```
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
```

```
Mounted at /content/drive
```

```
import os
import numpy as np
from sklearn.model_selection import train_test_split

# Define your directories
base_dir = '/content/drive/MyDrive/Data/Data'

# Create lists to hold image and mask paths
image_paths = []
mask_paths = []

# Iterate through all folders in the base directory
for folder in os.listdir(base_dir):
    folder_path = os.path.join(base_dir, folder)
    if os.path.isdir(folder_path):  # Check if it is a directory
        # List all image and mask files
        images = sorted([os.path.join(folder_path, img) for img in os.listdir(folder_path) if img.endswith('.tif') and not img.endswith('_mask.tif')])
        masks = sorted([os.path.join(folder_path, msk) for msk in os.listdir(folder_path) if msk.endswith('_mask.tif')])

        # Ensure we only keep image and mask pairs
        for img_path in images:
            # Create the corresponding mask path
            mask_name = os.path.basename(img_path).replace('.tif', '_mask.tif')
            mask_path = os.path.join(folder_path, mask_name)

            if mask_path in masks:  # Check if the corresponding mask exists
                image_paths.append(img_path)
                mask_paths.append(mask_path)

# Ensure we have images and masks
print(f"Total images: {len(image_paths)}")
print(f"Total masks: {len(mask_paths)}")

# Check if we have matching lengths
if len(image_paths) != len(mask_paths):
    print("Warning: Number of images does not match number of masks!")

# Split into 80% training and 20% validation
train_image_paths, val_image_paths, train_mask_paths, val_mask_paths = train_test_split(image_paths, mask_paths, test_size=0.2, random_state=42)

print(f"Total training images: {len(train_image_paths)}")
print(f"Total validation images: {len(val_image_paths)}")
```

```
Total images: 116
Total masks: 116
Total training images: 92
Total validation images: 24
```

```
import numpy as np
import cv2
from tensorflow.keras.utils import Sequence
import os

class DataGenerator(Sequence):
    def __init__(self, image_paths, mask_paths, batch_size=16, img_size=(256, 256), shuffle=True):
        self.image_paths = image_paths
        self.mask_paths = mask_paths
        self.batch_size = batch_size
        self.img_size = img_size
        self.shuffle = shuffle
        self.indices = np.arange(len(self.image_paths))
        self.on_epoch_end()

    def __len__(self):
        return int(np.floor(len(self.image_paths) / self.batch_size))

    def __getitem__(self, index):
        indices = self.indices[index * self.batch_size:(index + 1) * self.batch_size]
        batch_image_paths = [self.image_paths[i] for i in indices]
        batch_mask_paths = [self.mask_paths[i] for i in indices]
        return self.__data_generation(batch_image_paths, batch_mask_paths)

    def on_epoch_end(self):
        if self.shuffle:
            np.random.shuffle(self.indices)

    def __data_generation(self, batch_image_paths, batch_mask_paths):
        images = np.empty((self.batch_size, *self.img_size, 3))
        masks = np.empty((self.batch_size, *self.img_size, 1))

        for i, (img_path, mask_path) in enumerate(zip(batch_image_paths, batch_mask_paths)):
            # Load and preprocess the image
            img = cv2.imread(img_path)
            img = cv2.resize(img, self.img_size)
            img = img / 255.0  # Normalize the image
            images[i,] = img

            # Load and preprocess the mask
            mask = cv2.imread(mask_path, cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
            mask = cv2.resize(mask, self.img_size)
            mask = np.expand_dims(mask / 255.0, axis=-1)  # Normalize and expand dims
            masks[i,] = mask

        return images, masks
```

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import layers, models

def nested_unet(input_shape=(256, 256, 3), num_classes=1):
    inputs = layers.Input(shape=input_shape)
    # Encoder
    conv1 = layers.Conv2D(64, (3, 3), padding='same')(inputs)
    conv1 = layers.BatchNormalization()(conv1)
    conv1 = layers.Activation('relu')(conv1)
    conv1 = layers.Conv2D(64, (3, 3), padding='same')(conv1)
    conv1 = layers.BatchNormalization()(conv1)
    conv1 = layers.Activation('relu')(conv1)
    pool1 = layers.MaxPooling2D((2, 2))(conv1)

    conv2 = layers.Conv2D(128, (3, 3), padding='same')(pool1)
    conv2 = layers.BatchNormalization()(conv2)
    conv2 = layers.Activation('relu')(conv2)
    conv2 = layers.Conv2D(128, (3, 3), padding='same')(conv2)
    conv2 = layers.BatchNormalization()(conv2)
    conv2 = layers.Activation('relu')(conv2)
    pool2 = layers.MaxPooling2D((2, 2))(conv2)

