doi:10.6043/j.issn.0438-0479. 201609010

**基于鱼类应激行为分析的水质视频监测系统**

黄一凡，陈 欣，袁 飞\*

(厦门大学 信息科学与技术学院 ，水声通信与海洋信息技术教育部重点实验室，福建 厦门 361005)

**摘要：**随着经济不断发展，水污染问题愈演愈烈，严重影响到了人类生活与生态平衡。因此，饮用水安全也成为人们越来越关注的问题之一，寻找一种实时有效的水质监测方法至关重要。由于传统的理化分析法无法满足实时性要求，本文采用生物监测法，基于视觉化的计算机监测系统分析斑马鱼的应激行为，主要运用RGB颜色空间下的红蓝分量差分法实现运动目标检测，然后进行二值图像标记，并提出了一种最大重合面积跟踪算法。试验按污染时间顺序分正常情况、污染初期以及污染末期三种状态量化分析鱼群的各项行为特征参数，基于统计学分析选取出可以监测水质变化的参数指标，最后联合多维参数在两个过渡阶段实现分级报警。

**关键词**：生物监测；目标识别；目标跟踪；计算机视觉

**中图分类号**： TP391 **文献标志码：**A

水是生命存在和延续的源泉，是人类生产生活必不可少的宝贵资源。随着经济社会的不断发展，淡水资源逐渐缺失，水污染问题也异常严重。因此，饮用水安全也成为人民越来越关注的问题之一，而找到一种实时有效的水质监测方法已迫在眉睫。现今大多数工厂仍然采用一般的理化分析进行水质监测[1]。理化分析法主要是通过对水样进行人工采集，利用仪器设备对样本进行物理或化学分析，直接地检测出水样中的物理、化学成分和浓度。这种方法虽然能够定性甚至定量地检测出水质状况，灵敏地检测出毒性物质的成分和浓度，但物理测量和化学反应都必须经过一段时间，不能满足实时性，无法做到长期监测。而且污染物或毒性物质的浓度有时候并不能反映污染的严重程度。

为了更高效地进行水质监测，一种新的方法即生物监测法[2]日益成为国内外热门研究对象之一。其基本原理是选择生活在水中的个体或群体甚至是群落作为受试生物，以它们的生理行为特征以及对于污染物或毒性物质的应激反应为依据，判断水质变化情况。由于自然界的生物都具有富集作用，液体中微量的毒性物质在生物体内浓度可以提高几万倍，这样就能灵敏地检测出极少量的毒性物质。这种方法基于生物学原理，充分利用生物的富集作用，与传统方法相比，生物监测法可以更实时有效、快速灵敏地检测到水质变化，成本低且具有可靠性。生物监测法常用的生物包括藻类、鱼类、两栖类或者细菌等。由于生物鱼相对来说比较高级，在小环境内处于食物链顶端，可以间接反映其他生物的生存状况，而且与人类在基因上的相似度更高，种类多、数量大、容易观测，在出现异常时反应强烈，所以一般情况下都使用生物鱼来监测水质。常用斑马鱼、金鱼和孔雀鱼等作为受试生物，最开始只是关注生物鱼的呼吸频率等基本体征，逐渐发展为以鱼类的活跃化程度、应激反应、体态变化等生理行为特征作为检测水质变化的依据。

利用生物监测法监测污染物，可追溯到20世纪初期。早在1902年，Kolkwitz和Marsson就致力于有机物污染的研究，利用微生物类群来分析污染程度。1929年，Belding最早开始选用生物鱼来作为生物监测的指标，通过监测鱼类呼吸频率来判断水质是否发生变化，当受到污染时，鱼类呼吸频率明显增大；后来，鱼类的正趋性、游泳能力以及选择行为也被作为监测水质的指标；另外，王春凤等使用剑尾鱼验证了重金属对鱼类的毒性影响。

