

分类号      xxxx  
U D C      xxxx

学校代码      xxxx  
密 级      公开

# 硕士学位论文

基于 xxxxxxx 分析

学位申请人姓名      xxxxxxxx

学位申请人学号      xxxxxxxxx

专业（领域）名称      xxxxxxxxx

学 位 类 别      xxxxxxxx

学院（部、研究院）      xxxxxx

导 师 姓 名      xxxxxx

二〇二四年五月

## XXX 大学

### 学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文基于 xxxx 与 xxxx 分析是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写的作品或成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律后果由本人承担。

论文作者签名：

日期： 年 月 日

## XXX 大学

### 学位论文使用授权说明

本学位论文作者完全了解深圳大学关于收集、保存、使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属深圳大学。学校有权保留学位论文并向国家主管部门或其他机构送交论文的电子版和纸质版，允许论文被查阅和借阅。本人授权深圳大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(涉密学位论文在解密后适用本授权书)

论文作者签名：

导师签名：

日期： 年 月 日

日期： 年 月 日

## 摘要

光学相干断层扫描 (OCT) 图像语义分割在激光焊接熔池检测等工业应用中具有重要意义。传统的语义分割方法在处理 OCT 图像时存在全局上下文信息捕获不足和局部细节信息丢失的问题，导致分割精度不高。针对上述问题，本文提出了一种基于改进 DeepLabV3+ 的 OCT 图像语义分割方法。

本文在对 DeepLabV3+ 模型的改进中，针对 OCT 图像分割任务中全局上下文信息捕获不足和局部细节信息丢失两大核心问题，提出了系统性的改进方案。在原模型的特征提取部分，采用 ResNet18-V1c 作为骨干网络，提取多尺度特征。在 ASPP 模块后，针对传统卷积难以建模长距离空间依赖的问题，引入 TR (Transformer Routing) 全局注意力模块。TR 模块采用双层路由注意力机制，首先将 ASPP 输出的  $32 \times 32$  特征图按照  $4 \times 4$  窗口大小进行分割，得到 64 个窗口；然后通过区域级路由计算窗口间的相似度，对每个窗口选择 Top-4 个最相关的窗口进行注意力计算；最后在选定的窗口内进行令牌级注意力计算，建立长距离依赖关系。这种 TopK 路由机制将计算复杂度从  $O(n^2)$  降低至  $O(n^2 \times k/p^2)$ ，约减少 75% 的计算量，在保持全局上下文建模能力的同时提高了计算效率。在解码器特征融合后，针对低级特征与高级语义特征融合时空间位置信息丢失和通道权重分配不合理的问题，引入 SAE (Spatial Attention Enhancement) 局部注意力模块。SAE 模块首先通过坐标注意力机制，对输入特征图在高度和宽度方向分别进行池化，生成空间注意力权重，增强重要空间位置的特征表示；然后通过 4 分支的通道注意力机制，对全局平均池化后的特征进行多分支全连接处理，生成通道注意力权重，增强重要通道的特征表示；最终通过元素级相乘将两种注意力权重应用到特征图上，实现空间和通道维度的双重增强，提高边界分割精度。此外，针对 OCT 图像中目标像素与背景像素分布不均衡的问题，采用交叉熵损失和 Dice 损失的加权组合损失函数，有效处理类别不平衡问题。

实验在包含 912 张训练图像和 228 张测试图像的 OCT 图像数据集上进行。实验结果表明，本文方法在测试集上取得了优异的性能表现，整体 mIoU 达到 0.911，相比基线模型 DeepLabV3+ 提升了 7.1%，目标类别的 IoU 提升了 16.3%。消融实验表明，SAE 模块和 TR 模块具有协同效应，双重注意力机制的性能提升

超过单独使用任一模块的效果。与现有方法相比，本文方法在分割精度上具有明显优势，同时保持了良好的计算效率。

实验结果表明，本文提出的双重注意力机制有效提升了 OCT 图像语义分割的精度，在激光焊接熔池检测等应用中具有良好的实用价值。

**关键词：** 语义分割；DeepLabV3+；注意力机制；OCT 图像；激光焊接

## ABSTRACT

Optical Coherence Tomography (OCT) image semantic segmentation is of great significance in industrial applications such as laser welding pool detection. Traditional semantic segmentation methods suffer from insufficient global context information capture and loss of local detail information when processing OCT images, resulting in low segmentation accuracy. To address these problems, this paper proposes an OCT image semantic segmentation method based on improved DeepLabV3+.

