

基于无监督学习的跨光谱主动立体匹配方法与系统研究

汇报人：张佳预

导师：贾同教授

汇报单位：东北大学信息学院

汇报时间：2022年10月





01. **研究背景与现状**

02. **技术路线**

03. **研究内容与创新点**

04. **前期工作基础**

05. **研究计划与预期成果**

01

研究背景与现状

Research Background and Status



研究背景

深度感知是计算机视觉中的一个基本问题，广泛应用于三维建模、机器人、无人机、增强现实（AR）和自动驾驶等领域，目前用于深度感知的产品主要是**深度相机**。

深度感知应用场景：



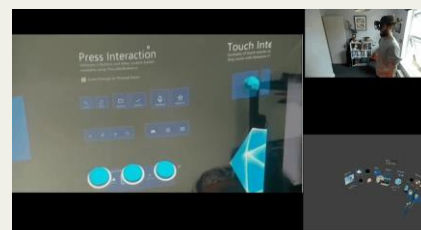
三维建模



机器人



无人机



AR



自动驾驶

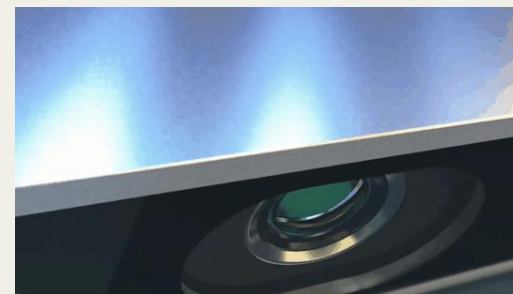
深度相机产品：



iphone X



Kinect v1



RealSense



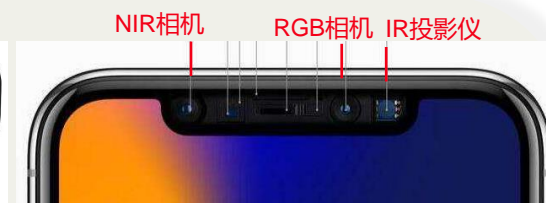
研究现状

深度估计:

- 深度估计方法可分为**主动结构光**、**双目立体视觉**、**飞行时间 (TOF)** 和**单目深度估计**等。
- 近年来，基于深度学习的方法已明显超过传统方法，可分为**有监督类**和**无监督类**。

深度相机:

- 单目结构光**: Kinect v1和iphone X前置模组
- 双目结构光**: RealSense D435
- TOF**: Azure Kinect

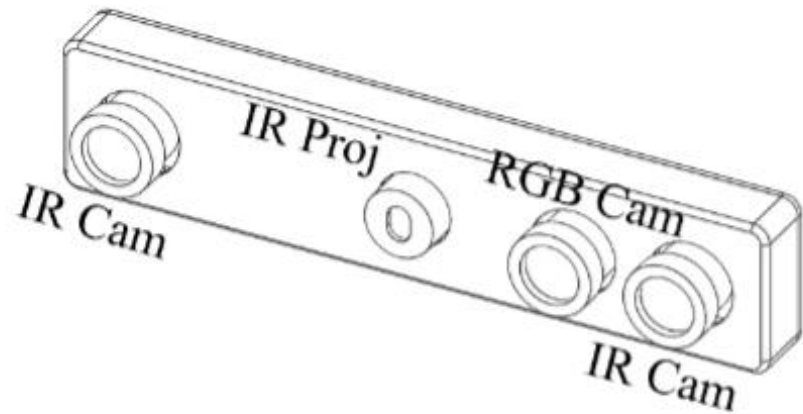




研究现状

现有方法存在的问题：

- 单目结构光，对于远距离目标和环境光较强的室外环境表现不佳；
- 双目立体视觉，对于有弱纹理和重复纹理的对象表现不佳；
- 双目结构光，现有系统结构冗余而且存在对齐误差；
- TOF，对于低反射率和远距离物体的适应能力很差；
- 单目，一般无法获得具有特定比例的深度图。



