



ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В PYTHON

ПРИМЕНЕНИЕ DEEP COMPLEX U-NET ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПИКОВ СЕРДЦЕБИЕНИЯ В PRG СИГНАЛЕ

МЕШКОВ ОЛЕГ

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

РФ ННГУ

DEEP COMPLEX U-NET (DCUNET)

<https://openreview.net/pdf?id=SkeRTsAcYm>

В статье выше описана архитектура свёрточной нейронной сети для улучшения звука путём фильтрации шумов.

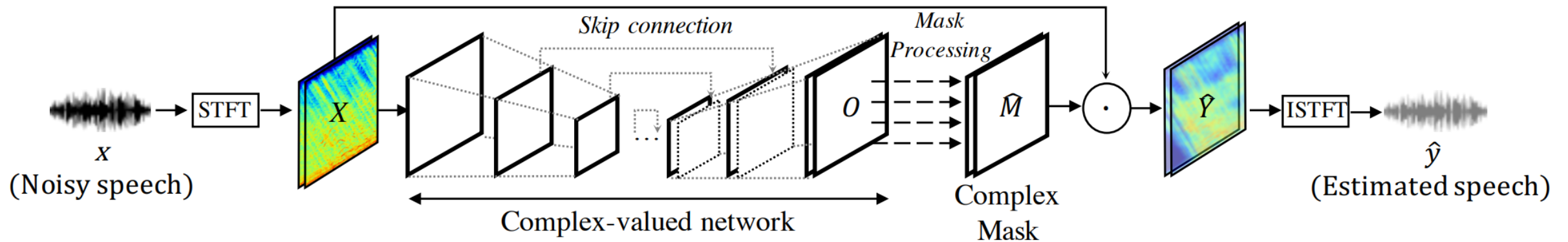
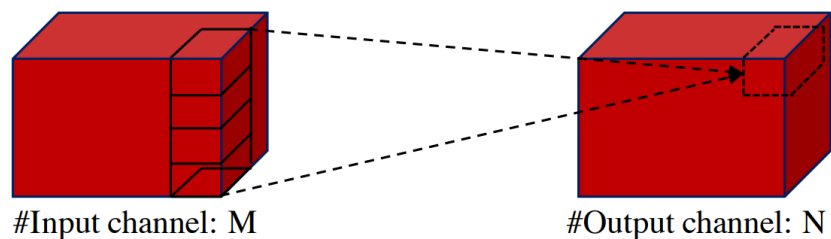


Рисунок иллюстрирует схему данного подхода.

Мы же попробуем применить данную архитектуру к задаче фильтрации PPG сигнала.

COMPLEX-VALUED CONVOLUTION

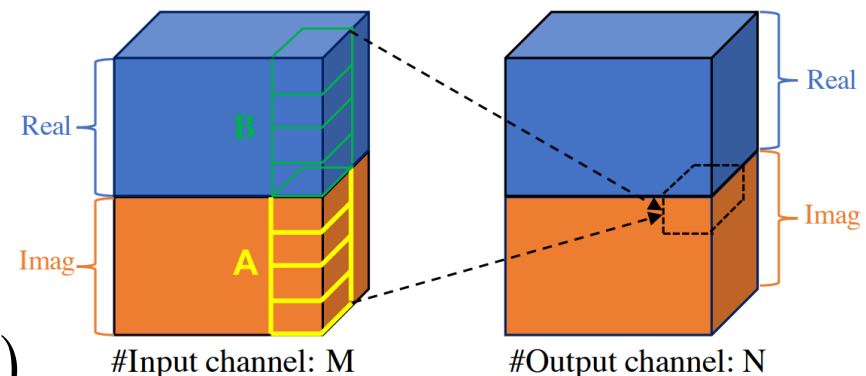
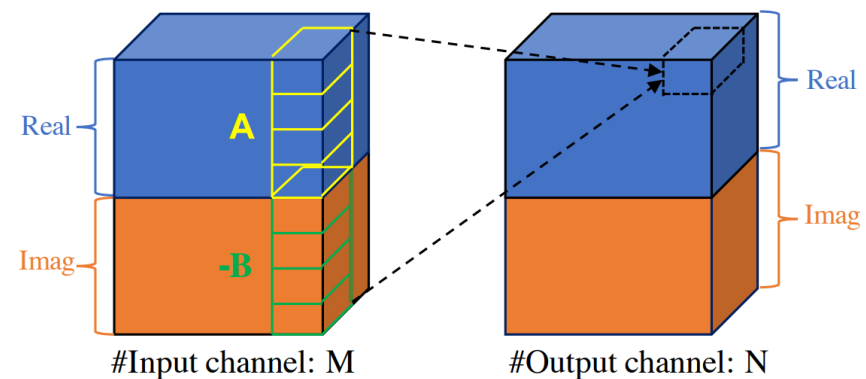
(a) Real-valued Convolution



