

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.11.022

# 基于机器视觉区域处理技术的水中机器人定位方法

丁广帅, 雷运洪

(陆军航空兵学院 机械工程系, 北京 101123)

**摘要:** 为解决水中机器人比赛易受比赛场地光线不均匀的影响而导致的机器人识别错误或丢失问题, 提出一种基于区域处理技术的水中机器人定位方法。该方法综合利用直方图统计和区域处理方法对第一幅图像进行图像预处理、去背景操作, 对机器人进行粗略定位, 在得到的机器人区域中将色标分割出来, 得到包括鱼的位置坐标和方向在内的各项信息。而后续图像的处理则主要采用区域处理方式, 通过不断地修正机器鱼的位置信息, 利用上帧图像的参数对本幅图像进行简化处理。结果表明, 该方法能将光线等因素的影响降到最低, 在一定程度上弥补了现在比赛平台色标识别上的不足。

**关键词:** 区域处理; 颜色空间; 水中机器人**中图分类号:** TP242.6; TP751 **文献标识码:** A

## Algorithm for Localization of Underwater Robot Based on Regional Treatment in Machine Vision

Ding Guangshuai, Lei Yunhong

(Dept. of Mechanical Engineering, Army Aviation Institute, Beijing 101123, China)

**Abstract:** To solve the problem that the image processing system used in robot fish water polo game can be easily influenced by the asymmetry of the light in the competition area and then the robot could be recognized wrongly or even got lost, this passage gives out a algorithm for image process which is based on regional treatment and then get the location of the underwater robot. This algorithm mainly process on the first image, remove the background and the get the coarse coordinate of the robot using histogram analysis and regional treatment in machine vision, and then segment the color code out, get the direction and location of the robot. The following process uses regional treatment, simplifies through using the data produced in last image and correcting the information of the robot. The result shows that this algorithm can reduce the influence of the light and make up the shortage in the image processing system used in robot fish water polo game.

**Keywords:** regional treatment; color space; underwater robot

### 0 引言

近年来, 随着机器人学的不断发展, 机器视觉在该方向上的应用也愈加受到重视, 并涌现出了一系列比较完善的定位算法<sup>[1]</sup>。在机器人足球视觉处理方面既有在 HSV 颜色空间进行图像分析的算法<sup>[2]</sup>, 又有着手于 YUV 颜色空间的图像分割方法<sup>[3-4]</sup>, 也有在 OHTA 颜色空间进行分析的算法<sup>[5]</sup>。在采用的图像识别方法中, 有的采用阈值分割法<sup>[5-6]</sup>, 有的通过颜色分类的方法对图像进行识别<sup>[4]</sup>。在对连续图像运动目标的识别上也涌现出了一系列的算法<sup>[7-8]</sup>, 并将人工智能的思想应用到图像识别中<sup>[9]</sup>。

全国水中机器人比赛使用的视觉识别系统采用的是由北京大学智能控制实验室提出的自适应衬底的平均化图像方法。即在比赛之前先采集一幅比赛池的图像并将该图像各个像素点的 RGB 值分别求平均, 然后再用各像素点的 RGB 值分别减去该平均值记录下作为“衬底”, 在开始实验时便可将修正

后的图像叠加该“衬底”而得到一幅平均化的图像。该方法在一定程度上减轻了光线不均匀对图像识别带来的影响, 但仍不能很好地解决同一块色标在不同区域因为光线的影响而不能很好识别的问题。故综合利用直方图统计<sup>[10]</sup>和区域处理方法对图像进行去背景操作, 然后对机器人进行粗略定位, 在得到的机器人区域中将色标分割出来, 并根据分割出来的区域的颜色特征定义相应的色标, 将光线等因素的影响降到最低。

### 1 图像获取

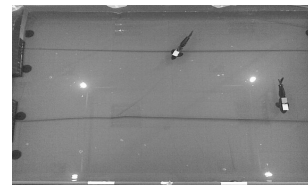


图1 原始图像

采用 200 万像素的相机, 使用 640×480 的规

收稿日期: 2010-06-12; 修回日期: 2010-07-09

作者简介: 丁广帅(1987-), 男, 河南人, 陆军航空兵学院机械工程系在读本科生。

格拍摄得到原始图像, 如图 1。该图像与水中机器人比赛过程中所采用的摄像头采集来的图像在像素上具有同等规格, 但由于没有比赛使用的摄像头长距离传输线带来的噪声, 所以更为清晰。

