

Санкт-Петербургский государственный политехнический  
университет Петра Великого

**Высшая школа интеллектуальных систем и  
суперкомпьютерных технологий**

Лабораторная работа

# Модуляция и выборка (квантование)

Выполнил студент гр. 3530901/80201

И.С. Иванов

Преподаватель:

Н.В. Богач

Санкт-Петербург  
2021

# Содержание

<b>1</b>	<b>Упражнение №1</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Упражнение №2</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Упражнение №3</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Выводы</b>	<b>13</b>

## Список иллюстраций

1	Полученный сигнал . . . . .	7
2	Спектр сигнала . . . . .	8
3	Применение фильтра . . . . .	9
4	Применение функции sample . . . . .	10
5	Применения сглаживания . . . . .	10
6	Масштабирование спектра . . . . .	11
7	Результат . . . . .	11

## Листинги

1	Считывание сигнала . . . . .	7
2	Уменьшение частоты дискретизации . . . . .	8
3	Применение фильтра . . . . .	8
4	Функция sample . . . . .	9
5	Применения sample . . . . .	9

# 1 Упражнение №1

В первом упражнении необходимо изучить примеры из файла `chap11.ipynb`.

Все примеры были запущены и изучены.

## 2 Упражнение №2

В втором упражнении необходимо посмотреть ролик Криса ”Монти”Минтгомери - ”D/A and A/D | Digital Show and Tell”.

В результате просмотра данного видеоролика была получена информация, почему аналоговое аудио в приемлемых пределах человеческого слуха воспроизводится с идеальной точностью с использованием 16-битного цифрового сигнала 44.1 кГц.

### 3 Упражнение №3

В третьем упражнении необходимо применить фильтр низких частот к примеру ”Соло на барабане” до выборки. После чего снова с помощью фильтра НЧ удалить спектральные копии, которые вызваны выборкой.

Считаем файл.

```
1 from thinkdsp import read_wave
2
3 wave = read_wave('Sounds/263868__kevcio__amen-break-a-160-bpm.wav')
4 wave.normalize()
5 wave.plot()
6
```

Листинг 1: Считывание сигнала

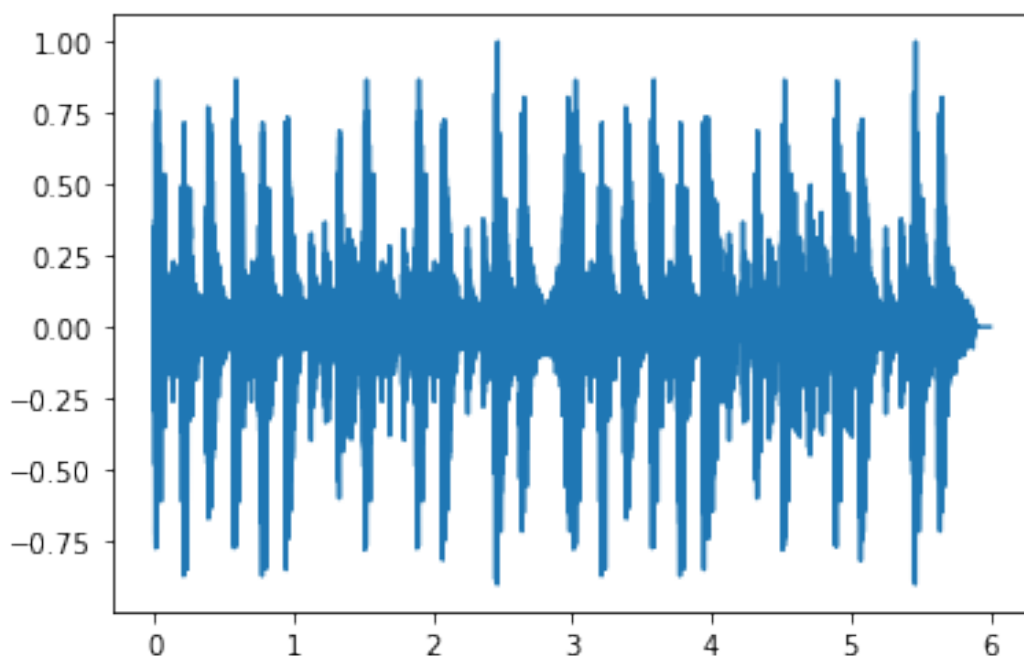


Рис. 1: Полученный сигнал

Получим спектр.