然而目前很多基于生物监测法的研究都聚焦于鱼类急性毒性试验，只针对正常情况和短期的异常情况这两种情况进行分析，对鱼类的行为特征参数的分析也不全面，报警过程中容易出现误报、漏报等情况，不能反映污染的时间变化过程。针对上述问题，本研究基于视觉化的计算机监测系统实时采集鱼类视频，分析其行为特征判断水质变化情况，运用RGB颜色空间下的红蓝分量差分法[3]实现运动目标检测，并提出了一种快速有效的最大重合面积跟踪算法。按污染时间顺序分别在正常情况、污染初期以及污染末期这三种状态下对鱼类的各项行为参数进行量化分析，通过统计学显著性检验选择出在这三种状态下具有显著性差异的参数作为监测水质的指标，联合多维参数在正常情况到污染初期、污染初期到污染末期这两个过渡阶段实现分级报警，从而有效提高报警的准确率。结果表明本研究可以实现准确的目标检测与跟踪，在水质污染时报警，并能反映污染的时间变化过程。由于使用的算法简单，系统效率高速度快，满足实时性要求。

**2 运动目标检测与跟踪**

**2.1 运动目标检测算法**

 目前已存在很多成熟的运动目标检测算法。帧间差分法[4]计算量小，实时性高，但检测出的目标不完整，容易引入噪声；混合高斯模型法[5]虽然检测效果很好，但计算量很大，对系统的要求高。对于本文的实验环境而言，鱼缸背景及水体颜色主要包括大量的蓝色分量信息，使用的红色斑马鱼同背景色差较大，考虑到这种明显的色彩差异，对红蓝分量进行差分可以增强前景与背景的对比度，进而通过阈值分割提取出前景。

本文采用RGB颜色空间下的红蓝分量差分法。即对需要处理的同一图像帧的红、蓝分量进行差分，再经过阈值分割处理，得到二值化图像。这种方法运用在前景与背景存在很大色差的稳定环境中，可以实现良好的检测效果。计算量很小，系统的处理速率快，不受反光现象的影响。结果如图1所示。



 (a)原始图像 (b)红蓝分量差分图像 (c)阈值分割结果

图1 红蓝分量差分法运动目标检测结果

**2.2 图像去噪与标记**

 在目标检测过程中，外界光源、水箱中的杂质漂浮物、气泡等因素都会给结果造成影响，引入噪声和毛刺，因此应该对阈值分割后的图像进行中值滤波和形态学运算[6]等去噪处理。此时仍可能存在较大的噪声点。由于鱼轮廓的大小远超于噪声，当某一轮廓的面积远小于鱼体最小面积值时，判断其为噪声，去掉该区域。剩下的轮廓区域可判断为鱼轮廓。

 在做鱼群实验时，二值图像中有多个目标区域。而在量化其行为特征时，必须单独处理每条鱼的行为信息，因此要对二值图像进行标记[7]，用不同的号码划分出不同的连通区域。由上及下且由左及右地依次扫描图像，当扫描到值是1的点时，如果它与之前标记过的点在同一连通区域内，就用这一区域的号码作标记；否则使用新号码，建立一个新区域。

**2.3 目标跟踪算法**

目标跟踪[8]的主要原理是在帧序列中利用目标的颜色、形态、规模以及细节特征等信息进行匹配，由于在时间间隔较短的两帧中，运动目标的变化很小，所以这些信息相似度最高的最有可能是同一个运动目标。

一般来说，相邻视频帧中鱼类移动的距离很小，也就是说，相邻两帧的重合面积最大的两个轮廓区域极有可能是同一个运动目标。实现思路如下：

 (1)对相邻的两帧二值图像进行叠加，计算出重叠面积块。并对的每个子集标记质心。每个质心分别对应于两帧图像中的两个目标区域。

(2)按面积从大到小遍历。对每个子集来说，若质心对应的两帧图像的两个目标区域均未匹配，则标记这两个目标区域为同一个运动目标；若有至少一个目标区域已经完成匹配，则继续遍历。