#Parameters = Filter Size $\times M \times N$

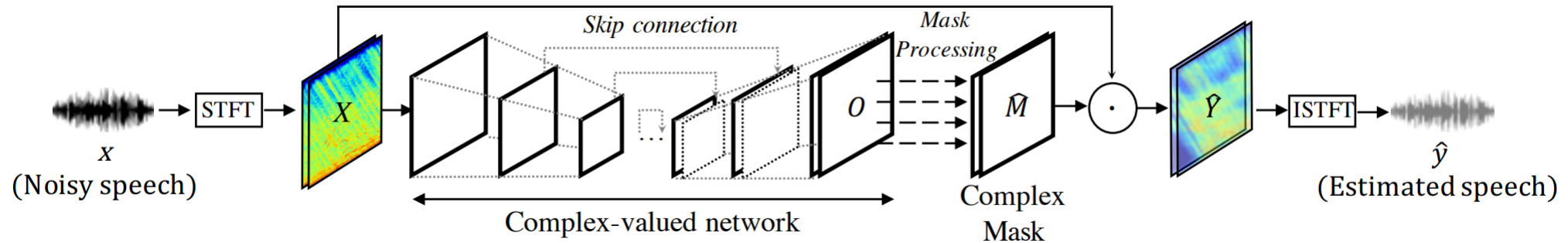
$$\begin{aligned} W \times h &= (A + iB) \times (x + iy) = \\ &= (A \times x - B \times y) + i(B \times x + A \times y) \end{aligned}$$

(b) Complex-valued Convolution



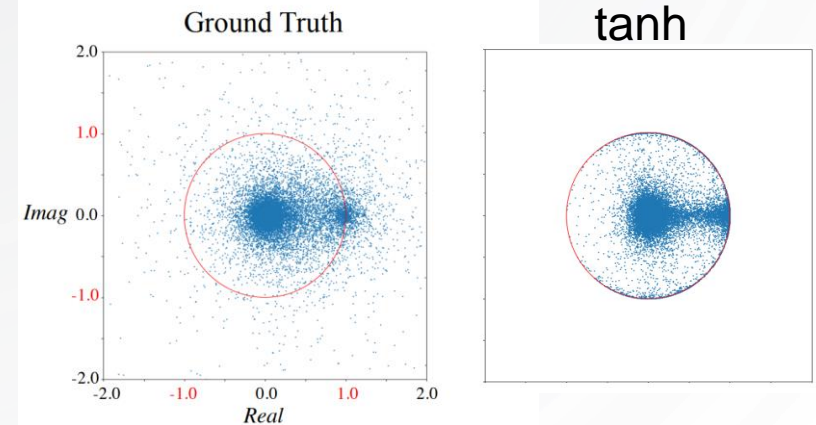
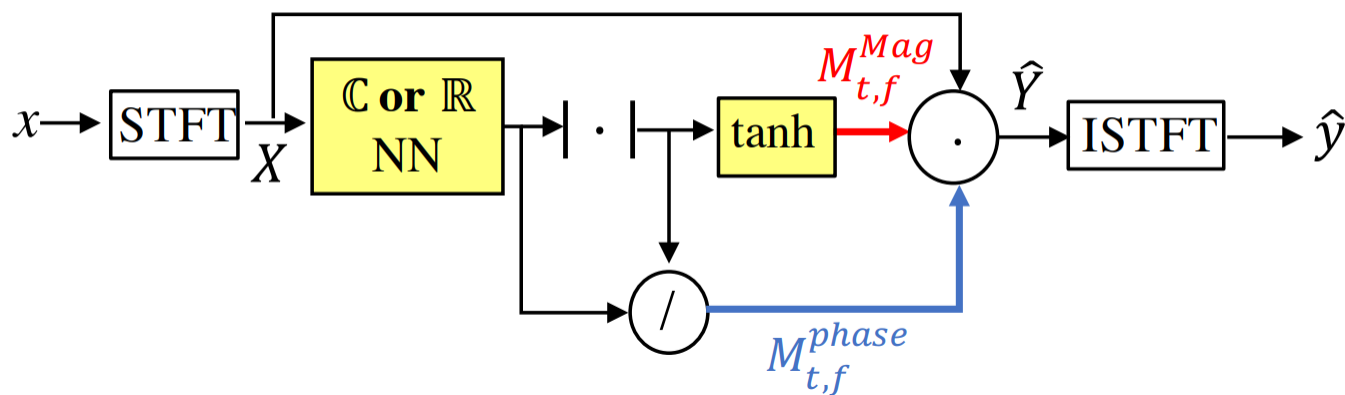
#Parameters = $2 \times$ Filter Size $\times M \times N$

