

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт компьютерных наук и технологий  
Высшая школа интеллектуальных систем и суперкомпьютерных  
технологий

# Телекоммуникационные технологии

Отчёт по лабораторной работе №3

**Работу**  
**выполнил:**  
Смирнов Л. Д.  
**Группа:**  
3530901/80202  
**Преподаватель:**  
Богач Н. В.

Санкт-Петербург  
2021

# Содержание

<b>1. Теоретическая часть</b>	<b>3</b>
<b>2. Выполнение работы</b>	<b>3</b>
2.1. Упражнение 1 . . . . .	3
2.2. Упражнение 2 . . . . .	3
2.3. Упражнение 3 . . . . .	5
2.4. Упражнение 4 . . . . .	5
2.5. Упражнение 5 . . . . .	5
2.6. Упражнение 6 . . . . .	7
<b>3. Выводы</b>	<b>7</b>

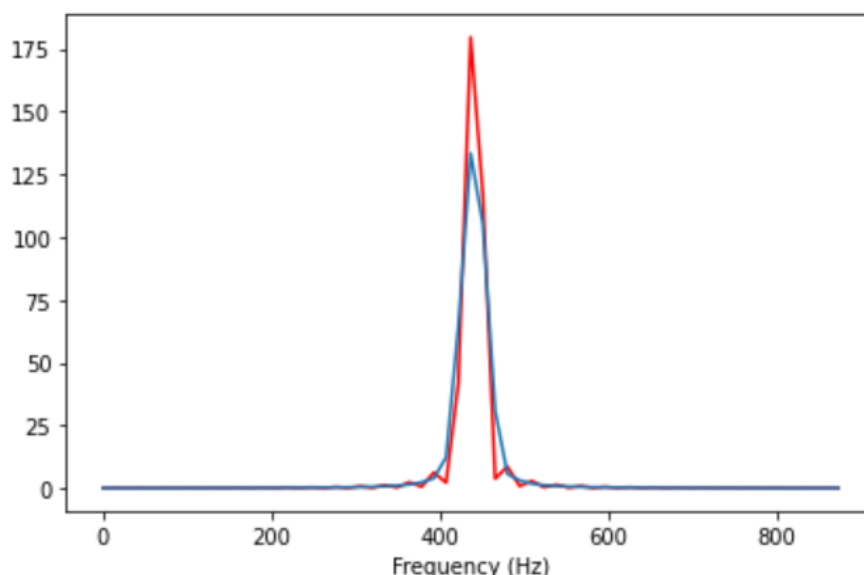
# 1. Теоретическая часть

В данной главе рассматривается такое понятие как чирпы, то есть сигналы с переменной частотой, а именно линейные и экспоненциальные чирпы. Как можно понять из их названий, частота у них растет линейно и экспоненциально соответственно. Восприятие звука для этих двух чирпов тоже разное. Для линейного звук растет логарифмически, а для экспоненциального линейно. Спектрограмма - способ отображения зависимости частоты сигнала от времени. Спектрограмма имеет разрешение по времени, которое зависит от длительности сегментов, соответствующих ширине ячейки этой спектрограммы, а также разрешение по частоте, то есть интервалы между элементами спектра с одинаковой высотой ячеек. Увеличение одного разрешения приводит к уменьшению другого, из-за чего приходится выбирать, что в данном случае важнее. Утечка спектра - переход части энергии сигнала на соседние частотные компоненты из-за несовпадения начала фрагмента сигнала с его концом (непериодичность или разрывы). Для решения (частичного) этой проблемы используются окна - функции, преобразующие аperiodические сегменты в подобие периодических. Разные из видов окон применяются в разных случаях, так как не дают идеального универсального решения проблемы утечек.

## 2. Выполнение работы

### 2.1. Упражнение 1

В качестве выполнения первого упражнения я открыл и изучил примеры к данной главе. В примере с применением окон для устранения утечек я сравнил применение окна Хамминга (синий график) и окна Blackman (красный). Результаты приведены на ниже.