## 2 颜色空间的选择

色彩模型有 RGB 颜色模型、CMYK 颜色模型、XYZ 颜色模型、HSI 颜色模型和 YUV 颜色模型等。其中, RGB 模型最常用, 由 R (红)、G (绿)、B (蓝) 3 种颜色组合而成, 其它色彩模型均由它变换得来。但由于 RGB 模型没有考虑到光照强度, 受光照强度的影响比较大。YUV 模型选用了光照强度 Y 作为特征量, 其它 2 个参数都是颜色的特征量, 并且把光照强度作为一个参数<sup>[3]</sup>。而 HSI 空间则将彩色空间用色度、饱和度和亮度进行分解, H (Hue) 表示不同颜色, 如黄、红、绿等; S (Saturation) 表示颜色的深浅, 如深红、浅红; I (Intensity) 表示颜色的明暗程度, 主要受光源强弱的影响。I 分量与彩色信息无关, H 分量与人感受彩色的方式紧密相连。HSI 空间比较直观并符合人的视觉特性, 比 YUV 模型更适合应用在基于人的视觉系统对彩色感知特性的图像处理中, 故采用 HSI 模型。

## 3 算法实现

### 3.1 图像预处理

#### 3.1.1 图像修整

由于采集得到的图像中存在球门、球门支架等非背景色的物体, 而且摄像头的广角失真会产生架设水池的白色金属管及 4 个角处的地板等影像。这些区域在图像中的颜色并不属于背景色, 有时却与色标的颜色相同或相近, 难免会引起识别错误。鉴于这些物体在图像中的位置相对稳定, 故在图像处理之前应先将这一部分的图像进行剪切修整。

#### 3.1.2 图像平滑及滤波

为消除因光照的不均匀或因图像传输产生的噪声信号, 需要对图像进行滤波平滑操作, 笔者采用高斯滤波和中值滤波 2 种方法对图像进行处理。

#### 3.1.3 调整亮度

由于受到光线变化的影响, 会造成颜色的失真, 如鱼体、球门底座等黑色物体在图像中的颜色为 RGB (49,80,46), 而不是真正的黑色 RGB (0,0,0), 故需进行亮度及对比度的调整。经过修整、调整亮度及对比度, 并经过平滑滤波操作的图像如图 2。

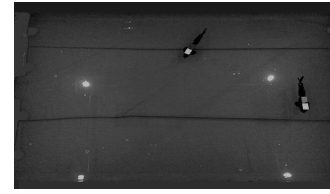


图 2 调整亮度与对比度

### 3.2 去背景操作

#### 3.2.1 整体法去背景

整幅图像的 Hue 直方图如图 3, 从图 3 中可以清晰地看到背景色所形成的最高的一个峰, 选取背景色阈值为  $\min(f(i, j))$  至  $\max(f(i, j))$ , 其中,  $f(i, j)$  为属于背景色的像素。

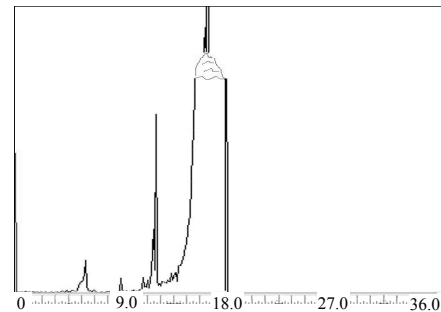


图 3 全图 Hue 直方图

为避免将有用的信息连同背景一起去掉, 适当缩小上述范围, 在整个图像范围内对背景色按统计得来的阈值信息进行去色的效果图如图 4。



图 4 整体法去背景

#### 3.2.2 分区法去背景

从图 4 中发现, 整体分区的方法去除背景不太理想, 主要是由于在整幅图像的范围内容摄像头的颜色失真及光线的不均匀、物体反光角度的变化等因素造成色标的颜色发生偏移, 一部分背景色与色标的阈值相重叠, 从而造成单一阈值无法将整幅图像的背景色彻底去除。图 5 中分别对几个典型的区域给出了 Hue 值的直方图, 从图 5 中可以清晰地看出, 每个区域中每个颜色块都有对应的峰值, 背景色在几个区域中形成的区域都比较集中, 但是阈值的上下限在各个区域之间还是存在着明显的不一致。

