**基于双目视觉的UAV自主感知与避让**

# 一、绪论

写2页左右。

1.1 研究背景及意义

1.2 国内外研究现状

UAV障碍物检测

1.3 论文研究的目的

1.4 本论文的主要工作

# 二、场景剖析及硬件选型

## 2.1 场景剖析

无人机飞行障碍物的多样性、复杂性决定了本课题难度。以当前的目标检测算法而言，很难有一种算法能够对所有类型的障碍物都具备检测识别能力。因此，只有针对具体实用场景下的具体障碍类型进行深入研究，才能达到较好的应用效果。

本文设定的研究场景为无人机智能跟拍车辆。大疆无人机（御 Mavic Air等型号）具有智能跟拍车辆的功能，支持对行进车辆的识别跟随能力，无人机可以在顶部俯拍、车尾/侧面跟拍行进中的车辆。在顶部俯拍时，无人机的飞行高度保证了不会与被跟随车辆相撞。在车尾/侧面跟拍时，由于速度不同步，很有可能出现无人机加速接近汽车的情况。这种情况下，被跟随车辆就属于无人机飞行路线中有碰撞风险的障碍物，无人机需要识别、跟踪并规避车辆。

车尾跟拍 侧面跟拍

## 2.2 硬件选型

无人机智能跟拍车辆场景的自主感知与避让，核心功能有3个：障碍物检测（车辆检测）、障碍物追踪（车辆追踪）、危险距离判定（车辆测距）。其中，危险距离判定要求相对高的精度，是硬件选型时主要的关注点。

在经费有限的情况下，无人机较难获得。结合核心功能需求、危险距离判定精度要求等的考量，最终我们选择使用KS861双目摄像头模拟无人机进行实验。



双目摄像头

真实场景中，大疆无人机（御 Mavic Air等型号）在智能跟拍汽车时，无人机和车辆均处于运动状态。模拟场景下，手持双目摄像头前后左右晃动，以模拟无人机的姿态变换；同时，车辆由远及近接近双目摄像头，以模拟碰撞威胁逐步增大的场景。

（1）无人机的缺点在于：

①经费不足，无人机购置成本较高，大疆的御Mavic Air2京东售价4999元；

②京东上的无人机多为单目摄像头，而单目测距精度相对较差；

③无人机属于公安管控物品，违规飞行可能给导师和学校带来潜在风险。

（2）双目摄像头替代的优点在于：

①双目摄像头与车辆相互配合，能够模拟无人机的姿态变换与距离拉远拉近；

②双目摄像头价格相对便宜，且不会给导师和学校带来使用风险；

③双目摄像头130w像素，拍照性能优良，采集的视频数据能满足实验要求；

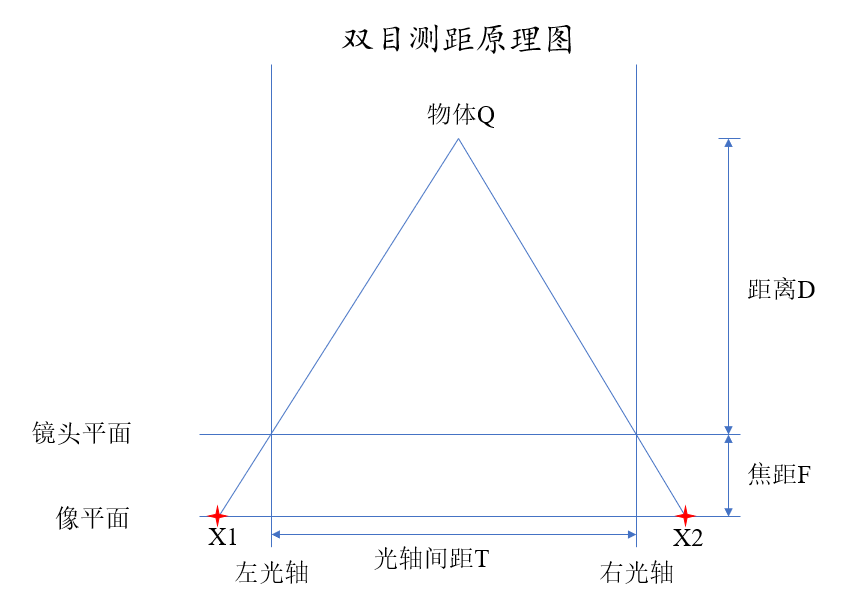
④双目摄像头具备良好的便携性,实验数据可以方便地导出；

⑤使用KS861双目摄像头在30m内的危险距离测量理论误差仅为1.56%。

## 2.3 危险距离测量精度

### 2.3.1 危险距离测量原理

为了保证危险距离测量的精度，我们在一开始就设计了使用双目测距模型。我们人类拥有两只眼睛，物体在左眼视角与右眼视角的内容有差别，这些差别反馈到人脑后我们就能估计出物体距离我们有多远。双目测距模型就是在模仿人类两只眼睛的功能，原理如下图所示：