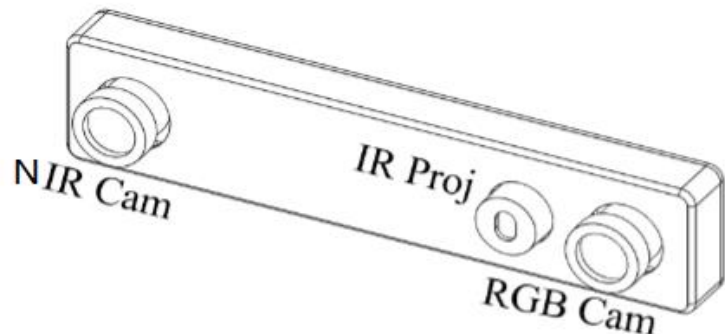
现有双目结构光系统结构示意图

上述问题的思考：

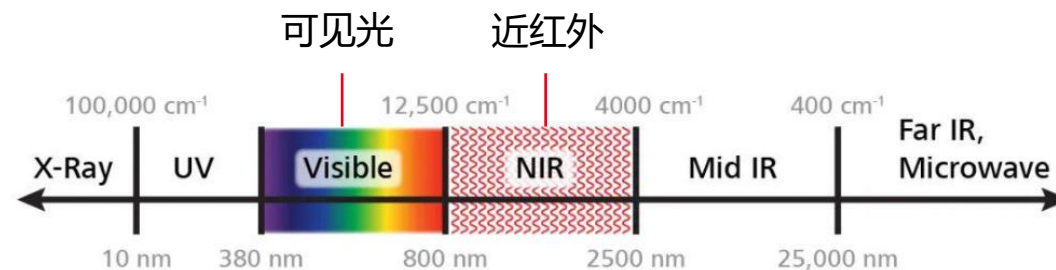
- 针对上述问题，本课题拟选用双目结构光方法；
- 针对现有双目结构光系统的缺点，本课题拟提出一种高效的系统结构，同时避免产生对齐误差；



研究内容



新型系统结构示意图



针对新系统的思考：

优势

- 同时存在**双目系统**和**单目结构光子系统**；
- 有更强的**环境适应性**
- 无**对齐误差**。

新问题

- 具有**跨光谱的不对称输入**，而现有方法大多是基于对称输入进行的。



本课题的研究目标：采用新型系统结构，研究跨光谱主动立体匹配方法。

02 技术路线

Technology Roadmap



03

研究内容与创新点

Research Contents and Innovations



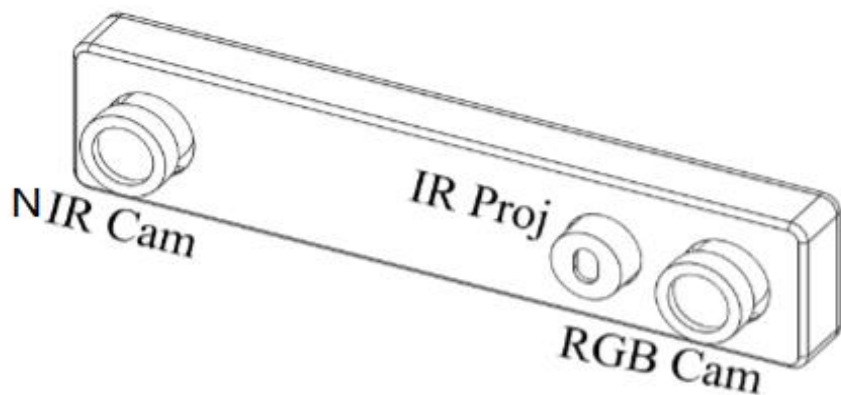
研究内容1——跨光谱硬件系统搭建

关键问题：

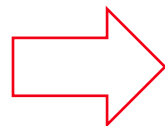
本课题采用双目主动立体匹配方法，但现有系统**结构冗余**，**环境适应能力不强**和存在**对齐误差**

拟解决方案：

- 搭建如下图所示的新型系统，由RGB相机、NIR相机和红外投影仪组成
- MSL为单目结构光子系统



新型系统结构示意图



跨光谱主动立体匹配系统实物图



研究内容2——训练数据集构建

关键问题：

- 跨光谱立体对的视差真值获取难，而且公开数据集少。
- 本课题需要的数据包括跨光谱被动立体对/主动立体对（带散斑结构光图案），同时合成数据集要尽可能接近真实场景。

