

Разработка инструмента прогнозирования спроса

Альтернативный вариант проекта по курсу «Информационные системы прогнозирования и планирования цепи поставок»

Тип задания: Групповой проект (max 5 человек)

1. Описание проекта

В рамках этого задания вы переходите от теоретического построения моделей к созданию прикладного продукта. Ваша цель — разработать прототип аналитической системы (приложения) для прогнозирования спроса, ориентированной на использование бизнес-пользователями (планировщиками цепей поставок).

Вы будете работать с иерархическими данными розничной торговли. Ваше приложение должно решать реальные бизнес-задачи: автоматизировать построение прогнозов на разных уровнях, оценивать их точность и подсвечивать проблемные зоны ("исключения"), требующие ручного вмешательства.

При работе над проектом можно (и, скорее всего, придется) использовать инструменты ИИ-разработки (например, Codex, Cline, Cursor и т.п.).

2. Функциональные требования (MVP)

Приложение с графическим интерфейсом (например, на базе Streamlit) должно реализовывать полный цикл работы с прогнозом:

A. Подготовка данных и Сегментация (Data Engineering)

- Загрузка и предобработка "сырых" данных.
- **Анализ временных рядов:** Автоматическое определение свойств ряда (тренд, сезонность).
- **XYZ/ABC-анализ или кластеризация:** Сегментация товаров по характеру спроса (Smooth, Intermittent, Lumpy, Erratic) для выбора стратегии прогнозирования (можно ли работать с данным объектом напрямую, или только в группе)

B. Движок прогнозирования (Forecasting Engine)

- **Иерархическое прогнозирование:** Реализация согласования прогнозов.
 - *Bottom-up:* Суммирование прогнозов SKU до уровня категорий/магазинов.
 - *Top-down:* Распределение прогноза категории по историческим пропорциям.
 - *Middle-out (опционально):* Комбинированный подход.
- **Моделирование:** Использование продвинутых библиотек (Nixtla, ETNA) для построения прогнозов с помощью классических (ARIMA, ETS) и ML-подходов (LightGBM, CatBoost) или использование готовых пайплайнов AutoML.

B. Аналитика и Интерфейс (UI/UX)

- **Интерактивный дашборд:** Визуализация "Факт vs Прогноз" с переключением уровней иерархии (Например, Все магазины -> Категория -> SKU). Мониторинг процесса прогнозирования, например дашборд для оценки ошибки прогноза и исключений на текущей итерации (хорошо бы и в динамике тоже).
- **Метрики качества:** Расчет WAPE, MAE, RMSE на тестовом периоде.

- **Exception Management:** Таблица "Alerts", фильтрующая товары с наибольшими ошибками или аномальным поведением прогноза (резкие скачки, отрицательные значения).

3. Используемые данные (Dataset)

Рекомендуется использовать датасет **M5 Forecasting - Accuracy** (Walmart).

- **Скачать:** [Kaggle M5 Dataset](#)
- **Файлы:** sales_train_evaluation.csv, calendar.csv, sell_prices.csv.
- **Ограничение объема:** Для ускорения работы выберите один штат (например, 'CA') и 1-2 категории ('HOBBIES', 'FOODS'), чтобы работать с ~1000-3000 рядов, а не со всем массивом.

Альтернативы: Corporacion Favorita (<https://www.kaggle.com/c/favorita-grocery-sales-forecasting>), DIY Retail (<https://disk.yandex.ru/d/POsOHwxblxRbyQ>)

4. Технологический стек и Библиотеки

- **Язык:** Python
- **UI:** рекомендуется Streamlit
- **Прогнозирование (на выбор, рекомендуется использовать современные фреймворки):**
 - **Nixtla StatsForecast:** (Рекомендовано) Очень быстрая библиотека для статистических моделей (ARIMA, ETS) и иерархического согласования (HierarchicalForecast).
 - **Nixtla MLForecast:** Фреймворк для удобного превращения временных рядов в задачу машинного обучения (генерация лагов, оконных признаков) и использования моделей типа LightGBM/XGBoost.
 - **ETNA:** Мощная библиотека от Tinkoff для прогнозирования и анализа временных рядов (включает бэкстестинг, пайплайны, интерпретацию).
 - Библиотеки Darts, Sktime, tsururu

5. Отчетность и формат сдачи

1. Репозиторий кода (GitHub/GitLab):

- Рабочий код приложения (app.py и вспомогательные модули).
- Файл зависимостей requirements.txt.
- README.md с описанием запуска.

