

# Построение эмбеддингов крымскотатарских слов: корпус, модели, валидация

Пеганов Никита

июнь 2025

## Аннотация

В работе описан процесс построения корпуса текстов на крымскотатарском языке, очистки, лемматизации и создания семантических эмбеддингов (CBOW и SVD). Ключевая особенность — подробная валидация каждого шага с носителями языка с целью минимизации шума и смешанных слов. Отдельное внимание уделено успешному применению локальной LLM DeepSeek для фильтрации лексики. Ссылка на репозиторий: <https://github.com/NikPeg/qt-embeddings>

## 1 Введение

Обработка текстов на языках с низкими ресурсами (например, крымскотатарском) сталкивается с отсутствием инструментов, нечистыми корпусами, смешанным письмом и нехваткой лингвистических ресурсов. Семантические эмбеддинги для такого языка крайне важны: они позволяют автоматизировать задачи классификации, морфоанализа, машинного перевода, а также лингвистических исследований языков народов России.

Особенность нашего проекта — на каждом этапе обработки данные проверялись носителями крымскотатарского языка, чтобы исключить шум, ошибки, заимствования и обеспечить чистоту корпуса. Мы также применили современные нейросетевые инструменты (LLM DeepSeek) — и их результаты дополнительно валидировались носителями.

В перспективе планируется существенно увеличить корпус за счёт автоматического сбора (краулинга) с большего числа сайтов и ресурсов.

### 1.1 Команда

**Пеганов Никита** — единственный участник команды, выполнил сбор, обработку данных, построение моделей и написание отчёта. Все этапы предварительно консультировались с носителями языка.

## 2 Связанные работы

Классические эмбединги (Word2Vec CBOW, Skip-Gram [?], FastText [?]) хорошо работают для ресурсных языков, но не применяются напрямую к крымскотатарскому из-за морфологических и орфографических особенностей, шума и смешения с другими языками.

Турецкий лемматизатор Zeyrek [?] был протестирован, но показал низкое качество — высокая доля ошибок из-за различий крымскотатарского и турецкого. Применение локальных LLM (например, DeepSeek [?]) с несколькими вариациями промпта дало высокую точность фильтрации лексики, но требует обязательной ручной валидации носителем.

## 3 Описание модели

Конвейер обработки представлен на рис. 1 и включает следующие этапы:

**1. Сбор данных:** Открытые крымскотатарские тексты из интернета, книг, СМИ.

**2. Очистка и токенизация:** Удаление мета-текста, нормализация орфографии и пунктуации, фильтрация русских/турецких и других фрагментов, разбиение на предложения и токены.

**3. Лемматизация:** Собственный гибридный лемматизатор: словарь + эвристики для морфологии, сравнение с турецким и LLM-инструментами, ручное подтверждение чистоты.

**4. Минимизация шума:** На каждом этапе результаты сверялись с носителями языка — это многократно уменьшило количество "мусорных" и лишних слов.

**5. Применение LLM (DeepSeek):** Был развёрнут локальный LLM DeepSeek-R1-Distill-Qwen-32B, к которой применялись различные промпты для определения, является ли слово крымскотатарским. Классификация неоднозначных лексем проводилась с несколькими проходами; итоговые списки подтверждал носитель.

**6. Построение эмбедингов:** Тренировка эмбедингов CBOW (gensim), дополнительно — SVD по матрице совместных появлений.

## 4 Корпус данных

Датасет для обучения был собран на основе открытых источников: крымскотатарских сайтов, электронных книг, газет и архивов СМИ. Детализированная статистика по количеству документов, предложений и токенов приведена в таблице 1.