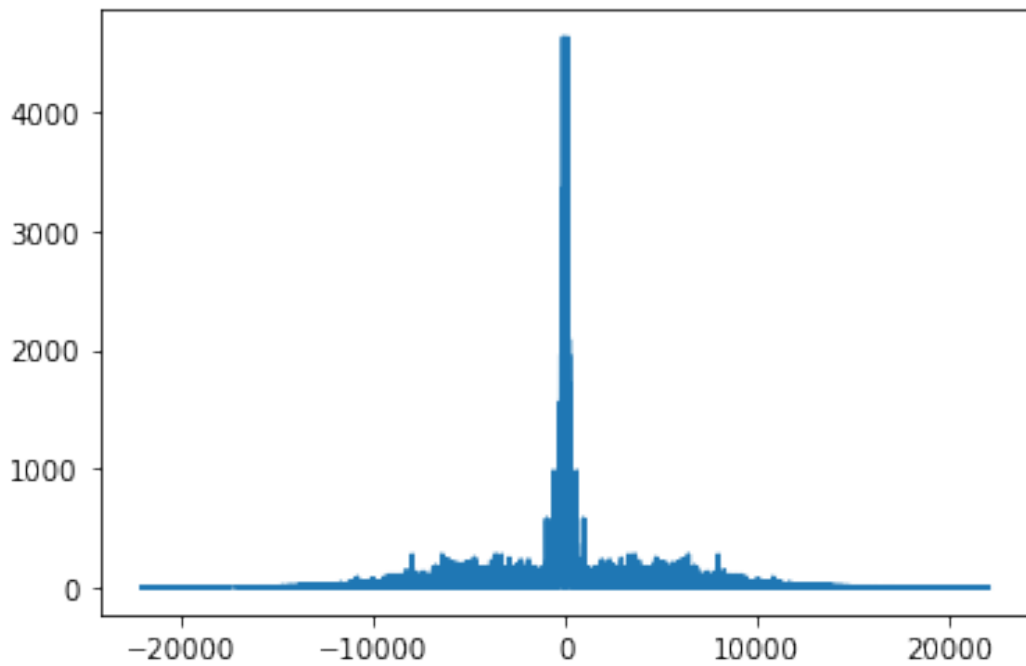


Рис. 2: Спектр сигнала

Уменьшим частоту дискретизации в 3 раза.

```

1     factor = 3
2     framerate = wave.framerate / factor
3     cutoff = framerate / 2 - 1
4

```

Листинг 2: Уменьшение частоты дискретизации

Применим фильтр сглаживания для удаления частот выше новой частоты.

```

1     spectrum.low_pass(cutoff)
2     spectrum.plot()
3

