

ThinkDSP. Лабораторная 11. Модуляция и выборка (квантование).

Шерепа Никита

14 мая 2021 г.

Содержание

1 Упражнение 11.3	5
2 Вывод	11

Список иллюстраций

1	Джангл-соло	5
2	Спектр	6
3	Удалили частоты	7
4	Результат	8
5	Без копий	9
6	Масштабируем результат	9
7	Отфильтрованная волна	10
8	Интерполированная волна	11

Листинги

1	Джангл-соло	5
2	Спектр	5
3	Уменьшаем частоту дискретизации	6
4	Сглаживаем	6
5	Функция <code>sample()</code>	7
6	Применяем <code>sample()</code>	7
7	Отображаем результат	7
8	Избавляемся от спектральных копий	8
9	Масштабируем результат	9
10	Вычисляем разницу	10
11	Обратно в волну	10
12	Отфильтрованная волна	10
13	Интерполированная волна	10
14	Разница	11

1 Упражнение 11.3

1. Задание

К примеру "Соло на барабане" примените фильтр НЧ до выборки, а затем, опять же с помощью фильтра НЧ, удалите спектральные копии, вызванные выборкой. Результат должен быть идентичен отфильтрованному сигналу.

2. Ход работы

Возьмем ритмичное джангл-соло на барабанах.

```
1 wave =  
    read_wave('res/263868__kevcio__amen-break-a-160-bpm.wav')  
2 wave.normalize()  
3 wave.plot()
```

Листинг 1: Джангл-соло

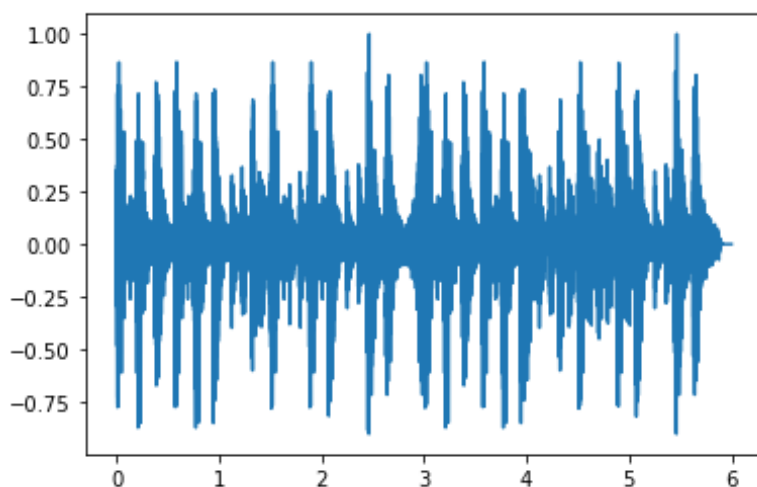


Рис. 1: Джангл-соло

Построим спектр

```
1 spectrum = wave.make_spectrum(full=True)  
2 spectrum.plot()
```

Листинг 2: Спектр

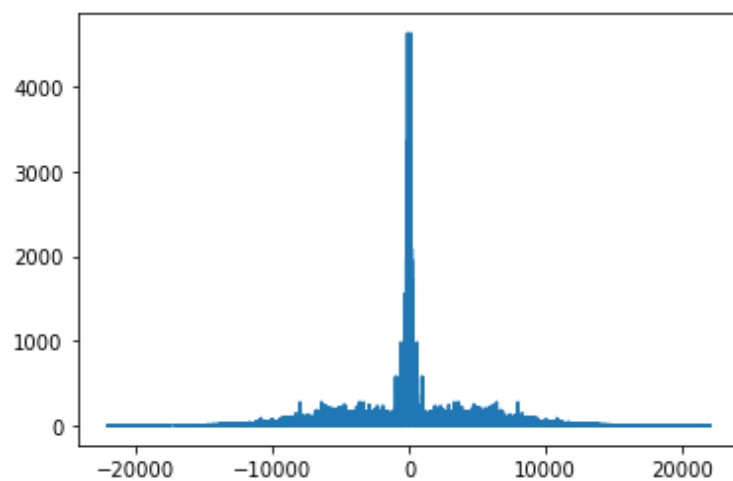


Рис. 2: Спектр

Уменьшим частоту дискретизации в 3 раза

```

1      factor = 3
2      framerate = wave.framerate / factor
3      cutoff = framerate / 2 - 1

```

Листинг 3: Уменьшаем частоту дискретизации

Теперь немного сгладим спектр: удалим частоты выше новой частоты свертки, которая равна частоте кадров / 2

```

1      spectrum.low_pass(cutoff)
2      spectrum.plot()

