无人机桥梁裂缝检测研究

第一章 绪论

1. 1 研究背景与研究意义

无人机是一种空中飞行的机器人，和普通机器人相比更加灵活，适合工作在普通机器人无法到达的地方。桥梁通常建立在大河大江、高山峻岭的地方，为了安全，需要定期检查桥梁缺陷以动态监测桥梁状态，而桥梁检测任务往往较为危险，不适合人工作业。无人机不仅可以灵活飞行，也能够携带传感器对桥梁进行多维度融合的无损检测，因此使用无人机进行桥梁检测具有操作灵活、使用安全、检测全面等特点。

* + 1. SLAM简介

SLAM(Simultaneous Localization and Mapping，实时定位与地图构建)是机器人自主导航和定位的关键技术，机器人在未知环境从任意位置开始运动，在运动过程中实时地依靠自身位置估计和地图进行定位,同时基于估计的位置建造增量式地图，实现机器人的自主定位和导航。

* + 1. 图像镶嵌累计误差简介

全景图像镶嵌技术是指将一组内容上存在交叠的图像序列经过配准并无缝融合成一幅宽视场、高分辨率的图像。在如医学影像、军事、地质勘探等领域中，由于相机获取的单幅图像存在视场的限制，目标往往不能被容纳到单幅图像中，这就需要对目标进行多次不同视角的拍摄，经过镶嵌后得到目标的整体影像。在全景图像镶嵌的过程中，由于单幅图像之间镶嵌误差客观存在，多幅图像镶嵌时就会出现累积误差，随着镶嵌数量的增加，误差会越来越大，导致最后的全景图像出现较大的偏差，对于类似无人机这样大量数据采集的设备来说，图像镶嵌中累积误差问题就显得十分突出。

* + 1. 桥梁裂缝识别与评价简介

桥梁的缺陷主要来自与长期使用过程中产生的裂缝，因此对与裂缝的处理是桥梁检测的关键。无人机获取的是桥梁的图片，经过处理之后，需要识别图片中的裂缝以定位和的评价，所以裂缝识别是裂缝检测的关键技术。

无人机可以安全简单地定期对桥梁进行自主检测，裂缝经过识别和定位后被可视化的展示出来，这时需要对裂缝进行自动化评价，主要是对裂缝进行定量评价，对不同时间内获取的裂缝进行定量评价，建立裂缝动态评价数据库，也为之后的裂缝评价打下基础。

* 1. 国内外研究现状
     1. SLAM研究概况

SLAM是一种概念，涉及方方面面的技术，概括起来主要是四个部分：

a). 基本理论

SLAM的基本理论可以分为滤波器和优化方法两大类。滤波器如卡尔曼滤波(EKF)粒子滤波(PF)等，属于早期的SLAM理论，但在13年出现了Random Finite Set的方法。优化方法主要是姿态图的优化，今年来优化方法的使用日渐增多。

b). 传感器

机器人使用传感器赶至人类世界，传感器的选择和安装决定了数学模型的具体形式。早期的SLAM使用激光传感器，现在多使用视觉相机，声纳等水下传感器，特别是几年来价格低廉的的深度相机使得SLAM的研究门槛下降了许多。在传感器方面，研究方向主要有新兴传感器的发明，安装方式的改进，传感器数据处理的改进等方面。

c.) 地图构建

建立地图是一个重要的研究方向，现存的地图主要有以路标标点组成的地图，卡尔曼滤波中构建和使用的就是路标地图。网格地图，也就是常见的点云地图，这种地图精度高，位置信息十分丰富，对导航很友善，但是网格地图的存储需要耗费大量的存储空间，如3D点云地图将所有空间点都保存起来，对于导航来说，只需告诉机器人障碍物的位置即可，但是对于需要构建三维空间的情况是十分友善的。拓扑地图，是一种紧凑型地图。拓扑地图借鉴图论中的概念，将地图抽象为点和边，更加符合人类的思维习惯。混合地图，这种地图就是把根据需要把上述地图糅合到一起，提供不同类别信息的地图。

d.) 回环检测

回环检测，又称闭环检测(Loop closure detection)，指机器人能够识别出历史场景的能力，倘若检测成功，就能显著减小累计误差，属于误差控制范围。

早期的回环检测使用词袋模型(Bag-of-Word)，其实是一个模型识别问题，现在有很多机器学习方法适用于回环检测，但由于SLAM实时性要求，所以现在的SLAM更侧重与在线学习方法。

