

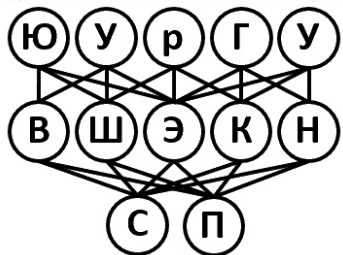
Параллельные алгоритмы и нейросетевые модели анализа временных рядов в задачах цифровой индустрии

М.Л. Цымблер, Я.А. Краева, А.И. Гоглачев, А.А. Юртин

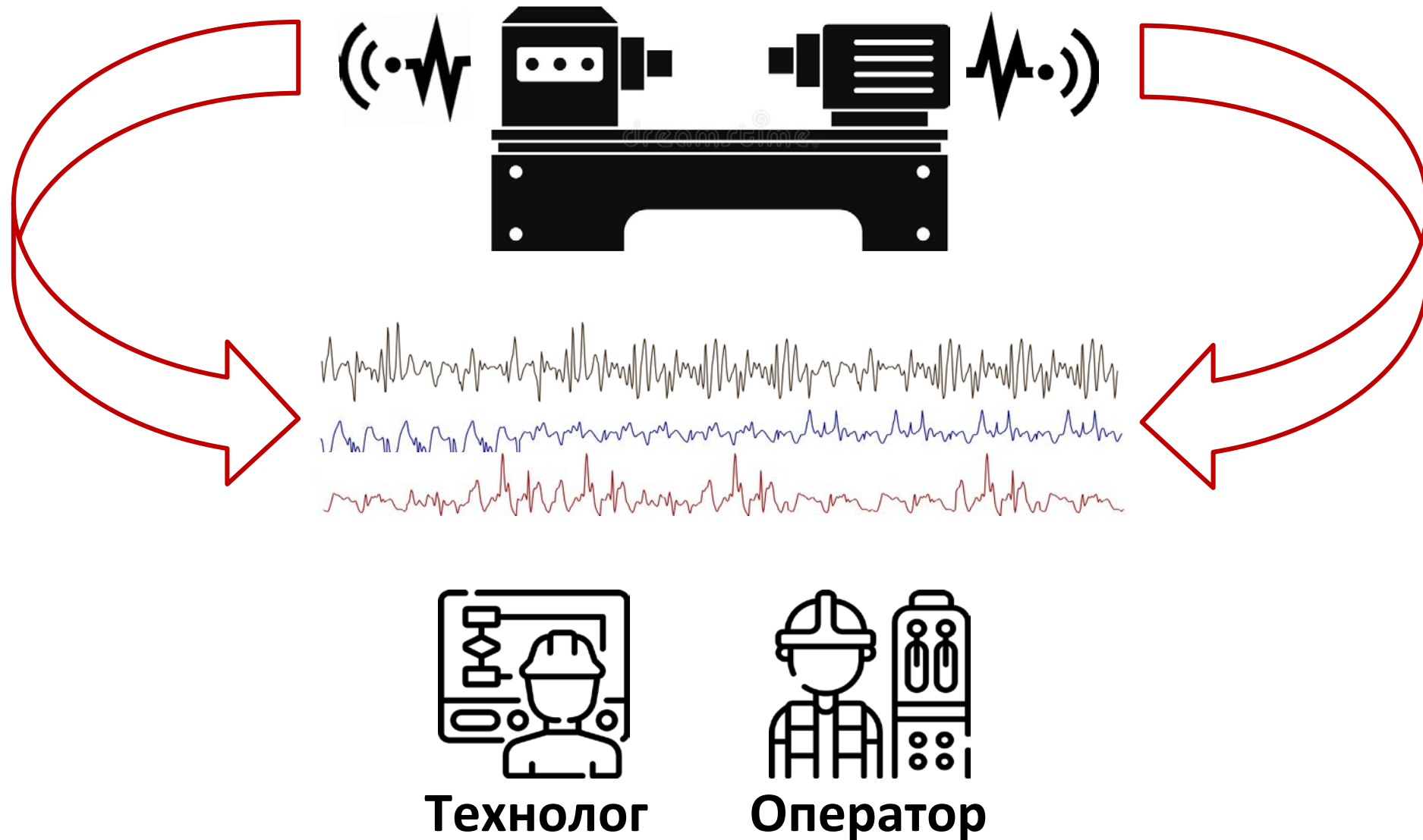
{[mzym](mailto:mzym@susu.ru), [kraevaya](mailto:kraevaya@susu.ru), [goglachevai](mailto:goglachevai@susu.ru), [iurtinaa](mailto:iurtinaa@susu.ru)}@susu.ru

Кафедра системного программирования

Высшая школа электроники и компьютерных наук ЮУрГУ

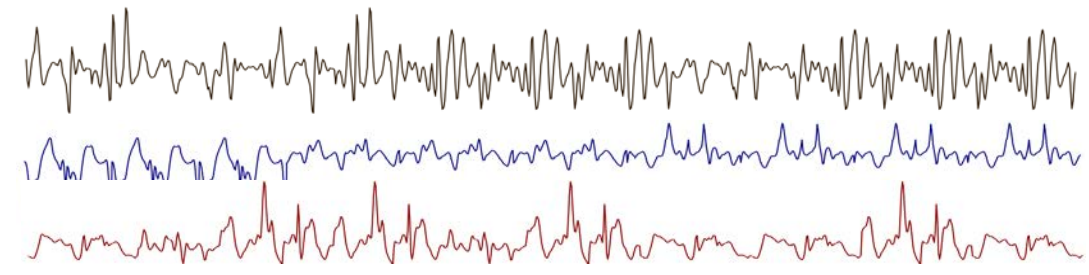


Временные ряды в цифровой индустрии



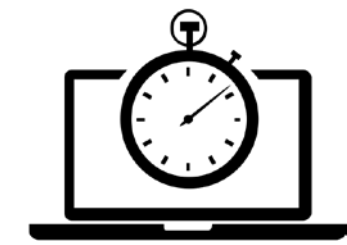
Анализ временных рядов цифровой индустрии

- Аномалии
- Шаблоны
- ...



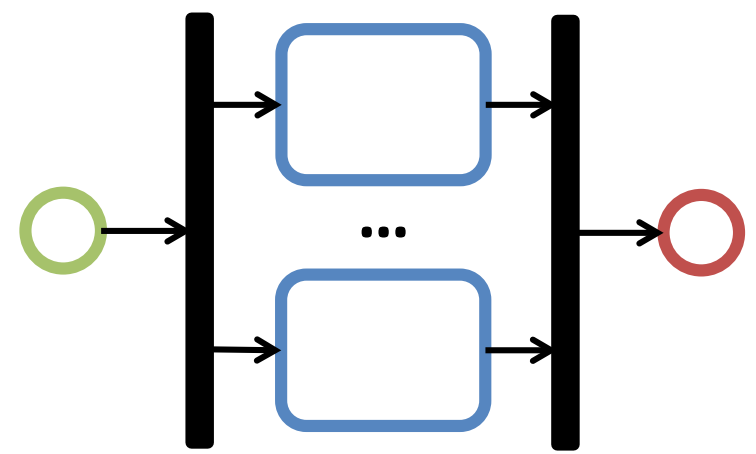
- Дефект
- Ост. ресурс
- ...

Аналитика по запросу

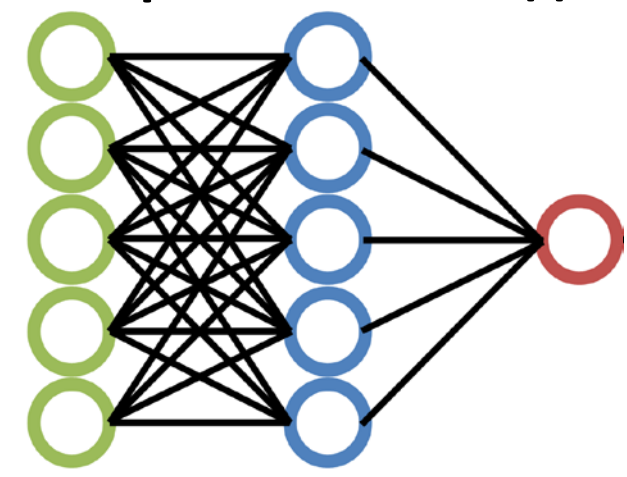


Аналитика в реальном времени

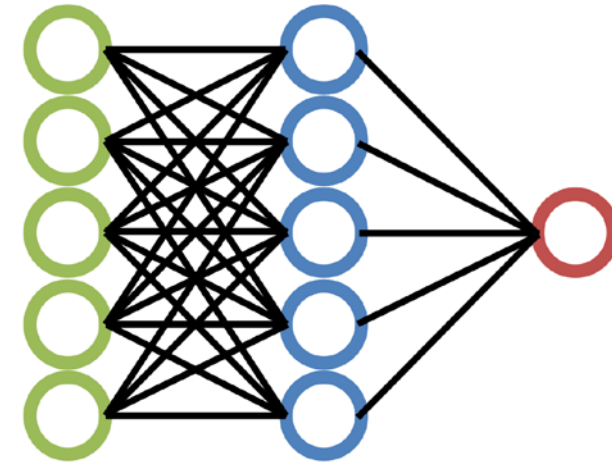
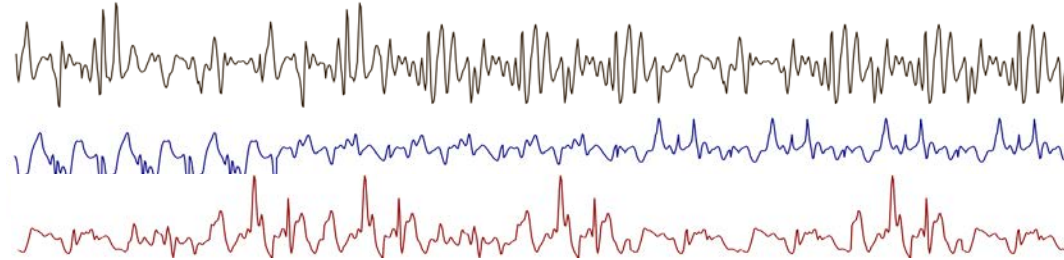
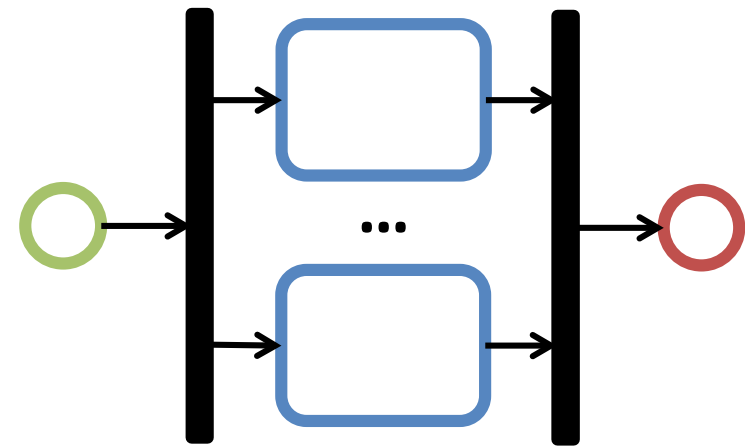
Параллельные алгоритмы



