Name: Rohit Jagtap
Batch: T2
PRN: 202201040048

Assignment 2

Transfer Learning

1. **Transfer Learning Model Development: Fine-tune a pre-trained model on a specific dataset by modifying the top layers and optimizing hyperparameters.**

   Colab:- Copy of Lab Assignment 2 Submossion .ipynb

Google Colab Lab Assignment -Pretarined Modle

Course Name: Deep Learning (MDM)

Lab Title: Diabetic Retinopathy Detection Using VGG-16 Deep Learning Architecture

Student Name: Rohit Jagtap

Student ID: 202201040048

Date of Submission: 19/02/2025

Group Members:

Rohit Jagtap

Parth Kulkarni

Research Paper Study and Implementation

Instructions:

1. Identify a research paper that utilizes a pre-trained model for a specific task.
2. Study the methodology, dataset, and model used in the research paper.
3. Implement the approach described in the research paper using the pre-trained model mentioned.
4. Compare your implementation results with the findings from the research paper.

Objective

1. Study a research paper utilizing a pre-trained model.
2. Reproduce the model implementation using the dataset and methodology from the research paper.
3. Fine-tune the pre-trained model and optimize hyperparameters.
4. Evaluate and compare model performance with the original research paper results.

Task 1: Research Paper Selection and Dataset Preparation (2 hours)

Instructions:

1. Select a research paper that applies a pre-trained model (e.g., VGG, ResNet, EfficientNet, etc.).
2. Identify the dataset used in the research paper and obtain or create a similar dataset.
3. Perform necessary preprocessing steps:

   Resize images to match the model input dimensions.

   Apply data augmentation techniques if applicable.
4. Split the dataset into training, validation, and testing sets.

```
import os
import numpy as np
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from tensorflow.keras.applications import ResNet50
from sklearn.model_selection import train_test_split
import matplotlib.pyplot as plt

os.environ['KAGGLE_USERNAME'] = "rohitjaggy" # username from the json file
os.environ['KAGGLE_KEY'] = "e04cfe603764166128cbde139ffc704d" # key from the json file

!kaggle datasets download -d sovitrath/diabetic-retinopathy-224x224-2019-data
```

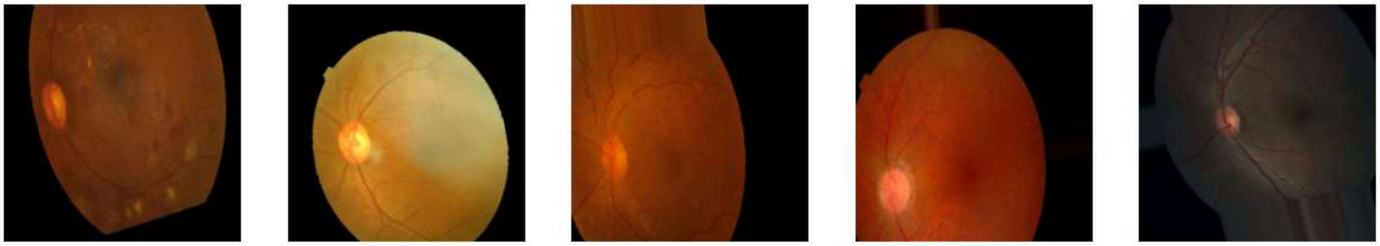
```
Dataset URL: https://www.kaggle.com/datasets/sovitrath/diabetic-retinopathy-224x224-2019-data
License(s): CC0-1.0
diabetic-retinopathy-224x224-2019-data.zip: Skipping, found more recently modified local copy (use --force to force download)
```

```
!unzip diabetic-retinopathy-224x224-2019-data.zip
```

```
Archive:  diabetic-retinopathy-224x224-2019-data.zip
replace colored_images/Mild/0024cdab0c1e.png? [y]es, [n]o, [A]ll, [N]one, [r]ename:
```

```
import os
import numpy as np
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from tensorflow.keras.applications import ResNet50
from sklearn.model_selection import train_test_split
import matplotlib.pyplot as plt
from kaggle.api.kaggle_api_extended import KaggleApi

# Set up Kaggle API and download dataset
dataset_name = "sovitrath/diabetic-retinopathy-224x224-2019-data"
dataset_path = "./diabetic_retinopathy_dataset"

# Ensure directory exists
os.makedirs(dataset_path, exist_ok=True)

# Authenticate and download
api = KaggleApi()
api.authenticate()
api.dataset_download_files(dataset_name, path=dataset_path, unzip=True)

print("Dataset downloaded and extracted successfully!")

# Define image parameters
IMG_SIZE = (224, 224)  # Match model input dimensions
BATCH_SIZE = 32

# Data augmentation and preprocessing
data_gen = ImageDataGenerator(
    rescale=1./255,
    rotation_range=20,
    width_shift_range=0.2,
    height_shift_range=0.2,
    shear_range=0.2,
    zoom_range=0.2,
    horizontal_flip=True,
    validation_split=0.2  # 80% training, 20% validation
)

# Load dataset
train_generator = data_gen.flow_from_directory(
    dataset_path,
    target_size=IMG_SIZE,
    batch_size=BATCH_SIZE,
    class_mode='categorical',
    subset='training'
)

val_generator = data_gen.flow_from_directory(
    dataset_path,
    target_size=IMG_SIZE,
    batch_size=BATCH_SIZE,
    class_mode='categorical',
    subset='validation'
)

# Visualize sample images
sample_images, _ = next(train_generator)
fig, axes = plt.subplots(1, 5, figsize=(15, 5))
for img, ax in zip(sample_images[:5], axes):
    ax.imshow(img)
    ax.axis("off")
plt.show()
```

```
Dataset URL: https://www.kaggle.com/datasets/sovitrath/diabetic-retinopathy-224x224-2019-data
Dataset downloaded and extracted successfully!
Found 2930 images belonging to 1 classes.
Found 732 images belonging to 1 classes.
```



