… │
├─────────────────────┼──────────────────────┼─────────────┼──────────────
```

```
──────┤
| conv5_block3_out    | (None, 7, 7,       |           0 |
conv5_block3_add… |
| (Activation)        | 2048)              |             |
└─────────────────────┴────────────────────┴─────────────┴─────────────────
──────┘

 Total params: 23,587,712 (89.98 MB)

 Trainable params: 0 (0.00 B)

 Non-trainable params: 23,587,712 (89.98 MB)

# Pooling layers using global average layers
global_average_layer = tf.keras.layers.GlobalAveragePooling2D()
feature_batch_average = global_average_layer(feature_batch)
print(feature_batch_average.shape)

(32, 2048)

# Dense layers using 13 classes for prediction
num_of_classifications = 13

prediction_layer = tf.keras.layers.Dense(num_of_classifications,
activation='sigmoid')
prediction_batch = prediction_layer(feature_batch_average)
print(prediction_batch.shape)

(32, 13)

# Setting up the model
from tensorflow.keras.applications.resnet50 import preprocess_input

inputs = tf.keras.Input(shape=(224, 224, 3))
x = data_augmentation(inputs)
x = preprocess_input(x)
x = base_model(x, training=False)
x = global_average_layer(x)
x = tf.keras.layers.Dropout(0.2)(x)
outputs = prediction_layer(x)
model = tf.keras.Model(inputs, outputs)

model.summary()

Model: "functional_1"

┏━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━
━━━┓
┃ Layer (type)        ┃ Output Shape      ┃    Param # ┃ Connected to
┃
┡━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━
```

```
────────┤
│ input_layer_4         │ (None, 224, 224,  │           0 │ -

│ (InputLayer)          │ 3)                │             │

├───────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼───────────────
────────┤
│ sequential            │ (None, 224, 224,  │           0 │
input_layer_4[0]… │
│ (Sequential)          │ 3)                │             │

├───────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼───────────────
────────┤
│ get_item (GetItem)    │ (None, 224, 224)  │           0 │ sequential[2]
[0]   │
├───────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼───────────────
────────┤
│ get_item_1            │ (None, 224, 224)  │           0 │ sequential[2]
[0]   │
│ (GetItem)             │                   │             │

├───────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼───────────────
────────┤
│ get_item_2            │ (None, 224, 224)  │           0 │ sequential[2]
[0]   │
│ (GetItem)             │                   │             │

├───────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼───────────────
────────┤
│ stack (Stack)         │ (None, 224, 224,  │           0 │ get_item[0]
[0],    │
│                       │ 3)                │             │ get_item_1[0]
[0], │
│                       │                   │             │ get_item_2[0]
[0]  │
├───────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼───────────────
────────┤
│ add (Add)             │ (None, 224, 224,  │           0 │ stack[0][0]

│                       │ 3)                │             │

├───────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼───────────────
────────┤
│ resnet50              │ (None, 7, 7,      │  23,587,712 │ add[0][0]

