

《数字图像处理》 第三次综合作业报告

自 61

张嘉玮

2016011528

2018 年 12 月 13 日星期四

目录

1、 基础任务.....	4
1.1 需求分析.....	4
1.1.1 确定足球的初始位置.....	4
1.1.2 足球追踪.....	4
1.1.3 足球分割.....	4
1.1.4 去除噪声.....	4
1.1.5 估计球速.....	4
1.2 算法和实验结果.....	5
1.2.1 初始位置.....	5
1.2.2 足球追踪.....	6
1.2.3 足球分割.....	8
1.2.4 去除噪声.....	14
1.2.5 速度估计.....	16
2、 高级任务.....	18
2.1 算法.....	18
1) 在每帧当中检测出移动的目标.....	19
2) 将检测到的目标与之间的跟踪目标关联起来.....	19
2.2 检测步骤.....	19
2.3 简化改进.....	20
2.4 实验结果.....	20
A、初次确认其检测到球.....	20
B、分割结果.....	21
第 20 帧:	21
第 60 帧:	21
第 90 帧:	22
D、检测结果.....	22
E、拟合修正.....	23
F、速度估计.....	24
3. 总结分析.....	26
4. 参考文献.....	27
【附录】	
1. 基础任务.....	28
1.1 轨迹跟踪结果:	28
1.2 分割结果.....	29
1.3 速度测量.....	29
2. 高级任务.....	30
2.1 轨迹跟踪结果:	30
2.2 分割结果.....	30
第 40 帧.....	30
第 60 帧.....	30
2.3 速度测量.....	31

1、基础任务

1.1 需求分析

根据作业要求和提示，可以将基础任务分为下面的几个主要的任务环节。

1.1.1 确定足球的初始位置

交互式确定足球的初始位置。但是由于人工操作有一定的误差，选定的点一般不是足球的中心，因此需要通过图像处理，找到初始位置的足球中心。

1.1.2 足球追踪

根据足球已经检测到的信息，预测足球接下来的运动信息。同时对已经检测到的信息加以保存。

1.1.3 足球分割

根据像素信息，判断足球和背景。由于足球在运动过程当中，由于阳面和阴面的像素值变化较大，因此，通过颜色信息判断前景背景变得很困难，这时，需要通过图像形态学和图像分割等方法对足球进行分割。

1.1.4 去除噪声

由于不可避免的噪声等因素，导致求得的轨迹以及足球大小有一定的误差，这对于瞬时速度特别是最大速度的估计是很糟糕的信息。因此需要对最终结果进行“去噪”处理。

1.1.5 估计球速

根据足球的分割结果，以及足球的真实大小，这之间存在一定的比例关系。通过求取此比例关系，获得足球的位移、时间信息，进而求出足球的速度。

1.2 算法和实验结果

本章节对算法进行阐述，同时对实验结果进行展示，以及和未优化的 tracking.m 算法进行比较。

本环节以视频背景较为复杂的“4.mp4”为例，展示各个环节。

1.2.1 初始位置

主要用到边缘提取，物体分割等算法。

1)、算法

- A、用第一帧图像，交互式得到足球的大致位置。
- B、将图像转为灰度图。
- C、使用 canny 边缘检测算法检测整张图的边缘。
- D、使用霍夫变换检测交互式得到的位置附近的圆形物体。
- E、对所得结果进行筛选修正，得到球的中心位置、以及求得分割结果。

2)、实验结果对比：

A、tracking.m 算法

没有对交互式结果做修正，也没有分割第一帧图像的球。

B、优化结果

边缘检测结果：



对球的位置做了优化，同时得到了初始半径。最为后续判断的基础。

1.2.2 足球追踪

易知，足球的运动是一个马尔科夫过程，即下一时刻的位置只与

上一时刻的位置以及速度有关，与之前的过程无关。因此只需上一帧图像的检测结果，具体是使用其将检测的位置信息，作为下一帧图像的检测依据。同时保留检测结果修正后的数据，作为最终的轨迹追中结果。

结果：

A、tracking.m 算法



B、优化结果

【中间环节】



【最终结果】



1.2.3 足球分割

该环节是整个算法的核心，分割效果直接影响最终的速度估计。

1)、算法：

A、使用帧间差分法（即 tracking.m 中使用的方法）作为足球位置的先验结果。

B、使用算数平均法提取背景图像。考虑到背景信息占图像的主要部分，不同帧都含有图像的背景信息。采用加法求均值法，弱化运动目标，背景信息。同时，此算法具有消除背景噪声的效果。由于之后使用灰度信息进行处理，因此之间将图像转为灰度图像序列，进行处理。