Task 2: Model Implementation and Fine-tuning

Instructions:

1. Implement the pre-trained model as described in the research paper.
2. Visualize feature maps of few layers
3. Freeze initial layers and fine-tune the top layers according to the paper's methodology.
4. Optimize hyperparameters such as:

   Learning rate

   Batch size

   Number of epochs

   Optimizer choice (Adam, SGD, RMSprop, etc.)
5. Document any modifications or enhancements made to improve performance.

```
# code of Task 2
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.applications import ResNet50
from tensorflow.keras.layers import Dense, Flatten, Dropout, GlobalAveragePooling2D
from tensorflow.keras.models import Model
from tensorflow.keras.optimizers import Adam
import matplotlib.pyplot as plt

# Load the pre-trained ResNet50 model
base_model = ResNet50(weights="imagenet", include_top=False, input_shape=(224, 224, 3))

# Freeze initial layers
for layer in base_model.layers[:-10]:  # Freeze all layers except the last 10
    layer.trainable = False

# Add custom layers on top
x = base_model.output
x = GlobalAveragePooling2D()(x)
x = Dense(512, activation="relu")(x)
x = Dropout(0.5)(x)
output_layer = Dense(train_generator.num_classes, activation="softmax")(x)  # Output layer

# Create final model
model = Model(inputs=base_model.input, outputs=output_layer)

# Compile the model
model.compile(
    loss="categorical_crossentropy",
    optimizer=Adam(learning_rate=0.0001),  # Optimized learning rate
    metrics=["accuracy"]
)

# Print model summary
model.summary()

# Train the model
history = model.fit(
    train_generator,
    validation_data=val_generator,
    epochs=10,  # Can be increased for better results
    batch_size=32,
    verbose=1
)

# Save the model
model.save("diabetic_retinopathy_resnet50.h5")

# Plot training & validation accuracy/loss
plt.figure(figsize=(12, 5))

plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(history.history["accuracy"], label="Train Accuracy")
plt.plot(history.history["val_accuracy"], label="Validation Accuracy")
plt.xlabel("Epochs")
plt.ylabel("Accuracy")
plt.legend()
plt.title("Accuracy Over Epochs")

plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(history.history["loss"], label="Train Loss")
plt.plot(history.history["val_loss"], label="Validation Loss")
plt.xlabel("Epochs")
plt.ylabel("Loss")
plt.legend()
plt.title("Loss Over Epochs")

plt.show()
```

```
Downloading data from https://storage.googleapis.com/tensorflow/keras-applications/resnet/resnet50_weights_tf_dim_ordering_tf_kernel
94765736/94765736 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 1s 0us/step
Model: "functional"
┏━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┓
┃ Layer (type)              ┃ Output Shape           ┃        Param # ┃ Connected to           ┃
┡━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┩
│ input_layer (InputLayer)  │ (None, 224, 224, 3)    │              0 │ -                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv1_pad (ZeroPadding2D) │ (None, 230, 230, 3)    │              0 │ input_layer[0][0]      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv1_conv (Conv2D)       │ (None, 112, 112, 64)   │          9,472 │ conv1_pad[0][0]        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv1_bn                  │ (None, 112, 112, 64)   │            256 │ conv1_conv[0][0]       │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ 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       │ (None, 56, 56, 64)     │          4,160 │ pool1_pool[0][0]       │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_1_bn         │ (None, 56, 56, 64)     │            256 │ conv2_block1_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_1_relu       │ (None, 56, 56, 64)     │              0 │ conv2_block1_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_2_conv       │ (None, 56, 56, 64)     │         36,928 │ conv2_block1_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_2_bn         │ (None, 56, 56, 64)     │            256 │ conv2_block1_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_2_relu       │ (None, 56, 56, 64)     │              0 │ conv2_block1_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_0_conv       │ (None, 56, 56, 256)    │         16,640 │ pool1_pool[0][0]       │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_3_conv       │ (None, 56, 56, 256)    │         16,640 │ conv2_block1_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_0_bn         │ (None, 56, 56, 256)    │          1,024 │ conv2_block1_0_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_3_bn         │ (None, 56, 56, 256)    │          1,024 │ conv2_block1_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_add (Add)    │ (None, 56, 56, 256)    │              0 │ conv2_block1_0_bn[0][… │