```

Листинг 3: Применение фильтра



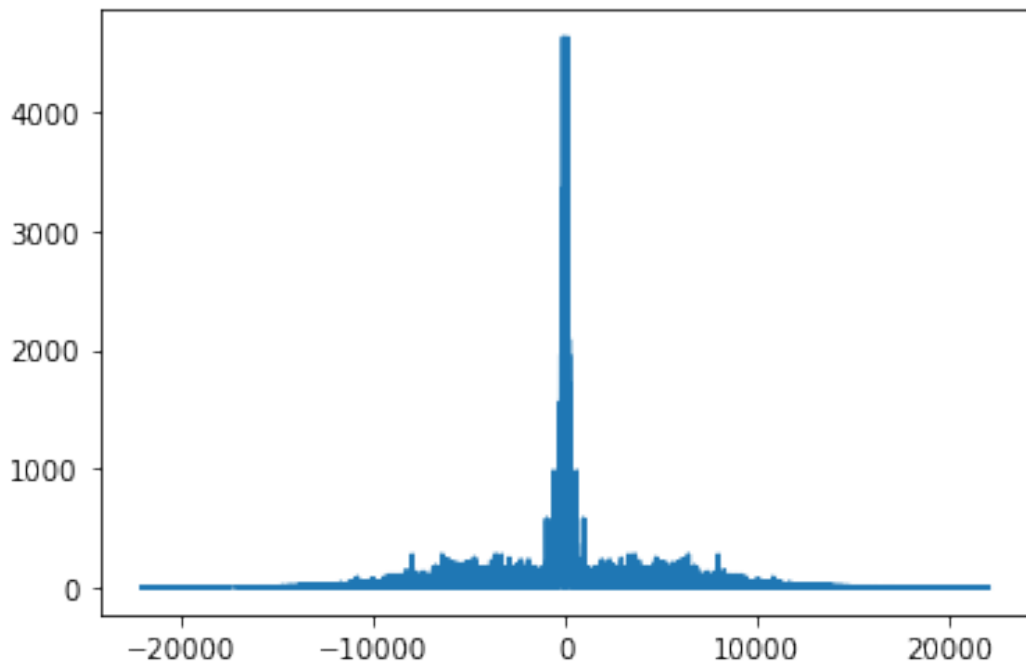


Рис. 3: Применение фильтра

Теперь напомним функцию `sample`, которая будет имитировать процесс выборки.

```

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)
7

```

Листинг 4: Функция `sample`

Проверим функцию.

```

1     filtered = spectrum.make_wave()
2     sampled = sample(filtered, factor)
3     sampled_spectrum = sampled.make_spectrum(full=True)
4     sampled_spectrum.plot()
5

```

Листинг 5: Применения `sample`

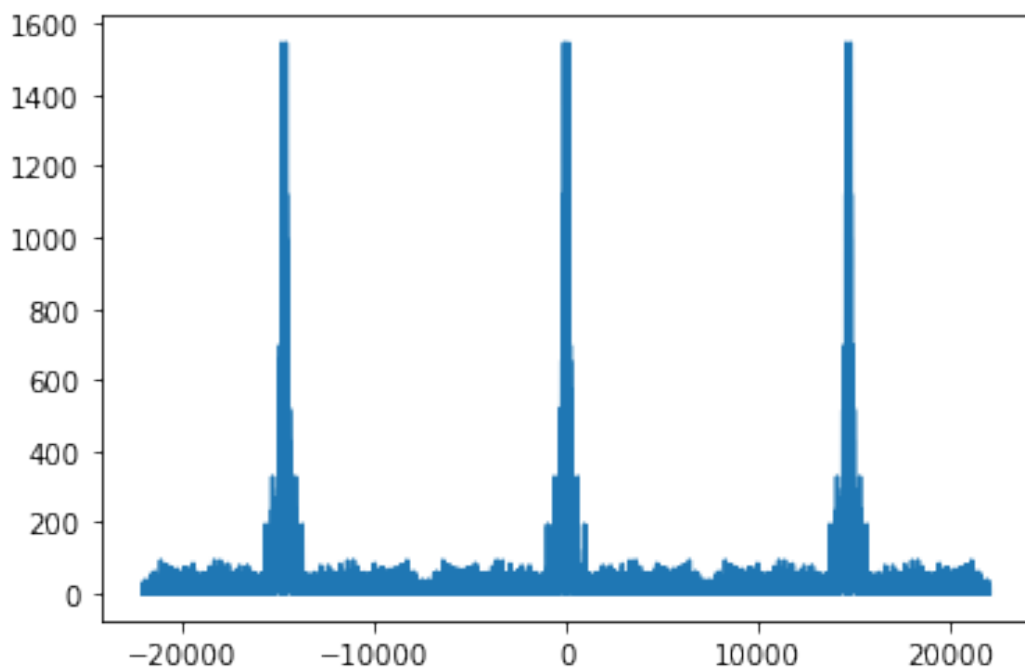


Рис. 4: Применение функции sample

На спектре имеются спектральные копии. Необходимо убрать их применив фильтр сглаживания.