Нейросетевые модели



Параллельные алгоритмы и нейросетевые модели анализа рядов



👉 Формализация интуитивных понятий

😊 Быстрое выполнение (режим по запросу)

😊 Не требуют разметки данных и обучения

😞 Не подходят для режима реального времени

👉 Обучение на примерах

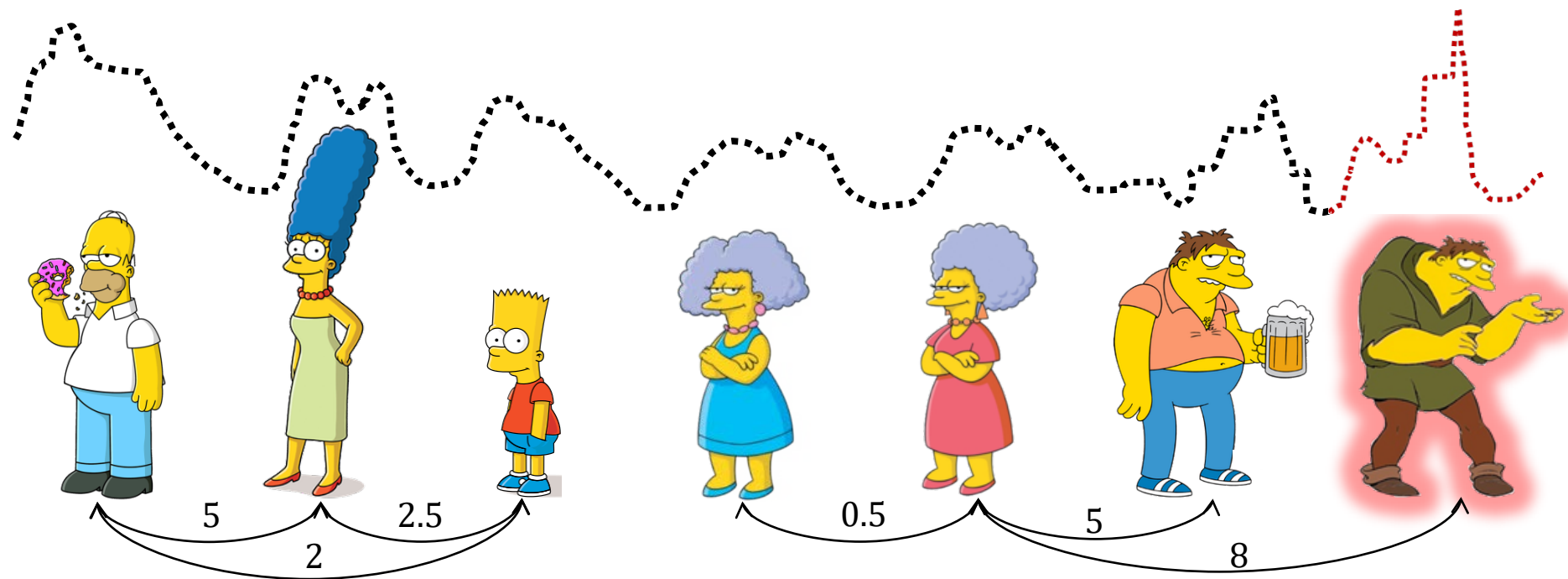
😊 Быстрое выполнение (режим реального времени)

😊 Не требуют формализации интуитивных понятий

😞 Накладные расходы на разметку данных и (повторное) обучение модели

Формализация аномалии временного ряда

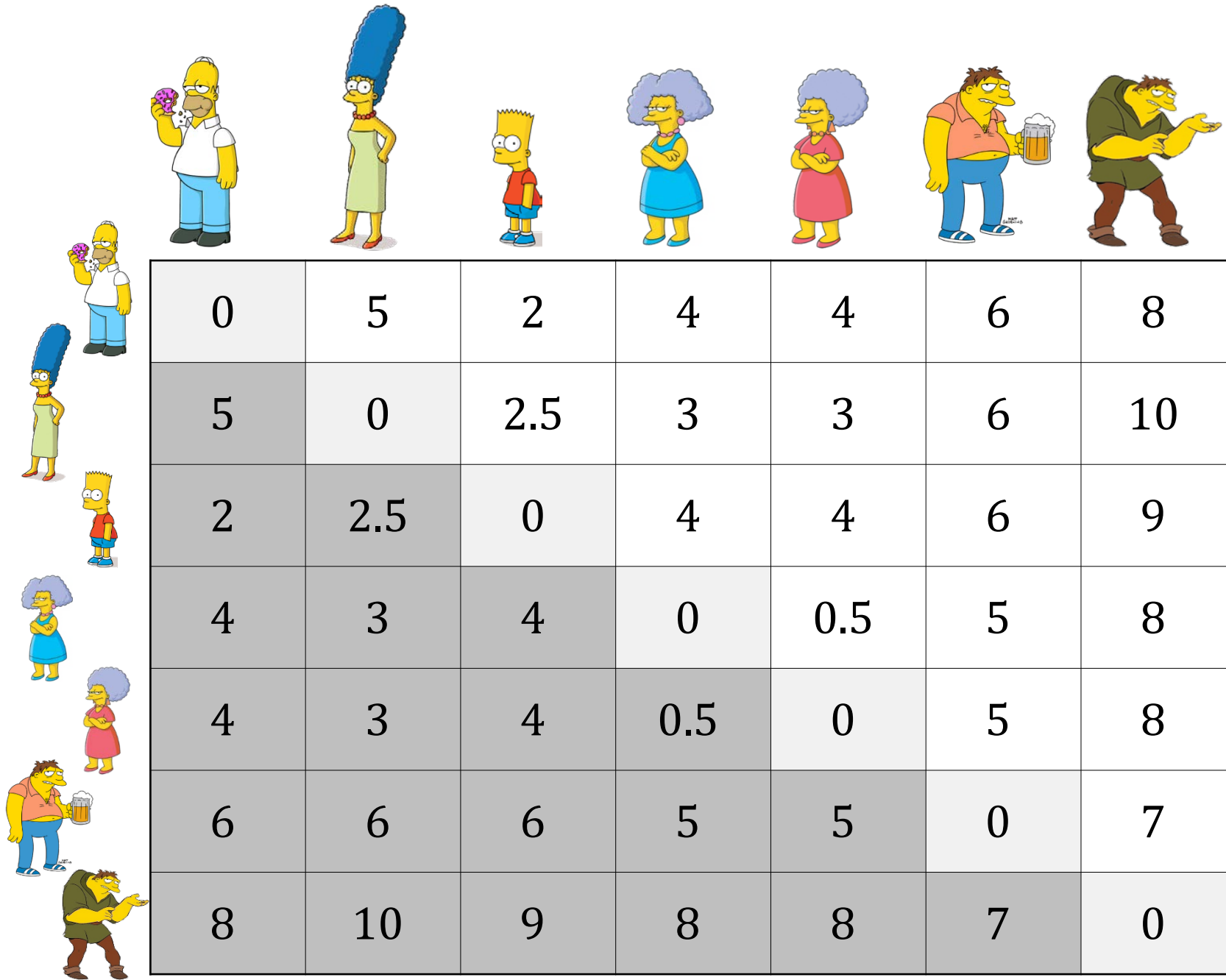
- **Диссонанс*** – подпоследовательность заданной длины, расстояние от которой до ее ближайшего соседа максимально
- *Ближайший сосед* – наиболее похожая подпоследовательность



* Keogh E. et al. HOT SAX: Efficiently finding the most unusual time series subsequence. ICDM 2005. pp. 226-233. DOI: [10.1109/ICDM.2005.79](https://doi.org/10.1109/ICDM.2005.79)