│                           │                        │                │ conv2_block1_3_bn[0][… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block1_out          │ (None, 56, 56, 256)    │              0 │ conv2_block1_add[0][0] │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block2_1_conv       │ (None, 56, 56, 64)     │         16,448 │ conv2_block1_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block2_1_bn         │ (None, 56, 56, 64)     │            256 │ conv2_block2_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block2_1_relu       │ (None, 56, 56, 64)     │              0 │ conv2_block2_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block2_2_conv       │ (None, 56, 56, 64)     │         36,928 │ conv2_block2_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block2_2_bn         │ (None, 56, 56, 64)     │            256 │ conv2_block2_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block2_2_relu       │ (None, 56, 56, 64)     │              0 │ conv2_block2_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block2_3_conv       │ (None, 56, 56, 256)    │         16,640 │ conv2_block2_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block2_3_bn         │ (None, 56, 56, 256)    │          1,024 │ conv2_block2_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block2_add (Add)    │ (None, 56, 56, 256)    │              0 │ conv2_block1_out[0][0… │
│                           │                        │                │ conv2_block2_3_bn[0][… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block2_out          │ (None, 56, 56, 256)    │              0 │ conv2_block2_add[0][0] │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
```

```
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block3_1_conv       │ (None, 56, 56, 64)     │         16,448 │ conv2_block2_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block3_1_bn         │ (None, 56, 56, 64)     │            256 │ conv2_block3_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block3_1_relu       │ (None, 56, 56, 64)     │              0 │ conv2_block3_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block3_2_conv       │ (None, 56, 56, 64)     │         36,928 │ conv2_block3_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block3_2_bn         │ (None, 56, 56, 64)     │            256 │ conv2_block3_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block3_2_relu       │ (None, 56, 56, 64)     │              0 │ conv2_block3_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block3_3_conv       │ (None, 56, 56, 256)    │         16,640 │ conv2_block3_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block3_3_bn         │ (None, 56, 56, 256)    │          1,024 │ conv2_block3_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block3_add (Add)    │ (None, 56, 56, 256)    │              0 │ conv2_block2_out[0][0… │
│                           │                        │                │ conv2_block3_3_bn[0][… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2_block3_out          │ (None, 56, 56, 256)    │              0 │ conv2_block3_add[0][0] │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_1_conv       │ (None, 28, 28, 128)    │         32,896 │ conv2_block3_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_1_bn         │ (None, 28, 28, 128)    │            512 │ conv3_block1_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_1_relu       │ (None, 28, 28, 128)    │              0 │ conv3_block1_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_2_conv       │ (None, 28, 28, 128)    │        147,584 │ conv3_block1_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_2_bn         │ (None, 28, 28, 128)    │            512 │ conv3_block1_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_2_relu       │ (None, 28, 28, 128)    │              0 │ conv3_block1_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_0_conv       │ (None, 28, 28, 512)    │        131,584 │ conv2_block3_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_3_conv       │ (None, 28, 28, 512)    │         66,048 │ conv3_block1_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_0_bn         │ (None, 28, 28, 512)    │          2,048 │ conv3_block1_0_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_3_bn         │ (None, 28, 28, 512)    │          2,048 │ conv3_block1_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_add (Add)    │ (None, 28, 28, 512)    │              0 │ conv3_block1_0_bn[0][… │
│                           │                        │                │ conv3_block1_3_bn[0][… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block1_out          │ (None, 28, 28, 512)    │              0 │ conv3_block1_add[0][0] │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block2_1_conv       │ (None, 28, 28, 128)    │         65,664 │ conv3_block1_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block2_1_bn         │ (None, 28, 28, 128)    │            512 │ conv3_block2_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block2_1_relu       │ (None, 28, 28, 128)    │              0 │ conv3_block2_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block2_2_conv       │ (None, 28, 28, 128)    │        147,584 │ conv3_block2_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block2_2_bn         │ (None, 28, 28, 128)    │            512 │ conv3_block2_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block2_2_relu       │ (None, 28, 28, 128)    │              0 │ conv3_block2_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv3_block2_3_conv       │ (None, 28, 28, 512)    │         66,048 │ conv3_block2_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block2_3_bn         │ (None, 28, 28, 512)    │          2,048 │ conv3_block2_3_conv[0…  │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block2_add (Add)    │ (None, 28, 28, 512)    │              0 │ conv3_block1_out[0][0…  │