COMPLEX MASK



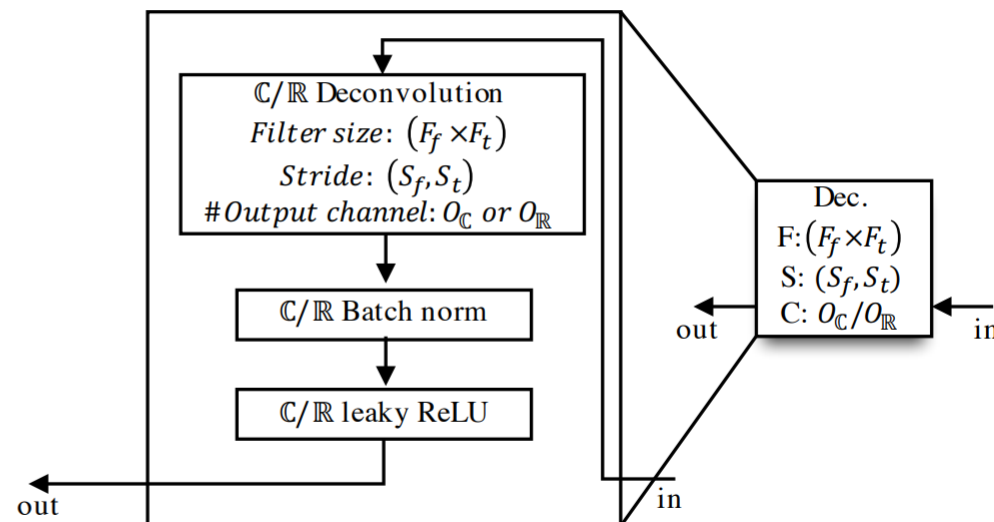
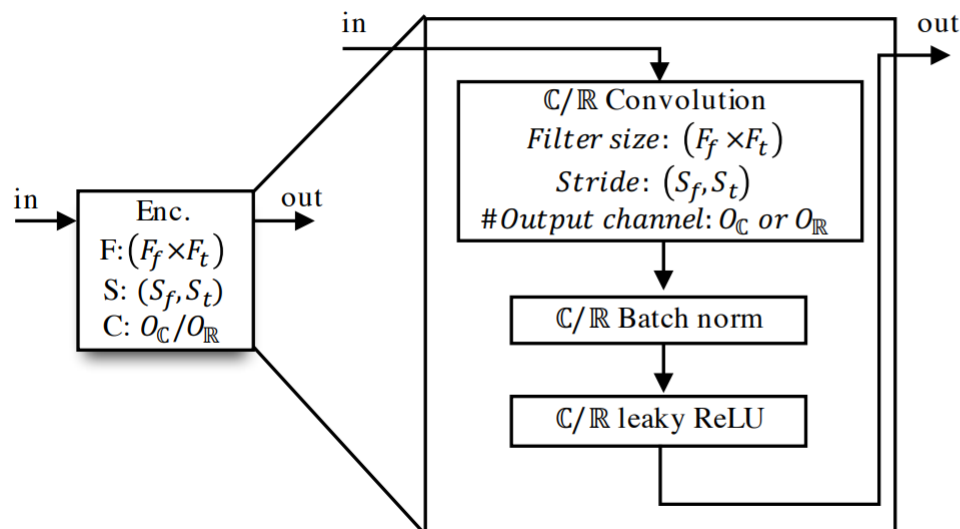
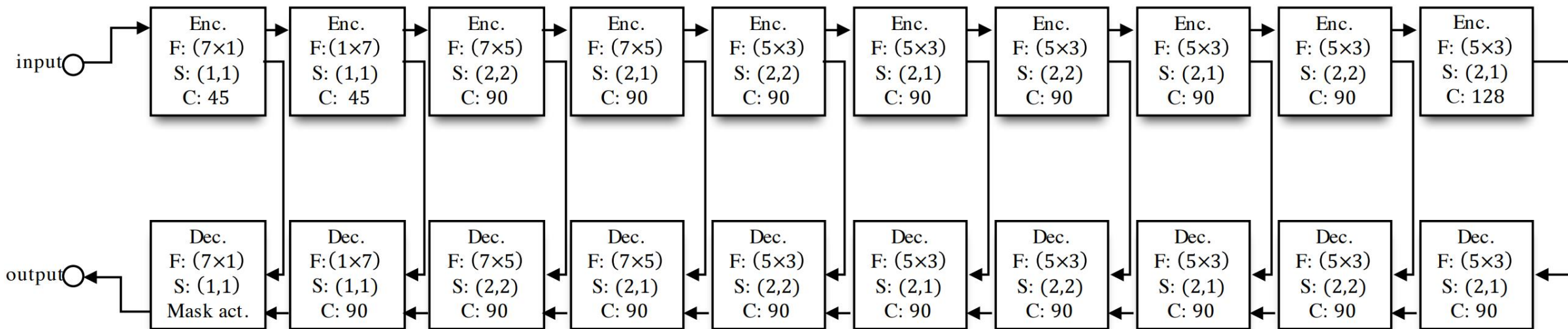
$$\hat{M}_{t,f} = |\hat{M}_{t,f}| \cdot e^{i\theta_{\hat{M}_{t,f}}} = \hat{M}_{t,f}^{mag} \cdot \hat{M}_{t,f}^{phase}$$