    conv3 = layers.Conv2D(256, (3, 3), padding='same')(pool2)
    conv3 = layers.BatchNormalization()(conv3)
    conv3 = layers.Activation('relu')(conv3)
    conv3 = layers.Conv2D(256, (3, 3), padding='same')(conv3)
    conv3 = layers.BatchNormalization()(conv3)
    conv3 = layers.Activation('relu')(conv3)
    pool3 = layers.MaxPooling2D((2, 2))(conv3)

    conv4 = layers.Conv2D(512, (3, 3), padding='same')(pool3)
    conv4 = layers.BatchNormalization()(conv4)
    conv4 = layers.Activation('relu')(conv4)
    conv4 = layers.Conv2D(512, (3, 3), padding='same')(conv4)
    conv4 = layers.BatchNormalization()(conv4)
    conv4 = layers.Activation('relu')(conv4)
    pool4 = layers.MaxPooling2D((2, 2))(conv4)

    conv5 = layers.Conv2D(1024, (3, 3), padding='same')(pool4)
    conv5 = layers.BatchNormalization()(conv5)
    conv5 = layers.Activation('relu')(conv5)
    conv5 = layers.Conv2D(1024, (3, 3), padding='same')(conv5)
    conv5 = layers.BatchNormalization()(conv5)
    conv5 = layers.Activation('relu')(conv5)

    # Decoder
    up6 = layers.Conv2DTranspose(512, (2, 2), strides=(2, 2), padding='same')(conv5)
    merge6 = layers.concatenate([up6, conv4], axis=3)
    conv6 = layers.Conv2D(512, (3, 3), padding='same')(merge6)
    conv6 = layers.BatchNormalization()(conv6)
    conv6 = layers.Activation('relu')(conv6)
    conv6 = layers.Conv2D(512, (3, 3), padding='same')(conv6)
    conv6 = layers.BatchNormalization()(conv6)
    conv6 = layers.Activation('relu')(conv6)

    up7 = layers.Conv2DTranspose(256, (2, 2), strides=(2, 2), padding='same')(conv6)
    merge7 = layers.concatenate([up7, conv3], axis=3)
    conv7 = layers.Conv2D(256, (3, 3), padding='same')(merge7)
    conv7 = layers.BatchNormalization()(conv7)
    conv7 = layers.Activation('relu')(conv7)
    conv7 = layers.Conv2D(256, (3, 3), padding='same')(conv7)
```

```
        conv7 = layers.BatchNormalization()(conv7)
        conv7 = layers.Activation('relu')(conv7)

        up8 = layers.Conv2DTranspose(128, (2, 2), strides=(2, 2), padding='same')(conv7)
        merge8 = layers.concatenate([up8, conv2], axis=3)
        conv8 = layers.Conv2D(128, (3, 3), padding='same')(merge8)
        conv8 = layers.BatchNormalization()(conv8)
        conv8 = layers.Activation('relu')(conv8)
        conv8 = layers.Conv2D(128, (3, 3), padding='same')(conv8)
        conv8 = layers.BatchNormalization()(conv8)
        conv8 = layers.Activation('relu')(conv8)

        up9 = layers.Conv2DTranspose(64, (2, 2), strides=(2, 2), padding='same')(conv8)
        merge9 = layers.concatenate([up9, conv1], axis=3)
        conv9 = layers.Conv2D(64, (3, 3), padding='same')(merge9)
        conv9 = layers.BatchNormalization()(conv9)
        conv9 = layers.Activation('relu')(conv9)
        conv9 = layers.Conv2D(64, (3, 3), padding='same')(conv9)
        conv9 = layers.BatchNormalization()(conv9)
        conv9 = layers.Activation('relu')(conv9)

        outputs = layers.Conv2D(num_classes, (1, 1), activation='sigmoid')(conv9)

        model = models.Model(inputs=inputs, outputs=outputs)
        return model

    # Create the Nested U-Net model
    nested_unet_model = nested_unet()
    nested_unet_model.compile(optimizer='adam', loss='binary_crossentropy', metrics=['accuracy'])
    nested_unet_model.summary()
```