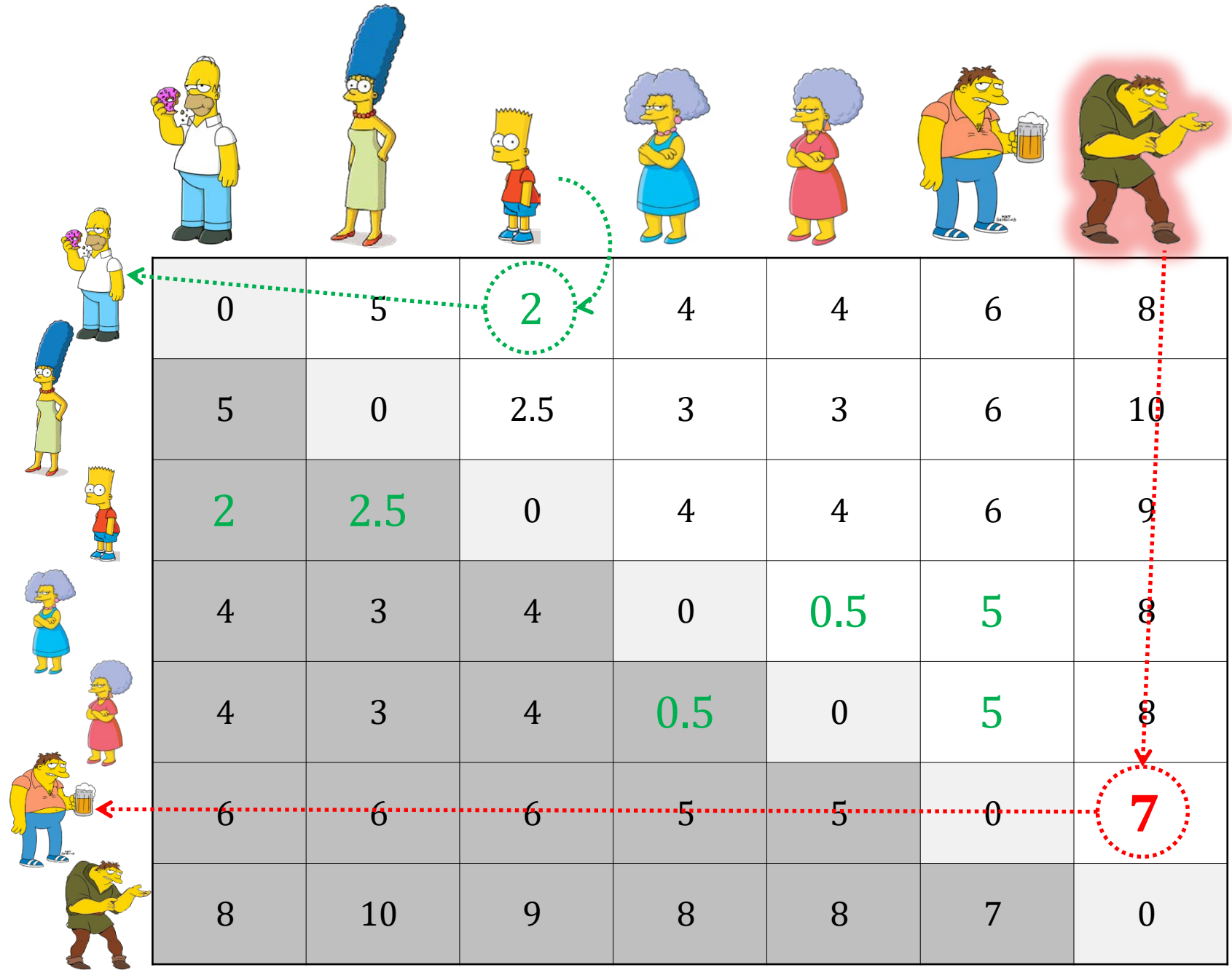
Диссонансы

Матрица расстояний:
чем ближе соседи,
тем более они похожи



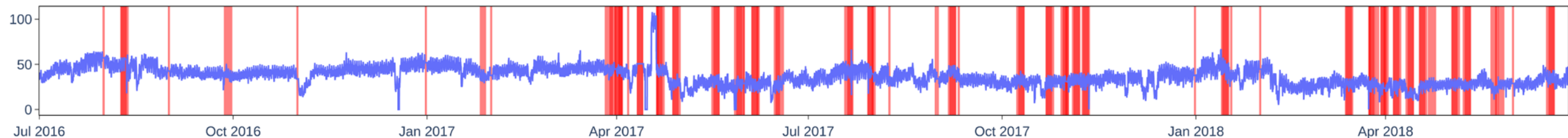
Диссонансы

Матрица расстояний
с **максимальным**
расстоянием
до ближайшего соседа
(максимум
минимумов по столбцам)



Аномалии энергопотребления

2-годичное энергопотребление в Китае*

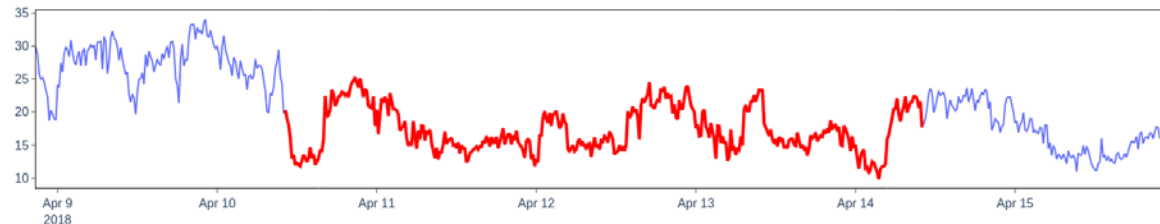
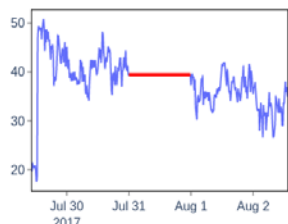


1 день

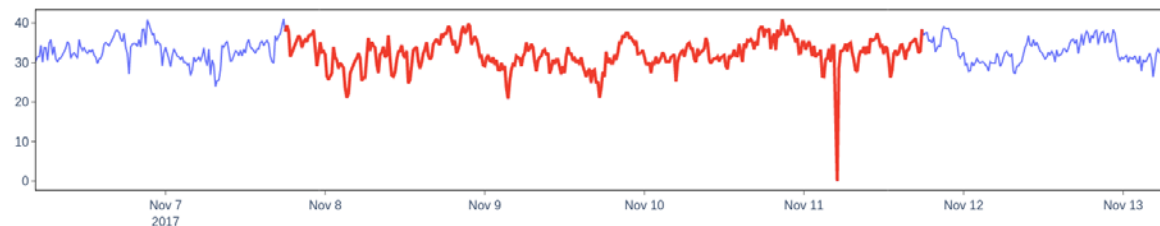
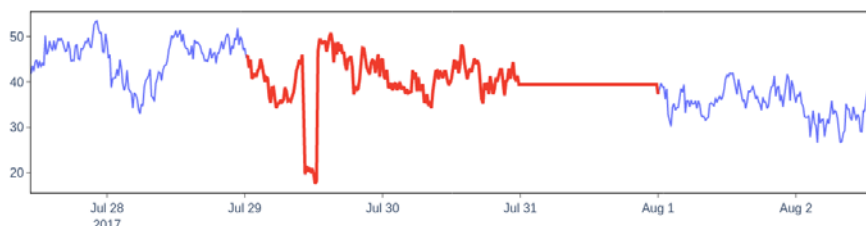
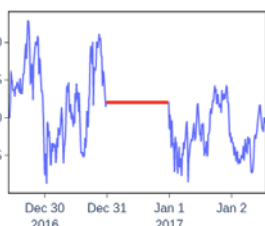
3 дня

4 дня

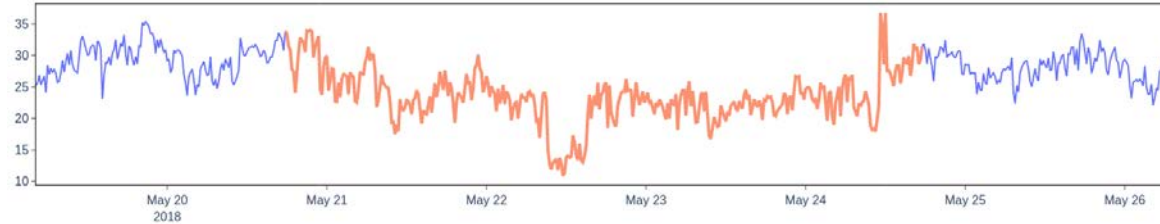
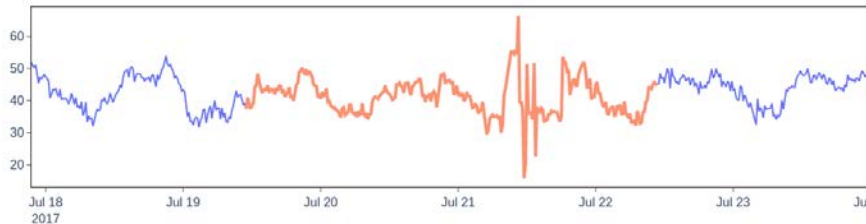
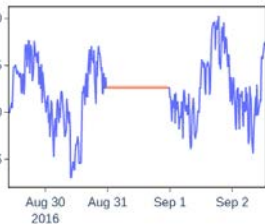
Топ-1
аномалия



Топ-2
аномалия



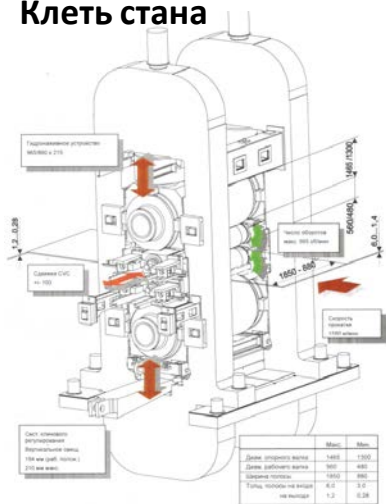
Топ-3
аномалия



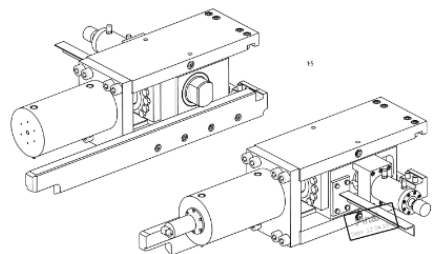
* Zhou H. *et al.* Informer: beyond efficient transformer for long sequence time-series forecasting. AAAI 2021. pp. 11106-11115. DOI: [10.1609/aaai.v35i12.17325](https://doi.org/10.1609/aaai.v35i12.17325).

