



Волочаев Дмитрий, Зуев Михаил

# Распознавание пользовательского интерфейса в медицине



# О нас



- ✓ Мы разработчики в компании Аурига
- ✓ Текущий проект - тестирование медицинского оборудования
- ✓ Мы разработчики инструмента, а отдельная команда пишет на нем тесты



# О чем выступление



- ✓ Используем скриншот и разбираем изображение по определенным правилам



# О заказчике



- ✓ Выхаживание и лечение новорожденных
- ✓ Ингаляционная анестезия
- ✓ Искусственная вентиляция легких
- ✓ Медицинские консоли
- ✓ Медицинские светильники
- ✓ Медицинское газоснабжение
- ✓ Мониторинг пациента
- ✓ Расходные материалы и принадлежности
- ✓ Алкотестеры и тесты на наркотики



# Монитор



- ✓ Тестируем прибор как единое целое
- ✓ Аппаратные симуляторы
- ✓ Отчеты той же формы, что для ручных тестов



# Тестовый стенд



Тут будет видео

# Случайная погрешность



Погрешность значения на экране =

Погрешность симуляции +

Шумы в кабелях +

Погрешность изменения

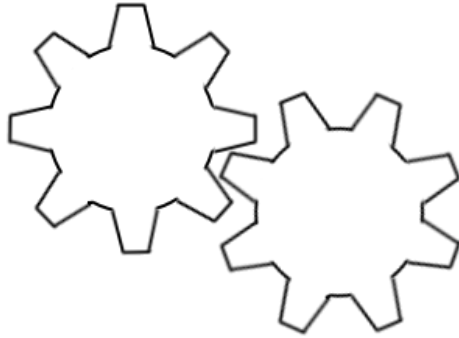




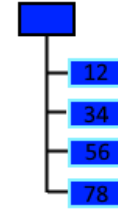
# Подходы



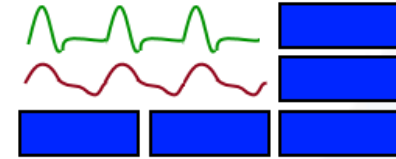
- ✓ Тестовый интерфейс
- ✓ Эталоны
- ✓ Распознавание



Вычисления



Данные



Графика

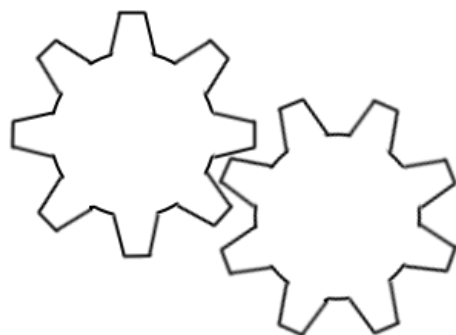


# Тестовый интерфейс

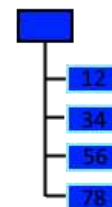


## ✓ Читаем данные до рендеринга

- + Поддерживает вариативность (погрешности)
- + Нечувствителен к дизайну
- Не тестирует рендеринг
- Требуется изменение



Вычисления



Данные



Графика

# Интерфейс надо обновлять



) Межкомандное взаимодействие (

Что делать?

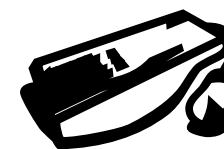
✓ Коммитить самим

✓ Другие подходы

# Интерфейс все еще нужен



- ✓ Имеющиеся тесты
- ✓ Звук
- ✓ Пользовательский ввод



# Эталоны

- ✓ Сравнение всего скриншота с ранее сохраненным образцом

- + Тестирует рендеринг
- + Не требует изменений в устройстве
- Чувствителен к дизайну
- Требуется определенных данных



# Распознавание

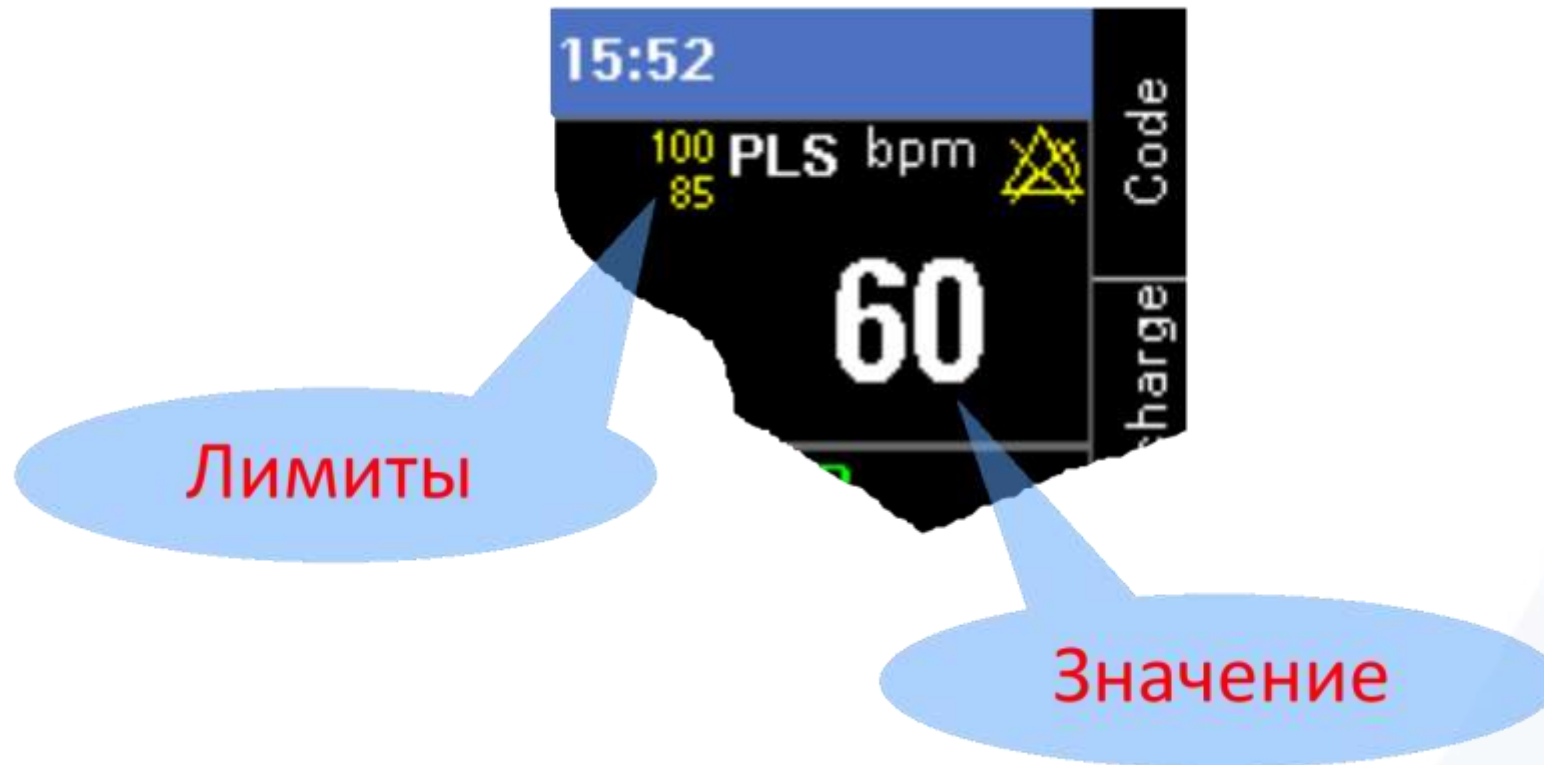


- ✓ Множество подходов к извлечению данных из изображения

- + Тестирует рендеринг
- + Поддерживает вариативность
- + Не требует изменений в устройстве
- + Может поддерживать изменение дизайна



# Разница в расположении



# Состояния кнопок



Различаются только цветом

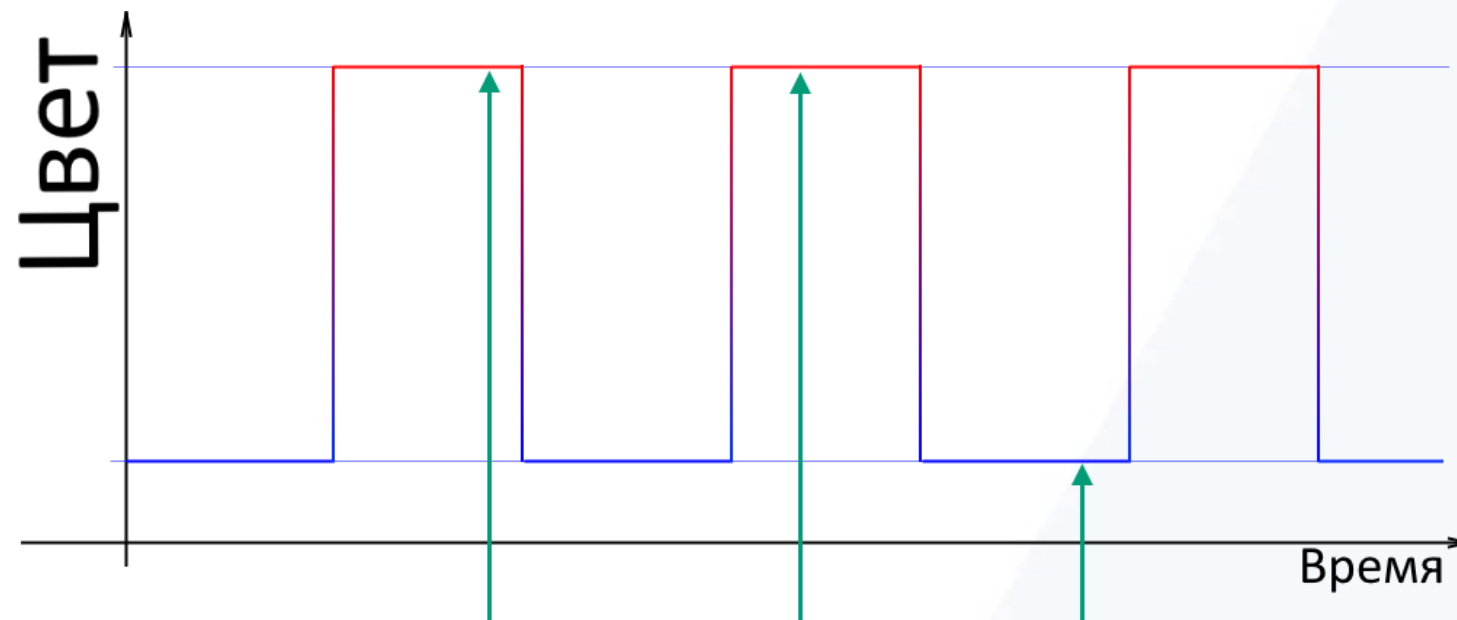




# Динамика



- ✓ Мигание
- ✓ Чередование сообщений
- ✓ Обновление графиков



# Сравнение подходов



	Тестовый интерфейс	Эталоны	Распознавание
Тестирует рендеринг			
Один интерфейс для всех задач			
Допускает изменение дизайна			
Проверяет мигание, чередование сообщений, обновление графиков			
Допускает погрешность данных			

# Модель у нас в голове



- ✓ Посмотрев на интерфейс, мы можем его формально описать
- ✓ Таким образом, мы сами формируем модель

# Заказчик толкует требования



- ✓ Непонятные ситуации требуют обсуждения, иногда с заказчиком
- ✓ Поэтому нельзя доверять алгоритму принимать решения

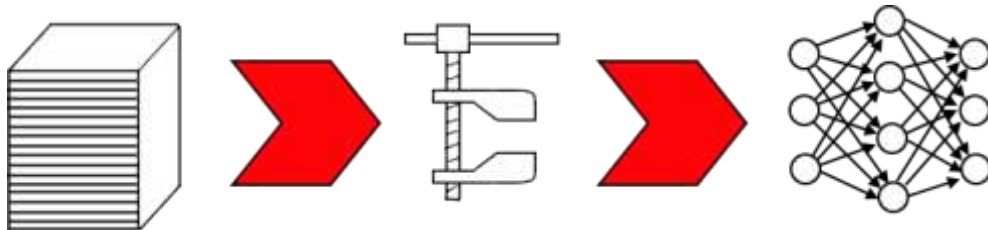
# Датасет – дорогой продукт



- ✓ Собирать данные - дорого и сложно
- ✓ Тест должен быть максимально простым

# Нужен 100% результат

- ✓ В медицине результат должен быть 100-процентным, потому что цена ошибки – жизнь
- ✓ Даже самые редкие кейсы надо учесть. Нельзя отбросить их как статистические выбросы
- ✓ Если нужно обновить алгоритм для новых тестов, мы его обновим
- ✓ Если сеть выдает ошибки, как ни готовь выборку, придется менять архитектуру сети



# Риски ML в медицине



Машинное обучение	Тест
Учится на примерах	Объект тестирования понятен
Самостоятельно обобщает примеры	Только заказчик трактует требования
Требует много данных	Должен быть проще тестируемого продукта
Может ошибаться даже на обучающей выборке	Должен стабильно проходить