C、使用背景减法算法，获得足球的分割结果。背景减法算法是将每一帧与 B 中提取的背景做差，当差值高于一定的阈值时，判断其为前景；否则，其为背景。

D、通过形态学处理，去除噪声。

E、使用 canny 算法检测初步分割结果（是二值图像）的边缘。

F、在 A 环节求得先验位置附近，使用霍夫变换检测圆形，判断其为位置。

G、得到更新后的分割结果。主要填补足球上未检测出来的部分，同时获得球的大小信息（半径）。

2)、实验结果

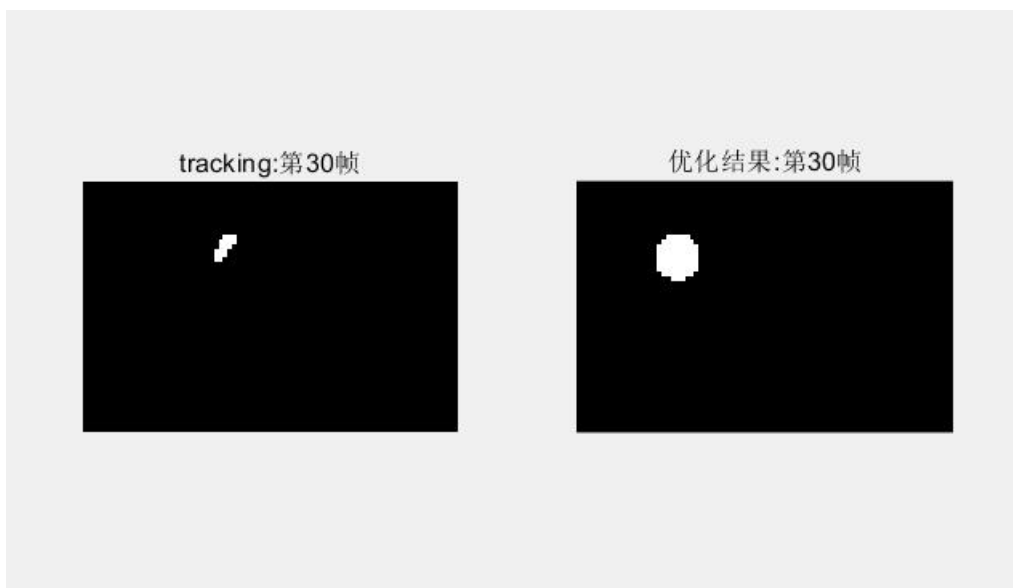
A、背景建模

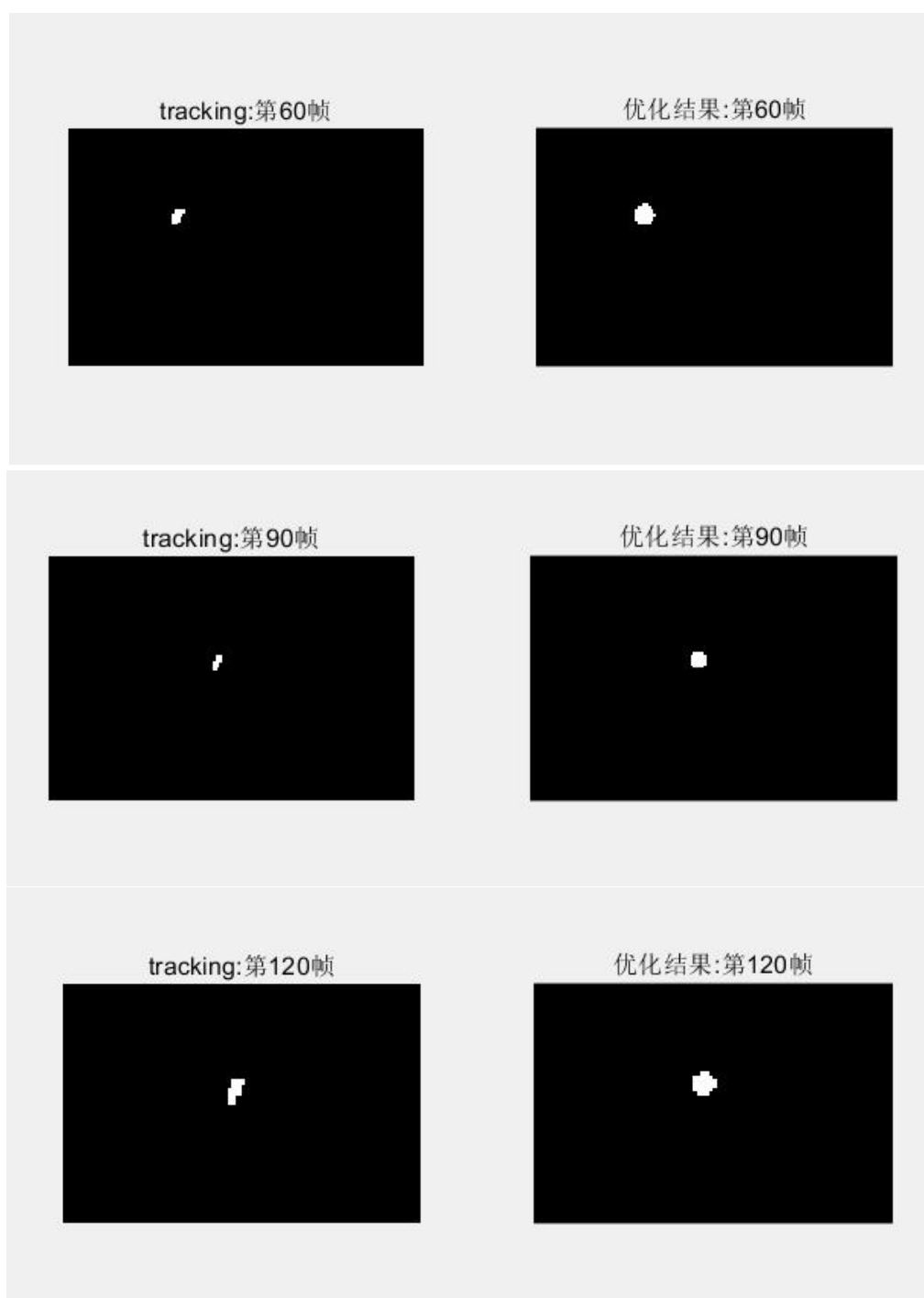


B、背景减法



C、分割结果



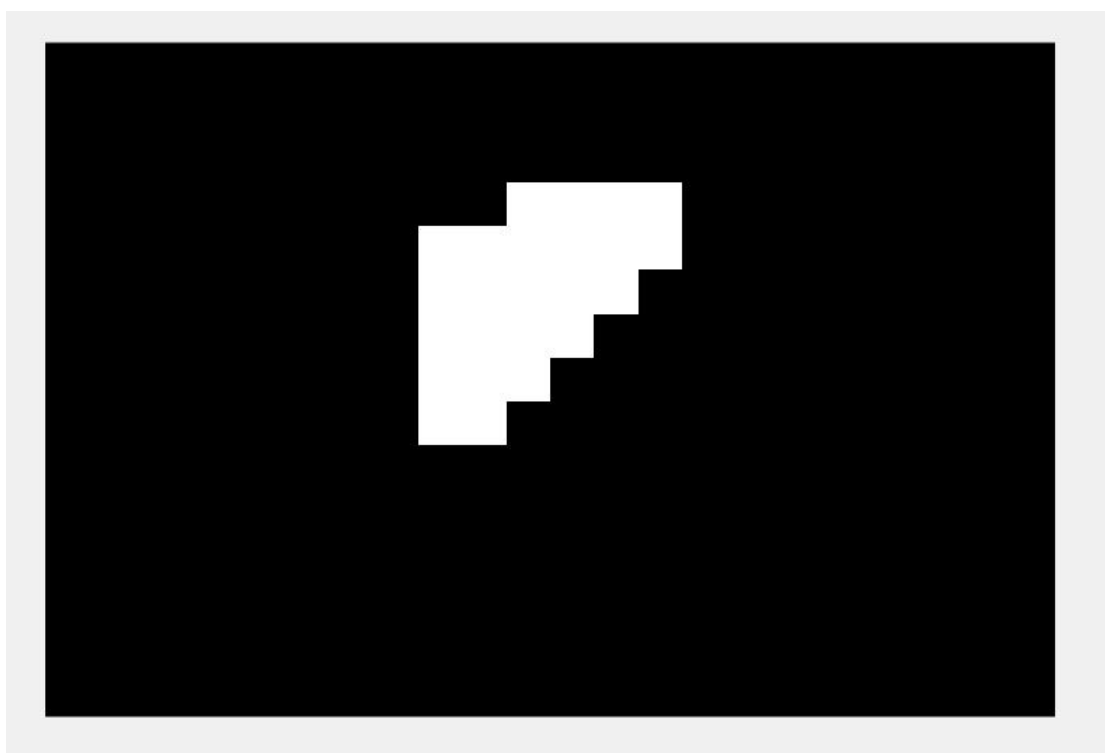


对比分割结果，可以看到优化后的结果明显好于优之前的结果。这对于速度估计是较大的一步优化。

