

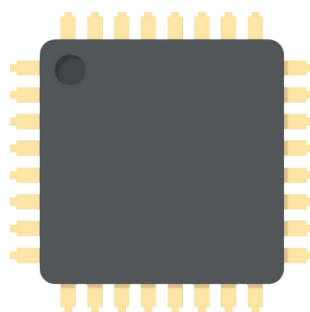


ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



Искусственный интеллект в системах цифровой обработки сигналов



Марат Усс

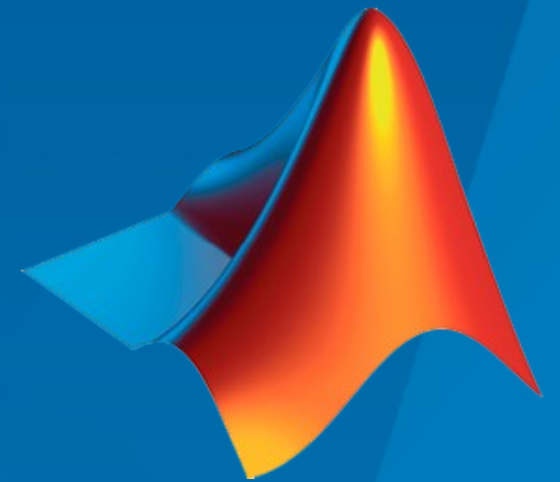
Инженер ЦИТМ «Экспонента»

Темы вебинара

- Применение искусственного интеллекта в системах обработки сигналов
- Основы ЦОС в MATLAB
- Машинное и глубокое обучение в MATLAB
- Реализация алгоритмов с применением автоматической кодогенерации

Профессиональная среда технических расчетов

- Язык для инженеров, ученых и аналитиков
- Имеет много дополнений
- Широко применяется



MATLAB

Терминология

Искусственный интеллект

Любая техника, позволяющая машинам воспроизводить поведение человека



1950

Машинное обучение

Статистические методы, позволяющие машинам «обучаться» выполнению задач на основе данных, без программирования



1980

Глубокое обучение

Нейросети с множеством слоёв, которые учатся представлению и задачам непосредственно из данных



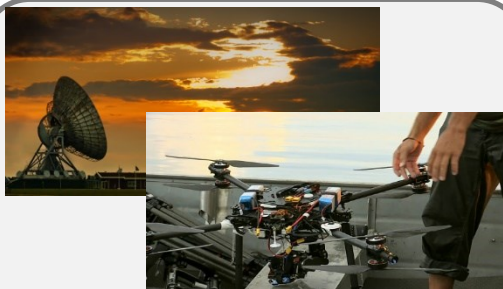
2010

Применение ИИ в современном мире

Аэро-космос, оборона, связь



Средства связи и безопасности



Мульти-стандартные приёмники, обнаружение дронов

Бытовые и медицинские устройства

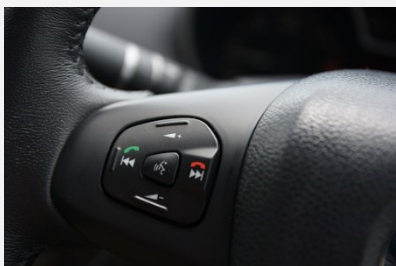


Голосовые помощники

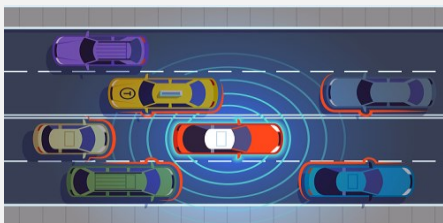


Цифровое здоровье

Автомобили



Голосовое управление



Обработка данных с сенсоров, беспилотный транспорт

Промышленная автоматика

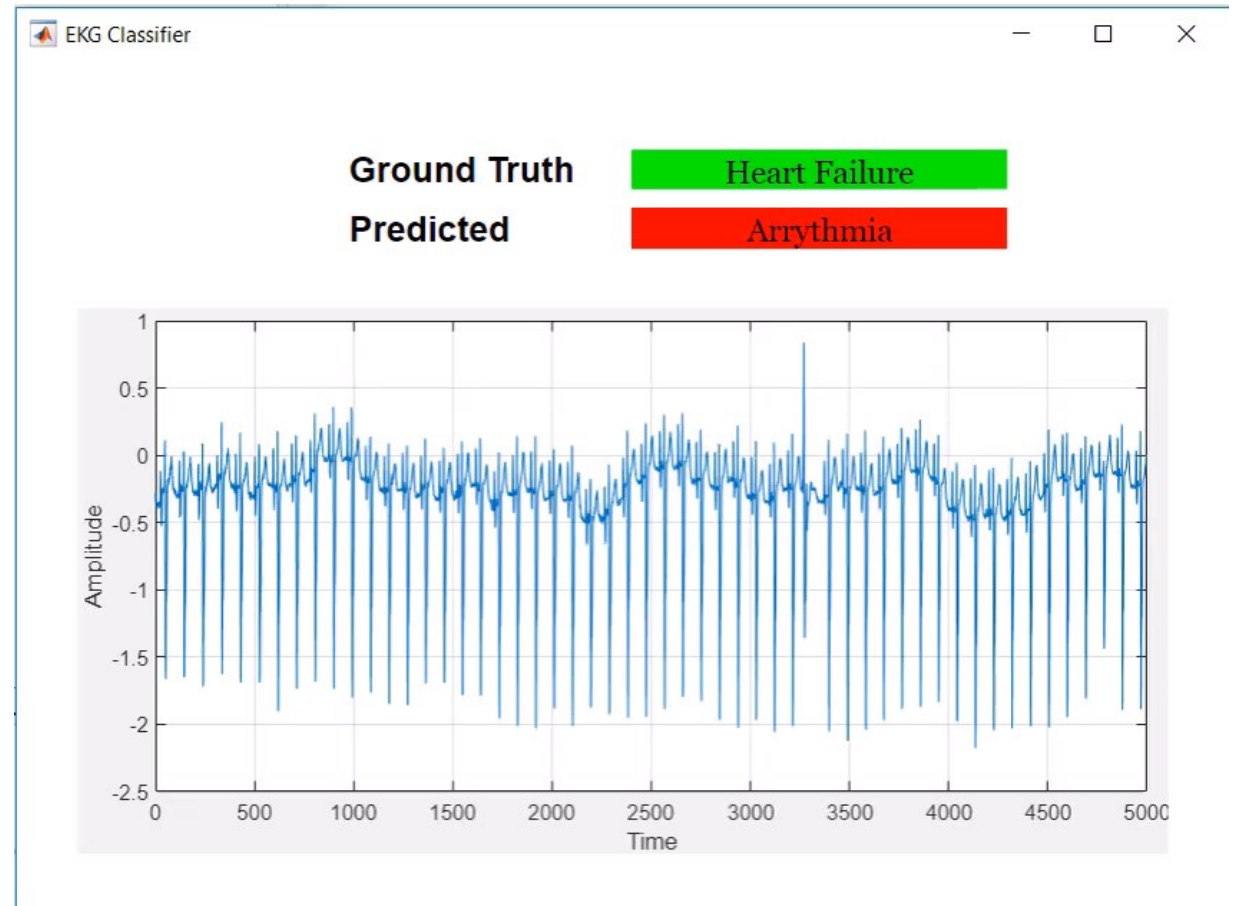
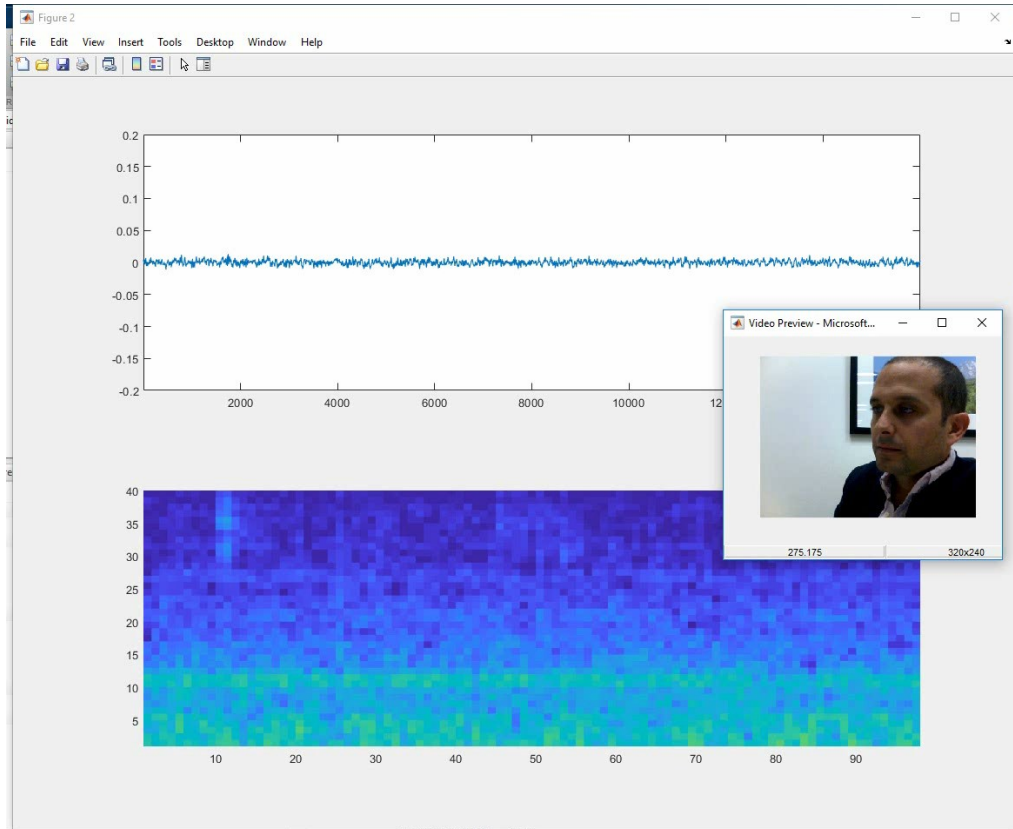


Мониторинг состояния



Предсказательное обслуживание

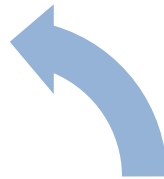
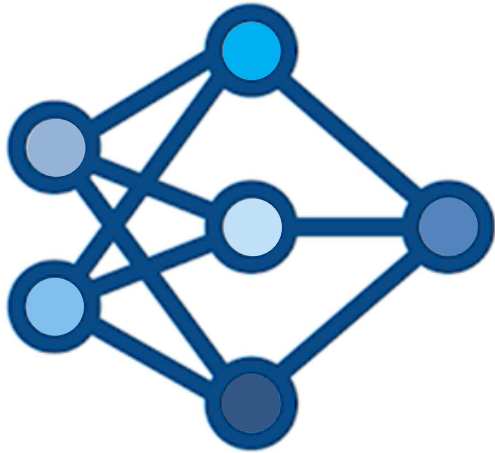
Примеры классификации сигналов



Пример: зрение автомобиля



Сигналы, как вход алгоритма ИИ



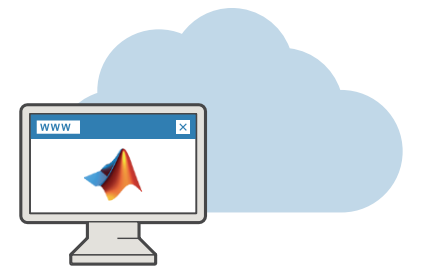
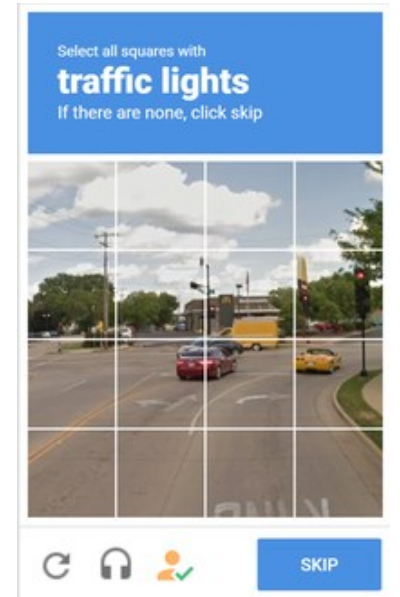
- Шумы
- Помехи
- Искажения
- Пропуски данных

Не подходят для входа нейросетей?

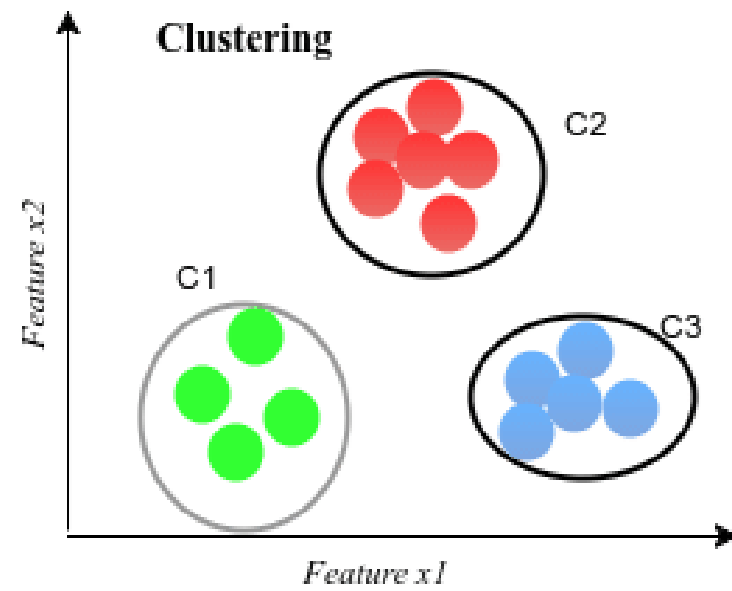
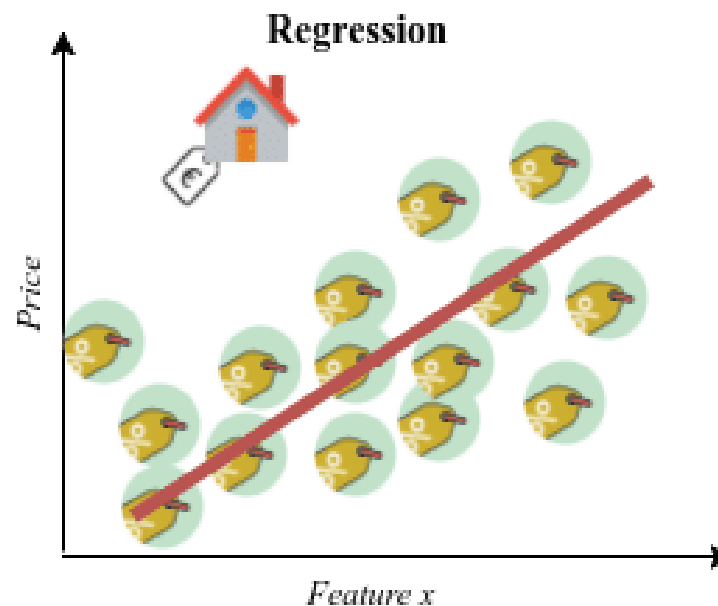
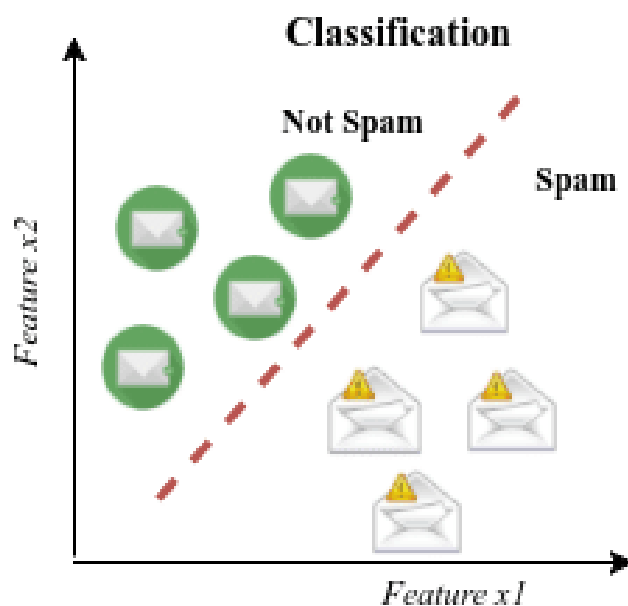
Инженерная экспертиза



