



ФОРЕКСИС

Прогнозирование и анализ данных

Анализ временных рядов в задаче распознавания физической активности человека

Мотренко, Симчук, Хайруллин, Инякин, Каширин, Стрижов

Для публичного распространения
ООО «Форексис»

Цель: мониторинг ручного труда

- Выявление простоев – периодов ненормированного бездействия всех работников
- Детализация рабочего дня, нормирование технологических процессов
- Проверка на соответствие отраслевым нормам безопасности
- Мониторинг качества выполнения процессов



Выгрузка коробок со склада



11%

Подготовка товара к выкладке



27%

Выкладка товара на полки



37%

Бездействие

25%

Примеры решаемых задач

Стройка.

Двуклассовая классификация: сотрудник работает или нет?

Проблемы:

- Рабочая деятельность включает низкоинтенсивную активность.
- Одни и те же типы действий (ходьба, разговоры по телефону) могут относиться к обоим классам.
- Работа выполняется в бригадах.

Сборка электродвигателя.

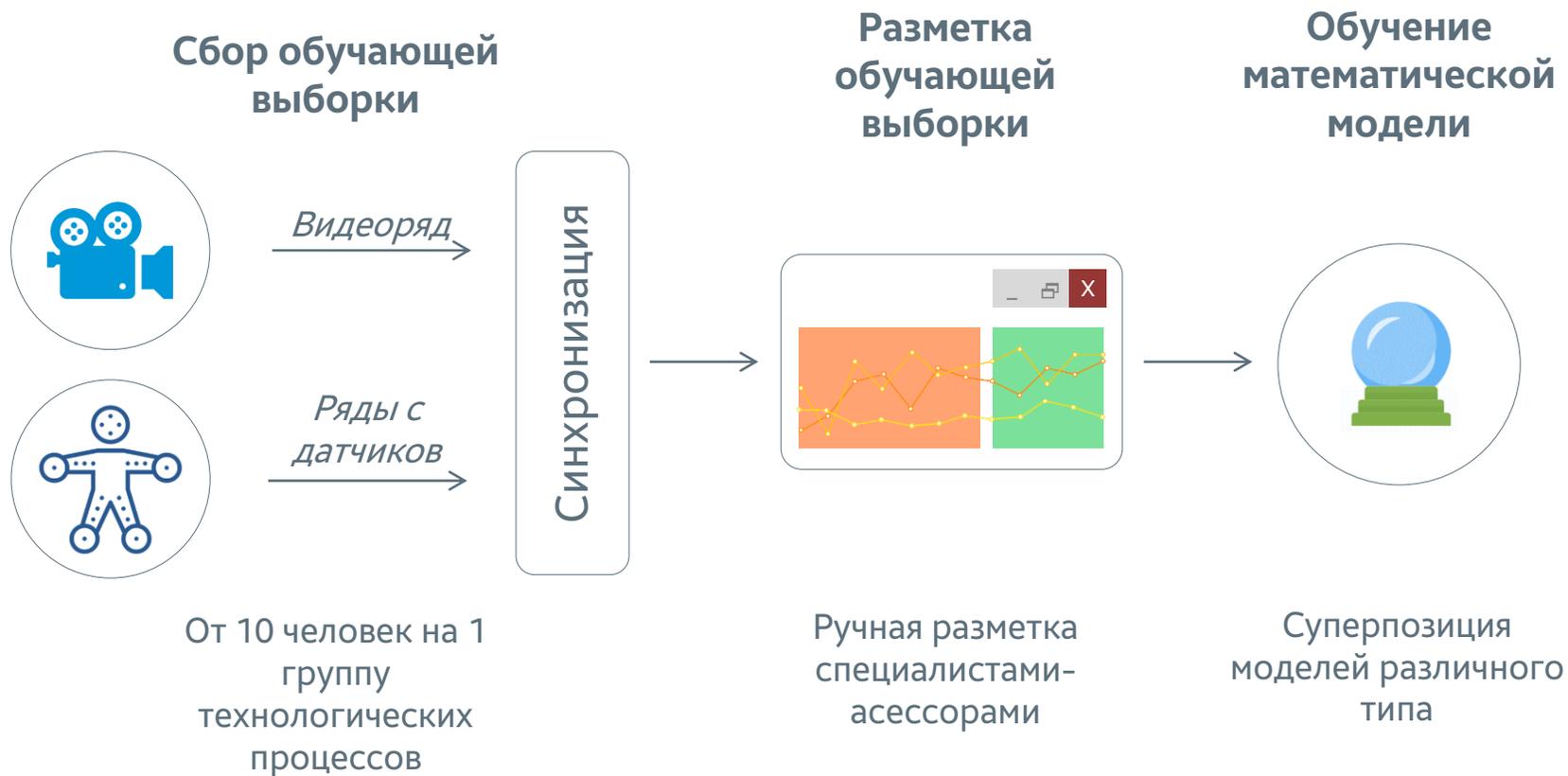
Многоклассовая классификация: определить выполняемый этап техкарты.