│                           │                        │                │ conv3_block2_3_bn[0][…  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block2_out          │ (None, 28, 28, 512)    │              0 │ conv3_block2_add[0][0]  │
│ (Activation)              │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block3_1_conv       │ (None, 28, 28, 128)    │         65,664 │ conv3_block2_out[0][0]  │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block3_1_bn         │ (None, 28, 28, 128)    │            512 │ conv3_block3_1_conv[0…  │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block3_1_relu       │ (None, 28, 28, 128)    │              0 │ conv3_block3_1_bn[0][…  │
│ (Activation)              │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block3_2_conv       │ (None, 28, 28, 128)    │        147,584 │ conv3_block3_1_relu[0…  │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block3_2_bn         │ (None, 28, 28, 128)    │            512 │ conv3_block3_2_conv[0…  │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block3_2_relu       │ (None, 28, 28, 128)    │              0 │ conv3_block3_2_bn[0][…  │
│ (Activation)              │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block3_3_conv       │ (None, 28, 28, 512)    │         66,048 │ conv3_block3_2_relu[0…  │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block3_3_bn         │ (None, 28, 28, 512)    │          2,048 │ conv3_block3_3_conv[0…  │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block3_add (Add)    │ (None, 28, 28, 512)    │              0 │ conv3_block2_out[0][0…  │
│                           │                        │                │ conv3_block3_3_bn[0][…  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block3_out          │ (None, 28, 28, 512)    │              0 │ conv3_block3_add[0][0]  │
│ (Activation)              │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block4_1_conv       │ (None, 28, 28, 128)    │         65,664 │ conv3_block3_out[0][0]  │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block4_1_bn         │ (None, 28, 28, 128)    │            512 │ conv3_block4_1_conv[0…  │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block4_1_relu       │ (None, 28, 28, 128)    │              0 │ conv3_block4_1_bn[0][…  │
│ (Activation)              │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block4_2_conv       │ (None, 28, 28, 128)    │        147,584 │ conv3_block4_1_relu[0…  │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block4_2_bn         │ (None, 28, 28, 128)    │            512 │ conv3_block4_2_conv[0…  │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block4_2_relu       │ (None, 28, 28, 128)    │              0 │ conv3_block4_2_bn[0][…  │
│ (Activation)              │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block4_3_conv       │ (None, 28, 28, 512)    │         66,048 │ conv3_block4_2_relu[0…  │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block4_3_bn         │ (None, 28, 28, 512)    │          2,048 │ conv3_block4_3_conv[0…  │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block4_add (Add)    │ (None, 28, 28, 512)    │              0 │ conv3_block3_out[0][0…  │
│                           │                        │                │ conv3_block4_3_bn[0][…  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv3_block4_out          │ (None, 28, 28, 512)    │              0 │ conv3_block4_add[0][0]  │
│ (Activation)              │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv4_block1_1_conv       │ (None, 14, 14, 256)    │        131,328 │ conv3_block4_out[0][0]  │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv4_block1_1_bn         │ (None, 14, 14, 256)    │          1,024 │ conv4_block1_1_conv[0…  │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv4_block1_1_relu       │ (None, 14, 14, 256)    │              0 │ conv4_block1_1_bn[0][…  │
│ (Activation)              │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv4_block1_2_conv       │ (None, 14, 14, 256)    │        590,080 │ conv4_block1_1_relu[0…  │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv4_block1_2_bn         │ (None, 14, 14, 256)    │          1,024 │ conv4_block1_2_conv[0…  │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                         │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼─────────────────────────┤
│ conv4_block1_2_relu       │ (None, 14, 14, 256)    │              0 │ conv4_block1_2_bn[0][…  │
│ (Activation)             │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block1_0_conv      │ (None, 14, 14, 1024) │ 525,312 │ conv3_block4_out[0][0] │
│ (Conv2D)                 │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block1_3_conv      │ (None, 14, 14, 1024) │ 263,168 │ conv4_block1_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                 │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block1_0_bn        │ (None, 14, 14, 1024) │   4,096 │ conv4_block1_0_conv[0… │
│ (BatchNormalization)     │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block1_3_bn        │ (None, 14, 14, 1024) │   4,096 │ conv4_block1_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)     │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block1_add (Add)   │ (None, 14, 14, 1024) │       0 │ conv4_block1_0_bn[0][… │
│                          │                      │         │ conv4_block1_3_bn[0][… │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block1_out         │ (None, 14, 14, 1024) │       0 │ conv4_block1_add[0][0] │