采用分区法将图像分成若干个区域, 在每个小区域内对图像进行分析, 从而确定小区域自己的背

景色阈值，消除各个分区背景色阈值不一致带来的误差。笔者采用大小为  $40 \times 40$  的区域将图像进行分割，在每个区域中采用整体法去背景的模式进行操作，处理效果如图 6。

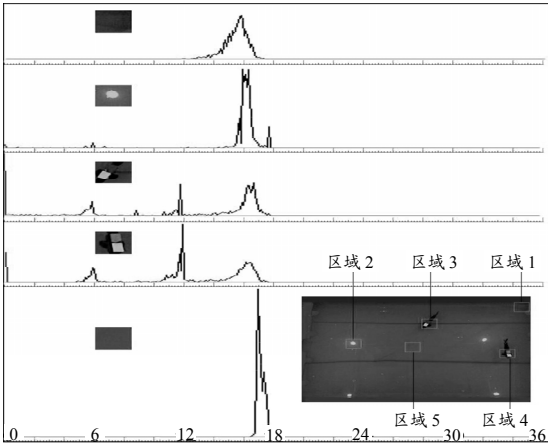


图 5 典型区域的 Hue 直方图

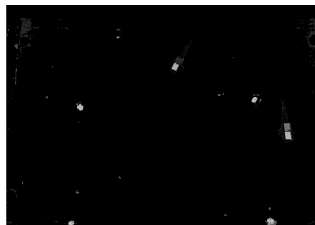


图 6 分区法去背景

### 3.2.3 二次去噪

从图 6 中可以看出，仍然存在很多没有被去掉的点和区域，根据这些杂点分布比较离散、区域面积较小的特点可以进一步采用分区的思想将这些点去掉。实现方法为：

- 1) 对图像进行更小区域的分区；
- 2) 统计该区域内的像素值，即还未置为黑色的像素的个数  $sum$ ；
- 3)  $if(sum < std) f(i, j) = RGB(0, 0, 0)$  其中， $std$  为给定的阈值，用于确定在单个区间内是否含有可用的信息，当像素数少于该阈值时便可认为此区域没有我们感兴趣的信息；
- 4) 转入下一个区域，重复上述步骤，直至将整幅图像处理完毕。

经过处理的图像效果如图 7。

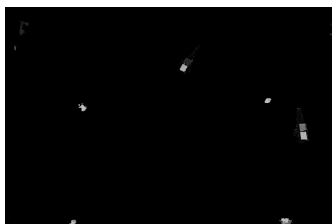


图 7 二次去噪

### 3.3 目标信息的拾取

#### 3.3.1 鱼的位置信息的获得

将图 7 进行二值化，并向横轴与纵轴进行投影，得到如图 8 所示的图像。从图 8 中可以看到，鱼的区域对应着横轴与纵轴上的 2 个积分面积最大的峰  $Peak1$  和  $Peak2$ ，其余未去除净的区域也分别对应着几个较小的峰。通过对孤立峰的积分可以确定出最大的 2 个峰，并进而确定峰的重心坐标  $Px_1$ 、 $Px_2$ 、 $Py_1$ 、 $Py_2$ ，对上述得到的投影重心进行组合，即得到鱼的可能坐标  $FishPt1(Px_1, Py_1)$ 、 $FishPt2(Px_1, Py_2)$ 、 $FishPt3(Px_2, Py_1)$ 、 $FishPt4(Px_2, Py_2)$ 。对上述 4 个坐标所在区域分别进行考察，从像素点总数、色度的范围等角度进行考虑，从而排除多余的 2 个坐标，剩余的就是 2 条鱼的粗略坐标。