拟解决方案：

- 针对视差真值难以获取的问题，拟采用无监督学习方法
- 通过采集真实场景数据集和基于现有数据集合成这两种方式构建训练数据集

采集真实场景数据集



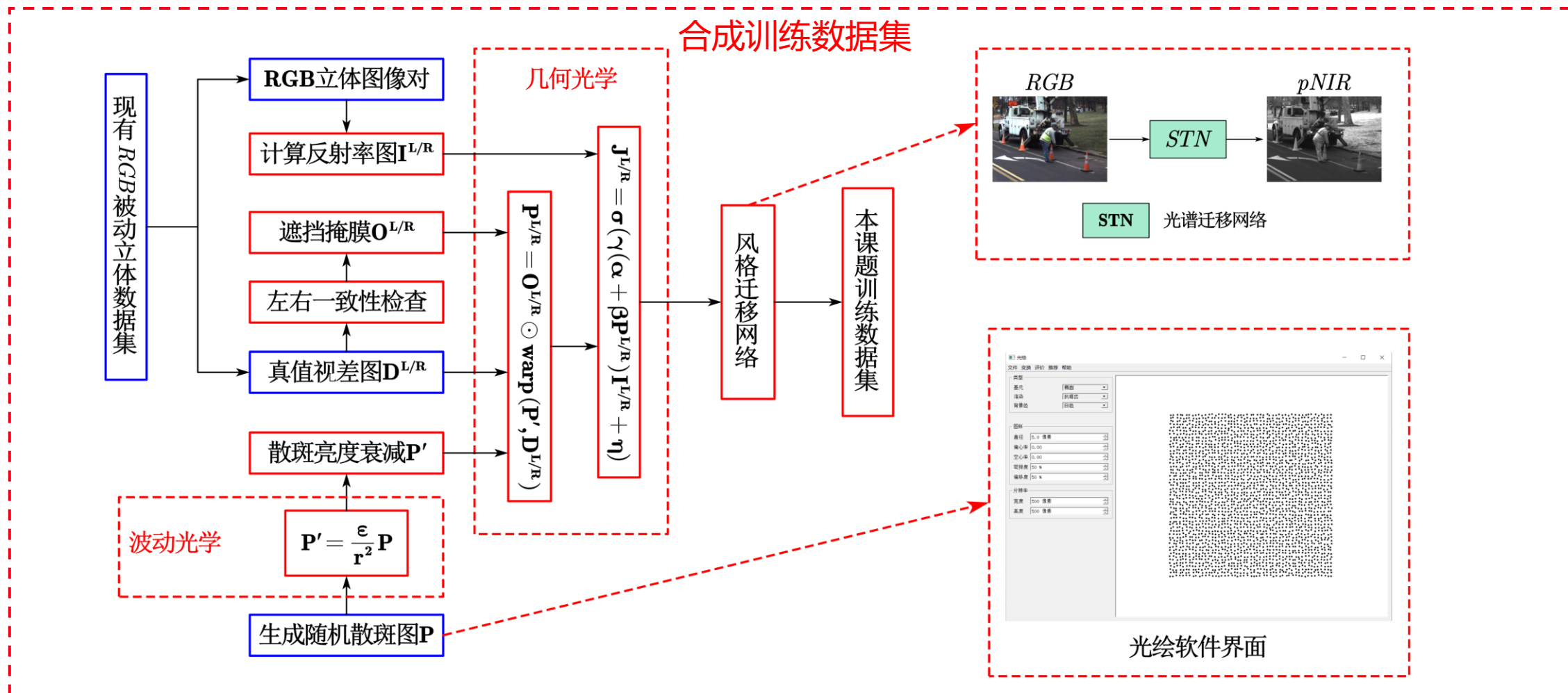
拍摄

真实场景数据集



研究内容2——训练数据集构建

为了合成数据集更接近真实场景，本课题基于波动光学和几何光学考虑了：光的强度随距离衰减、物体表面反射率和遮挡等情况



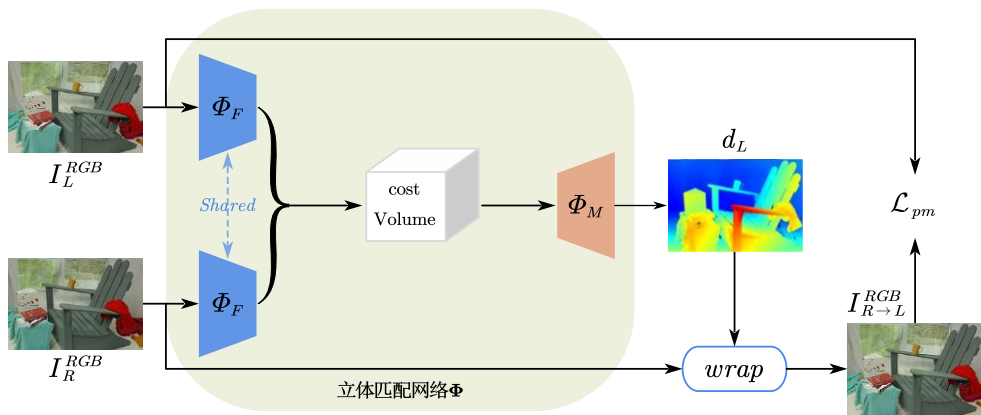


研究内容3——无监督跨光谱主动立体匹配模型搭建