Google Net

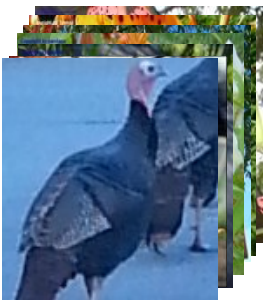
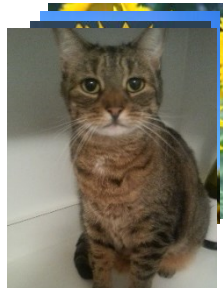
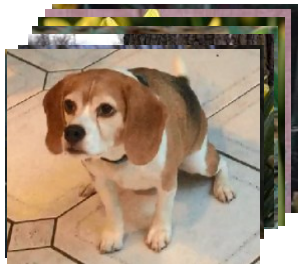


Применение машинного обучения

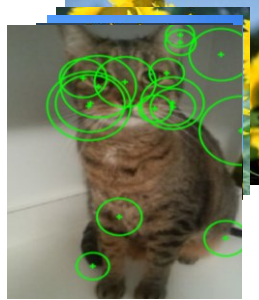
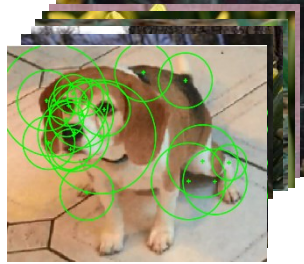


Классификация машинным обучением

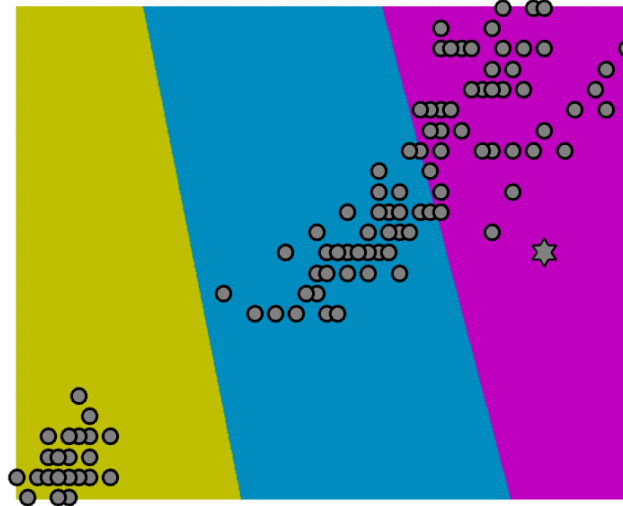
Данные
для обучения



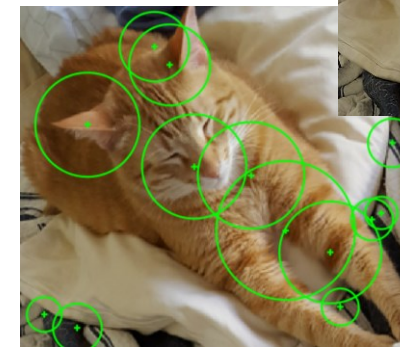
Выделение
признаков



Модель /
классификатор

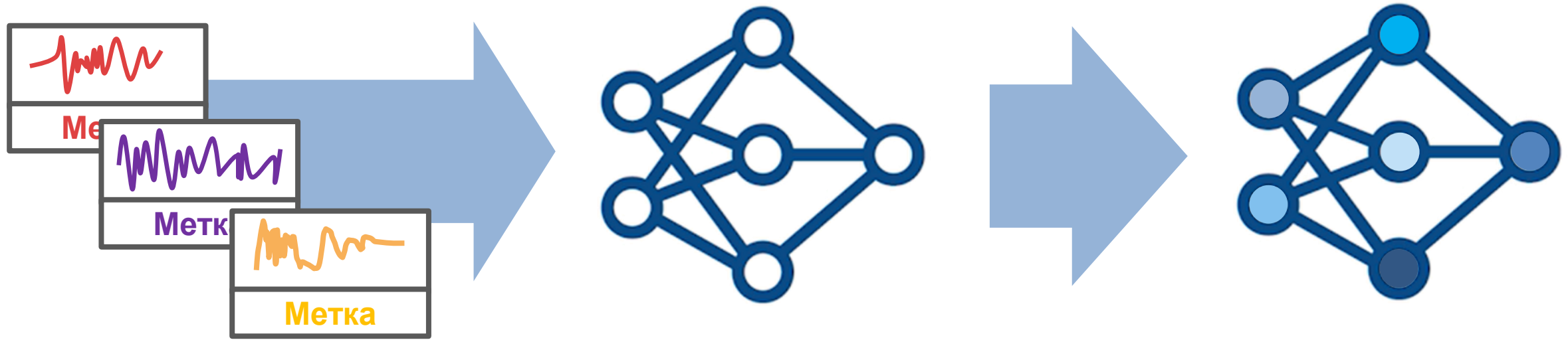


Тестовые данные



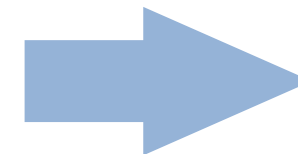
«КОТИК»

Классификация глубоким обучением



Обучение

Предсказание



Метка

Рабочий процесс глубокого обучения

ДОСТУП К НАБОРАМ ДАННЫХ

ПРЕДОБРАБОТКА И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ПРЕДСКАЗАНИЯ

УСКОРЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ

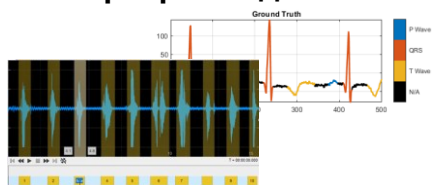
Источники данных



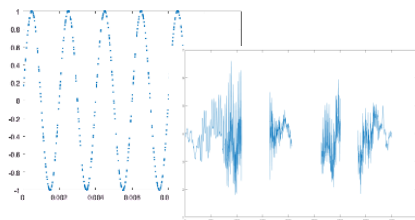
Симуляция и дополнение



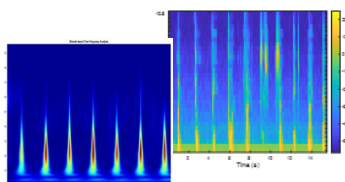
Маркировка данных



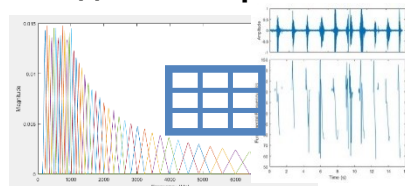
Предобработка



Преобразование



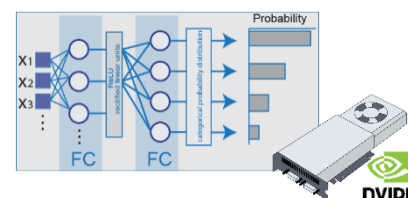
Выделение признаков



Импорт эталонной модели/
разработка с нуля



Обучение на специальных
вычислителях



Анализ и настройка
гиперпараметров



Десктопные приложения



Распределённые системы

Java
MATLAB
C/C++
Python
Excel
NET

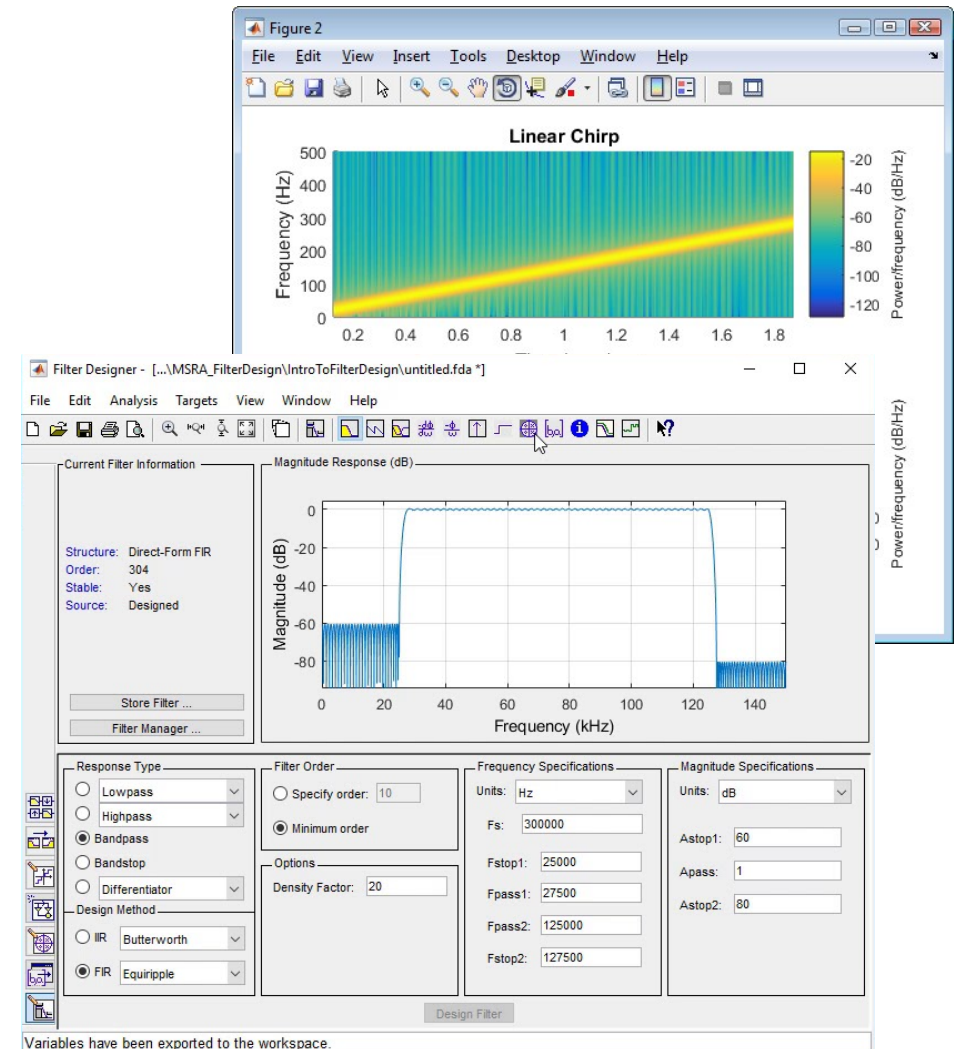
Встраиваемые системы



Цифровая обработка сигналов в MATLAB

■ Signal Processing Toolbox

- наборы функций ЦОС
- интерактивные инструменты для анализа сигналов и проектирования цифровых фильтров
- *пост-обработка* сигналов в MATLAB

