

DPD Problem

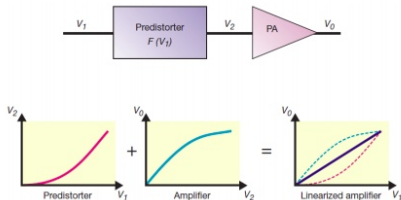
Костенок Елизавета Николаевна

Московский физико-технический институт
Факультет радиотехники и компьютерных технологий, 2 курс
<https://github.com/KostenokLisa>
kostenok.en@phystech.edu

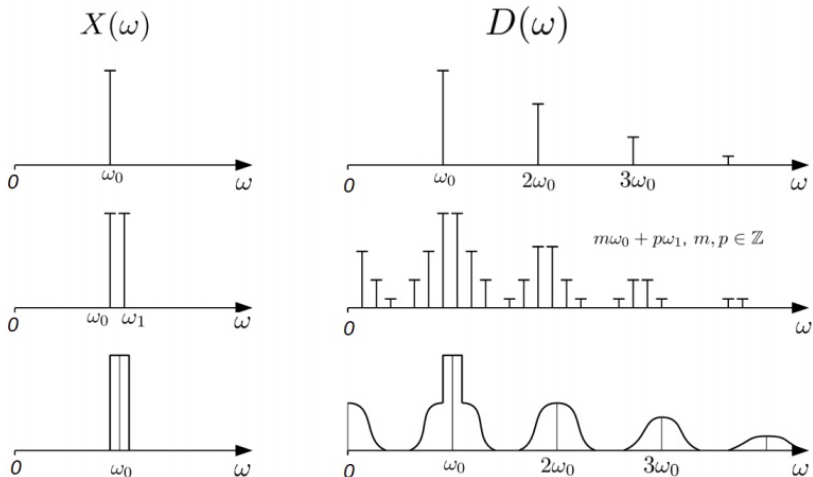
Сирius
2020 г.



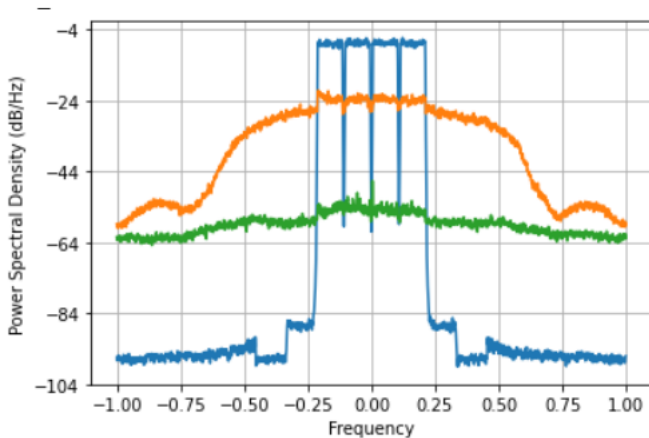
Как выглядят базовые станции?



Построение модели и поиск ее параметров



В результате нелинейных искажений меняется спектральный состав сигнала



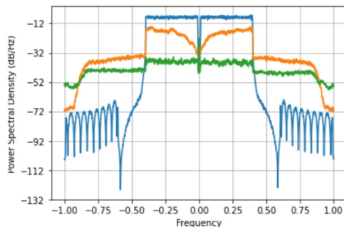
Что мы хотим получить на практике?

- ❶ Бредихин Александр — поиск архитектуры модели
- ❷ Гребенькова Ольга — различные алгоритмы обучения модели
- ❸ Костенок Елизавета — сравнение различных вариантов модели, поиск точек старта
- ❹ Шурыгин Антон — поиск задержек модели, поиск точек старта



Это мы

- 1 Реализация линейных и полиномиальных моделей, LS и LMS estimation, подбор задержек на данных Сергея Бахурина.
- 2 Обучение модели Baseline с подбором batch size и стартовой точки(значений задержек). Максимальное значение точности, полученное без модификаций клетки и слоя на данных BlackBoxData_80: -41.78 dB.
- 3 Обучение модели Baseline на данных Сергея Бахурина, подбор стартовой точки и оптимизатора. Неплохие результаты даже на сложных для обработки данных удалось получить с помощью оптимизатора QNAdam.