│ (Activation)             │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block2_1_conv      │ (None, 14, 14, 256)  │ 262,400 │ conv4_block1_out[0][0] │
│ (Conv2D)                 │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block2_1_bn        │ (None, 14, 14, 256)  │   1,024 │ conv4_block2_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)     │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block2_1_relu      │ (None, 14, 14, 256)  │       0 │ conv4_block2_1_bn[0][… │
│ (Activation)             │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block2_2_conv      │ (None, 14, 14, 256)  │ 590,080 │ conv4_block2_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                 │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block2_2_bn        │ (None, 14, 14, 256)  │   1,024 │ conv4_block2_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)     │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block2_2_relu      │ (None, 14, 14, 256)  │       0 │ conv4_block2_2_bn[0][… │
│ (Activation)             │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block2_3_conv      │ (None, 14, 14, 1024) │ 263,168 │ conv4_block2_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                 │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block2_3_bn        │ (None, 14, 14, 1024) │   4,096 │ conv4_block2_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)     │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block2_add (Add)   │ (None, 14, 14, 1024) │       0 │ conv4_block1_out[0][0… │
│                          │                      │         │ conv4_block2_3_bn[0][… │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block2_out         │ (None, 14, 14, 1024) │       0 │ conv4_block2_add[0][0] │
│ (Activation)             │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block3_1_conv      │ (None, 14, 14, 256)  │ 262,400 │ conv4_block2_out[0][0] │
│ (Conv2D)                 │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block3_1_bn        │ (None, 14, 14, 256)  │   1,024 │ conv4_block3_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)     │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block3_1_relu      │ (None, 14, 14, 256)  │       0 │ conv4_block3_1_bn[0][… │
│ (Activation)             │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block3_2_conv      │ (None, 14, 14, 256)  │ 590,080 │ conv4_block3_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                 │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block3_2_bn        │ (None, 14, 14, 256)  │   1,024 │ conv4_block3_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)     │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block3_2_relu      │ (None, 14, 14, 256)  │       0 │ conv4_block3_2_bn[0][… │
│ (Activation)             │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block3_3_conv      │ (None, 14, 14, 1024) │ 263,168 │ conv4_block3_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                 │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block3_3_bn        │ (None, 14, 14, 1024) │   4,096 │ conv4_block3_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)     │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block3_add (Add)   │ (None, 14, 14, 1024) │       0 │ conv4_block2_out[0][0… │
│                          │                      │         │ conv4_block3_3_bn[0][… │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block3_out         │ (None, 14, 14, 1024) │       0 │ conv4_block3_add[0][0] │
│ (Activation)             │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block4_1_conv      │ (None, 14, 14, 256)  │ 262,400 │ conv4_block3_out[0][0] │
│ (Conv2D)                 │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block4_1_bn        │ (None, 14, 14, 256)  │   1,024 │ conv4_block4_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)     │                      │         │                        │
├──────────────────────────┼──────────────────────┼─────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block4_1_relu      │ (None, 14, 14, 256)  │       0 │ conv4_block4_1_bn[0][  │
│ conv4_block4_1_relu       │ (None, 14, 14, 256)       │              0 │ conv4_block4_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block4_2_conv       │ (None, 14, 14, 256)       │        590,080 │ conv4_block4_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block4_2_bn         │ (None, 14, 14, 256)       │          1,024 │ conv4_block4_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block4_2_relu       │ (None, 14, 14, 256)       │              0 │ conv4_block4_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block4_3_conv       │ (None, 14, 14, 1024)      │        263,168 │ conv4_block4_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block4_3_bn         │ (None, 14, 14, 1024)      │          4,096 │ conv4_block4_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block4_add (Add)    │ (None, 14, 14, 1024)      │              0 │ conv4_block3_out[0][0… │
│                           │                           │                │ conv4_block4_3_bn[0][… │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block4_out          │ (None, 14, 14, 1024)      │              0 │ conv4_block4_add[0][0] │