```
Model: "functional"
┏━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┓
┃ Layer (type)              ┃ Output Shape           ┃        Param # ┃ Connected to           ┃
┡━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┩
│ input_layer (InputLayer)  │ (None, 256, 256, 3)    │              0 │ -                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d (Conv2D)           │ (None, 256, 256, 64)   │          1,792 │ input_layer[0][0]      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization       │ (None, 256, 256, 64)   │            256 │ conv2d[0][0]           │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation (Activation)   │ (None, 256, 256, 64)   │              0 │ batch_normalization[0… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_1 (Conv2D)         │ (None, 256, 256, 64)   │         36,928 │ activation[0][0]       │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_1     │ (None, 256, 256, 64)   │            256 │ conv2d_1[0][0]         │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_1 (Activation) │ (None, 256, 256, 64)   │              0 │ batch_normalization_1… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ max_pooling2d             │ (None, 128, 128, 64)   │              0 │ activation_1[0][0]     │
│ (MaxPooling2D)            │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_2 (Conv2D)         │ (None, 128, 128, 128)  │         73,856 │ max_pooling2d[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_2     │ (None, 128, 128, 128)  │            512 │ conv2d_2[0][0]         │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_2 (Activation) │ (None, 128, 128, 128)  │              0 │ batch_normalization_2… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_3 (Conv2D)         │ (None, 128, 128, 128)  │        147,584 │ activation_2[0][0]     │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_3     │ (None, 128, 128, 128)  │            512 │ conv2d_3[0][0]         │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_3 (Activation) │ (None, 128, 128, 128)  │              0 │ batch_normalization_3… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ max_pooling2d_1           │ (None, 64, 64, 128)    │              0 │ activation_3[0][0]     │
│ (MaxPooling2D)            │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_4 (Conv2D)         │ (None, 64, 64, 256)    │        295,168 │ max_pooling2d_1[0][0]  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_4     │ (None, 64, 64, 256)    │          1,024 │ conv2d_4[0][0]         │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_4 (Activation) │ (None, 64, 64, 256)    │              0 │ batch_normalization_4… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_5 (Conv2D)         │ (None, 64, 64, 256)    │        590,080 │ activation_4[0][0]     │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_5     │ (None, 64, 64, 256)    │          1,024 │ conv2d_5[0][0]         │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_5 (Activation) │ (None, 64, 64, 256)    │              0 │ batch_normalization_5… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ max_pooling2d_2           │ (None, 32, 32, 256)    │              0 │ activation_5[0][0]     │
│ (MaxPooling2D)            │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_6 (Conv2D)         │ (None, 32, 32, 512)    │      1,180,160 │ max_pooling2d_2[0][0]  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_6     │ (None, 32, 32, 512)    │          2,048 │ conv2d_6[0][0]         │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_6 (Activation) │ (None, 32, 32, 512)    │              0 │ batch_normalization_6… │
```

```
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_7 (Conv2D)         │ (None, 32, 32, 512)    │      2,359,808 │ activation_6[0][0]     │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_7     │ (None, 32, 32, 512)    │          2,048 │ conv2d_7[0][0]         │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_7 (Activation) │ (None, 32, 32, 512)    │              0 │ batch_normalization_7… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ max_pooling2d_3           │ (None, 16, 16, 512)    │              0 │ activation_7[0][0]     │
│ (MaxPooling2D)            │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_8 (Conv2D)         │ (None, 16, 16, 1024)   │      4,719,616 │ max_pooling2d_3[0][0]  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_8     │ (None, 16, 16, 1024)   │          4,096 │ conv2d_8[0][0]         │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_8 (Activation) │ (None, 16, 16, 1024)   │              0 │ batch_normalization_8… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_9 (Conv2D)         │ (None, 16, 16, 1024)   │      9,438,208 │ activation_8[0][0]     │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_9     │ (None, 16, 16, 1024)   │          4,096 │ conv2d_9[0][0]         │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_9 (Activation) │ (None, 16, 16, 1024)   │              0 │ batch_normalization_9… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_transpose          │ (None, 32, 32, 512)    │      2,097,664 │ activation_9[0][0]     │
│ (Conv2DTranspose)         │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ concatenate (Concatenate) │ (None, 32, 32, 1024)   │              0 │ conv2d_transpose[0][0… │
│                           │                        │                │ activation_7[0][0]     │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_10 (Conv2D)        │ (None, 32, 32, 512)    │      4,719,104 │ concatenate[0][0]      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_10    │ (None, 32, 32, 512)    │          2,048 │ conv2d_10[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_10             │ (None, 32, 32, 512)    │              0 │ batch_normalization_1… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_11 (Conv2D)        │ (None, 32, 32, 512)    │      2,359,808 │ activation_10[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_11    │ (None, 32, 32, 512)    │          2,048 │ conv2d_11[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_11             │ (None, 32, 32, 512)    │              0 │ batch_normalization_1… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_transpose_1        │ (None, 64, 64, 256)    │        524,544 │ activation_11[0][0]    │
│ (Conv2DTranspose)         │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ concatenate_1             │ (None, 64, 64, 512)    │              0 │ conv2d_transpose_1[0]… │
│ (Concatenate)             │                        │                │ activation_5[0][0]     │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_12 (Conv2D)        │ (None, 64, 64, 256)    │      1,179,904 │ concatenate_1[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_12    │ (None, 64, 64, 256)    │          1,024 │ conv2d_12[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_12             │ (None, 64, 64, 256)    │              0 │ batch_normalization_1… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_13 (Conv2D)        │ (None, 64, 64, 256)    │        590,080 │ activation_12[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
```