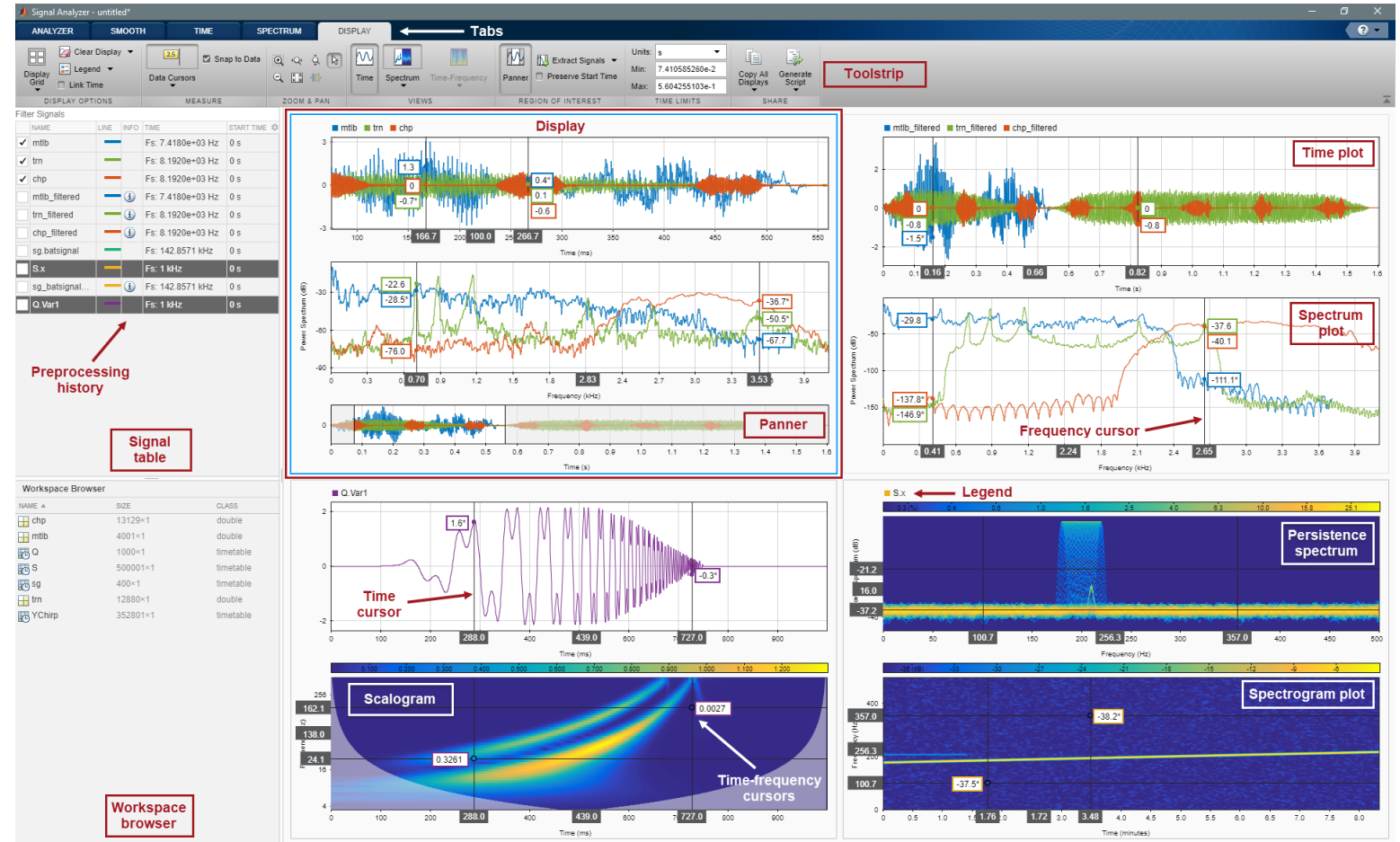


Signal Analyzer App

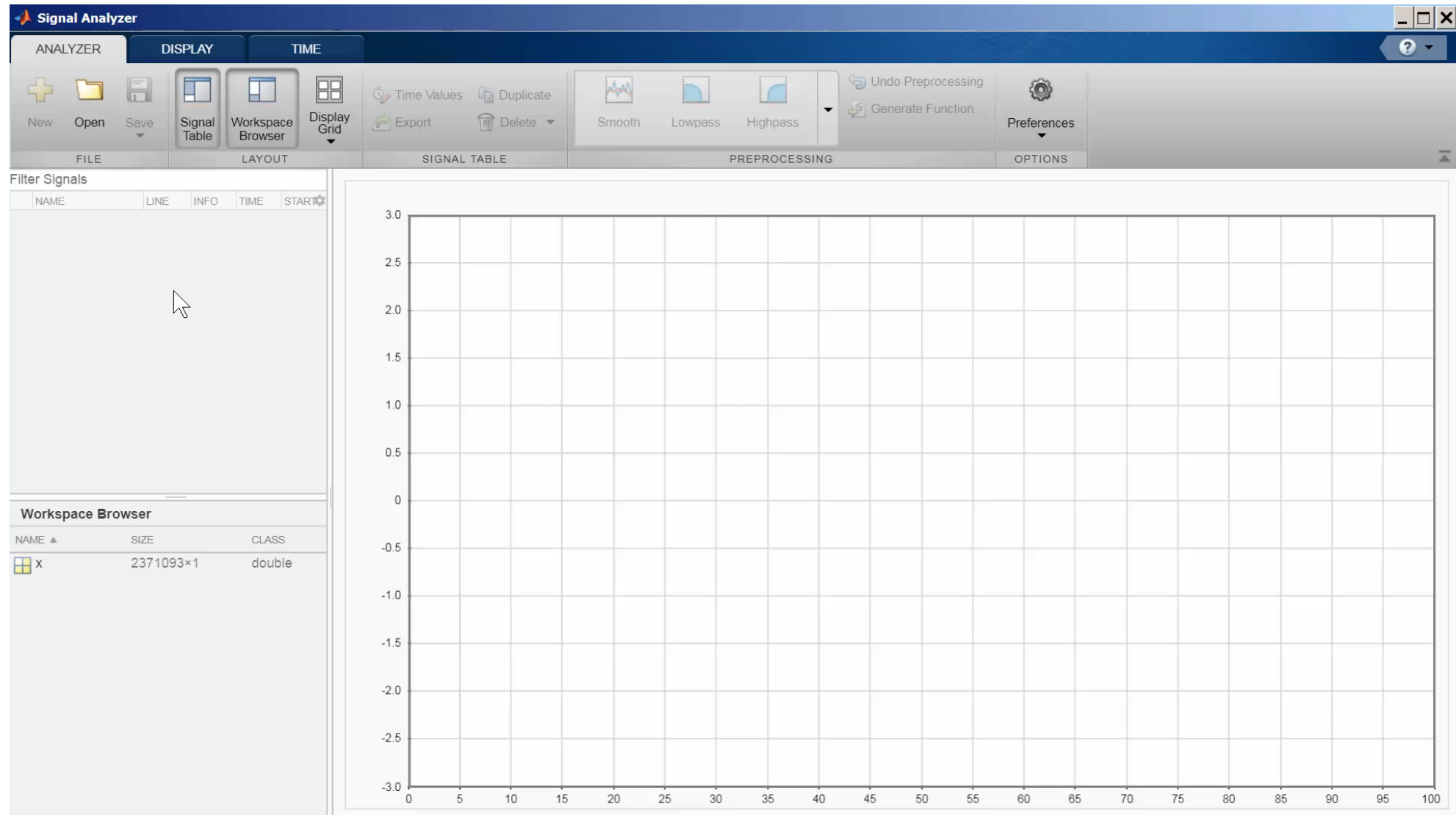
MATLAB



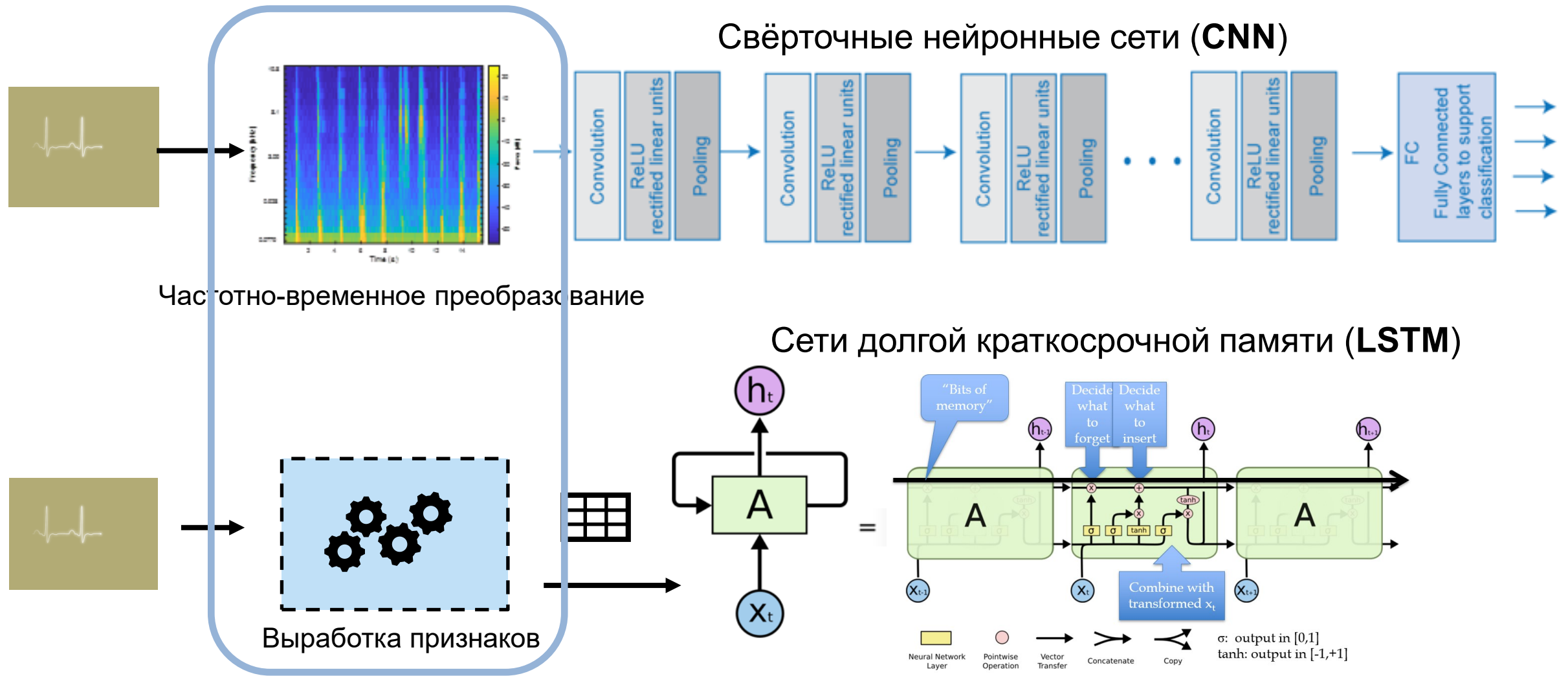
Signal Processing Toolbox



Анализ и обработка сигналов

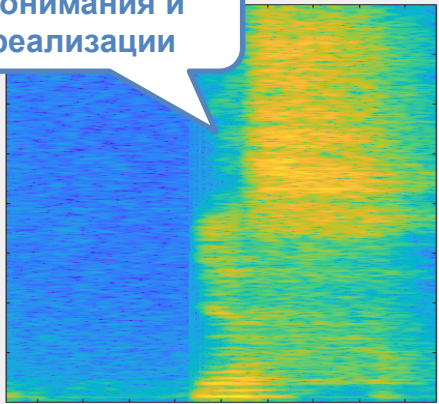


Типичные архитектуры для ЦОС



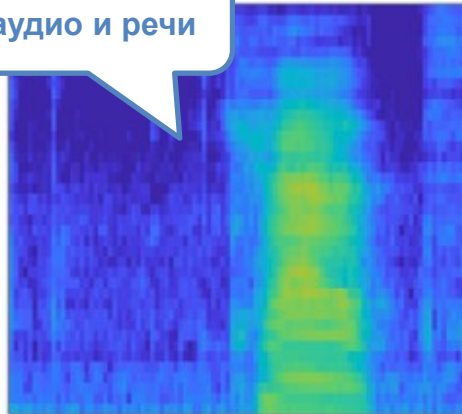
Частотно-временные преобразования

Проста для понимания и реализации



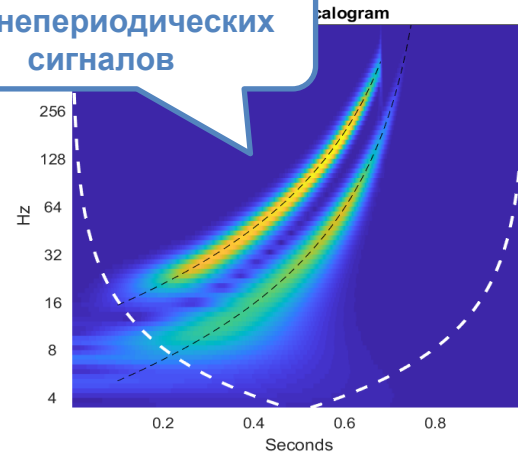
Базовая спектрограмма

Более компактны для аудио и речи



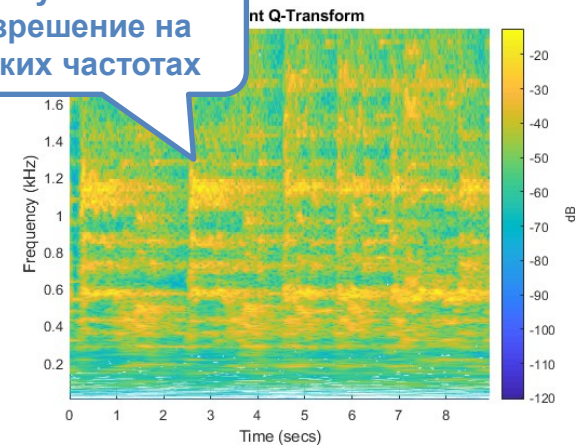
Спектрограммы шкал восприятия (т.е. мел, барк)

Лучшее разрешение для непериодических сигналов



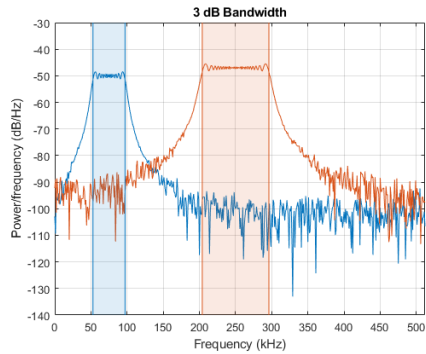
Вейвлет-скалограмма

Лучшее разрешение на низких частотах

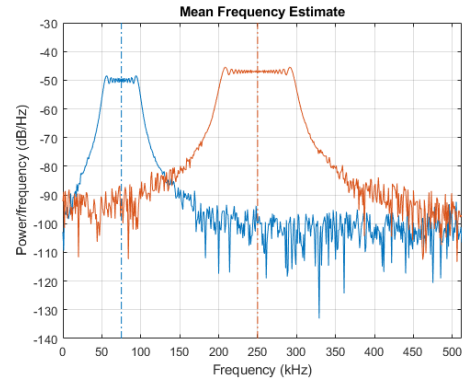


Постоянное Q-преобразование

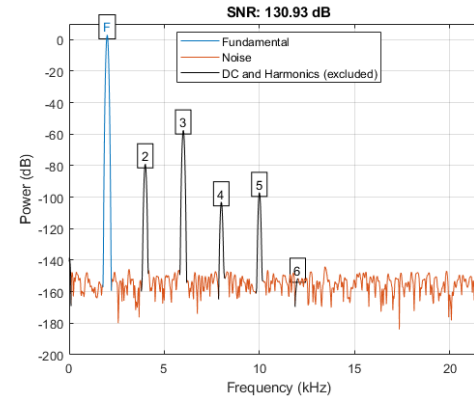
Универсальные (не относящиеся к сфере) признаки сигналов



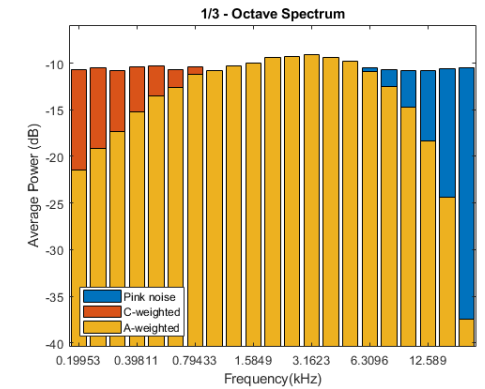
Измерения в полосе



Статистика спектра



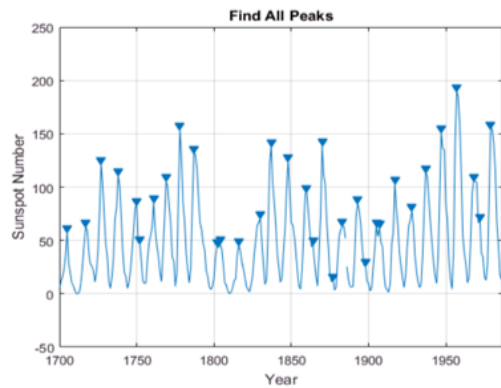
Анализ гармоник



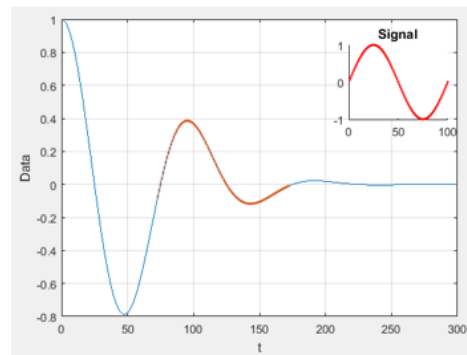
Октавный спектр

Частотная область

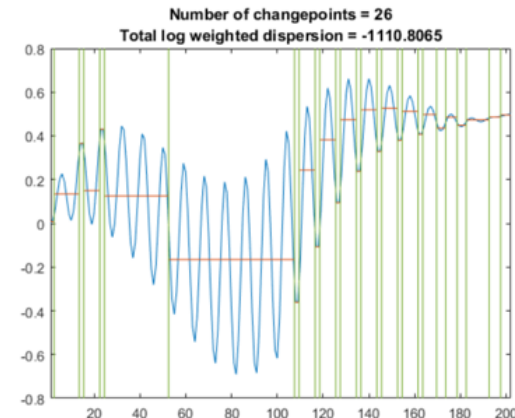
Временная область



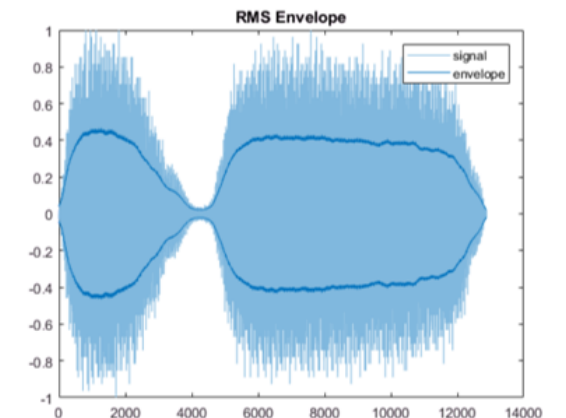
Нахождение пиков



Паттерны в сигнале



Точки изменения



Огибающая

Выделение признаков, преобразования и сегментация для машинного и глубокого обучения

Выделение признаков

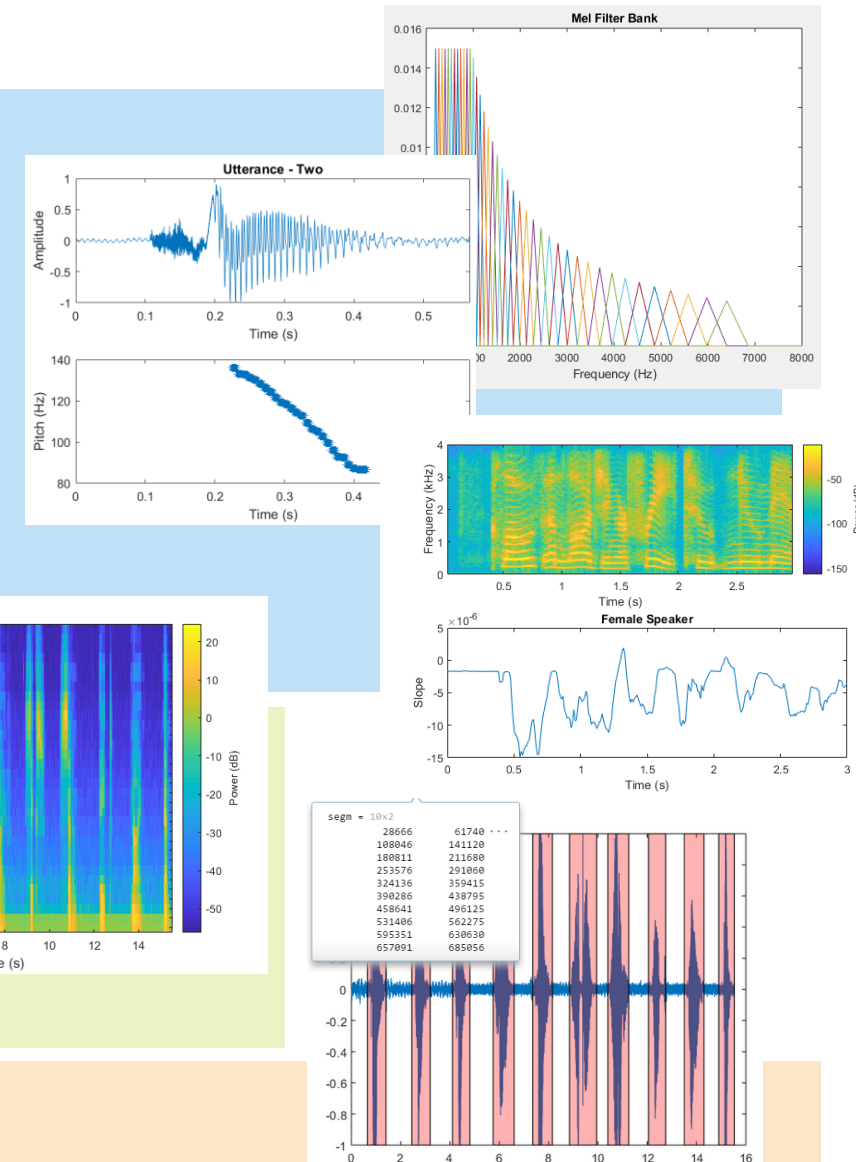
- MFCC – Mel Frequency Cepstral Coefficients
- GTCC – Gammatone Cepstral Coefficients
- Высота и гармоничность
- 11 спектральных дескрипторов
- Вейвлет-рассеивание *

Преобразов.