$$\hat{M}_{t,f}^{mag} = \begin{cases} \tanh(|O_{t,f}|) & \text{(bounded cond.)} \\ |O_{t,f}| & \text{(unbounded cond.)} \end{cases}, \quad \hat{M}_{t,f}^{phase} = O_{t,f} / |O_{t,f}|$$



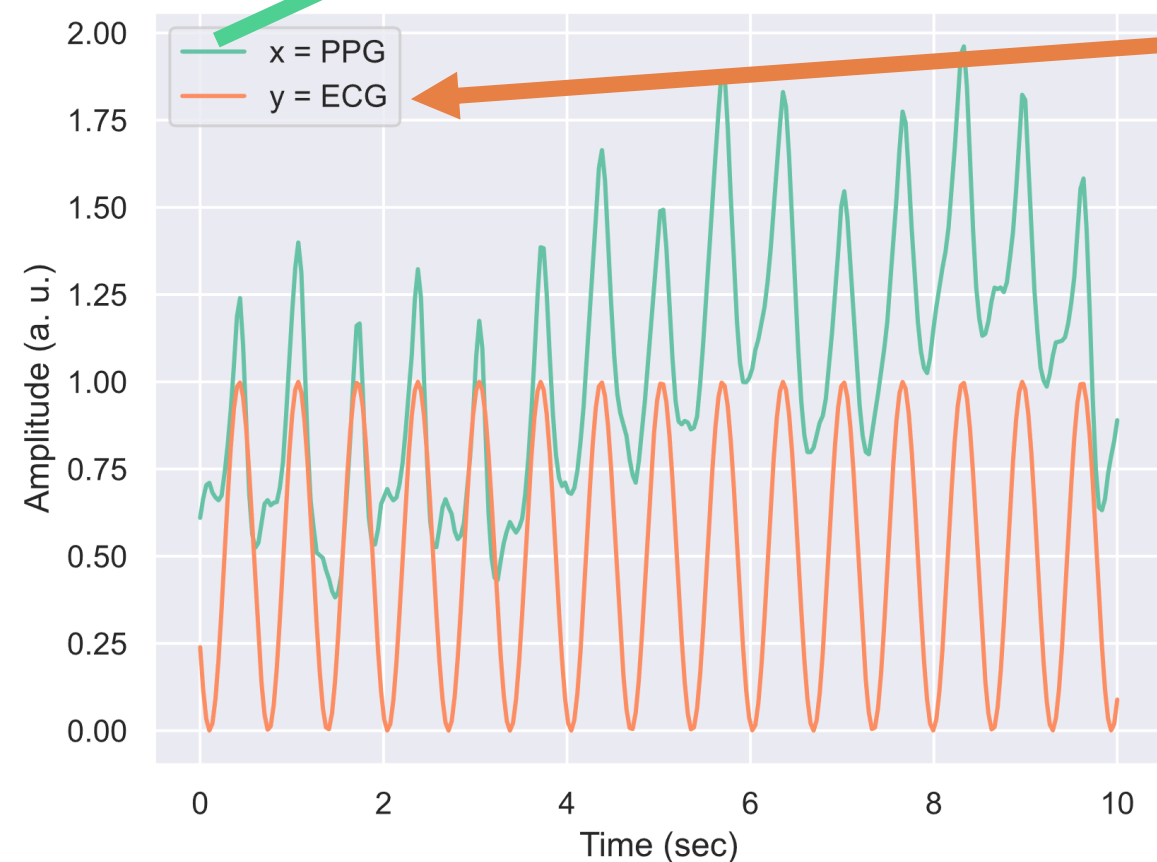
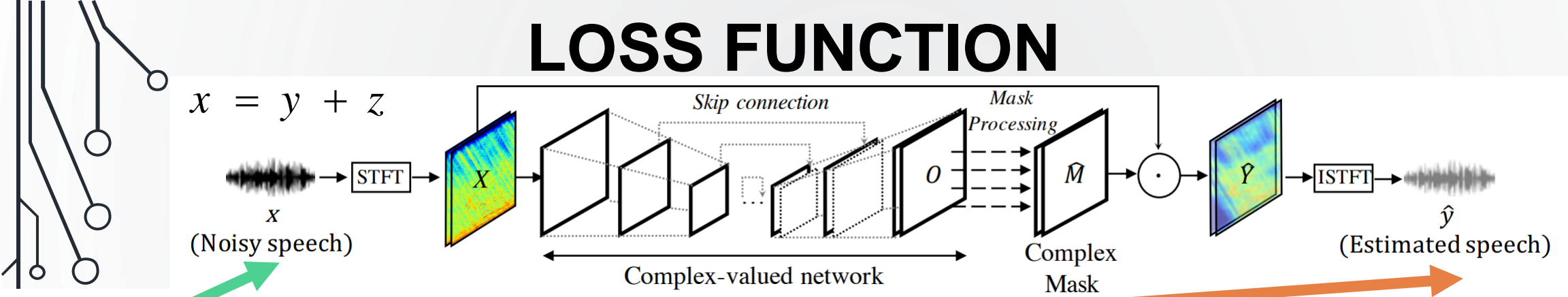
В результате работы свёрточных слоёв мы получаем маску, которую затем перемножаем со спектрограммой зашумлённого сигнала, получая отфильтрованный сигнал.

