

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学 号: 23020141153180

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于深度残差网络的心脏肿瘤识别和分割研究

Research of Classification and Segmentation of Left Aneurysm

Based on Deep Residual Net

金屹伦

指导教师: 王连生 副教授

专业名称: 计算机技术

论文提交日期: 2017 年 月

论文答辩日期: 2017 年 月

学位授予日期: 2017 年 月

答辩委员会主席: 李 斌

评 阅 人: _____

2017 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或研究室的资助,在()研究室完成。

声明人(签名): 余屹心

2017年5月19日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

() 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

() 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

俞屹伦

2017年 5月 17日

摘要

房壁瘤可以分成两种：一种是先天性房壁瘤，一种是后天生成的房壁瘤。其中先天性房壁瘤是比较少见的疾病，至今国内外有报道的案例不超过 50 例。房壁瘤多发于左心房的心耳周边。左房壁瘤的瘤体尺寸不定，表面相对较薄，当房壁瘤较大时，瘤体会压迫周遭血管，从而导致缺氧，行动缓慢等一系列症状。如果忽视其带来的影响，后果往往可能致命。因此，在临床上，精确地识别和分割肿瘤对于早期诊断和治疗计划的制定非常重要。然而，对房壁瘤的识别和分割仍然是一项严峻的挑战，主要原因是房壁瘤的尺寸非常小，同时其周遭的环境相当复杂，对于分割算法存在诸多干扰。

为了完成分割肿瘤的任务，需要对心脏 CT 影像中的肿瘤进行识别。首先对 CT 影像进行预处理，包括去噪，分割，放大以及灰度值归一化等操作。接着论文搭建了深度残差网络框架，同时将预处理之后的 CT 影像制作成数据集并且对其训练。深度残差网络具有速度快、收敛性好、鲁棒性高等特点。训练得到的模型应用于测试数据，将预测结果与权值系数进行加权作为最后结果，并以此作为判断是否存在肿瘤的参数，完成肿瘤识别。实验结果表明深度残差网络能很好的应用于肿瘤识别任务中，并且比 AlexNet 等网络表现出更好的识别效果。完成肿瘤识别之后，论文仍采用深度残差网络对肿瘤区域进行分割。论文首先基于肿瘤分割问题对深度残差网络进行了优化，搭建了优化的网络模型。然后将肿瘤分成若干图像块，输入模型进行训练，得到分类器。测试数据同样被切分成图像块进行碎片预测，经过投票算法优化，得到最终的分割结果。研究结果表明优化的深度残差网络具有较为理想的分类性能，其表现超越 AlexNet 以及原始 ResNet，表明深度学习在医学图像分割领域有较高的应用价值。

关键字：CT 影像；房壁瘤；肿瘤识别和分割；深度残差网络。

Abstract

Atrial aneurysm has two types: the first kind is congenital Left aneurysm, second is acquired generation. The congenital left aneurysm is a pretty rare disease, which has no more than 50 cases in world. Left aneurysm commonly appears in the left atrium, especially in the surrounding of left atrial appendage. At the same time, Left atrium is rarely associated with other complications of cardiac tumors. The tumor size of left aneurysm is not fixed, the surface is relatively thin, when cardiac aneurysm is large, the tumor often oppression around blood vessels, leading to hypoxia, slowing action and a series of symptoms. In this case, if the patient ignores its impact, the consequences can be fatal. Therefore, it is important to identify and locate the tumor accurately for the early stage of treatment planning and early diagnosis. However, automatic segmentation is still a serious challenge for cardiac tumors, because left aneurysm size is very small, and it is in the heart, which has complicated surrounding environment, and exists a lot of interference.

In order to complete the task of tumor segmentation, we need to complete the recognition of the tumor in the heart CT image. First of all we need to denoise, segment and gray value normalize CT image, while in the process of image preprocessing. Then we analyze deep residual net and get a conclusion that ResNet has the advantage of high speed, good convergence, robust. So this paper builds up the deep residual network frame. And then make images preprocessed as data set and put the data set into training. The trained model is applied to receive test data, and the prediction results are weighted as the final result. The experimental results show that the deep residual net can be well applied to the tumor image recognition task, and has better performance than AlexNet. After the completion of tumor recognition, this paper needs to cut the tumor image. In this paper, we optimize deep residual net model. Segmented tumor image will be put into model and the model will be trained to get the classifier. The test data are equally segmented into little patch for debris prediction, and then we implement the voting

algorithm to optimize result. The final results show that the classification performance better. Deep residual net performs well in these tasks that shows that deep learning in the field of medical image segmentation has a great application prospect.

Keyword: CT Image; Left aneurysm; Tumor classification and segmentation; Deep residual net.