这种方法原理简单，计算量小，可以在一般情况下实现良好的跟踪效果，并且满足实时性要求。结果如图2所示。只需要进行与重合面积块个数相同次数的操作就可以实现目标跟踪，所以提高了性能。但这种方法只适用于单个目标或多个目标之间距离较大的情况，当目标运动过快或者两帧之间时间间隔太大导致重叠面积为零时，这种方法便失去其有效性。

另外一种基于椭圆模型的目标跟踪算法，其主要思想是对二值图像中每个运动区域进行椭圆建模，拟合鱼体的形状。主要包括的椭圆信息有：质心横、纵坐标、半长轴、半短轴、倾斜角这五个参数。然后对前后两帧图像中的各个目标区域进行参数拟合，遍历之后选出这些参数信息最相似的区域。这种方法虽然运用多个参数加权处理，适用范围有所扩大，当目标运动过快或者两帧之间时间间隔太大导致重叠面积过小甚至为零时，仍然可以正确匹配，而且建立的椭圆模型清晰直观。但是需要对前后两帧图像中所有的目标区域进行两两比较，分析这五项参数指标，计算量明显增大。

基于本实验考虑，每帧之间运动目标的距离较小，重合面积不会为零，为了提高系统的性能，所以使用最大重合面积算法进行目标跟踪，在一般情况下可以正确地划分出每个运动区域，并且清晰地标记出运动轨迹。



(a)相邻图像的重合面积 (b)目标运动轨迹追踪

图2 最大重合面积目标跟踪算法

**3 参数量化分析**

### **3.1 归一化速率**

 本文基于统计特性观测鱼类群体的行为变化，从一定程度上消除了随机性对实验结果的影响。评估鱼群的活跃化程度[3]主要参考其运动能力的大小。本文使用相对游速，取归一化速率单位，即体长/秒。每次计算单条鱼的游速，对所有鱼的游速进行平均运算，即得到鱼群的平均游速。对于同一个运动目标，分别求其在当前帧图像中和前一帧图像中的质心坐标和，帧率是帧每秒，每条鱼体长由椭圆模型的长轴近似，故其归一化速率为：



**3.2 位置参数分析**

 针对鱼群进行位置参数分析[3]，可反映出异常情况下鱼的应激反应。分别计算各个区域的质心坐标和面积。计算重心的公式如下：



 群心坐标由各个目标的质心坐标按面积进行加权平均获得，反映群体分布的中心位置。



 其中，为目标的个数，为第个目标区域的质心坐标，为第个区域的面积。

空间标准差反映群体沿着轴和轴的密集或离散程度，计算如下：



### **3.3 HSI颜色空间下体色的量化分析**

 红色斑马鱼的体色在正常情况下很鲜艳。但当水环境受到重金属的污染时，鱼的体色开始慢慢变暗[3]。在HSI空间下，色调和亮度无关，饱和度S越大，色彩越鲜艳，反之则越淡。本文利用S分量量化鱼类体色，对形态学操作得到的二值图像，创建一个标记矩阵，把这个标记矩阵覆盖到相应的HSI空间上，通过RGB图像的转换，提取出HSI空间下目标的饱和度分量。

**4 试验结果与分析**

**4.1 鱼类毒性试验**

由于硬件条件的限制，本研究仅模拟最简单情况下的系统。包括一个实验水箱、普通相机以及较高性能的计算机。通过摄像机捕捉鱼群的动态视频图像，利用计算机对视频进行实时分析，提取出鱼群的参数信息，由此判断水质是否异常。在实验过程中，存在很明显的光线反射以及水面倒影现象，但对本实验采取的红蓝分量差分法没有影响，仍可以准确检测出运动目标，验证了这种方法的抗干扰性能。