DCUNET-20



Будем использовать вариант архитектуры состоящий из 20-ти свёрточных слоёв.

LOSS FUNCTION

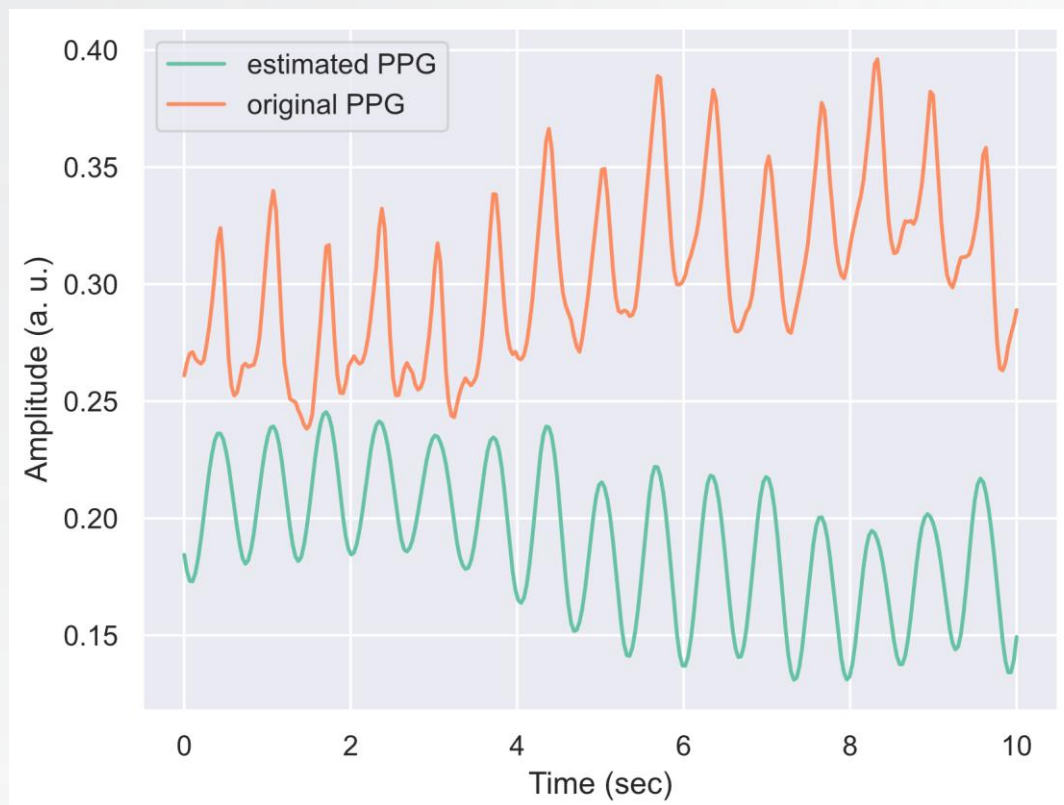
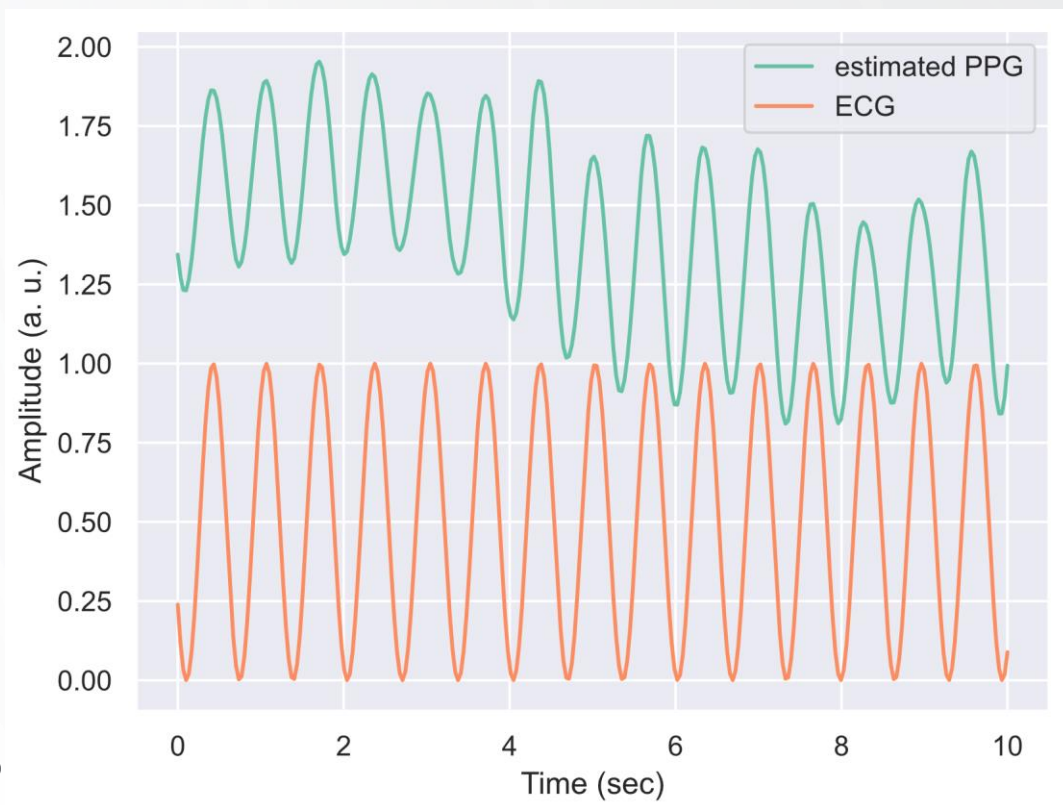