```
│ batch_normalization_13    │ (None, 64, 64, 256)    │        1,024 │ conv2d_13[0][0]      │
│ (BatchNormalization)      │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ activation_13             │ (None, 64, 64, 256)    │            0 │ batch_normalization_1… │
│ (Activation)              │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2d_transpose_2        │ (None, 128, 128, 128)  │      131,200 │ activation_13[0][0]  │
│ (Conv2DTranspose)         │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ concatenate_2             │ (None, 128, 128, 256)  │            0 │ conv2d_transpose_2[0]… │
│ (Concatenate)             │                        │              │ activation_3[0][0]   │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2d_14 (Conv2D)        │ (None, 128, 128, 128)  │      295,040 │ concatenate_2[0][0]  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ batch_normalization_14    │ (None, 128, 128, 128)  │          512 │ conv2d_14[0][0]      │
│ (BatchNormalization)      │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ activation_14             │ (None, 128, 128, 128)  │            0 │ batch_normalization_1… │
│ (Activation)              │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2d_15 (Conv2D)        │ (None, 128, 128, 128)  │      147,584 │ activation_14[0][0]  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ batch_normalization_15    │ (None, 128, 128, 128)  │          512 │ conv2d_15[0][0]      │
│ (BatchNormalization)      │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ activation_15             │ (None, 128, 128, 128)  │            0 │ batch_normalization_1… │
│ (Activation)              │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2d_transpose_3        │ (None, 256, 256, 64)   │       32,832 │ activation_15[0][0]  │
│ (Conv2DTranspose)         │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ concatenate_3             │ (None, 256, 256, 128)  │            0 │ conv2d_transpose_3[0]… │
│ (Concatenate)             │                        │              │ activation_1[0][0]   │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2d_16 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 64)   │       73,792 │ concatenate_3[0][0]  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ batch_normalization_16    │ (None, 256, 256, 64)   │          256 │ conv2d_16[0][0]      │
│ (BatchNormalization)      │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ activation_16             │ (None, 256, 256, 64)   │            0 │ batch_normalization_1… │
│ (Activation)              │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2d_17 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 64)   │       36,928 │ activation_16[0][0]  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ batch_normalization_17    │ (None, 256, 256, 64)   │          256 │ conv2d_17[0][0]      │
│ (BatchNormalization)      │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ activation_17             │ (None, 256, 256, 64)   │            0 │ batch_normalization_1… │
│ (Activation)              │                        │              │                      │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼──────────────┼──────────────────────┤
│ conv2d_18 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 1)    │           65 │ activation_17[0][0]  │
└───────────────────────────┴────────────────────────┴──────────────┴──────────────────────┘
 Total params: 31,055,297 (118.47 MB)
 Trainable params: 31,043,521 (118.42 MB)
```

```
def attention_gate(x, g, inter_channel):
    theta_x = layers.Conv2D(inter_channel, (1, 1), strides=(1, 1), padding='same')(x)
    theta_g = layers.Conv2D(inter_channel, (1, 1), strides=(1, 1), padding='same')(g)
    phi_g = layers.Conv2D(inter_channel, (1, 1), strides=(1, 1), padding='same')(g)

    f = layers.add([theta_x, phi_g])
    f = layers.Activation('relu')(f)

    psi_f = layers.Conv2D(1, (1, 1), padding='same')(f)
    psi_f = layers.Activation('sigmoid')(psi_f)

    return layers.multiply([x, psi_f])

def attention_unet(input_shape=(256, 256, 3), num_classes=1):
    inputs = layers.Input(shape=input_shape)