- Спектрограмма мел-шкалы
- Набор гамматон- и октавных фильтров
- Модифицированное дискретно-косинусное

Сегм.

- Голосовая активность и детектирование речи

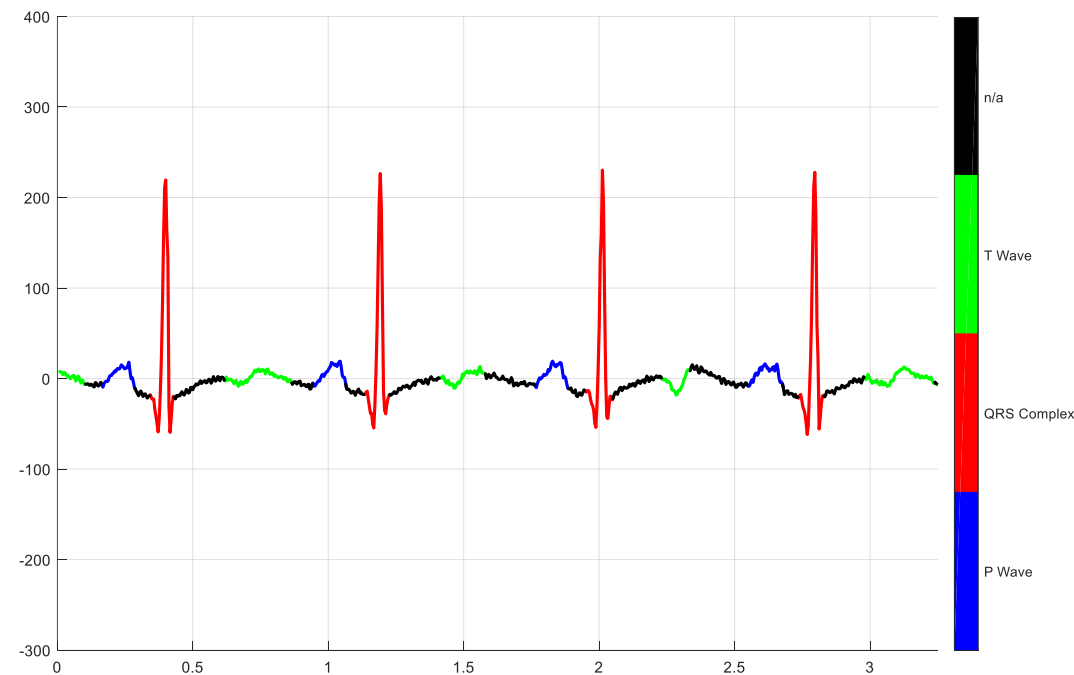


Пример: сегментация сигнала ЭКГ

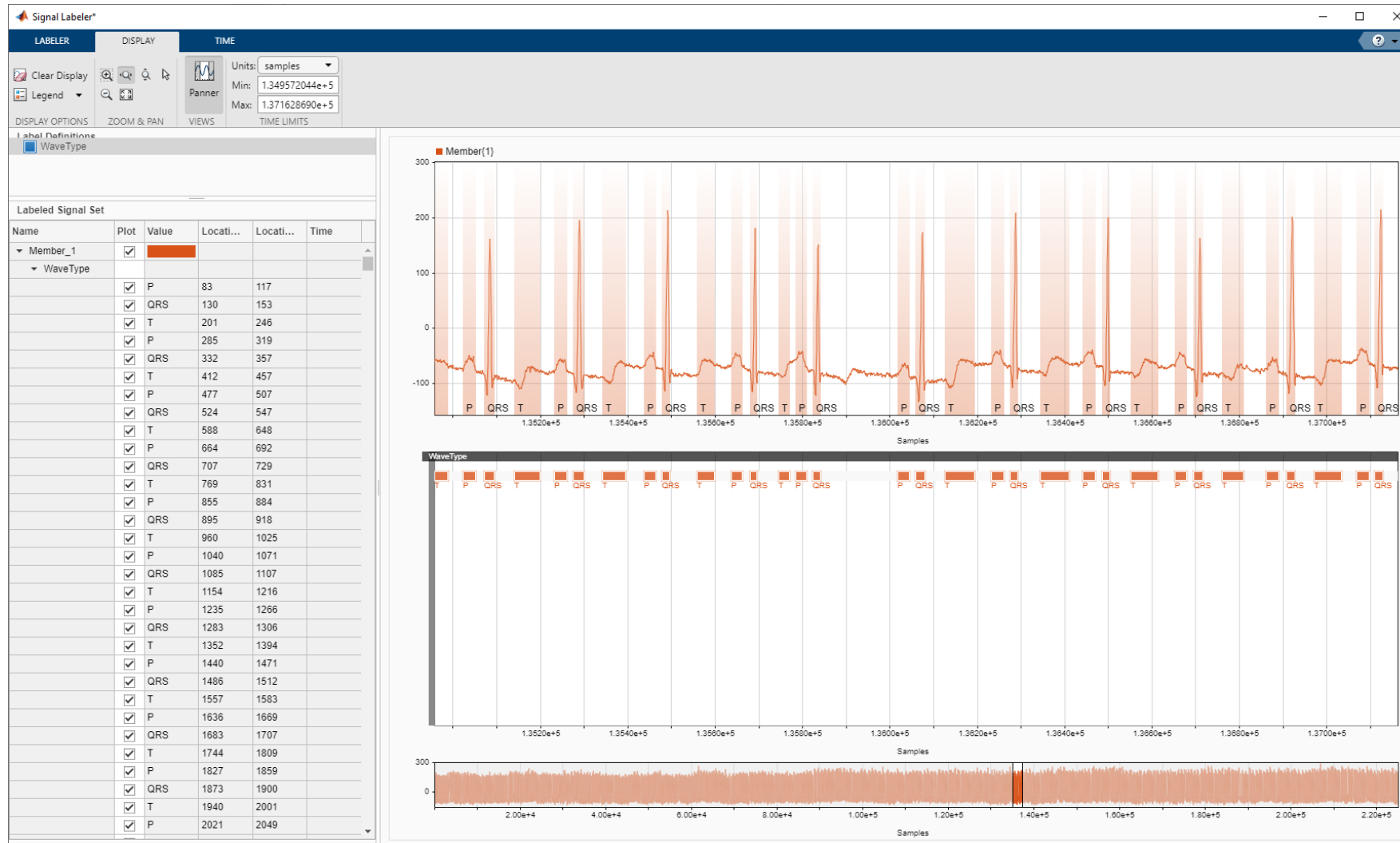
Сегментация изображений (метки пикселей)



Сегментация сигналов (метки отсчётов)

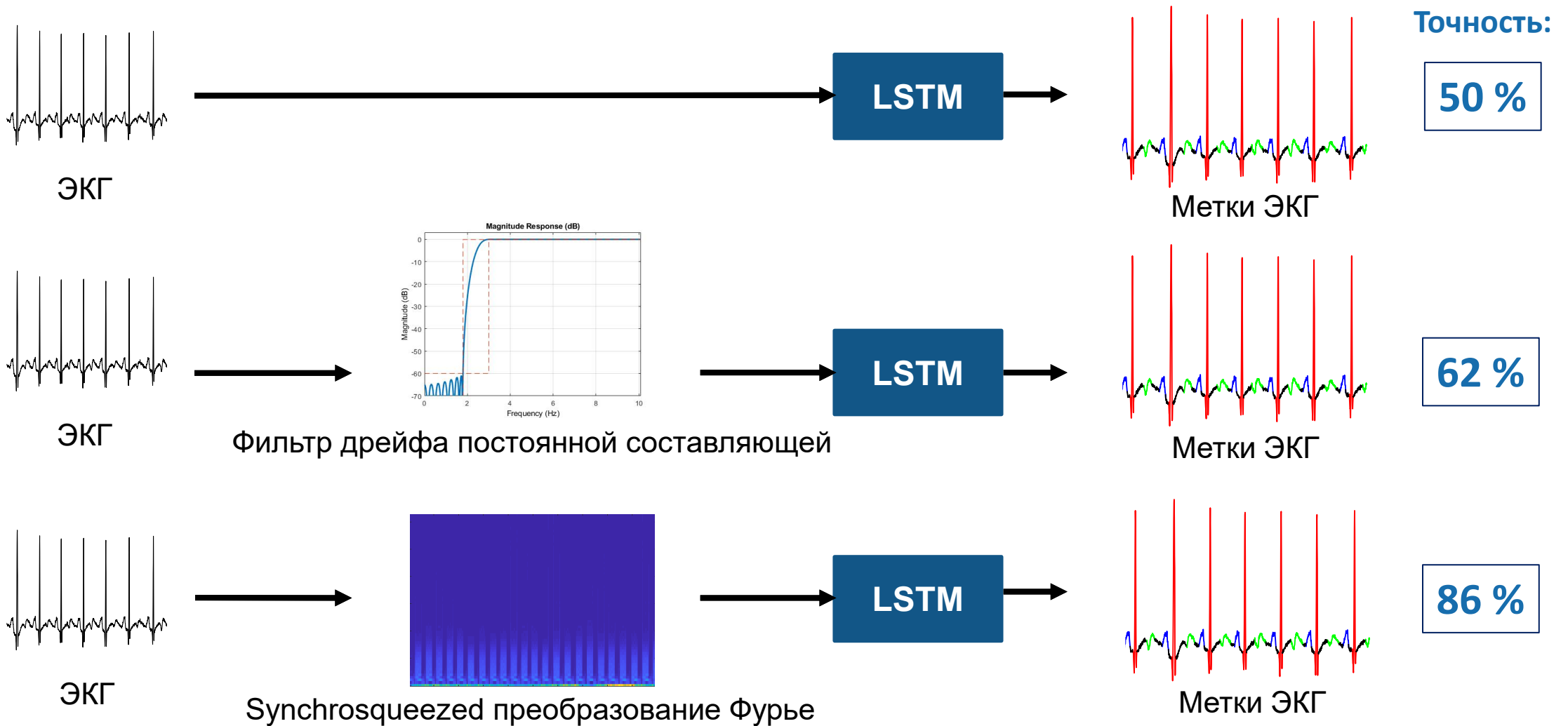


Набор данных

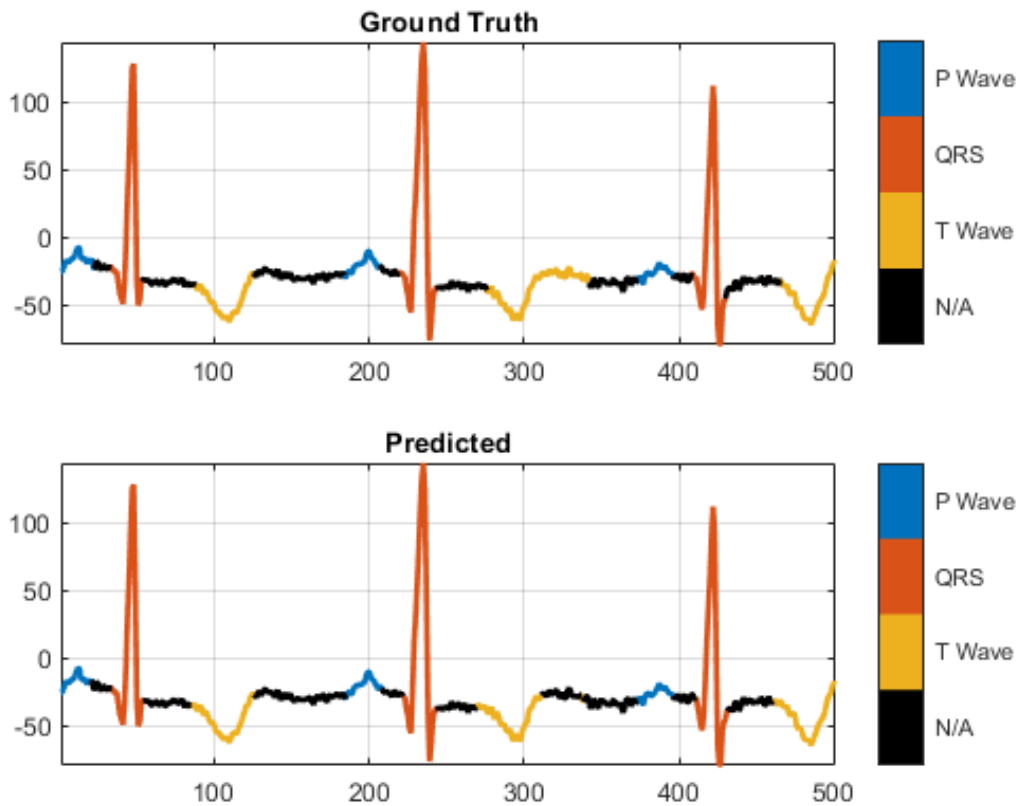


105 пациентов,
~15 минут
двухканальных
измерений ЭКГ,
размеченных
кардиологом

Предобработка и выделение признаков



Результаты обученной модели



Confusion Chart

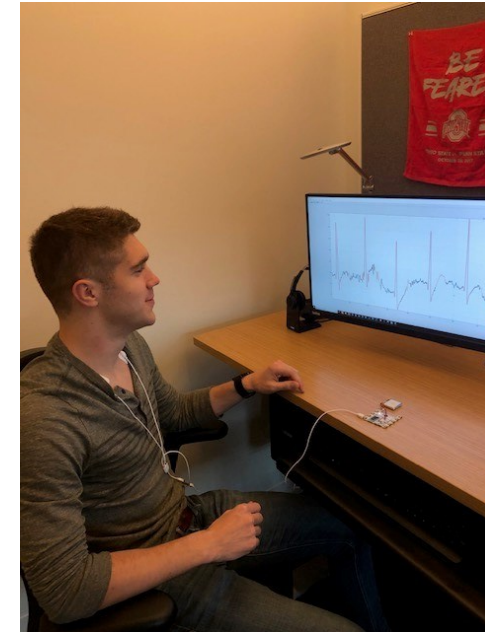
	n/a	P	QRS	T
n/a	91.3%	15.2%	6.5%	16.3%
P	2.9%	83.6%	0.4%	0.3%
QRS	1.4%	0.4%	92.7%	0.6%
T	4.4%	0.8%	0.4%	82.7%

True class (Y-axis)


Predicted class (X-axis)

Измерения ЭКГ в реальном времени

- BiTalino board
 - ✓ независимая плата для обработки физиологических сигналов
 - ✓ дискретизация в 10, 100 или 1000 Гц



- Toolbox от MathWorks для поточного чтения данных в MATLAB через Bluetooth



BiTalino Toolbox version 1.0.0.2 by MathWorks Instrument Control Toolbox Team **STAFF**

Connect wirelessly to a BiTalino from MATLAB to acquire and analyze medical signals

This toolbox contains a getting started guide, functionality, an example and a MATLAB App that can be used to connect to BiTalino devices from MATLAB and to acquire and analyze signals.

fx **BiTalino**

BITalino App - A simple app to demonstrate live streaming data acquisition and display from a BiTalino.