物体Q在左像平面成像点X1，在右像平面成像点X2。镜头平面与像平面之间的焦距为F，左右光轴的间距为T，需要求解出物体Q与镜头平面的距离D。

原理图中表述的是理想模型：左右两个摄像头焦距等参数完全相同，它们的像平面和镜头平面也相同，它们的左右光轴相互平行。因此，我们可以根据相似三角形的原理，得到距离D的表达式：

, 其中

为物体Q在左右两个摄像头上成像的像素坐标差值，也就是双目视差。结合上述公式，在进行双目危险距离测量时，已知焦距F、光轴间距T和双目视差，即可求解得到物体Q与镜头平面的距离D。当D值小于某个阈值，我们可判定处于高碰撞风险状态。

我们已经得到危险距离D的表达式：

, 其中

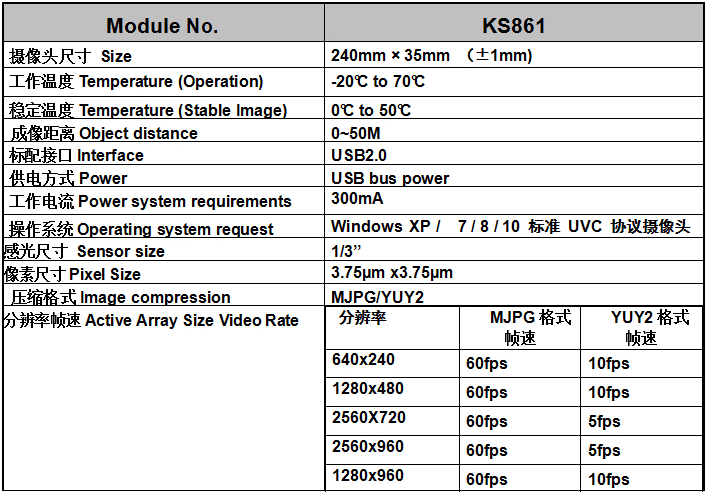
将公式两边同时微分:

上述两式整合，得到危险距离测量的相对误差公式：

表示像元尺寸，F表示焦距，这两个参数在摄像头选定之后即固定。那么在被测距离D一定的情况下，通过增大光轴间距T，可以减小危险距离测量的相对误差。

### 2.3.2 危险距离测量精度计算

KS861双目摄像头的参数如下：



实验条件设定如下：

测量距离：0~30m

光轴间距：0.6m

焦距：12mm

像元尺寸：3.75um

因此，KS861双目摄像头危险距离测量的理论误差为：30 \* 3.75 \* 10-6/(12\*10-3\*600\*10-3) = 1.56%。式中，30表示最大测量距离30m，3.75 \* 10-6表示3.75um的像元尺寸，12\*10-3为摄像头的焦距12mm，600\*10-3为两颗摄像头的基线间隔600mm。1.56%的理论测量误差，完全能够满足我们的实验要求，这也是选型KS861双目摄像头的重要理论依据。

# 三、实验数据采集与矫正

## 3.1 数据采集

数据采集时模拟无人机智能跟拍汽车的场景。汽车与双目摄像头的距离在0~30m之间，每间隔5m设置一个标记点位（图中黄色的橘子），以评判算法估算的危险距离与实际距离之间的误差大小。双目摄像头和车辆均处于运动状态：手持双目摄像头在原地前后左右晃动，以模拟无人机的姿态变换；同时，车辆由远及近接近双目摄像头，以模拟无人机与车辆相对距离减小，碰撞威胁逐步增大的场景。