Проблемы:

- Работа производится не по техкарте.
- Этапы техкарты могут отличаться только типами используемых деталей.



Как обучается модель

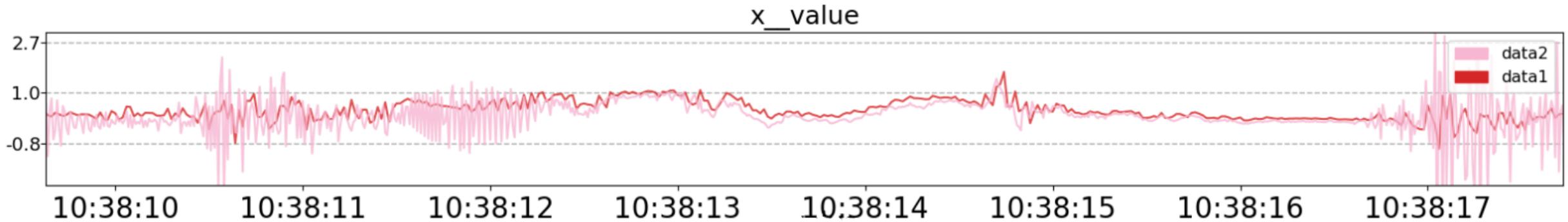


Свойства системы распознавания активности

Характеристики системы	Желаемые свойства	Сложности
Обобщающая способность	Независимость от пользователя Устойчивость к временным изменениям Независимость от приложения *	Внутриклассовая вариабельность Схожесть различных по смыслу действий Различия в характеристиках устройств
Режим работы	Непрерывное распознавание (vs классификация сегментированных данных)	Проблема класса NULL; переходные действия
Типы действий	Элементарные действия: Периодические, регулярные \ нерегулярные \ статические позы Поведенческая активность	Очень высокое разнообразие типов действий Интерпретация зависит от контекста
Определение распознаваемых действий	Действия 1) покрывают исследуемый тип деятельности, 2) информативны для распознавания активности, 3) распознаваемы.	Трудозатратно, необобщаемо на другие типы деятельности
Проведение разметки	Быстро, точно, недорого	Долго, много ошибок, дорого

Различие между источниками данных

Проблемы возникают при попытке собрать универсальную выборку временных рядов человеческой активности

