1. 测试内容

技术指标：在使用不同特征、训练测试级数据量条件下信号分类准确率；

应用信号特征包括：时域特征、频域特征、循环谱特征、模糊函数切片特征等；

可同时识别目标种类个数：全部样本种类信号特征（共11种）。

1. 测试数据

常规信号、常规信号(2)、常规信号(3)、线性调频4种信号中，每种对应的11类单独、混合8通道信号，每通道信号有128个采样点。

1. 实现原理

频域特征：分两种方法进行提取，第一种为对每通道单独求解频谱并拼接（以下简称为单独频谱，对应frequency\_spectrum），第二种为先将信号各通道进行拼接，之后对拼接信号求解频谱（以下简称为联合频谱，对应frequency\_spectrum\_long）。

循环谱特征：循环谱特征计算方法是将8通道数据直接进行计算，但在算法实现上依然是将各通道拆解分别计算最后合并（对应cyclespectrum\_long）。

模糊函数切片特征：模糊函数在计算上使用了拼接后的信号，最后选取了slice = int(L/2)+1处的切片作为特征（对应feature）。

此外，也使用了联合频谱-循环谱（concatenated\_cf）、联合频谱-循环谱-模糊函数（concatenated\_cfa）和联合频谱-模糊函数（concatenated\_af）进行试验，这样做实质上等效于将循环谱、模糊函数切片作为低/高频特征看待。

以上为初步实验使用的各种特征。

1. 测试结果

Test\_Size = 0.25

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Original | frequency\_spectrum | frequency\_spectrum\_long | cyclespectrum\_long | feature | concatenated\_cf | concatenated\_cfa | concatenated\_af |
| 常规信号 | 0.94 | 0.81 | 0.97 | 0.91 | 0.95 | **1.00** | 0.99 | 0.99 |
| 常规信号2 | 0.95 | 0.79 | 0.96 | 0.97 | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** |
| 常规信号3 | 0.92 | 0.76 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | **1.00** | **1.00** | **1.00** |
| 线性调频 | 0.95 | 0.77 | 0.97 | 0.97 | 0.91 | **1.00** | 0.99 | **1.00** |

Test\_Size = 0.5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Original | frequency\_spectrum | frequency\_spectrum\_long | cyclespectrum\_long | feature | concatenated\_cf | concatenated\_cfa | concatenated\_af |
| 常规信号 | 0.90 | 0.77 | 0.97 | 0.90 | 0.93 | 0.97 | **0.98** | **0.98** |
| 常规信号2 | 0.92 | 0.80 | 0.93 | 0.96 | **1.00** | **1.00** | **1.00** | 0.98 |
| 常规信号3 | 0.89 | 0.75 | 0.97 | 0.94 | 0.99 | **1.00** | **1.00** | **1.00** |
| 线性调频 | 0.93 | 0.75 | 0.96 | 0.94 | 0.89 | **0.97** | **0.97** | **0.97** |

Test\_Size = 0.8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Original | frequency\_spectrum | frequency\_spectrum\_long | cyclespectrum\_long | feature | concatenated\_cf | concatenated\_cfa | concatenated\_af |
| 常规信号 | 0.80 | 0.62 | 0.92 | 0.79 | 0.86 | 0.94 | **0.97** | 0.96 |
| 常规信号2 | 0.83 | 0.77 | 0.90 | 0.93 | 0.94 | 0.98 | **1.00** | 0.98 |
| 常规信号3 | 0.88 | 0.72 | 0.93 | 0.73 | 0.95 | 0.99 | **1.00** | 0.96 |
| 线性调频 | 0.57 | 0.73 | 0.93 | 0.85 | 0.80 | **0.96** | 0.92 | 0.92 |

常规信号中有效数据共723条，常规信号2中有效数据共733条，常规信号3中有效数据共783条，线性调频中有效数据共764条。

1. 结果分析

在测试结果中，单独频谱特征表现最差，经分析原因为在信号各通道之间存在一定的关系，而在拆解求频谱过程中，这部分信息丢失了，而原始信号的幅度变化保留了这部分信息，联合频谱则可以将这部分信息转化为频域信息保留。

最终实验效果较好的为组合信号，三者效果实质上较为接近，在常规数据上concatenated\_cfa效果相对较好些，而在线性调频信号上concatenated\_cf则更好一些，但由于实验样本过少，暂时不能妄下定论。

信号分类使用的是普通的SVM分类，其参数设置如下：

svm = SVC(kernel='rbf', cache\_size=3000, C = 10, gamma = 'auto', verbose=True, shrinking=True).fit(X\_train, y\_train)

各种特征尺寸如下：

original.shape (:, 1024)

frequency\_spectrum.shape (:, 512)

cyclespectrum\_long.shape (:, 512)

feature.shape (:, 1023)

frequency\_spectrum\_long.shape (:, 512)

concatenated\_cf.shape (:, 1024)

concatenated\_af.shape (:, 1535)

concatenated\_cfa.shape (:, 2047)

在尝试使用PCA进行特征降维的过程中，发现各信号对应的最优降维各不相同，且存在效果显著下降的问题，因此最终舍弃了这一过程。