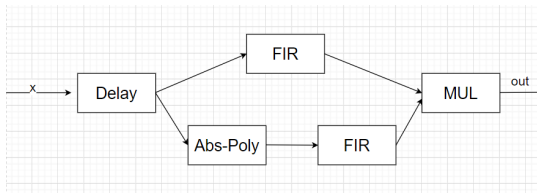


oss = 7.73424175308751e-05 Accuracy = -29.079483212209432 dbs

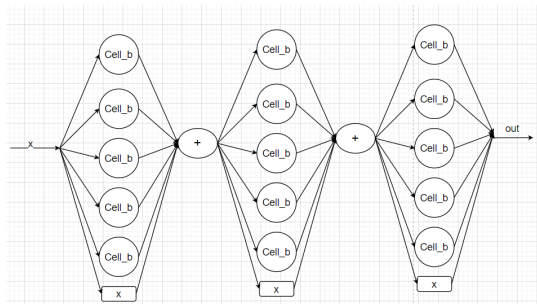
Сигнал lte_2c_data1

- ❶ Реализация моделей клеток Cell_2, Cell_3, построение графиков сходимости для различных моделей клеток с различными задержками и сравнение полученных результатов(см. "Сводная таблица результатов клеток")
- ❷ Реализация и сравнение однородного слоя из оптимальной клетки Cell_2 со слоями из разных видов клеток и Baseline слоем; подбор стартовой точки для слоя. Результаты и графики представлены далее в работе.

Модель, данная в качестве baseline:

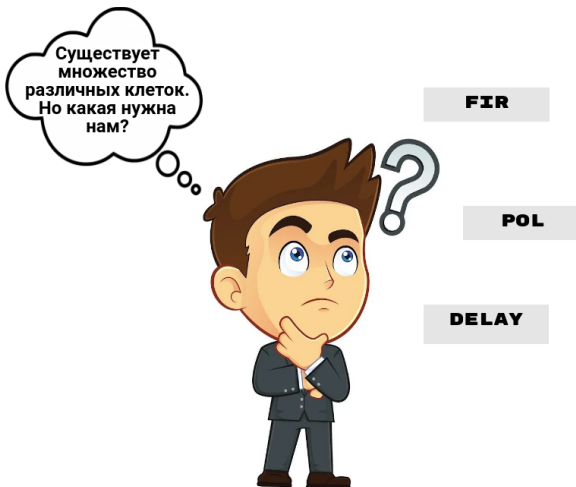


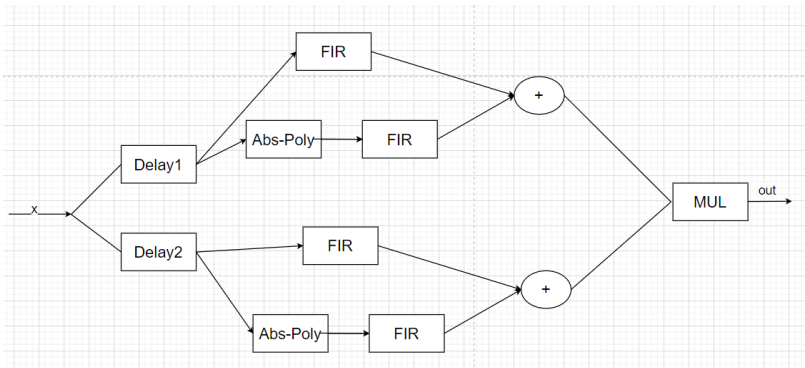
Клетка, из которой состоит модель



Структура модели

Почему клетка должна быть такой?