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

摘 要	I
目 录	IV
第一章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.1.1 房壁瘤医学背景.....	1
1.1.2 识别和分割心脏肿瘤的意义.....	2
1.2 研究平台介绍	4
1.3 本文的研究目的	4
1.4 本文的研究方法和流程	4
1.5 论文整体结构和内容	5
第二章 常见的图像分割算法和卷积神经网络介绍	6
2.1 经典图像分割算法	6
2.1.1 阈值图像分割.....	6
2.1.2 基于区域生长的图像分割.....	7
2.1.3 边缘检测法.....	7
2.2 卷积神经网络分割	8
2.2.1 卷积神经网络（CNN）的历史.....	8
2.2.2 卷积与感受野.....	10
第三章 基于深度残差网络的肿瘤识别	14
3.1 深度残差网络	14

3.2	研究目的和方法	16
3.3	数据预处理和分类优化方法	17
3.3.1	图像预处理方法.....	17
3.3.2	扩增训练数据集.....	19
3.3.3	分类优化策略.....	20
3.4	网络模型设计	21
3.4.1	残差网络结构.....	22
3.4.2	训练数据流.....	24
3.4.3	网络层选择.....	25
3.5	研究过程和结果分析	31
3.5.1	数据来源.....	31
3.5.2	归一化处理.....	31
3.5.3	剔除肿瘤边缘图片.....	32
3.5.4	研究结果与分析.....	33
3.6	章节小结	36
第四章	基于优化深度残差网络的房壁瘤分割.....	38
4.1	深度残差结构优化	38
4.2	研究目的和方法	41
4.3	图像块分类与提取	42
4.4	网络模型设计	43
4.4.1	优化网络架构.....	43
4.4.2	训练参数与数据流.....	44

4.5 分割方法和优化	45
4.5.1 肿瘤分割方法.....	45
4.5.2 分割结果优化策略.....	46
4.5.3 评价标准.....	48
4.6 分割结果与分析	48
4.6.1 数据来源.....	48
4.6.2 结果比较与定量分析.....	49
4.7 章节小结	56
第五章 总结与展望	57
5.1 研究总结	57
5.1.1 肿瘤分类任务总结.....	57
5.1.2 肿瘤分割任务总结.....	58
5.2 未来研究展望	58
参考文献	60
攻读硕士学位期间的研究成果.....	65
致 谢	66

Contents

Abstract(Chinese)	I
Abstract(English)	II
Contents(Chinese)	I
Contents(English)	VII
Chapter 1 Introduction	1
1.1 The background and significance of the research	1
1.1.1 Medical background of cardiac tumor	1
1.1.2 Significance of classification and segmentation of cardiac tumor	2
1.2 Introduction of research platform	4
1.3 The objective of the paper	4
1.4 Method and process of the paper	4
1.5 Structure and contents of the paper	5
Chapter 2 Classic image segmentation algorithm and convolutional neural network(CNN)	6
2.1 Classic image segmentation algorithms	6
2.1.1 Threshold image segmentation	6
2.1.2 Automatic seeded region growing algorithm	7
2.1.3 Edge detection algorithms.....	7
2.2 Convolutional neural network	8
2.2.1 The history of CNN	8
2.2.2 Convolution and regional perception.....	10

Chapter 3 Cardiac tumor classification based on residual neural network	14
3.1 Deep residual network	14
3.2 Objective and method of the research in this chapter	16
3.3 Data pretreatment and classification optimize algorithm	17
3.3.1 Image pretreatment	17
3.3.2 Expand data set	19
3.3.3 Classification optimized strategy	20
3.4 Design of network model	21
3.4.1 Structure of residual unit	22
3.4.2 Data flow in training	24
3.4.3 Choose of net layer	25
3.5 Research process and analysis of result	31
3.5.1 Data sources	31
3.5.2 Normalization processing	31
3.5.3 Eliminate edge tumor images	32
3.5.4 Result and analysis	33
3.6 Summary	36
Chapter 4 Segmentation of aneurysm of left atria based on optimized ResNet	38
4.1 Optimization of residual network	38
4.2 Objective and method of the research in this chapter	41
4.3 Classify and obtain patch	41

4.4 Design of network model	43
4.4.1 Optimization of network frame.....	43
4.4.2 Train feature and data flow	44
4.5 Classification method and the way optimize result	45
4.5.1 Segmentation.....	45
4.5.2 Segmentation result optimized strategy	46
4.5.3 Evaluation standard.....	48
4.6 Result and analysis	48
4.6.1 Data sources	48
4.6.2 Result and quantitative analysis.....	49
4.7 Summary	56
Chapter 5 Summary and Prospect	57
5.1 Summary	57
5.1.1 Summary of tumor classification task.....	57
5.1.2 Summary of tumor segmentation task	58
5.2 Prospect of future research	58
Reference	60
Publish Papers	65
Acknowledgements	66