 选择的受试生物鱼为红色斑马鱼，这充分考虑到斑马鱼的生物特性。红色斑马鱼是原产于亚洲的淡水观赏鱼类，体长在4厘米左右，体形为纺锤形，体色鲜艳，正常情况下在水箱中底部不断游动且均匀分布，适宜的生存环境为20~23℃，对水源质量有较低的要求，相对较容易饲养。更重要的是，斑马鱼的基因与人类具有很高的同源性，达到87%。也就是说，用斑马鱼做的实验得到的结果通常也适用于人类。

试验所用的斑马鱼从花鸟市场购买，体长大约为3厘米，提前两周在实验环境里饲养，使用曝气后的水进行养殖，使用恒定的日光灯作为唯一光源。保证实验环境稳定、安静，尽量减小外界条件对鱼类的影响。试验所用的毒性试剂选择五水合硫酸铜，其中含有铜离子，是常见的重金属污染成分，可以很好地模拟出水质污染的情况。

实验过程中尽量避免外界光照和人为干扰的影响，建立一个相对稳定的实验环境。试验的一天前停止喂食物。单次实验随机选择十条健康的红色斑马鱼。试验分为正常情况和污染初期、污染末期这两种异常情况进行：试验前设置2~3小时的过渡期，使鱼群适应实验环境；在鱼群的行为稳定下来后，进行约30分钟的正常监测；加入硫酸铜试剂，进行约30分钟污染初期的监测；进行约30分钟污染末期的监测，记录好数据。

在实验过程中，通过摄像机捕捉鱼群的动态视频图像，利用计算机对视频进行实时分析，提取出鱼群的参数信息，每5帧取平均值以对数据进行平滑处理，分析得到的数据，判断水质是否异常。

### **4.2 统计学分析**

本文对数据进行非参数秩和检验[9]，显著性水平均取0.05，每种状态取500帧数据。表1和表2分别是正常情况-污染初期、污染初期-污染末期的统计特性结果。其中，分别表示归一化速率、加速度、饱和度；分别表示群心横纵坐标、水平及垂直空间标准差。可以看出，归一化速率、群心纵坐标、水平和垂直方向的空间标准差、饱和度分别在正常情况-污染初期、污染初期-污染末期的对比中都存在显著性差异，说明在正常情况和受到污染的两个阶段中鱼群的行为会出现明显变化，故可以使用这五个参数作为检验水质的参考标准。

表1 正常情况和污染初期样本统计特性

|  | ***V*****Mean±SD** | ***A*****Mean±SD** | ***CX*****Mean±SD** | ***CY*****Mean±SD** | ***SDX*****Mean±SD** | ***SDY*****Mean±SD** | ***S*****Mean±SD** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Normal** | 1.29±0.36 | -0.28±4.38 | 25.93±13.55 | 25.85±1.11 | 249.71±71.29 | 61.38±23.85 | 0.27±0.01 |
| **Pollution****early** | 3.46±0.62 | -0.31±7.59 | 24.13±7.13 | 21.92±1.64 | 291.85±102.15 | 116.45±37.30 | 0.25±0.02 |
| **Sig.** | 0.000\*\* | 0.934 | 0.091 | 0.000\*\* | 0.008\*\* | 0.000\*\* | 0.000\*\* |

注：Mean±SD：mean value±standard deviation; Sig.：significance; \*\*：There are significant differences between the two samples(Sig.<0.01).

表2 污染初期和污染末期样本统计特性

|  | ***V*****Mean±SD** | ***A*****Mean±SD** | ***CX*****Mean±SD** | ***CY*****Mean±SD** | ***SDX*****Mean±SD** | ***SDY*****Mean±SD** | ***S*****Mean±SD** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Pollution****early** | 3.46±0.62 | -0.31±7.59 | 24.13±7.13 | 21.92±1.64 | 291.85±102.15 | 116.45±37.30 | 0.25±0.02 |
| **Pollution****later** | 0.53±0.23 | -0.28±3.69 | 21.93±3.60 | 2.32±0.13 | 406.74±40.19 | 16.84±3.31 | 0.22±0.02 |
| **Sig.** | 0.000\*\* | 0.893 | 0.000\*\* | 0.000\*\* | 0.000\*\* | 0.000\*\* | 0.000\*\* |

注：Mean±SD：mean value±standard deviation; Sig.：significance; \*\*：There are significant differences between the two samples(Sig.<0.01).