```

Листинг 4: Сглаживаем

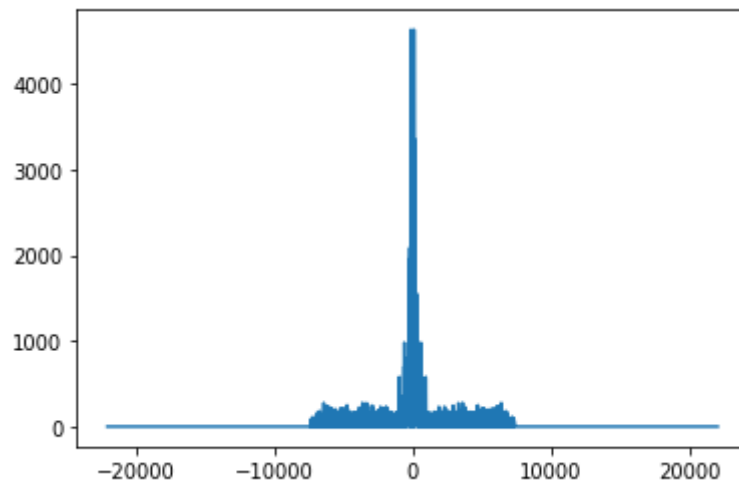


Рис. 3: Удалили частоты

После фильтрации запись звучит весьма атмосферно - немного приглушенно, как олдскульный джангл-микс из платстинки в каком-нибудь музыкальном магазине 90х годов.

Вот функция, имитирующая процесс дискретизации

```

1      from thinkdsp import Wave
2
3      def sample(wave, factor):
4          ys = np.zeros(len(wave))
5          ys[::factor] = np.real(wave.ys[::factor])
6          return Wave(ys, framerate=wave.framerate)

```

Листинг 5: Функция `sample()`

Применим к нашей записи

```

1      sampled = sample(filtered, factor)
2      sampled.make_audio()

```

Листинг 6: Применяем `sample()`

Результат содержит очень заметные копии спектра около 20 кГц. Отообразим их.

```

1      from thinkdsp import Wave
2
3      def sample(wave, factor):

```

```

4     ys = np.zeros(len(wave))
5     ys[::factor] = np.real(wave.ys[::factor])
6     return Wave(ys, framerate=wave.framerate)

```

Листинг 7: Отображаем результат

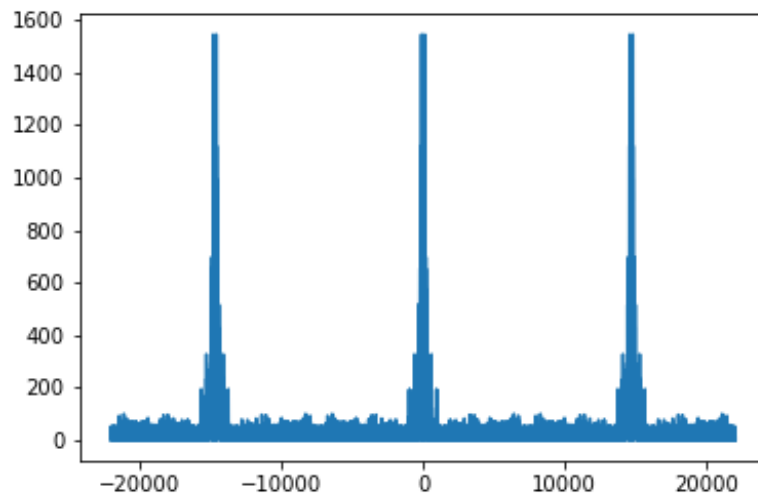


Рис. 4: Результат

Избавимся от спектральных копий, снова применив фильтр сглаживания

```

1     sampled_spectrum.low_pass(cutoff)
2     sampled_spectrum.plot()

```

Листинг 8: Избавляемся от спектральных копий

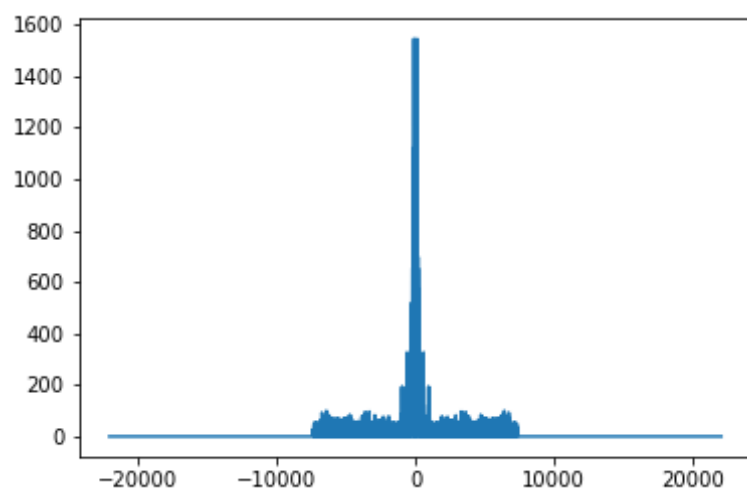


Рис. 5: Без копий

Мы только что потеряли половину энергии в спектре, но мы можем масштабировать результат, чтобы вернуть его

```

1      sampled_spectrum.scale(factor)
2      spectrum.plot()
3      sampled_spectrum.plot()