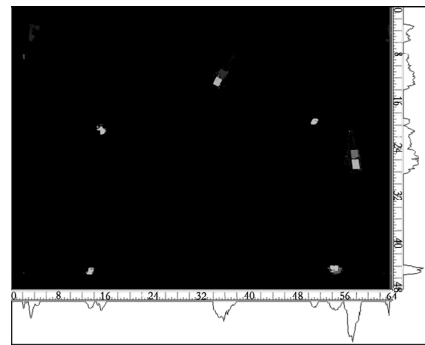


图 8 鱼的位置信息

具体实现步骤如下：

- 1) 图像二值化，方法为：

$$g(f(i, j)) = \begin{cases} 1 & f(i, j) == RGB(0, 0, 0) \\ 0 & f(i, j) \neq RGB(0, 0, 0) \end{cases}$$

- 2) 将图像向两轴投影：

$$\text{在横轴上的投影为 } num_i = \sum_{j=1}^{highth} g(f(i, j));$$

$$\text{纵轴上的投影为 } num_j = \sum_{i=1}^{width} g(f(i, j)).$$

- 3) 对孤立峰进行积分，找出面积最大的 2 个峰，得到鱼的粗略坐标。实现为：

$$area_n = \int_{start}^{end} num_i di$$

$$area_1 = \max(area_n)$$

$$Px_1 = \frac{\sum_{start\_i1}^{end\_i1} i * num_i}{area_{i1}}$$

$$Py_1 = \frac{\sum_{start\_j1}^{end\_j1} j * num_j}{area_{j1}}$$

其中， $start\_i1$  表示在横轴上筛选出的第一个峰的起始值，相应的  $end\_j1$  表示在纵轴上筛选出的第一个峰的终止值。

4) 考察区域  $N1(Px_1, Py_1)$ 、 $N2(Px_1, Py_2)$ 、 $N3(Px_2, Py_1)$ 、 $N4(Px_2, Py_2)$ , 将不含像素点或者像素点较少的区域舍去, 从而得到鱼的区域, 如图 9(a)、9(b)。

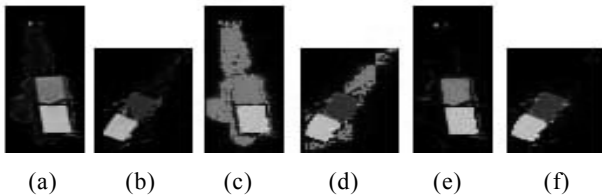


图 9 鱼的区域

### 3.3.2 色标的识别

由图 9(a)、9(b)中可以看出, 黄色、绿色、红色色标已经非常明显, 可采用自动阈值的方法对色标进行精确提取。

1) 对黄绿鱼, 由于浅绿色与鱼体的颜色在 Hue 值上十分相近, 所以要考虑 I (intensity) 值。不考虑 I (intensity) 值, 直接对色标进行识别的效果如图 9(c)、9(d)。对于黄红鱼及其他颜色的色标, 因为不存在与鱼体颜色相似的情况, 所以可以直接用 Hue 值进行分割。

2) 将 Hue 值比较独立的色标 (如红色、黄色) 区域赋予标准颜色

3) 用 I (Intensity) 值对浅绿及鱼体进行分割, 通过迭代的方法可以找到比较合适的阈值, 能够较好地 2 种颜色在亮度值上进行分割<sup>[11]</sup>。识别效果如图 9(e)、9(f)。

4) 在一个区域内确定了 2 个色标之后, 将其余像素置为  $RGB(0,0,0)$ 。

### 3.3.3 色标信息的获取

单个色标由一系列相邻的点组成, 经过上述的处理, 色标已经置为标准色。

$$g(f(i, j)) = \begin{cases} 1 & f(i, j) \text{ 为该颜色的标准色} \\ 0 & f(i, j) \text{ 不是该颜色的标准色} \end{cases}$$

