

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学 号: 23020141153218

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于室外三维点云多视角图像的目标分类  
与检测方法研究

Method for Object Classification and Detection Based on  
Multi-view Images of Outdoor 3D Point Cloud

邹辛怀

指导教师姓名: 程 明 副教授

专业名称: 计算机技术

论文提交日期: 2017 年 05 月

论文答辩时间: 2017 年 05 月

学位授予日期: 2017 年 06 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2017 年 05 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 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,该学位论文为福建省智慧城市感知与计算重点实验室的研究成果,获得福建省智慧城市感知与计算重点实验室课题经费的资助,在福建省智慧城市感知与计算重点实验室完成。

声明人(签名): 邹幸怀

2017年5月20日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 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): 邹幸怀

2017年5月20日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘要

随着三维扫描技术的发展,通过车载激光扫描设备或者移动激光扫描设备可以快速获取各种环境下的三维点云数据,这些技术为三维场景下的物体分类和检测提供了数据基础。而随着硬件设备的发展以及大规模数据集的公开,使得深度学习等方法可以应用于三维场景下的复杂数据,这些技术为三维场景下的研究工作提供了硬件和软件条件。

在室外三维点云场景下进行物体分类和检测是很重要的研究方向,该技术可以为自动驾驶、城市道路规划和三维地图导航等方面提供基础支持。而国内外关于三维数据的分类与检测大多数采用的是室内的简单数据,很少直接对大规模室外真实三维数据进行处理。三维点云因为其数据量巨大且信息过冗余,直接使用学习方法进行处理很难取得好的效果。

本文针对室外环境下的三维点云数据,使用映射图像的方法来减少原始数据的维度,并且应用深度学习的方法来求解。本文对三维物体的认知上提出了两个解决流程:一是针对单目标点云的树种分类,二是在点云场景下的车辆检测。本文的主要工作和创新点包括:

1、针对单目标点云树种的分类,本文提出一套包括点云树木粗提取、数据预处理、三维点云栅格化以及深度学习分类的整体流程。针对数据特点而使用深度置信网络,达到在小规模数据集上也能够较好拟合的效果。训练时采用三维点云的栅格化数据作为深度学习的底层特征输入,避免三维数据冗余带来的劣势。检测时采用多角度判据,使分类准确率提高。

2、针对点云场景下的车辆检测,本文利用点云和图片的映射关系,通过在点云对应的多角度图片中做检测,来约束原始点云场景中车辆的位置。首先在公共数据集上进行模型预训练,然后在本文的数据场景下微调。基于本文的数据场景中车辆大小多尺度的问题,采用能够检测多尺度目标的卷积神经网络并进行了修改,使得检测效果得到提高。

**关键字:** 三维点云; 分类与检测; 深度学习

厦门大学博硕士学位论文摘要库



## Abstract

With the development of 3D scanning technology, 3D point cloud data can be obtained quickly by using point cloud vehicle mounted scanning device or moving point cloud scanning device, which provide the data base for object classification and object detection in 3D scene. With the availability of hardware and the expansion of large-scale data sets, the methods such as deep learning can be applied to the complex 3D data. These techniques provide hardware and software conditions for the research work in 3D scene.

Objects classification and detection is a fundamental research area in outdoor three-dimension (3D) point cloud scene, this technology can be used to support the automatic driving, urban road planning, 3D map navigation and so on. At home and abroad the data of three-dimensional on classification and detection is mostly used simple data in door, rarely directly use the data on the large-scale outdoor. 3D point cloud because of its huge amount of data and information redundancy, direct use of learning methods to deal with it is difficult to achieve good results.

In this paper, two solutions are proposed based on image mapping and deep learning in point cloud data: one is to classify the single-point point cloud tree species and the other is the vehicle detection under the point cloud scene. The main work and innovations of this paper include:

The main work of the paper mainly includes two parts: The one part is tree classification in single target of point cloud. A set of overall process are put forward include point cloud tree extraction, data preprocessing, 3D point cloud rasterization, and deep learning classification. And Deep Belief Network (DBN) is used for fitting the small-scale data. In the training process, 3D point cloud rasterization is used to generate low-level feature as input of deep learning model. The multi-angle criterion is adopted to improve the classification accuracy.

The other part is vehicle detection in point cloud scene. Mapping relation of point

cloud and multi-view images is used to constrain the location of the vehicle in the original point cloud scene. First, model is trained on the public data set, and then fine tuning is carried out in the data scenario of this paper. In order to solve the multi-scale problem of vehicle size in the data, the convolutional neural network is modified for detecting multi-scale targets. These works improve the detection accuracy.