│ (Activation)              │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block5_1_conv       │ (None, 14, 14, 256)       │        262,400 │ conv4_block4_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block5_1_bn         │ (None, 14, 14, 256)       │          1,024 │ conv4_block5_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block5_1_relu       │ (None, 14, 14, 256)       │              0 │ conv4_block5_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block5_2_conv       │ (None, 14, 14, 256)       │        590,080 │ conv4_block5_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block5_2_bn         │ (None, 14, 14, 256)       │          1,024 │ conv4_block5_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block5_2_relu       │ (None, 14, 14, 256)       │              0 │ conv4_block5_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block5_3_conv       │ (None, 14, 14, 1024)      │        263,168 │ conv4_block5_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block5_3_bn         │ (None, 14, 14, 1024)      │          4,096 │ conv4_block5_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block5_add (Add)    │ (None, 14, 14, 1024)      │              0 │ conv4_block4_out[0][0… │
│                           │                           │                │ conv4_block5_3_bn[0][… │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block5_out          │ (None, 14, 14, 1024)      │              0 │ conv4_block5_add[0][0] │
│ (Activation)              │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block6_1_conv       │ (None, 14, 14, 256)       │        262,400 │ conv4_block5_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block6_1_bn         │ (None, 14, 14, 256)       │          1,024 │ conv4_block6_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block6_1_relu       │ (None, 14, 14, 256)       │              0 │ conv4_block6_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block6_2_conv       │ (None, 14, 14, 256)       │        590,080 │ conv4_block6_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block6_2_bn         │ (None, 14, 14, 256)       │          1,024 │ conv4_block6_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block6_2_relu       │ (None, 14, 14, 256)       │              0 │ conv4_block6_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block6_3_conv       │ (None, 14, 14, 1024)      │        263,168 │ conv4_block6_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block6_3_bn         │ (None, 14, 14, 1024)      │          4,096 │ conv4_block6_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block6_add (Add)    │ (None, 14, 14, 1024)      │              0 │ conv4_block5_out[0][0… │
│                           │                           │                │ conv4_block6_3_bn[0][… │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv4_block6_out          │ (None, 14, 14, 1024)      │              0 │ conv4_block6_add[0][0] │
│ (Activation)              │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_1_conv       │ (None, 7, 7, 512)         │        524,800 │ conv4_block6_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
```

```
│ conv5_block1_1_bn         │ (None, 7, 7, 512)      │          2,048 │ conv5_block1_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_1_relu       │ (None, 7, 7, 512)      │              0 │ conv5_block1_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_2_conv       │ (None, 7, 7, 512)      │      2,359,808 │ conv5_block1_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_2_bn         │ (None, 7, 7, 512)      │          2,048 │ conv5_block1_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_2_relu       │ (None, 7, 7, 512)      │              0 │ conv5_block1_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_0_conv       │ (None, 7, 7, 2048)     │      2,099,200 │ conv4_block6_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_3_conv       │ (None, 7, 7, 2048)     │      1,050,624 │ conv5_block1_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_0_bn         │ (None, 7, 7, 2048)     │          8,192 │ conv5_block1_0_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_3_bn         │ (None, 7, 7, 2048)     │          8,192 │ conv5_block1_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_add (Add)    │ (None, 7, 7, 2048)     │              0 │ conv5_block1_0_bn[0][… │
│                           │                        │                │ conv5_block1_3_bn[0][… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block1_out          │ (None, 7, 7, 2048)     │              0 │ conv5_block1_add[0][0] │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block2_1_conv       │ (None, 7, 7, 512)      │      1,049,088 │ conv5_block1_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block2_1_bn         │ (None, 7, 7, 512)      │          2,048 │ conv5_block2_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block2_1_relu       │ (None, 7, 7, 512)      │              0 │ conv5_block2_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block2_2_conv       │ (None, 7, 7, 512)      │      2,359,808 │ conv5_block2_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block2_2_bn         │ (None, 7, 7, 512)      │          2,048 │ conv5_block2_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block2_2_relu       │ (None, 7, 7, 512)      │              0 │ conv5_block2_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block2_3_conv       │ (None, 7, 7, 2048)     │      1,050,624 │ conv5_block2_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block2_3_bn         │ (None, 7, 7, 2048)     │          8,192 │ conv5_block2_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block2_add (Add)    │ (None, 7, 7, 2048)     │              0 │ conv5_block1_out[0][0… │