│ (Functional)          │ 2048)             │             │

├───────────────────────┼───────────────────┼─────────────┼───────────────
────────┤
```

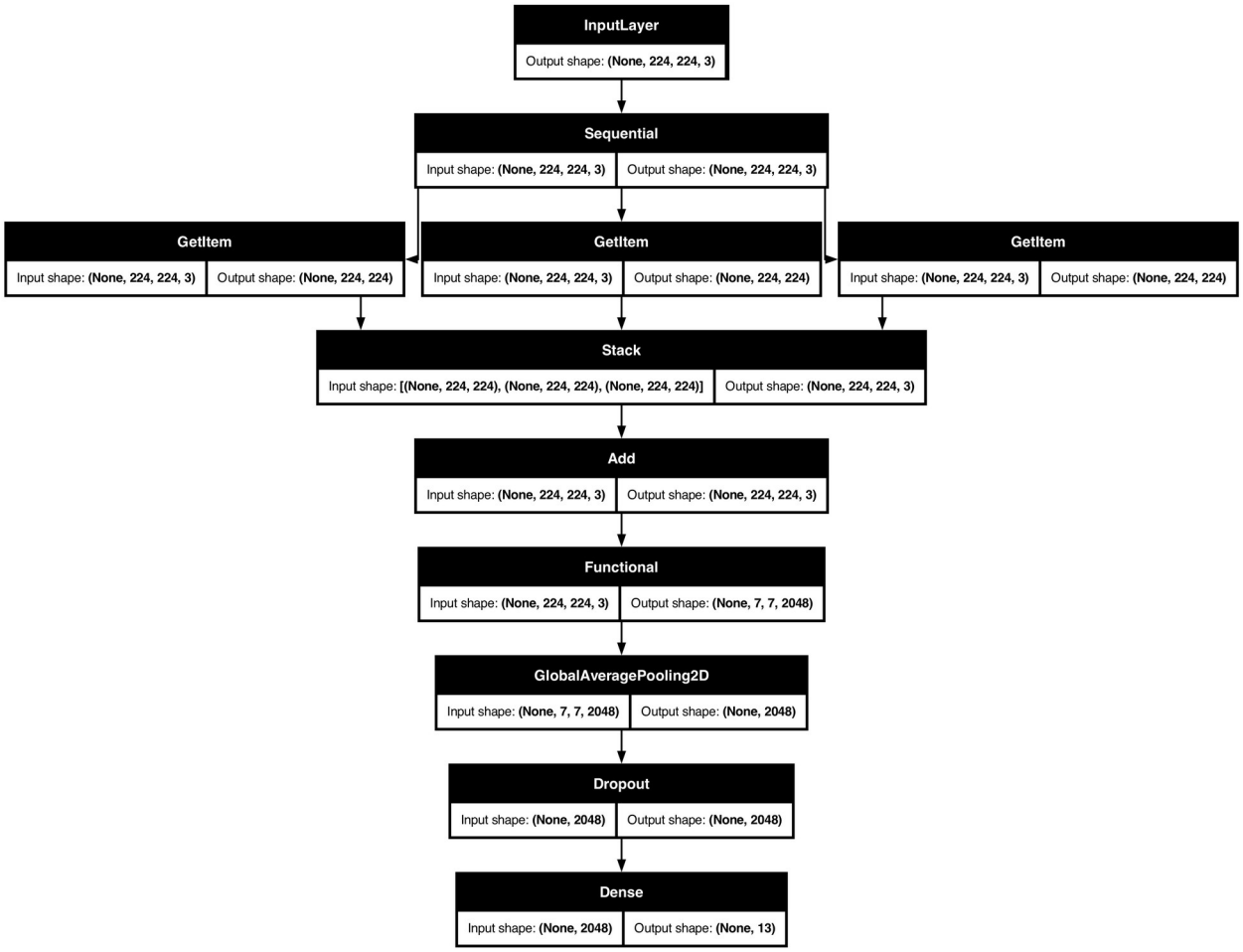
```
| global_average_poo… | (None, 2048)       |          0 | resnet50[0]
[0]    |
| (GlobalAveragePool… |                    |            |
|
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────
──────┤
| dropout (Dropout)   | (None, 2048)       |          0 |
global_average_p… |
├─────────────────────┼────────────────────┼────────────┼──────────────
──────┤
| dense (Dense)       | (None, 13)         |     26,637 | dropout[0][0]
|
└─────────────────────┴────────────────────┴────────────┴──────────────
──────┘

 Total params: 23,614,349 (90.08 MB)

 Trainable params: 26,637 (104.05 KB)

 Non-trainable params: 23,587,712 (89.98 MB)

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




```
# 11. Compile the model before adding to the top layers
model.compile(optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(learning_rate=0.0001)
,
              loss='sparse_categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

initial_epochs = 10

loss0, accuracy0 = model.evaluate(validation_dataset)
```

```
65/65 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 46s 689ms/step - accuracy: 0.0777 - loss:
2.9887
```

```
print(len(base_model.layers))
```

```
175
```

```
print("initial loss: {:.2f}".format(loss0))
print("initial accuracy: {:.2f}".format(accuracy0))
```

```
initial loss: 3.01
initial accuracy: 0.08
```

```
# Add custom layers on the top layers of the base model
model = tf.keras.Sequential([
    base_model,
    tf.keras.layers.GlobalAveragePooling2D(),
    tf.keras.layers.Dense(1024, activation='relu'),  # Additional
complexity
    tf.keras.layers.Dropout(0.5),                    # Dropout layer
for regularization
    tf.keras.layers.Dense(512, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dropout(0.5),
    tf.keras.layers.Dense(13, activation='softmax')  # 13 classes as
per your dataset
])

print(len(base_model.layers))
```

```
175
```