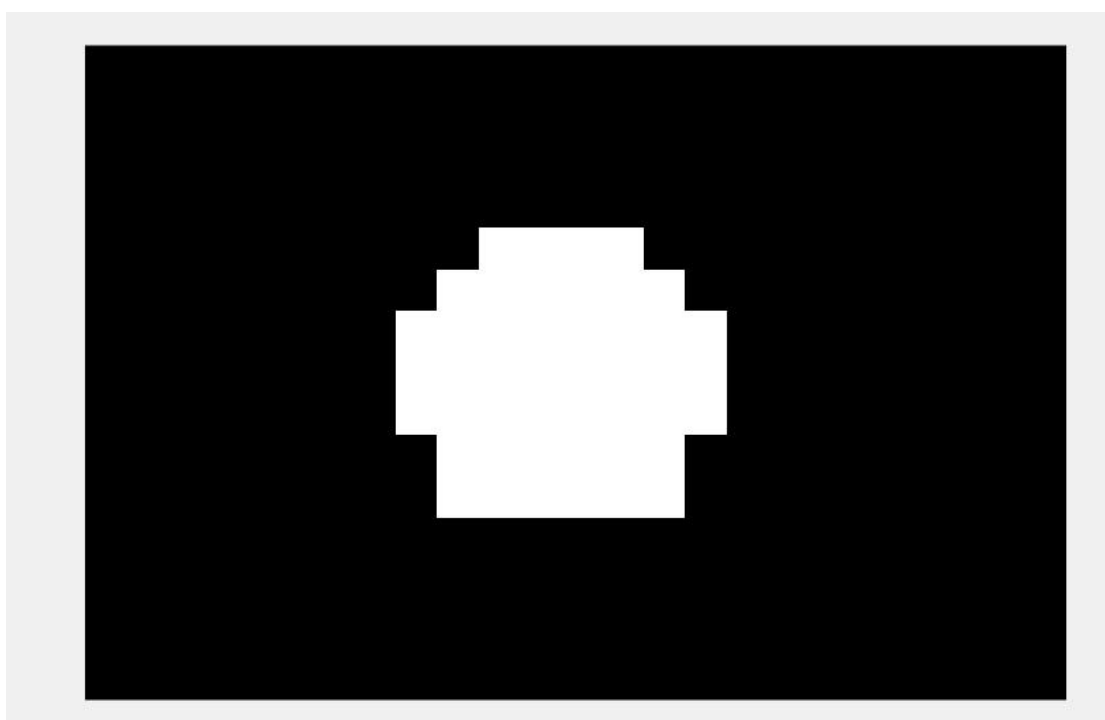
其中，霍夫变换起到了较大的作用，由于亮度的原因，导致最终检测到的足球之后阳面的部分，而霍夫变换可以检测到半圆，因此根

据半圆的信息，将球补全，便得到了更加精确的分割结果。

比如，背景差分法得到的结果如下：



霍夫变换同样可以检测到球，然后进行补全，便可以得到下面的分割结果。



对应在图像上：

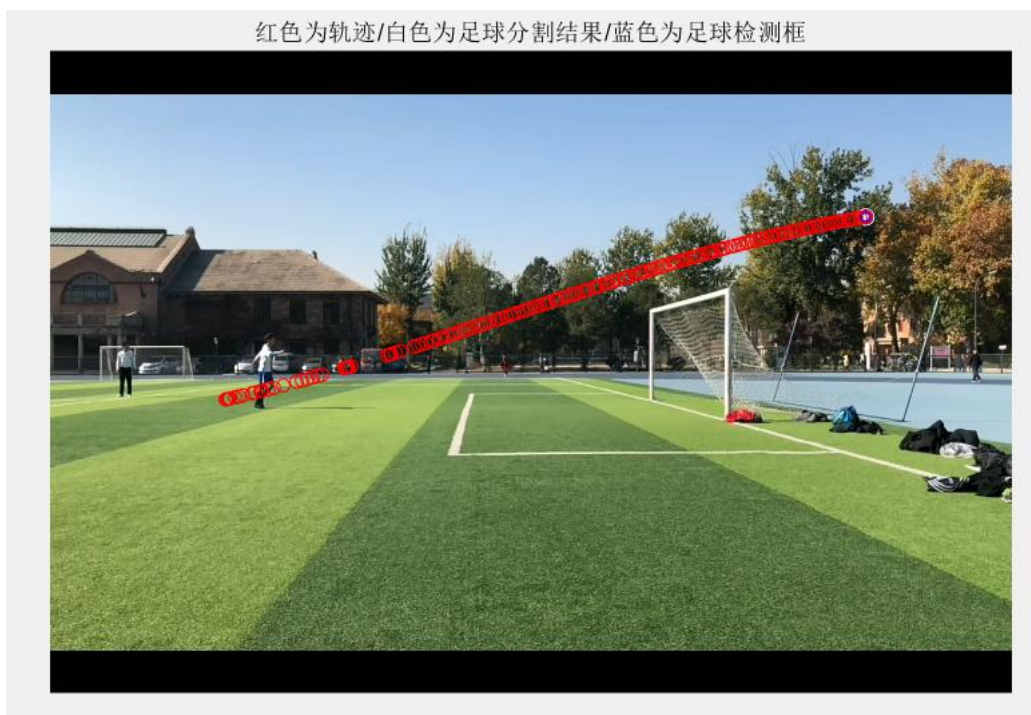


1.2.4 去除噪声

跟踪上面的轨迹，便可以得到下面的轨迹图。



可见，在初始起步位置会有一定的误差。为了消除误差，采用拟合的方法。使用三次多项式进行拟合，可得下面的拟合结果。



最终的轨迹图：



1.2.5 速度估计

每一帧图像咋进行霍夫变换时都可以求得一个球半径，将所有帧的图像的半径求平均，作为最终的求半径。而根据求半径以及求的球的真实大小，可以得到每一个像素在球所在轨迹上的真实距离大小。