无监督网络分析：

RGB对称输入

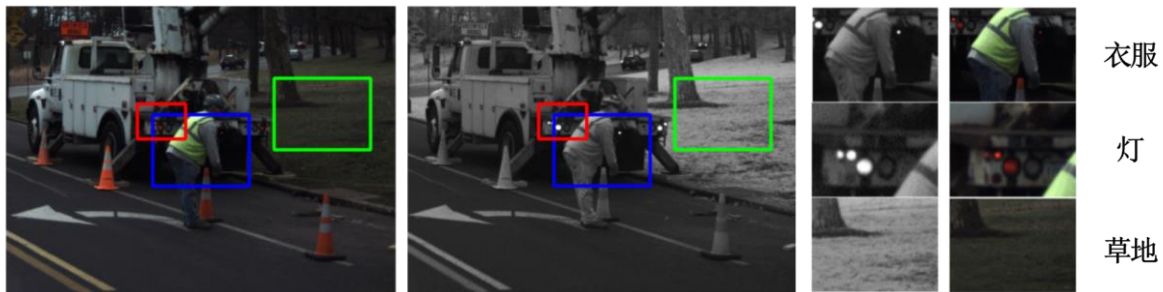
亮度一致



Φ_F 特征提取器 $Shared$ 权值共享 $cost Volume$ 匹配代价体 Φ_M 立体匹配模块 $wrap$ 图像变换操作

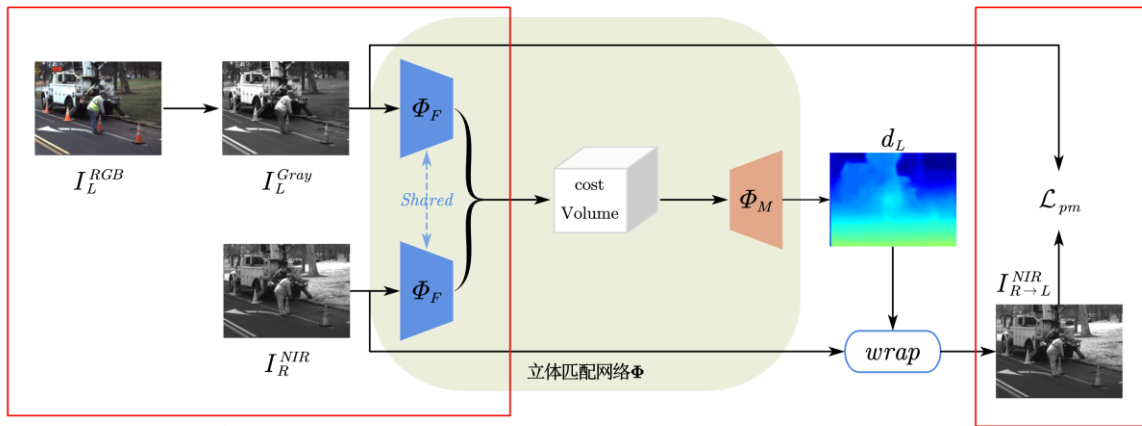
$$\text{光度损失: } \mathcal{L}_{pm} = \|I_L^{RGB} - I_R^{RGB}\|_1 + \alpha(1 - SSIM(I_L^{RGB}, I_R^{RGB}))$$