所以, 色标的面积为  $area = \sum g(f(i, j))$ , 坐标为  $X_n = \sum i * g(f(i, j)) / area$ ;

$$Y_n = \sum j * g(f(i, j)) / area。$$

也可以采用形态学<sup>[11]</sup>的方法对图像做进一步处理, 从而得到更加精确的色标参数。

### 3.3.4 鱼的精确信息的获取

取处于同一区域的 2 个色标并参照平台中指定

的色标颜色, 定义出一条鱼的 2 块色标, 取其中颜色与平台所指定鱼的前方色标相近的一个为前方色标, 得到位置信息为  $(X_{front}, Y_{front})$ , 则另一个色标的位置为  $(X_{back}, Y_{back})$ , 将色标的信息与鱼的信息进行关联, 并传递到下一帧要处理的图像。

鱼的坐标定义为后方色标的重心坐标, 即  $(X_{front}, Y_{front}) = (X_{back}, Y_{back})$ , 鱼的方向定义为:

$$\theta = \arccos \left( \frac{X_{front} - X_{back}}{\sqrt{(X_{front} - X_{back})^2 + (Y_{front} - Y_{back})^2}} \right)$$

### 3.4 采用 CamShift 的方法进行后续图像的操作

上述步骤主要用于第一幅图像的处理。在后续的图像处理中, 可利用 CamShift 算法<sup>[12]</sup>将本帧图像中鱼的各项参数直接用于后续图像的处理, 将对整幅图像的处理转化成对如图 9(a)、9(b) 所示的预测区域, 从而大大减少了计算量, 缩短了处理时间。在利用上帧图像的参数对本幅图像的进行简化处理的过程中, 还可以使用遗传算法<sup>[13]</sup>、运动目标行为理解<sup>[14]</sup>、目标预测<sup>[15]</sup>等方法对机器鱼的位置信息进行校正, 从而避免逐帧之间的误差累计。

## 4 结论

由于该方法没有给定色标的固定阈值, 而是依靠直方图统计的结果获得所有的阈值, 在图像分割之后再强行将色标定义为相近的标准色, 并逐帧传递, 逐帧修正, 所以不存在因为色标所处位置的改变而将色标识别为其他颜色的问题, 可在一定程度上弥补现在比赛平台色标识别上的不足。

## 参考文献:

- [1] 王珂, 庄严, 王伟, 等. 自主移动机器人足球比赛视觉定位方法综述[J]. 控制理论与应用, 2005, 22(4): 597-603.
- [2] 王志刚, 孙培峰, 罗志增. 基于视觉的足球机器人快速识别技术[J]. 机电工程, 2003, 20(6): 53-55.
- [3] 赵增荣, 韩提文. 基于 RoboCup 中型组足球机器人的图像识别算法作者[J]. 山东理工大学学报: 自然科学版, 2007, 21(1): 88-91.
- [4] 卢丽, 刘万春, 刘俐. 基于彩色图像分割的机器人足球目标识别[J]. 计算机工程与设计, 2004, 25(11): 2093-2095.
- [5] 李长勇, 亓利伟, 曹其新. 基于机器视觉的烟箱包装带识别定位算法[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(增刊 I): 61-64.
- [6] 阴国富. 基于阈值法的图像分割技术[J]. 现代电子技术,

2007(23): 107-108.

[7] 黄菲. 基于遗传算法的图像分割[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2008.

[8] 姜贺. 基于几何特征的人脸识别算法的研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.

[9] 李敬. 增量学习及其在图像识别中的应用[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.

[10] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. 数字图像处理(第 2 版)[M]. 阮秋琦, 阮宇智, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2007: 70-474.

[11] 尹聪. 真彩色细胞显微图像自动识别技术的研究[D]. 济南: 山东大学, 2008.

[12] 张广超. 动态图像的自动跟踪和识别技术研究[D]. 太原: 中北大学, 2008.

[13] 何俊. 遗传算法在阈值分割中的应用研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2008.

[14] 王江涛. 基于视频的目标检测、跟踪及其行为识别研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2008.

[15] 姚辉. 移动目标视频跟踪关键技术的研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2008.