    # Encoder
    conv1 = layers.Conv2D(64, (3, 3), padding='same')(inputs)
    conv1 = layers.BatchNormalization()(conv1)
    conv1 = layers.Activation('relu')(conv1)
    conv1 = layers.Conv2D(64, (3, 3), padding='same')(conv1)
    conv1 = layers.BatchNormalization()(conv1)
    conv1 = layers.Activation('relu')(conv1)
    pool1 = layers.MaxPooling2D((2, 2))(conv1)

    conv2 = layers.Conv2D(128, (3, 3), padding='same')(pool1)
    conv2 = layers.BatchNormalization()(conv2)
    conv2 = layers.Activation('relu')(conv2)
    conv2 = layers.Conv2D(128, (3, 3), padding='same')(conv2)
    conv2 = layers.BatchNormalization()(conv2)
    conv2 = layers.Activation('relu')(conv2)
    pool2 = layers.MaxPooling2D((2, 2))(conv2)

    conv3 = layers.Conv2D(256, (3, 3), padding='same')(pool2)
    conv3 = layers.BatchNormalization()(conv3)
    conv3 = layers.Activation('relu')(conv3)
    conv3 = layers.Conv2D(256, (3, 3), padding='same')(conv3)
    conv3 = layers.BatchNormalization()(conv3)
    conv3 = layers.Activation('relu')(conv3)
    pool3 = layers.MaxPooling2D((2, 2))(conv3)

    conv4 = layers.Conv2D(512, (3, 3), padding='same')(pool3)
    conv4 = layers.BatchNormalization()(conv4)
    conv4 = layers.Activation('relu')(conv4)
    conv4 = layers.Conv2D(512, (3, 3), padding='same')(conv4)
    conv4 = layers.BatchNormalization()(conv4)
    conv4 = layers.Activation('relu')(conv4)
    pool4 = layers.MaxPooling2D((2, 2))(conv4)

    conv5 = layers.Conv2D(1024, (3, 3), padding='same')(pool4)
    conv5 = layers.BatchNormalization()(conv5)
    conv5 = layers.Activation('relu')(conv5)
    conv5 = layers.Conv2D(1024, (3, 3), padding='same')(conv5)
    conv5 = layers.BatchNormalization()(conv5)
    conv5 = layers.Activation('relu')(conv5)
```

```
        # Decoder with Attention Gates
        up6 = layers.Conv2DTranspose(512, (2, 2), strides=(2, 2), padding='same')(conv5)
        att6 = attention_gate(conv4, up6, 512)
        merge6 = layers.concatenate([up6, att6], axis=3)
        conv6 = layers.Conv2D(512, (3, 3), padding='same')(merge6)
        conv6 = layers.BatchNormalization()(conv6)
        conv6 = layers.Activation('relu')(conv6)
        conv6 = layers.Conv2D(512, (3, 3), padding='same')(conv6)
        conv6 = layers.BatchNormalization()(conv6)
        conv6 = layers.Activation('relu')(conv6)

        up7 = layers.Conv2DTranspose(256, (2, 2), strides=(2, 2), padding='same')(conv6)
        att7 = attention_gate(conv3, up7, 256)
        merge7 = layers.concatenate([up7, att7], axis=3)
        conv7 = layers.Conv2D(256, (3, 3), padding='same')(merge7)
        conv7 = layers.BatchNormalization()(conv7)
        conv7 = layers.Activation('relu')(conv7)
        conv7 = layers.Conv2D(256, (3, 3), padding='same')(conv7)
        conv7 = layers.BatchNormalization()(conv7)
        conv7 = layers.Activation('relu')(conv7)

        up8 = layers.Conv2DTranspose(128, (2, 2), strides=(2, 2), padding='same')(conv7)
        att8 = attention_gate(conv2, up8, 128)
        merge8 = layers.concatenate([up8, att8], axis=3)
        conv8 = layers.Conv2D(128, (3, 3), padding='same')(merge8)
        conv8 = layers.BatchNormalization()(conv8)
        conv8 = layers.Activation('relu')(conv8)
        conv8 = layers.Conv2D(128, (3, 3), padding='same')(conv8)
        conv8 = layers.BatchNormalization()(conv8)
        conv8 = layers.Activation('relu')(conv8)

        up9 = layers.Conv2DTranspose(64, (2, 2), strides=(2, 2), padding='same')(conv8)
        att9 = attention_gate(conv1, up9, 64)
        merge9 = layers.concatenate([up9, att9], axis=3)
        conv9 = layers.Conv2D(64, (3, 3), padding='same')(merge9)
        conv9 = layers.BatchNormalization()(conv9)
        conv9 = layers.Activation('relu')(conv9)
        conv9 = layers.Conv2D(64, (3, 3), padding='same')(conv9)
        conv9 = layers.BatchNormalization()(conv9)
        conv9 = layers.Activation('relu')(conv9)

        outputs = layers.Conv2D(num_classes, (1, 1), activation='sigmoid')(conv9)

        model = models.Model(inputs=inputs, outputs=outputs)
        return model

    # Create the Attention U-Net model
    attention_unet_model = attention_unet()
    attention_unet_model.compile(optimizer='adam', loss='binary_crossentropy', metrics=['accuracy'])
    attention_unet_model.summary()
```