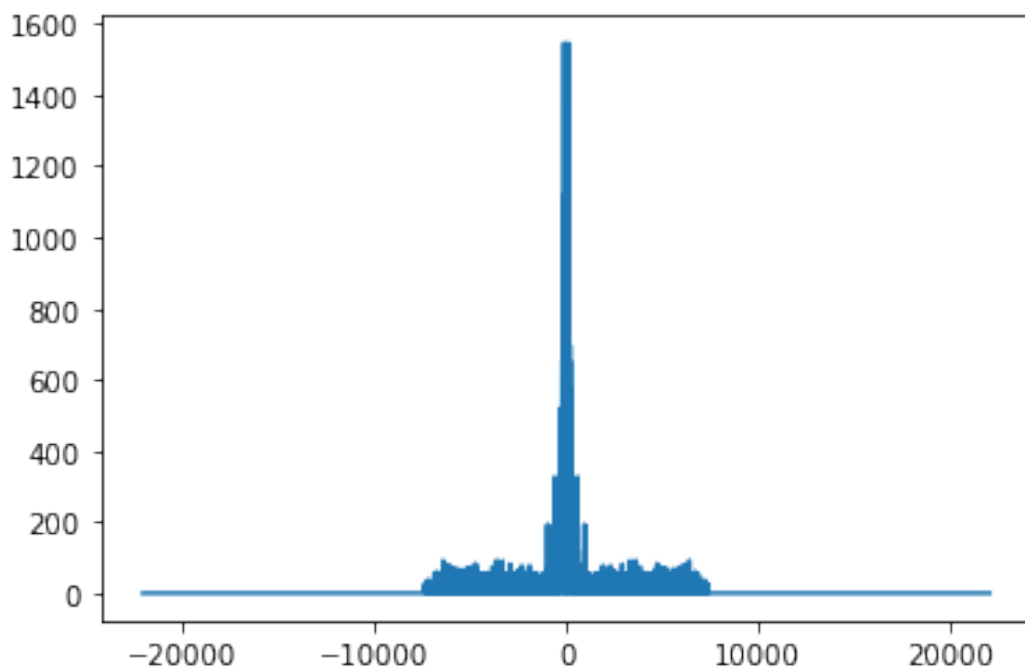


Рис. 5: Применения сглаживания

Масштабируем спектр.