# Что мы распознаем

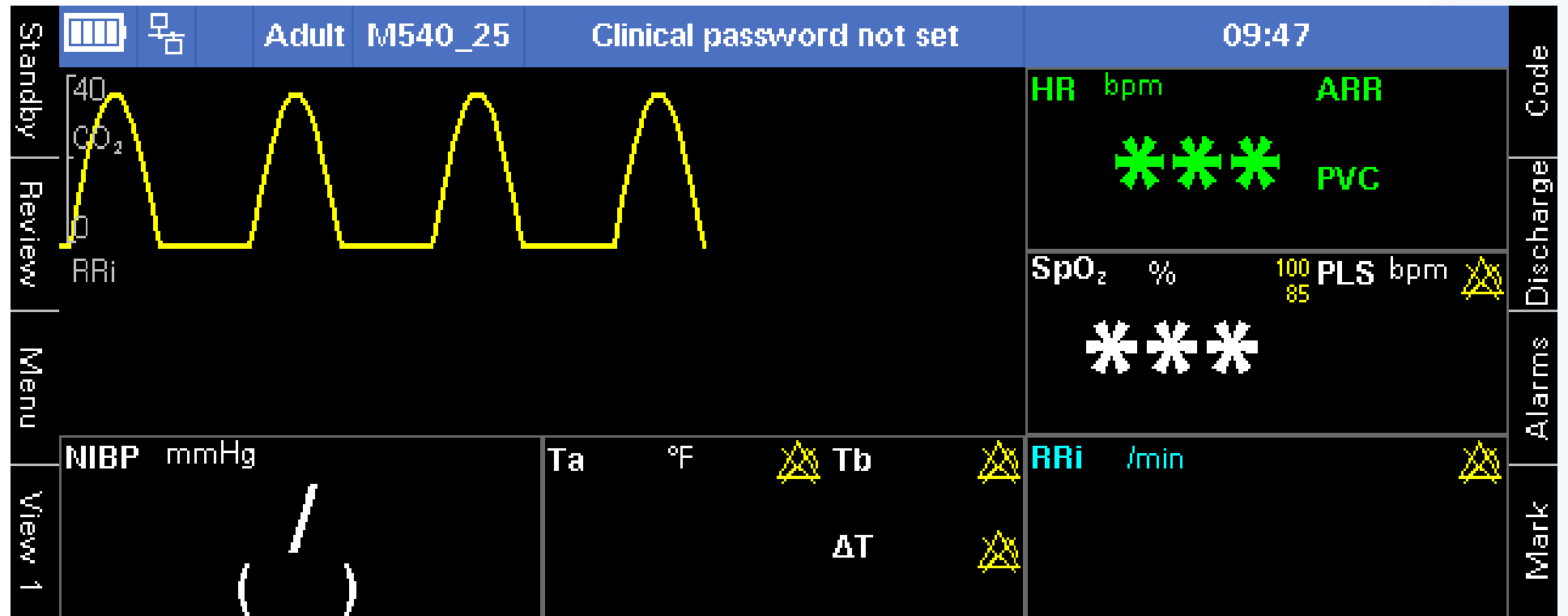
- ✓ Иконки
- ✓ Тексты
- ✓ Графики



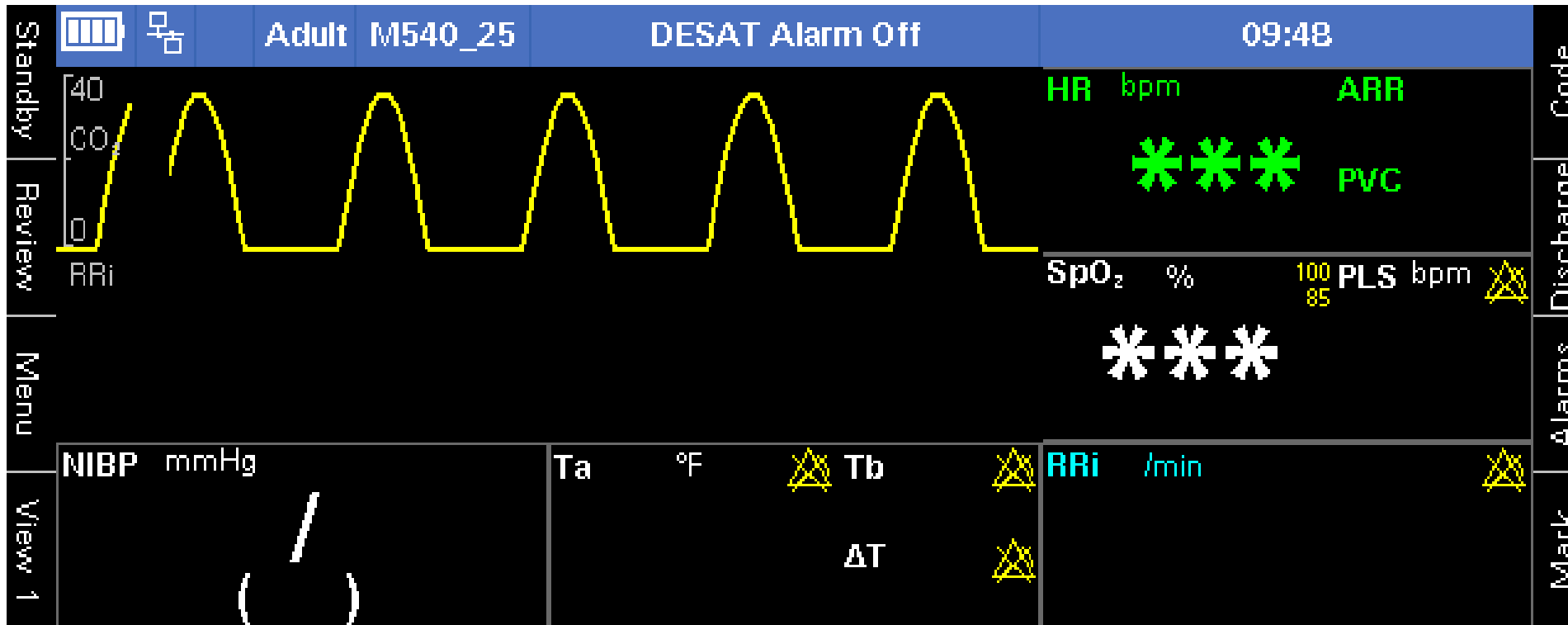
# Структура главного экрана



- Ищем прямоугольники, ограниченные сплошными линиями



# Видите проблему?

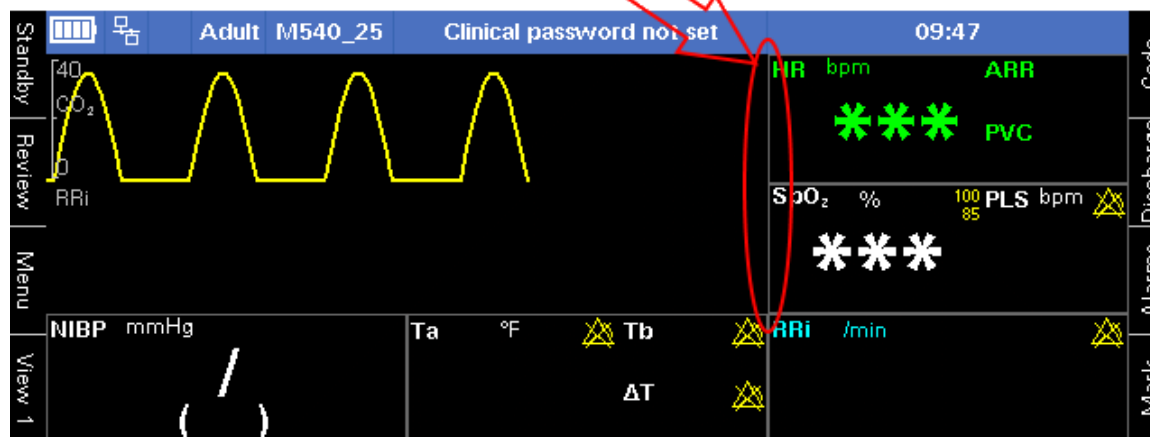


# Эта ошибка ломает распознавание

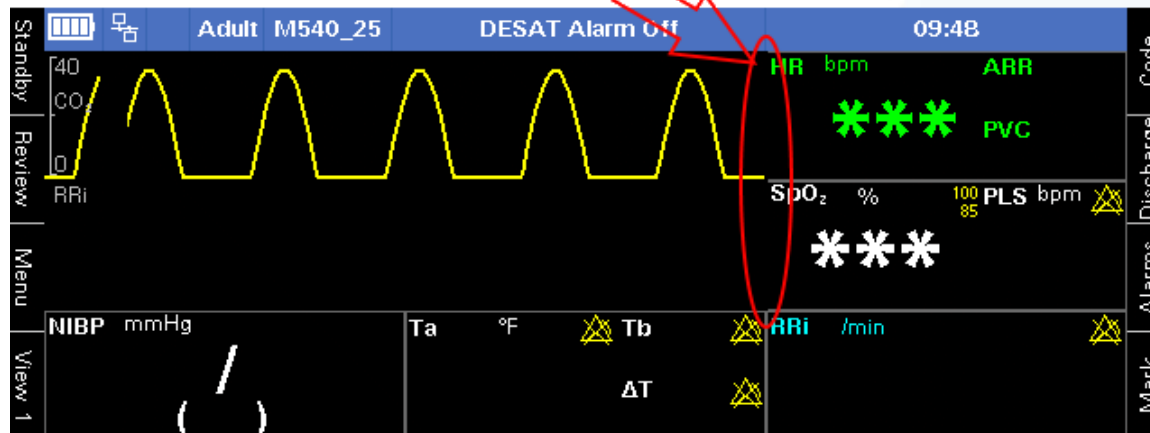


Линии нет – не находим параметр

Border is visible



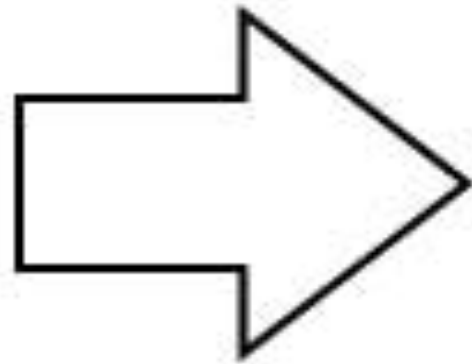
Border is invisible



# Распознавание иконок



Перцептивный хеш  
Int64 Hash(Bitmap);



1	2	3	4
5	6	7	8
9	0	1	2
3	4	5	6

# Распознавание текста



Поиск фрагмента изображения:

- ✓ Нужно собрать датасет
- ✓ Медленный алгоритм
- ✓ Чувствительность к изменению шрифта

Распознавание:

- ✓ Проблема давно решена
- ✓ Есть бесплатные библиотеки
- ✓ Лучше всего, что мы бы сделали сами

# Архитектура PaddleSharp



1. Detector
2. Classifier
3. Recognizer

Привет,  
мир

**1**

тэвнц

**2**

Привет

**3**

П,р,и,в,е,т

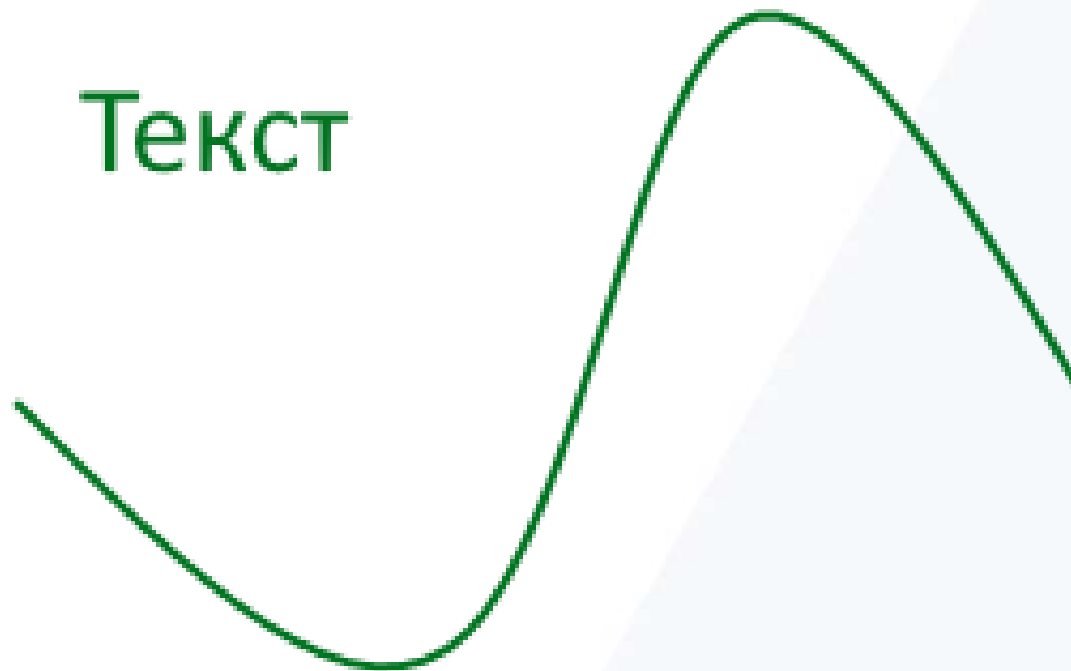


# График мешает найти текст

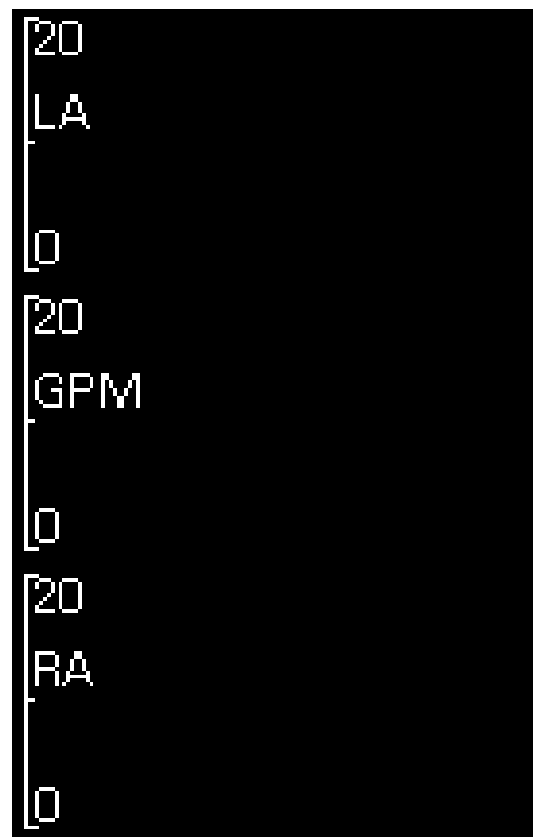
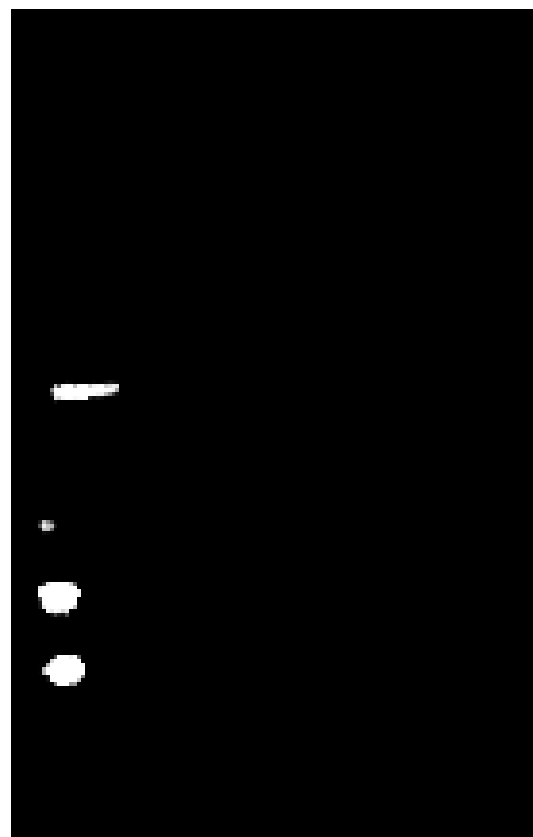
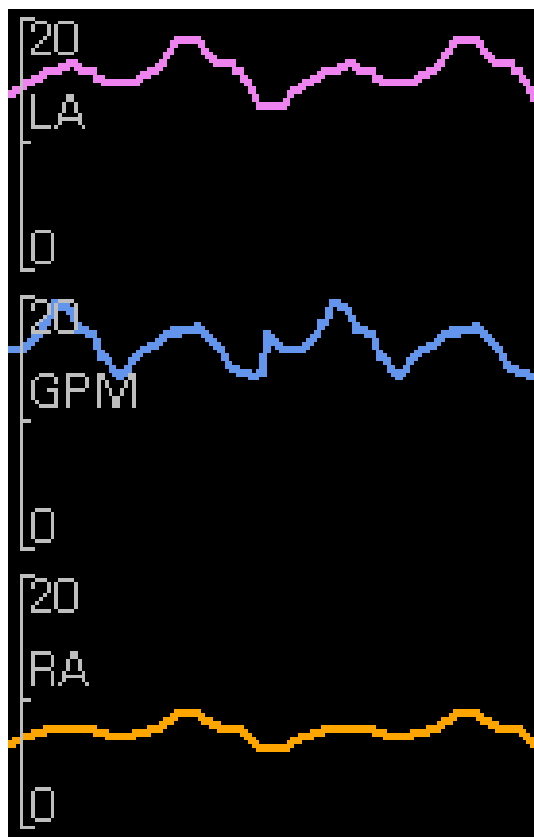


- ✓ Даже, если график не пересекает текст, Detector не находит текст

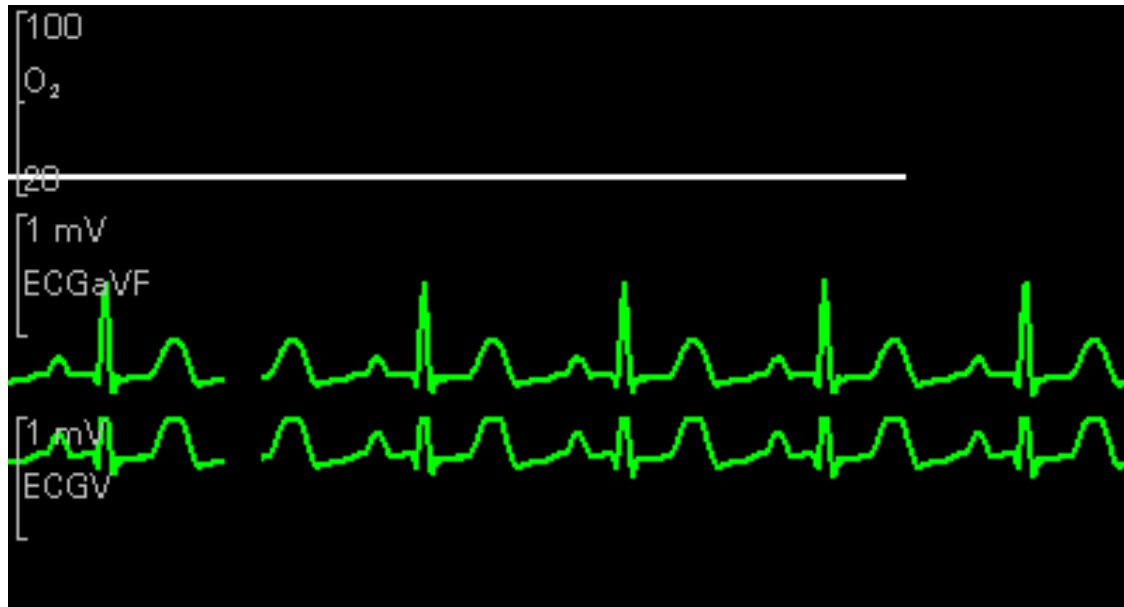
Текст



# Детектор не находит текст



# Детектор находит график



# Отдельные тексты



- ✓ Recognizer обучен на английских словах
- ✓ У нас используются специальные обозначения, а не целые слова