```

Листинг 9: Масштабируем результат

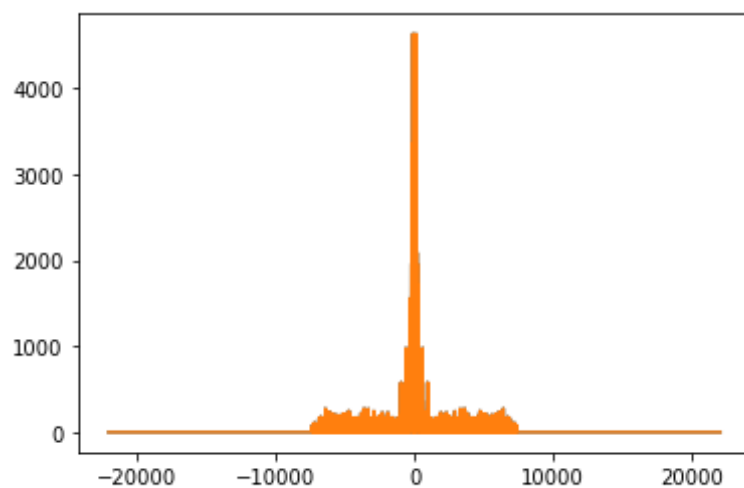


Рис. 6: Масштабируем результат

Вычислим разницу между спектром до и после выборки

```
1      spectrum.max_diff(sampled_spectrum)
2
3      Output
4      1.8189894035458565e-12
```

Листинг 10: Вычисляем разницу

Разница мала и равна 1.8189894035458565e-12

После фильтрации и масштабирования преобразуем обратно в волну

```
1      interpolated = sampled_spectrum.make_wave()
2      interpolated.make_audio()
```

Листинг 11: Обратно в волну

Теперь сравним интерполированную волну и отфильтрованную волну

```
1      filtered.plot()
```

Листинг 12: Отфильтрованная волна

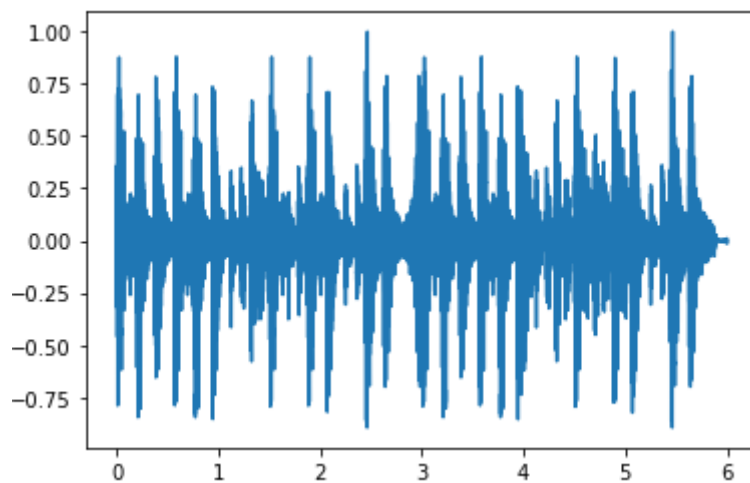


Рис. 7: Отфильтрованная волна

```
1      interpolated.plot()
```

Листинг 13: Интерполированная волна

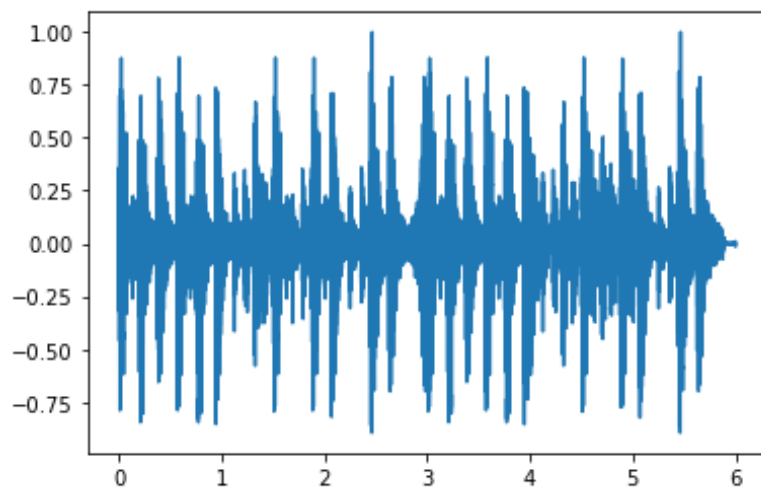


Рис. 8: Интерполированная волна

Вычислим разницу

```

1         filtered.max_diff(interpolated)
2
3         Output
4         5.56290642113787e-16

```

Листинг 14: Разница

Видим, что графики похожи, а разница крайне мала и равна $5.56290642113787e-16$

2 Вывод

В результате выполнения работы получены навыки работы с выборкой. Выяснено, что если применить к сигналу фильтр НЧ до выборки, и сравнить его с таким же сигналом, но в котором применили выборку и затем удалили спектральные копии, то результаты будут идентичны.