## **4.3 试验结果分析**

 正常情况下鱼群的活跃化程度趋于一个稳定的较小值，且均匀分布在水箱中底部；污染初期鱼群出现应激行为，游动速率增大，发生躲避行为，聚集在某个方位上；污染末期鱼群开始出现无力、拖尾现象，不规律地分布、游动，有的鱼浮向水面，游动速率减小，部分鱼死亡。下面针对各个水质监测的指标进行具体分析。

### **4.3.1 归一化速率**

 图3(a)为鱼群在这三种状态下的归一化速率曲线图，每个数据都是由五帧结果取平均得到，每种状态都是观测500帧视频得到的数据，归一化速率单位为体长/秒。

当水质污染时，鱼群运动加剧，归一化速率大约从1.3增加到3.5；随着污染时间增长，鱼群开始出现无力、拖尾等现象，速率开始减小，直到鱼逐渐死亡，速率接近零。整个过程的变化十分明显，归一化速率先增大后减小。



 (a)归一化速率 (b)群心纵坐标 (c)水平空间标准差



 (d)垂直空间标准差 (e)饱和度分量

图3 三种情况下各参数曲线变化

### **4.3.2 位置参数分析**

 图3(b)为鱼群群心纵坐标即垂直方向的变化。随着污染时间增长，水中溶氧量逐渐降低，鱼群中部分个体开始从水底浮向水面吸收氧气，群心纵坐标逐渐减小。这种变化是明显的。在污染末期几乎所有鱼都浮出水面，故群心纵坐标达到一个稳定的较小值。在这三个过程中，群心纵坐标一直呈现减小的趋势。注意坐标原点在图像左上角。纵坐标的值越小，表示目标越接近水面。

 图3(c)为水平方向上的空间标准差的变化。当水质污染时，水平方向的空间标准差逐渐增大，说明鱼群受到刺激反应强烈，活动量增大，群体在水平方向上分布变得离散，而该指标的方差也逐渐增大；随着污染时间增长，在污染末期，水平空间标准差达到一个稳定的较大值，该指标的方差也达到一个较小值，说明受到污染的影响，鱼群开始出现无力游动的现象，均匀且离散分布在水平方向上。在这三个过程中，水平方向上的空间标准差呈现增大的趋势。

 图3(d)为垂直方向上的空间标准差的变化。正常情况下，鱼群均匀且随机分布在水箱中下部，垂直方向上的空间标准差维持在一个稳定的较小值；当水质受到污染时，水中溶氧量降低，由于每条鱼在异常情况下的反映存在差异，所以此时部分鱼从水底浮向水面吸收氧气，部分鱼仍在中下部，鱼类分布离散程度增大，所以垂直方向上的空间标准差逐渐增大；污染末期几乎所有鱼都浮出水面，垂直空间标准差趋于零，该指标的方差也随之减小。在这三个过程中，垂直方向上的空间标准差先增大后减小，且变化明显。

### **4.3.3 体色量化分析**

红色斑马鱼的体色用HSI颜色空间下的饱和度S分量量化，由于各个像素点的饱和度分量的值存在差异，无法直接进行比较，因此计算运动目标的每个像素点的饱和度分量值的平均值作为参数指标。其体色在正常情况下很鲜艳，即饱和度较大。但当水环境受到重金属即铜离子的污染时，鱼的体色会逐渐变得暗淡，饱和度分量值也随之减小。实验结果如图3(e)所示。在这三个过程中，饱和度分量的值一直呈现减小的趋势。