```
Model: "functional_1"
┏━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┓
┃ Layer (type)              ┃ Output Shape           ┃        Param # ┃ Connected to           ┃
┡━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┩
│ input_layer_1             │ (None, 256, 256, 3)    │              0 │ -                      │
│ (InputLayer)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_19 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 64)   │          1,792 │ input_layer_1[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_18    │ (None, 256, 256, 64)   │            256 │ conv2d_19[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_18             │ (None, 256, 256, 64)   │              0 │ batch_normalization_1… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_20 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 64)   │         36,928 │ activation_18[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_19    │ (None, 256, 256, 64)   │            256 │ conv2d_20[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_19             │ (None, 256, 256, 64)   │              0 │ batch_normalization_1… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ max_pooling2d_4           │ (None, 128, 128, 64)   │              0 │ activation_19[0][0]    │
│ (MaxPooling2D)            │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_21 (Conv2D)        │ (None, 128, 128, 128)  │         73,856 │ max_pooling2d_4[0][0]  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_20    │ (None, 128, 128, 128)  │            512 │ conv2d_21[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_20             │ (None, 128, 128, 128)  │              0 │ batch_normalization_2… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_22 (Conv2D)        │ (None, 128, 128, 128)  │        147,584 │ activation_20[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_21    │ (None, 128, 128, 128)  │            512 │ conv2d_22[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_21             │ (None, 128, 128, 128)  │              0 │ batch_normalization_2… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ max_pooling2d_5           │ (None, 64, 64, 128)    │              0 │ activation_21[0][0]    │
│ (MaxPooling2D)            │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_23 (Conv2D)        │ (None, 64, 64, 256)    │        295,168 │ max_pooling2d_5[0][0]  │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_22    │ (None, 64, 64, 256)    │          1,024 │ conv2d_23[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_22             │ (None, 64, 64, 256)    │              0 │ batch_normalization_2… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_24 (Conv2D)        │ (None, 64, 64, 256)    │        590,080 │ activation_22[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_23    │ (None, 64, 64, 256)    │          1,024 │ conv2d_24[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_23             │ (None, 64, 64, 256)    │              0 │ batch_normalization_2… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ max_pooling2d_6           │ (None, 32, 32, 256)    │              0 │ activation_23[0][0]    │
│ (MaxPooling2D)            │                        │                │                        │
```