数据采集的要点如下：

①汽车与双目摄像头的距离：0~30m；

②设置6个标记点位（5m、10m、15m、20m、25m、30m）；

③双目摄像头和车辆均处于运动状态；

④双目摄像头在原地前后左右晃动，以模拟无人机的姿态变换；

⑤从30m处缓慢倒车，逐渐接近双目摄像头，以模拟无人机与车辆相对距离减小，碰撞威胁逐步增大的场景。



双目摄像头及实验车辆



6个评判点位（橘子标记）

通过上述模拟场景，我们采集得到一段视频作为本文的数据研究对象。该视频时长54s，1080p（1920\*1080），帧率30fps，共计54\*30=1620帧。下图即为模拟无人机智能跟拍功能时，双目摄像头记录到的画面。



实验画面

## 3.2 数据矫正

### 3.2.1 高斯滤波

一般而言，摄像头采集得到的图像会存在各种噪声，比如环境噪声、摄像头电子元件引入的噪声等等。为了减小噪声的影响，并提高后续环节（车辆检测、危险距离测量）的精度，有必要对原始数据进行高斯滤波处理。

#### 高斯分布

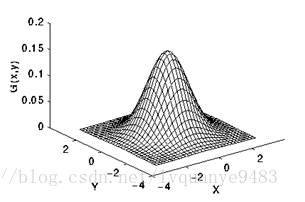
根据以前的数学知识，我们知道均值为0的一维高斯分布公式为：

一维高斯分布的曲线图为：



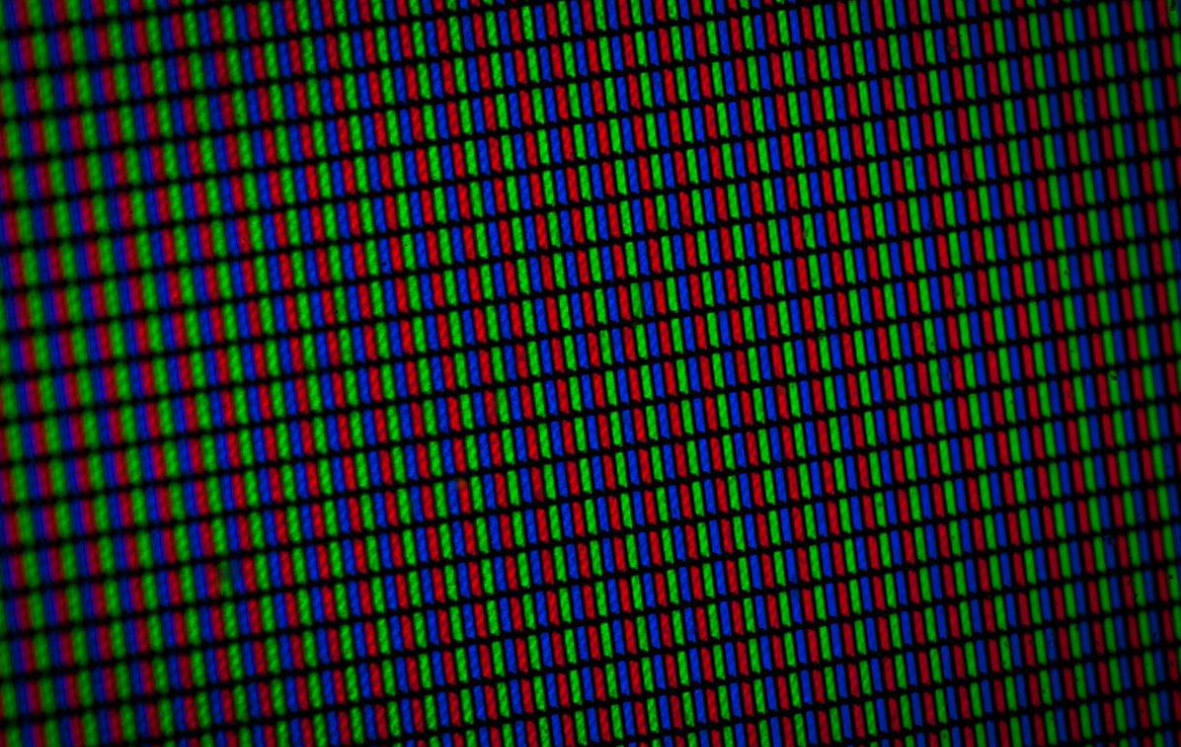
均值为0的二维高斯分布公式为：

二维高斯分布的曲线图为：

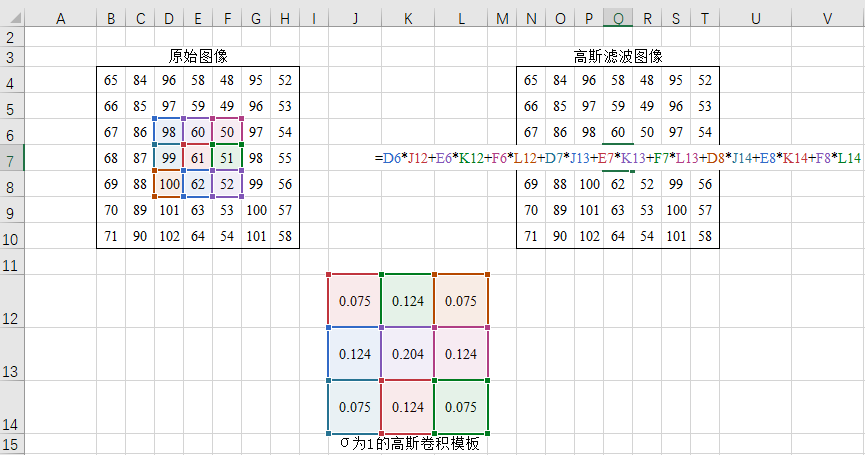


#### 数字图像

数字图像由表示红、绿、蓝三种原色的数字表示，并在宽度和高度两个方向堆积。因此，数字图像在计算机内部可以被视为二维矩阵。



高斯滤波的过程就是使用高斯卷积模板与原始图像像素值加权求和的过程，例如下图中，O7=D6\*J12+E6\*K12+F6\*L12+D7\*J13+E7\*K13+F7\*L13+D8\*J14+E8\*K14+F8\*L14。



### 3.2.2相机标定

写5页左右。

#### 3.2.2.1 坐标系转换

世界坐标系与像素坐标系的转换矩阵

#### 3.2.2.2 单目相机标定：

张友正相机标定：OpenCV的接口函数：calibrateCamera

#### 3.2.2.3 双目相机标定

在单目标定的基础上，对双目相机进行标定，OpenCV的接口函数：stereoCalibrate

#### 3.2.2.4 图像矫正

通过双目相机标定，获得了图像的矫正参数，并用它们来矫正图像，OpenCV的接口函数：initUndistortRectifyMap和remap