In the improvement of the DeepLabV3+ model, this paper proposes systematic improvements to address two core challenges in OCT image segmentation: insufficient global context information capture and loss of local detail information. For the feature extraction component, ResNet18-V1c is adopted as the backbone network to extract multi-scale features. After the ASPP module, to address the problem that traditional convolutions struggle to model long-range spatial dependencies, a TR (Transformer Routing) global attention module is introduced. The TR module adopts a bi-level routing attention mechanism: first, the  $32 \times 32$  feature map output from ASPP is divided into  $4 \times 4$  windows, resulting in 64 windows; then, window-level similarity is computed through regional routing, and for each window, the Top-4 most relevant windows are selected for attention computation; finally, token-level attention is computed within the selected windows to establish long-range dependencies. This TopK routing mechanism reduces computational complexity from  $O(n^2)$  to  $O(n^2 \times k/p^2)$ , approximately reducing 75% of computation, maintaining global context modeling capability while improving computational efficiency. After decoder feature fusion, to address the problems of spatial location information loss and unreasonable channel weight allocation during the fusion of low-level and high-level semantic features, an SAE (Spatial Attention Enhancement) local attention module is introduced. The SAE module first uses coordinate attention to pool the input feature map in height and width directions respectively, generating spatial attention weights to enhance features at important spatial locations; then uses a 4-branch channel attention mechanism to process globally average-pooled fea-

tures through multi-branch fully connected layers, generating channel attention weights to enhance important channels; finally applies both attention weights to the feature map through element-wise multiplication, achieving dual enhancement in both spatial and channel dimensions and improving boundary segmentation accuracy. Additionally, to address the pixel imbalance between target and background pixels in OCT images, a weighted combination of cross-entropy loss and Dice loss is adopted to effectively handle class imbalance.

Experiments are conducted on an OCT image dataset containing 912 training images and 228 test images. Experimental results show that the proposed method achieves excellent performance on the test set, with overall mIoU reaching 0.911, an improvement of 7.1% compared to the baseline DeepLabV3+ model, and target class IoU improving by 16.3%. Ablation experiments demonstrate that the SAE and TR modules have synergistic effects, with the dual attention mechanism achieving performance improvements exceeding those of using either module alone. Compared with existing methods, the proposed method has obvious advantages in segmentation accuracy while maintaining good computational efficiency.

Experimental results demonstrate that the proposed dual attention mechanism effectively improves the accuracy of OCT image semantic segmentation and has good practical value in applications such as laser welding pool detection.

**Key words:** Semantic Segmentation; DeepLabV3+; Attention Mechanism; OCT Image; Laser Welding

## 符号和缩略语说明

OCT	光学相干断层扫描 (Optical Coherence Tomography)
ASPP	空洞空间金字塔池化 (Atrous Spatial Pyramid Pooling)
TR	变换器路由 (Transformer Routing)
SAE	空间注意力增强 (Spatial Attention Enhancement)
mIoU	平均交并比 (Mean Intersection over Union)
mAcc	平均准确率 (Mean Accuracy)
HD95	豪斯多夫距离 95% 分位数 (95th Percentile Hausdorff Distance)

