

## Лабораторная работа № 2 Корреляция сигналов

В реальных задачах часто ставится вопрос о степени похожести одного процесса на другого или же о независимости одного процесса от другого. Иными словами, требуется определить взаимосвязь между сигналами, то есть найти корреляцию.

Методы корреляции используются в широком диапазоне задач: поиск сигналов, компьютерное зрение и обработка изображений, в задачах радиолокации для определения характеристик целей и определения расстояния до объекта. Кроме того, с помощью корреляции производится поиск слабых сигналов в шумах.

*Корреляцию* между двумя сигналами можно вычислить как сумму произведений пар отсчетов исследуемых сигналов.

Если взять две абсолютно независимые случайные последовательности, то их сумма произведений стремится к нулю. Говорят, что такие сигналы обладают нулевой корреляцией. Причем, чем длиннее последовательности, тем сильнее результат стремится к нулевому значению.

Корреляция бывает **положительной** и **отрицательной**. Положительная корреляция - большие значения одного сигнала связаны с большими значениями другого сигнала (увеличение одной переменной взаимосвязано с увеличением другой переменной). Отрицательную корреляцию проще всего понимать так: увеличение одной переменной связано с уменьшением другой переменной.

Формула взаимной корреляции:

$$r_{12} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_1(n)x_2(n)$$

Нормирующий множитель  $1/N$  применяется для исключения влияния длительности последовательностей.

В терминах функционального пространства сигналов корреляция может быть выражена как косинус угла между векторами. Следовательно, при полном совпадении сигналов степень их связи будет принимать положительное единичное значение, при полной противоположности сигналов - отрицательную единицу, а при полном несовпадении - нулевое значение.

Подключаем модули

```
In [1]:  
import numpy as np  
import matplotlib.pyplot as plt
```

Задаем сигналы

```
In [4]:  
t = np.linspace(0, 100, 100)  
x = 20*np.sin(t/30) + 40*np.cos(t/5) + 30*np.sin(t/3 + 0.35)  
y = x*x - 4*x - 10
```