Используемые задержки:

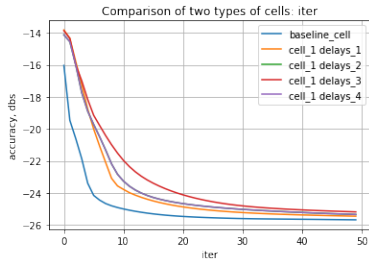
Вариант А Вариант Б

delays1 1 0 delays1 -3 2

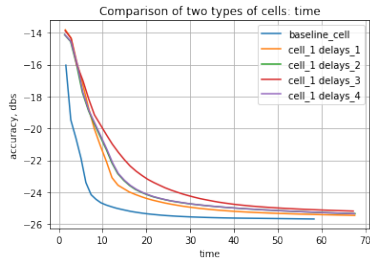
delays2 -1 1 delays2 1 2

delays3 0 -1 delays3 3 -1

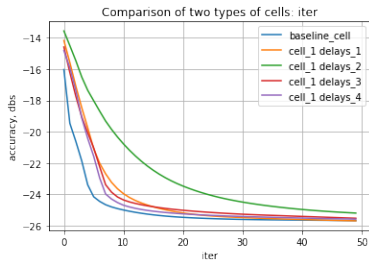
delays4 0 1 delays4 4 0



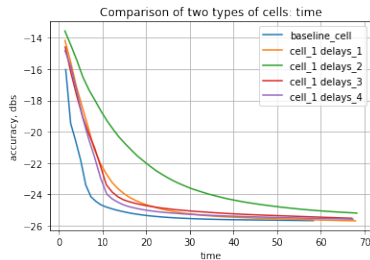
delays_1: 1 0, delays_2: -1 1



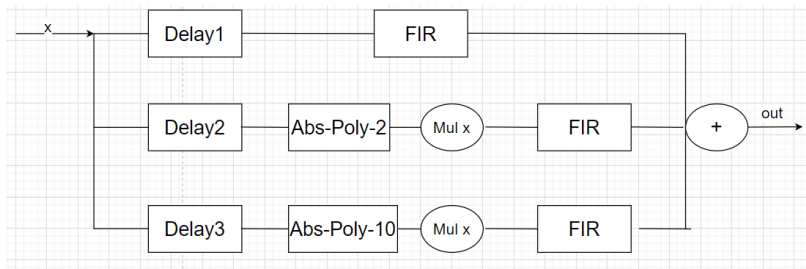
delays_3: 0 -1, delays_4: 0 1



delays_1: -3 2, delays_2: 1 2



delays_3: 3 -1, delays_4: 4 0

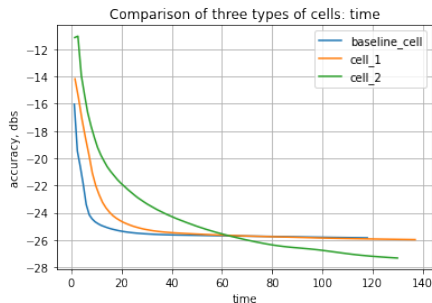
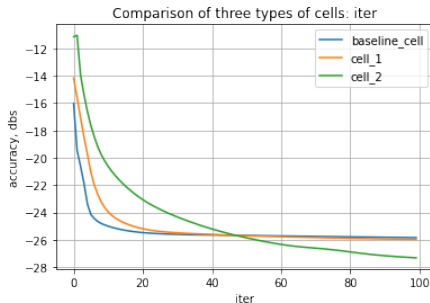


Используемые задержки:

baseline delay 0

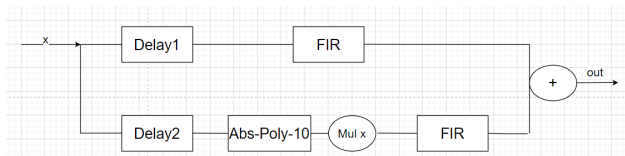
cell1 delays -3 2

cell2 delays -1 0 1

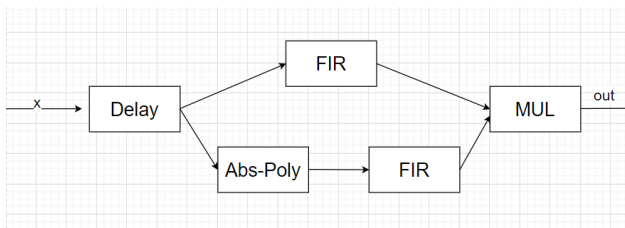


Cell_1 ассимптотически приближается к baseline модели, однако продолжает ей проигрывать. Cell_2 проигрывает обоим клеткам на старте, но начинает выигрывать после 60 эпохи и продолжает обучаться даже после 120.

Пришли к той же модели?