Как можно видеть, применение окна Blackman дает меньшие потери энергии, а утечки на соседних частотах идут не так плавно, как с окном Хэмминга.

### 2.2. Упражнение 2

Я написал необходимый класс, создающий пилообразные чирпы:

```
from thinkdsp import normalize, unbias
```

```

class SawtoothChirp(Chirp):
    def evaluate(self, ts):
        freqs = np.linspace(self.start, self.end, len(ts))
        dts = np.diff(ts, prepend=0)
        dphis = (np.pi * 2) * freqs * dts
        phases = np.cumsum(dphis)
        cycles = phases / (np.pi * 2)
        frac, _ = np.modf(cycles)
        ys = normalize(unbias(frac), self.amp)
        return ys

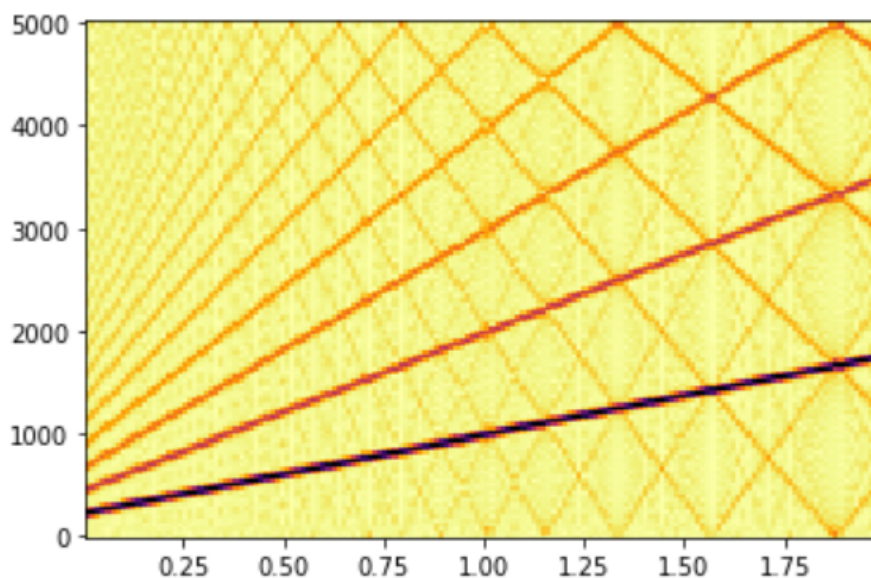
```

Затем я создал чирп и вывел его спектрограмму:

```

saw_chirp = SawtoothChirp(start=220, end=1760)
wave = saw_chirp.make_wave(duration=2, framerate=10000)
spectrogram = wave.make_spectrogram(256)
spectrogram.plot()

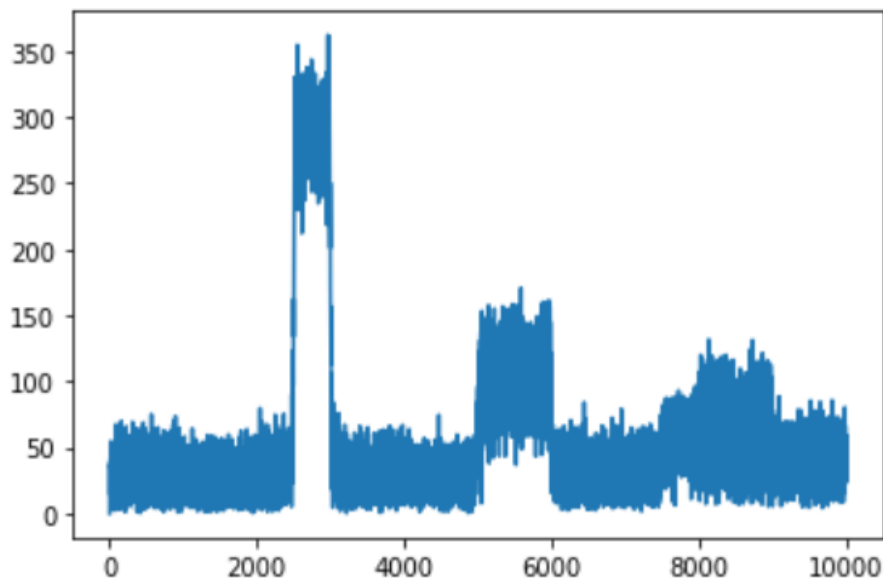
```