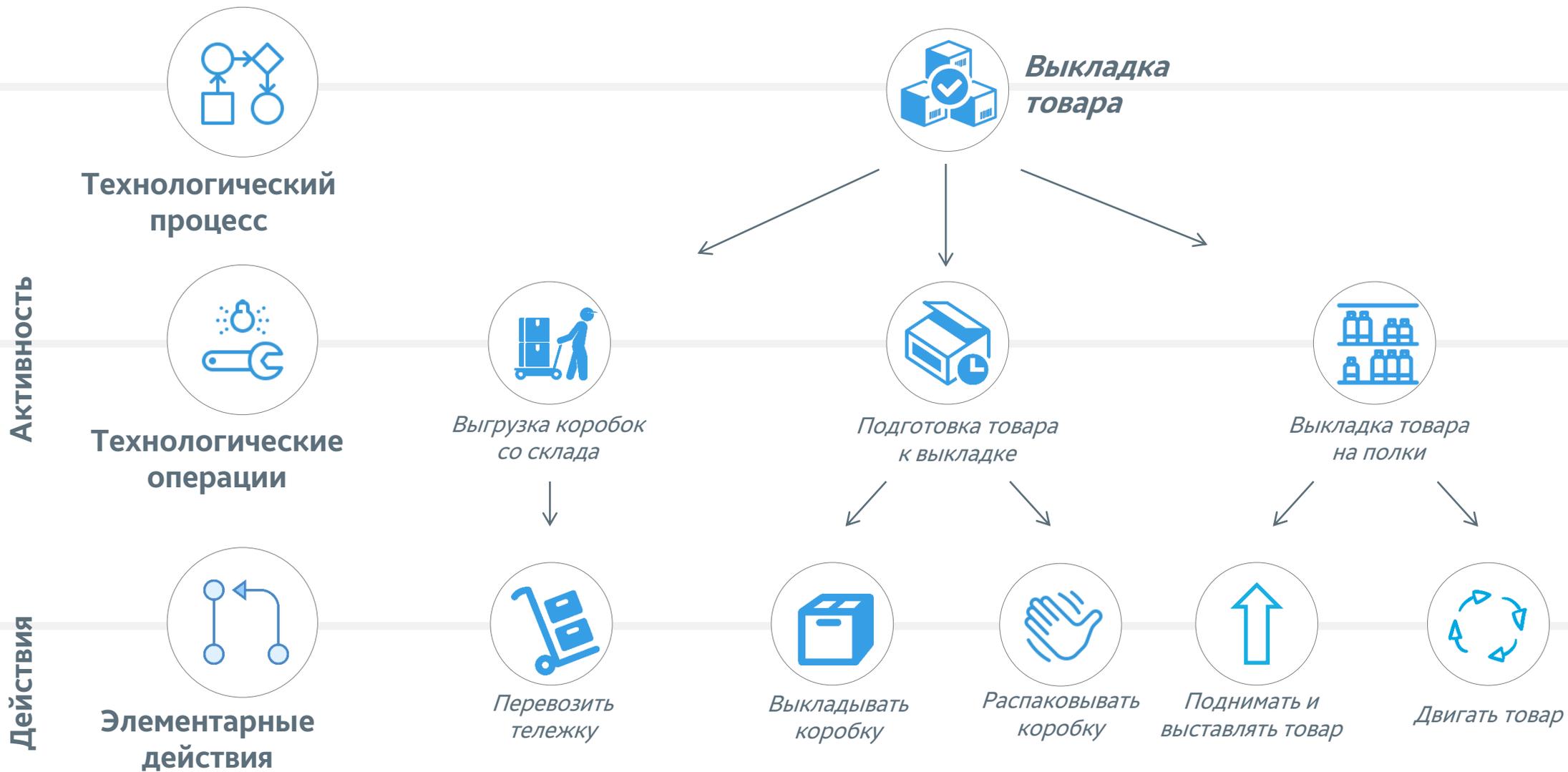


- характеристики датчиков (ориентация осей, учет ускорения свободного падения, наличия внутренних фильтров)

Mbient		Samsung
X	→	Y
Y	→	X
Z	→	-Z

- Конфигурации устройств в экспериментах (две руки + телефон, рука + нога, только руки)
- Сенсоры (акселерометр + гироскоп, магнитометр, барометр, ...)
- Частота записи