根据跟踪得到的轨迹，便可以得到每两帧图像之间球的距离，接着根据每两帧图像之间的时间间隔，既可以求得球的速度。而为了避免噪声对最大速度的影响，每五帧求一个平均速度，作为中间时刻的瞬时速度。

由于是等时间间隔的采样，因此，速度的平均便是平均速度。求所走瞬时速度的平均值，作为整个轨迹的平均速度。

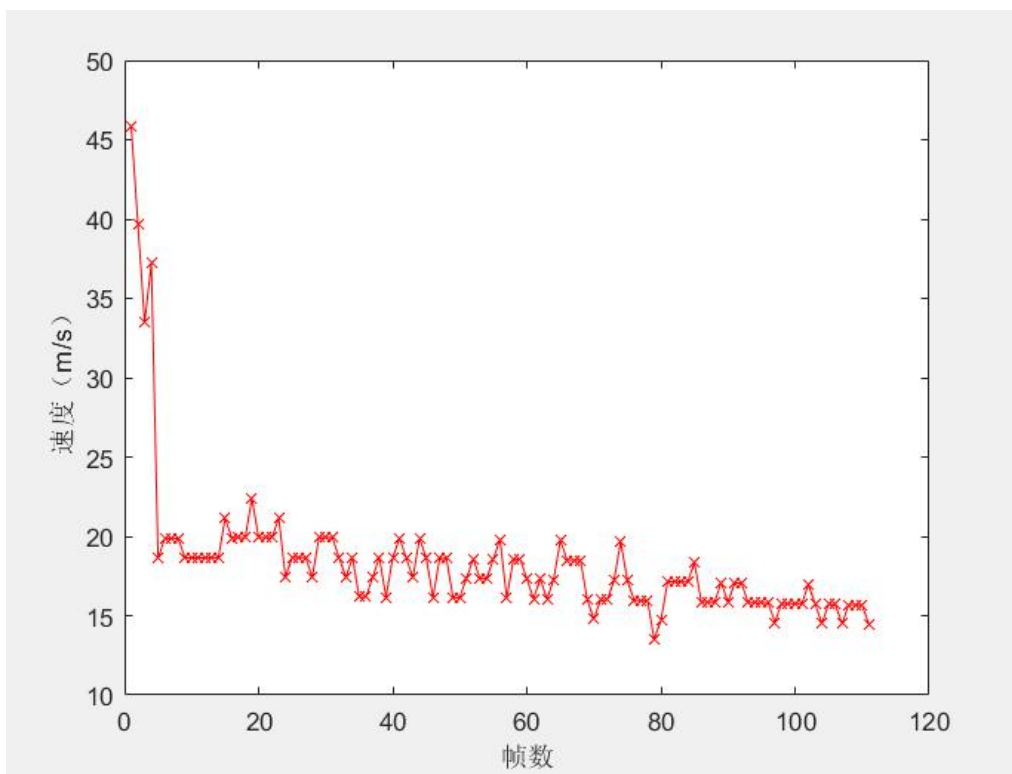
实验结果：

视频 4.mp4

平均速度： 20.1139cm/s

最大速度： 45.8498m/s

瞬时速度曲线：（单位： cm/s）

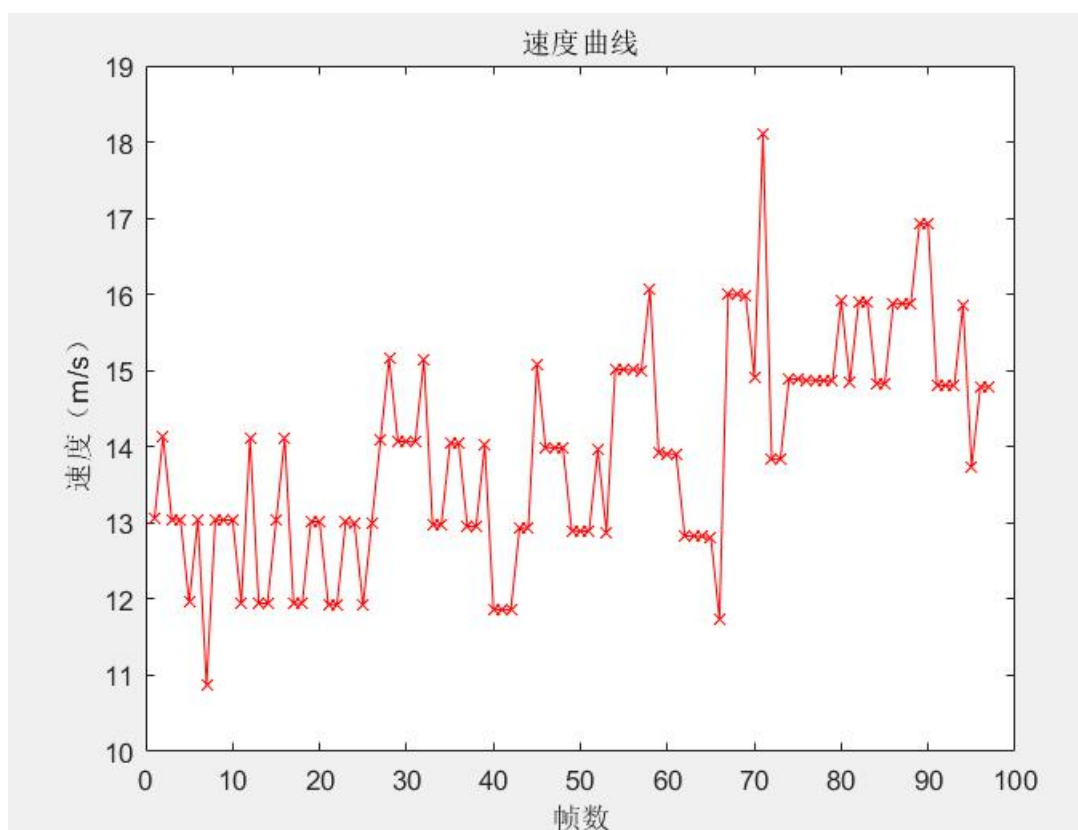


视频 3.mp4

平均速度: 14.4674m/s

最大速度: 18.107m/s

瞬时速度曲线: (单位: m/s)