**Keywords:** 3D point cloud; classification and detection; deep learning

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 目录

摘要.....	I
Abstract.....	III
<b>第一章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 课题的背景和意义 .....	1
1.2 本文的研究工作和创新之处 .....	3
1.3 本文的组织结构及章节安排 .....	4
<b>第二章 论文相关技术研究现状 .....</b>	<b>7</b>
2.1 激光扫描系统 .....	7
2.1.1 车载激光扫描系统.....	7
2.1.2 静态激光扫描系统.....	8
2.1.3 激光扫描数据结构.....	9
2.2 深度学习方法 .....	10
2.2.1 发展历程.....	11
2.2.2 卷积神经网络.....	11
2.3 三维目标分类与检测的研究现状 .....	13
2.3.1 一般三维物体分类方法.....	13
2.3.2 三维点云树种分类方法.....	14
2.3.3 二维图像上的目标检测.....	14
2.3.4 三维点云场景中的目标检测.....	16
2.4 本章小结 .....	17
<b>第三章 基于多视角栅格化与深度学习的单树点云分类 .....</b>	<b>19</b>
3.1 引言.....	19
3.2 方法框架 .....	20
3.3 算法描述 .....	21

3.3.1 基于网格划分和中心密度的单树提取.....	21
3.3.2 单树点云数据预处理.....	24
3.3.3 树木点云栅格化.....	28
3.3.4 基于深度学习的树种分类.....	30
3.3.5 网络训练过程以及测试过程.....	32
<b>3.4 实验结果与分析 .....</b>	<b>33</b>
3.4.1 实验数据以及实验环境.....	33
3.4.2 分类结果以及比较实验.....	35
<b>3.5 本章小结 .....</b>	<b>39</b>
<b>第四章 基于多视角图像映射和深度学习的点云车辆检测.....</b>	<b>41</b>
4.1 引言.....	41
4.2 方法框架 .....	41
4.3 算法描述 .....	43
4.3.1 基于网络公开数据集的模型预训练.....	43
4.3.2 使用深度学习进行多尺度检测.....	43
4.3.3 原始点云场景与图像的对应关系.....	46
4.3.4 点云候选区域在图像中的映射.....	47
<b>4.4 实验结果与分析 .....</b>	<b>48</b>
4.4.1 实验数据以及实验环境.....	49
4.4.2 检测结果与对比实验.....	50
<b>4.5 本章小结 .....</b>	<b>54</b>
<b>第五章 总结与展望 .....</b>	<b>55</b>
5.1 总结.....	55
5.2 未来的工作 .....	56
<b>参考文献.....</b>	<b>57</b>
<b>攻读硕士学位期间取得的研究成果 .....</b>	<b>63</b>
<b>致谢.....</b>	<b>65</b>

<b>Abstract(Chinese)</b> .....	<b>I</b>
<b>Abstract(English)</b> .....	<b>III</b>
<b>Chapter 1 Introduction</b> .....	<b>1</b>
1.1 Background.....	1
1.2 Main Work and Innovation of this Paper .....	3
1.3 Structure of this Paper .....	4
<b>Chapter 2 Current Situation of Related Research</b> .....	<b>7</b>
2.1 Introduction to Laser Scanning System .....	7
2.1.1 Mobile Laser Scanning System .....	7
2.1.2 Static Laser Scanning System .....	8
2.1.3 Laser Scanning Data Structure.....	9
2.2 Introduction to Deep Learning.....	10
2.2.1 Development of Deep Learning.....	11
2.2.2 Convolution Neural Network.....	11
2.3 Introduction to the Classification and Detection of 3D Objects .....	13
2.3.1 General 3D Object Classification Methods .....	13
2.3.2 Classification of 3D Point Cloud Tree Species.....	14
2.3.3 Target Detection on Images .....	14
2.3.4 Target Detection in 3D Point Cloud Scene .....	16
2.4 Summary.....	17
<b>Chapter 3 Single Tree Species Classification Based on Multi-View Rasterization and Deep Learning</b> .....	<b>19</b>
3.1 Introduction.....	19

<b>3.2 Method Framework .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Algorithm Description .....</b>	<b>21</b>
3.3.1 Single Tree Extraction Based on Meshing and Center Density .....	21
3.3.2 Single Point Cloud Data Preprocessing .....	24
3.3.3 Rasterization of Tree Data .....	28
3.3.4 Classification using Deep Learning .....	30
3.3.5 Process of Training and Testing .....	32
<b>3.4 Experimental Results.....</b>	<b>33</b>
3.4.1 Experimental Data and Experimental Environment .....	33
3.4.2 Classification Results and Comparative Experiments .....	35
<b>3.5 Summary.....</b>	<b>39</b>
<b>Chapter 4 Point Cloud Vehicle Detection Based on Multi-View Image</b>	
<b>Mapping and Deep Learning.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Introduction.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2 Method Framework.....</b>	<b>41</b>
<b>4.3 Algorithm Description .....</b>	<b>43</b>
4.3.1 Model Pre Training based on Internet Data Set .....	43
4.3.2 Multi-scale Detection with Deep Learning .....	43
4.3.3 Correspondence between the Original Point Cloud and the Images.....	46
4.3.4 Mapping between Point Cloud and Images .....	47
<b>4.4 Experimental Results.....</b>	<b>48</b>
4.4.1 Experimental Data and Experimental Environment .....	49
4.4.2 Detection Results and Comparative Experiments.....	50
<b>4.5 Summary.....</b>	<b>54</b>
<b>Chapter 5 Summary and Furture work .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1 Summary.....</b>	<b>55</b>
<b>5.2 Furture work .....</b>	<b>56</b>
<b>References .....</b>	<b>57</b>

<b>Appendix.....</b>	<b>63</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>65</b>

厦门大学博硕士论文摘要库

---

厦门大学博硕士学位论文摘要库



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](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库