SLAM还有很多高级研究方向，如动态场景，语义地图，多机器人协作等等。

* + 1. 图像镶嵌累计误差概况

在全景图像镶嵌的过程中，由于单幅图像之间镶嵌误差客观存在，多幅图像镶嵌时就会出现累积误差。图像镶嵌主要有两个步骤：图像配准和图像融合。近年来，研究人员在图像配准和图像融合方面做了很多研究。Lowe提出的基于尺度不变性的特征检测已经普遍运用于图像镶嵌。David G. Lowe 使用简化的SIFT(尺度不变特征转换，Scale-invariant feature transform)算法进行图像配准，降低了SIFT特征点的维度，提高了算法的运行速度，避免了大量的计算。林曾等[等人用SIFT不变性和动态规划的方法进行图像配准。李妍等人通过生物基因算法对图像配准进行优化，但生物基因算法的实时性不高。李艳 基于直线段检测算法的SIFT特征对图像进行配准，能够消除部分误匹配，对提高模型变换的精度起到一定作用。李小娟等人运用粒子群算法对图像配准和融合进行优化，但粒子群算法耗时很高。朱霞 使用双线性插值的图像融合方法对配准后的图像进行融合，但没有考虑到多幅图像拼接后图像扭曲无法正常插值的情况。现有的图像镶嵌中各种图像配准、图像融合的基本方法、类型的研究现状都得到了很好的总结。但是对图像镶嵌中的误差问题却很少有人涉及，对于类似无人机这样大量数据采集的设备来说，图像镶嵌中累积误差问题就显得十分突出。

* + 1. 裂缝识别与评价简介

现存的裂缝识别和检测方法主要是针对路面的检测，如基于不同滤波器的图像滤波方法，基于形态学的裂缝去噪方法，如李刚提出的基于灰色系统理论的路面图像裂缝检测算法，胡世昆提出的基于数字图像处理技术的路面裂缝检测算法。

裂缝评价的研究少之又少，多半是提取出裂缝认为去评测裂缝的情况，只有少部分根据裂缝的形状和面积进行定量的分析，如李刚的基于灰色系统理论的路面图像裂缝检测算法中将裂缝分为网状裂缝和线性裂缝，对于网状裂缝计算器外接面积，对于线性裂缝，计算器长宽比。这些数据能够在一定程度上反应裂缝的情况，但对于建立一个动态的裂缝评价系统来说还是有些不足。

* 1. 本文研究的内容和完成的工作

本文使用无人机传感器（彩色和深度摄像头）获取彩色和深度图像，基于RGBDSLAM对桥梁进行二维和三维的检测，RGBDSLAM不仅能对桥梁进行致密的三维重建，还能给出无人机在飞行过程中拍摄的轨迹和图像，给后期的桥梁分析工作提供更加精确的数据。对于二维图像，使用图像镶嵌技术将桥梁的关键部分拼接成一幅全景图像，尽可能的展示出桥梁关键部分的完整情况。之后对裂缝进行检测和定位以及定量评价，建立动态的桥梁裂缝评价机制。

* 1. 本文结构

本文对无人机桥梁裂缝检测进行研究，文章结构如下：

1. 对研究背景和研究意义进行了阐述，并对本文中所用的相关技术，如SLAM，图像镶嵌误差处理等进行了介绍，并叙述了国内外的研究现状。
2. 详细分析和实现了RGBDSLAM的各个步骤，并给出了实验室环境下的SLAM实现结果。
3. 对基于反馈机制的图像镶嵌误差处理进行了分析和实现，提出了解决的新思路。
4. 介绍和分析了本文选择的裂缝识别技术，提出了基于将为和基尼系数的裂缝评价技术。
5. 对本文的工作进行总结，并对未来工作进行展望，提出了可以继续工作的部分。