Аномалии в работе узлов прокатного стана

Клеть стана



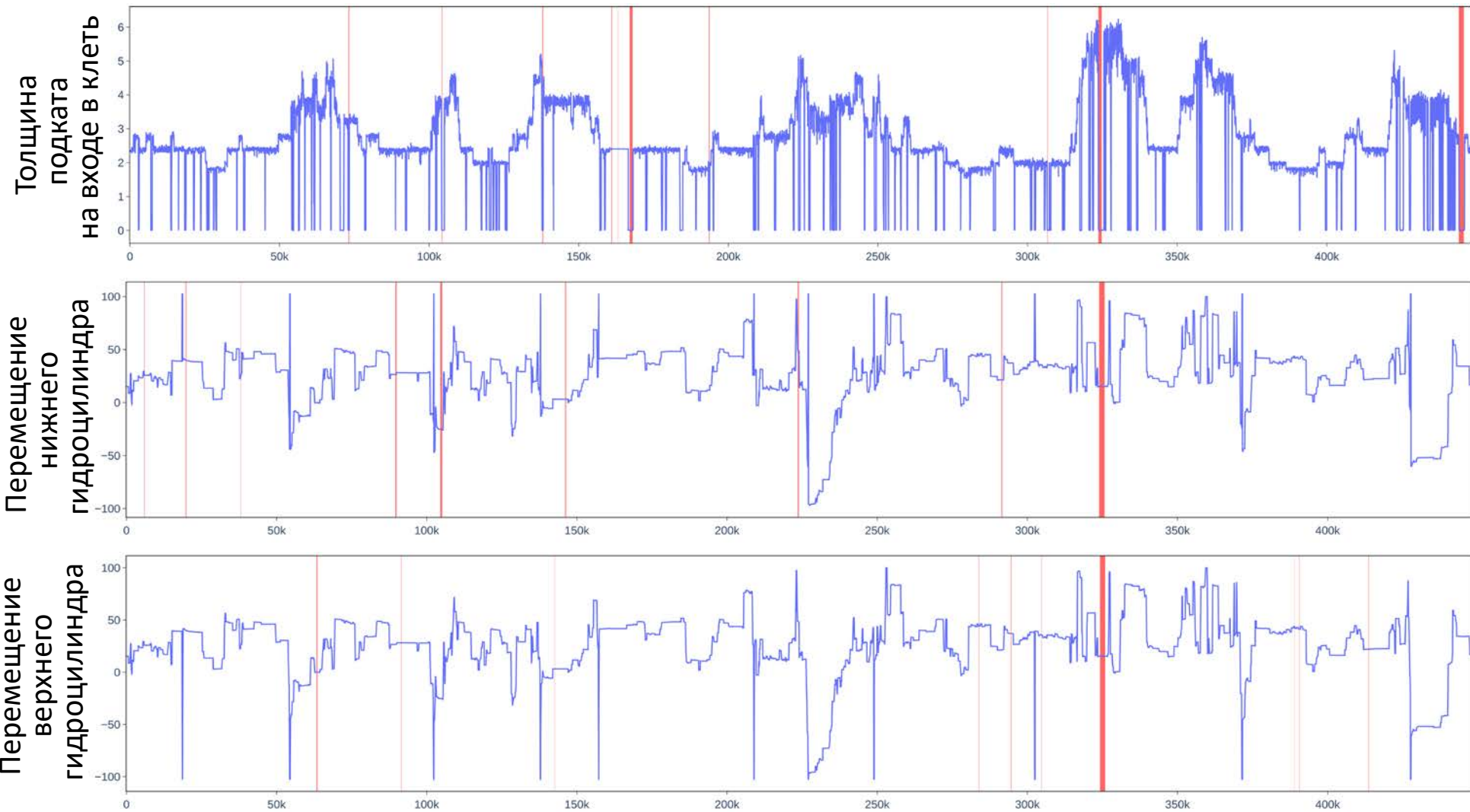
Система валков с непрерывно изменяемой кривизной (CVC, continuously variable curvature)