第一章 绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 房壁瘤医学背景

房壁瘤是心脏壁或者血管内壁中的异常凸起（或者收缩），常见于心房壁上薄弱的组织中，并且常以膨胀的充血的肿块形式存在。肿块很可能会压迫、阻塞血管，使得血液无法顺利地流向身体各处。从而引起一系列的临床症状。

房壁瘤可以分成两种：第一种是先天性房壁瘤，第二种是后天生成的房壁瘤。其中先天性房壁瘤是比较少见的疾病，至今国内外案例不超过 50 例。房壁瘤多发区域是左心房，尤其是左心房中的心耳周边。同时左房壁瘤早期很少伴有其他左心室病理性改变。左房壁瘤的瘤体尺寸不定，会随着患者年龄增长而增大，表面相对较薄。当房壁瘤较大时，瘤体往往会压迫周遭血管，导致一些症状。1997 年，中国超声医学杂志曾报道一篇罹患左房壁瘤的女性患者的病例报告^[38]，报告中称该患者入院第二天下午发生严重的心悸，胸闷等症状，面色苍白且大汗淋漓，手术后发现心内存在巨大肿瘤，肿瘤已经破损，血液充满心包，该患者最终抢救无效死亡。肿瘤早期的体积较小，往往得不到足够的重视，随着瘤体增大，病患会存在心律失常，心动过速等症状，并且增大的房壁瘤压迫血管导致患者产生呼吸不畅等反应的同时，由于其瘤体壁薄，非常容易破损，一旦破损会引发更严重的后果。

近年来，临床上发现心脏内存在肿瘤的病例越来越多。Mansour^[14]等人描述了在新生儿中复发性先天性左房瘤以心脏压塞的情况呈现。Hoffmann^[8]等人又报道了一起中等大小的位于左心耳的心包外动脉瘤的案例。他们建议学界对于左房壁瘤应该给予更大的关注，因为其在 CT 影像中难以辨认，而且可能危及生命。大多数左房壁瘤患者会出现例如心律失常或者胸部的 X 光心脏轮廓异常等现象^[6]。左房壁瘤通常位于左心耳中^[17]。然而 Park^[17]等人报道了一例在 42 岁女人身上，意外发现的动脉瘤生长于左心房的案例。先天性左房壁瘤存在潜在的后遗症，

因此一旦发现这种肿瘤，必须手术切除^[21]。

1.1.2 识别和分割心脏肿瘤的意义

在临床实践中，对房壁瘤的识别和分割对其早期确诊和制定治疗方案非常重要^{[25][26]}。

房壁瘤的增长速度一般比较缓慢，体积增大后的瘤体将会阻塞血管，从而使得病人无法正常运动，即由于缺氧，病人的耐力将会大大降低。更加严重的情况是房壁瘤会形成血凝块，血凝块产生于瘤体内部，并形成栓塞。如果血凝块从瘤体中分离，那它将会进入血液循环。血凝块堵塞在血管中，轻则导致肢体缺血，引起组织坏死，重则堵塞于脑血管中，引起中风，心率衰竭或者心律失常^[28]。因此，在房壁瘤体积增长到足以危害健康的大小之前，如果能够得到确诊，那么医生将有足够的时间去观察肿瘤动向，评估肿瘤影响，并且对不同病患个体制定相应的治疗计划，患者也就有更大的可能获得有效的治疗。

房壁瘤体积常常被用作判断其是否异常的重要参数。通常，肿瘤体积是由临床医生手动计算，方法是使用二维 WHO 准则^[16]，或者一维 RECIST 方法^{[23][5]}。然而，这些方法计算肿瘤体积是利用肿瘤直径，手动计算和粗略的估计的。随着医学成像系统的进步，在肿瘤科学和治疗中，医学影像学已成为一个主要的学科领域^[18]。并且高分辨率 CT 扫描提供了更加精准得定量分析体积的方式。这极大地帮助了临床医生获取房壁瘤瘤体体积，减少他们获取关键数据的工作量。因此，在对房壁瘤进行自动分割后，更精确的容积计算可以应用于动脉瘤的诊断和评估，并制定治疗方案。

然而，利用计算机技术，从 CT 影像中分割左房壁瘤比较困难。目前为止国内外没有对高效分割的方法。由于房壁瘤通常附着于心房壁，所以从粘连的组织中提取瘤体，将其与心脏壁分开是一项颇具挑战性的工作。在 CT 图中，房壁瘤与它附着的心房壁或其他解剖结构常常具有相似的灰度值，这导致相关领域专家也很难准确识别体积不大的瘤体。其次，房壁瘤在不同病人中表现出来的大小、形状往往不同，而由于尺寸存在差异，机器往往会过度分割。最后，由于 CT 影