ECGI  
ECGII  
ECGIII  
SpO<sub>2</sub>

# Тестовая выборка

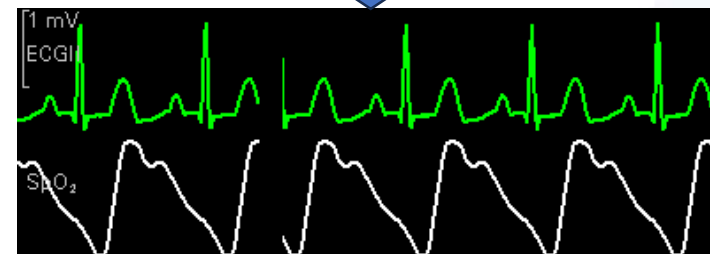
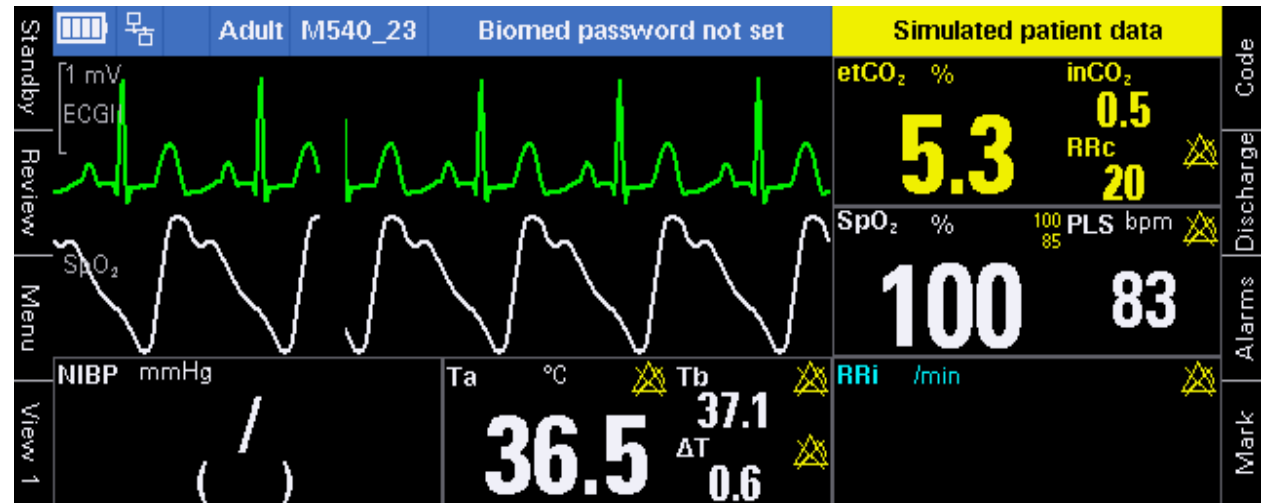


- ✓ Такое количество проблем требует тщательного тестирования
- ✓ Выборка содержит картинки и ожидаемые результаты распознавания

Картинка	Текст
	Pic1
	Pic2
	Pic3
	Pic4
	Pic5
	Pic6
	Pic7
	Pic8
	Pic9
	Pic10
	Pic11
	Pic12
	Pic13
	Pic14
	Pic15

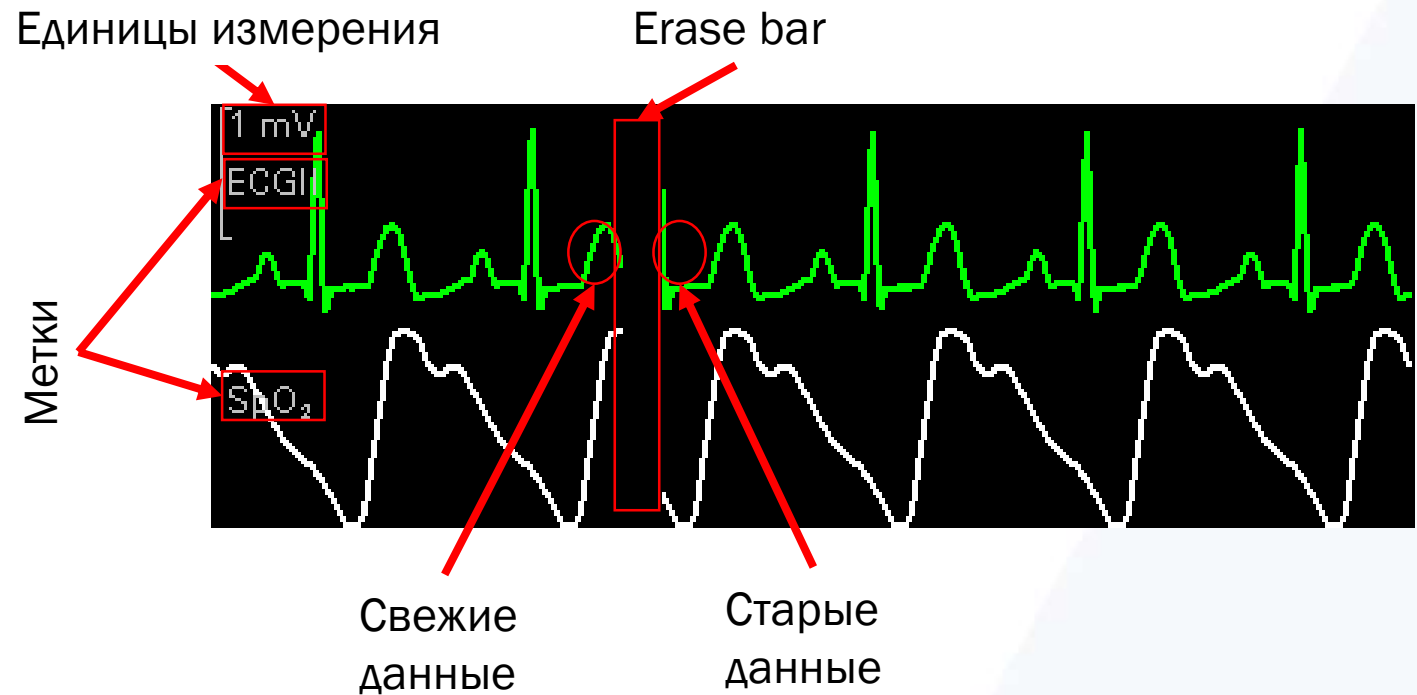
# Графики: задачи

- ✓ Виден или нет
- ✓ Обновляется ли динамически
- ✓ Скорость обновления (временной масштаб)
- ✓ Цвет
- ✓ Классификация сигнала (какого вида график находится в рассматриваемом месте)



# Графики. С чем работаем?

- ✓ Виден или нет
- ✓ Обновляется ли динамически
- ✓ Скорость обновления (временной масштаб)
- ✓ Цвет
- ✓ Классификация сигнала (какого вида график находится в рассматриваемом месте)



# Графики. Как едет erase bar?



Тут будет видео

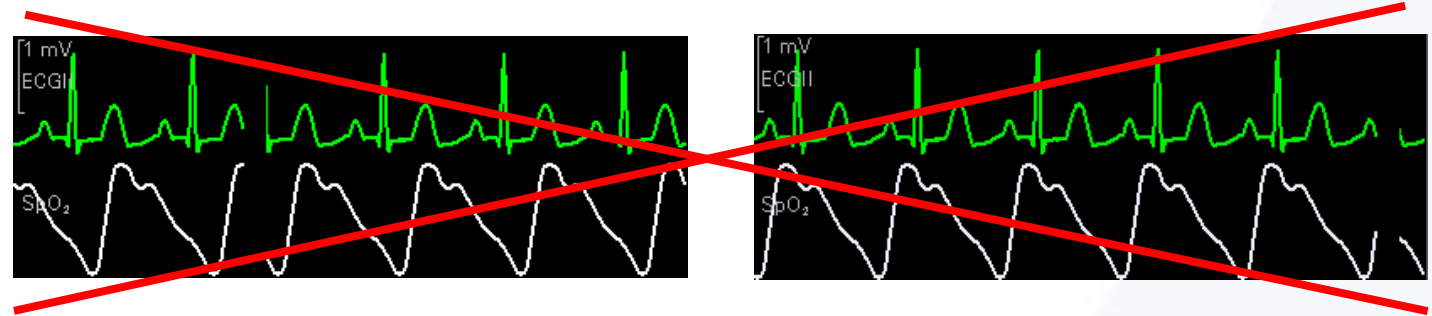


# Распознавание графиков. Сравнение с эталоном

+ Простое добавление тест кейса.

- Невозможно воспроизвести эталон с точностью до пикселя:

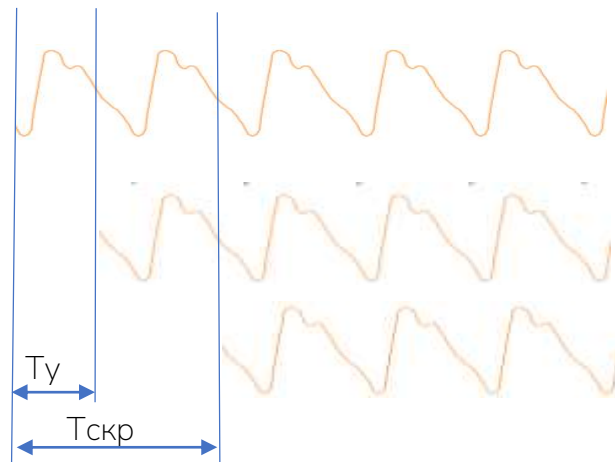
- ✓ Нет синхронизации с симулятором
- ✓ Позиция на экране может изменяться в зависимости от настроек
- ✓ Вариативность формы графика в зависимости от комбинации параметров



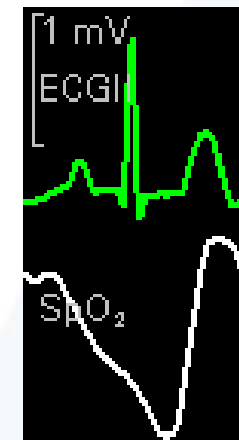
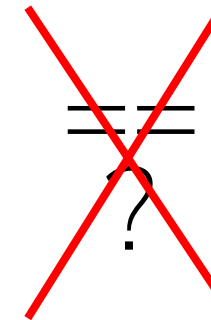
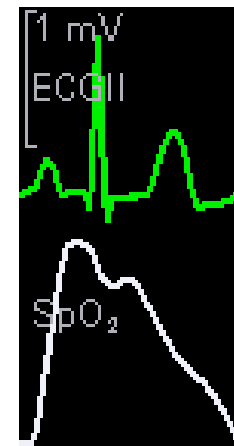
Симулятор

Устройство

Скриншот



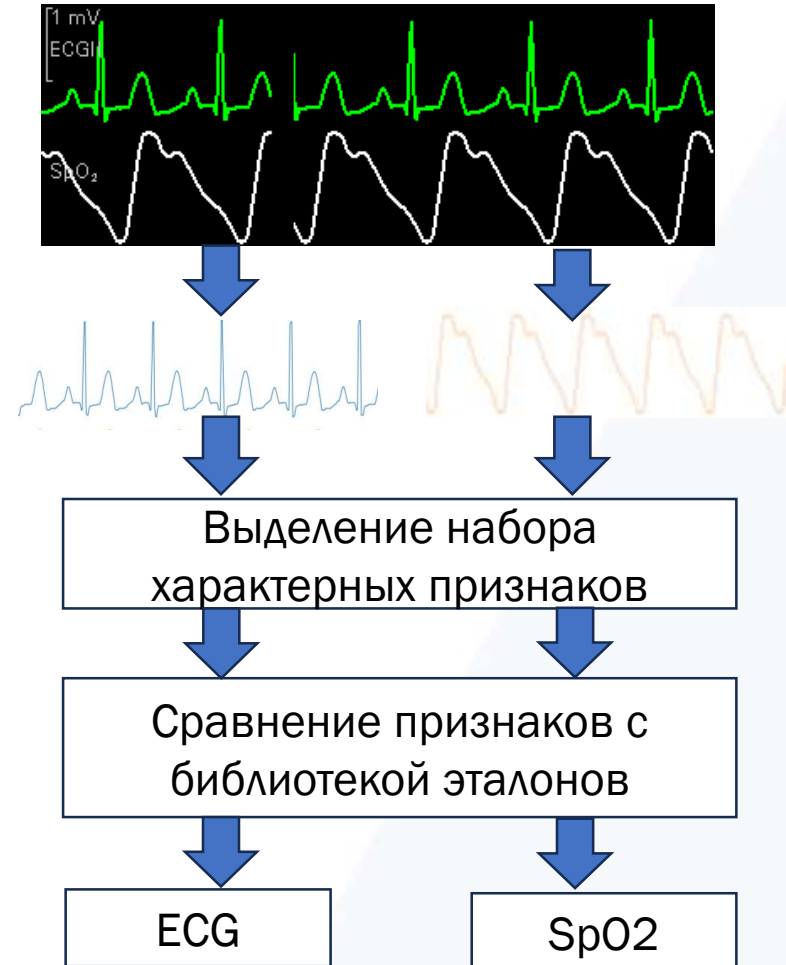
$T_y + T_{скр} \neq const \Rightarrow$  неопределенность начальной фазы



# Распознавание графиков. Оцифровка и анализ.



- + Не зависит от синхронизации
- + Не зависит от положения на экране
- + Не зависит от изменения формы сигнала при изменении параметров симулятора
- Сложность реализации



# Анализ графиков: подходы



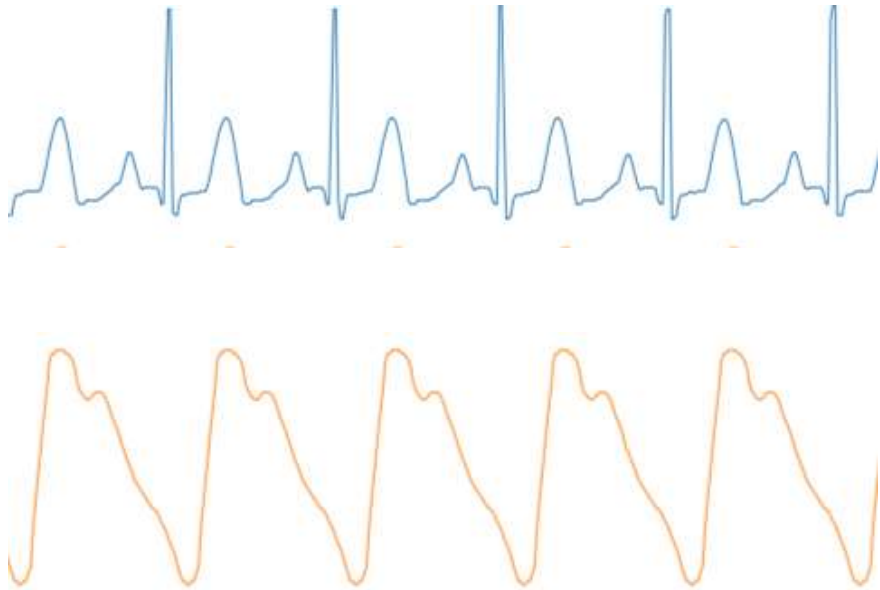
	Эталоны	Оцифровка и анализ
Простое добавление тесткейса		
Устойчив к изменению параметров сигнала		
Устойчив к изменению настроек вывода на экран		
Допускает погрешность данных		