Разрушение плит CVC

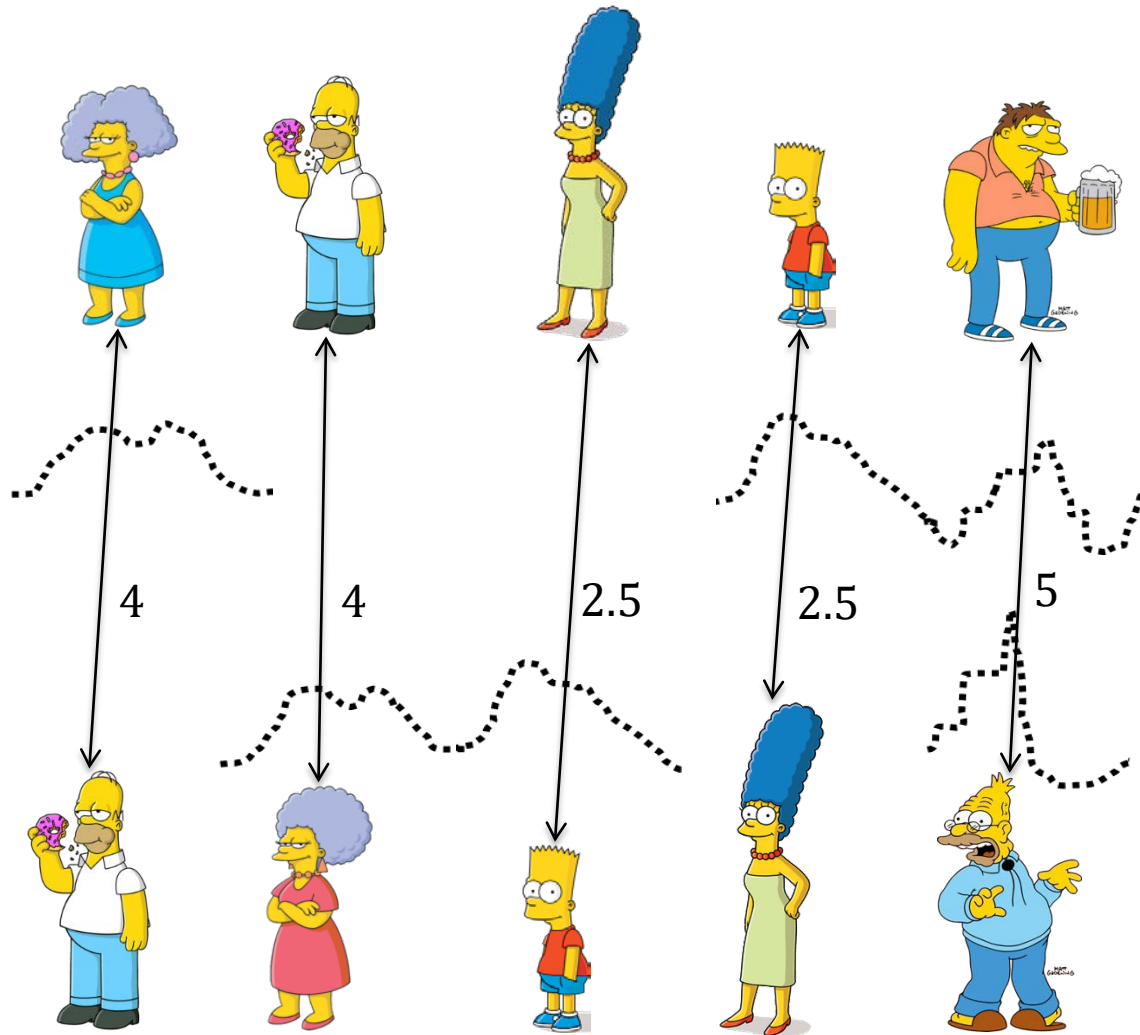


Аномалии за период 12.05.2021 – 18.05.2021 длительностью 1-30 мин

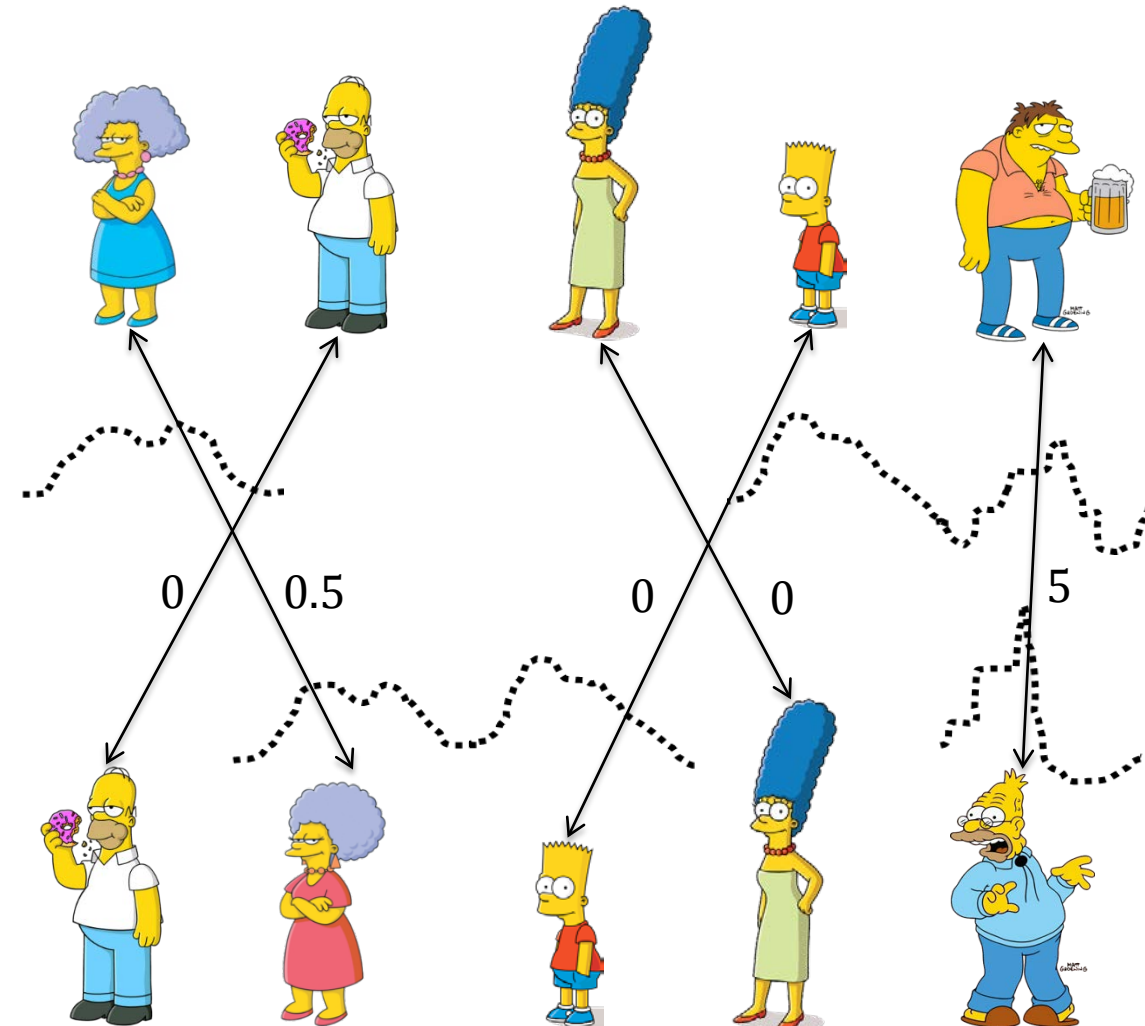


Формализация схожести поведения

Расстояние Евклида между рядами ≈ 8

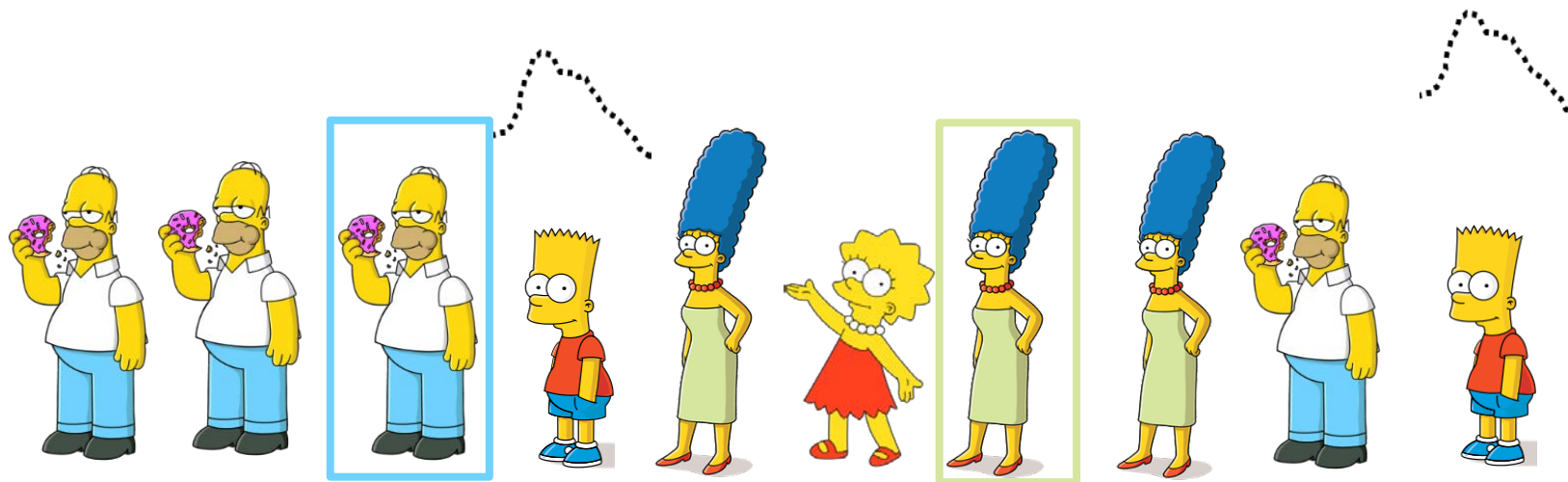


Расстояние MPdist* между рядами ≈ 0



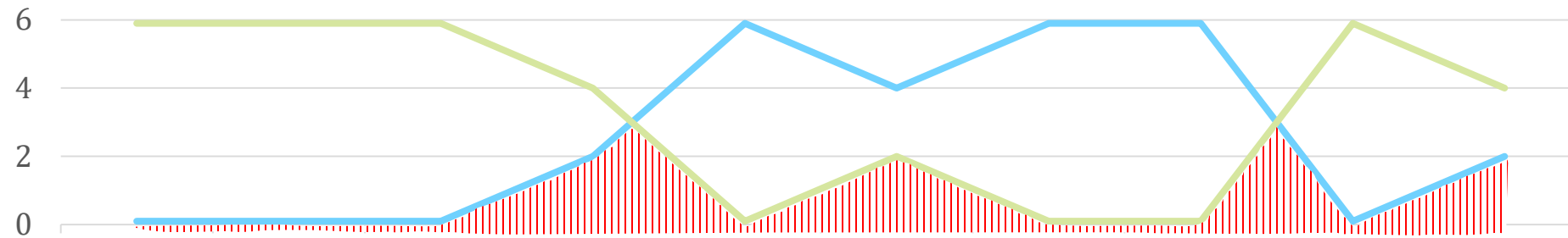
* Gharghabi S. et al. An ultra-fast time series distance measure to allow data mining in more complex real-world deployments. DMKD. 2020. (34). pp. 1104-1135. DOI: [10.1007/s10618-020-00695-8](https://doi.org/10.1007/s10618-020-00695-8)

Формализация поведенческих шаблонов



Шаблоны соответствуют набору подпоследовательностей, для которого площадь под кривой расстояний MPdist до ближайшего соседа минимальна