# 目 录

<b>摘要.....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>III</b>
<b>符号和缩略语说明.....</b>	<b>V</b>
<b>第一章 绪论.....</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景及意义.....	1
1.2 研究背景及意义.....	2
<b>第二章 XXXXXX .....</b>	<b>3</b>
2.1 引言 .....	3
2.1.1 研究问题表述.....	3
2.1.2 研究问题表述.....	3
2.2 引言 .....	4
2.2.1 研究问题表述.....	4
2.2.2 研究问题表述.....	4
<b>第三章 XXXXXX .....</b>	<b>5</b>
3.1 引言 .....	5
3.1.1 研究问题表述.....	5
3.1.2 研究问题表述.....	5
3.2 引言 .....	6
3.2.1 研究问题表述.....	6
3.2.2 研究问题表述.....	6
<b>第四章 XXXXXX .....</b>	<b>7</b>
4.1 引言 .....	7
4.1.1 研究问题表述.....	7
4.1.2 研究问题表述.....	7
4.2 引言 .....	8
4.2.1 研究问题表述.....	8
4.2.2 研究问题表述.....	8
<b>第五章 总结与展望 .....</b>	<b>9</b>
5.1 论文总结 .....	9
5.2 研究展望 .....	9

参考文献.....	10
致谢.....	11
攻读硕士学位期间的研究成果 .....	12

# 第一章 绪论

## 1.1 研究背景及意义

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。<sup>①</sup>学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

如图1-1所示



图 1-1 11111

如表1-1所示

---

<sup>①</sup>这是脚注

**表 1-1 评估结果**

模型	F1	F2	F3
AE	xx	0.111	0.111
VAE	<b>0.222</b>	0.312	0.44

## 1.2 研究背景及意义

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

## 第二章 XXXXXXXX

### 2.1 引言

#### 2.1.1 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题<sup>[1]</sup>。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

#### 2.1.2 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系<sup>[2]</sup>。

## 2.2 引言

### 2.2.1 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

### 2.2.2 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

## 第三章 XXXXXXXX

### 3.1 引言

#### 3.1.1 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题<sup>[1]</sup>。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

#### 3.1.2 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系<sup>[2]</sup>。

## 3.2 引言

### 3.2.1 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

### 3.2.2 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

## 第四章 xxxxxxxx

### 4.1 引言

#### 4.1.1 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题<sup>[1]</sup>。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

#### 4.1.2 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系<sup>[2]</sup>。

## 4.2 引言

### 4.2.1 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

### 4.2.2 研究问题表述

研究生生活是一段充满智慧和探索的旅程。在这个阶段，学生们接触到更深层次的学术内容，面对更具挑战性的问题，并在学术界展开独立研究。研究生院的学术氛围让学生们有机会深入研究他们感兴趣的领域，与导师和同行们共同探讨和解决复杂的问题。

除了学术挑战，研究生生活也涵盖了更广泛的社交和职业发展。学生们与来自不同背景和领域的同学共同学习，建立起深厚的人际关系。同时，与导师的交流和合作为学生们提供了更广泛的职业发展机会，帮助他们在未来的职业生涯中更好地发展。

在研究生院，学生们有机会参与各种学术和社会活动，拓展他们的视野。这包括学术研讨会、专题讲座、学术合作项目等。通过这些活动，他们能够更全面地了解自己的专业领域，并与其他研究者建立联系。

## 第五章 总结与展望

### 5.1 论文总结

XXX

### 5.2 研究展望

XXXXX

## 参 考 文 献

- [1] CRYER J D, CHAN K-S, OTHERS. 时间序列分析及应用: R 语言 [M]. [S.I.]: 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [2] ATAMURADOV V, MEDJAHER K, DERSIN P, et al. Prognostics and health management for maintenance practitioners-Review, implementation and tools evaluation.[J]. International Journal of Prognostics and Health Management, 2017, 8(3) : 1–31.

## 致 谢

感谢

## 攻读硕士学位期间的研究成果

### 学术论文

[1] xxxx, xxxx, xxxx. xxxx. (SCI 收录, 对应学位论文第三章)