<https://blog.csdn.net/fengye2two/article/details/80686409>

<https://blog.csdn.net/weixin_43843780/article/details/89294131>

<https://www.cnblogs.com/zyly/p/9373991.html>

<https://blog.csdn.net/onthewaysuccess/article/details/40736177>

<https://blog.csdn.net/a083614/article/details/78579163>

# 四、障碍物检测

写5页左右。

现有检测算法有哪几种，各自对比的优缺点。YOLO检测的理论基础。

YOLOv4，我们调用别人的接口来识别车辆，不需要额外训练。

<https://blog.csdn.net/baobei0112/article/details/105831613/>

https://blog.csdn.net/qq\_38316300/article/details/105759305

# 五、障碍物跟踪

写5页左右。

现有追踪算法有哪些，各自对比的优缺点。KCF检测的理论基础，数学推理过程。

KCF，跟踪算法。物体识别准确率比YOLO低，但是识别速度比YOLO快很多。

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/48249974>

# 六、双目测距

写5页左右。

测量车辆与摄像头的距离，并根据距离进行危险程度判断。

左右视图的匹配：

角点检测：<https://mp.csdn.net/editor/html/79119736>，简化处理，我们用YOLO识别到的矩形框中心点近似代替角点，计算左右图像的视差，进而求出距离

图像形态学处理：<https://blog.csdn.net/fengye2two/article/details/79188087>

选择红色的车辆，利用形态学处理可以分割出车辆的位置

# 七、实验过程及结果

写10页左右。

主要3个指标：

1、车辆识别准确率：每帧图像都使用YOLO检测的矩形框为基准；

2、识别速度（fps）：KCF与YOLO处理图像的不同间隔所对应的识别速度；

3、车辆距离测量误差率：卷尺测量的距离为基准，求得误差率。

# 八、避让路径规划

写2页左右。

现有路径避让算法，我们的场景哪种算法比较合适。

# 九、总结与展望

写2页左右。

总结全文，课题展望。