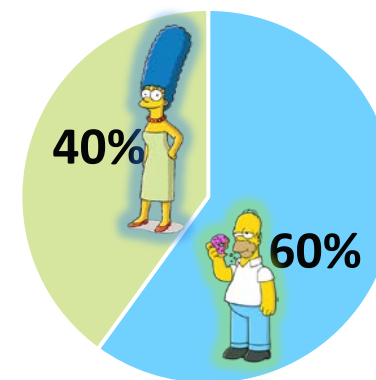
Расстояние MPdist до ближайшего соседа



Разметка ряда на основе поведенческих шаблонов

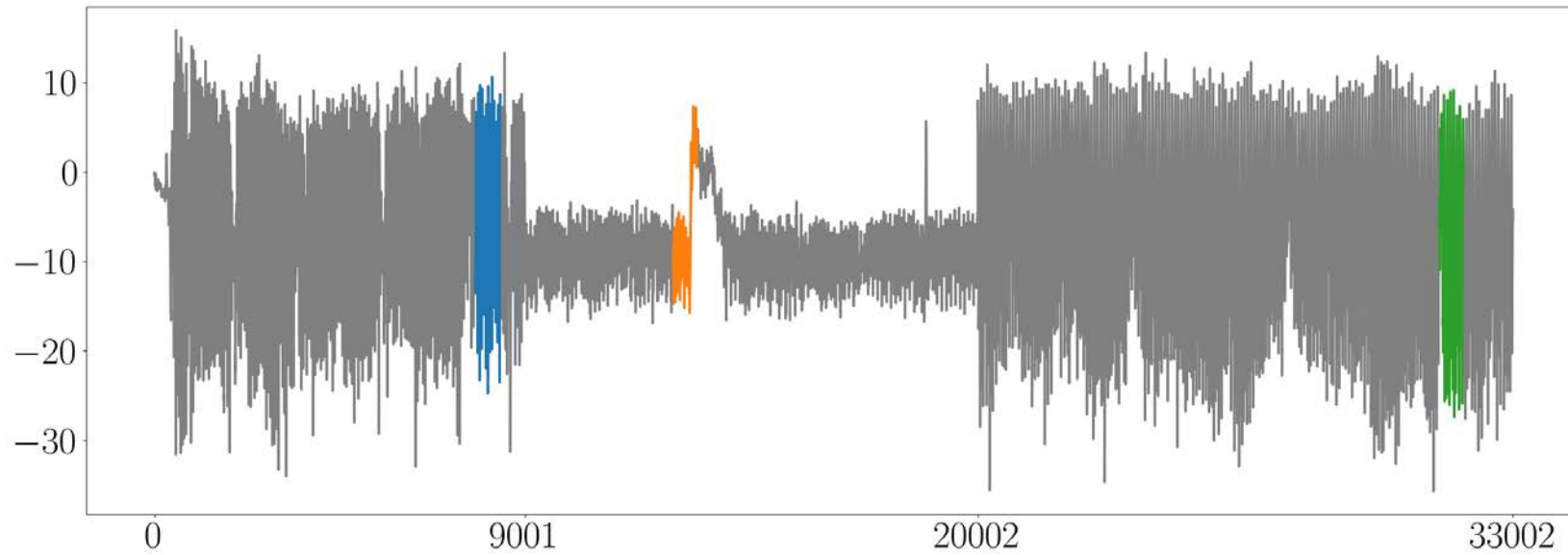


Распределение активностей на основе шаблонов

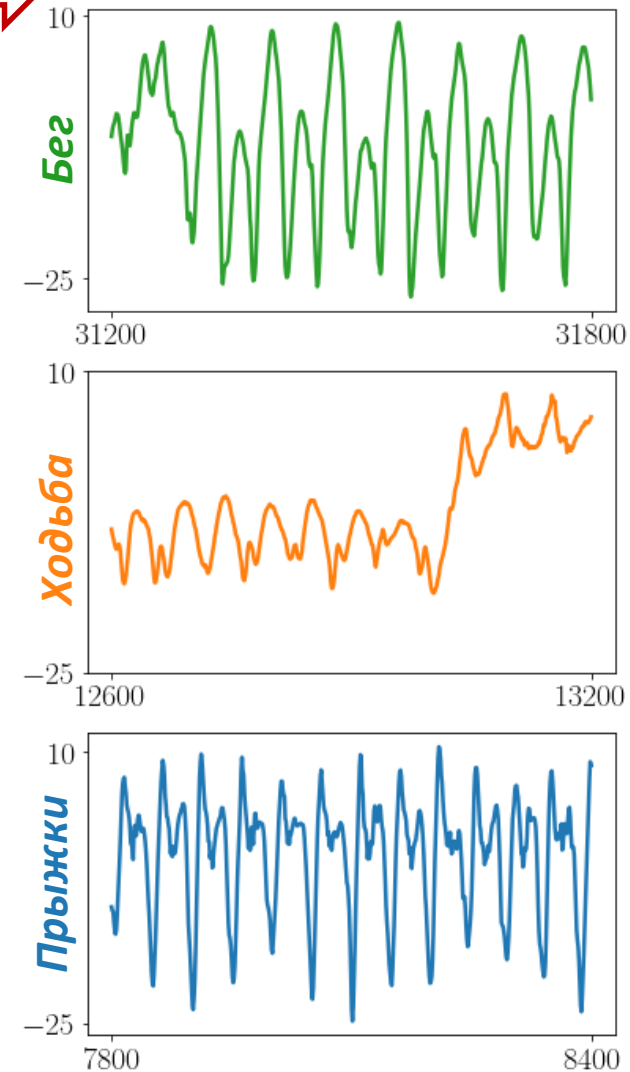


Поведенческие шаблоны спортивной тренировки

Показания носимого виброакселерометра во время тренировки



Найденные шаблоны



Разметка показаний виброакселерометра на основе шаблонов

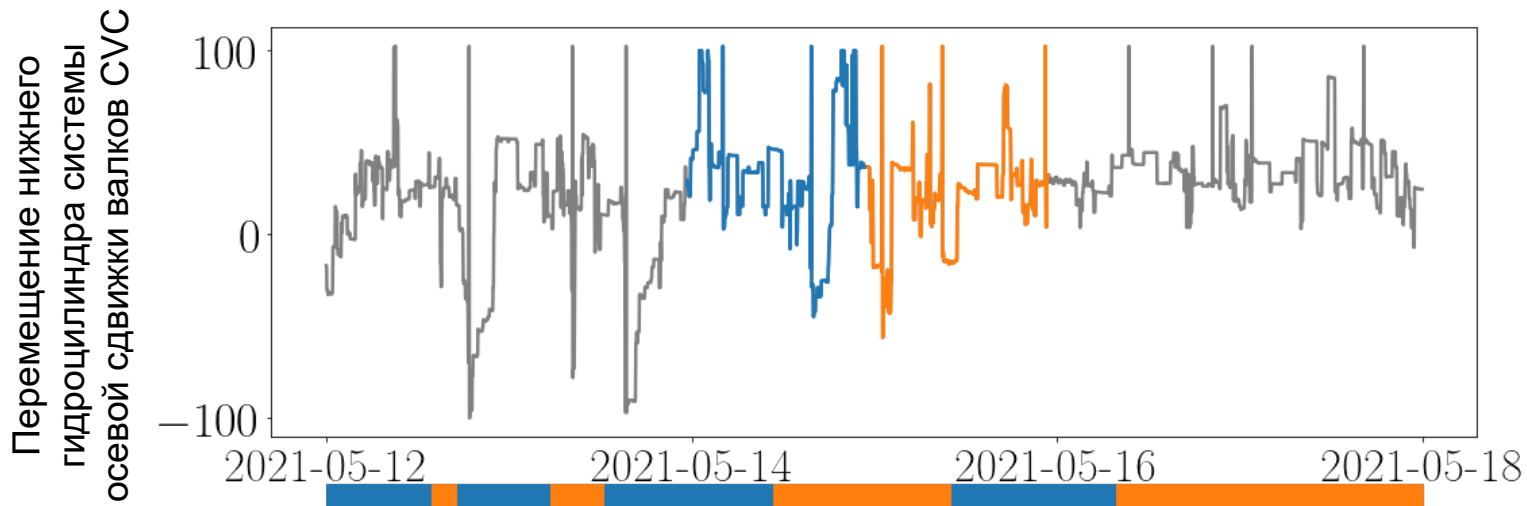


Расписание тренировки (истинная разметка)

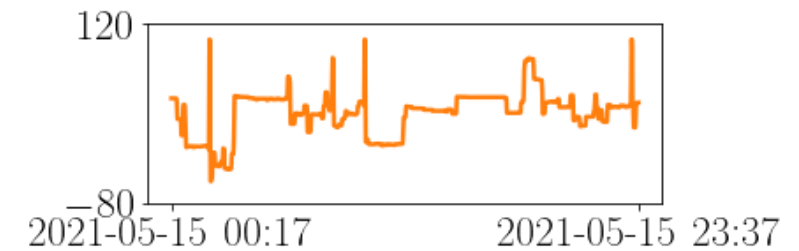
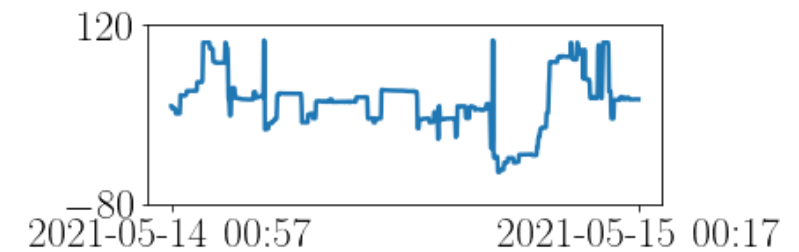
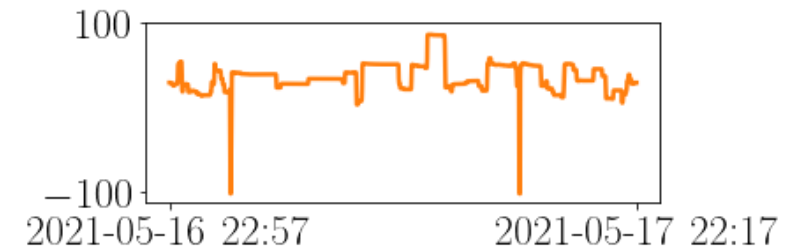
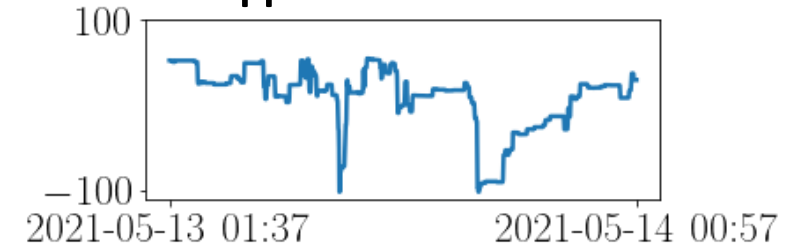


Режимы работы узлов прокатного стана

Разметка с помощью параллельного алгоритма*



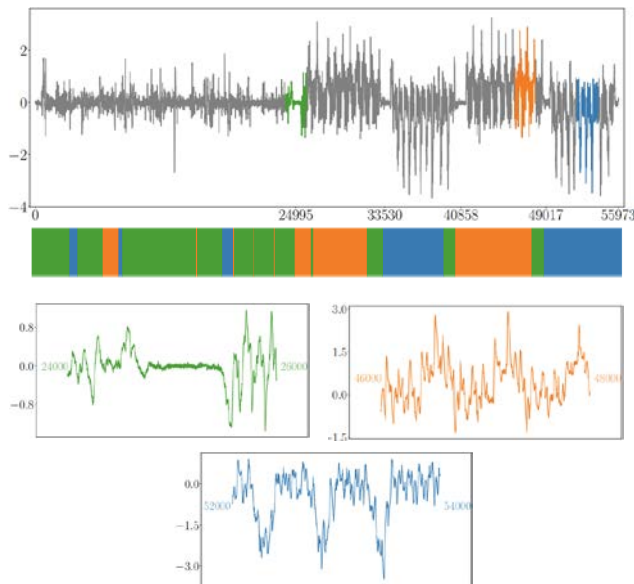
Найденные шаблоны



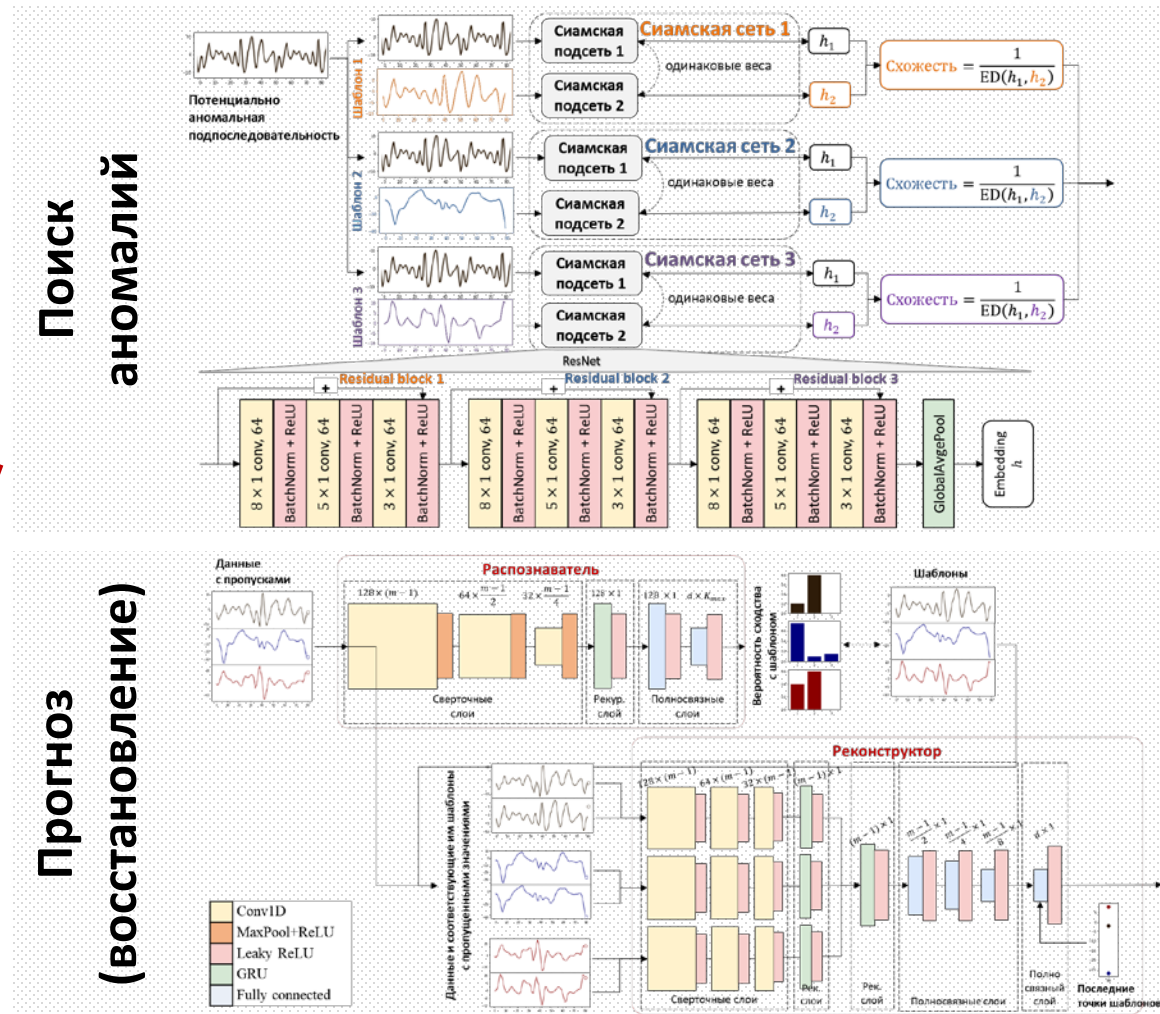
* Zymbler M., Goglachev A. Fast summarization of long time series with graphics processor. Mathematics. 2022. 10(10). Article 1781. DOI: [10.3390/math10101781](https://doi.org/10.3390/math10101781)