Принцип распознавания

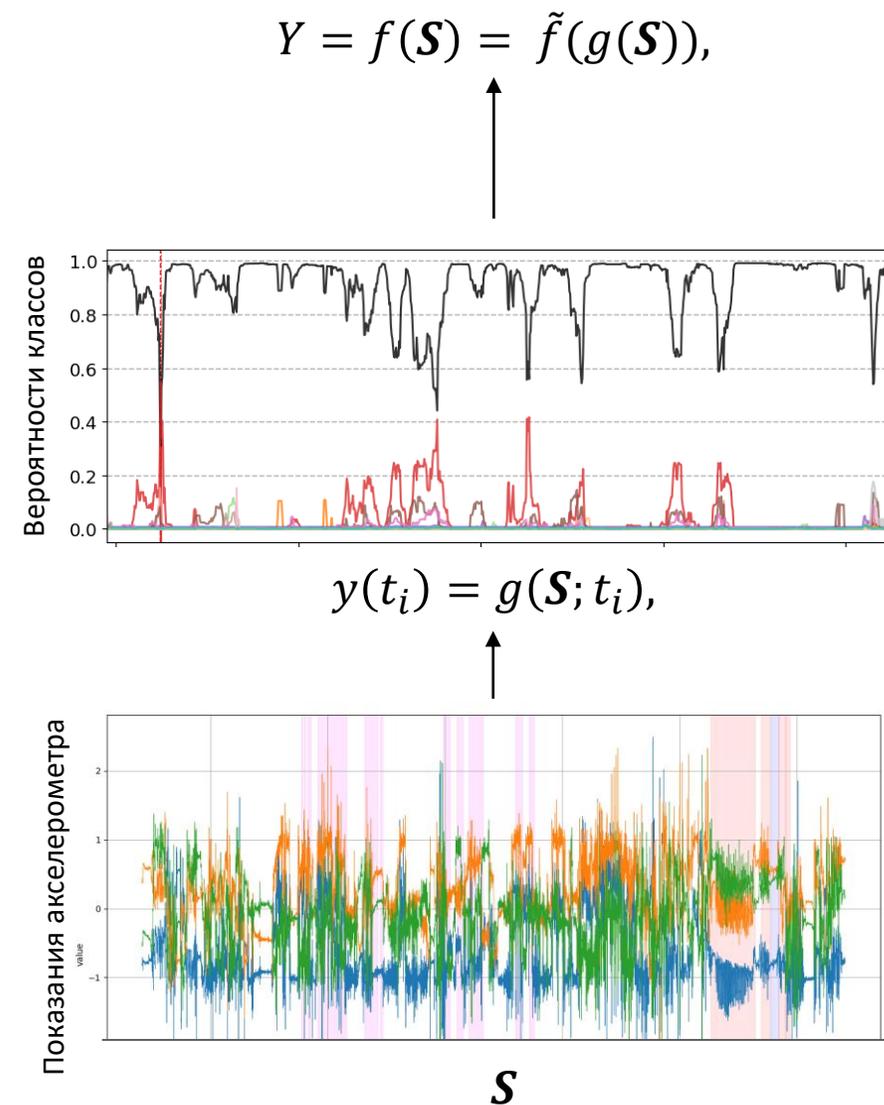


Иерархический подход

Задача верхнего уровня иерархии, $Y \in \{Y_1, \dots, Y_N\}$ – целевые классы.

Задача нижнего уровня иерархии, $y(t_i) \in \{y_1, \dots, y_n\}$ – вспомогательные классы, формирующие признаковое описание для задачи верхнего уровня.

S – измеряемые временные ряды
трехосевой акселерометр + трехосевой гироскоп на каждой руке



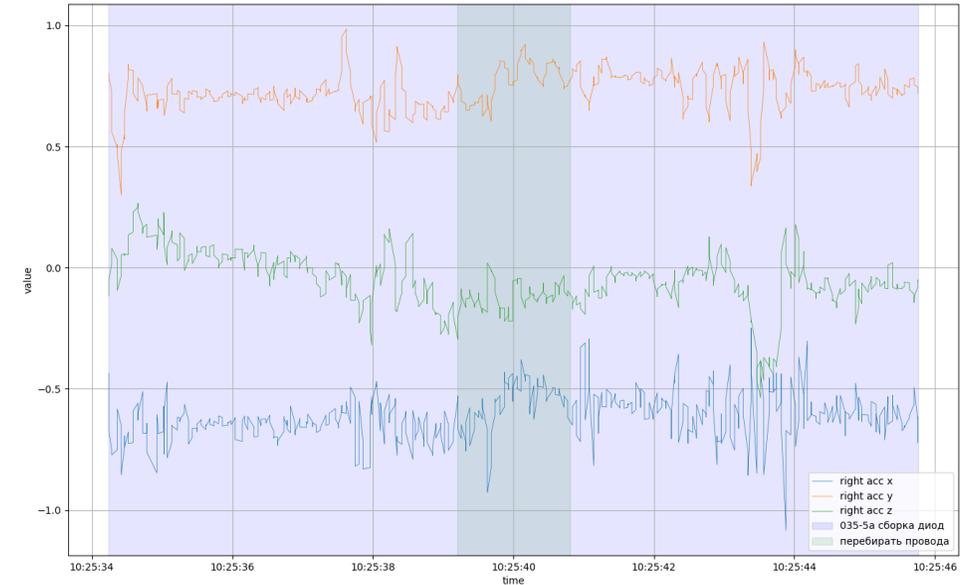
Определение распознаваемых движений

Иерархический подход: для решения задачи верхнего уровня нужно сформулировать (и решить) задачу нижнего уровня

Проблемы:

- Требуются экспертные суждения. Уходит много исследовательского времени, процесс нужно проводить для каждого нового типа работ
- Ключевые действия могут не обладать регулярностью
- Сложно определить границы движения и логически, и визуально