## **4.4 分级报警**

在实验过程中，个别鱼可能处于在水底休息或浮在水面呼吸的状态，但由于鱼群具有统计特性，个别鱼的异常行为不会影响鱼群的参数量化结果，从实验结果可以看出，参数量化的结果比较平稳，因此不会因为个别鱼的反常行为出现误检的结果。与单条鱼相比，使用鱼群进行实验提高了水质监测的准确性，降低了错误报警的概率。



图4 报警界面

 分别选取各情况的500帧视频图像进行软件测试，由于污染末期与正常情况下的归一化速率的值相近，无法分辨这两种情况，故该软件实现二级报警系统，避免正常情况下出现错误报警。具体步骤如下所述：

(1)利用实验数据分别界定各项参数的报警阈值。选择正常情况下若干帧（一般选500~1000帧）某参数的数据以及污染初期若干帧数据，分别求出它们的平均值和，然后求出这两个值的均值作为该参数的正常情况到污染初期的一级报警阈值：



 选择污染初期若干帧数据以及污染末期若干帧数据，分别求出它们的平均值和，然后求出这两个值的均值作为污染初期到污染末期的二级报警阈值：



(2)对鱼类行为进行在线监测，将选择作为监测指标的各个参数分别与设定好的阈值进行比较。为了消除单一时刻参数的随机变化对结果的影响，将各个参数若干帧数据的平均值与阈值进行比较。当两个及两个以上参数同时达到一级报警条件时进行报警。应该注意参数的变化趋势，体现出过渡阶段。

(3)当两个及两个以上参数同时达到二级报警条件时，先判断是否进行过一级报警，若是则说明此时处于污染初期到污染末期的过渡时期，应该发出二级警报；否则说明此时仍是正常情况，不进行任何处理。

 报警界面如图4所示。

**5 结 论**

本文基于视觉化的计算机监测系统，对斑马鱼进行监测，根据鱼群的应激行为分析水质，并在异常状况下预警。与传统的理化分析法相比，生物监测法更快速、灵敏。试验结果表明，本研究运用RGB颜色空间下的红蓝分量差分法可以准确检测出运动目标，提出的最大重合面积算法能够实现跟踪。本研究按污染时间的顺序分析正常情况、污染初期和污染末期的数据得到的结果也具有显著性差异，并对两个过渡阶段进行分级报警。本文实现的系统效率高速率快，能够提高报警的准确率，并且反映污染的时间变化过程。使用多维参数联合报警，可以降低误报率，实现更准确有效的水质监测。实验数据表明，归一化速率、群心纵坐标、水平和垂直方向的空间标准差、饱和度分别在正常情况-污染初期、污染初期-污染末期的对比中都存在显著性差异，说明在正常情况和受到污染的两个阶段中鱼群的行为会出现明显变化，故可以使用这五个参数作为检验水质的参考标准。但仍存在一些不足，鱼群的行为特征分析不全面，可以考虑增加参数，例如，鱼的转角与速度联合概率分布，近邻分布等。后期也可以考虑赋予每项参数一个权重值，联合多维参数判断鱼类的状态。另外，对于本文的实验环境而言，鱼缸背景及水体颜色主要包括大量的蓝色分量信息，使用的红色斑马鱼同背景色差较大，考虑到这种明显的色彩差异，对红蓝分量进行差分可以增强前景与背景的对比度，进而通过阈值分割提取出前景。这种RGB颜色空间下的的红蓝分量差分法简单快速，但只在这种特定的实验环境下有效，如果鱼体颜色与背景颜色相差不大的话，这种算法就失去其有效性。同时，考虑到方案受环境光线的影响较大，例如在夜晚等曝光不足或者强光照射等曝光过度的情况下，会影响系统检测和跟踪图像中的运动目标。所以实验使用恒定的日光灯作为唯一光源，尽量避免外界光照和人为干扰的影响，建立一个相对稳定的实验环境。为了避免这些问题，后期也可以考虑改进算法，可以使用光流法进行运动目标检测。

**参考文献：**

 [1]张克荣.水质理化检验[M].北京:人民卫生出版社,2006.