# Распознавание графиков. Оцифровка

## Почему работа с экраном?

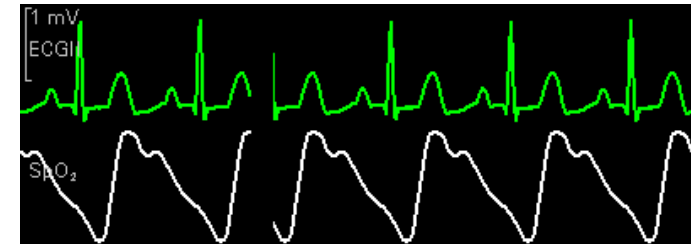


Симулятор



Сигналы

Устройство



Black box

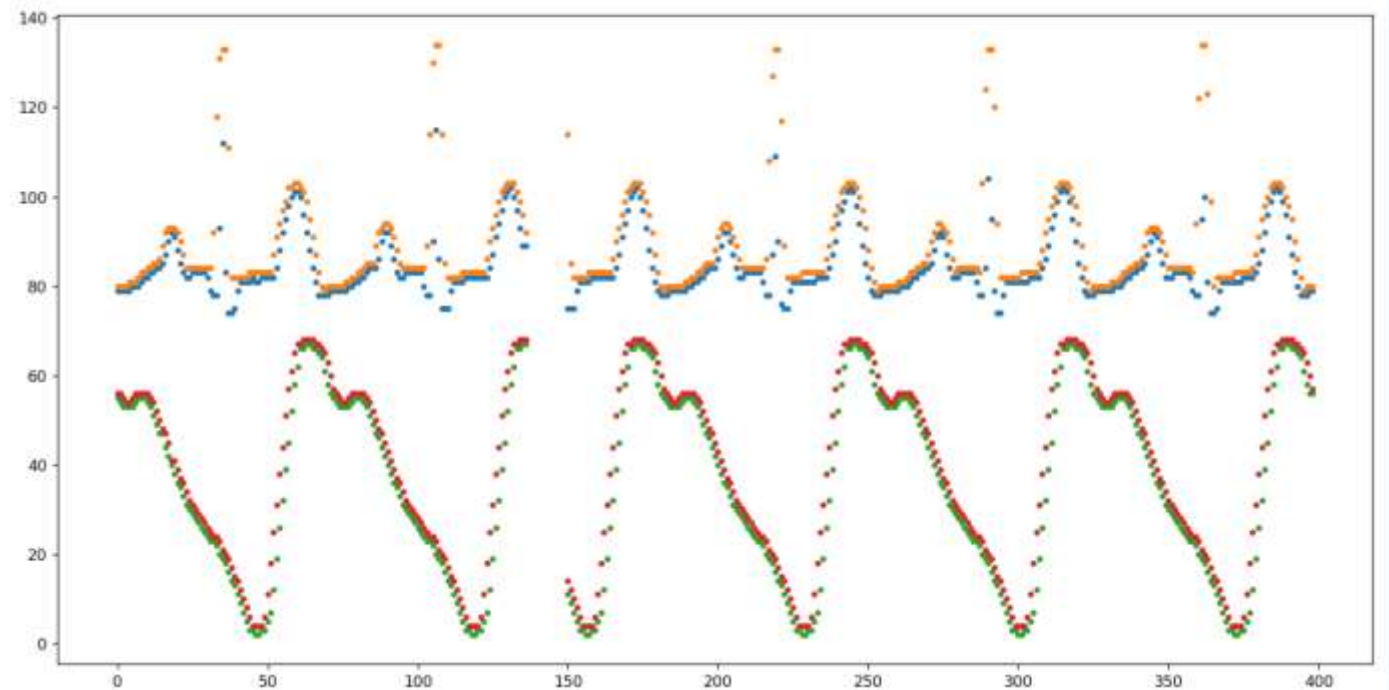
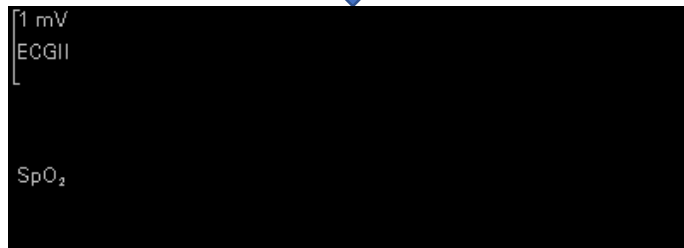
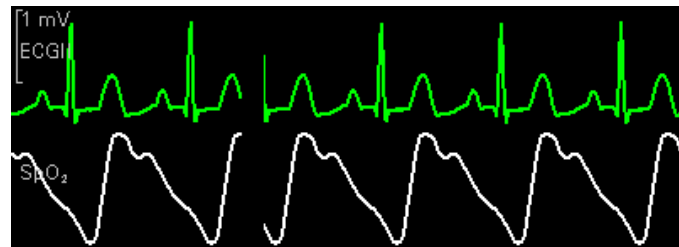
Оцифровывает и обрабатывает  
сигналы с датчиков

Отсутствует API для получения значений  
сигналов

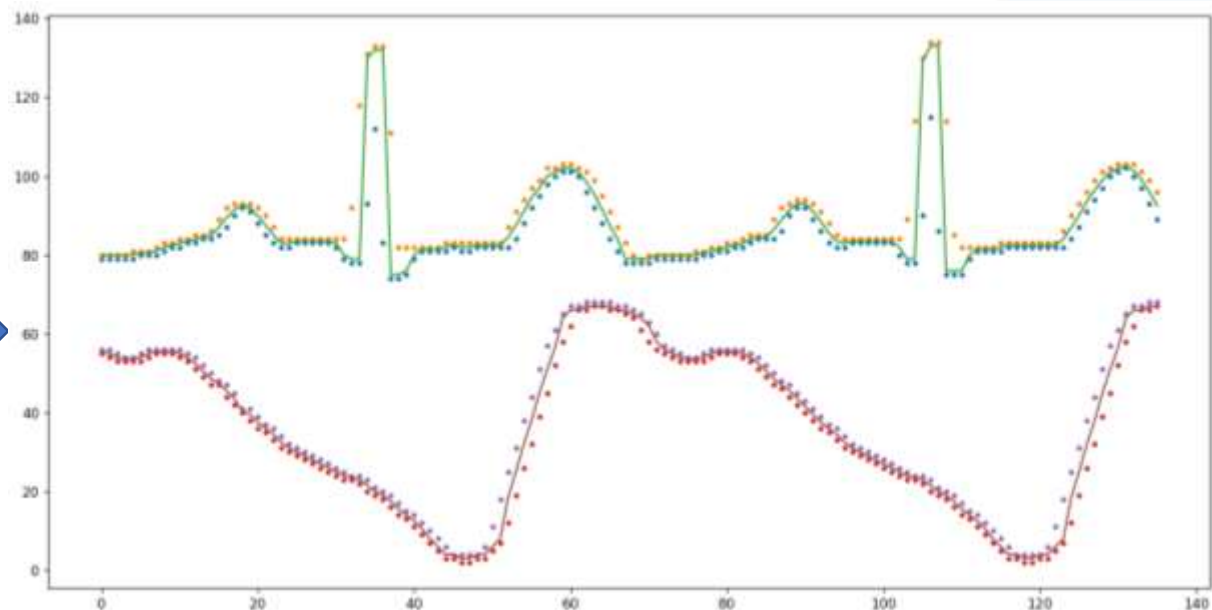
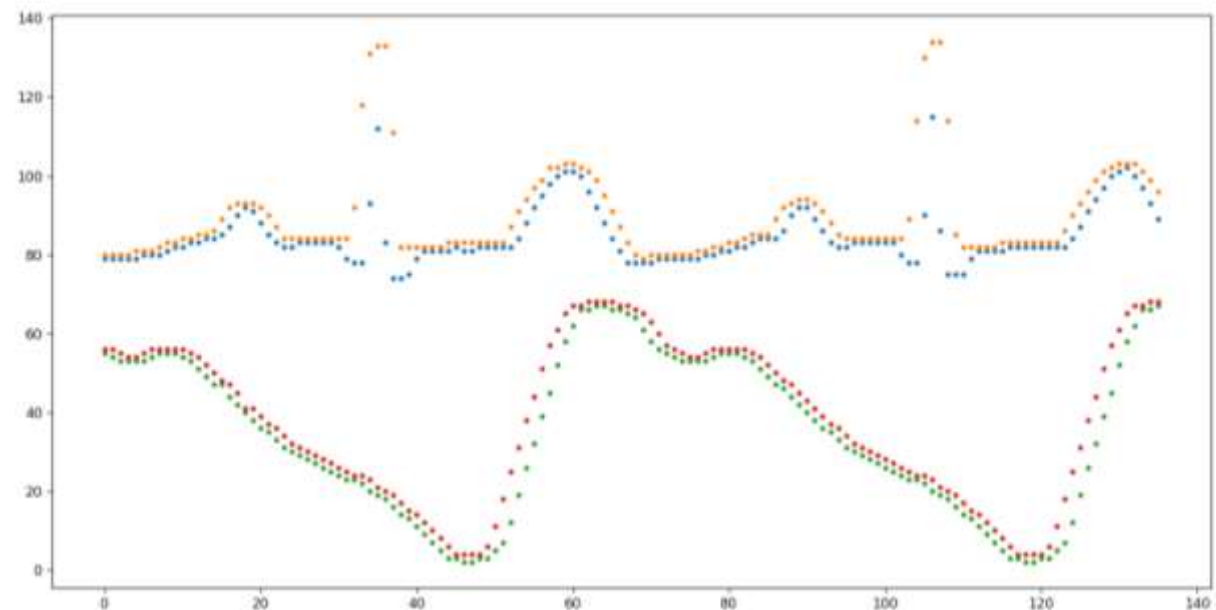
Отсутствует возможность реализации  
такого API

Есть API для получения скриншотов

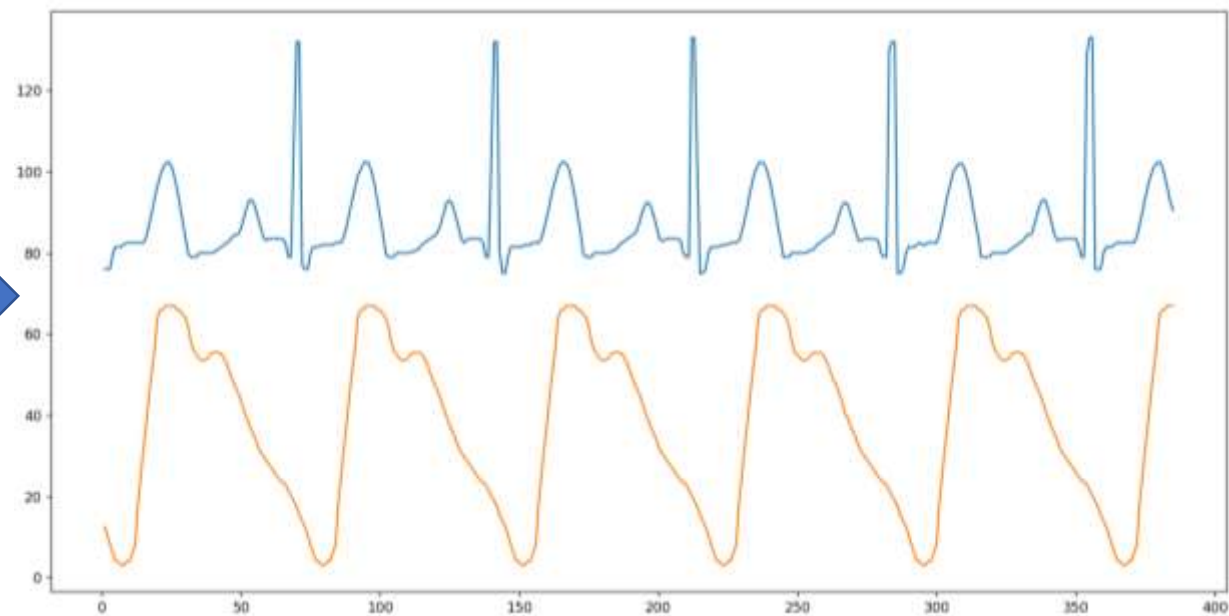
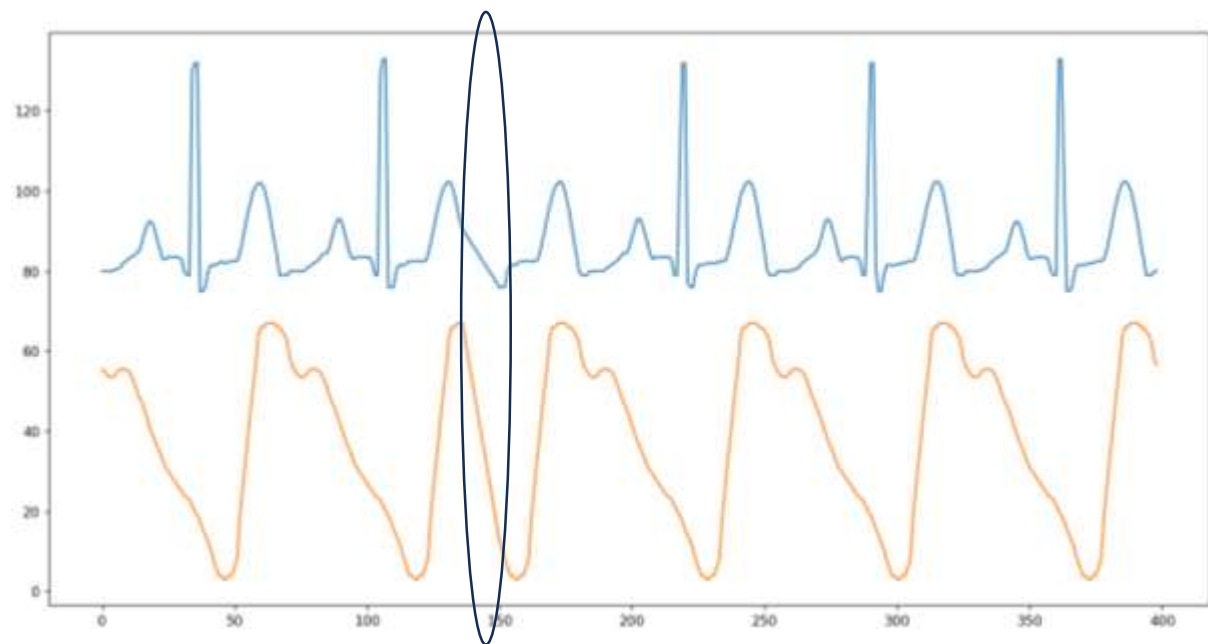
# Распознавание графиков. Оцифровка Верхняя и нижняя огибающие



# Распознавание графиков. Оцифровка Восстановление сигнала из огибающих



# Распознавание графиков. Оцифровка Правильный порядок времени



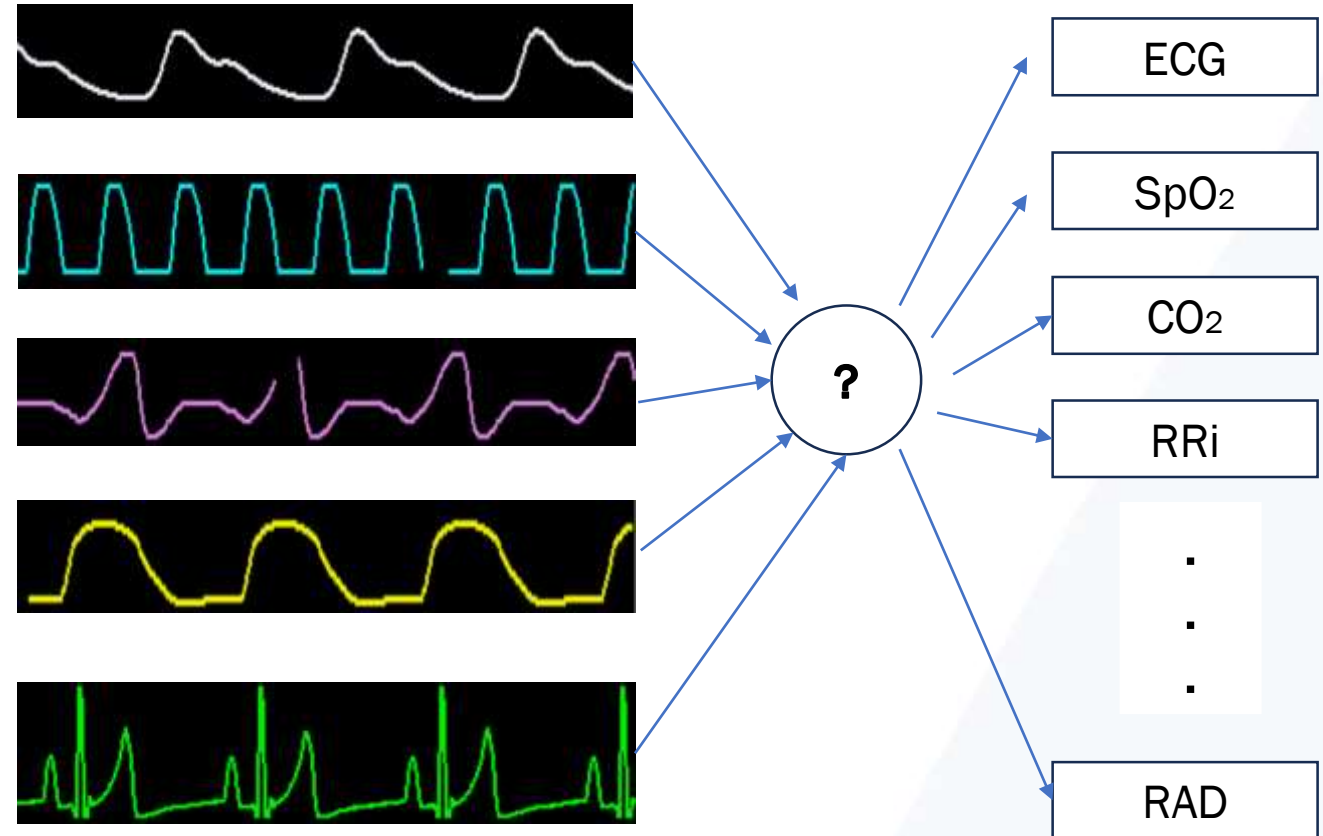
# Распознавание графиков. Классификация

Необходимо выполнить классификацию графика по его внешнему виду:

- Метки графика могут отсутствовать.