整体速度从出脚之后逐渐下降，符合客观现实。

2、高级任务

利用 kalman 滤波进行运动物体的检测和追踪，结合基础任务算法流程，实现对足球的自动定位、分割和追踪，最终估算球速。对比基础任务，可知该算法的主要任务在于检测和识别球的初始位置。球的初始位置一旦确定，便可以结合基础任务的算法，对球的运动轨迹实现追踪、分割以及检测。

本环节主要参考了 Motion-Based Multiple Object Tracking

<https://www.mathworks.com/help/vision/examples/motion-based-multiple-object-tracking.html> 的方法和代码。下面主要阐述结合这个算法，用于本次作业的检测。

2.1 算法

该算法主要有两个步骤：

1) 在每帧当中检测出移动的目标

- A、使用高斯混合模型做背景减法，得到移动的目标。
- B、通过形态学处理消除分割检测到的前景图当中的噪声。
- C、通过 blob 分析检测联通区域，得到对应的移动目标。

2) 将检测到的目标与之前的跟踪目标关联起来

利用卡尔曼滤波算法计算并且预测每个轨迹在下一帧图像当中的位置。计算预测的轨迹位置和每个新检测到的目标之间的欧氏距离。

最后更新检测结果。

2.2 检测步骤

使用混合高斯模型检测得到前景图，使用 3×3 矩形对前景图使用先腐蚀后膨胀的开运算，切断邻近运动物体的连接，特别是在前几帧图像当中，切断足球和脚的连接。接着使用 15×15 矩形进行闭运算，即先膨胀后腐蚀，消除小物体。最后填补空洞。

对于已经检测到的物体，使用卡尔曼滤波器进行跟踪预测，得到中心位置，接着对预测中心进行调整，同时将其作为轨迹的跟踪矩形框。

对于新检测到的目标，根据已经检测到的目标，创建损失函数矩阵，使用卡尔曼滤波器的预测结果与每个新检测到的目标计算欧式距离，存入损失函数。最后使用匈牙利匹配算法根据损失函数和阈值（设置为 20）分配到轨迹。

分配之后，用检测到的目标修改对应轨迹的卡尔曼滤波器。对于未分配的轨迹，进行预测，同时记录其连续未检测到物体的帧数。对于连续多帧（20 帧）为检测到的轨迹，将其删除。

在建立新的轨迹时，同时创建其对应的卡尔曼滤波器，初始滤波器设置为匀速模型，将检测到的物体中心作为卡尔曼滤波器的中心位置。初始化位置误差和速度误差设置为[200,50]，动态噪声设置为[100, 25]，测量噪声 100。

2.3 简化改进

具体到本次实验，由于足球的特殊性，可以简化有关操作。集合基础任务，主要简化下面的几个步骤：

1、本次作业只需对足球进行检测，因此只需分割和检测出足球即可。同时卡尔曼滤波对轨迹的预测也只需预测足球这一条轨迹。

2、将使用高斯混合模型检测出来的足球分割结果进行边界提取，使用霍夫变换检测击中的圆形，对连续多帧进行检测，一旦确定其检测出了其中的足球，便对其进行跟踪，跟踪方法使用基础任务当中的方法。