像拍摄的环境不同（如使用不同的显影剂），常常会比较模糊，这导致了很难对其边界进行定义。

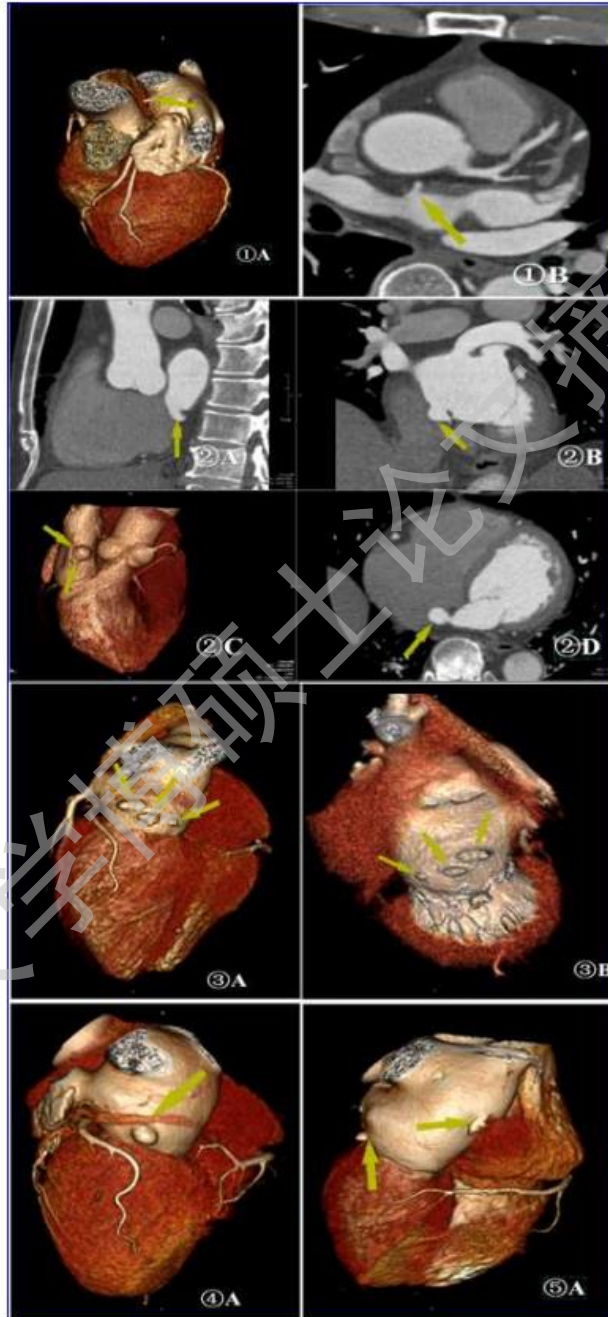


图 1-1 心脏和心房壁动脉瘤的多平面重建图

本文将利用深度残差网络，研究其对房壁瘤 CT 图片的分割是否能够获得理想的效果，同时研究其是否超越以往机器学习方法，研究数据来自医院。病人数据中，所有肿瘤位置均由放射科医生手动标记，数据的精确性方面可以得到保证。

1.2 研究平台介绍

caffe 全称 Convolution Architecture For Feature Extraction，是由 C++编写并且提供 python 和 Matlab 接口的机器学习框架。

1.3 本文的研究目的

本文希望通过计算机辅助专业医生诊断，通过对患者 CT 影像识别，判断其中是否存在房壁瘤。如果识别结果显示存在肿瘤，则通过算法进一步将房壁瘤区域分割，帮助医生判断肿瘤的大小，位置和形态。通过计算机和人工双重诊断，提高房壁瘤识别率，降低错误率，尽早确诊房壁瘤。

1.4 本文的研究方法和流程

由于左房壁瘤识别和切割的难度大，常规的图像分割算法无法成功分割，所以我们寻求新的算法以应用于房壁瘤分割。近年来，神经网络在图像识别和分割领域的表现令人注目。2012 年，ImageNet 大型图像识别挑战赛中，Alex 提出的 AlexNet 网络赢得了冠军，并且识别的准确度超越其他算法，使得神经网络引起了世界范围的重视。2014 年，GoogLeNet 网络结构获得 ILSVRC 挑战赛冠军，Top5 的错误率降至 6.67%，并且网络的深度达到了 22 层。2015 年，微软亚洲研究院提出了一种全新的深度网络结构：深度残差网络；其首次将神经网络的深度提升至 100 层以上。ImageNet 挑战赛中，深度残差网络的错误率非常低，仅 3.7%，而人类的错误率大约在 5%~10%。

我们意识到深度残差网络具有相当高的研究价值和应用潜力。因此，本文尝试将深度残差网络应用于医学 CT 影像分割领域，研究它对于左房壁瘤识别和分割的效果。本文的应用流程如图 1-2 所示。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库