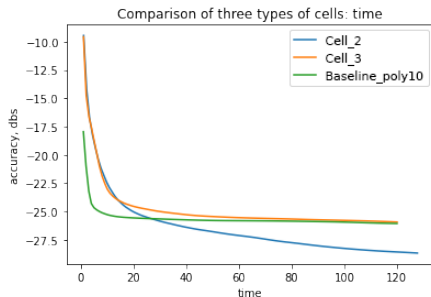
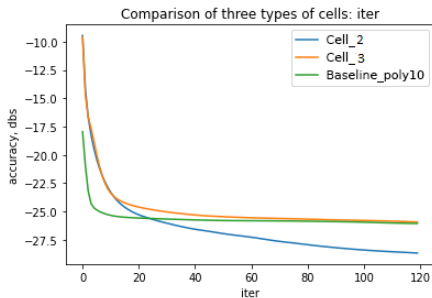


Cell_3



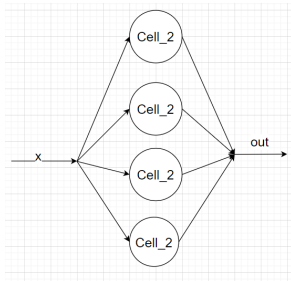
baseline cell

Получили практически ту же клетку, что и в baseline модели. Наш вариант отличается лишь тем, что полином домножается на x — входной сигнал — и на выходе операция сумма вместо умножения.

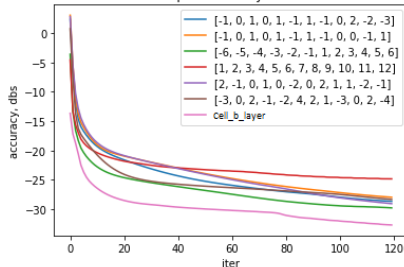


При одинаковом количестве параметров Cell_3 уступает клетке baseline. При этом клетка Cell_2 продолжает выигрывать у них.

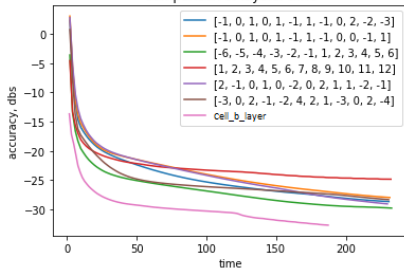
"Стекаем" слои и будет performance?