Unfreeze the layers and compile

```
# Un-freezeing layers after 125
fine_tune_at = 125
for layer in base_model.layers[fine_tune_at:]:
    layer.trainable = True

# 11. Compile the model after unfreezing
model.compile(optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(learning_rate=0.0001)
,
              loss='sparse_categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

# 12. Train the model
history = model.fit(train_dataset, epochs=5,
validation_data=validation_dataset)
```

```
Epoch 1/5
322/322 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 477s 1s/step - accuracy: 0.7137 - loss:
0.9295 - val_accuracy: 0.9149 - val_loss: 0.3246
Epoch 2/5
322/322 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 479s 1s/step - accuracy: 0.9148 - loss:
0.2906 - val_accuracy: 0.9246 - val_loss: 0.2983
Epoch 3/5
322/322 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 476s 1s/step - accuracy: 0.9520 - loss:
0.1621 - val_accuracy: 0.9358 - val_loss: 0.2402
Epoch 4/5
322/322 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 468s 1s/step - accuracy: 0.9691 - loss:
0.1100 - val_accuracy: 0.9203 - val_loss: 0.3297
Epoch 5/5
322/322 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 460s 1s/step - accuracy: 0.9790 - loss:
0.0746 - val_accuracy: 0.9183 - val_loss: 0.4152
```

```
# Save the trained model
model.save('resnet50_final.keras')
model.save('resnet50_final.h5')
```

```
WARNING:absl:You are saving your model as an HDF5 file via
`model.save()` or `keras.saving.save_model(model)`. This file format
is considered legacy. We recommend using instead the native Keras
format, e.g. `model.save('my_model.keras')` or
`keras.saving.save_model(model, 'my_model.keras')`.
```

Accuracy of the model

```
test_loss, test_accuracy = model.evaluate(test_dataset)
```

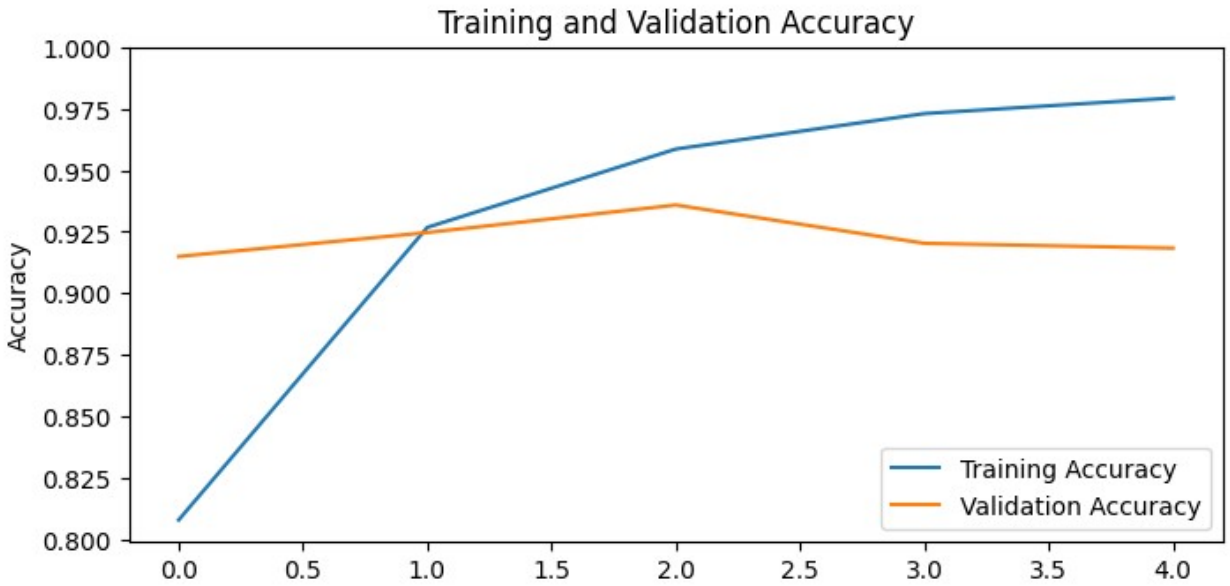
```
16/16 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 11s 707ms/step - accuracy: 0.9253 - loss:
0.4523
```