- График может не соответствовать метке

Выделяем набор характерных признаков и сравниваем с образцом





# Распознавание графиков. Аннотация. Предварительная обработка.

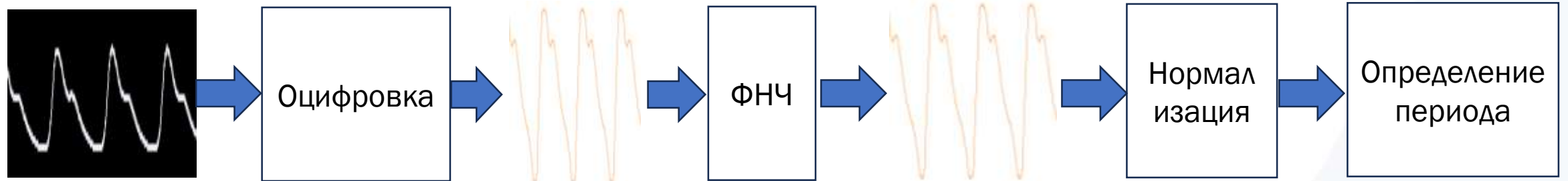
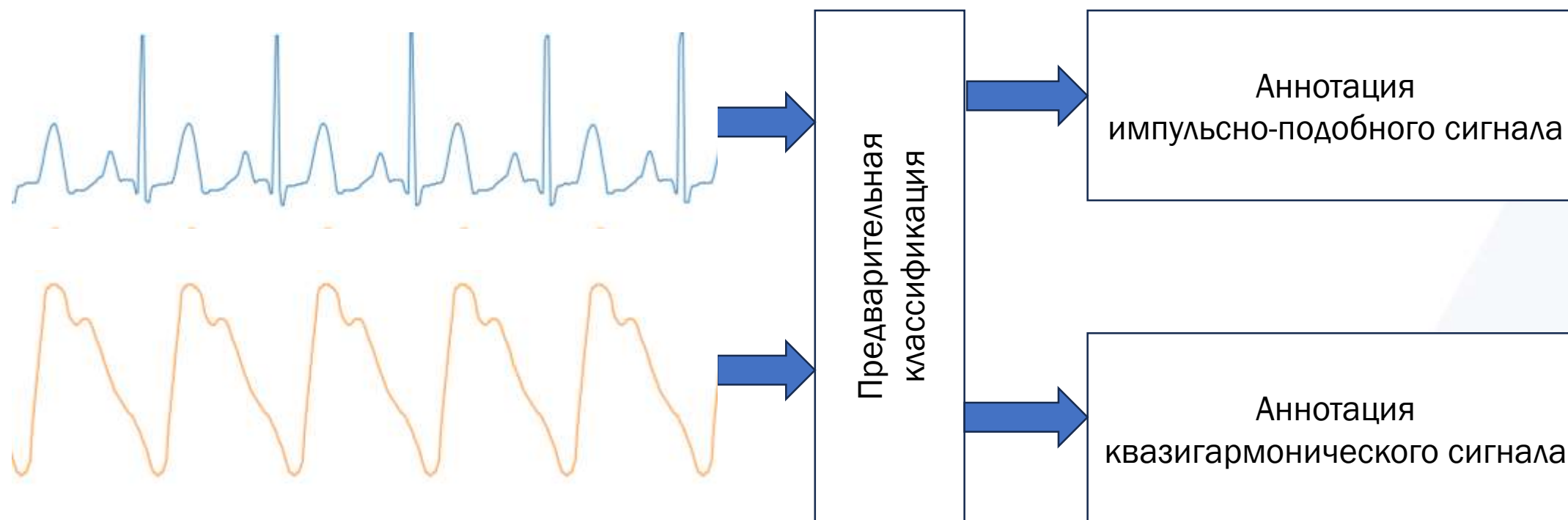


Схема предварительной обработки

# Распознавание графиков. Предварительная классификация



Анализируем вид графика, производим предварительную классификацию

# Распознавание графиков. Аннотация. Импульсноподобный сигнал.

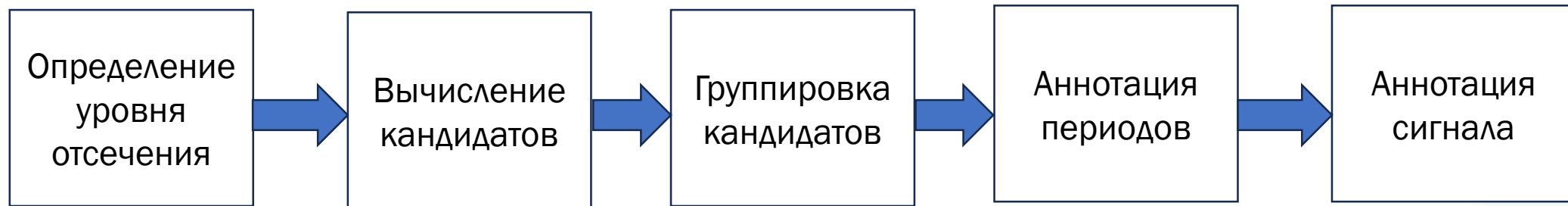
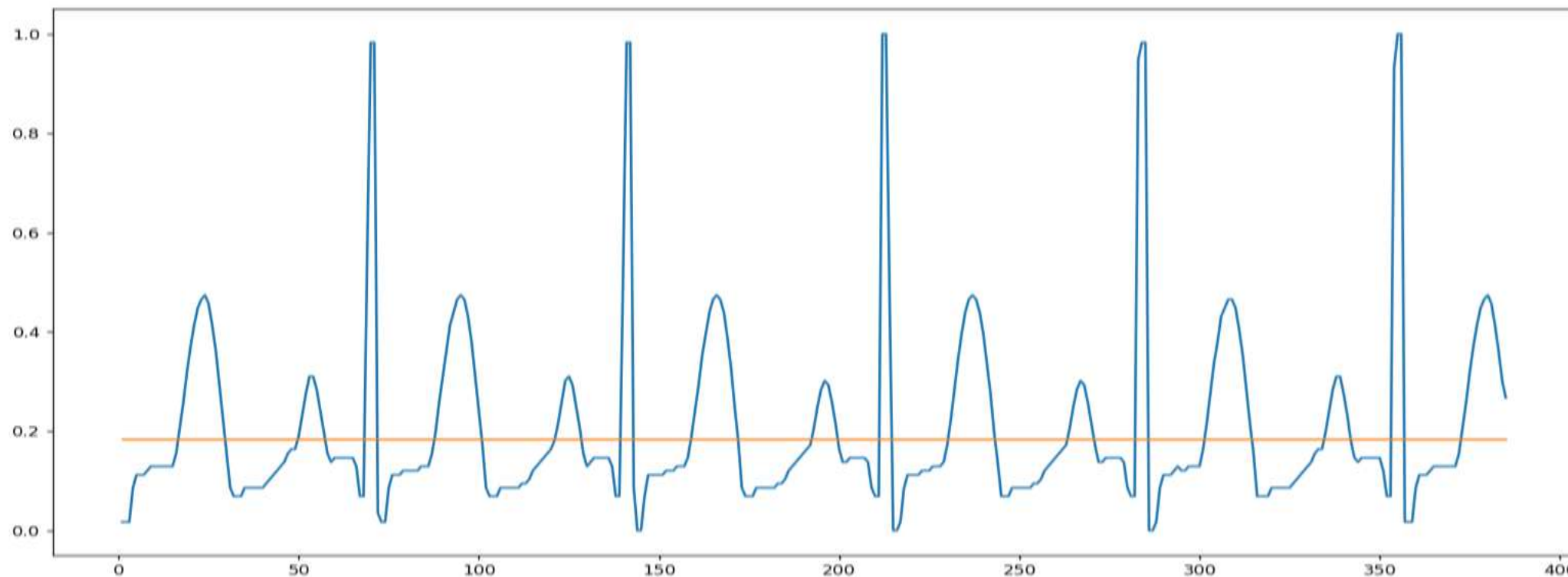


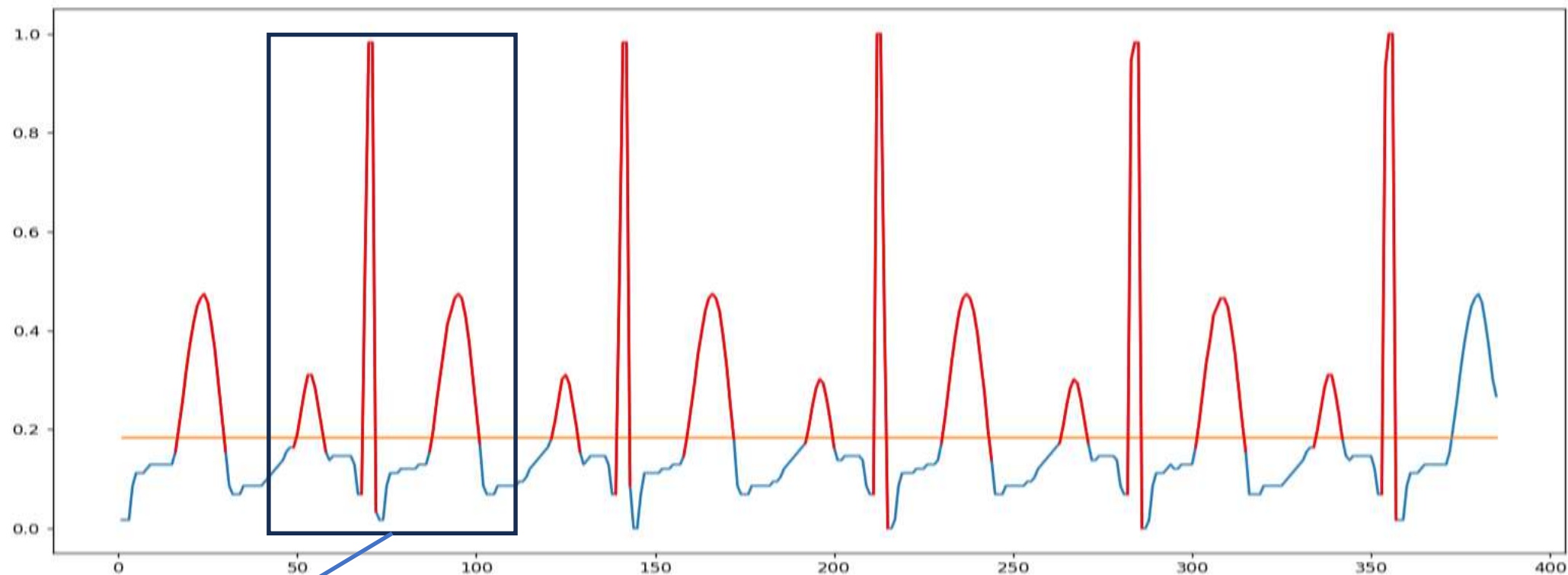
Схема обработки импульсноподобного сигнала

# Распознавание графиков. Аннотация. Импульсноподобный сигнал.

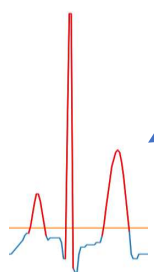


Определение уровня отсечения

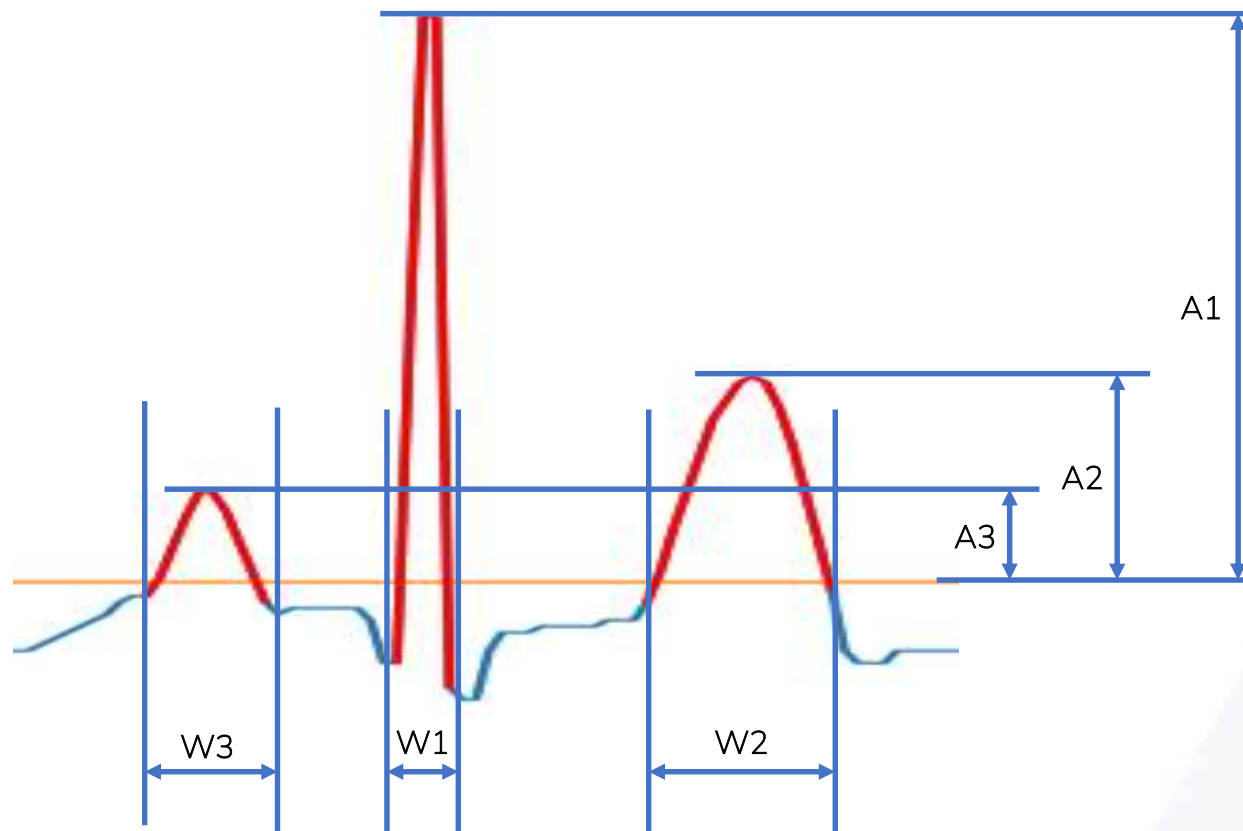
# Распознавание графиков. Аннотация. Импульсноподобный сигнал.