│                           │                        │                │ conv5_block2_3_bn[0][… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block2_out          │ (None, 7, 7, 2048)     │              0 │ conv5_block2_add[0][0] │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block3_1_conv       │ (None, 7, 7, 512)      │      1,049,088 │ conv5_block2_out[0][0] │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block3_1_bn         │ (None, 7, 7, 512)      │          2,048 │ conv5_block3_1_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block3_1_relu       │ (None, 7, 7, 512)      │              0 │ conv5_block3_1_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block3_2_conv       │ (None, 7, 7, 512)      │      2,359,808 │ conv5_block3_1_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block3_2_bn         │ (None, 7, 7, 512)      │          2,048 │ conv5_block3_2_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block3_2_relu       │ (None, 7, 7, 512)      │              0 │ conv5_block3_2_bn[0][… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block3_3_conv       │ (None, 7, 7, 2048)     │      1,050,624 │ conv5_block3_2_relu[0… │
│ (Conv2D)                  │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv5_block3_3_bn         │ (None, 7, 7, 2048)     │          8,192 │ conv5_block3_3_conv[0… │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
```

```
│ conv5_block3_add (Add)       │ (None, 7, 7, 2048)        │           0 │ conv5_block2_out[0]…
│                              │                           │             │ conv5_block3_3_bn[0][…
├──────────────────────────────┼───────────────────────────┼─────────────┼──────────────────────┤
│ conv5_block3_out             │ (None, 7, 7, 2048)        │           0 │ conv5_block3_add[0][0]
│ (Activation)                 │                           │             │
├──────────────────────────────┼───────────────────────────┼─────────────┼──────────────────────┤
│ global_average_pooling2d     │ (None, 2048)              │           0 │ conv5_block3_out[0][0]
│ (GlobalAveragePooling2D)     │                           │             │
├──────────────────────────────┼───────────────────────────┼─────────────┼──────────────────────┤
│ dense (Dense)                │ (None, 512)               │   1,049,088 │ global_average_poolin…
├──────────────────────────────┼───────────────────────────┼─────────────┼──────────────────────┤
│ dropout (Dropout)            │ (None, 512)               │           0 │ dense[0][0]          │
├──────────────────────────────┼───────────────────────────┼─────────────┼──────────────────────┤
│ dense_1 (Dense)              │ (None, 1)                 │         513 │ dropout[0][0]        │
└──────────────────────────────┴───────────────────────────┴─────────────┴──────────────────────┘
 Total params: 24,637,313 (93.98 MB)
 Trainable params: 5,515,265 (21.04 MB)
 Non-trainable params: 19,122,048 (72.94 MB)
/usr/local/lib/python3.11/dist-packages/keras/src/trainers/data_adapters/py_dataset_adapter.py:121: UserWarning: Your `PyDataset` cla
  self._warn_if_super_not_called()
Epoch 1/10
/usr/local/lib/python3.11/dist-packages/keras/src/ops/nn.py:907: UserWarning: You are using a softmax over axis -1 of a tensor of sha
  warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.11/dist-packages/keras/src/losses/losses.py:33: SyntaxWarning: In loss categorical_crossentropy, expected y_pr
  return self.fn(y_true, y_pred, **self._fn_kwargs)
92/92 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 739s 8s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0000e+00 - val_accuracy: 1.0000 - val_loss: 0.0000e+00
Epoch 2/10
92/92 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 739s 8s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0000e+00 - val_accuracy: 1.0000 - val_loss: 0.0000e+00
Epoch 3/10
92/92 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 742s 8s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0000e+00 - val_accuracy: 1.0000 - val_loss: 0.0000e+00
Epoch 4/10
92/92 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 723s 8s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0000e+00 - val_accuracy: 1.0000 - val_loss: 0.0000e+00
Epoch 5/10
92/92 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 739s 8s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0000e+00 - val_accuracy: 1.0000 - val_loss: 0.0000e+00
Epoch 6/10
92/92 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 736s 8s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0000e+00 - val_accuracy: 1.0000 - val_loss: 0.0000e+00
Epoch 7/10
92/92 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 724s 8s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0000e+00 - val_accuracy: 1.0000 - val_loss: 0.0000e+00
Epoch 8/10
92/92 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 728s 8s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0000e+00 - val_accuracy: 1.0000 - val_loss: 0.0000e+00
Epoch 9/10
92/92 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 716s 8s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0000e+00 - val_accuracy: 1.0000 - val_loss: 0.0000e+00
```