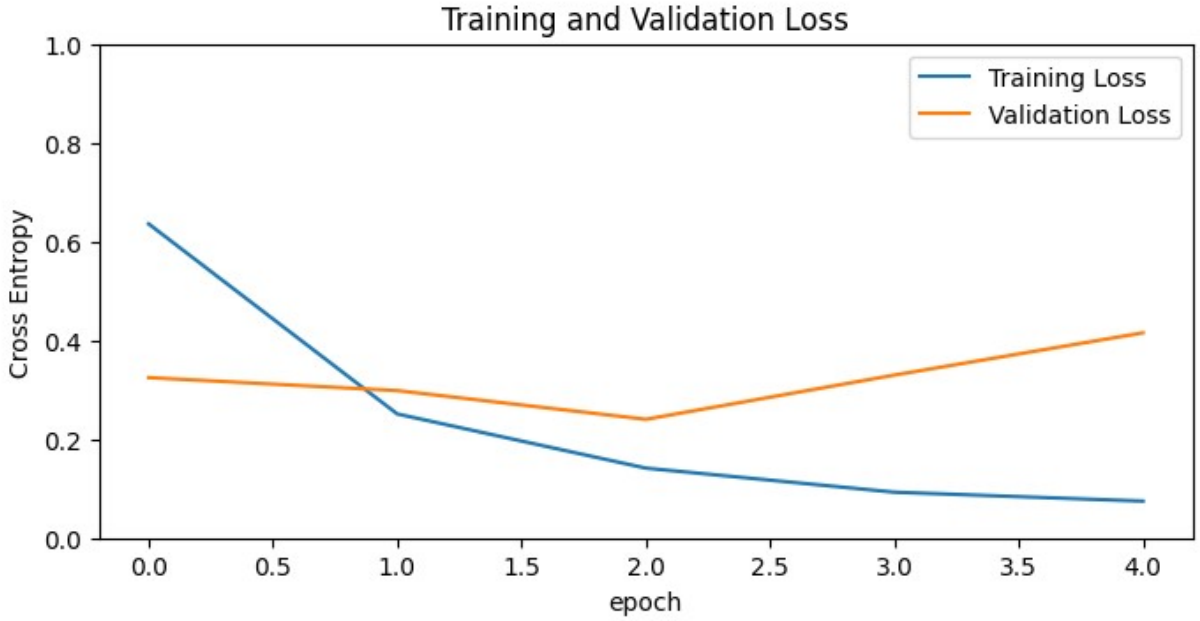
```
acc = history.history['accuracy']
val_acc = history.history['val_accuracy']

loss = history.history['loss']
val_loss = history.history['val_loss']

plt.figure(figsize=(8, 8))
plt.subplot(2, 1, 1)
plt.plot(acc, label='Training Accuracy')
plt.plot(val_acc, label='Validation Accuracy')
plt.legend(loc='lower right')
plt.ylabel('Accuracy')
plt.ylim([min(plt.ylim()),1])
plt.title('Training and Validation Accuracy')

plt.subplot(2, 1, 2)
plt.plot(loss, label='Training Loss')
plt.plot(val_loss, label='Validation Loss')
plt.legend(loc='upper right')
plt.ylabel('Cross Entropy')
plt.ylim([0,1.0])
plt.title('Training and Validation Loss')
plt.xlabel('epoch')
plt.show()
```






```
# Requirement.txt
pip freeze > requirements.txt
```

```
Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.
```

```
import sys
print(sys.version)
```

```
3.12.7 (main, Oct  1 2024, 02:05:46) [Clang 16.0.0 (clang-
1600.0.26.3)]
```