подниматься по лестнице	Подниматься по лестнице, без использования рук (или слегка придерживаясь за перила). Сюда входит большинство стационарных лестниц
спускаться по лестнице	Спускаться по лестнице, без использования рук (или слегка придерживаясь за перила). Сюда входит большинство стационарных лестниц
карабкаться вверх по лестнице	Подниматься по лестнице с использованием рук . Сюда входят переносные лестницы и иногда железные лестницы трансформаторных будок
карабкаться вниз по лестнице	Спускаться по лестнице с использованием рук . Сюда входят переносные лестницы и иногда железные лестницы трансформаторных будок



Обработка шумной разметки и переходных активностей

- Переходные периоды между движениями \ типами активности приводят к тому, что разметка является шумной по умолчанию
- Ассессоры ошибаются

Варианты:

1. Удаление из выборки граничных сегментов (сужаем классы)

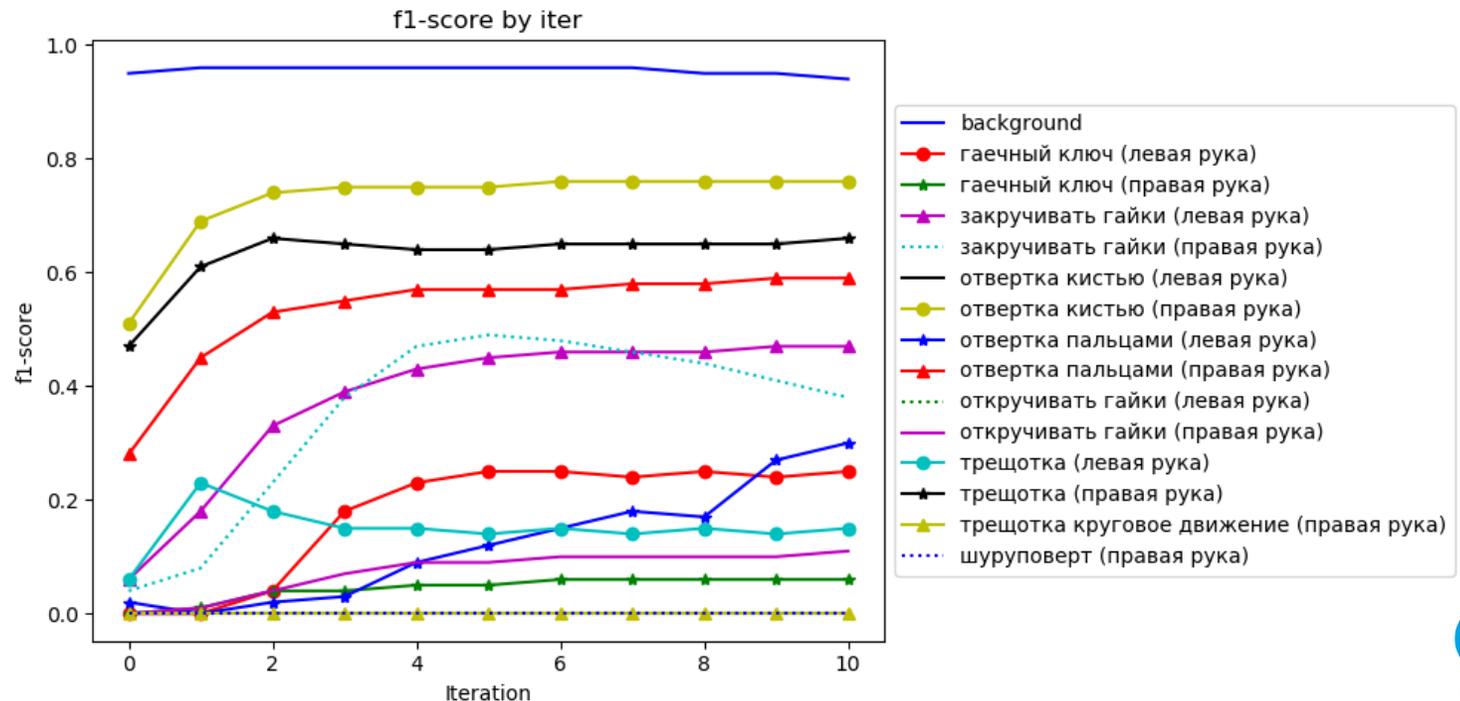
Проблемы: короткие классы могут исчезнуть

2. Обучение с шумной разметкой (*self-editing*):

- Дополнительно загружаем разметку (расширяем классы)
- Обучаемся на небольшой качественно размеченной выборке, получаем прогнозы на шумной выборке и пополняем выборку объектами, на которых модель дала правильный результат.

