

Мера сходства элементов штрихового представления рукописного текста на основе Фурье-дескриптора

Феоктистов Дмитрий Дмитриевич
Местецкий Леонид Моисеевич

ММП ВМК МГУ

8 декабря 2023

- Актуально для поиска в рукописном контексте
- Хотим решать задачу в постановке QbE и QbS
- *SOTA* методы: комбинация нейронных сетей и классических методов
- Новый взгляд на задачу: штриховая сегментация текста. Но нужна метрика на пространстве штрихов

- Каждый штрих является ломаной $L = \{(x_i, y_i)\}_i^l$
- Нужно построить такую метрику $\rho(L_1, L_2) \rightarrow \mathbb{R}$, что она будет дискриминативной
- Что такое дискриминативность? Во-первых, это выполнение гипотезы компактности. Во-вторых высокое качество классификации штрихов с помощью KNN
- Разные классы штрихов встречаются с разной частотой, из-за чего есть дисбаланс классов, поэтому в качестве внешней меры качества будем использовать F_1
- В других работах есть две метрики: расстояние Фреше (Пронина 2023) и DTW (Пацация 2023)

Теория: штриховое разложение

Процесс штриховой сегментации включает в себя несколько шагов: Бинаризацию, Аппроксимацию, Скелетизацию, Выделение Штрихов.

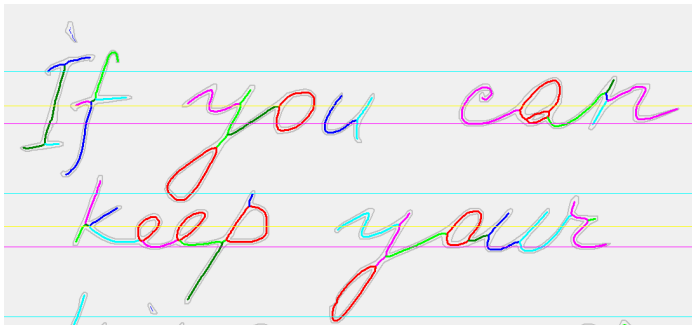


Figure: Результат штриховой сегментации

После скелетизации в графе выделяются подграфы, описывающие штрихи *Кольца* и *Цепи*. Выделение подграфов можно интерпретировать как разрезание геометрического графа по вершинам. Выделение штрихов осуществляется на основе следующих операций:

- 1 Выделение кольцевых циклических штрихов
- 2 Разрезание графа по вершинам третьей степени и более высоких степеней
- 3 Для полученных штрихов определяется направление и последовательность их прохождения в рукописном тексте

Теория: штриховое разложение

Кольцевые штрихи представляют собой подмножества точек центров вписанных окружностей таких, которые касаются двух разных многоугольников в границах аппроксимирующих многоугольных фигур.

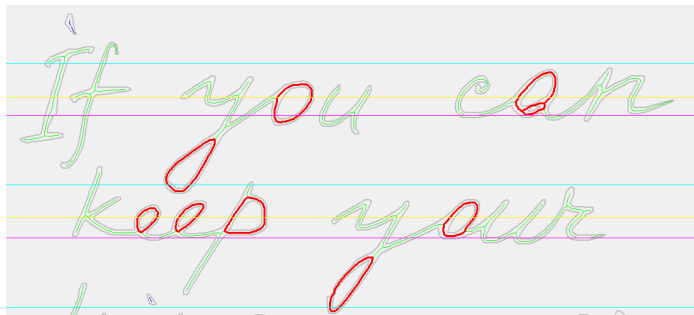


Figure: Выделение кольцевых циклических штрихов

Теория: штриховое разложение

В каждой вершине степени 3 строится разрез путём порождения вершины-клона.

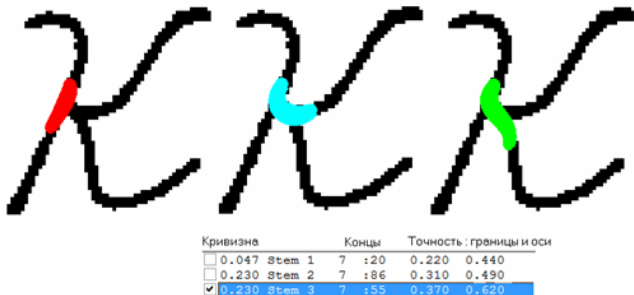


Figure: Разрезание тройников

- 1 Вычисляется точка, являющаяся центром масс штриха, то есть точка, являющаяся усреднением координат точек штриха.
- 2 Осуществляется параллельный перенос штриха так, что центр масс оказывается в начале координат.
- 3 Если штрих не является кольцевым, то выставляем порядок обхода так, что начальная точка находится левее конечной. Это преобразование связано с тем, что текст пишется слева направо.
- 4 Если штрих является кольцевым, то начинаем обход с самой левой точки штриха по часовой стрелке.