\*\*\*\*\*

(上接第 69 页)

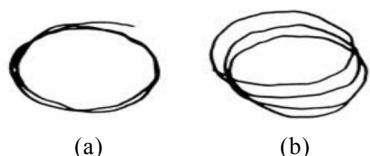


图 10 外界干扰对游动轨迹的影响比较

在运用齿轮法时, 判断点是否在圆上, 可以转换为判断点是否在一个微小宽度的圆环内。另一方面, 为了在对抗中争得顶球的先机, 可加入对球移动速度的考虑, 预测鱼与球的相遇点, 实施预判断。这需要借助图像识别的分辨能力进一步提高, 以及浅水波仿真模型的进一步完善。

### 2) 障碍物的阻挡

避障规划是提升机器鱼智能程度的关键环节。在水球比赛中, 遇到的障碍主要有 2 种: 一种是对方的机器鱼, 另一种就是向己方球门游动时, 处于向球门游动路线上的水球。若不能妥善解决第二种情况, 则造成的危害性极大。

在运用齿轮法时, 加入球的瞬时速度, 根据该参数推算球的可能运行路径曲线方程, 看它是否与所选定的路径有交点, 是否会同时到达交点处。而在用角度修正法时, 可灵活规划避障路径, 即机器鱼在向己方球门游动时, 若球处于前进方向不远处, 则将目标点临时改在球的旁边, 待避过球后, 再还原原来的目标点。

### 3) 图像识别的偏差

光线的变化使摄像头获取的目标颜色发生变化, 当颜色的 HLS 值与原来的设定不符合时, 则系统无法识别目标, 失去了定位能力, 发送的指令也与实际情况不相符。

### 4) 通讯延时和机械反映滞后产生的时间差

通讯信号的收发以及指令到达鱼内的控制单元后, 指挥电机按要求转动, 这一过程需要耗费一定的时间。虽然绝对时间很短, 但在运动过程中需要

改变动作的最佳时机转瞬即逝, 导致相对延迟时间还是较长。

## 5 总结

将机器鱼尾鳍形状由半月形改变成半圆形, 设计了 2 种点到点路径规划算法, 并从理论上进行描述和比较。由于在实际比赛过程中还存在一些干扰因素, 下一步, 将在硬件水平进一步提升的情况下进一步优化算法, 以达到理想的效果。

## 参考文献:

[1] 徐新生, 孙发明. 自然界鱼类游动的力学现象与丰富多彩的仿生鱼设计[J]. 力学与实践, 2009, 31(3): 109-114.

[2] 李近, 许成锋. 机器鱼运动建模[J]. 九江学院学报, 2009(3): 57-59.

[3] 聂林, 等. ICPF 驱动的微型机器鱼游速的影响因素分析[J]. 北京工业大学学报, 2009, 35(3): 289-292.

[4] 夏丹, 等. 基于 Kane 方法的仿鱼机器人波状游动的动力学建模[J]. 机械工程学报, 2009, 45(6): 41-49.

[5] 曾妮, 等. 仿生水下机器人研究现状及其发展趋势[J]. 机械工程师, 2006(4): 18-20.

[6] 喻俊志, 等. 仿生机器鱼研究的进展与分析[J]. 控制理论与应用, 2003, 20(4): 485-490.

[7] 梁建宏, 王田苗, 魏宏兴. 仿生机器鱼技术研究进展及关键问题探讨[J]. 机器人技术与应用, 2003(3): 14-19.

[8] 梁建宏, 等. 水下仿生机器鱼的研究进展 III—水动力学实验研究[J]. 机器人, 2002, 24(4): 304-308.

[9] 刘军考, 陈维山, 陈在礼. 仿生机器鱼的运动学参数及实验研究[J]. 中国机械工程师, 2002, 13(16): 1354-1356.

[10] 于凯, 黄胜, 王超. 一种新型的仿生双尾推进器模型实验[J]. 实验流体力学, 2008, 22(1): 27-30.

[11] 中国自动化学会机器人竞赛工作委员会. 2010 中国水中机器人竞赛规则[S]. 北京: 北京大学, 2010.

[12] 俞经虎. 仿生机器鱼运动分析研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2004.

[13] 胡文蓉, 童秉纲, 马晖扬. 鱼类机动运动机理初探[C]//空气动力学前沿研究论文集, 2003: 228-236.

[14] 成巍, 苏玉民, 秦再白, 等. 柔性仿金枪鱼月牙形尾鳍水动力分析[J]. 海洋工程, 2004, 22(4): 73-79.