На получившейся спектрограмме видно, как частотные графики растут, а потом резко начинают уменьшаться. При прослушивании двухсекундной записи волны можно заметить усиливающиеся со временем биения.

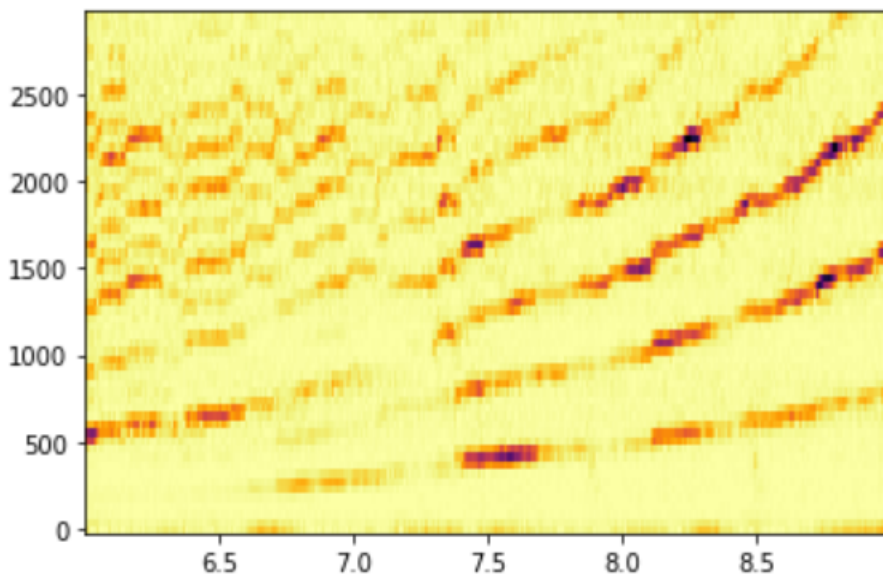
### 2.3. Упражнение 3

Опираясь на рассматриваемый в учебнике пример со спектром чирпа, я ожидал увидеть примерно такой же спектр, но повторяющийся по кратным частотам (первый на 2500-3000, следующий на 5000-6000 и т.д.). Собственно ниже приведен результат создания спектра, который похож, на то, что я ожидал, за исключением забытого мной уменьшения амплитуды на кратных основным частотах.



### 2.4. Упражнение 4

Согласно заданию, я скачал мелодию Ддорджа Гаршвина и выделил из нее волну с 6 по 9 секунды, где слышно четкое глissандо. После этого я сделал ее спектрограмму и вывел. На приведенном ниже рисунке видны нарастающие частотные графики.