3、对未检测到球的位置，在检测过程当中进行标注，最后使用插值的方法对这些点进行补全。若轨迹的开始位置和结束为止有这样的点，这进行“掐头去尾”操作，删除这些点。

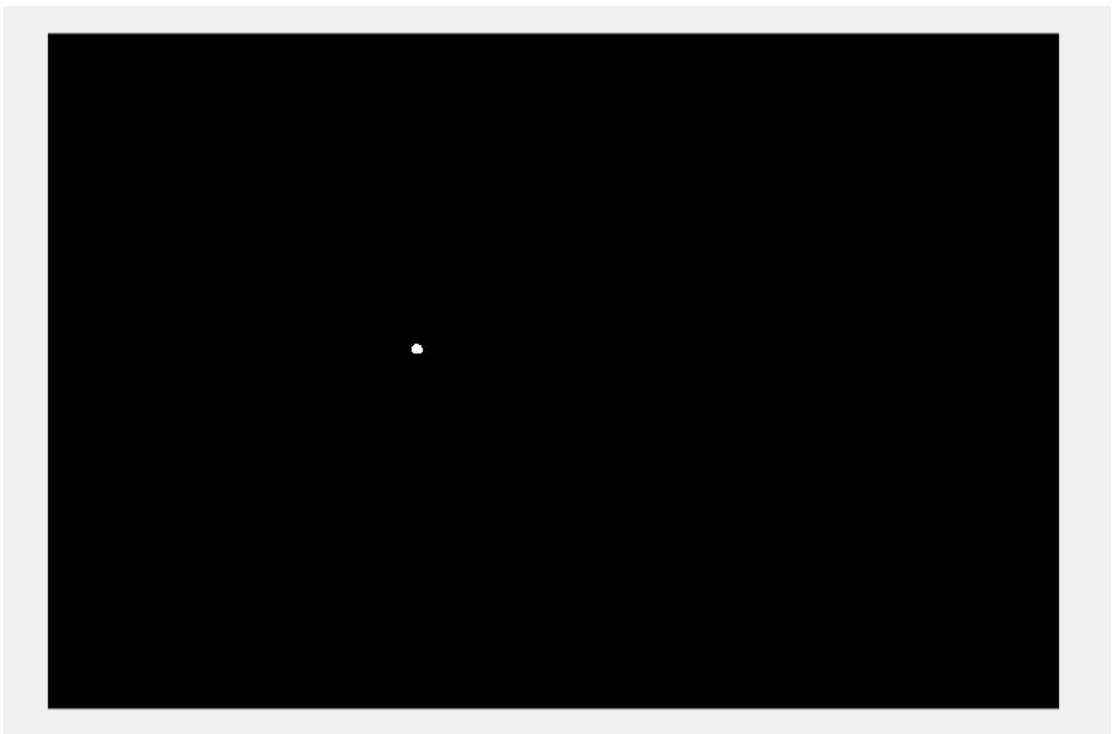
2.4 实验结果

A、初次确认其检测到球

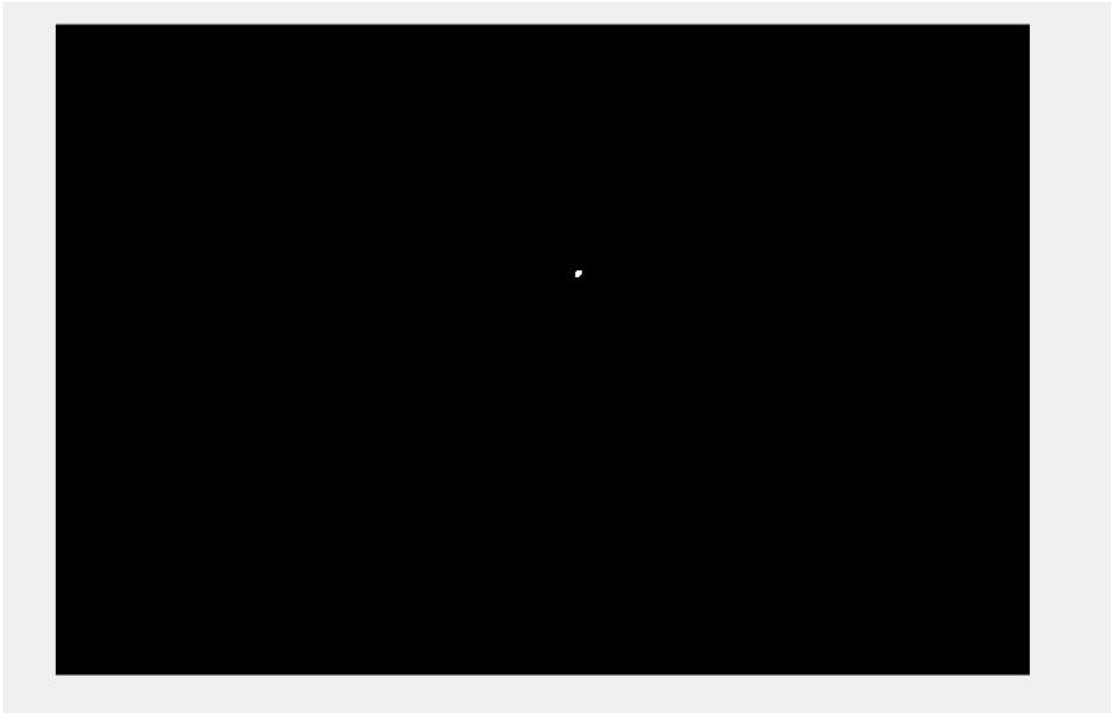


B、分割结果

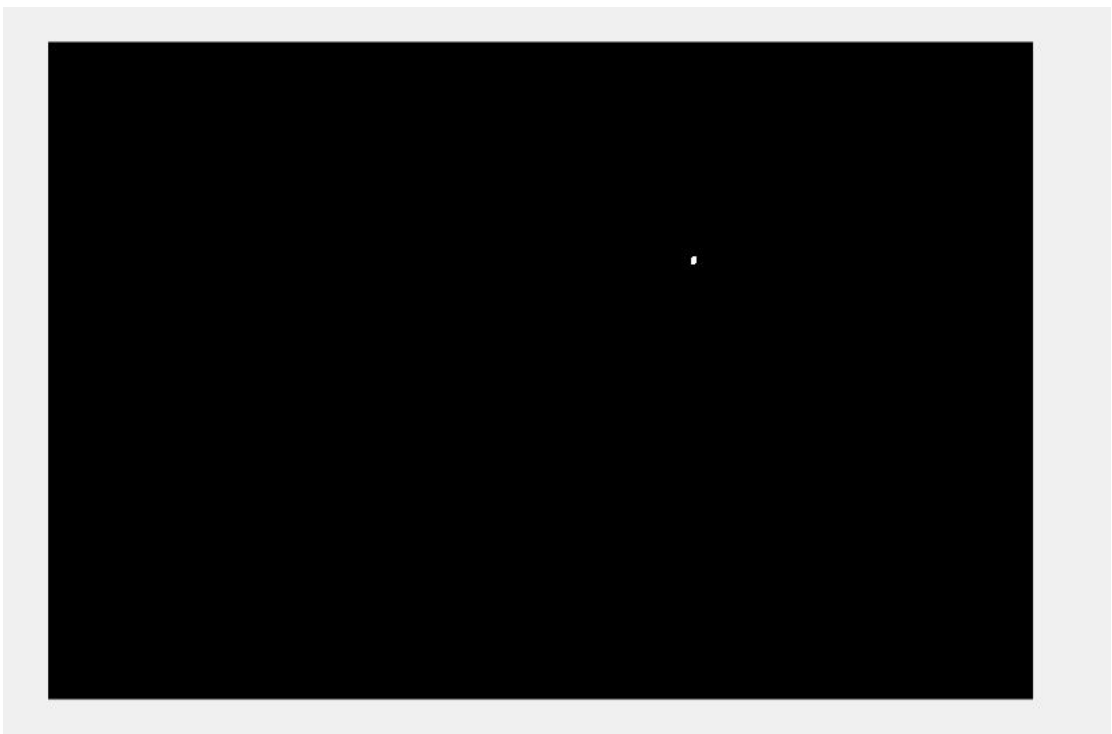
第 20 帧：



第 60 帧：



第 90 帧：



D、检测结果



E、拟合修正

红色为轨迹/白色为足球分割结果/蓝色为足球检测框



红色为轨迹/白色为足球分割结果/蓝色为足球检测框



F、速度估计

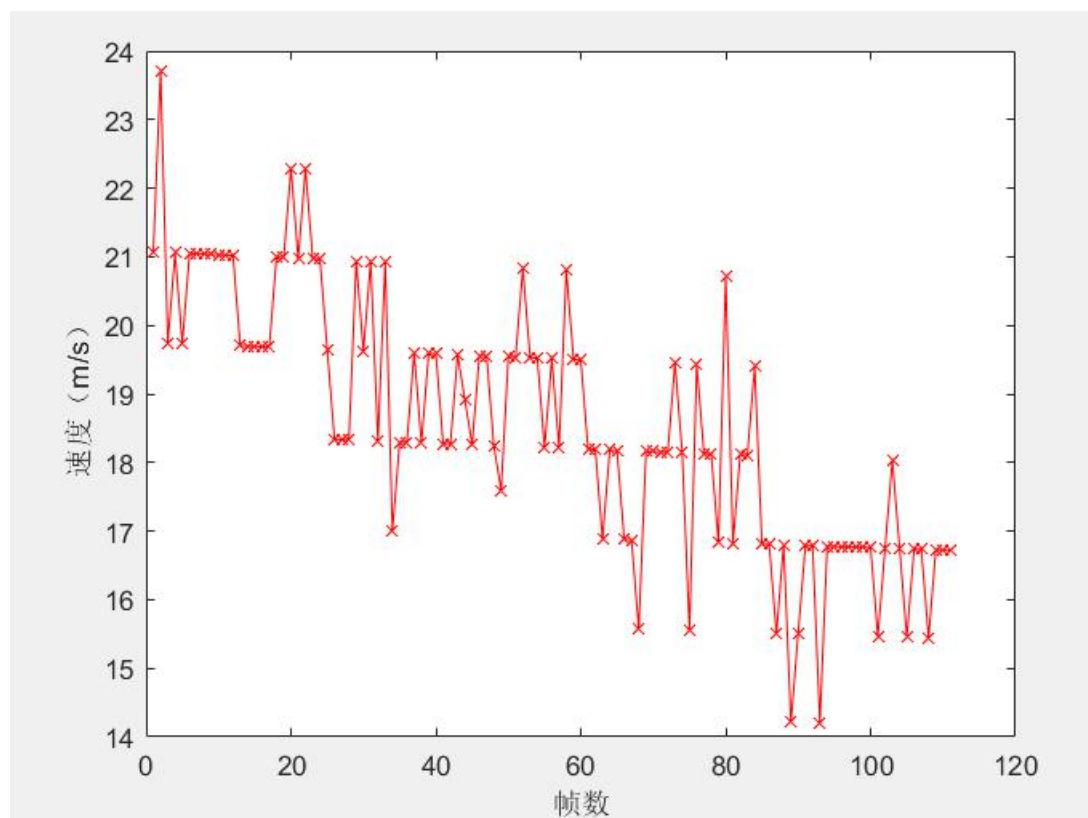