Toolbox

★★★★★
27 Downloads
Updated 16 Mar 2017

```
b = Bitalino('btspp://201808080143');  
b.startBackground;  
b.availableSamples  
b.read;  
b.stopBackground
```

BITalino

Connect

Status:

Not connected

Pre-Recorded Data

Name of Data File (ex: data.mat)

ECG1000Hz_5min.mat

Load Data

Use Data

Data Loaded

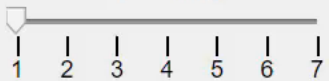
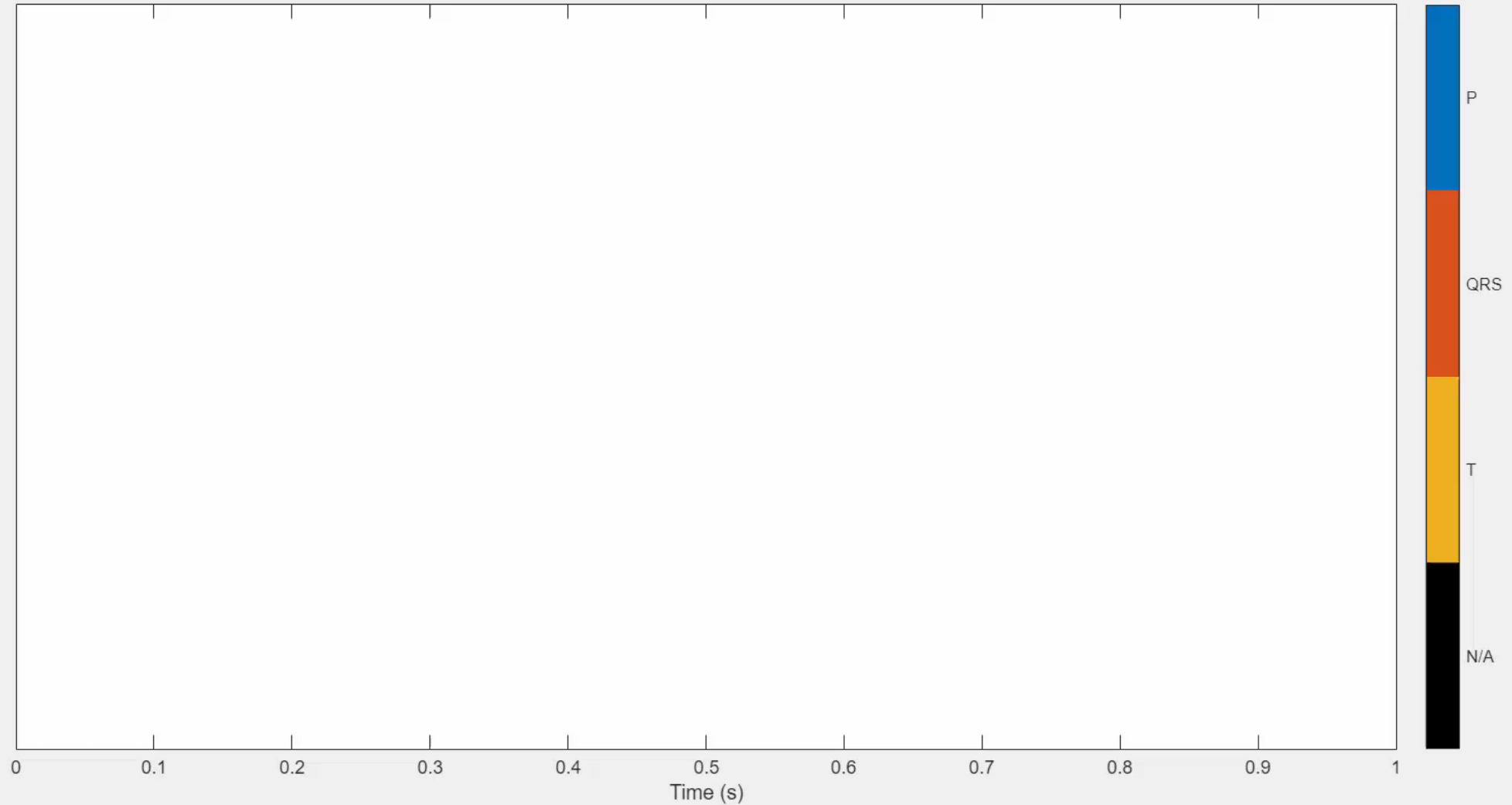
Pan-Tompkins Overlay

**Controls**

Start

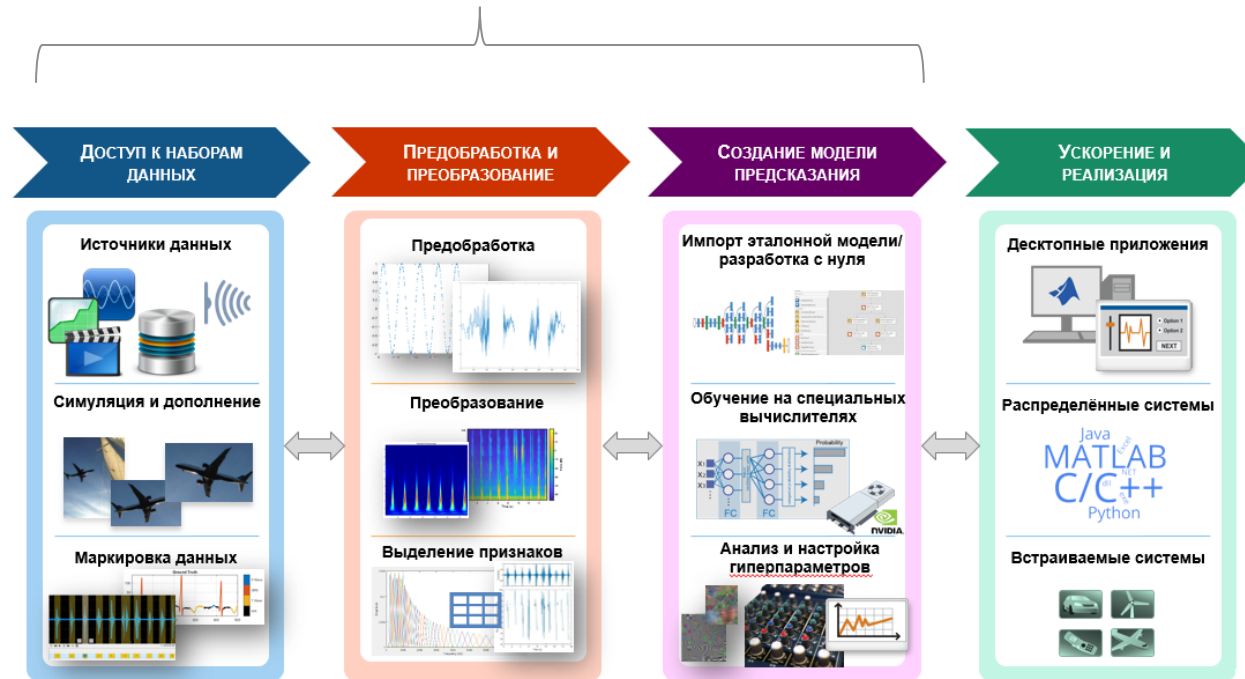
Stop

Smoothing

**Labeled ECG**

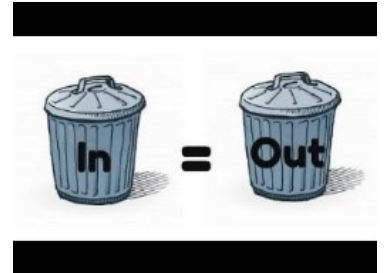
Глубокое обучение - проблемы

Узкая экспертиза, малое количество исследований



Мало доступных данных, сложно маркировать

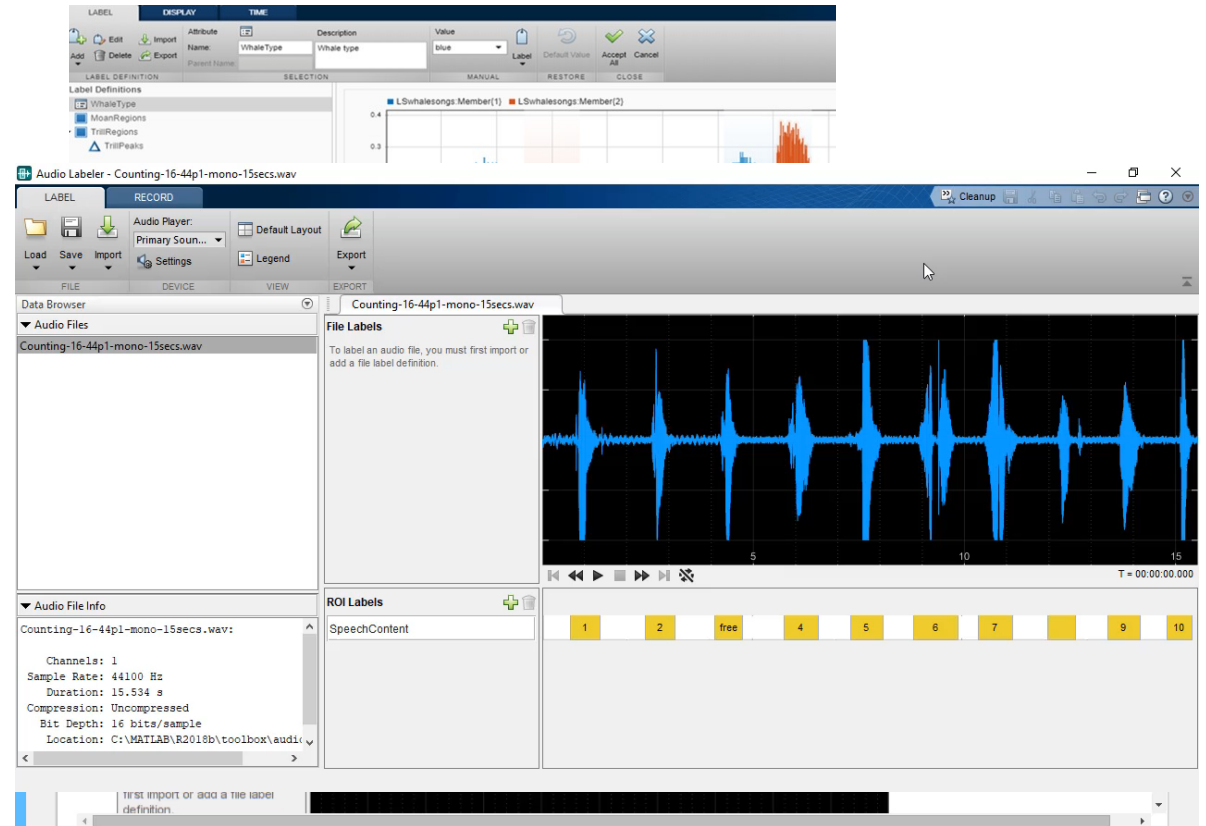
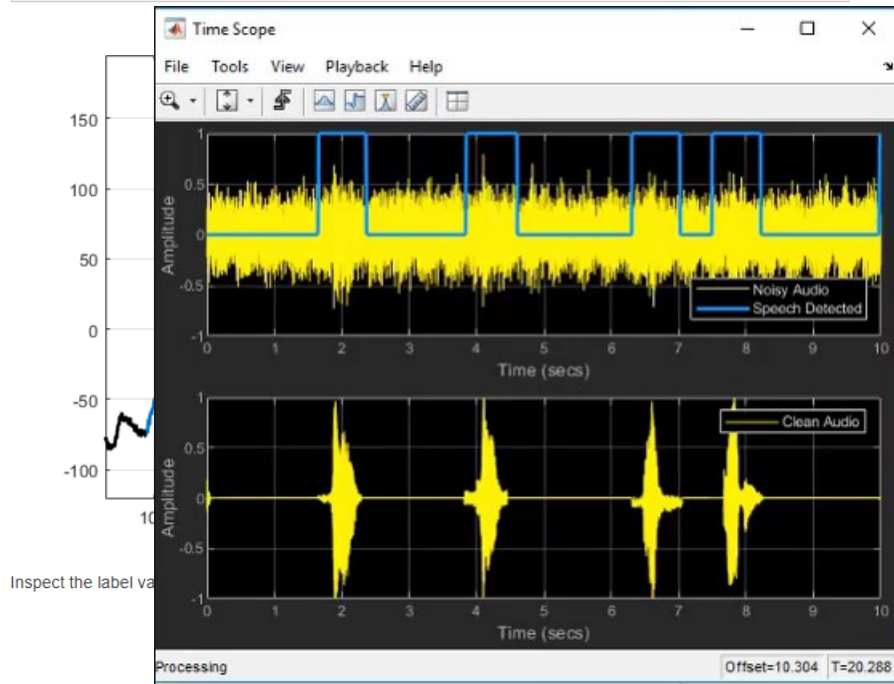
Реализация и масштабирование для различных платформ



Качество моделей зависит от качества обучающих данных!

Автоматизация маркировки

```
patientID = 1;  
signalVals = getSignal(QTData,patientID);  
labelVals = getLabelValues(QTData,patientID,'WaveformLabels_Chan1');  
  
displayWaveformLabels(signalVals(1,1:1000),labelVals.Value(1:1000))
```

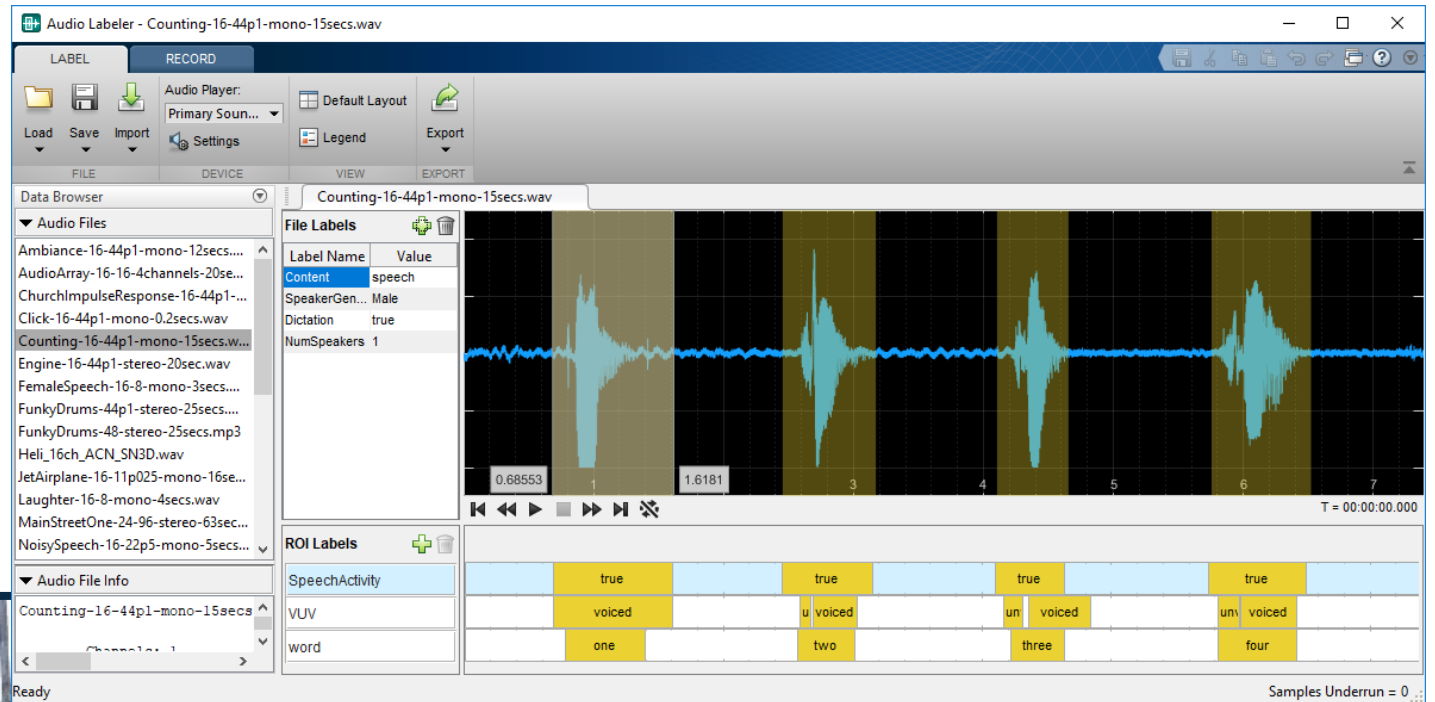


- Программно...