Проблемы: стагнация, не очень большой потенциал для повышения обобщающей способности

	F1 между эталонными ассессорами			
	Настя	Миша	Гриша	Егор
Настя		0.6755	0.7184	0.7006
Миша	0.6777		0.6979	0.6985
Гриша	0.7197	0.6963		0.7084
Егор	0.6965	0.6811	0.6991	



Проблема «фона» в распознавании человеческой активности

- Напрямую не моделируется
- Порождает множество ложных срабатываний
- Большая часть данных не содержит полезной информации

Варианты обработки:

- Обучение только на полезных классах
Требует хорошо откалиброванной модели.
- Обучение на всех классах с прореживанием 90 % элементов NULL
- Обучение на всех классах с положительным сэмплингом. **Нужно уметь генерировать синтетические примеры классов**

	F1 с учетом NULL	F1 без учета NULL	support
NULL	-	-	180415
трещотка (левая рука)	0.338	0.866	784
трещотка (правая рука)	0.330	0.849	1010
трещотка круговое движение (правая рука)	0.383	0.751	97
закручивать гайки (правая рука)	0.206	0.698	2851
закручивать гайки (левая рука)	0.212	0.684	942
гаечный ключ (правая рука)	0.305	0.652	413
гаечный ключ (левая рука)	0.205	0.627	383
откручивать гайки (правая рука)	0.204	0.587	1225
шуруповерт (правая рука)	0.109	0.516	323
отвертка кистью (правая рука)	0.170	0.479	2303
отвертка пальцами (правая рука)	0.171	0.460	1340
накручивать изолятор	0.184	0.308	78
шуруповерт (левая рука)	0.071	0.280	21
отвертка пальцами (левая рука)	0.079	0.262	2086
откручивать гайки (левая рука)	0.135	0.230	300
отвертка кистью (левая рука)	0.002	0.025	143

Автоматическое выделение характерных паттернов

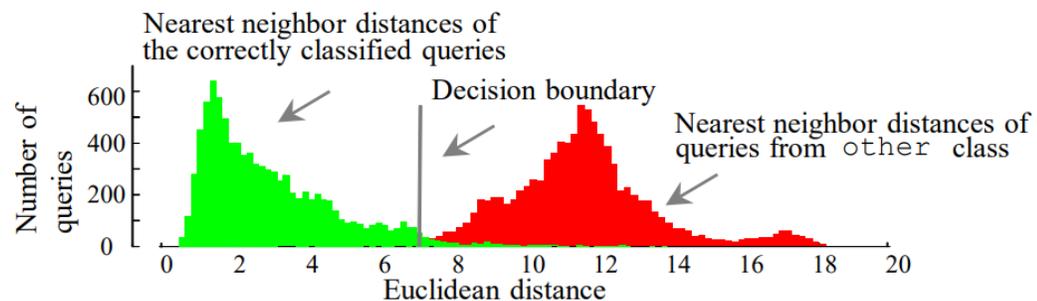
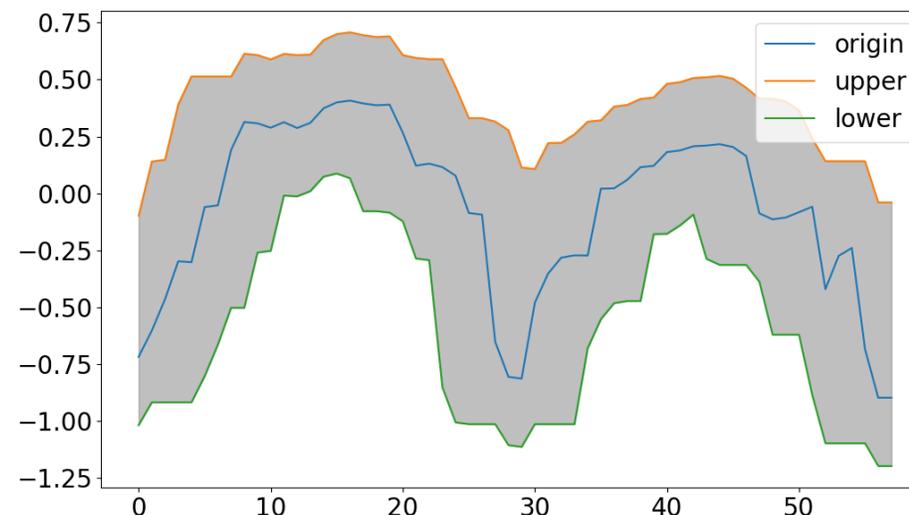