Определение кандидатов

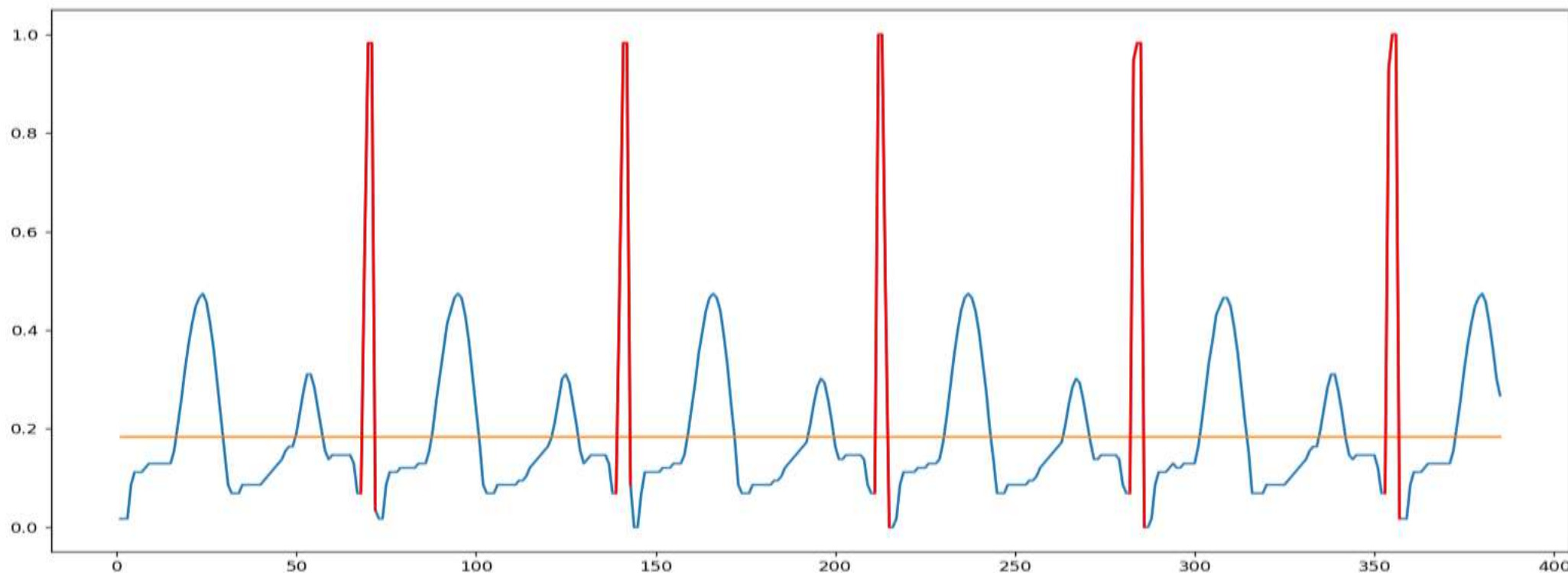


# Распознавание графиков. Аннотация. Импульсноподобный сигнал.



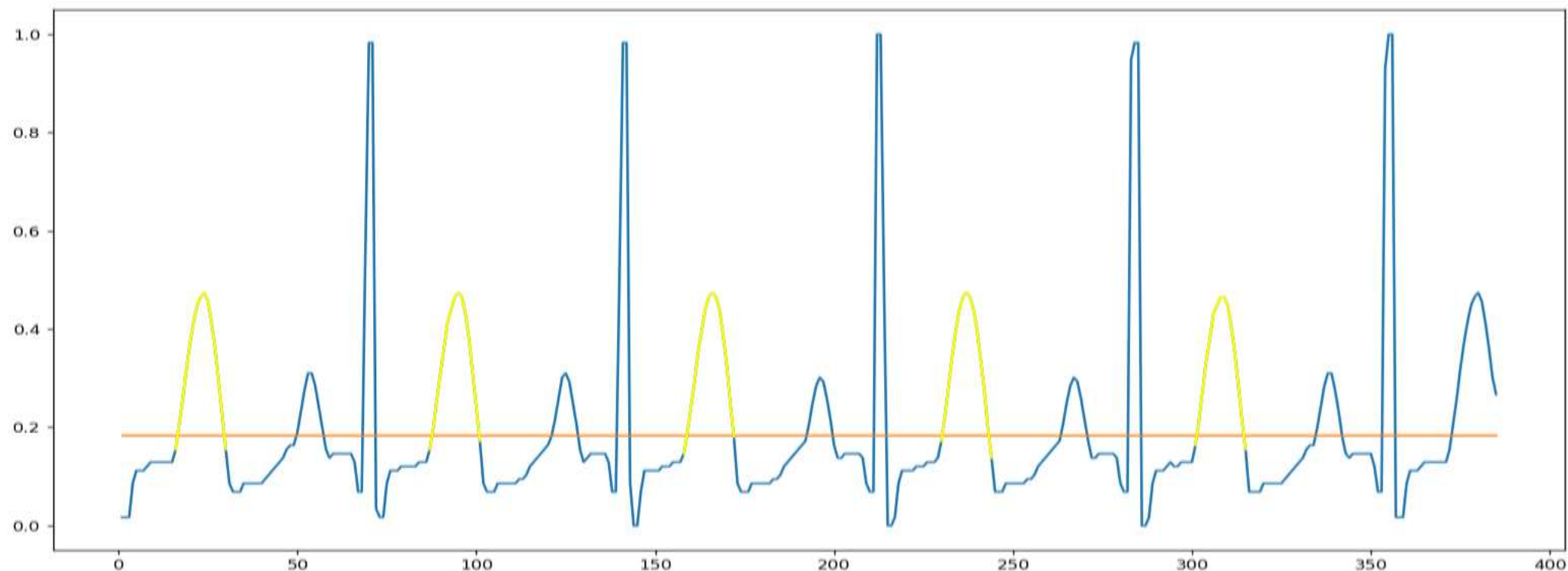
Критерии группировки. Ключ ( $A_x$ ,  $W_x$ )

# Распознавание графиков. Аннотация. Импульсноподобный сигнал.



Группировка кандидатов, группа 1

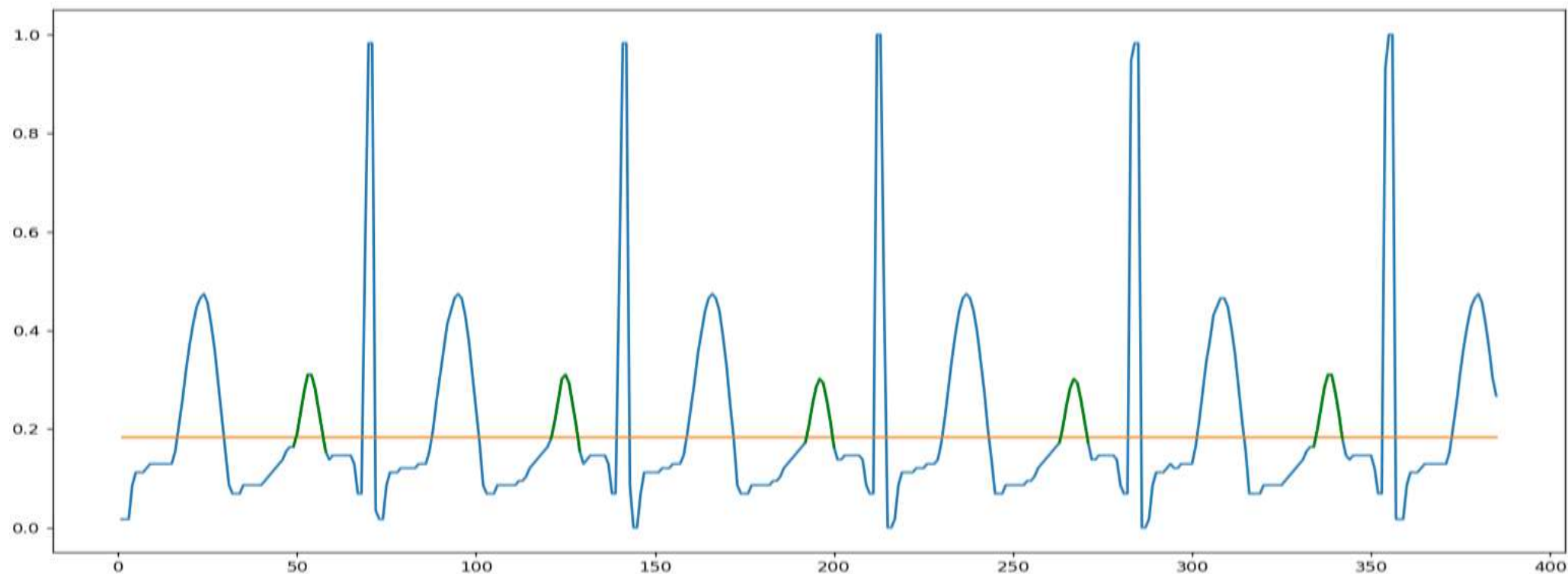
# Распознавание графиков. Аннотация. Импульсноподобный сигнал.



Группировка кандидатов, группа 2

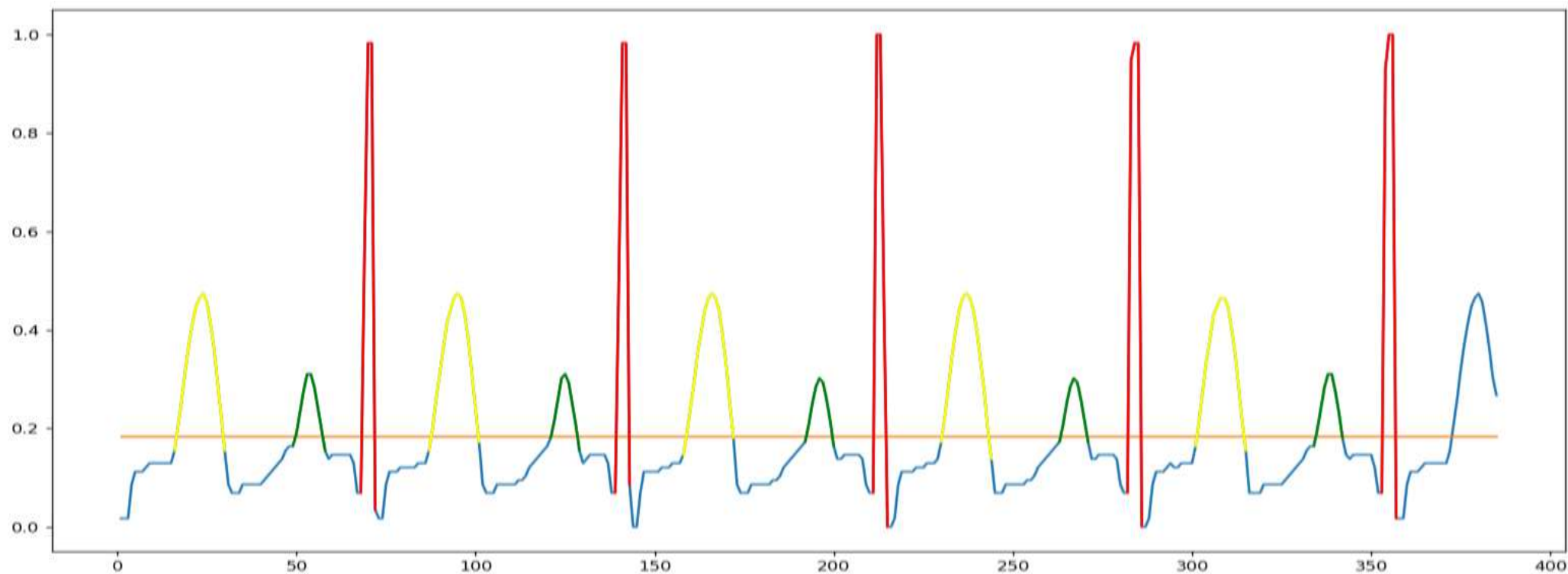


# Распознавание графиков. Аннотация. Импульсноподобный сигнал.



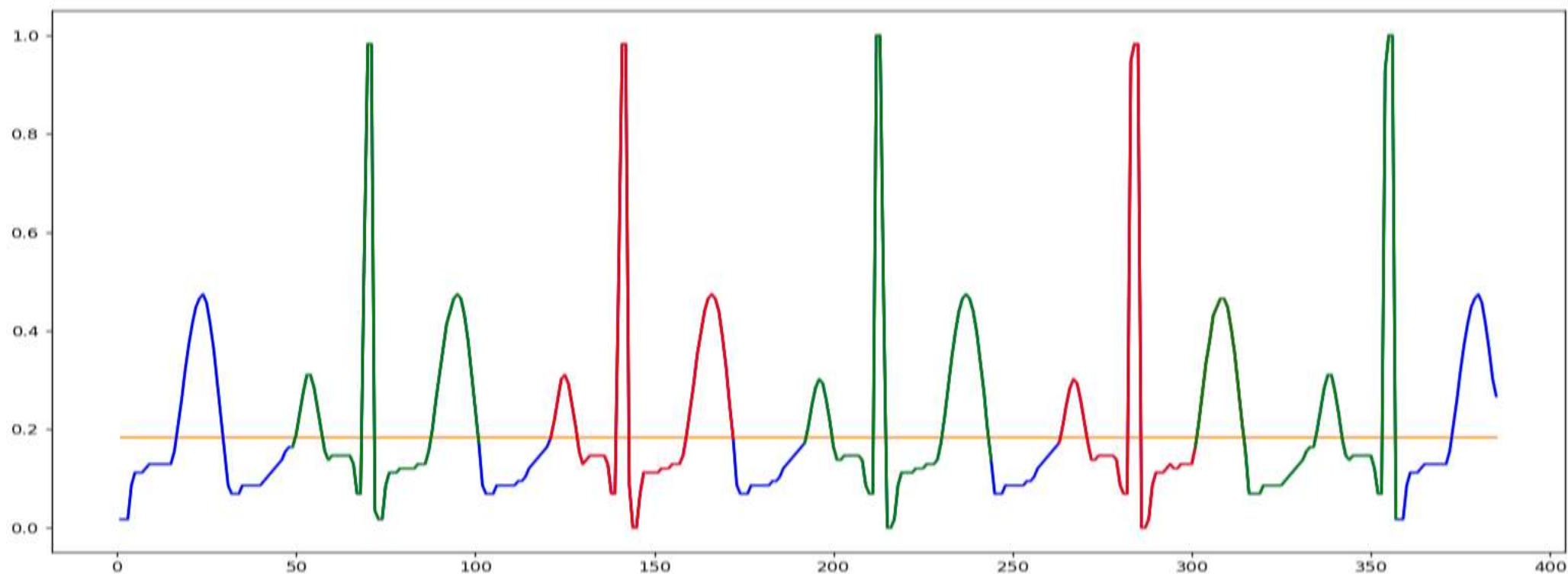
Группировка кандидатов, группа 3

# Распознавание графиков. Аннотация. Импульсноподобный сигнал.



Группировка кандидатов, все группы

# Распознавание графиков. Аннотация. Импульсноподобный сигнал.



Аннотация периодов сигнала.