$$loss_{wSDR}(x, y, \hat{y}) := \alpha loss_{SDR}(y, \hat{y}) + (1 - \alpha) loss_{SDR}(z, \hat{z})$$

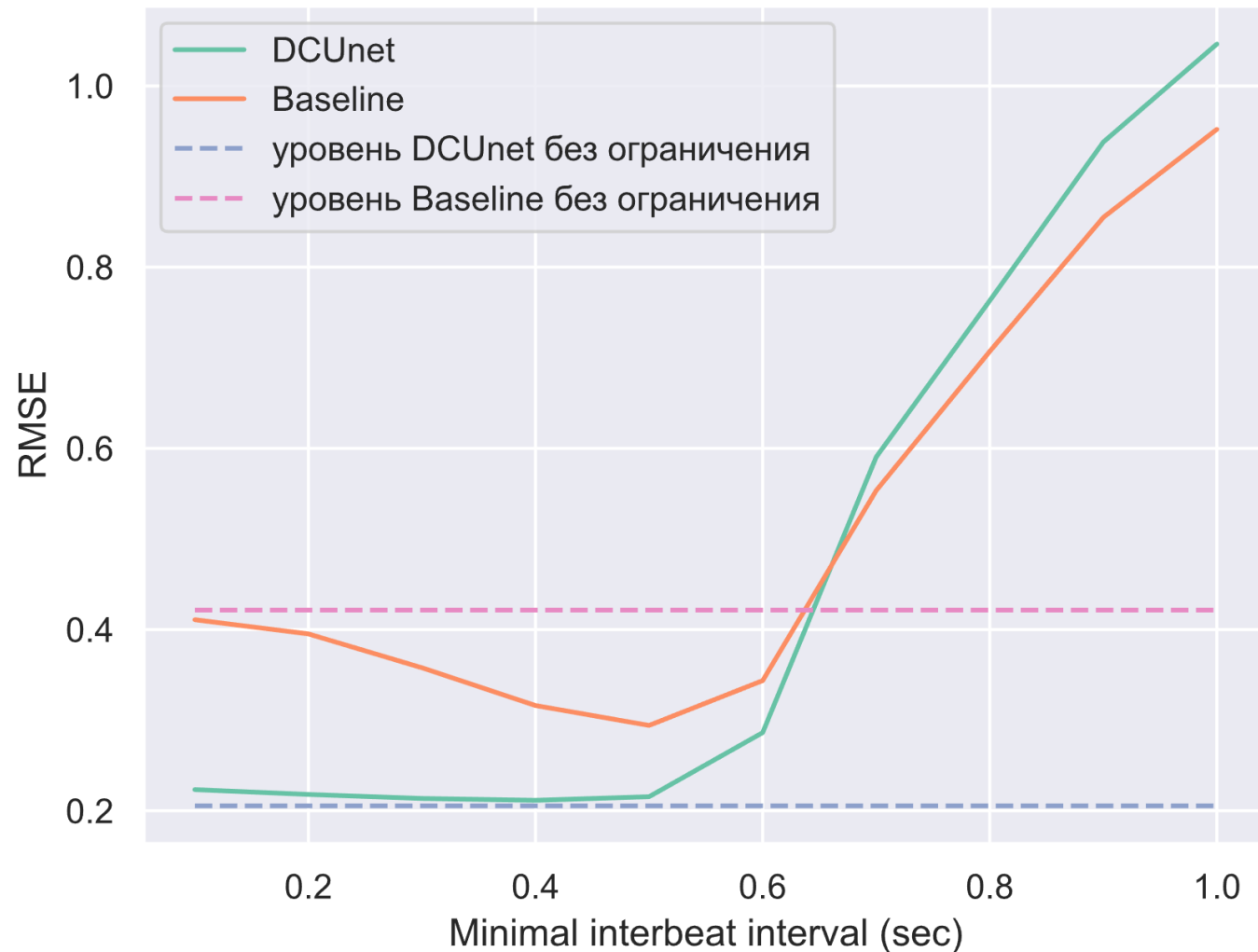
$$loss_{SDR}(y, \hat{y}) := -\sqrt{-\frac{loss_{Ven}}{\|y\|^2}} = -\frac{\langle y, \hat{y} \rangle}{\|y\| \|\hat{y}\|}$$