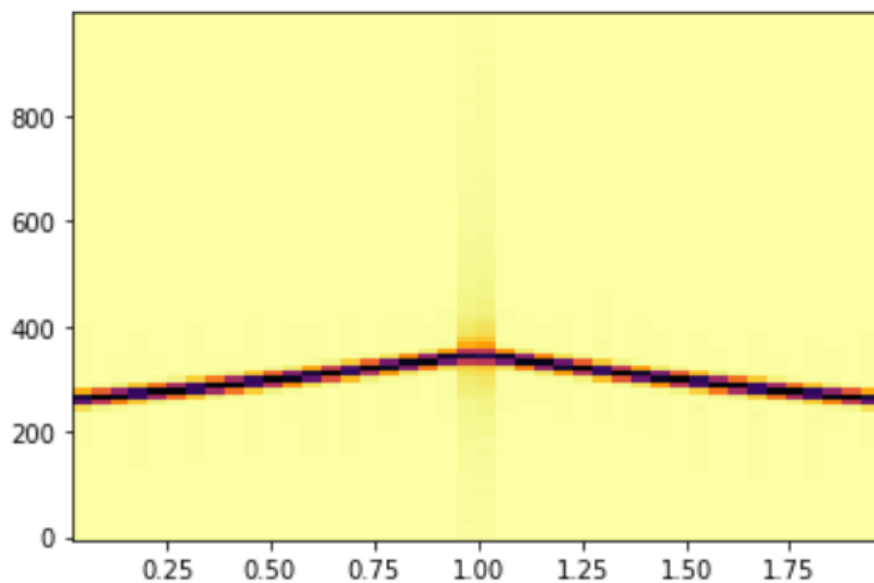
### 2.5. Упражнение 5

Исходя из теории в ученике, если трамбонист двигает кулису равномерно и высота ноты растет также равномерно, то частота будет расти экспоненциально. Ниже приведен класс

TramboneGliss, написанный для проверки этого утверждения.

```
class TromboneGliss(Chirp):  
    def evaluate(self, ts):  
        freqs = 1 / np.linspace(1.0 / self.start, 1.0 / self.end, len(ts))  
        dts = np.diff(ts, prepend=0)  
        dphis = np.pi * 2 * freqs * dts  
        phases = np.cumsum(dphis)  
        ys = self.amp * np.cos(phases)  
        return ys
```

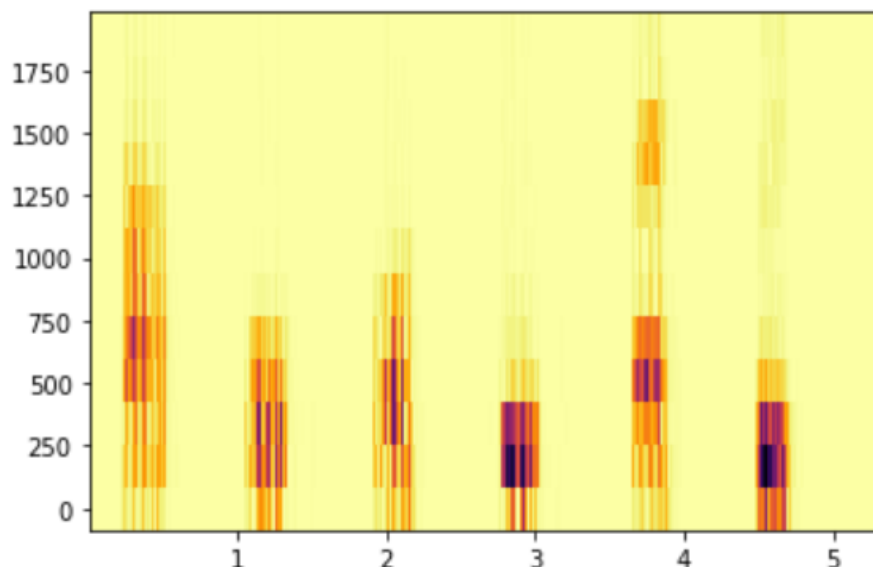
Я создал 2 волны, с возрастающей частотой и убывающей, а затем соединил их в одну. Полученная на ее основе спектрограмма приведена ниже.



Из приведенного выше рисунка похоже, что частота изменяется линейно, но на 100% утверждать не могу

## 2.6. Упражнение 6

Я не стал искать запись гласных звуков в интернете и просто записал свою. Получилась последовательность "[a] [y] [o] [и] [э] [ы]". Затем я вывел спектрограмму получившегося звука.



Как можно видеть, отдельные звуки четко выделены на спектрограмме, но разница между ними (например между [и] и [ы]) слабо заметна.

## 3. Выводы

В данной лабораторной работе я познакомился с понятиями линейных и экспоненциальных чирпов, а также создал пилообразный чирп. Также я освоил на практике работу со спектрограммами и их анализ, изучил утечки спектра и несколько видов окон, используемых для решения этой проблемы.