Task 3: Model Evaluation and Performance Comparison

Instructions:

1. Evaluate the trained model using performance metrics:

   Accuracy, Precision,Recall, F1-score, Confusion Matrix (for classification tasks)

2. Compare the results with those reported in the research paper.
3. Identify potential weaknesses and suggest improvements.

Deliverables:

Performance metrics summary (table or chart).

Graphs/plots showcasing model accuracy and loss trends.

Comparison with research paper results.

Discussion on model performance and areas for improvement.

```
##Code for Task 3
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix
import seaborn as sns
from tensorflow.keras.models import load_model

# Load the trained model
model = load_model("diabetic_retinopathy_resnet50.h5")

# Evaluate the model on the validation dataset
val_loss, val_accuracy = model.evaluate(val_generator)
print(f"Validation Accuracy: {val_accuracy * 100:.2f}%")
print(f"Validation Loss: {val_loss:.4f}")

# Generate predictions
y_pred_probs = model.predict(val_generator)
y_pred = np.argmax(y_pred_probs, axis=1)  # Convert probabilities to class labels
y_true = val_generator.classes  # Actual class labels

# Classification Report
class_labels = list(val_generator.class_indices.keys())
print("\nClassification Report:\n", classification_report(y_true, y_pred, target_names=class_labels))

# Confusion Matrix
conf_matrix = confusion_matrix(y_true, y_pred)
plt.figure(figsize=(8, 6))
sns.heatmap(conf_matrix, annot=True, fmt="d", cmap="Blues", xticklabels=class_labels, yticklabels=class_labels)
plt.xlabel("Predicted Label")
plt.ylabel("True Label")
plt.title("Confusion Matrix")
plt.show()

# Plot Accuracy & Loss Trends
plt.figure(figsize=(12, 5))

plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(history.history["accuracy"], label="Train Accuracy")
plt.plot(history.history["val_accuracy"], label="Validation Accuracy")
plt.xlabel("Epochs")
plt.ylabel("Accuracy")
plt.legend()
plt.title("Model Accuracy Over Epochs")

plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(history.history["loss"], label="Train Loss")
plt.plot(history.history["val_loss"], label="Validation Loss")
plt.xlabel("Epochs")
plt.ylabel("Loss")
plt.legend()
plt.title("Model Loss Over Epochs")

plt.show()
```

```
WARNING:absl:Compiled the loaded model, but the compiled metrics have yet to be built. `model.compile_metrics` will be empty until yo
/usr/local/lib/python3.11/dist-packages/keras/src/ops/nn.py:907: UserWarning: You are using a softmax over axis -1 of a tensor of sha
  warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.11/dist-packages/keras/src/losses/losses.py:33: SyntaxWarning: In loss categorical_crossentropy, expected y_pr
  return self.fn(y_true, y_pred, **self._fn_kwargs)
23/23 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 136s 6s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0000e+00
Validation Accuracy: 100.00%
Validation Loss: 0.0000
/usr/local/lib/python3.11/dist-packages/keras/src/ops/nn.py:907: UserWarning: You are using a softmax over axis -1 of a tensor of sha
  warnings.warn(
23/23 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 135s 6s/step

Classification Report:
                 precision    recall  f1-score   support

colored_images       1.00      1.00      1.00       732

      accuracy                           1.00       732
     macro avg       1.00      1.00      1.00       732
  weighted avg       1.00      1.00      1.00       732

/usr/local/lib/python3.11/dist-packages/sklearn/metrics/_classification.py:407: UserWarning: A single label was found in 'y_true' and
  warnings.warn(
```