

Лабораторная работа №11  
Модуляция и выборка (квантование)

Кобыжев Александр

13 апреля 2021 г.

# Оглавление

1	Упражнение 11.1	4
2	Упражнение 11.2	5
3	Упражнение 11.3	6
4	Выводы	12

## Список иллюстраций

3.1	Визуализация звука . . . . .	6
3.2	Спектр звука . . . . .	7
3.3	Отфильтрованный звук . . . . .	8
3.4	Спектр звука . . . . .	9
3.5	Применение фильтра сглаживания . . . . .	10
3.6	Масштабирование результата . . . . .	10
3.7	Разница между интерполированной волной и фильтрованной волной . . . . .	11

## Листинги

3.1	Загрузка звука . . . . .	6
3.2	Прослушивание звука . . . . .	6
3.3	Спектр звука . . . . .	7
3.4	Уменьшение частоты дискретизации . . . . .	7
3.5	Отфильтрованный звук . . . . .	7
3.6	Прослушивание звука . . . . .	8
3.7	Функция <code>sample</code> . . . . .	8
3.8	Прослушивание звука . . . . .	8
3.9	Спектр звука . . . . .	8
3.10	Применение фильтра сглаживания . . . . .	9
3.11	Масштабирование результата . . . . .	10
3.12	Разница между спектром до и после дискретизации . . . . .	11
3.13	Разница между интерполированной волной и фильтрованной волной . . . . .	11
3.14	Разница между интерполированной волной и фильтрованной волной . . . . .	11

# Глава 1

## Упражнение 11.1

В данном упражнении нас просят открыть `chap11.ipynb`, прочитать пояснения, а также запустить примеры.

## Глава 2

### Упражнение 11.2

В данном упражнении нас просят посмотреть видео под названием D/A and A/D | Digital Show and Tell, которое доступно по ссылке.

Это видео о споре качества цифрового и аналогового звука. В нём на примерах объясняется, почему аналоговый звук в допустимых пределах человеческого слуха (от 20 Гц до 20 кГц) может воспроизводиться с идеальной точностью с использованием 16-битного цифрового сигнала 44,1 кГц.

## Глава 3

### Упражнение 11.3

Для начала загрузим звук.

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

Листинг 3.1: Загрузка звука

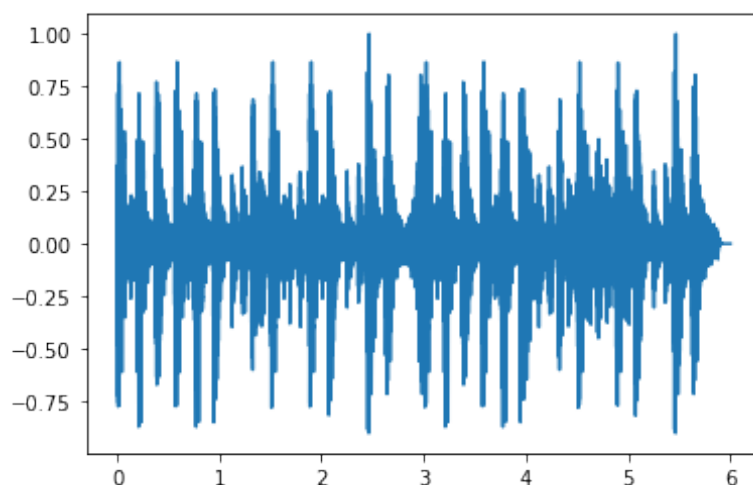


Рис. 3.1: Визуализация звука

Этот сигнал дискредитируется с частотой 44100 Гц. Послушаем его.

```
1 wave.make_audio()
```

Листинг 3.2: Прослушивание звука

Составим спектр:

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

Листинг 3.3: Спектр звука

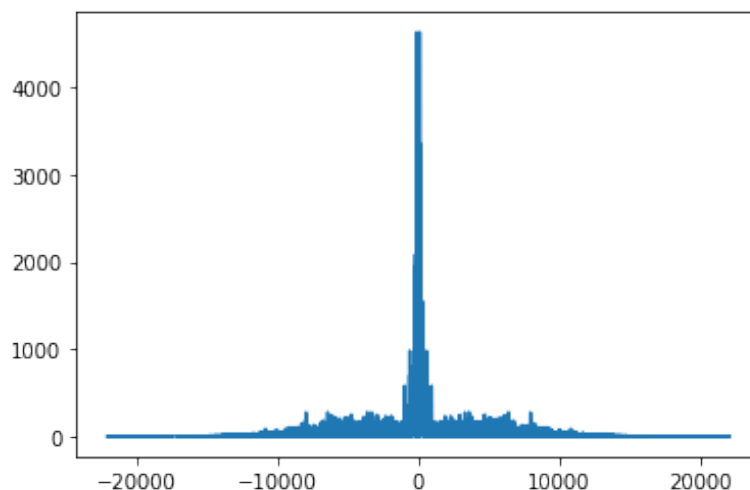


Рис. 3.2: Спектр звука

Уменьшим частоту дискретизации в 3 раза:

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

Листинг 3.4: Уменьшение частоты дискретизации

Перед дискретизацией мы применяем фильтр сглаживания, чтобы удалить частоты выше новой частоты свертки, которая равна частоте кадров / 2:

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

Листинг 3.5: Отфильтрованный звук



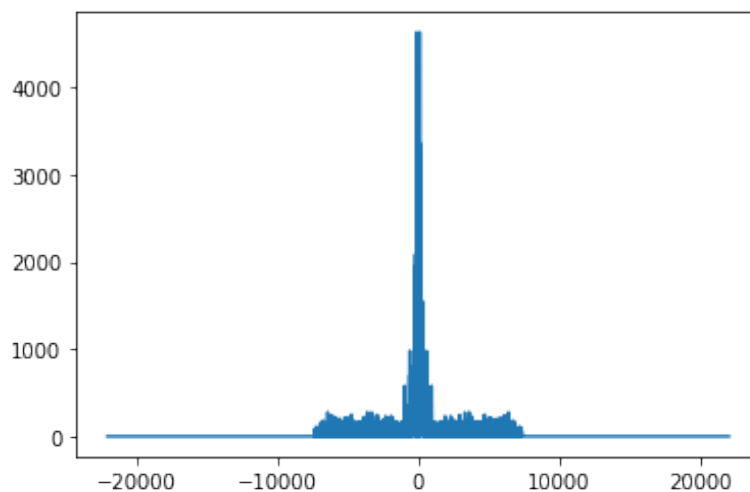


Рис. 3.3: Отфильтрованный звук

Прослушаем звук после фильтрации.

```
1 filtered = spectrum.make_wave()
2 filtered.make_audio()
```

Листинг 3.6: Прослушивание звука

Следующая функция имитирует процесс выборки:

```
1 def sample(wave, factor):
2     """Simulates sampling of a wave.
3
4     wave: Wave object
5     factor: ratio of the new framerate to the original
6     """
7     ys = np.zeros(len(wave))
8     ys[::factor] = wave.ys[::factor]
9     return thinkdsp.Wave(ys, framerate=wave.framerate)
```

Листинг 3.7: Функция `sample`

Результат содержит копии спектра около 20 кГц:

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

Листинг 3.8: Прослушивание звука

Они очень заметны и их можно рассмотреть, когда построим спектр:

```
1 sampled_spectrum = sampled.make_spectrum(full=True)
2 sampled_spectrum.plot()
```

Листинг 3.9: Спектр звука

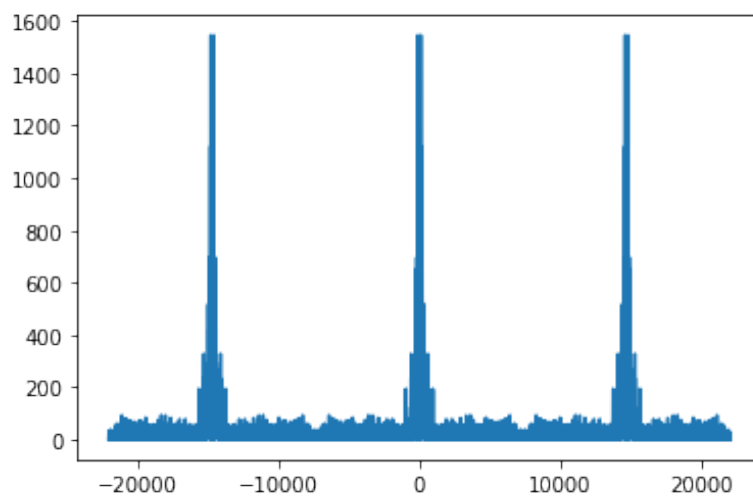


Рис. 3.4: Спектр звука

Мы можем избавиться от спектральных копий, снова применив фильтр сглаживания:

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

Листинг 3.10: Применение фильтра сглаживания

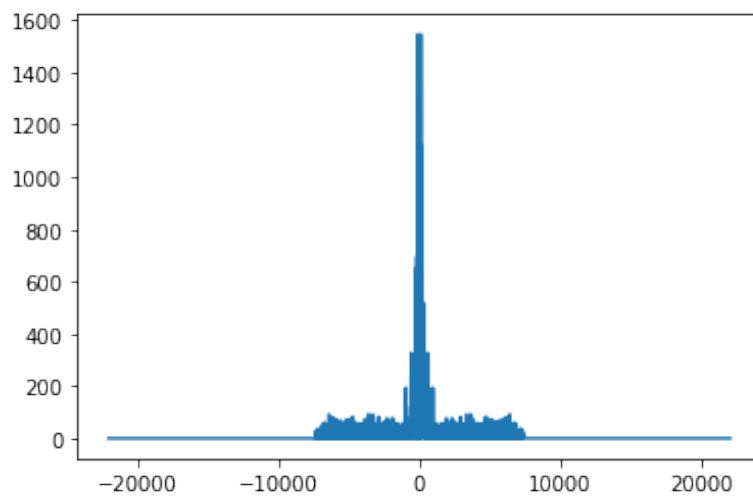


Рис. 3.5: Применение фильтра сглаживания

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 3.11: Масштабирование результата

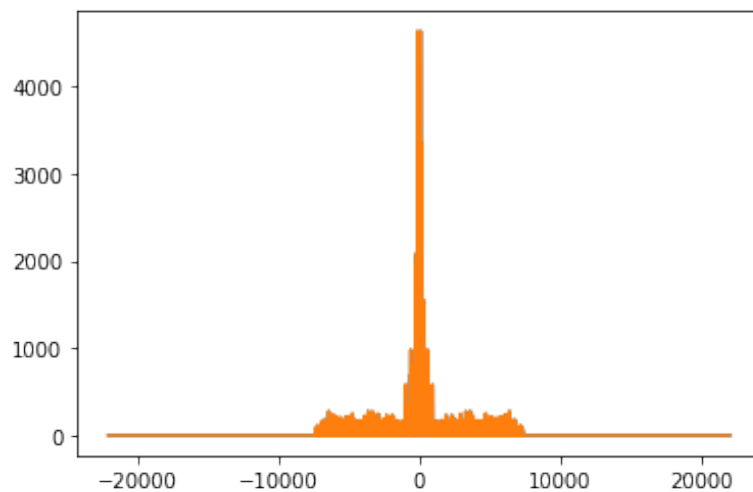


Рис. 3.6: Масштабирование результата

Теперь разница между спектром до и после дискретизации должна

быть небольшой.

```
1 spectrum.max_diff(sampled_spectrum)
```

Листинг 3.12: Разница между спектром до и после дискретизации

Разница составила  $1.8189894035458565e-12$ . И разница между интерполированной волной и фильтрованной волной также должна быть небольшой.

```
1 filtered.plot()  
2 interpolated.plot()
```

Листинг 3.13: Разница между интерполированной волной и фильтрованной волной

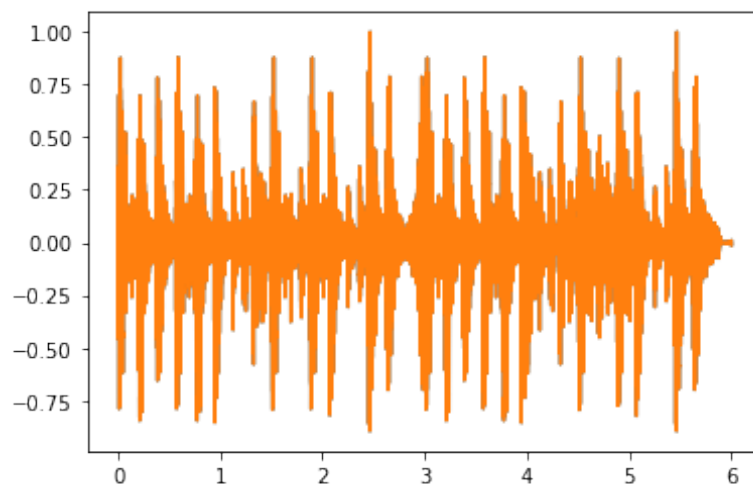


Рис. 3.7: Разница между интерполированной волной и фильтрованной волной

```
1 filtered.max_diff(interpolated)
```

Листинг 3.14: Разница между интерполированной волной и фильтрованной волной

Разница составила  $5.56290642113787e-16$ .

Умножение на импульсы даёт 4 сдвинутых копии исходного спектра. Один из них проходит от отрицательного конца спектра к положительному, поэтому в спектре от выбранной волны есть 5 пиков.

## Глава 4

### Выводы

Во время выполнения лабораторной работы получены навыки работы с эффектом выборки и представил теорему выборки, которая объясняет сглаживание и частоту сворачивания. Также научился применять эти знания на практике.