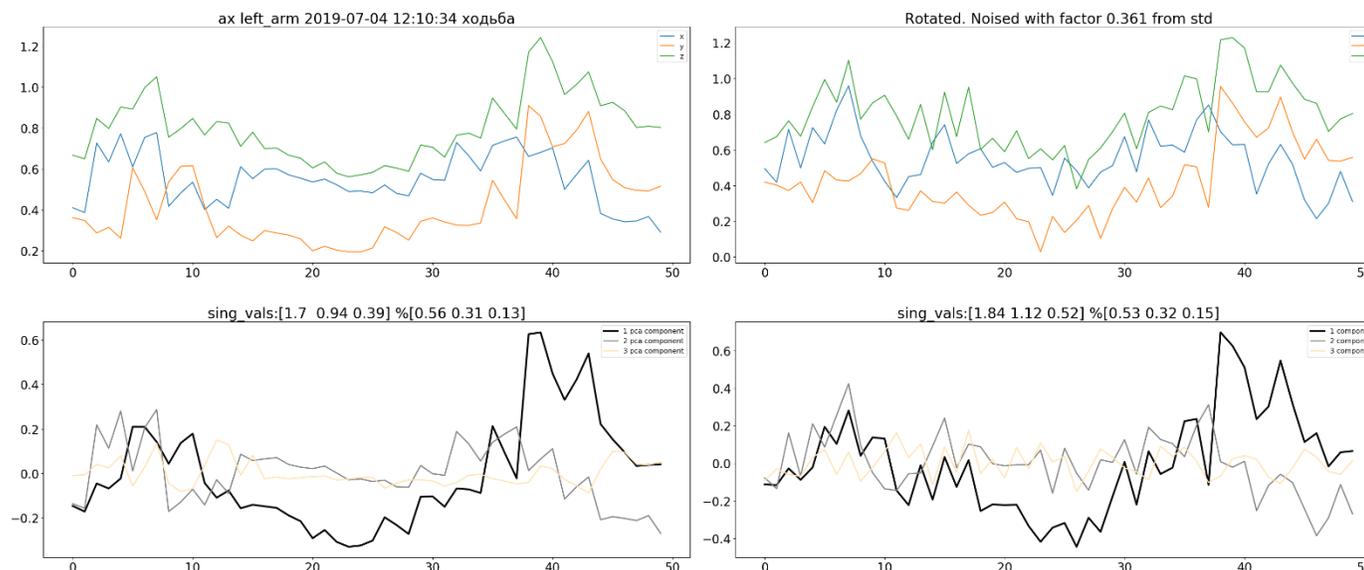
Figure 7: The *green/left* histogram contains the nearest neighbor distances of correctly classified queries for the ECG datas used in Section 4.2. The *red/right* histogram shows nearest neighbor distances for queries from the *other* class



Автоматически находим шаблонные сегменты: характерные для данного класса и не характерные для остальных (NULL)

- Быстрый поиск: вычисляется приближенное расстояние между сегментами
- Инвариантность к поворотам осей: сравнение в базисах главных компонент каждого сегмента

Плюсы: не требуется точной разметки, классы могут быть не обладать регулярностью, решает проблему внутриклассовой варибельности.