```
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_25 (Conv2D)        │ (None, 32, 32, 512)     │      1,180,160 │ max_pooling2d_6[0][0]  │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_24    │ (None, 32, 32, 512)     │          2,048 │ conv2d_25[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_24             │ (None, 32, 32, 512)     │              0 │ batch_normalization_2… │
│ (Activation)              │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_26 (Conv2D)        │ (None, 32, 32, 512)     │      2,359,808 │ activation_24[0][0]    │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_25    │ (None, 32, 32, 512)     │          2,048 │ conv2d_26[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_25             │ (None, 32, 32, 512)     │              0 │ batch_normalization_2… │
│ (Activation)              │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ max_pooling2d_7           │ (None, 16, 16, 512)     │              0 │ activation_25[0][0]    │
│ (MaxPooling2D)            │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_27 (Conv2D)        │ (None, 16, 16, 1024)    │      4,719,616 │ max_pooling2d_7[0][0]  │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_26    │ (None, 16, 16, 1024)    │          4,096 │ conv2d_27[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_26             │ (None, 16, 16, 1024)    │              0 │ batch_normalization_2… │
│ (Activation)              │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_28 (Conv2D)        │ (None, 16, 16, 1024)    │      9,438,208 │ activation_26[0][0]    │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_27    │ (None, 16, 16, 1024)    │          4,096 │ conv2d_28[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_27             │ (None, 16, 16, 1024)    │              0 │ batch_normalization_2… │
│ (Activation)              │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_transpose_4        │ (None, 32, 32, 512)     │      2,097,664 │ activation_27[0][0]    │
│ (Conv2DTranspose)         │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_29 (Conv2D)        │ (None, 32, 32, 512)     │        262,656 │ activation_25[0][0]    │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_31 (Conv2D)        │ (None, 32, 32, 512)     │        262,656 │ conv2d_transpose_4[0]… │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ add (Add)                 │ (None, 32, 32, 512)     │              0 │ conv2d_29[0][0],       │
│                           │                         │                │ conv2d_31[0][0]        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_28             │ (None, 32, 32, 512)     │              0 │ add[0][0]              │
│ (Activation)              │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_32 (Conv2D)        │ (None, 32, 32, 1)       │            513 │ activation_28[0][0]    │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_29             │ (None, 32, 32, 1)       │              0 │ conv2d_32[0][0]        │
│ (Activation)              │                         │                │                        │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ multiply (Multiply)       │ (None, 32, 32, 512)     │              0 │ activation_25[0][0],   │
│                           │                         │                │ activation_29[0][0]    │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ concatenate_4             │ (None, 32, 32, 1024)    │              0 │ conv2d_transpose_4[0]… │
│ (Concatenate)             │                         │                │ multiply[0][0]         │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_33 (Conv2D)        │ (None, 32, 32, 512)     │      4,719,104 │ concatenate_4[0][0]    │
├───────────────────────────┼─────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_28    │ (None, 32, 32, 512)     │          2,048 │ conv2d_33[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_30             │ (None, 32, 32, 512)    │              0 │ batch_normalization_2… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_34 (Conv2D)        │ (None, 32, 32, 512)    │      2,359,808 │ activation_30[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_29    │ (None, 32, 32, 512)    │          2,048 │ conv2d_34[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_31             │ (None, 32, 32, 512)    │              0 │ batch_normalization_2… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_transpose_5        │ (None, 64, 64, 256)    │        524,544 │ activation_31[0][0]    │
│ (Conv2DTranspose)         │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_35 (Conv2D)        │ (None, 64, 64, 256)    │         65,792 │ activation_23[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_37 (Conv2D)        │ (None, 64, 64, 256)    │         65,792 │ conv2d_transpose_5[0]… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ add_1 (Add)               │ (None, 64, 64, 256)    │              0 │ conv2d_35[0][0],       │
│                           │                        │                │ conv2d_37[0][0]        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_32             │ (None, 64, 64, 256)    │              0 │ add_1[0][0]            │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_38 (Conv2D)        │ (None, 64, 64, 1)      │            257 │ activation_32[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_33             │ (None, 64, 64, 1)      │              0 │ conv2d_38[0][0]        │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ multiply_1 (Multiply)     │ (None, 64, 64, 256)    │              0 │ activation_23[0][0],   │
│                           │                        │                │ activation_33[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ concatenate_5             │ (None, 64, 64, 512)    │              0 │ conv2d_transpose_5[0]… │
│ (Concatenate)             │                        │                │ multiply_1[0][0]       │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_39 (Conv2D)        │ (None, 64, 64, 256)    │      1,179,904 │ concatenate_5[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_30    │ (None, 64, 64, 256)    │          1,024 │ conv2d_39[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_34             │ (None, 64, 64, 256)    │              0 │ batch_normalization_3… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_40 (Conv2D)        │ (None, 64, 64, 256)    │        590,080 │ activation_34[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ batch_normalization_31    │ (None, 64, 64, 256)    │          1,024 │ conv2d_40[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_35             │ (None, 64, 64, 256)    │              0 │ batch_normalization_3… │
│ (Activation)              │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_transpose_6        │ (None, 128, 128, 128)  │        131,200 │ activation_35[0][0]    │
│ (Conv2DTranspose)         │                        │                │                        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_41 (Conv2D)        │ (None, 128, 128, 128)  │         16,512 │ activation_21[0][0]    │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_43 (Conv2D)        │ (None, 128, 128, 128)  │         16,512 │ conv2d_transpose_6[0]… │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ add_2 (Add)               │ (None, 128, 128, 128)  │              0 │ conv2d_41[0][0],       │
│                           │                        │                │ conv2d_43[0][0]        │
├───────────────────────────┼────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_36             │ (None, 128, 128, 128)  │              0 │ add_2[0][0]            │
│ (Activation)              │                           │                │ 
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ conv2d_44 (Conv2D)        │ (None, 128, 128, 1)       │            129 │ activation_36[0][0]      │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ activation_37             │ (None, 128, 128, 1)       │              0 │ conv2d_44[0][0]          │
│ (Activation)              │                           │                │                          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ multiply_2 (Multiply)     │ (None, 128, 128, 128)     │              0 │ activation_21[0][0],     │
│                           │                           │                │ activation_37[0][0]      │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ concatenate_6             │ (None, 128, 128, 256)     │              0 │ conv2d_transpose_6[0]…   │
│ (Concatenate)             │                           │                │ multiply_2[0][0]         │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ conv2d_45 (Conv2D)        │ (None, 128, 128, 128)     │        295,040 │ concatenate_6[0][0]      │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ batch_normalization_32    │ (None, 128, 128, 128)     │            512 │ conv2d_45[0][0]          │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ activation_38             │ (None, 128, 128, 128)     │              0 │ batch_normalization_3…   │
│ (Activation)              │                           │                │                          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ conv2d_46 (Conv2D)        │ (None, 128, 128, 128)     │        147,584 │ activation_38[0][0]      │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ batch_normalization_33    │ (None, 128, 128, 128)     │            512 │ conv2d_46[0][0]          │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ activation_39             │ (None, 128, 128, 128)     │              0 │ batch_normalization_3…   │
│ (Activation)              │                           │                │                          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ conv2d_transpose_7        │ (None, 256, 256, 64)      │         32,832 │ activation_39[0][0]      │
│ (Conv2DTranspose)         │                           │                │                          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ conv2d_47 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 64)      │          4,160 │ activation_19[0][0]      │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ conv2d_49 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 64)      │          4,160 │ conv2d_transpose_7[0]…   │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ add_3 (Add)               │ (None, 256, 256, 64)      │              0 │ conv2d_47[0][0],         │
│                           │                           │                │ conv2d_49[0][0]          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ activation_40             │ (None, 256, 256, 64)      │              0 │ add_3[0][0]              │
│ (Activation)              │                           │                │                          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ conv2d_50 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 1)       │             65 │ activation_40[0][0]      │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ activation_41             │ (None, 256, 256, 1)       │              0 │ conv2d_50[0][0]          │
│ (Activation)              │                           │                │                          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ multiply_3 (Multiply)     │ (None, 256, 256, 64)      │              0 │ activation_19[0][0],     │
│                           │                           │                │ activation_41[0][0]      │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ concatenate_7             │ (None, 256, 256, 128)     │              0 │ conv2d_transpose_7[0]…   │
│ (Concatenate)             │                           │                │ multiply_3[0][0]         │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ conv2d_51 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 64)      │         73,792 │ concatenate_7[0][0]      │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ batch_normalization_34    │ (None, 256, 256, 64)      │            256 │ conv2d_51[0][0]          │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ activation_42             │ (None, 256, 256, 64)      │              0 │ batch_normalization_3…   │
│ (Activation)              │                           │                │                          │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
│ conv2d_52 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 64)      │         36,928 │ activation_42[0][0]      │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼──────────────────────────┤
```

