

# 循环水养殖下单体大口黑鲈吞食声和咀嚼声特征提取与分类

Feature extraction and classification of swallowing and chewing sounds of *Micropterus salmoides* under recirculating aquaculture

戚仁宇<sup>1,2</sup>, 刘晃<sup>1,2\*</sup>, 曹晓慧<sup>1,2</sup>

1.中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092;

2.上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306



## 前言 (Introduction)

随着工厂化循环水养殖的发展, 人们越发关注鱼类的投饲量, 鱼群的摄食情况会直接影响生长发育状况。为能达到精准投饲, 许多学者通过研究鱼类摄食行为, 以此能找出评价鱼类饥饿的指标。被动声学是一种能够量化和分析鱼类行为的无害性监测技术。因此本试验以通过被动声学技术采集单体大口黑鲈的摄食声, 分析并提取特征参数并通过支持向量机实现对大口黑鲈摄食的分类。拟为下一步大口黑鲈群体摄食声研究提供实践基础。

## 材料与方 (Material and methods)

试验对象: 大口黑鲈 (*Micropterus salmoides*)  
 试验方法: ①采用声像同步的方法采集大口黑鲈摄食过程; ②利用子空间语音增强法对摄食声进行降噪处理; ③提取大口黑鲈的摄食声 (吞食声和咀嚼声)声学特征参数并进行分析, 建立特征矩阵; ④建立SVM分类模型 (核函数选取、参数优化、数据集按4: 1分为训练集和测试集分别进行训练和分类)。

## 结果(Results)

### 1 声信号预处理

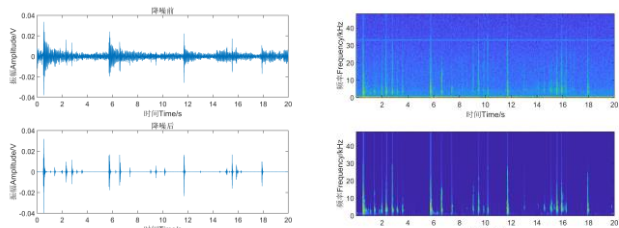


图1 子空间语音增强算法降噪

### 2 摄食声提取与分析

#### 短时平均能量

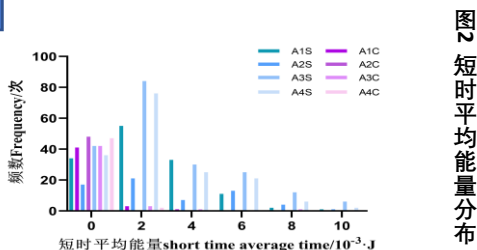


表1 吞食声、咀嚼声短时平均能量显著性分析

编号	A1S	A2S	A3S	A4S	A1C	A2C	A3C	A4C
能值/ $10^{-3}$ .J	2.95b	3.09b	2.98b	2.68b	0.39a	0.26a	0.45a	0.36a
标准差	1.806	2.531	2.403	2.149	0.553	0.254	0.542	0.336
样本个数	136	63	199	166	45	48	48	47

#### AMFCC

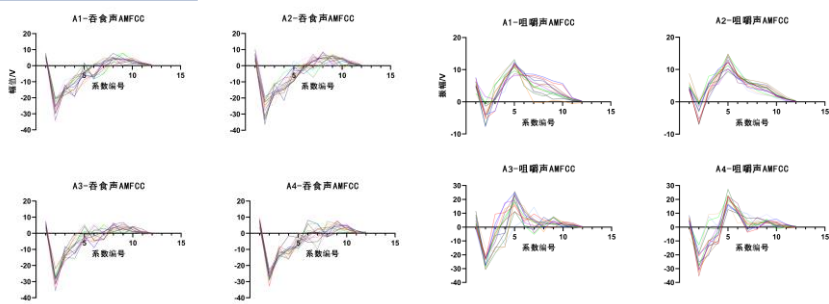


图3 吞食声、咀嚼声功率谱主峰值概率分布图

#### 功率谱主峰值

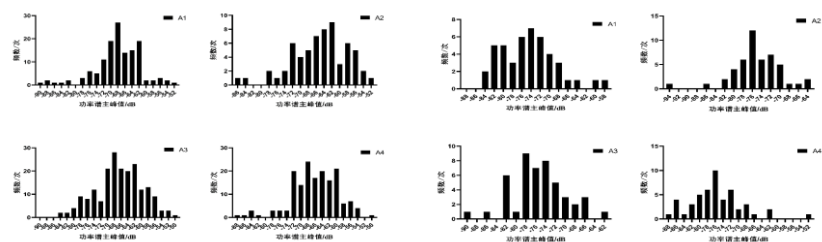


图4 吞食声、咀嚼声功率谱主峰值概率分布图

#### 功率谱主峰频率

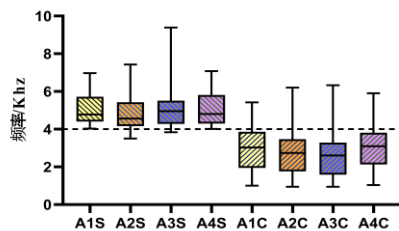


图5 摄食声功率谱主峰频率概率分布图

#### 3 摄食声分类结果

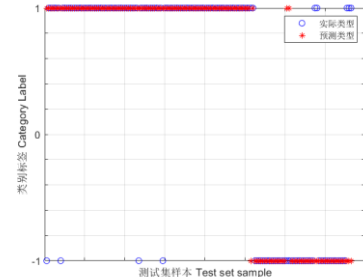


图6 本文测试集输出结果

表1 5折交叉验证结果对比

交叉验证组别	惩罚系数 c	核函数参数 g	分类准确率
1	1	0.0039	93.18
2	0.5	0.0039	95.59
3	1	0.0039	91.54
4	1	0.0078	94.19
6	1	0.0039	94.92

表2 不同特征下大口黑鲈摄食声分类结果

特征	维数	精度	召回率	f-分数	准确率
AMFCC	12	93.27	94.87	94.06	89.06
AMFCC+ $E_n$	13	91.26	98.29	94.64	89.84
$E_n + AMFCC + F_n + D_n$	15	96.15	100	98.04	92.19

## 结论 (Conclusions)

将平均梅尔倒谱系数与短时平均能量、功率谱主峰值和主峰频率组合后的识别效果优于单一平均梅尔倒谱系数和平均梅尔倒谱系数与短时平均能量组合。通过多次交叉验证法的得出当2个系数c、g, 分别取0.5和0.0039时效果最好, 识别准确率可达96.15%, 召回率达到100%, f-分数达到98.04%, 精度达到92.19%。