算法同基础任务。

视频 4.mp4

平均速度： 18.5785m/s

最大速度： 23.7023m/s

瞬时速度曲线：（单位： m/s）

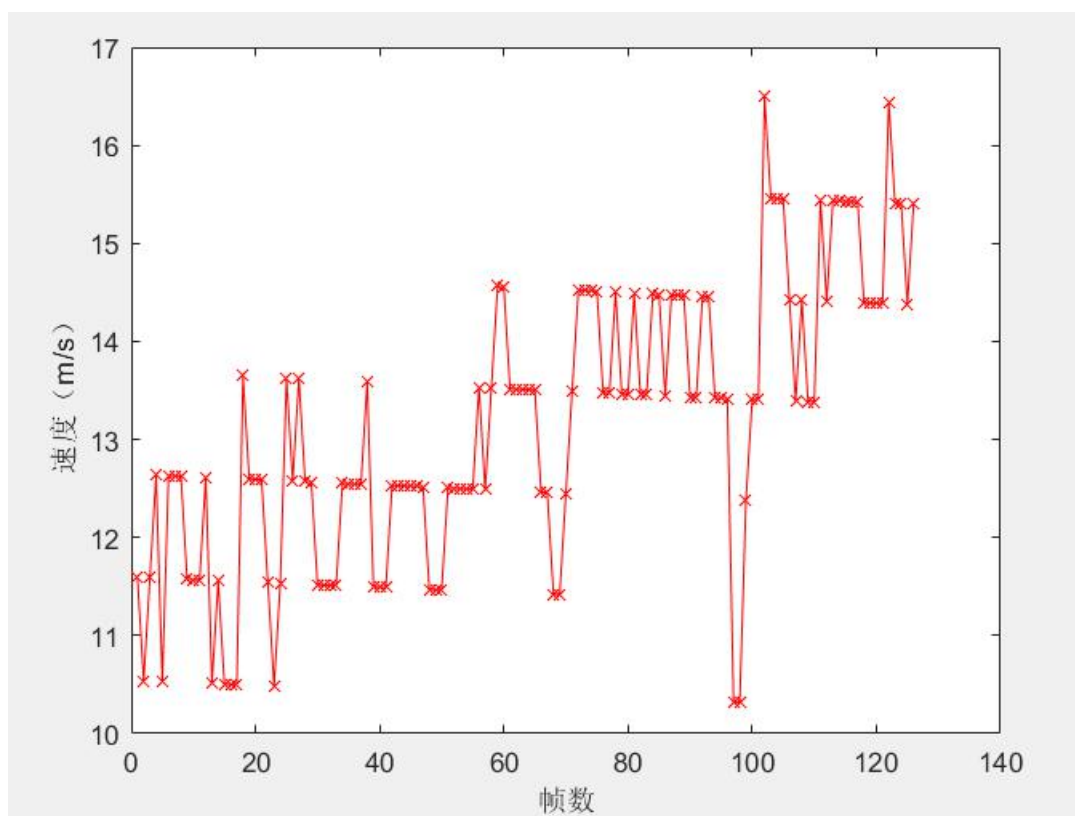


视频 3.mp4

平均速度： 13.1338m/s

最大速度： 16.4959m/s

瞬时速度曲线：（单位： m/s）



对比基础任务可知，这样求得的瞬时速度方差更小。主要得益于分割结果算法比较好，使得中途没有的毛刺（错误检测）的数据比较少。

3. 总结分析

回顾本次大作业，用到的方法涉及到了多个方面的方法，比如【形态学处理】【边缘检测】【物体分割】【差分背景提取】【高斯混合模型背景提取】【运动物体跟踪】【卡尔曼滤波算法预测】等等，对所学知识有了系统的回顾。