```
│ batch_normalization_35    │ (None, 256, 256, 64)      │            256 │ conv2d_52[0][0]        │
│ (BatchNormalization)      │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ activation_43             │ (None, 256, 256, 64)      │              0 │ batch_normalization_3… │
│ (Activation)              │                           │                │                        │
├───────────────────────────┼───────────────────────────┼────────────────┼────────────────────────┤
│ conv2d_53 (Conv2D)        │ (None, 256, 256, 1)       │             65 │ activation_43[0][0]    │
└───────────────────────────┴───────────────────────────┴────────────────┴────────────────────────┘
 Total params: 31,754,501 (121.13 MB)
 Trainable params: 31,742,725 (121.09 MB)
```

```
# Assuming you have already split your dataset into train and validation sets
train_generator = DataGenerator(train_image_paths, train_mask_paths, batch_size=16, img_size=(256, 256), shuffle=True)
val_generator = DataGenerator(val_image_paths, val_mask_paths, batch_size=16, img_size=(256, 256), shuffle=False)
```

```
# Set the number of epochs
EPOCHS = 50  # Adjust this as needed

# Train Nested U-Net
history_nested_unet = nested_unet_model.fit(train_generator, epochs=EPOCHS, validation_data=val_generator)

# Train Attention U-Net
history_attention_unet = attention_unet_model.fit(train_generator, epochs=EPOCHS, validation_data=val_generator)
```

```
Epoch 1/50
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/keras/src/trainers/data_adapters/py_dataset_adapter.py:121: UserWarning: Your `PyDataset` class should call `super().__init__(**kwargs)` in its constructor
  self._warn_if_super_not_called()
```