- ... или в приложениях

Приложения MATLAB для маркировки

- Signal Labeler
- Audio Labeler
- Image Labeler
- Video Labeler
- Ground Truth Labeler

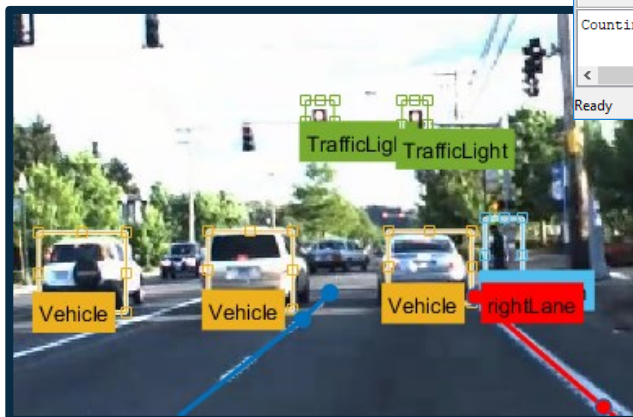


The screenshot displays the MATLAB Audio Labeler application window. The main interface shows an audio waveform for the file "Counting-16-44p1-mono-15secs.wav". The waveform is overlaid with a grid and vertical lines indicating time markers at 0.68553, 1.6181, 3, 4, 5, 6, and 7 seconds. The application is divided into several panels:

- FILE:** Includes options for Load, Save, Import, and Export.
- DEVICE:** Shows the Audio Player set to "Primary Soun...".
- VIEW:** Includes Default Layout and Legend options.
- Data Browser:** Lists various audio files, with "Counting-16-44p1-mono-15secs.w..." selected.
- File Labels:** A table showing metadata for the selected file:

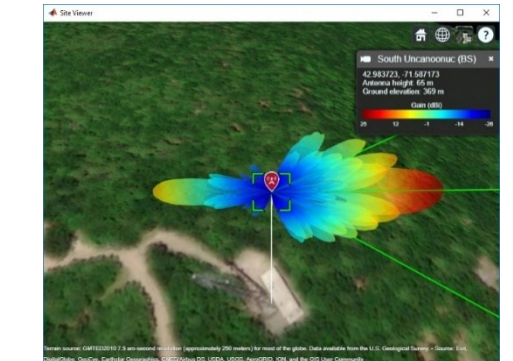
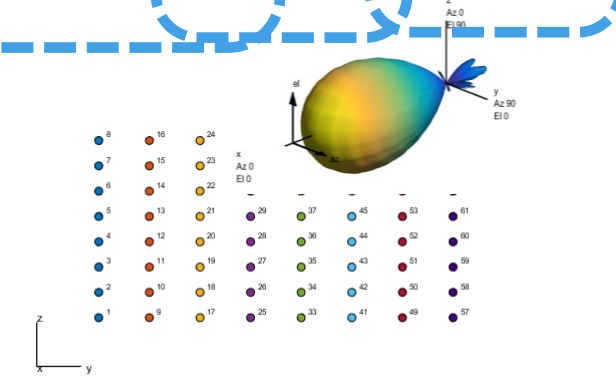
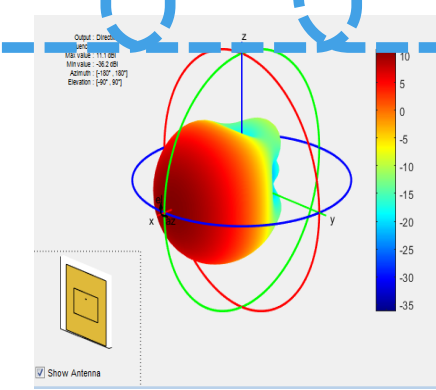
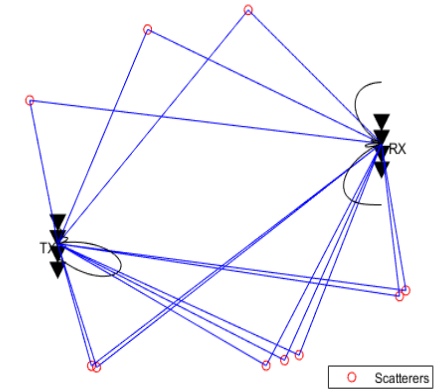
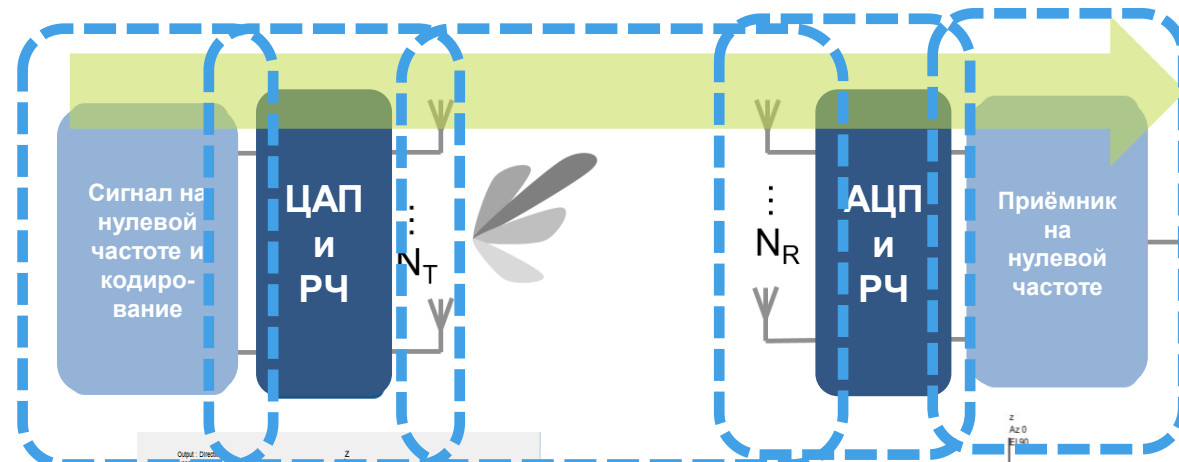
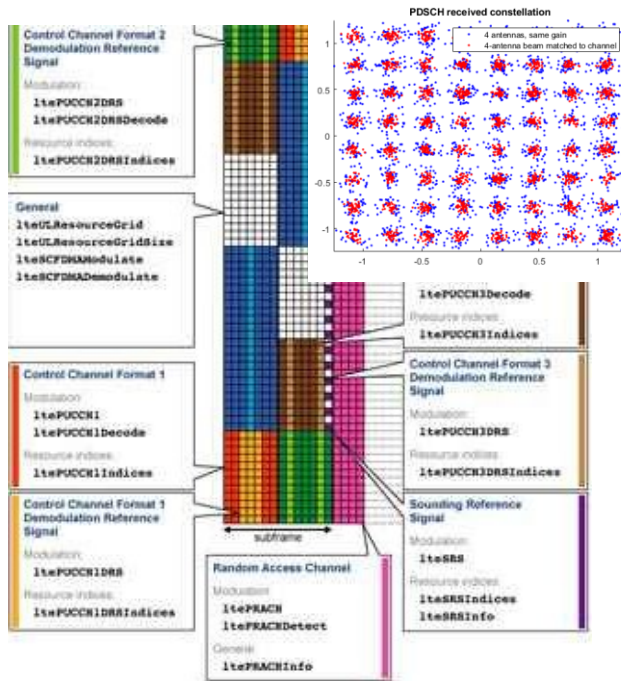
Label Name	Value
Content	speech
SpeakerGen...	Male
Dictation	true
NumSpeakers	1
- ROI Labels:** A table showing the detected labels for the audio segments:

SpeechActivity	Label
true	one
voiced	two
u voiced	three
un voiced	four



Синтез данных для обучения

Синтез посредством системной симуляции – оптимальное решение в тех случаях, когда запись и маркировка реальных данных невозможна или непрактична



Разработка и анализ сетей в MATLAB

Моделирование ИИ



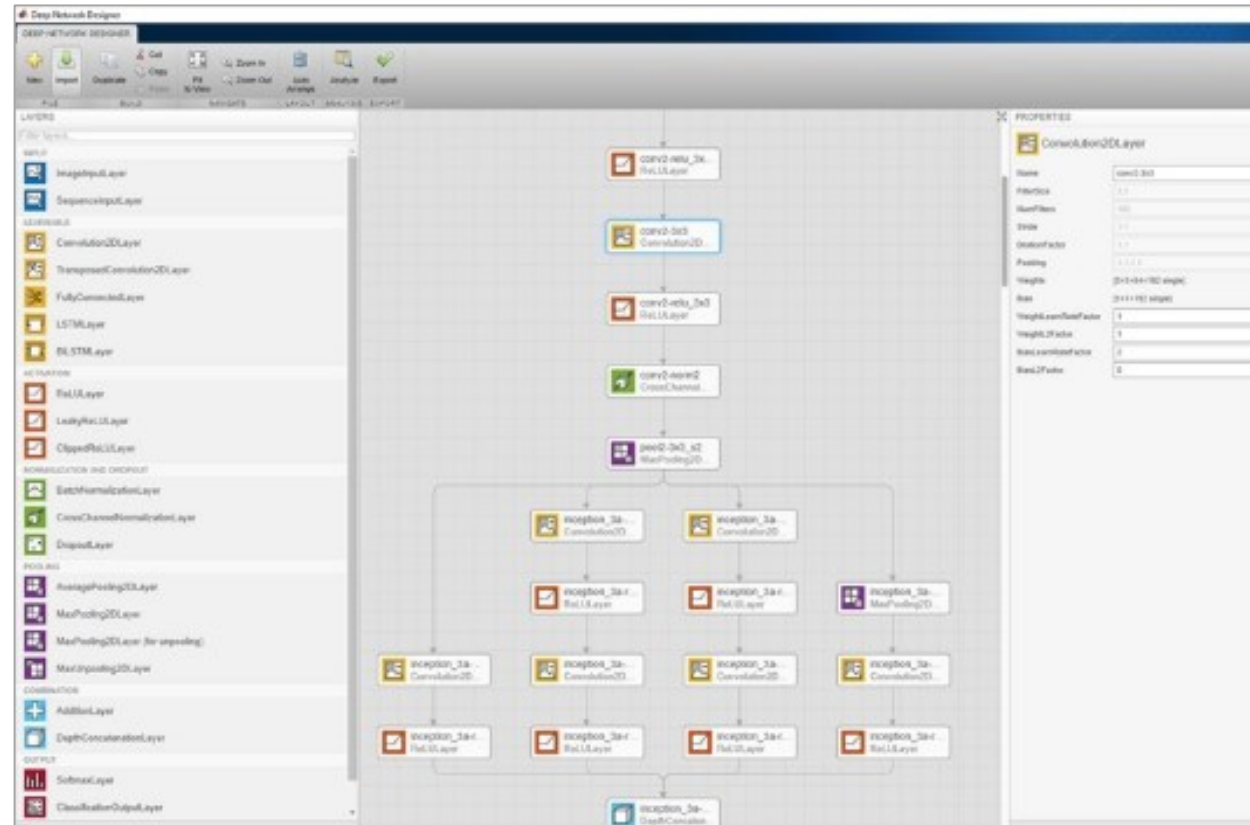
Создание и настройка сети



Обучение на ускорителях



Совместимость



Deep Network Designer для создания, визуализации и модификации глубоких сетей

DEEP NETWORK DESIGNER



New	Import	Duplicate	Cut Copy Paste	Fit to View	Zoom In Zoom Out	Auto Arrange	Analyze	Export
FILE	BUILD	NAVIGATE	LAYOUT	ANALYSIS	EXPORT			

LAYERS

INPUT

- ImageInputLayer
- SequenceInputLayer

LEARNABLE

- Convolution2DLayer
- TransposedConvolution2DLayer
- FullyConnectedLayer
- LSTMLayer
- BiLSTMLayer

ACTIVATION

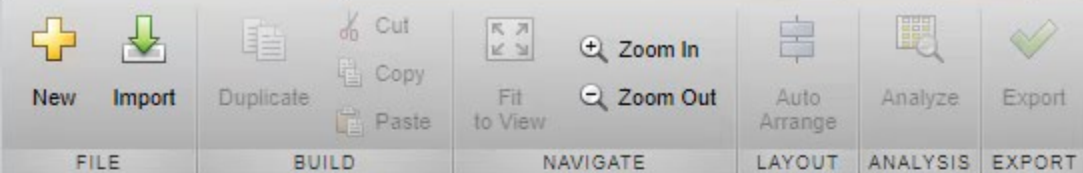
- ReLULayer
- LeakyReLULayer
- ClippedReLULayer

NORMALIZATION AND DROPOUT

- BatchNormalizationLayer

PROPERTIES

Number of layers	0
Number of connections	0
Input type	None
Output type	None



LAYERS

INPUT

- ImageInputLayer
- SequenceInputLayer

LEARNABLE

- Convolution2DLayer
- TransposedConvolution2DLayer
- FullyConnectedLayer
- LSTMLayer
- BiLSTMLayer

ACTIVATION

- ReLULayer
- LeakyReLULayer
- ClippedReLULayer

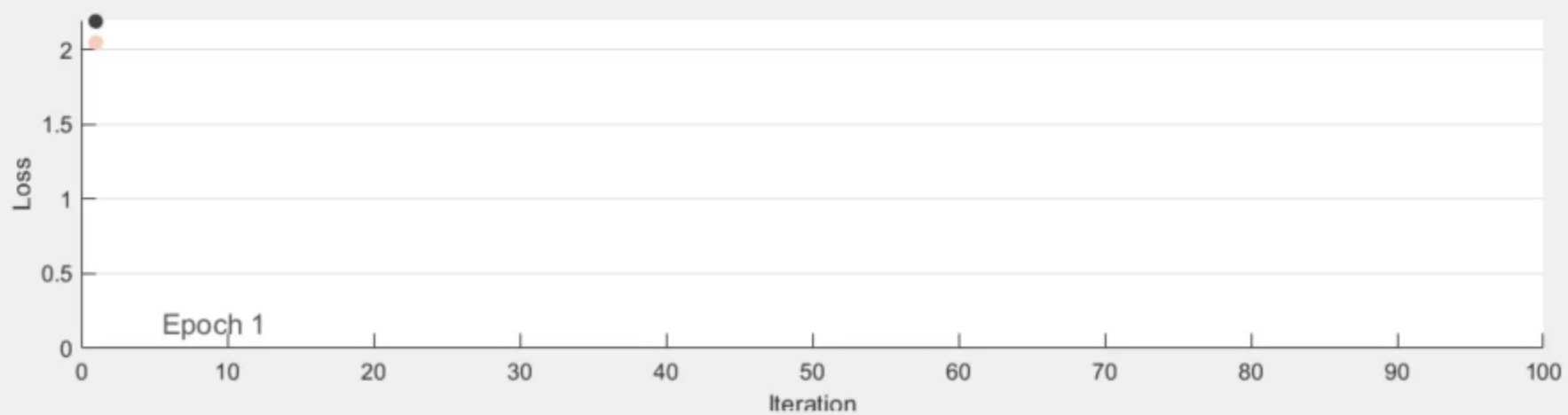
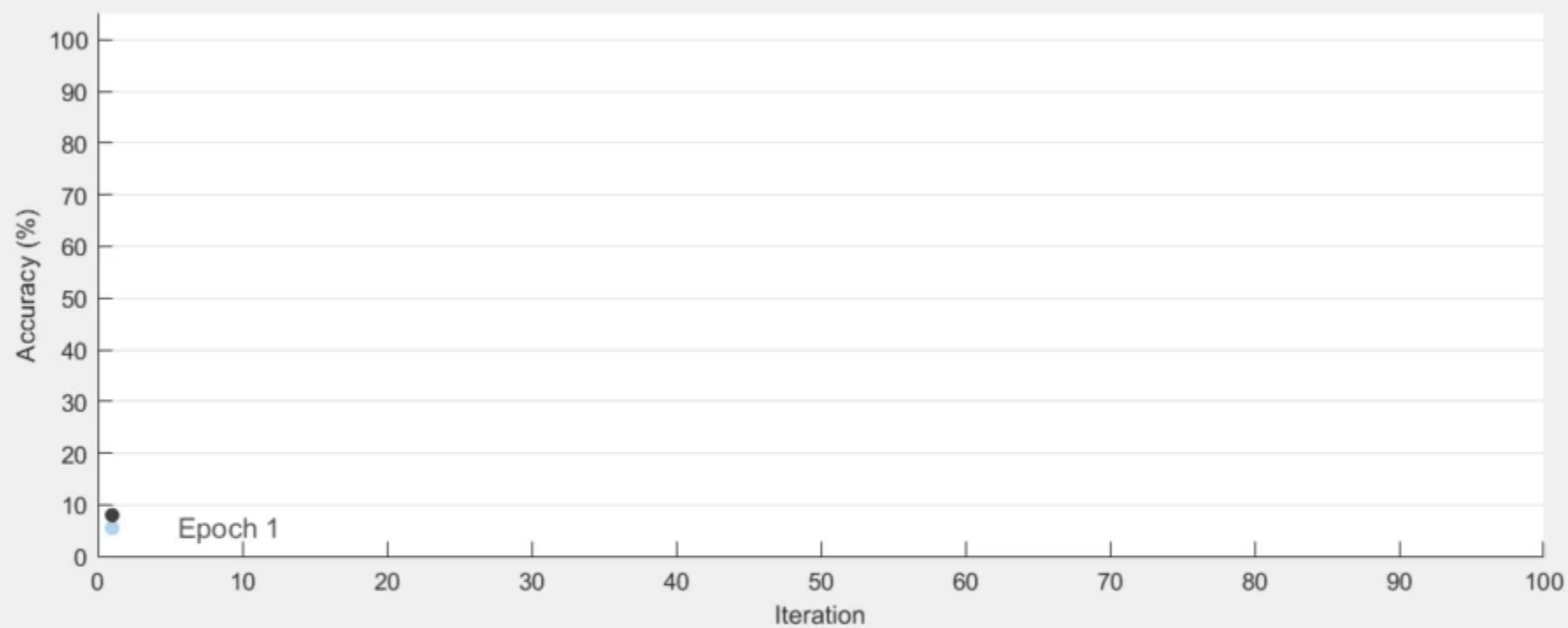
NORMALIZATION AND DROPOUT

- BatchNormalizationLayer

PROPERTIES

Number of layers	0
Number of connections	0
Input type	None
Output type	None

Training Progress (08-Oct-2018 12:53:57)



Training iteration 1 of 5500...