① $L = \{(x_j, y_j)\}_{j=1}^I \Rightarrow \{x_j + iy_j\}_{j=1}^I \Rightarrow \text{FFT}$

Данные для экспериментов

апророзотельна ладнаота уже
введенна земли багачи и
процветают кресты
все ускоряющаяся эволюция
интерактивные технологии
предъявляя все новые требования
к производителям как едотвено
вычислительная техника так и
периферийные устройств
завершен ежесекунды сь
трудно ваковы иконыкав летяющие
глубоко проникнуть в таковы
физически едотвено и хитроурава
реакции
свелье все еще эти ины
французских бую да выли гао
филематика та добродыца
исует у подьезда засаа оны
горюхи иныовны
информавыныча попросту забыла
ред ключевых иконыкав
и тнов

Figure: Размеченные данные

Эксперимент: проверка гипотезы компактности

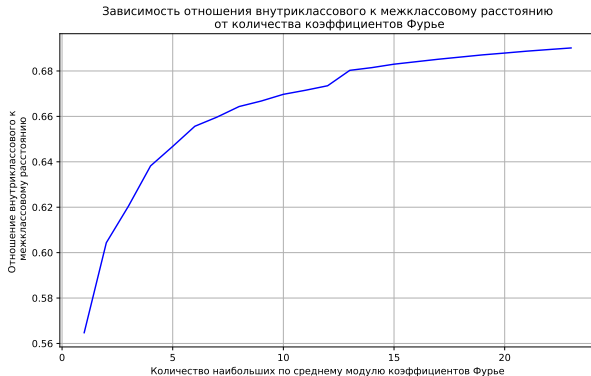


Figure: Выполнение гипотезы компактности

Эксперимент: выбор количества коэффициентов

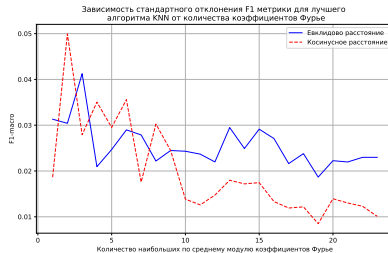
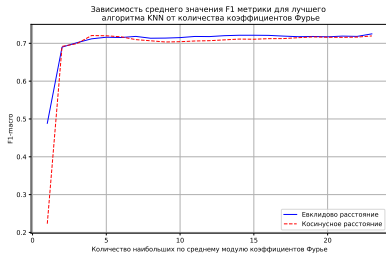
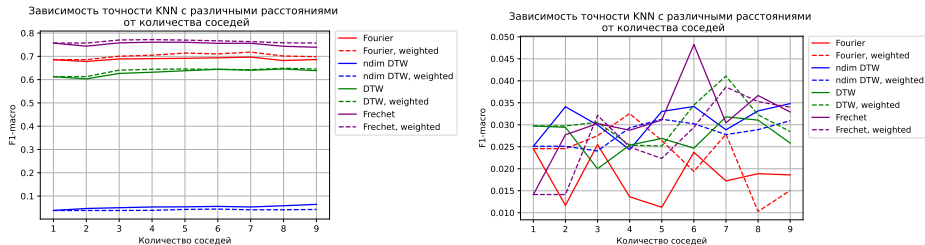


Figure: Результаты эксперимента, проверяющего качество классификации для различного количества коэффициентов Фурье

Эксперимент: сравнение с другими метриками



Время вычисления матрицы попарных расстояний для 1231 штриха. Фурье – 0.198 с, Фреше – 2 : 13 часа.

- В работе предложено малопараметрическое векторное описание элементов штриховой сегментации на основе преобразования Фурье.
- Экспериментально показано, что полученные вектора удовлетворяют гипотезе компактности.
- Экспериментально показано, что метод является наилучшим по соотношению время вычисления/качество. Также показано, что он единственный может быть использован для реальных поисковых систем.

- Будет изучена другая предобработка штрихов.
- Будет изучена возможность применения данного расстояния для задачи поиска ключевых слов в рукописном контексте.
- Будет изучена возможность составления идентификатора почерка на основе средних значений коэффициентов Фурье для штрихов каждого класса. Или же на основе барицентров Канторовича с базовым расстоянием на основе преобразования Фурье.
- Будет изучена возможность использования преобразования Фурье в качестве инициализации эмбедингов штрихов для их уточнения с помощью SSL.