Набор характерных признаков – форма и положение импульсов

# Распознавание графиков. Аннотация. Квазигармонический сигнал.

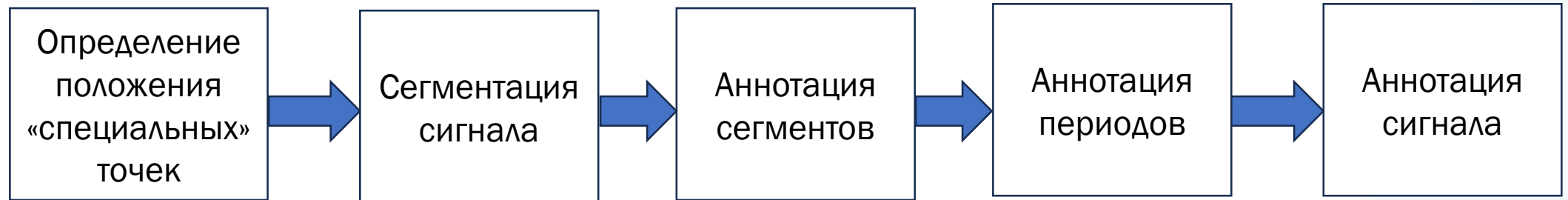
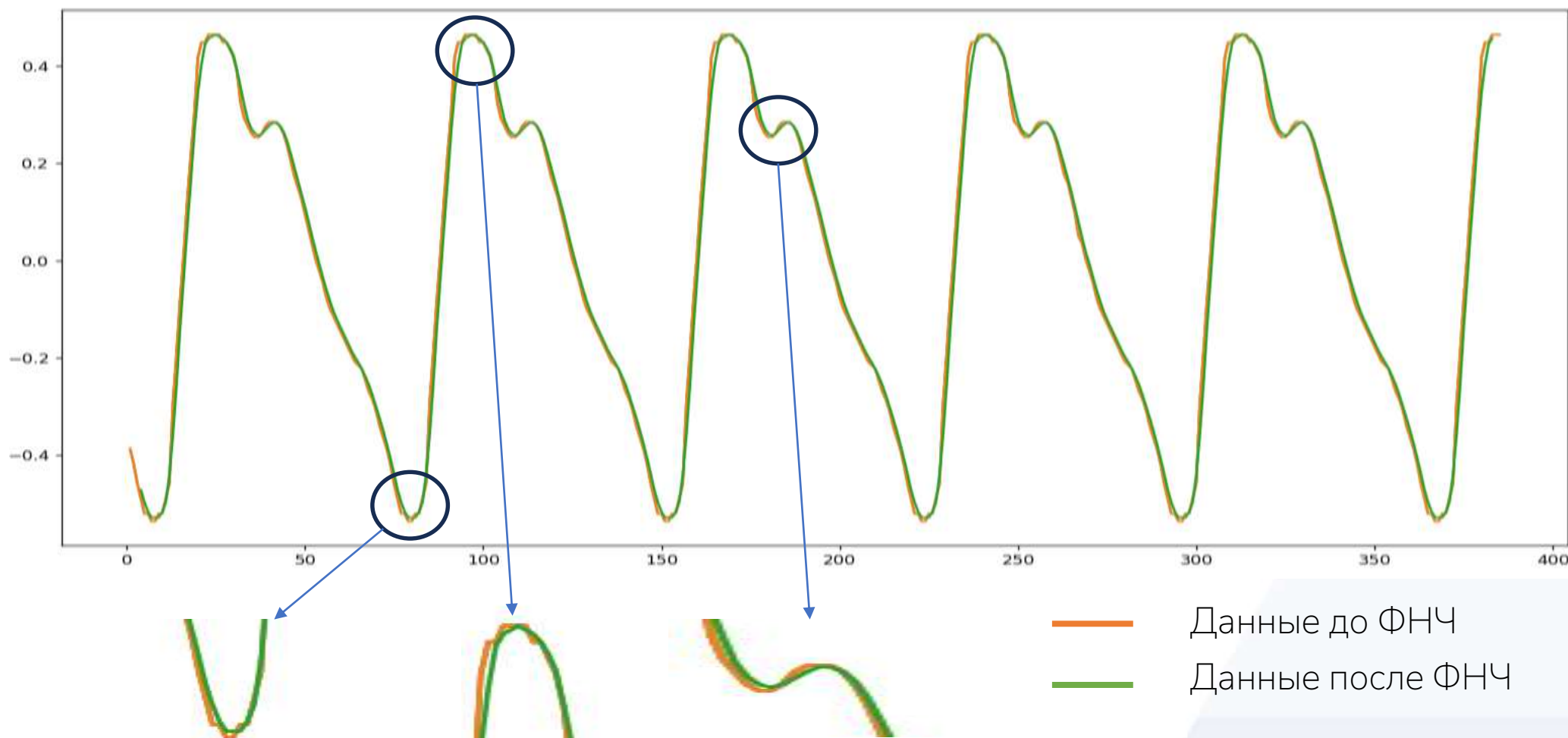
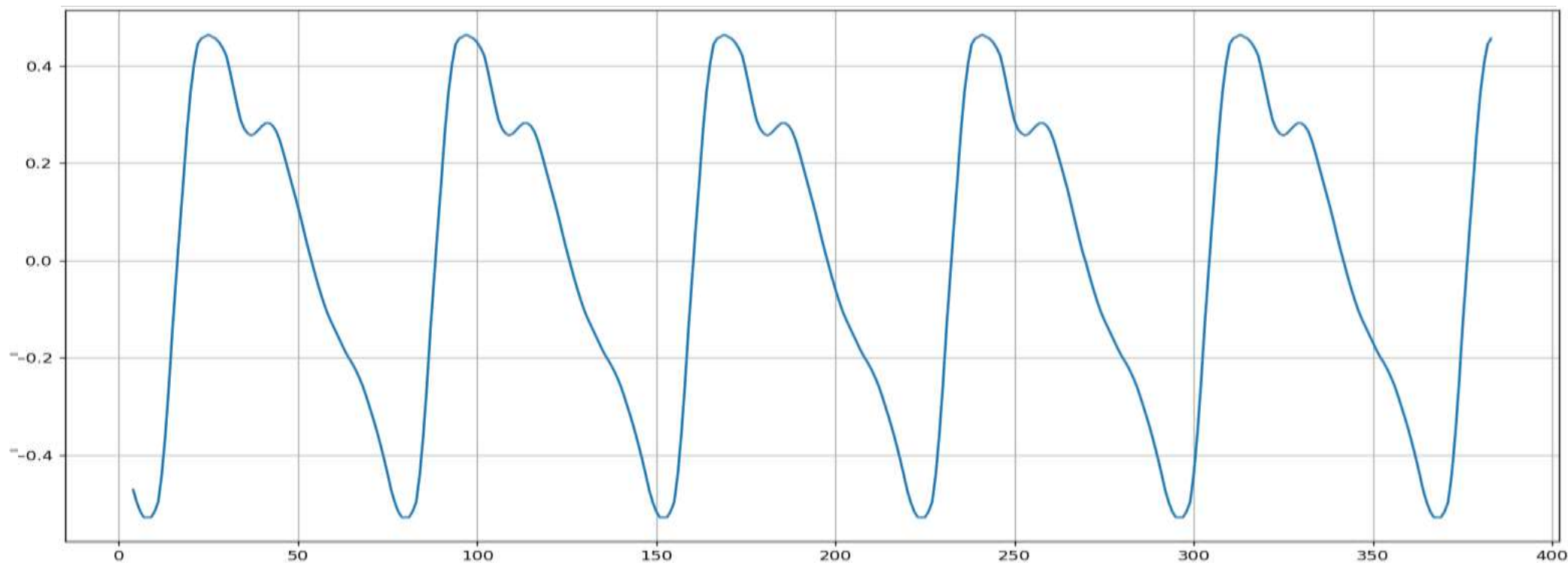


Схема обработки квазигармонического сигнала

# Распознавание графиков. Квазигармонический сигнал. ФНЧ.

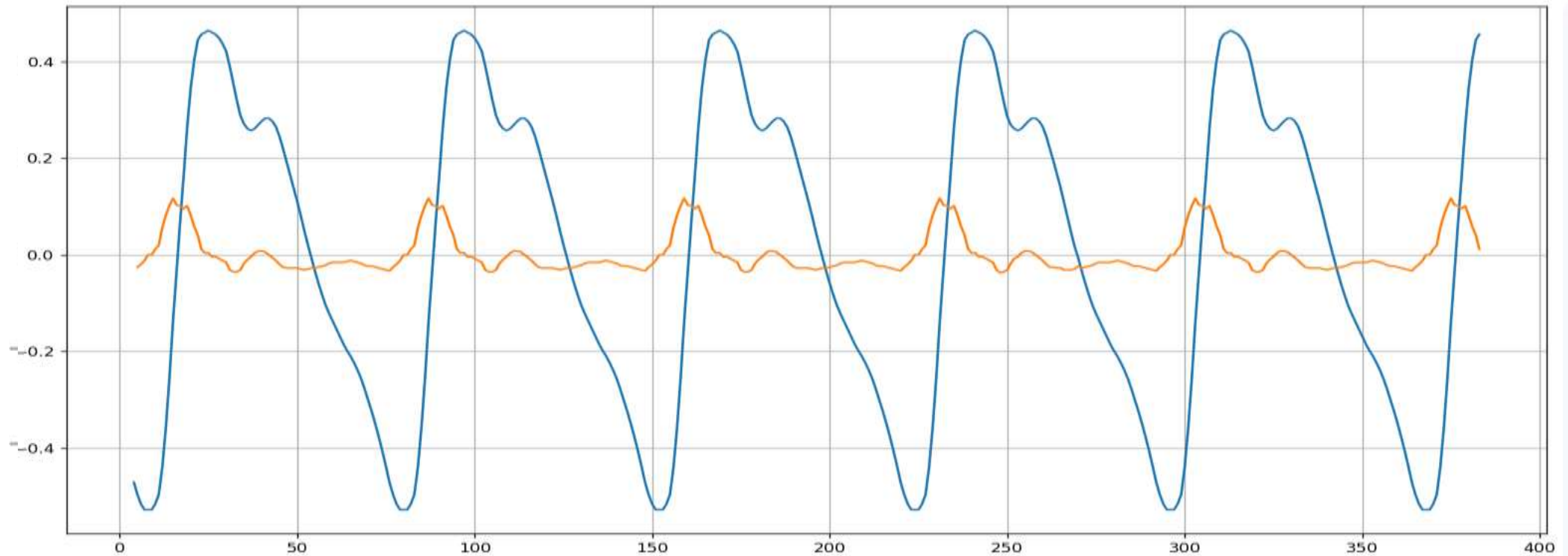


# Распознавание графиков. Квазигармонический сигнал.



Исходный сигнал

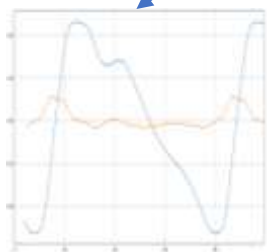
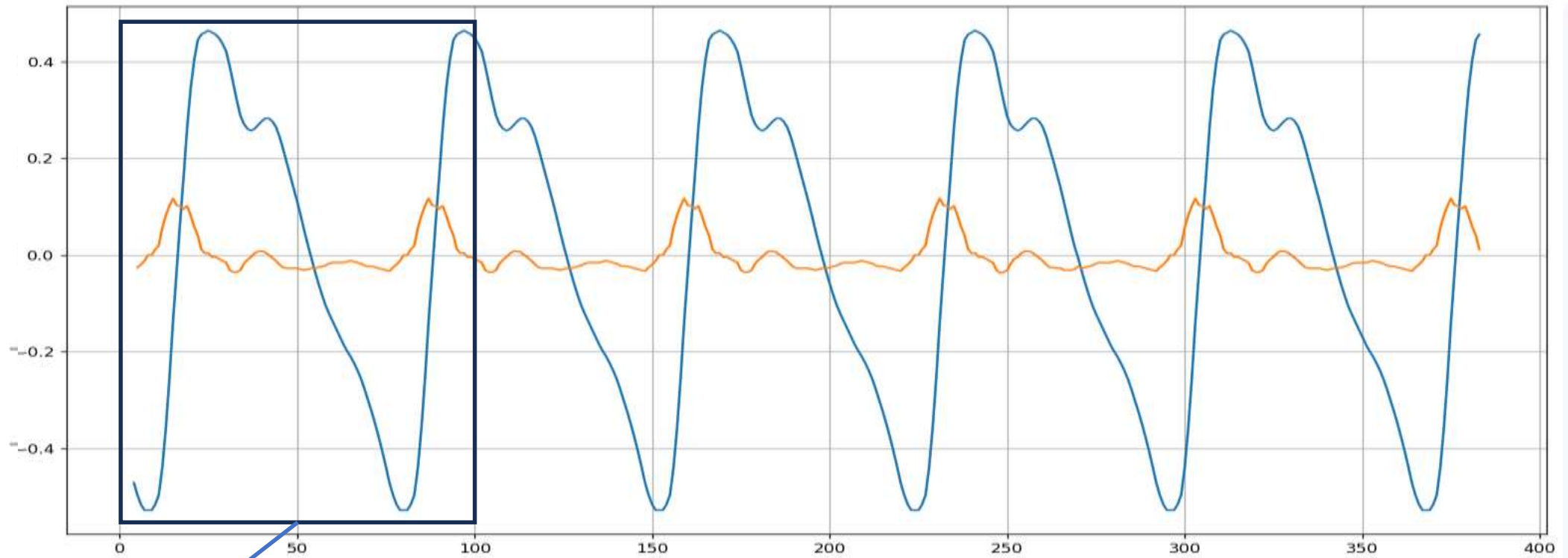
# Распознавание графиков. Квазигармонический сигнал.



Исходный сигнал и разностная кривая



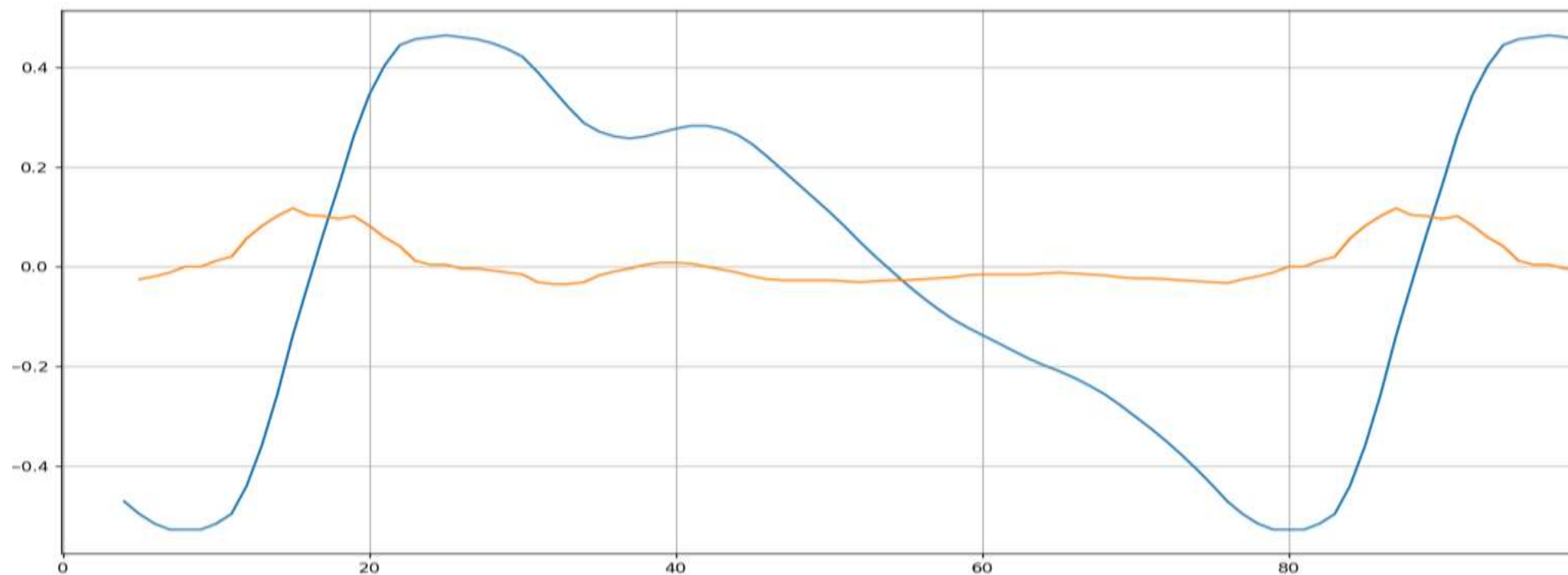
# Распознавание графиков. Квазигармонический сигнал.



Исходный сигнал и разностная кривая

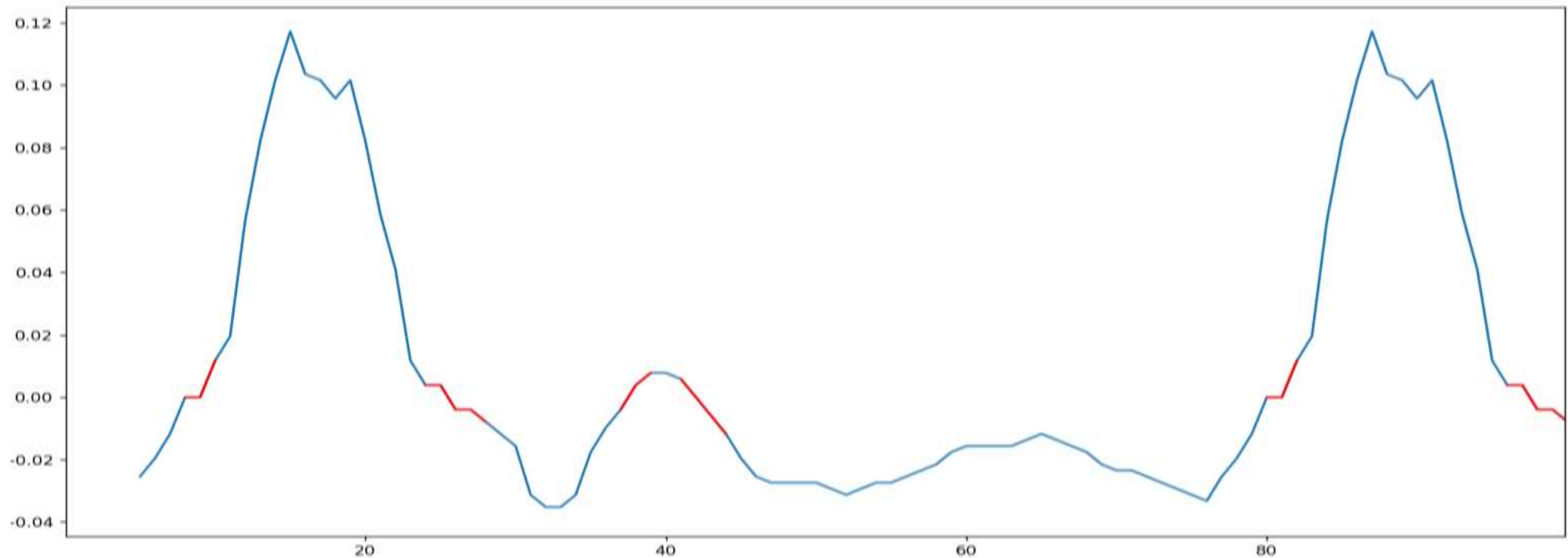


# Распознавание графиков. Квазигармонический сигнал.



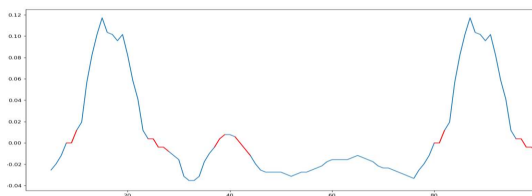
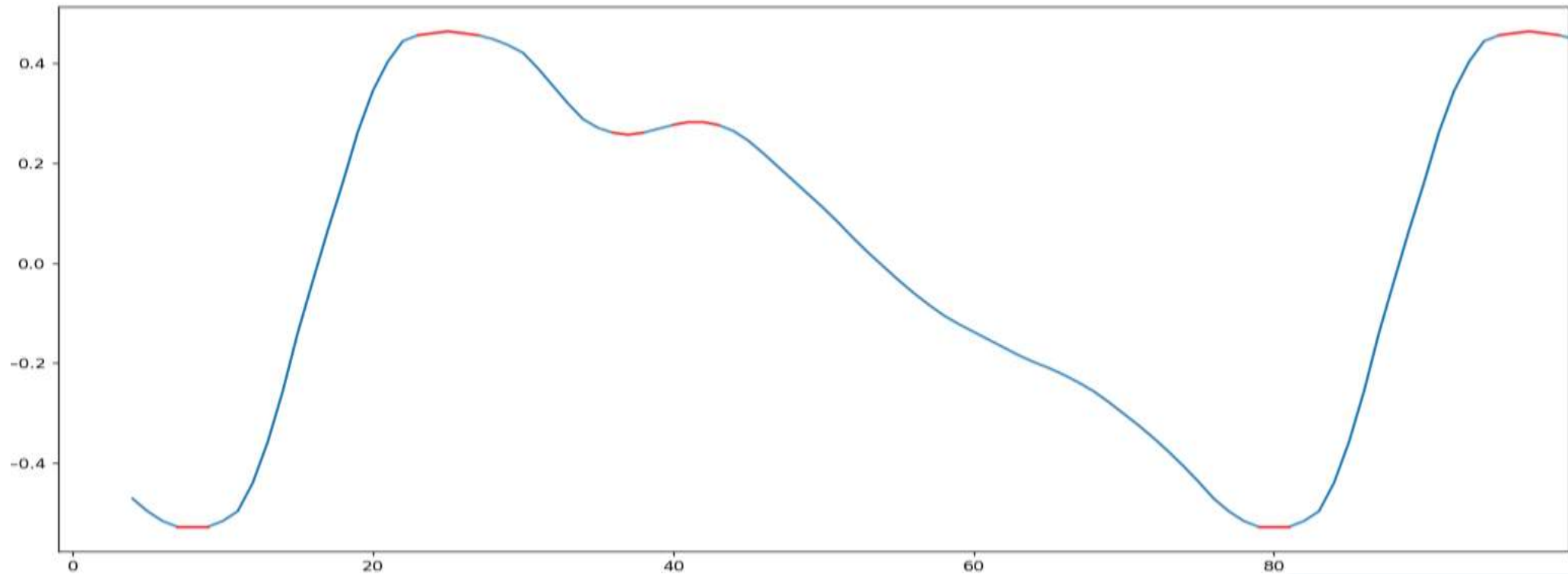
Исходный сигнал и разностная кривая, фрагмент