在算法设计初期，也走了许多弯路，比如通过 HSI 空间的颜色信息进行分割等等，虽然经过花时间尝试后又回到最初的起点，但这个过程还是学到和回顾了许多知识。

至于算法，分析对比以上实验结果以及下面的附录可知，对于任

务要求，得到了较好的实现结果。特别的：对于视频 0.mp4,高级任务所得速度与基础任务相差比较大，基础任务的速度明显大于自动分割的结果。其中的原因是由于基础任务中，球比较大，导致很多位置的球的检测结果是一部分“球”，即检测到的球半径小于真实半径，进而导致比例尺增大，使得速度偏大。这也可以看出基础任务的算法对于“小球”更加适合，大球的误差就会相对较大。而对于小球的速度测量，基础任务和高级任务的结果近似，这也在另一个侧面验证了算法的有效性和准确性。

4. 参考文献

- [1] <https://www.mathworks.com/help/vision/examples/motion-based-multiple-object-tracking.html>
- [2] 曹志刚. 运动物体的前景与背景实时分割[J]. 冶金自动化. 2010
- [3] 施乐剑. 足球比赛视频中球的检测和跟踪

【附录】

视频 1-8 的检测结果类似，由于视频 0.mp4 的有关参数需要调整，下面对视频 0.mp4 的实验结果进行展示。

1. 基础任务

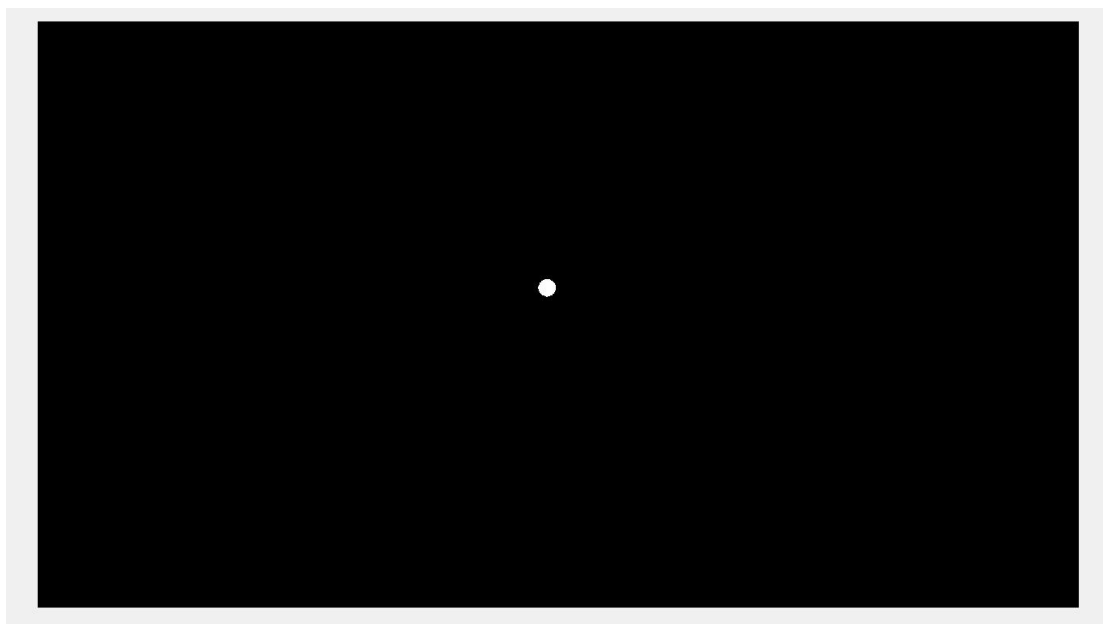
1.1 轨迹跟踪结果：



红色为轨迹/白色为足球分割结果/蓝色为足球检测框



1.2 分割结果

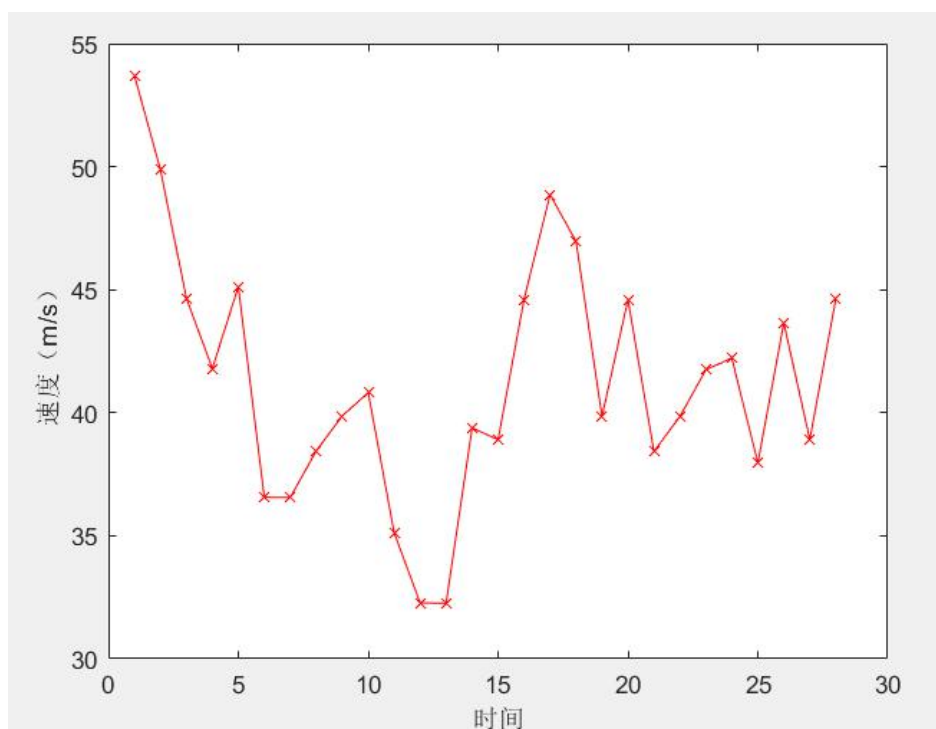


1.3 速度测量

平均速度: 43.2390m/s

最大速度: 53.7020m/s

瞬时速度曲线:



2. 高级任务

2.1 轨迹跟踪结果：



注：视频最后几帧检测结果误差较大，在设计算法时，对这几帧进行抹去，以得到更加准确度的速度估计

2.2 分割结果

第 40 帧



第 60 帧



2.3 速度测量

平均速度: 21.8404m/s

最大速度: 29.2037m/s

瞬时速度曲线: (单位: m/s) :