RGB-NIR跨光谱非对称输入



②特征提取器很难提取对称特征

①光度一致性损失不准确



Φ_F 特征提取器 $Shared$ 权值共享 $cost Volume$ 匹配代价体 Φ_M 立体匹配模块 $wrap$ 图像变换操作



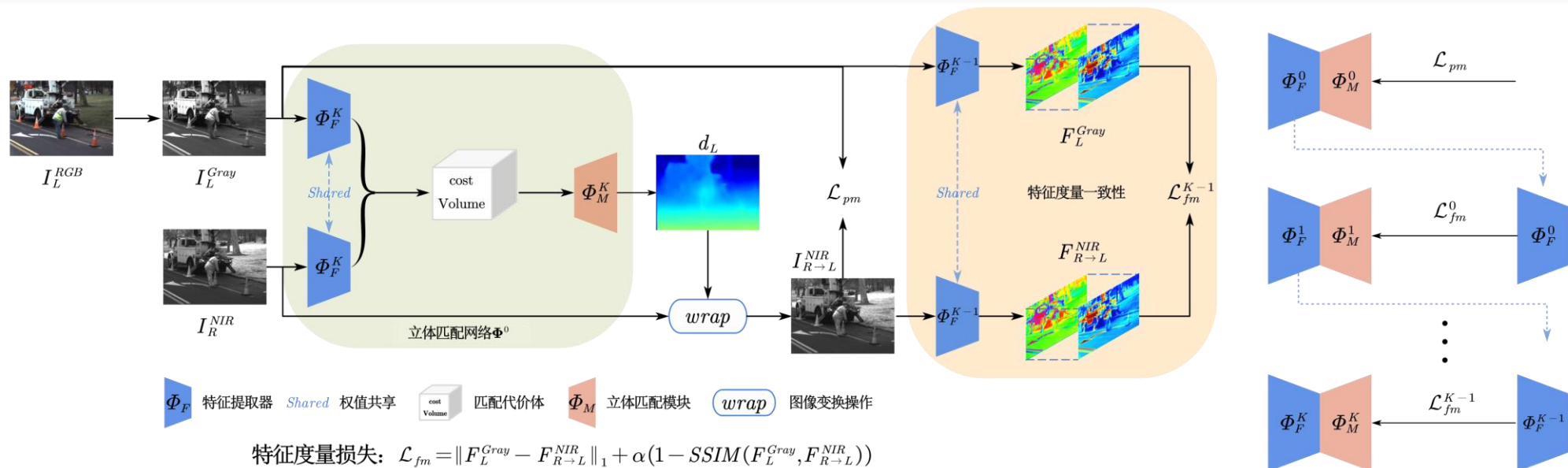
研究内容3——无监督跨光谱主动立体匹配模型搭建

关键问题:

- 无监督方法通常利用光度一致性假设来表示光度损失。当输入立体图像不对称时，光度损失将不再准确。
- 特征提取器需要能够从非对称输入提取出对称的特征，这对特征提取器提出了更高的要求。

拟解决方案:

- 利用CNN强大的特征提取能力，在特征空间构建特征度量一致性损失
- 采用渐进损失更新的方法，来逐步优化特征提取器和增强特征度量一致性





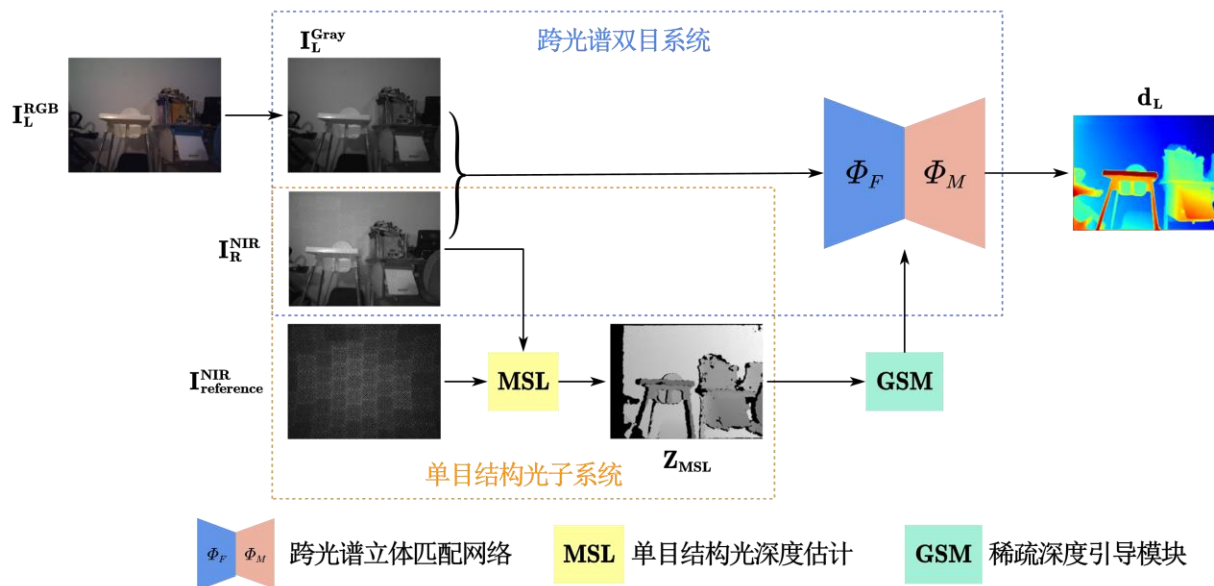
研究内容4——基于稀疏深度引导的视差优化

关键问题：

本课题系统中存在单目结构光子系统，其深度估计结果稀疏但可靠，如何将这一优势充分利用起来，使得估计结果更好。

拟解决方案：

- 单目子系统计算稀疏可靠的深度值；
- 将这些深度值作为引导信息，进一步优化视差





总结

研究特色：

- 本课题搭建新型系统，**结构高效**，同时存在双目系统和单目结构光子系统；**环境适应性强**，能根据不同场景自适应调节相机模组；无**对齐误差**
- 本课题基于**波动光学**和**几何光学**模拟实际成像过程合成训练数据集

创新点：

- 提出在特征空间的**特征度量一致性方法**，避免跨光谱非对称输入导致的光度不一致
- 提出一种**自增强策略**，通过渐进损失更新，优化特征提取器并增强特征度量一致性。
- 充分利用系统优势，采用**稀疏深度引导方法**优化视差结果；

04 前期工作基础

Preliminary Work



前期工作基础

前期工作：

- **系统标定：**单目标定、双目系统标定以及单目结构光系统标定；
- **单目结构光三维重建：**基于格雷码法和相移法；
- **双目散斑结构光三维重建：**基于半全局匹配（SGM）方法；
- **深度学习相关项目：**负责课题组华为NRE项目开发，使用华为自研深度学习框架MindSpore开发计算机视觉经典网络模型。

取得成果：

- **软件著作权：**基于RGB-D深度相机的《多模态监控相机感知监控系统 V1.0》，登记号, 2022SR0965725.



