

ОБРАБОТКА ПНЕВМОГРАММ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ МОНИТОРИНГЕ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ

Ревинская И.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

П.В. Камлач – канд. техн. наук

В данной работе представлены результаты обработки и анализа пневмограмм в ходе исследований дыхательных движений. Для оценки качества фильтрации был смоделирован и отфильтрован зашумленный эталонный сигнал.

Для регистрации дыхательных движений человека был использован аппаратно-программный комплекс «Mobi-PM» [1], предназначенный проводить дистанционный мониторинг дыхания у детей и взрослых, а также обрабатывать данные в режиме реального времени.

Считывание данных с датчиков производилось с частотой 100 Гц. Полученные данные с устройства сохраняются в формате csv. Предварительная обработка и визуализация полученных пневмограмм производилась в пакете Ms Excel.

Далее обработка данных производилась с помощью пакета Matlab. Чтобы импортировать данные Z_Value и Time из Excel в среду Matlab автоматически генерируется скрипт m-файла. Скрипт включает в себя удаление не числовых (NaN – not a number) и нулевых (пустых) значений.

Для фильтрации пневмограмм может быть применен скользящий усредняющий фильтр и фильтр нижних частот с частотой среза 10 Гц и рассчитаны коэффициенты фильтра. С помощью приложения Signal Analyzer в среде Matlab можно производить предварительную обработку, анализ и сравнение сигналов [2]. В приложении можно применять пользовательские функции предварительной обработки, что удобно при длительном мониторинге дыхания. Для сглаживающего фильтра сгенерированный скрипт имеет следующий вид:

```
function y = preprocess2(x,Ts)

tv = (0:length(x)-1)*Ts;
if isduration(Ts)
    Ts = seconds(Ts);
end
Fs = 1/Ts;
x = lowpass(x,10,Fs,'Steepness',0.8499,'StopbandAttenuation',60);
y = smoothdata(x,'lowess','SamplePoints',tv);
```

На рисунке 1 представлен оригинальный z01original и сглаженный сигнал z01. При обработке данных решена проблема дрейфа нулевой линии путем вычитания линии тренда от базового сигнала (рисунок 2).

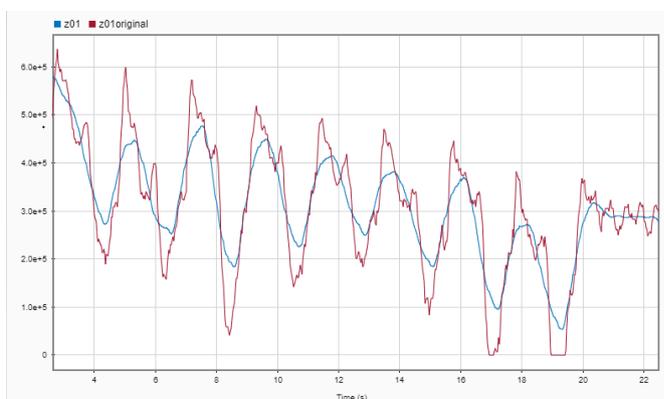


Рисунок 1 – Оригинальный и сглаженный сигналы в приложении Signal Analyzer

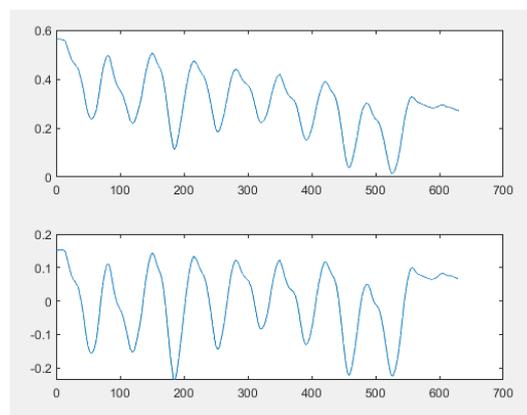


Рисунок 2 – Сигнал пневмограммы после фильтрации дрейфа базовой линии

Чтобы оценить качество фильтрации сигнала был сгенерирован эталонный сигнал (рисунок 3) и зашумленный сигнал, схожий с пневмограммой (рисунок 4).

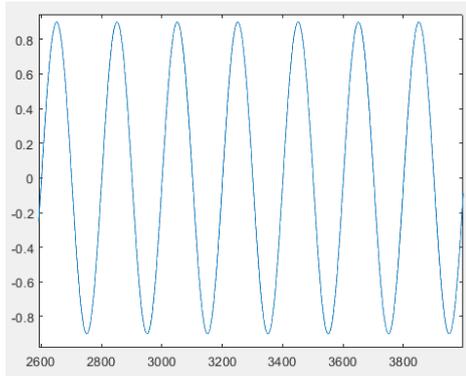


Рисунок 3 – Эталонный сигнал

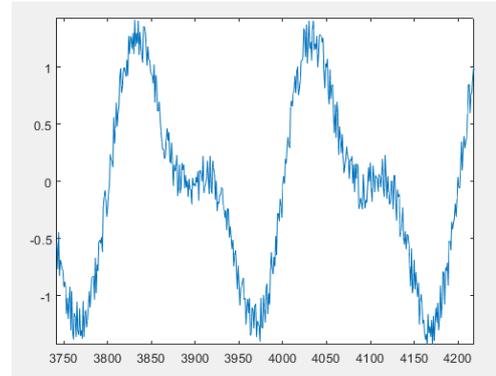


Рисунок 4 – Сгенерированный зашумленный сигнал

На рисунке 4 представлен отфильтрованный сигнал с помощью спроектированных цифровых фильтров:

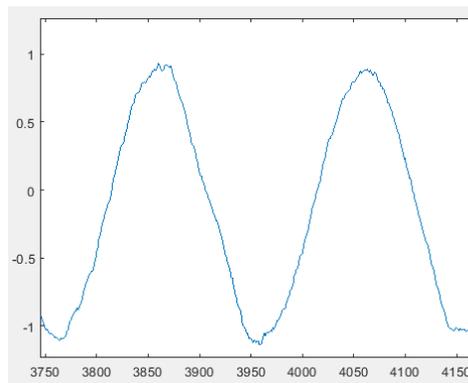


Рисунок 5 – Отфильтрованный сигнал

Оценка степени схожести двух сигналов показана на рисунке 6:

```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
>> K = mrdivide(SUF_signal*100,Out_sign)

K =

    94.0655

fx >>
```

Рисунок 5 – Результат расчета степени схожести двух сигналов

Степень схожести исходного сигнала-эталона (для сравнения) и отфильтрованного сигнала спроектированными фильтрами в Matlab оказалась примерно равна 94,1%. Расчеты подтверждают возможность применения разработанных цифровых фильтров при обработке пневмограмм.

Таким образом, разработанный аппаратно-программный комплекс позволяет не только регистрировать, но и обрабатывать пневмограммы в режиме реального времени, и может применяться для дистанционного мониторинга дыхания у детей и взрослых.

Список использованных источников:

1. Ревинская, И.И. Аппаратно-программный комплекс для мониторинга параметров дыхания пациента / И.И. Ревинская [и др.] // Изобретатель. – 2019. – №7. – С. 40–43.
2. Signal Analyzer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.exponenta.ru/signal/ref/signalanalyzer-app.html>