[2]杨培莎,朱艳华.水质生物监测方法及应用展望[J].北方环境,2010,22(2):71-73.

[3]廖悦.基于计算机视觉的水质在线鱼类预警技术研究[D].浙江:宁波大学,2012.

[4]赵毅寰,王祖林.背景差分与帧间差分相融合的运动目标检测方法[J].通信学报,2007,28 (8A ):133-136.

[5]李百惠,杨庚.混合高斯模型的自适应前景提取[J].中国图象图形学报,2013,18(12):1620-1627.

[6]冈萨雷斯,伍兹.数字图象处理[M].北京:电子工业出版社,2010.

[7]张修军,郭霞,金心宇.带标记矫正的二值图象连通域像素标记算法[J].中国图象图形学报,2003,8(2):198-202.

[8]刘皞,赵峰民,陈望达.一种基于背景自适应的运动目标检测与跟踪算法[J].海军航空工程学院学报,2012(1):15-18.

[9]祝东进,郭大伟,刘晓.概率论与数理统计[M].北京:国防工业出版社,2010.

[10]周应祺.应用鱼类行为学[M].北京:科学出版社,2011.

[11]黎洪松.数字视频处理[M].北京:北京邮电大学出版社,2006.

[12]罗华飞.MATLAB GUI设计学习手记[M].北京:北京航空航天大学出版社,2011.

[13]宋雪桦,陈瑜,耿剑锋,陈景柱.基于改进的混合高斯背景模型的运动目标检测[J].计算机工程与设计,2010,31(21).

[14]葛春平.一种二值图像连通区域标记的简单快速算法[J].价值工程,2012,31(28):232-233.

[15]汪红军,李嗣新,周连凤,梁友光.鱼类呼吸运动在饮用水水质预警中的应用[J].城乡饮用水水源安全问题与发展汇总,131-133.

[16]张金松,黄毅,韩小波,黄廷林.鱼的行为变化在水质监测中的应用[D].陕西:西安建筑科技大学,2013.

[17]纪岚,李菁.生物指标在环境评价中的使用方法论述[J].安徽预防医学杂志,2005,11(6):356-357.

[18]王春凤,方展强.汞和硒对剑尾鱼的急性毒性及其安全浓度评价[J].环境科学与技术,2005,28(2):32-34.

[19]方展强,王春凤.硒对汞致剑尾鱼肝氧化损伤的拮抗作用[J].安全与环境学报,2004,4(5):3-6.

[20]王春凤.硒对汞致剑尾鱼抗氧化系统的毒害和生理损伤的拮抗作用[D].广东:华南师范大学,2004.

**The Video Monitoring System of Water Quality Based on Stress Behavior Analysis of Fish**

HUANG Yifan, CHEN Xin, YUAN Fei\*

(Key Laboratory of Underwater Acoustic Communication and Marine Information Technology, Ministry of Education, School of Information Science and Engineering, Xiamen University, Xiamen, 361005, China)

**Abstract**：With the development of economic, the problem of water pollution has been intensified, which has serious influence on human life and ecological balance. Therefore, the safety of drinking water has become more and more attention. It is essential to look for a real time and effective method of water quality monitoring. Because the traditional physical and chemical analysis can’t meet the real-time requirement, the biological monitoring method is used in this paper where we analyze the stress behavior of zebrafish based on the visual monitoring system of computer. In fact, we mainly use the difference of red and blue components in RGB color space to detect moving targets, then tag binary images obtained, and a tracking algorithm of maximum overlap area is proposed. In the experiment, there are three conditions according to the pollution time, and we quantify the behavior characteristic parameters of fish in normal situation, pollution-early and pollution-later. And then we select some parameters which could monitor the water quality based on statistical analysis. Finally, a hierarchical alarm system is realized in two transition stages by combining multidimensional parameters.

**Key words**：biological monitoring; target recognition; target tracking; computer vision