以上工作均与本课题密切相关，基于此，对本课题进行深入研究

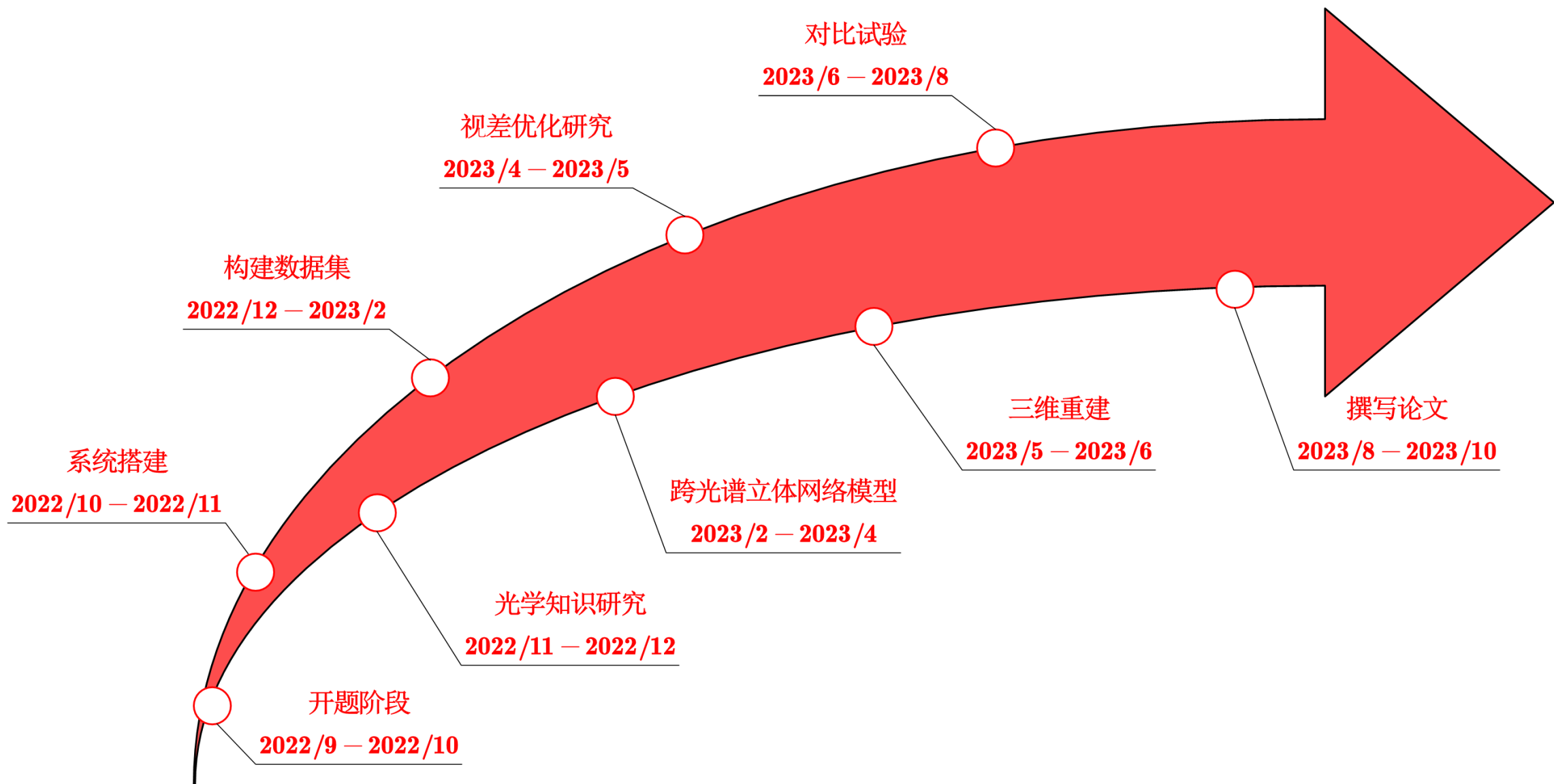
05

研究计划与预期成果

Research Plans and Expected Results



研究计划





预期成果



预期成果

1

硬件系统

搭建跨光谱主动立体匹配硬件系统

2

算法实现

构建训练数据集

构建基于特征度量一致性的无监督跨光谱主动立体匹配模型

采用渐进损失更新的自我增强策略训练网络

利用单目子系统的稀疏深度引导网络进行视差优化

3

毕业论文

完成毕业论文撰写

4

论文发表

发表一篇高水平学术论文

感谢各位老师倾听指导

Thanks for Your Attention and Advice

汇报人：张佳预

导师：贾同教授

汇报单位：东北大学信息学院

汇报时间：2022年10月

自强不息 知行合一