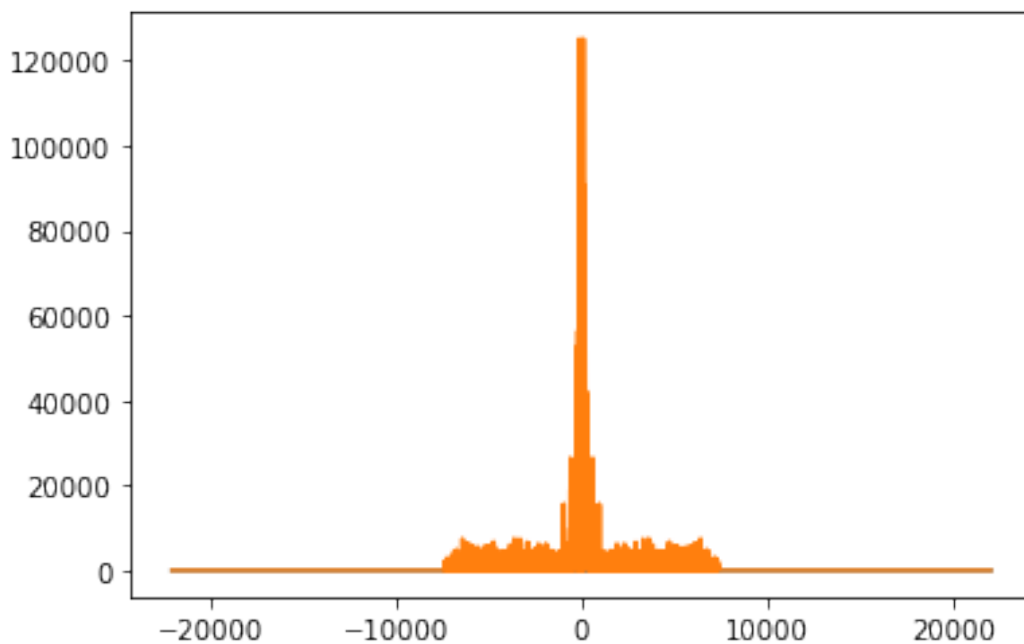


Рис. 6: Масштабирование спектра

Проверим разницу между спектром до и после фильтрации.

Между спектрами нет большой разницы. Функция `max_diff` выводит результат  $1.8189894035458565e-12$ , подтверждая это.

Посмотрим на сигнал.

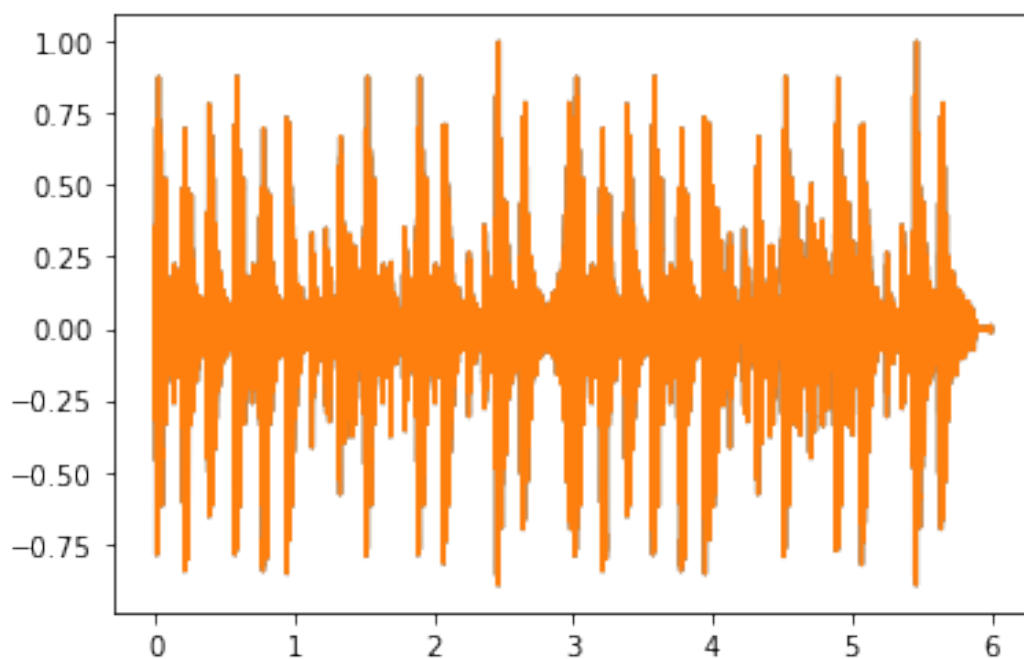


Рис. 7: Результат

По полученным результатам можно сделать вывод, что разница между интерполированной и фильтрованной волной очень мала.

## 4 Выводы

В результате выполнения данной лабораторной работы были получены знания об амплитудной модуляции. Амплитудная модуляция играет важную роль в радиосвязи. Также была изучена теорема о выборках, которая является важнейшей в цифровой обработке сигналов. Также были получены навыки их применения.