График сигнала X

In [5]:

```
plt.plot(x)
```

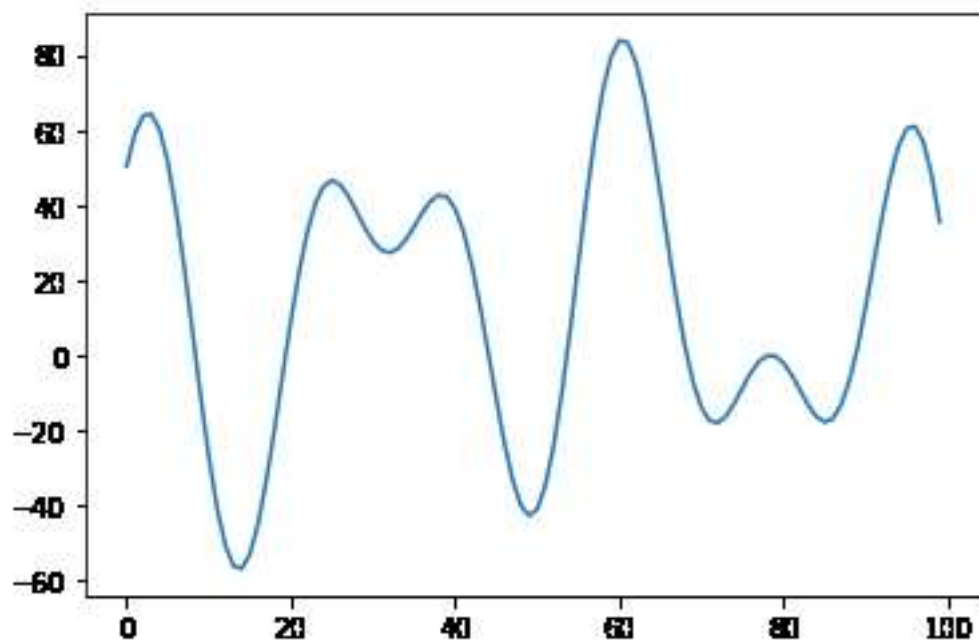
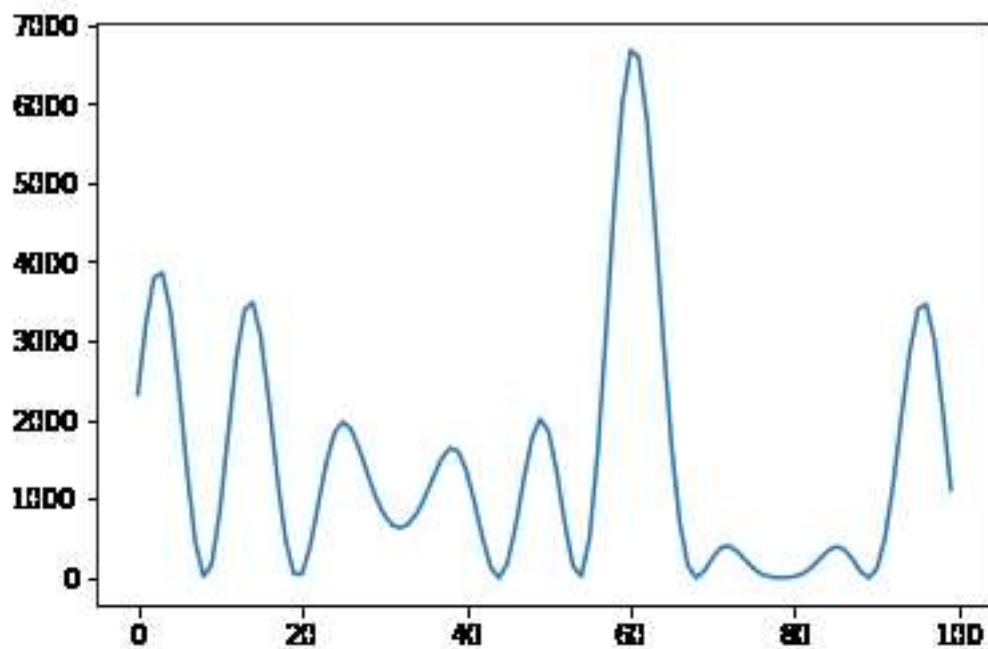


График сигнала  $Y$

In [6]:

```
plt.plot(y)
```

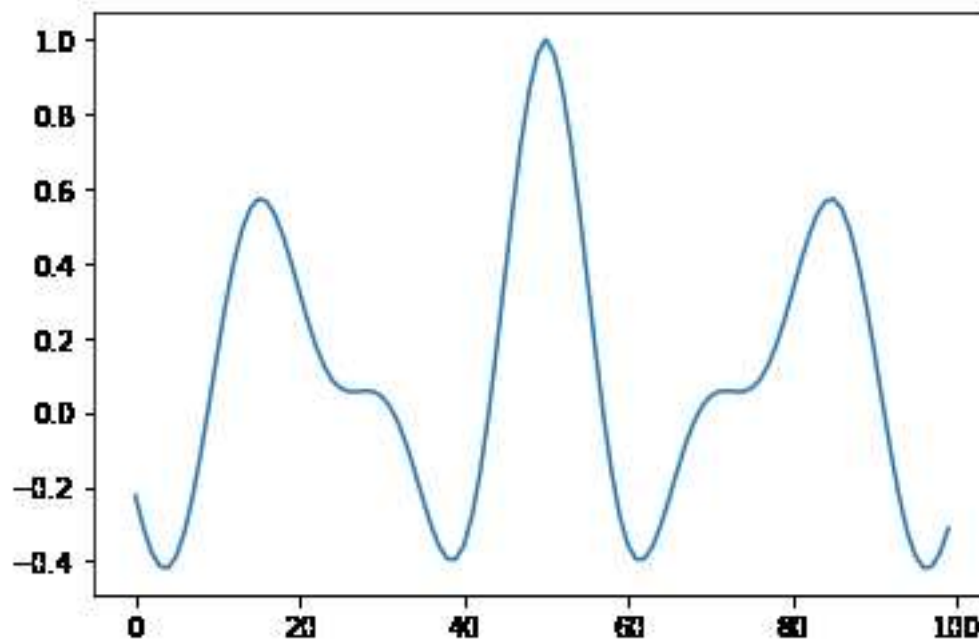
Out[6]:



Вычисляем автокорреляционную функцию для  $X$ , нормируем и строим график

```
In [14]: a_cor1 = np.correlate(x, x, mode='same')
a_cor1=a_cor1/np.correlate(x,x, mode='valid')
plt.plot(a_cor1)
```

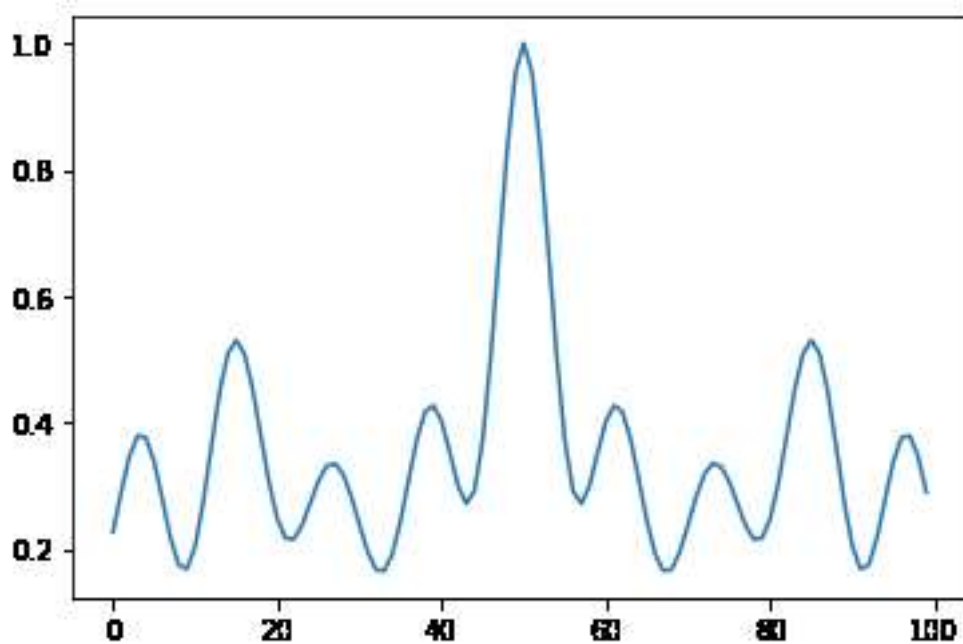
```
Out[14]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x5edbb98>]
```



Вычисляем нормированную автокорреляционную функцию для Y и строим график

```
In [15]: a_cor2=np.correlate(y,y,mode='same')
a_cor2=a_cor2/np.correlate(y,y, mode='valid')
plt.plot(a_cor2)
```

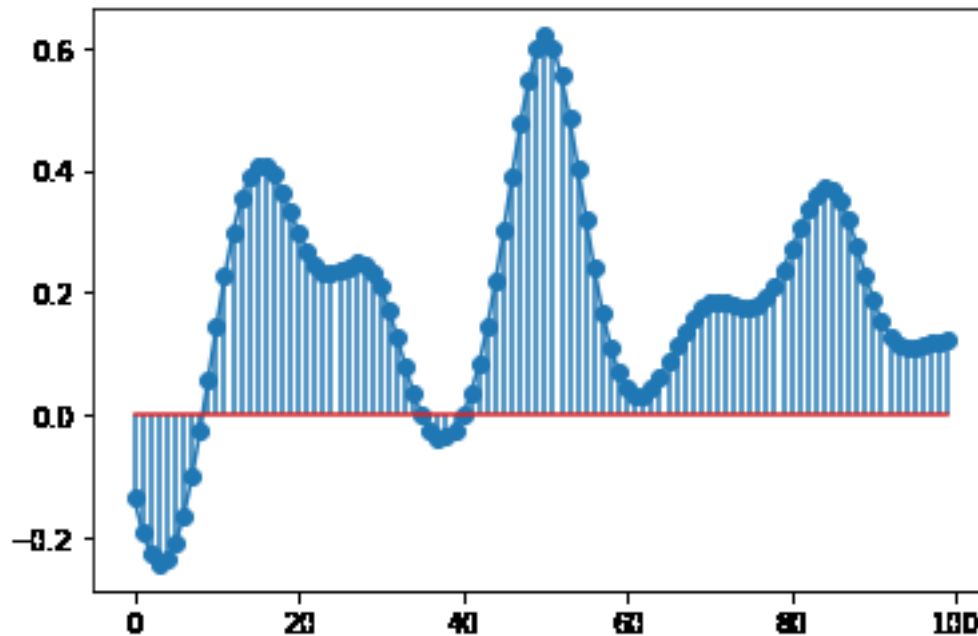
```
Out[15]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x7e07a48>]
```