Training Time

Start time: 08-Oct-2018 12:53:57

Elapsed time: 0 sec

Training Cycle

Epoch: 0 of 25

Iterations per epoch: 220

Maximum iterations: 5500

Validation

Frequency: 220 iterations

Patience: Inf

Other Information

Hardware resource: Single GPU

Learning rate schedule: Piecewise

Learning rate: 0.0003

Accuracy

— Training (smoothed)

—●— Training

- -●- - Validation

Loss

— Training (smoothed)

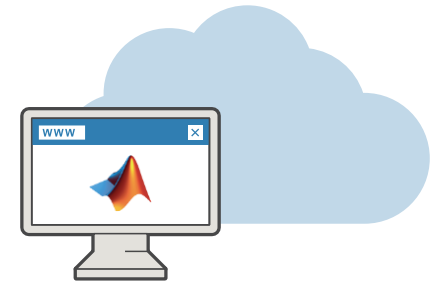
—●— Training

- -●- - Validation

Ускорение обучения

Parallel Computing Toolbox

- Облачные решения
- Распределённые вычисления
 - десктоп
 - кластер
- Множественные GPU
- КПМ РИТМ

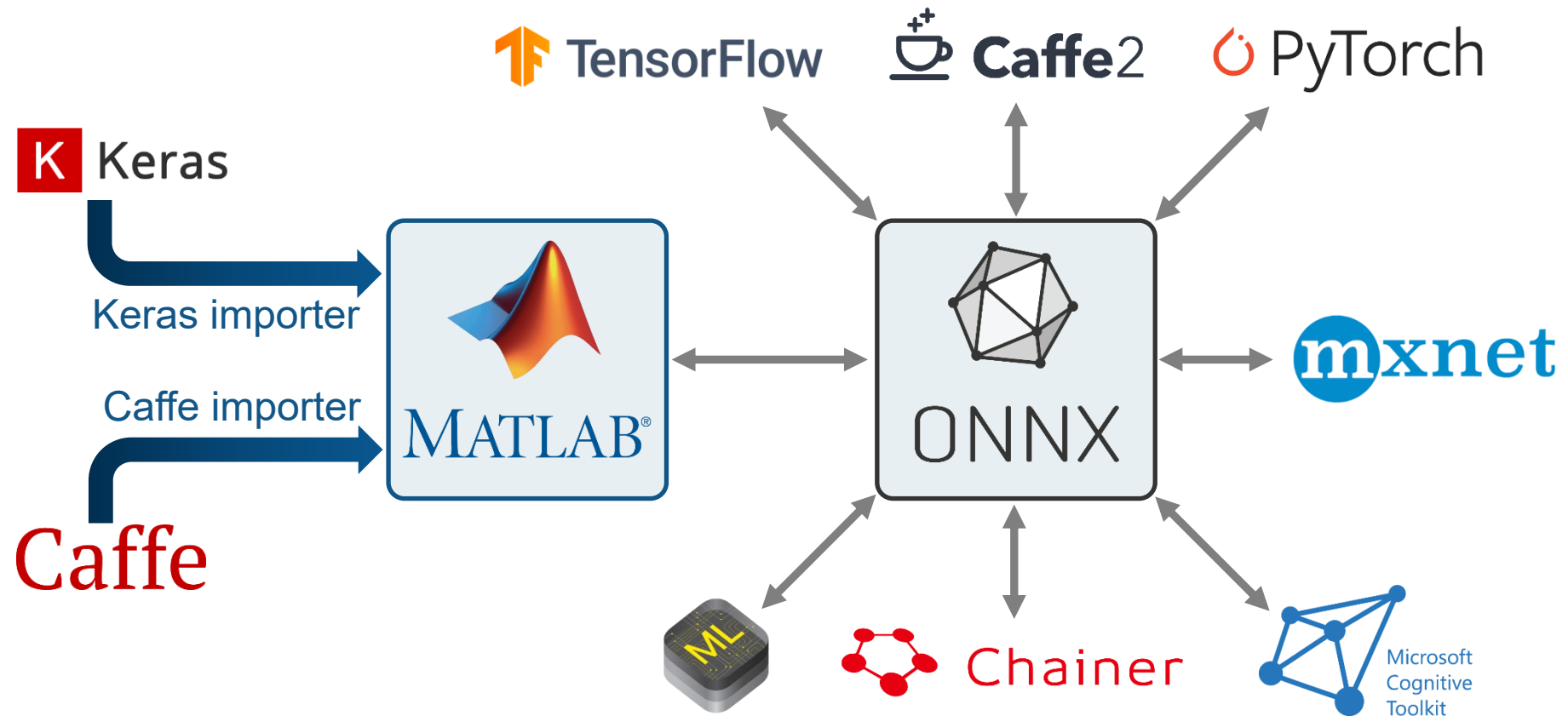


<https://kpm-ritm.ru/>

MATLAB и другие фреймворки ИИ

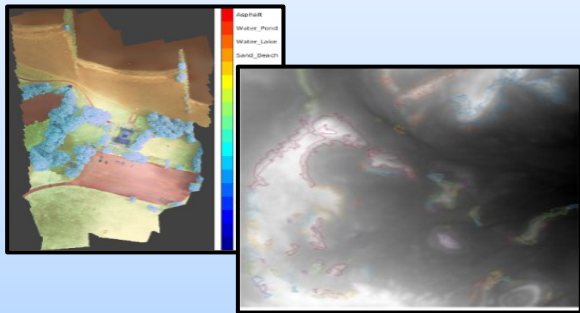
Моделирование ИИ

- Создание и настройка сети
- Обучение на ускорителях
- Совместимость

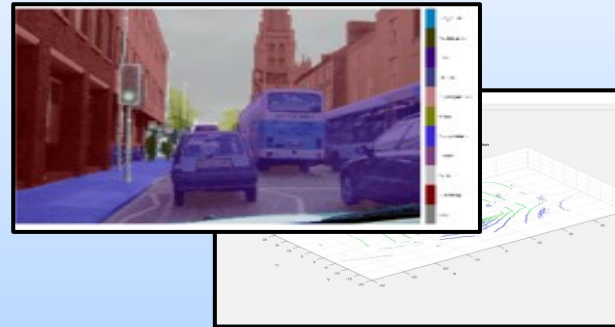


Глубокое обучение On-the-Edge

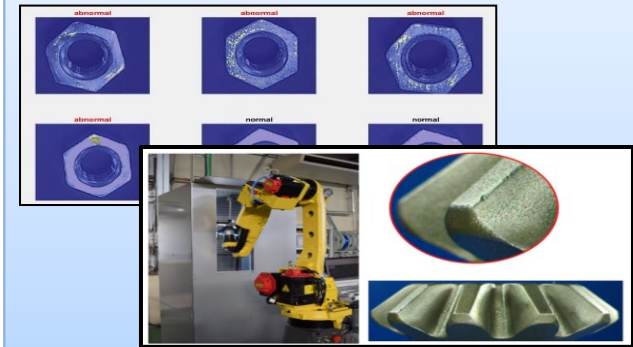
Анализ воздушных снимков



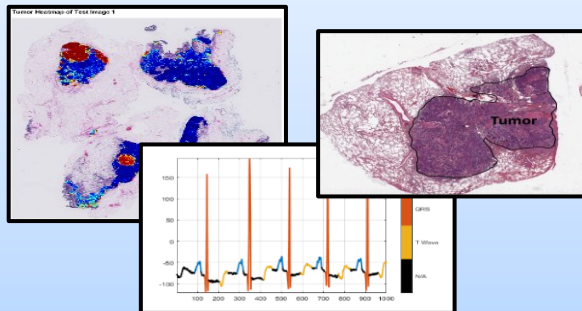
Автономные авто



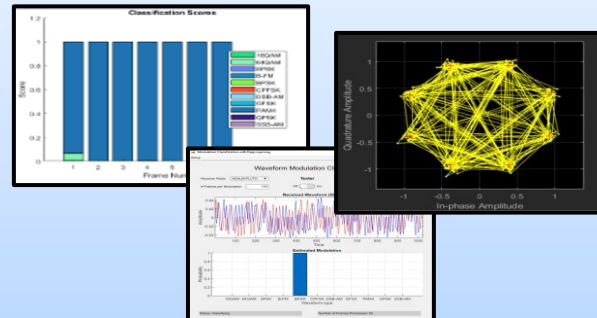
Контроль на производстве



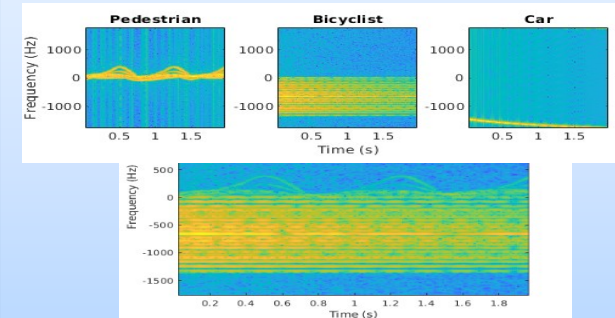
Анализ медицинских данных



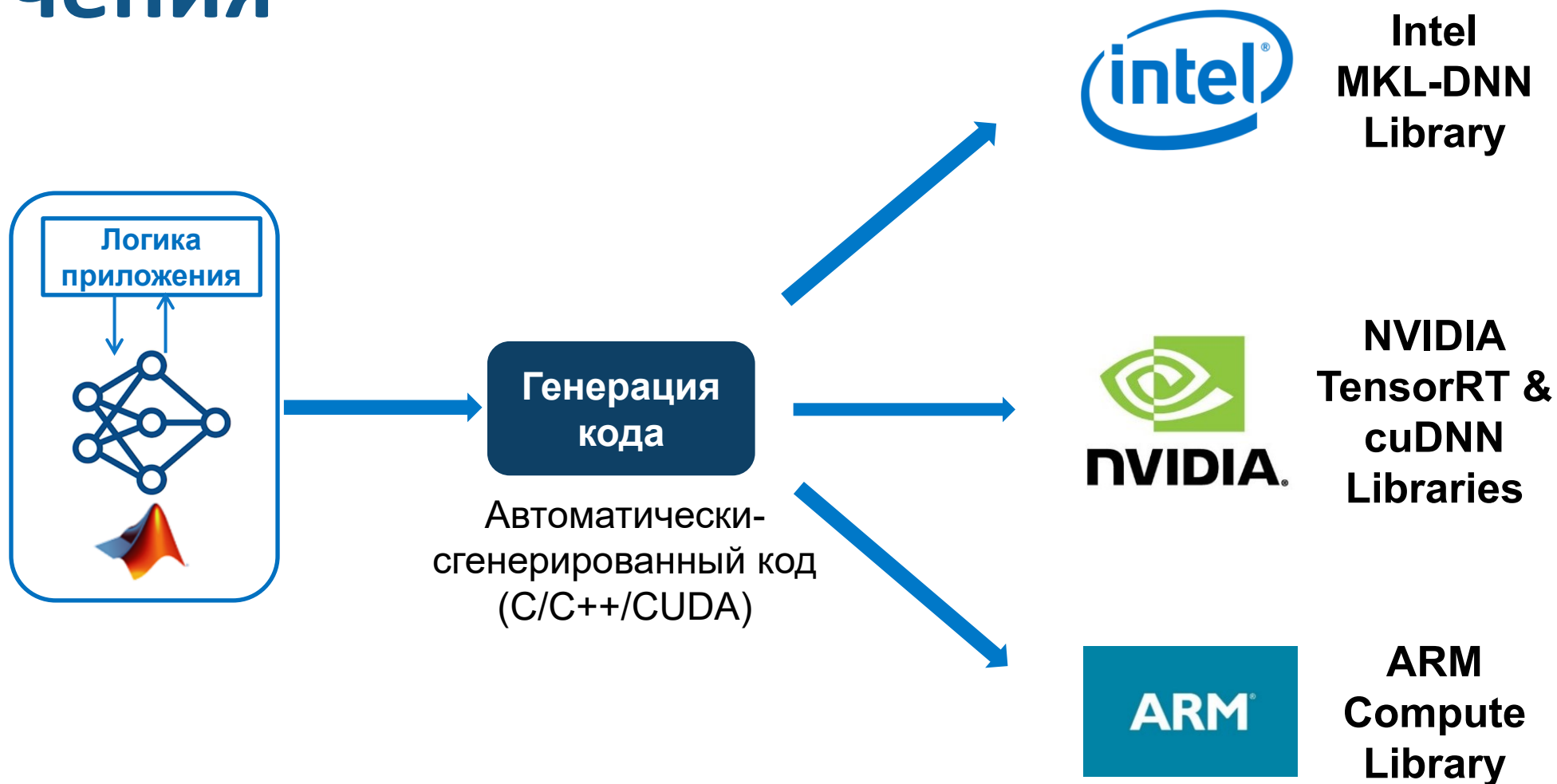
Тип модуляции в цифровой связи



Классификация радарных целей

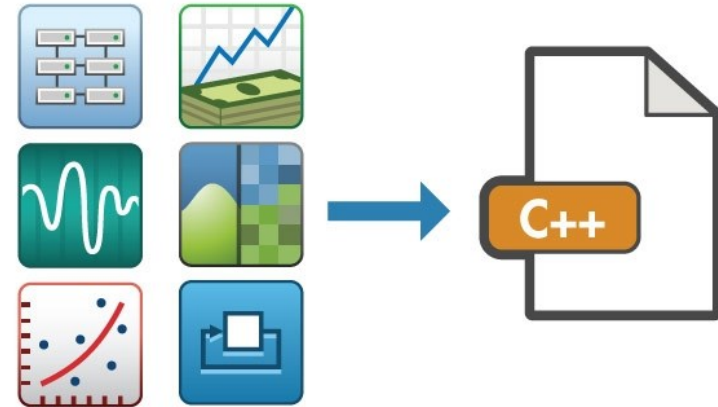


Развёртывание моделей глубокого обучения



MATLAB Coder

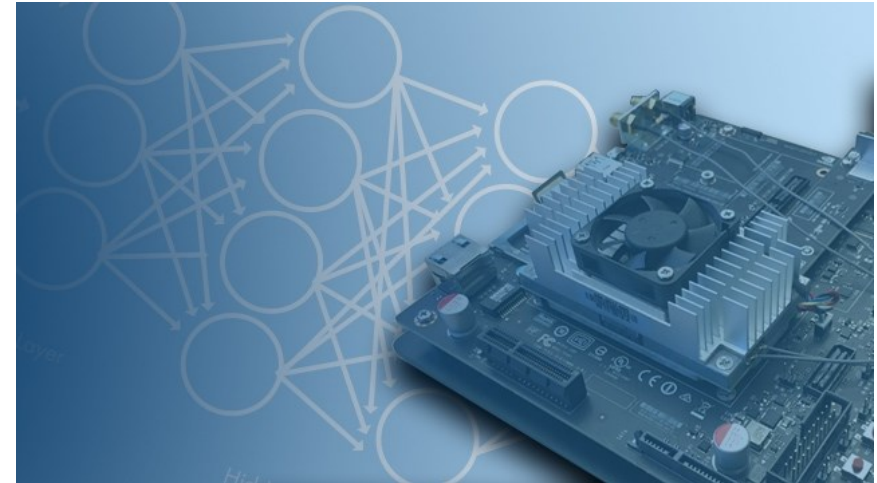
- Генерация C/C++ кода, *.lib, *.dll
- Интеграция алгоритмов в проект на другом языке
- Ускорение вычислений в **MATLAB**
- Основа автоматической кодогенерации!