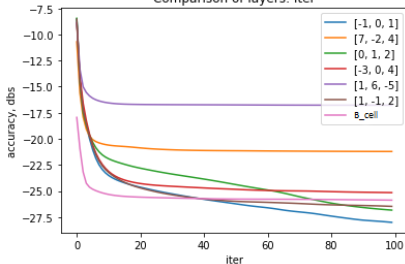
Comparison of layers: iter

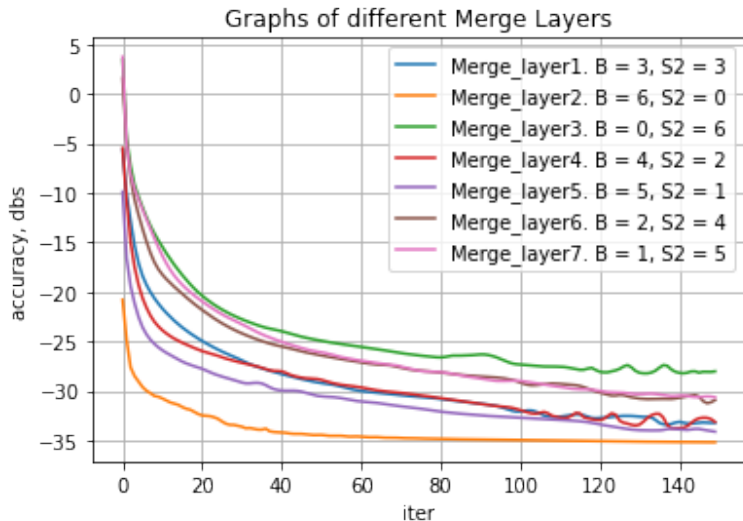


Comparison of layers: time



Comparison of layers: iter

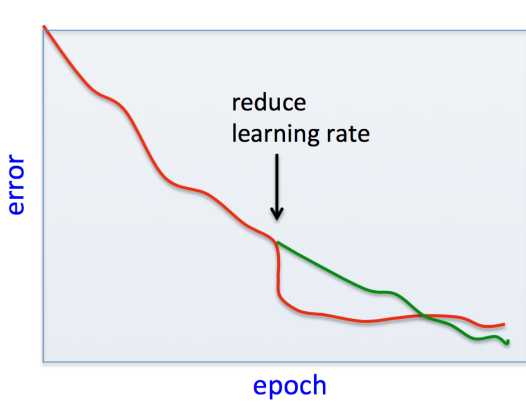




Сравнение моделей одинаковой ширины с разной комбинацией лучших клеток: baseline и Cell_2



- За счёт увеличения параметров клетки удалось подобрать клетку Cell_2, которая обучается лучше, чем Baseline_Cell
- Однородные слои из клеток типа Cell_2 и разнородные слои показывают худший результат по сравнению с однородным слоем из клеток Baseline: при большем количестве параметров обучается хуже
- "Стекать" слои лучше всего из первоначальных клеток — Baseline



- уменьшаем шаг с помощью scheduler: каждые 5 эпох умножаем learning rate на константу
- рекурсивно меняем размер batch каждые 100 эпох обучения для увеличения точности каждого шага
- используем другой оптимизатор для дообучения, когда перестала меняться функция ошибки

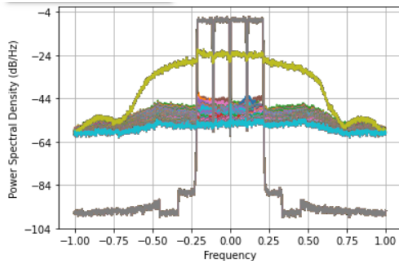
Были попробованы следующие варианты оптимайзеров.

- 1 Adam
- 2 QHAdam
- 3 DiffGrad
- 4 LBFGS
- 5 Метод трёх квадратов
- 6 BDGM (<https://arxiv.org/pdf/2002.09050.pdf>)

Method of Three Squares

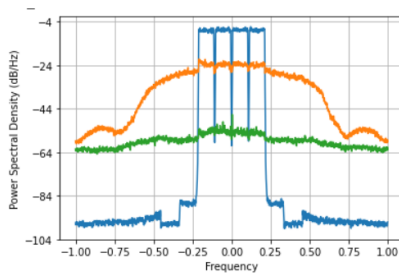
Choose $L \geq L_F$. For $k \geq 0$ iterate:

$$x_{k+1} = \arg \min_{y \in \mathbb{R}^n} \left\{ \frac{L}{2} \|y - x_k\|^2 + \frac{1}{2f_1}(x_k) [f_1^2(x_k) + \|F(x_k) + F'(x_k)(y - x_k)\|^2] \right\}.$$



NMSE = -42.09

модель: 3 слоя в длину из 7 клеток
Baseline



NMSE = -43.42

модель: 4 слоя в длину из 7 клеток
Baseline

Сводная таблица результатов клеток

Model	Parameters	Time, min	NMSE, dB	Data	Optimizer
baseline_cell	FIR: 2 Delay: 1 Poly8: 1 N = 39	1:58	-25.83	BlackBoxData_80	Adam
cell_1	FIR: 4 Delay: 2 Poly8: 2 N = 78	2:17	-25.96	BlackBoxData_80	Adam
cell_2	FIR: 3 Delay: 3 Poly2: 1 Poly10: 1 N = 59	2:10	-27.31	BlackBoxData_80	Adam
cell_3	FIR: 2 Delay: 2 Poly10: 1 N = 41	2:05	-26.11	BlackBoxData_80	Adam
b_cell_poly10	FIR: 2 Delay: 1 Poly10: 1 N = 41	2:03	-26.29	BlackBoxData_80	Adam

Model	Parameters	Time, min	NMSE, db	Data
Baseline model long	28 Poly 64 FIR N = 1212	$\sim 1000iter$	-43.42	BlackBoxData_80
Baseline model short	21 Poly 50 FIR N = 939	$\sim 1000iter$	-42.09	BlackBoxData_80
Cell_1 model	42 Poly 84 FIR N = 1638	$\sim 1000iter$	-40.80	BlackBoxData_80