where, $\hat{z} = x - \hat{y}$ is estimated noise and $\alpha = \|y\|^2 / (\|y\|^2 + \|z\|^2)$ is the energy ratio between clean speech y and noise z .

СРАВНЕНИЕ ВХОДНОГО И ВЫХОДНОГО PPG И ECG СИГНАЛОВ

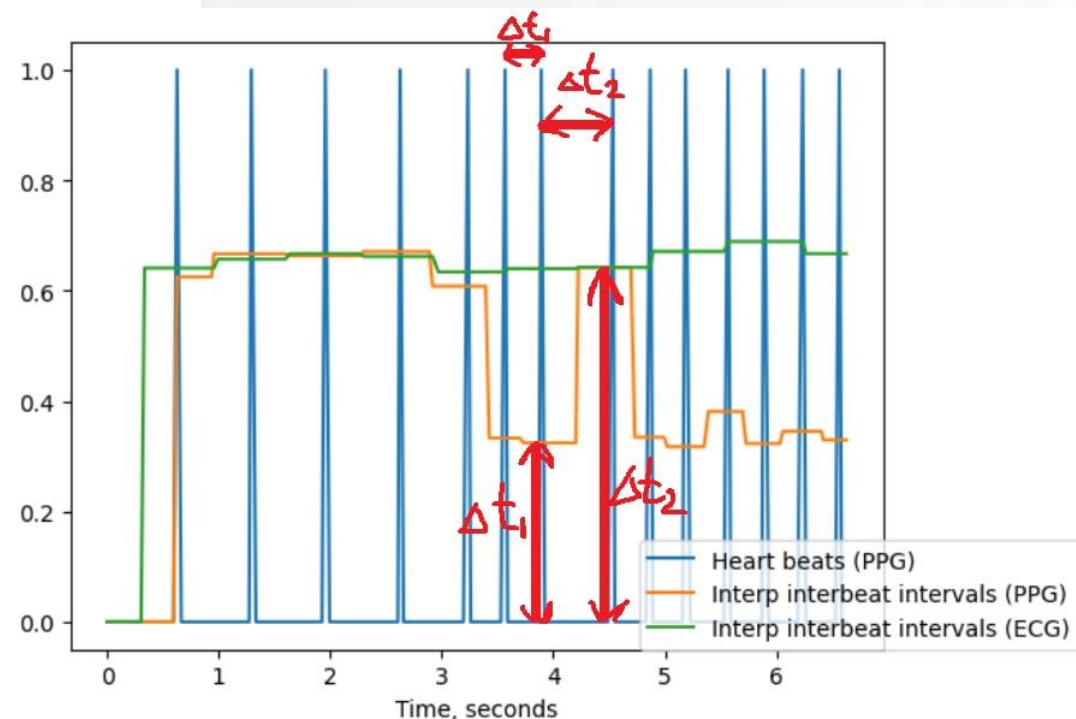


RMSE при ограничении на минимальное расстояние между определяемыми пиками

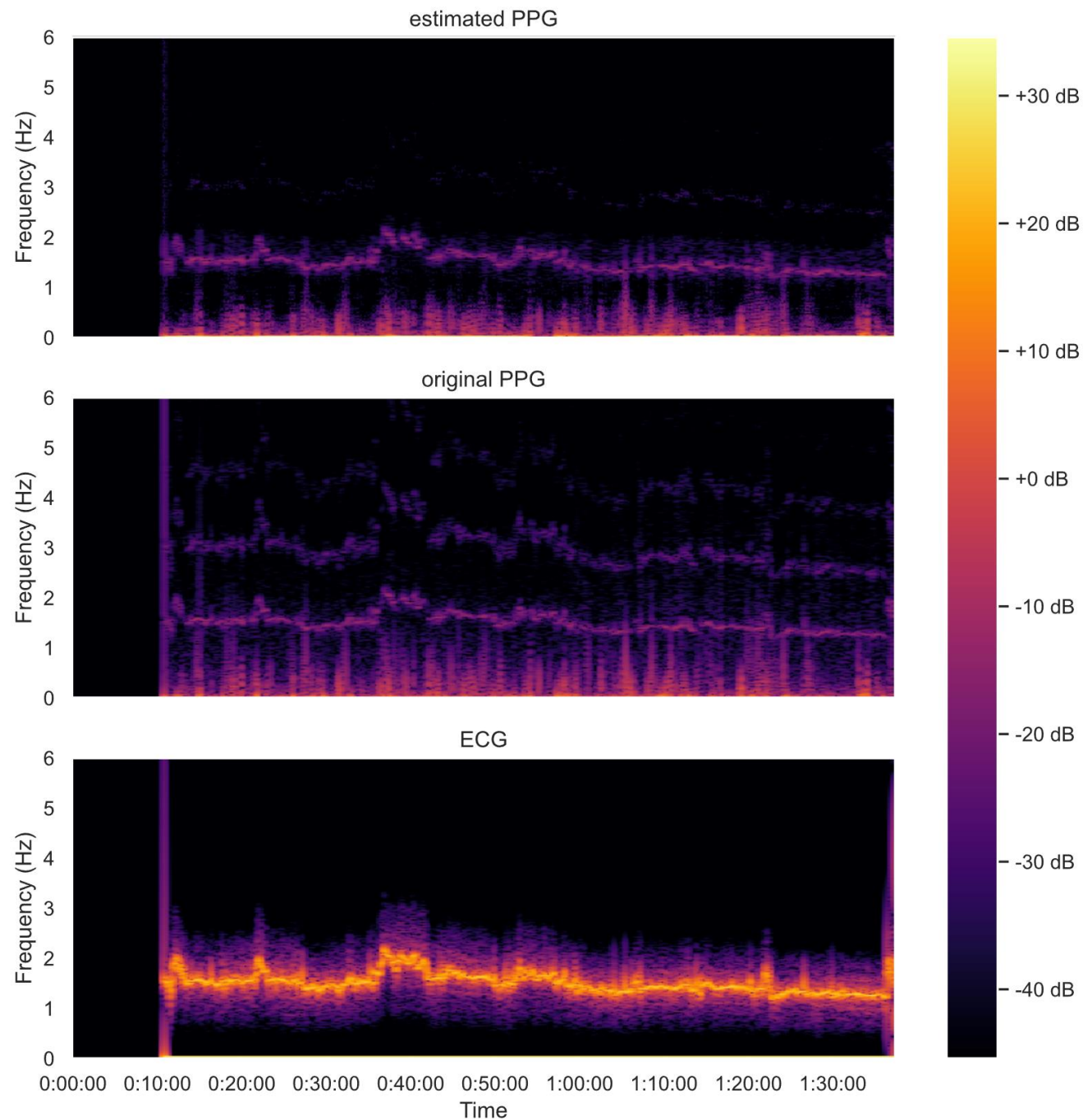


Таким образом, из графика можно заключить, что более лучшее значение RMSE у DCUnet достигается не только за счёт отсутствия ложных пиков. А значит и основные пики PPG стали ближе к пикам ECG в результате работы нейронной сети.

Для оценки на сколько пики PPG близки к пикам ECG, вычисляются интервалы между пиками сигналов и затем вычисляется метрика RMSE



Спектрограммы амплитуд сигналов



Видим, что в результате работы сети стали более выделяется спектральные компоненты на плавающей частоте ECG сигнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Применена архитектура DCUnet-20 к задаче обработки PPG сигнала для улучшения определения пиков сердцебиения.
- По анализу во временной области отмечено, что PPG сигнал в результате прохождения через нейронную сеть теряет ложные пики и приближается по времени своими пиками к пикам сердцебиения ECG.
- По анализу спектрограмм сигналов отмечено, что приближение значений пиков PPG сигнала к пикам ECG вызвано способностью спектральной фильтрации архитектурой нейронной сети.

[DCUnet20/DCUnet20-Kaggle.ipynb at main · meshkov-oleg/DCUnet20 · GitHub](#)