Онлайн-анализ временных рядов на основе шаблонов

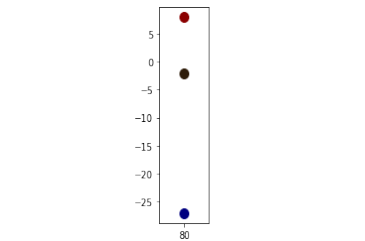
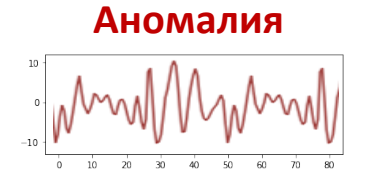
Разметка фрагмента ряда на основе шаблонов



Нейросетевая модель решения задачи анализа ряда



Анализ ряда в режиме онлайн

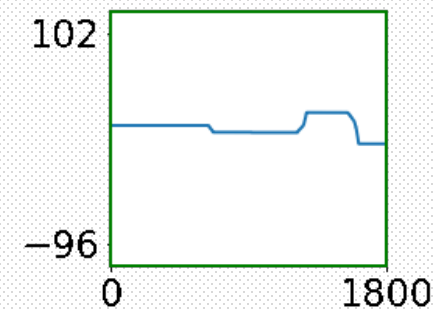
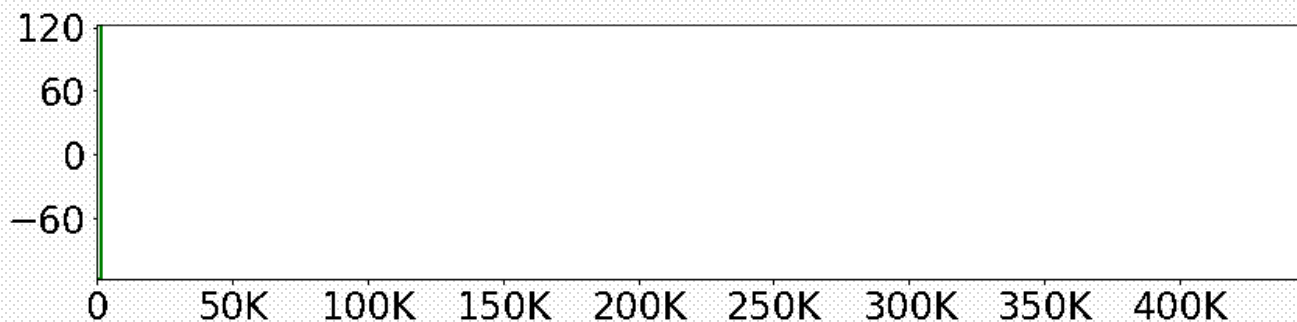


Прогнозные (восстановленные) значения

Онлайн-анализ состояния узлов прокатного стана

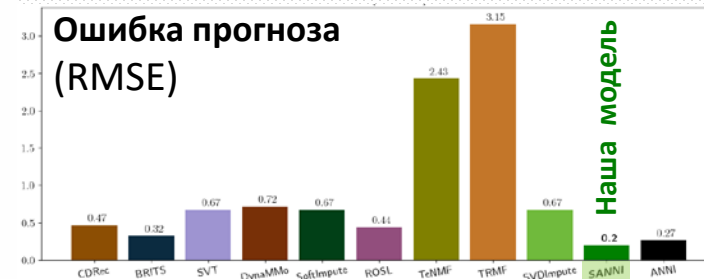
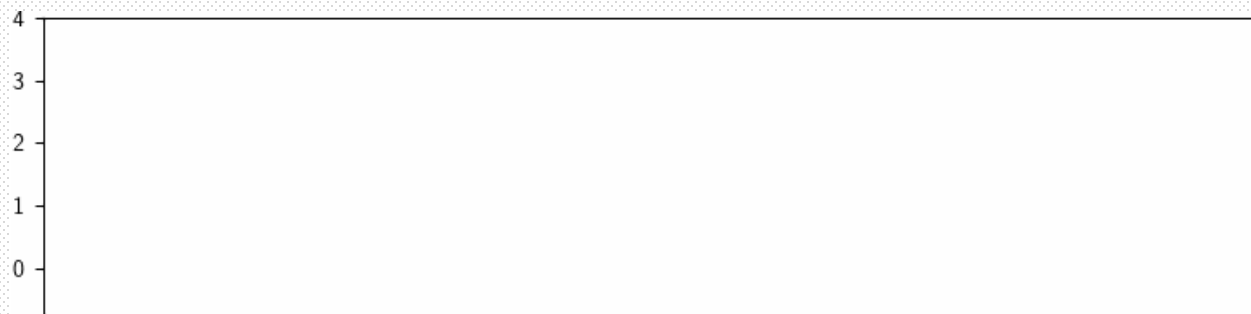
Обнаружение аномалий

Перемещение
нижнего
гидроцилиндра
системы осевой
сдвиги валков



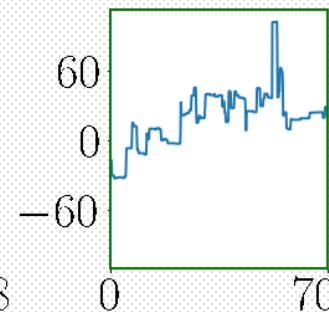
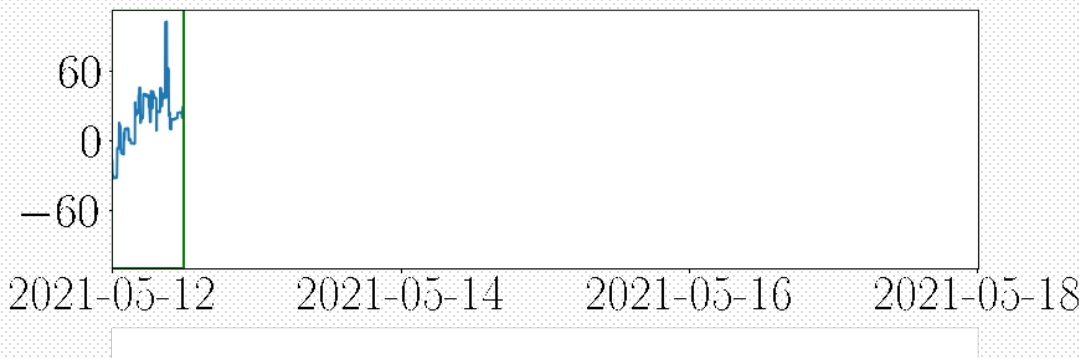
Прогноз (восстановление)

Фактическое
изгибающие
усилие
прокатки

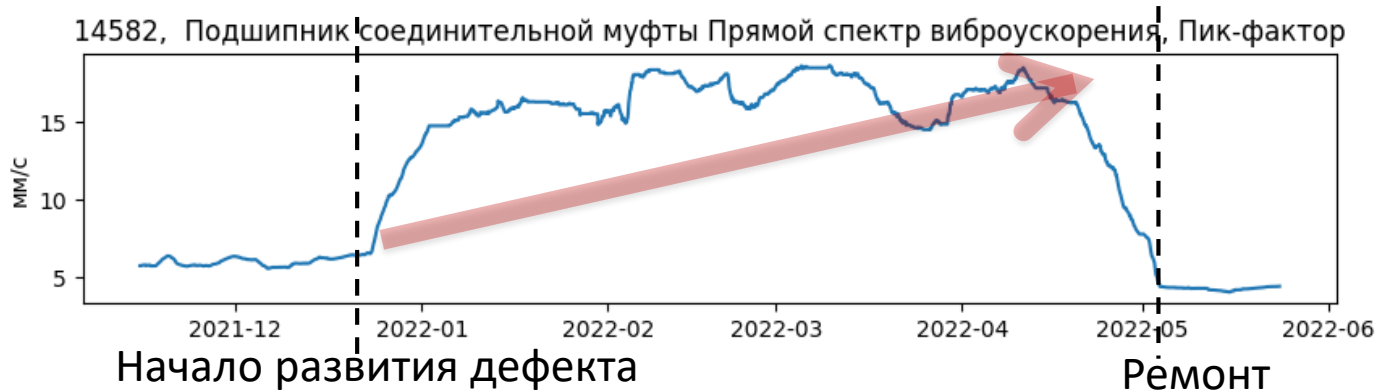
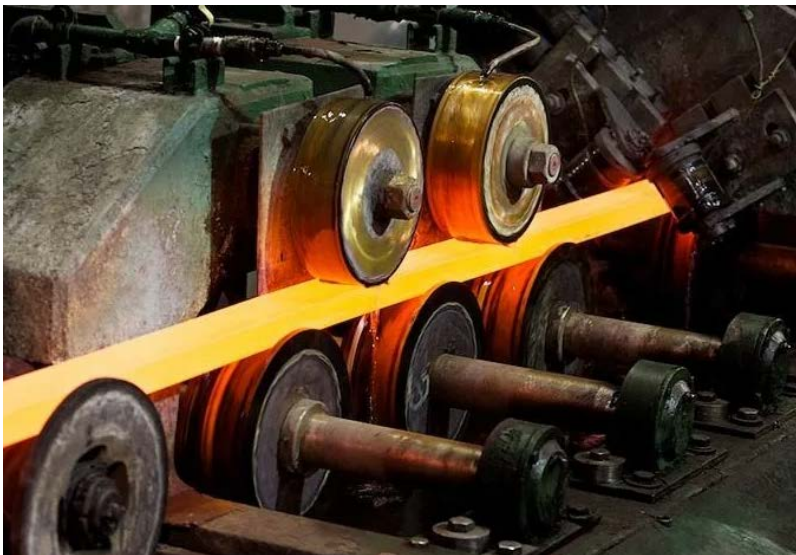