2. Подробный технический отчет (PDF, 15-20 стр.):

- **Методология подготовки данных:** Как обрабатывались пропуски? Какие признаки (features) были сгенерированы (лаги, скользящие средние, календарные признаки)? Как проводилась сегментация товаров?
- **Архитектура решения:** Выбор библиотек и моделей.
- **Методология прогнозирования:** Как выбираются модели прогнозирования для разных объектов? Как используется иерархическое прогнозирование?
- **Дизайн эксперимента:** Как проводилась валидация (Time Series Cross-Validation)? Какие метрики выбраны и почему (бизнес-смысл метрик)?
- **Анализ результатов:** Сравнение точности разных подходов (например, "MLForecast с LightGBM оказался точнее Prophet на 15% по метрике WAPE"). Примеры "хороших" и "плохих" прогнозов с объяснением причин.

3. Демонстрация: Показ работающего приложения (видео).

В день экзамена (23.12) команда защищает результаты проекта.

6. Полезные ссылки

- **Forecasting: Principles and Practice, the Pythonic Way** <https://otexts.com/fpppy/>
- **Nixtla Ecosystem:**
 - [StatsForecast \(Statistical Models\)](#)
 - [MLForecast \(Machine Learning\)](#)
- **ETNA Library (Tinkoff):** [Документация и примеры](#)
- **Streamlit:** Фреймворк Streamlit для создания интерфейсов и дашбордов
<https://streamlit.io/> [Gallery & Components](#)
- **Система прогнозирования спроса ForecastPro (архив вебинаров)**
<https://www.forecastpro.com/resources/webinars/>
- **Канал SCM Academy** (презентации систем для прогнозирования)
<https://www.youtube.com/watch?v=VqLVIXeEm94&list=PLO73d6jVScvpe1atzbWh5fZ1KvHGFZ4Yg&index=2>
- **Подборка литературы по прогнозированию спроса в бизнесе:**
 - Demand Management Best Practices <https://disk.yandex.ru/i/85n9z0KEkziuh> и примеры дашбордов, которые там рассмотрены <https://disk.yandex.ru/d/FETqzStD7a4X2Q>
 - Руководство по системе планирования спроса JDA Demand https://disk.yandex.ru/i/sKr_6mAML7fgFw
 - Руководство по системе Demantra: <https://disk.yandex.ru/i/H8jHiD5QXIZ8pw> и слайды по ней с примерами рабочих экранов <https://disk.yandex.ru/i/Qd8XdKv9bW4Ybg>
 - Книга про APS-системы, тут есть в т.ч. про прогнозирование спроса <https://disk.yandex.ru/i/Uvo30p5-rvcE3>

7. Критерии оценивания

Отличная работа должна обладать следующими характеристиками:

Методология работы с данными и прогнозирования

Авторы продемонстрировали глубокое понимание данных. Подготовка данных не ограничилась простой загрузкой: проведена качественная очистка, обработка выбросов и, сегментация объектов прогнозирования. Выбор стратегии прогнозирования (модели) обоснован характеристиками временного ряда (например, сезонный, прерывистый, стабильный спрос).

Решение учитывает иерархическую природу данных ритейла. Реализована логика формирования прогнозов (Bottom-up, Top-down или Middle-out), если это работает лучше, чем независимый прогноз для каждого ряда.

Выбор библиотек (Nixtla statsforecast/mlforecast, ETNA, sktime, darts, ...) и моделей обоснован результатами экспериментов.

Корректность валидации

Валидация моделей проведена с учетом специфики временных рядов (Holdout или Time Series Cross-Validation). В отчете четко видно, что при обучении не использовалась информация из "будущего" (data leakage). Выбранные метрики качества (WAPE, MAE, RMSE) интерпретированы с точки зрения бизнеса.

Бизнес-ценность прототипа

Приложение в Streamlit представляет собой интерактивный инструмент планировщика, а не просто набор статических графиков. Реализована концепция «управления по отклонениям»: система сама подсвечивает товары с плохим качеством прогноза или аномалиями (Alerts), позволяя пользователю фокусироваться на проблемах. Реализован удобный переход (Drill-down) между уровнями агрегации (товарной и географической: например, Все продажи -> Категория -> Товар -> Магазин).

Качество анализа результатов

В отчете проведен сравнительный анализ различных подходов (например, "Классические стат. модели vs Машинное обучение" или "Prophet vs LightGBM"). Выводы подкреплены данными. Авторы понимают границы применимости своего решения и указывают, в каких случаях модели работают хорошо.

Отчет подробно описывает "внутреннюю кухню" проекта, делая ее прозрачной для проверки. Показана ценность разработанного решения для бизнеса.

Техническая реализация

Код в репозитории структурирован, имеет модульную структуру и воспроизводим.

Командная работа

Все члены команды продемонстрировали глубокое понимание бизнес-проблемы, модели и результатов моделирования. Указаны роли каждого участника команды в работе над проектом. На защите все члены команды ориентируются во всех аспектах его выполнения.