# Распознавание графиков. Квазигармонический сигнал.



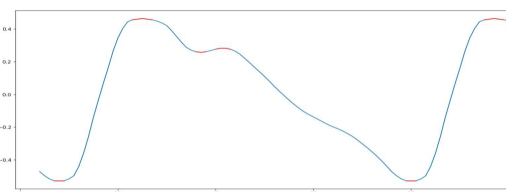
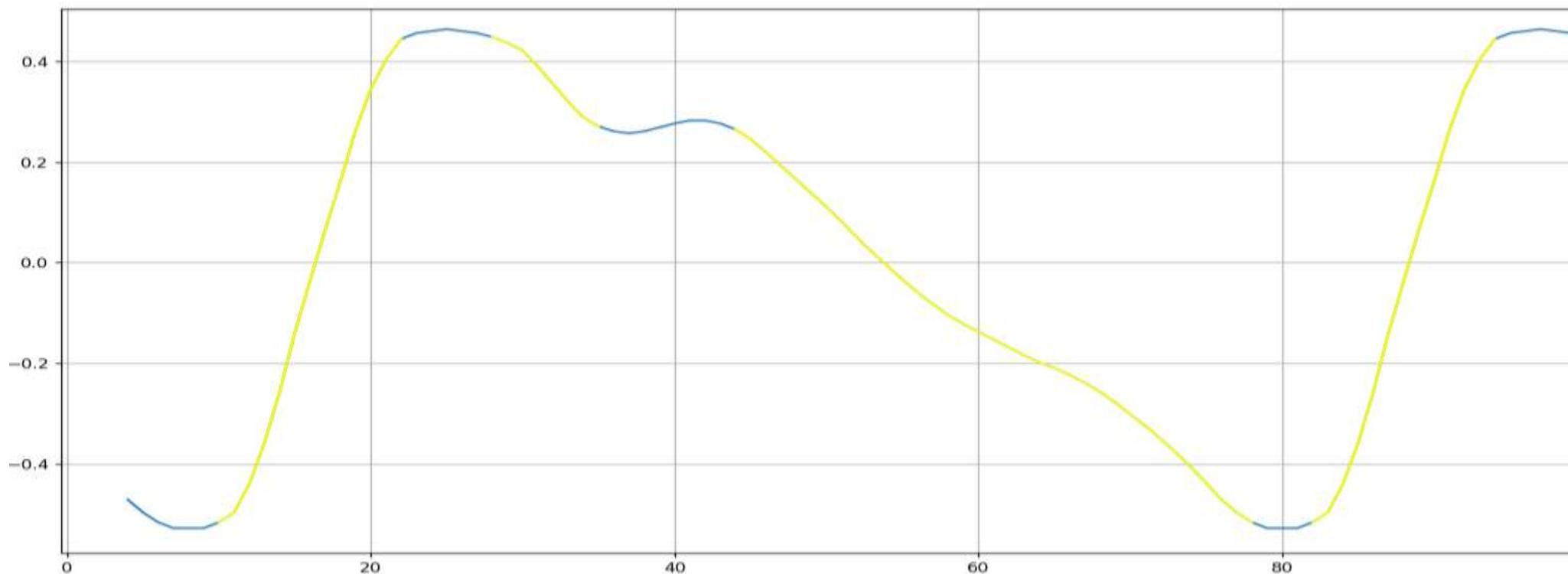
Разностная кривая и зоны экстремумов

# Распознавание графиков. Квазигармонический сигнал.



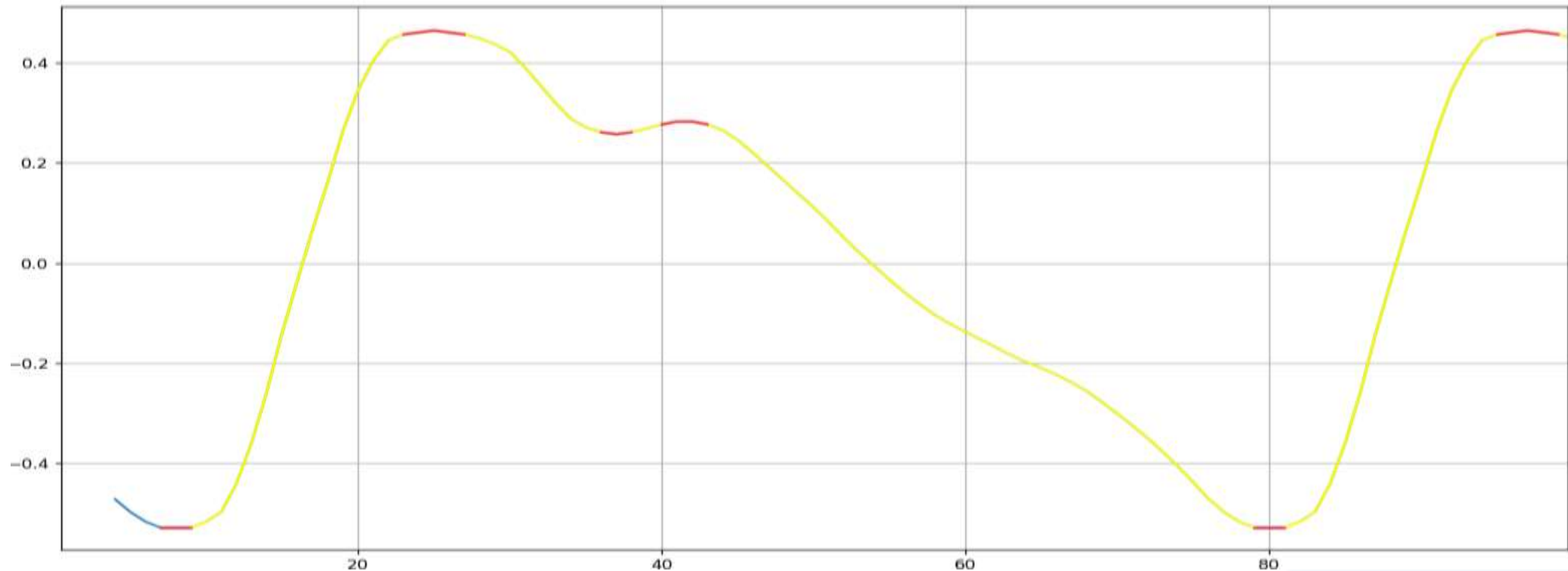
Исходный сигнал и зоны экстремумов

# Распознавание графиков. Квазигармонический сигнал.



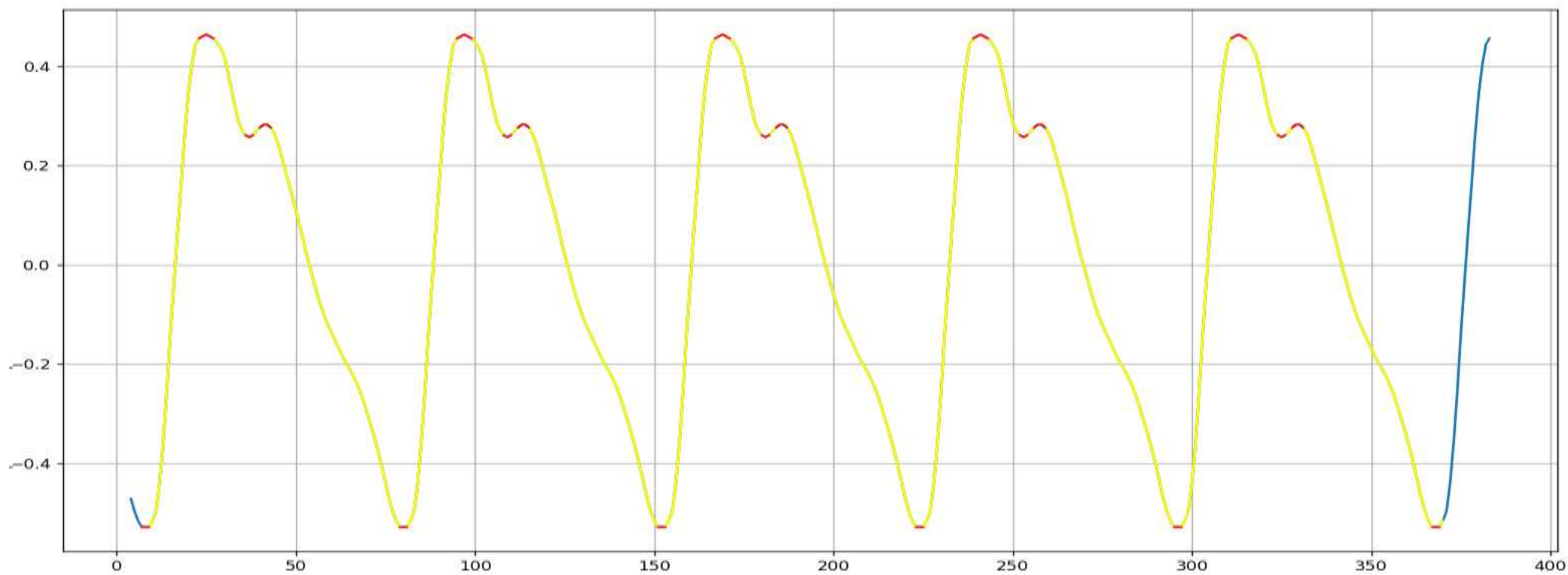
Исходный сигнал и фронты

# Распознавание графиков. Квазигармонический сигнал.



Сегменты исходного сигнала, аннотация периода

# Распознавание графиков. Квазигармонический сигнал.



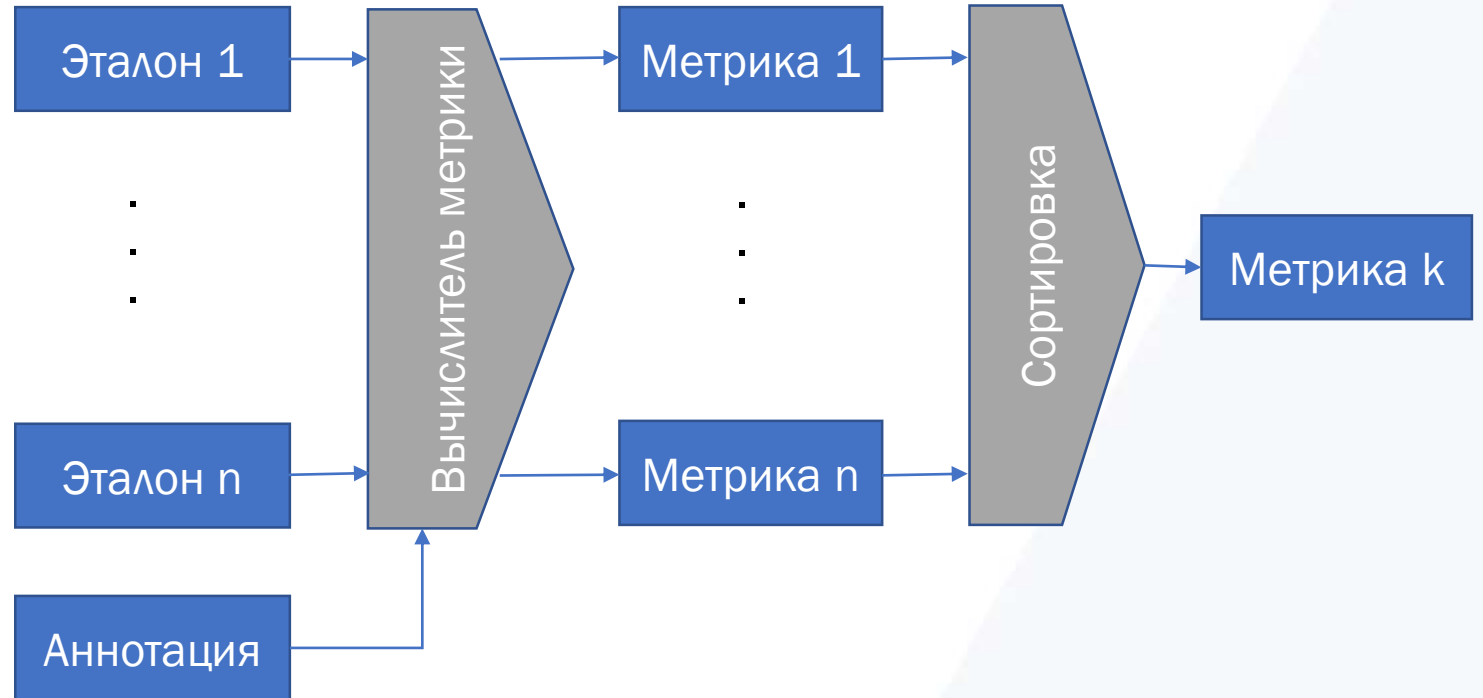
Сегменты исходного сигнала, аннотация сигнала.

Набор характерных признаков: форма и последовательность сегментов.

# Классификация сигнала



- ✓ Библиотека эталонов.
- ✓ Сравнение эталона с аннотацией, получение метрики соответствия аннотации эталону
- ✓ Метрика с максимальным значением как результат классификации

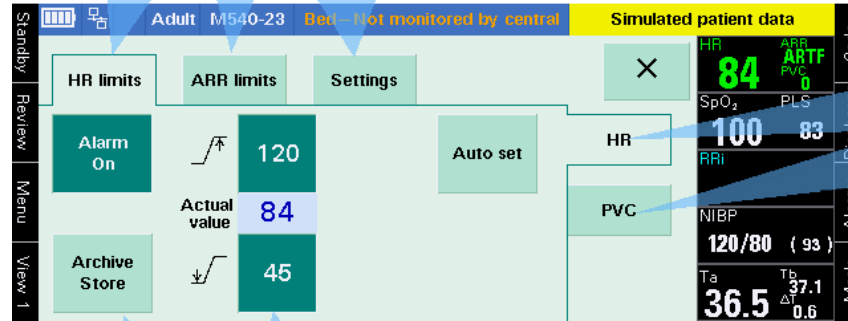


# Меню



- Мы еще не закончили работу над распознаванием меню, но мы уверены, что у нас получится

Горизонтальные табы



Вертикальные табы

Кнопки



# Результаты и выводы



- ✓ Каждой задаче – свой метод
- ✓ Автоматизируем процесс тестирования медицинского устройства
- ✓ Распознаем элементы UI: надписи, иконки, графики
- ✓ Обеспечиваем требуемый уровень надежности тестирования

*«За последние 2 года автоматическое тестирование изменило наш подход к работе. Мы сэкономили более 4 человеко-лет ручного тестирования»*

*Из письма заказчика*