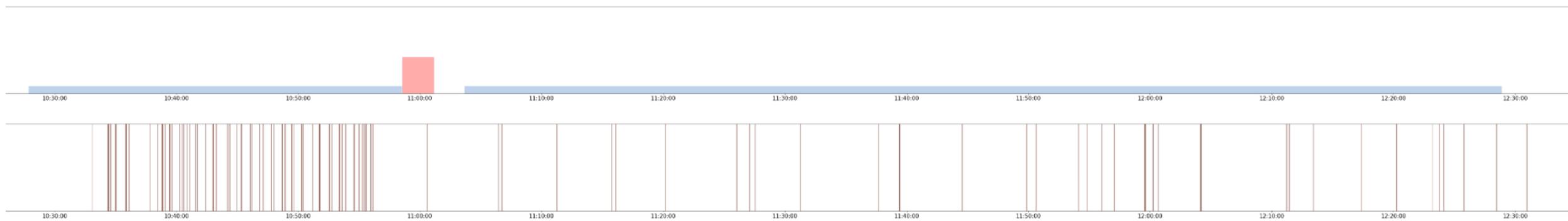


Автоматическое выделение шаблонов

Шаблоны для курения



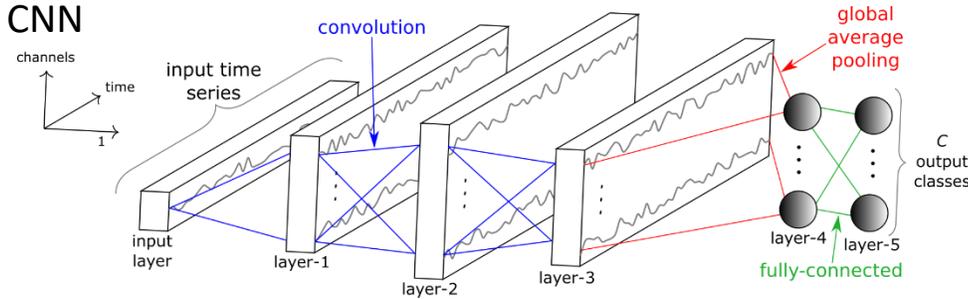
Шаблоны для класса монтаж-030



Нейросети

Нижний уровень иерархии (элементарные действия)

CNN

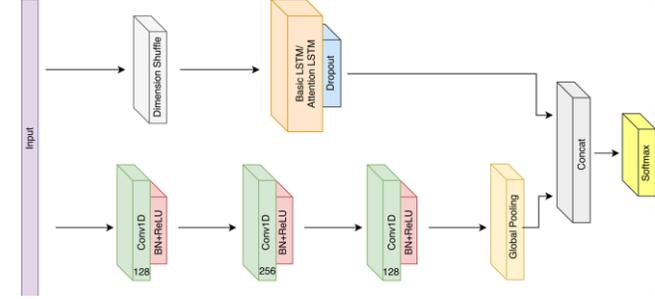


Fawaz et al. Transfer learning for time series classification, 2018.

	LGBM	CNN
гаечный ключ (левая рука)	0.627	0.453
гаечный ключ (правая рука)	0.652	0.513
закручивать гайки (левая рука)	0.684	0.627
закручивать гайки (правая рука)	0.698	0.658
отвертка кистью (левая рука)	0.025	0
отвертка кистью (правая рука)	0.479	0.764
отвертка пальцами (левая рука)	0.262	0.498
отвертка пальцами (правая рука)	0.460	0.642
откручивать гайки (левая рука)	0.230	0.756
откручивать гайки (правая рука)	0.587	0.532
трещотка (левая рука)	0.866	0.304
трещотка (правая рука)	0.849	0.729
трещотка круговое движение (правая рука)	0.751	0.182
шуруповерт (левая рука)	0.280	0.615
шуруповерт (правая рука)	0.516	0.500

Верхний уровень иерархии (композитные действия)

LSTM + CNN



Karim et al. Multivariate LSTM-FCNs for Time Series Classification, 2019.

	LGBM	CNN-LSTM
030 монтаж	0.83	0
035-(10,11) сборка реле 3	0.48	0.14
035-(2, 3) сборка разъединитель	0.74	0.14
035-(8,9) сборка реле 2	0.24	0.16
035-1 сборка зажимы	0.57	0
035-4 сборка реле	0.73	0.05
035-5a сборка диод	0.5	0.76
035-7 сборка аппараты	0.54	0.64
040 монтаж	0.52	0.84
045-(4,5) сборка крепление	0.39	0.52
045-1 сборка изоляторы	0.0	0.08
045-3 сборка аппараты	0.46	0.53

Открытые задачи анализа поведения

Технологические:

- Агрегирование данных из разных источников (сенсоров и устройств с различными характеристиками)
- Выбор и комбинирование моделей
- Обучение с шумной разметкой
- Автоматическая генерация признакового пространства

Теоретические:

- Декомпозиция движений
- Разработка методов, инвариантных к ориентации датчиков
- Методы обучения без учителя (проблемы с валидацией результатов)
- Генерация синтетических примеров для пополнения выборки
- Инерциальное позиционирование (восстановление траектории руки с минимальным количеством датчиков)



ФОРЕКСИС

Прогнозирование и анализ данных

Мотренко Анастасия

+7 (903) 562-74-65

motrenko@forecsys.ru