Определение режимов работы

Перемещение
верхнего
гидроцилиндра
системы осевой
сдвиги валков



Прогноз остаточного ресурса подшипников прокатного стана



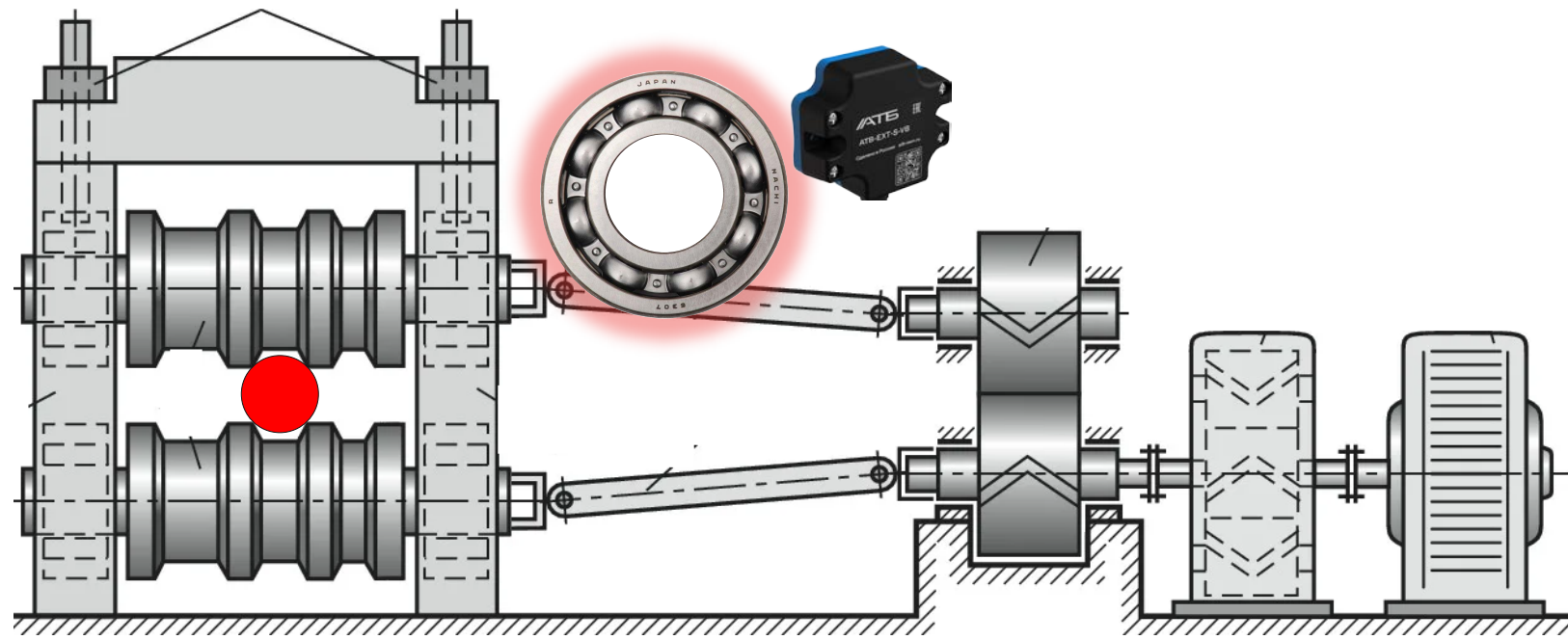
Профиль арматурный



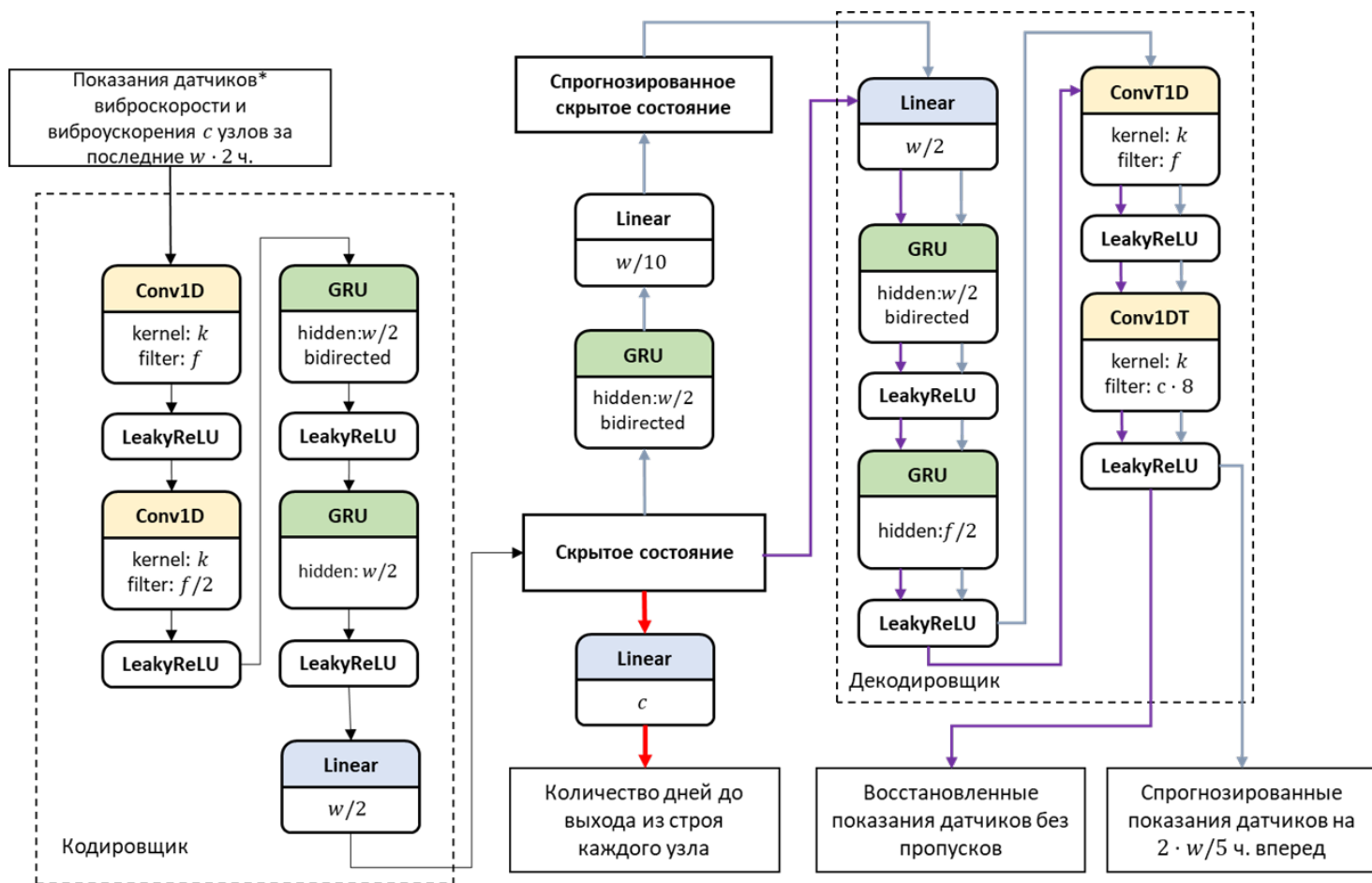
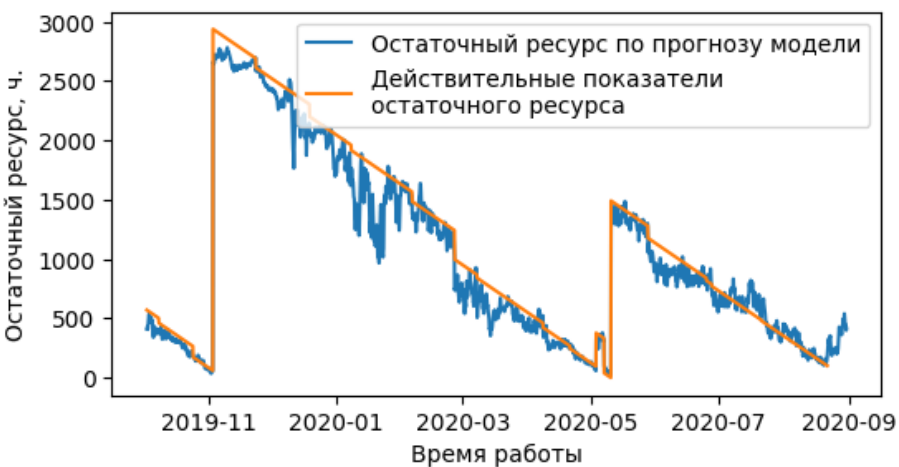
Квадрат



Круг



Модель прогноза остаточного ресурса подшипника



Мы готовы к сотрудничеству!

- У нас есть **параллельные алгоритмы и нейросетевые модели анализа временных рядов**
 - поиск аномалий и шаблонов
 - восстановление и прогноз
 - ...
- У Вас есть задачи цифровой индустрии?
- **Контакты:**
Михаил Леонидович Цымблер, mzym@susu.ru



М.Л. Цымблер
д.ф.-м.н.,
профессор каф. СП



Я.А. Краева
ст. преп., аспирант каф. СП
обладатель стипендий
Президента РФ,
Заксобрания Чел. обл.



А.И. Гоглачев
препод., аспирант каф. СП
лауреат конкурса
«Молодая наука
ЮУрГУ»



А.А. Юртин
препод., аспирант каф. СП
победитель конкурса
«УМНИК»