MEX-функции – это автоматически генерируемый интерфейс для выполнения **C**-кода в **MATLAB**. С помощью **MEX** можно верифицировать автоматически сгенерированный код в среде **MATLAB**, а также заметно ускорить выполнение вычислительно сложных операций.

GPU Coder

- Генерация оптимизированного **CUDA[®]** кода из **MATLAB[®]**
- Вызов библиотек **NVIDIA: cuDNN, cuSolver и cuBLAS**
- Интеграция в виде исходного кода, статических или динамических библиотек
- Прототипирование на **NVIDIA Tesla[®]** и **NVIDIA Tegra[®]**
- Тестирование в режиме программа-в-контуре (SIL) с **Embedded Coder[®]**

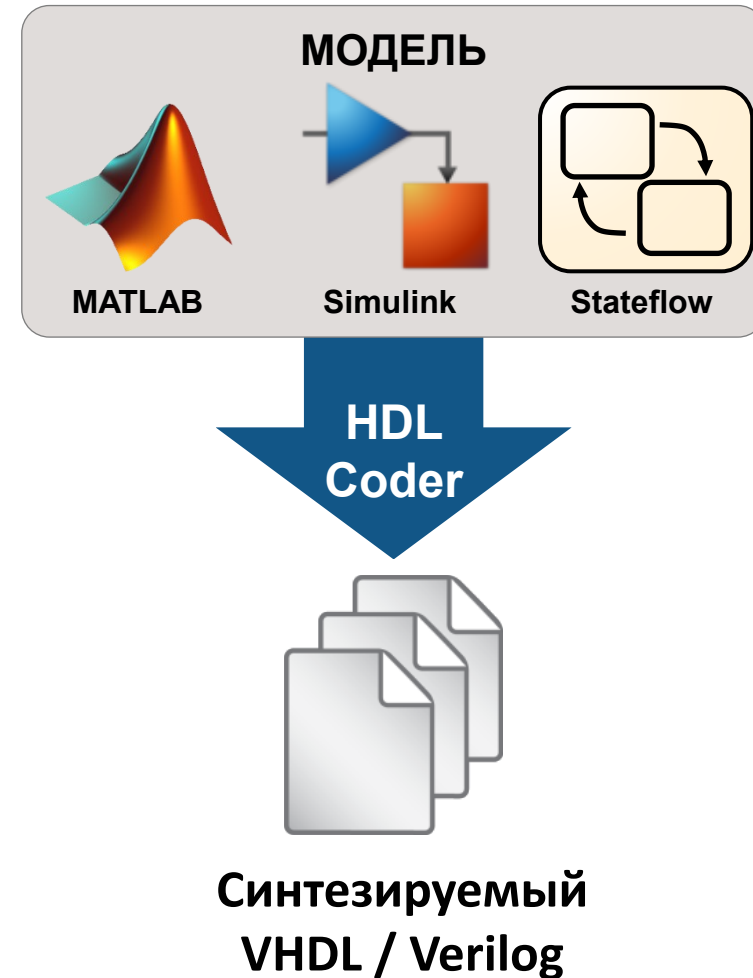


Запуск обученных моделей на GPU может значительно ускорить работу сети в реальном времени

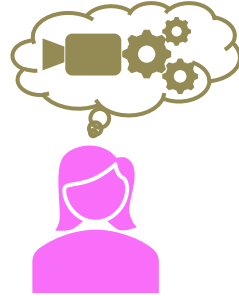


HDL Coder

- Читаемый открытый **Verilog / VHDL**
- Поддержка **Xilinx / Intel / MicroSemi**
- Анализ и оптимизация по **скорости/площади**
- Работа с **фиксированной и плавающей точкой**
- Варианты выбора **микроархитектуры**
- Оптимизация под конкретную платформу
- Трассируемость к модели и требованиям (**DO-254**)



Задача квантования сети



Точность



- Задержка
- Ресурсы
- Мощность

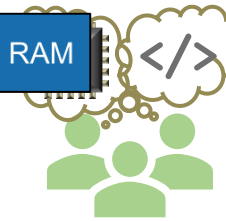
Системный инженер



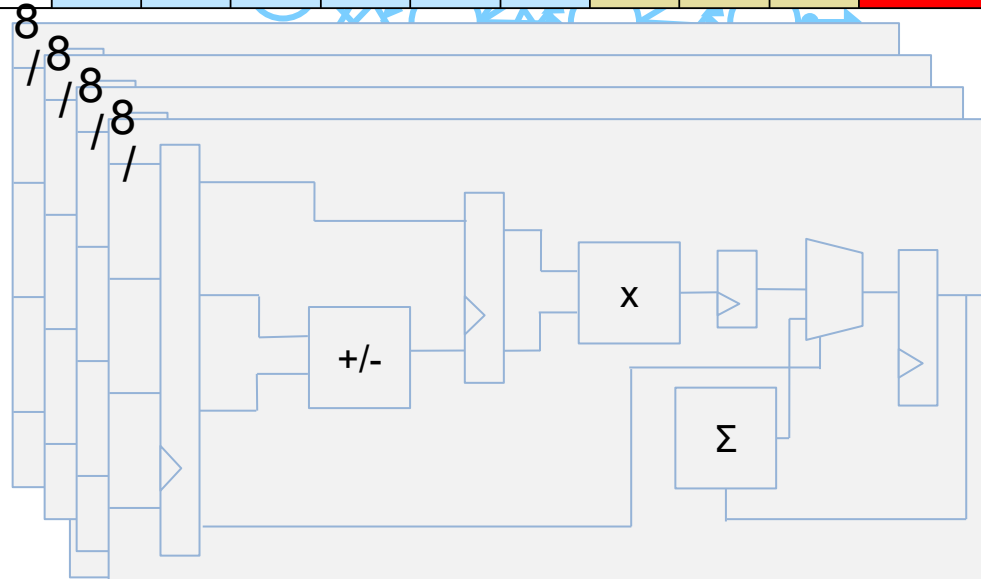
Специалист по
глубокому
обучению

	input	conv 1	conv 2	conv 3	conv 4	conv 5	fc6	fc7	fc8	Total
Parameters (Bytes)	n/a	35K	0.4M	0.9M	1.3M	0.5M	37M	16M	4M	58 M

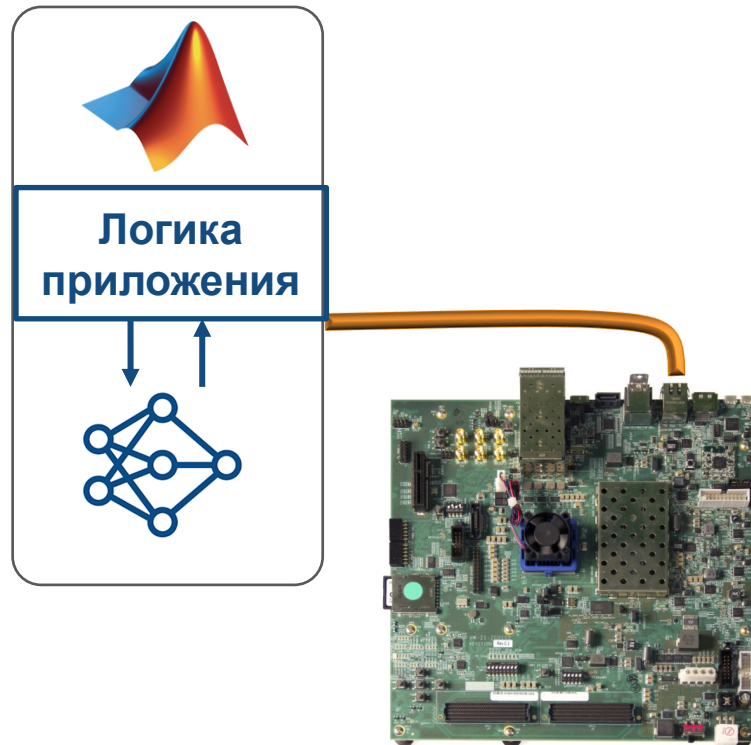
Off-chip RAM



Инженеры ПО и
аппаратной части



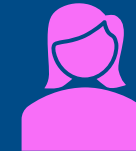
Реализация на ПЛИС из MATLAB



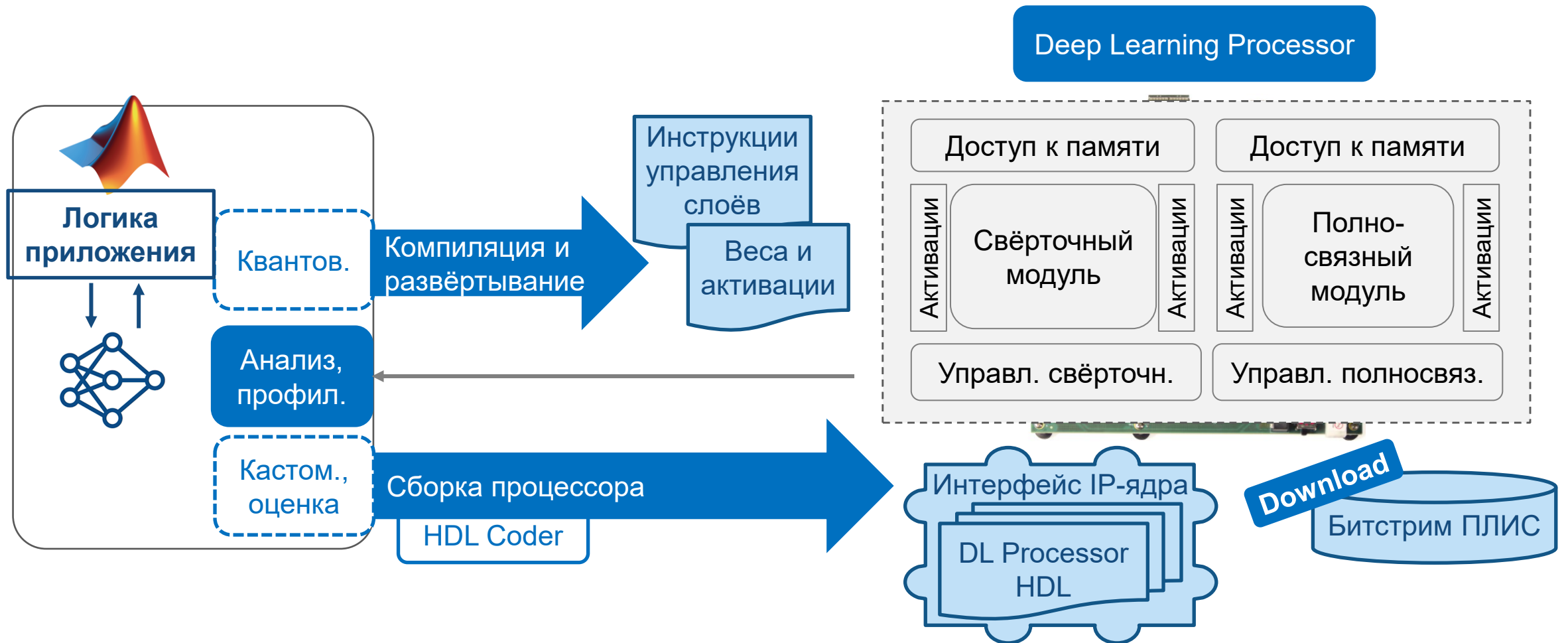
Deep Learning HDL Toolbox™

- Прототипирование сетей на ПЛИС
- Оценка памяти, задержки и точности
 - Итерационные модификации сети
 - Квантование в fixed-point
- Генерация кастомизированного процессора глубоких сетей в HDL

...всё из MATLAB!



Deep Learning HDL Toolbox



Итог: глубокое обучение в MATLAB

ДОСТУП К НАБОРАМ ДАННЫХ

ПРЕДОБРАБОТКА И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ПРЕДСКАЗАНИЯ

УСКОРЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ

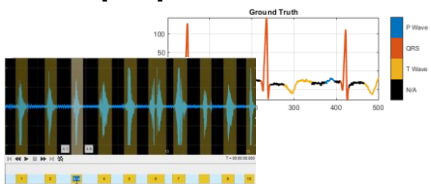
Источники данных



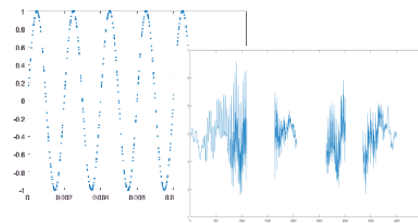
Симуляция и дополнение



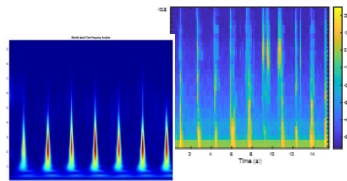
Маркировка данных



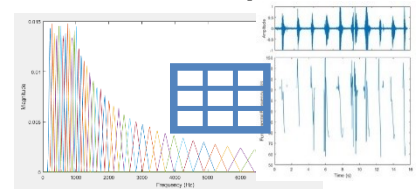
Предобработка



Преобразование



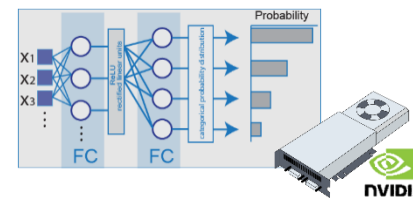
Выделение признаков



Импорт эталонной модели/
разработка с нуля



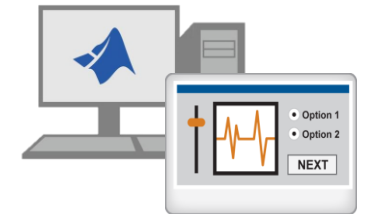
Обучение на специальных
вычислителях



Анализ и настройка
гиперпараметров



Десктопные приложения



Распределённые системы

Java
MATLAB
C/C++
Python

Встраиваемые системы



tech@exponenta.ru
exponenta.ru



ЭКСПОНЕНТА
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Задать вопрос

+7 (495) 009 65 85

info@exponenta.ru

Вход/Регистрация

РЕАЛИЗАЦИЯ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ПЛИС

[https://exponenta.ru
/events/realizaciya-
glubokih-nejronnyh-
setej-na-plis](https://exponenta.ru/events/realizaciya-glubokih-nejronnyh-setej-na-plis)

The screenshot shows a presentation slide with the title "Deep Learning Inferencing on Embedded Devices". It features six application areas: Airborne Image Analysis, Autonomous Driving, Industrial Inspection, Medical Image Analysis, Wireless Modulation Classification, and Radar Signature Classification. The slide includes the MATLAB EXPO and MathWorks logos. A small video feed of a speaker is visible on the right side of the slide.

10 НОЯБРЯ ВТОРНИК ОНЛАЙН

11:00

ПРОШЛО

Запросить контент

Спикеры



Марат Усс

У меня есть вопрос

Разработка приложений для глубокого обучения, компьютерного зрения, обработки сигналов и их развертывание на ПЛИС, графических процессорах или таких платформах, как Xilinx Zynq™, NVIDIA® Jetson или

tech@exponenta.ru
exponenta.ru



ЭКСПОНЕНТА
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

- Куратор проекта по **AI**
 - Предобработка и выбор рабочего прототипа
 - Обучение и развёртывание
- Тренинги под задачу
 - Генерация **HDL**-кода и **CUDA**
 - Глубокое обучение в **MATLAB**
- Ускоренная разработка по ТЗ с передачей экспертизы

[https://exponenta.ru/
services](https://exponenta.ru/services)