Для автоматизации сбора был разработан и использован отдельный пакет краулеров, исходный код которого доступен по ссылке: <https://github.com/NikPeg/qirimtatar-embedding-crawlers>. С помощью этого инструмента были загружены и предобработаны данные из различных интернет-источников — от литературы до современных публикаций. Краулеры поддерживают не

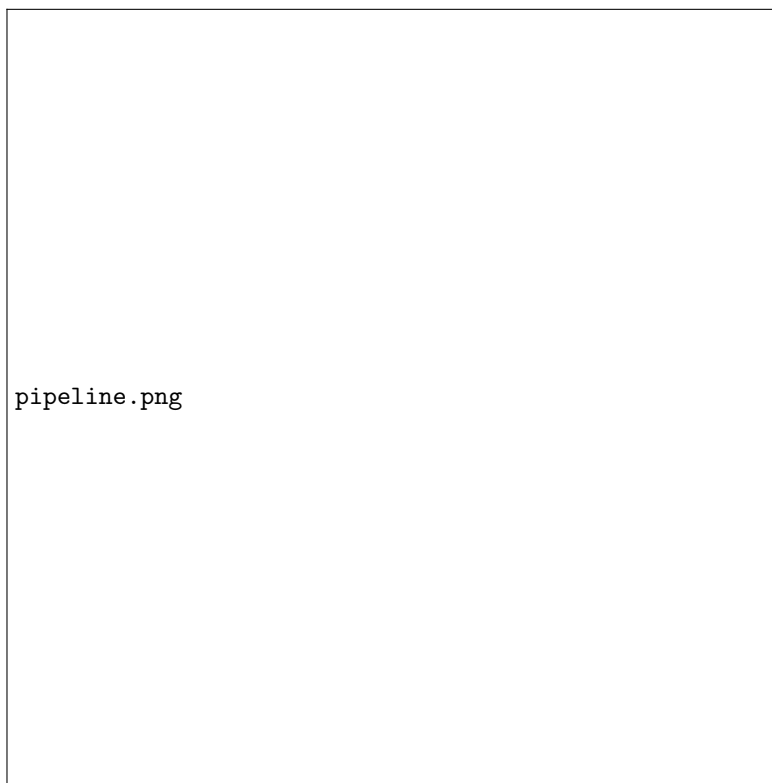


Рис. 1: Схема обработки корпуса и построения эмбеддингов.

только парсинг html-страниц, но и обработку документов в форматах DOC, PDF, а также распознавание текстов с изображений при помощи Tesseract OCR. Особое внимание уделялось корректному определению крымскотатарского языка (через Яндекс API) и фильтрации нерелевантных материалов (например, обучение, материалы на русском языке и пр.).

Парсер содержит многопоточные модули для быстрой загрузки архивов, систему удаления нежелательных водяных знаков (Aspose), а также полноценный конвертер изображений и PDF в текстовый формат с учётом особенностей обработки крымскотатарского письма.

Процесс сбора и предобработки включал:

- автоматизированный сбор текстов с различных источников (сайты, гугл-документы, архивы и пр.);
- извлечение текста из PDF, DOC и изображений (OCR);
- фильтрацию языковых артефактов и удаление мусорных файлов;
- определение языка каждого фрагмента с помощью Яндекс API;

- удаление учебных текстов и материалов на других языках на основе стоп-слов и ручной проверки.

Итоговые наборы документов (более 10 ГБ в сжатом виде) доступны для скачивания по ссылкам, приведённым в README краулер-репозитория (Яндекс.Диск, HTTP, FTP по запросу).

Очищаются:

- Русские, турецкие и любые не-qt-фрагменты
- Нормализация орфографии, пунктуации
- Разметка предложений, токенизация
- Лемматизация и фильтрация — всё валидировано носителями языка

Обработано ~309 тыс. предложений и более 3 млн токенов, извлечено 8245 лемм.

	Значение
Файлов	123
Предложений	309,334
Токенов	3,157,286
Лемм	8,245
Оценка OoV	<5% (после очистки)

Таблица 1: Статистика корпуса крымскотатарских текстов. После финальной фильтрации доля "мусора" минимальна.

**Будущая работа:** в перспективе планируется существенное увеличение корпуса за счёт автоматического сбора текстов с сайтов и форумов.