Вычисляем взаимную корреляционную функцию X и Y и строим график

```
In [16]: v_cor=np.correlate(x,y,mode='same')
v_cor=v_cor/np.sqrt(np.correlate(x,x, mode='valid')*np.correlate(y,y, mode='valid'))
plt.plot(v_cor)
plt.stem(v_cor)
```

Out[16]: <StemContainer object of 3 artists>



**Задание: смоделировать сигналы по формулам для 100 значений, вычислить автокорреляционную функцию для x и y и взаимную корреляционную функцию.**

Номер варианта	t	Сигнал X	Сигнал Y
1	0...10	$x = 15\sin\left(\frac{\pi t}{5} + \frac{\pi}{8}\right) + 25\cos\left(\frac{\pi t}{15}\right) + 3\sin\left(\frac{\pi t}{45} + \frac{\pi}{10}\right)$	$y = 6x^2 + 3x$
2	0...15	$x = 10\sin\left(\frac{\pi t}{6} + \frac{\pi}{7}\right) + 22\cos\left(\frac{\pi t}{16}\right) + 13\sin\left(\frac{\pi t}{41} + \frac{\pi}{11}\right)$	$y = 20x - 2x^2$
3	0...20	$x = 5\sin\left(\frac{\pi t}{7} + \frac{\pi}{11}\right) + 19\cos\left(\frac{\pi t}{17}\right) + 23\sin\left(\frac{\pi t}{39} + \frac{\pi}{12}\right)$	$y = 2x - x^3$
4	0..25	$x = 20\sin\left(\frac{\pi t}{8} + \frac{\pi}{3}\right) + 16\cos\left(\frac{\pi t}{19}\right) + 33\sin\left(\frac{\pi t}{37} + \frac{\pi}{14}\right)$	$y = -4x^3 + 5x + 8$
5	0...30	$x = 30\sin\left(\frac{\pi t}{9} + \frac{\pi}{15}\right) + 13\cos\left(\frac{\pi t}{11}\right) + 7\sin\left(\frac{\pi t}{33} + \frac{\pi}{15}\right)$	$y = x^3 - 2x^2$
6	0...35	$x = 40\sin\left(\frac{\pi t}{11} + \frac{\pi}{19}\right) + 11\cos\left(\frac{\pi t}{13}\right) + 17\sin\left(\frac{\pi t}{57} + \frac{\pi}{16}\right)$	$y = -2x^2 + 7x$
7	0...40	$x = 50\sin\left(\frac{\pi t}{12} + \frac{\pi}{21}\right) + 8\cos\left(\frac{\pi t}{23}\right) + 27\sin\left(\frac{\pi t}{67} + \frac{\pi}{17}\right)$	$y = x^3 + 3x$
8	0...45	$x = 60\sin\left(\frac{\pi t}{13} + \frac{\pi}{33}\right) + 7\cos\left(\frac{\pi t}{29}\right) + 37\sin\left(\frac{\pi t}{79} + \frac{\pi}{18}\right)$	$y = (x - 20)^2 + 3x$