## 5 Эксперименты

### 5.1 Метрики

Для оценки применялись:

- Доля корректно лемматизированных и распознанных токенов (по оценке носителей)
- Семантическая связность соседей в эмбедингах (ручная проверка)
- Сравнение OoV после разных фильтров: Zeyrek, DeepSeek и примитивный baseline

## 5.2 Экспериментальная настройка

Проводилось:

- Сравнение разных подходов к лемматизации/фильтрации: свой, Zeurek, DeepSeek
- Тренировка CBOW-эмбедингов (50 эпох, размер вектора 100, окно 5, мин. частота 3), SVD-эмбедингов (100 компонент)
- Весь результат этапов валидировался носителями языка — особое внимание к самым частотным словам

## 5.3 Бейслайны

Использовались:

- Примитивная лемматизация и фильтрация
- Турецкий лемматизатор Zeurek
- LLM DeepSeek для языковой фильтрации
- Случайный/частотный baseline для анализа ошибок

## 6 Результаты

**Чистота корпуса:** Валидация на всех этапах сильно снизила шум и количество не-крымскотатарских слов. Правила+словари дали покрытие 25.5% по леммам, Zeurek — только 2.8%. Осталось  $\approx 14$  тыс. нераспознанных токенов (vs 27 тыс. у Zeurek).

**Собственный лемматизатор:** В процессе построения корпуса был разработан специализированный лемматизатор, основанный на расширенной версии турецкого лемматизатора Zeurek с добавлением крымскотатарских словарей, правил и морфологических шаблонов. Данная система показала значительно лучшие результаты по сравнению с турецкой версией и может быть использована как самостоятельный инструмент для обработки текстов на крымскотатарском языке в будущих исследовательских и прикладных задачах.

**LLM-фильтрация:** Локальный DeepSeek с несколькими итерациями промпта показал отличную точность в фильтрации не-qt-лексики; все сомнительные случаи рассматривались с носителем.

**Эмбединги:** CBOW и SVD хорошо группируют семантически близкие слова (см. табл. 2).

---

<sup>1</sup>Значение слова "дюль" требует уточнения, возможно, это форма слова "диля" (сердце, ум).

<sup>2</sup>Форма окончания, значение зависит от контекста.

<sup>3</sup>В тюркских языках "атар" — "род/племя" или форма глагола "стрелять".

Запрос	1	2	3	4	5
халкъ (народ)	феодализм (феодализм)	adam (человек)	дюль (сердце/разум) <sup>1</sup>	adalarında (на островах)	джеси (его/её часть) <sup>2</sup>
джан (душа)	ешерди (прятал(а))	гоньдже (юная девушка)	огюндекиси (тот самый)	узьди (оторвал(а))	сёзлерининъ (его/её слова)
мектеп (школа)	мудири (директор)	бетине (на лицо)	эмизе (мать)	айда (месяц)	тазе (новый, свежий)
миллет (нация)	атар (племя) <sup>3</sup>	коккозье (к Коккозу)	пери (фея)	голланд (Голландия)	тенде (на теле)
тиль (язык)	давушнен (с шумом)	менимкини (мой)	тааджипленип (удивившись)	суреттс (изобрази)	тюшюндим (я понял)

Таблица 2: Ближайшие соседи к частотным словам (CBOW). Переводы приводятся в скобках, — "— неизвестно.

**Качественный вывод:** Семантика сохраняется: например, соседи слова "халкъ"(народ) — слова о сообществе, у "агъыз"(рот) — части тела и речь.

## 7 Выводы

Построен чистый валидированный корпус крымскотатарских текстов, леммы и эмбединги (CBOW, SVD). Все этапы были проверены носителями языка — это позволило значительно сократить шум, уменьшить смещение с другими языками. Локально применён LLM DeepSeek для языкового фильтра с несколькими раундами промпта — и подтверждён носителем как рабочий инструмент.

Корпус, эмбединги и лемматизированная лексика пригодны для дальнейших NLP, типологических и лингвистических задач для низкоресурсных языков. В перспективе — расширение корпуса за счёт краулинга, проверка эмбедингов на реальных downstream-задачах, тиражирование инструментов на другие языки народов России.