

Модификация алгоритма анализа области частот для отпечатков пальцев

О.В. Бехтольд¹, В.Ю. Гудков²
olegbehtold@gmail.com|gudkovvy@mail.ru

¹Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия;

² Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия;

В данной работе рассмотрен модифицированный алгоритм построения поля качества изображения. Данное поле качества строится на основе частотного анализа локальных областей изображения. Модификация данного алгоритма заключается в добавлении фильтрации между этапом расчета частотной области локальных областей и этапом построения поля качества изображения. Поле качества изображения строится для оценки качества исходного изображения и принятия решения о модификации «плохих» участков, например, для компенсации морщин и порезов на отпечатках пальцев.

Ключевые слова: компьютерное зрение, дактилоскопия, отпечаток пальца, дискретное преобразование Фурье, частотная область, фильтрация.

Fingerprint frequency domain algorithm modification

O.V. Behtold¹, V.Y. Gudkov²
olegbehtold@gmai.com|gudkovvy@mail.ru

¹South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, Russian Federation;

²South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, Russian Federation;

Fingerprint image filtration is used to create quality field. This quality field based at frequency analysis of local fingerprint fields. We used additional filtration between frequency domain calculation step and quality field calculation step. Image quality field is used to estimate source image quality. This can help to find bad local effects, i.e. wrinkles and defects.

Keywords: computer vision, fingerprinting, fingerprint, DFT, domain frequency, filtration.

1. Введение

Поле качества является одной из качественных характеристик отпечатков пальцев в стандарте «NFIQ 2.0», разработанного Национальным институтом стандартов и технологий США [2]. Данный стандарт описывает методы оценки качества отпечатков пальцев и их эффективность.

В данном стандарте поле качества строится на основе частотного анализа локальных областей с помощью дискретного преобразования Фурье.

Актуальность исследования заключается в том, что данная модификация алгоритма, примененная к практической задаче мэтинга отпечатков пальцев, может уменьшить вероятности ошибок первого и второго рода, что позволит занять более высокие позиции в международных тестах и рейтингах среди компаний, занимающихся дактилоскопией.

2. Алгоритм

В алгоритме построения полей качества можно выделить основные этапы, такие как поворот локальной области изображения по направлению линий, дальнейшее преобразование этих областей с помощью дискретного преобразования Фурье, фильтрация и построение поля качества.

Рассмотрим подробнее основные этапы:

2.1 Поворот изображения

Поворот изображения необходим для корректной работы дискретного преобразования Фурье, чтобы мы могли получить корректные частоты в частотной области для построения поля качества.

Угол, на который производится поворот, определяется полем направлений, рассчитанным через тензорный метод Базена [1].

Поворот изображения выполняется вокруг его центра, и для каждой точки в новом изображении ищется позиция соответствующей точки в исходном фрагменте. Чаще всего эта позиция будет не совпадать с целочисленными координатами, поэтому будем применять интерполяцию.

Так как позиция X' имеет вещественные координаты, то находится между четырьмя другими координатами пикселей, как показано на рисунке 1, и значение рассчитывается по формуле 1, где L и M – дробные части значений координат, а A , B , C и D – значения яркостей пикселей.

$$X' = ((A*(1-L) + B*L)*(1-M) + (C*(1-L) + D*L)*M) \quad (1)$$

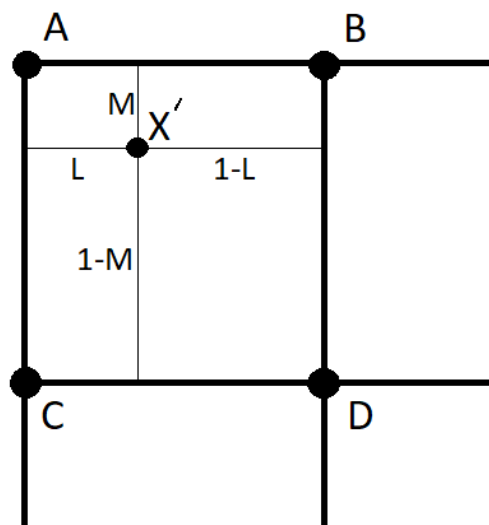


Рис.1. Позиция пикселя при переносе

2.2 Дискретное преобразование Фурье

В качестве исходных данных для дискретного преобразования Фурье используются средние значения яркостей локальных областей по вертикали. Таким образом, мы преобразуем наши локальные области в области частот по формуле 2 [3].

Для проверки расчетов используется визуализация области частот, пример такой визуализации показан на рисунке 2.

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N} kn} \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2)$$

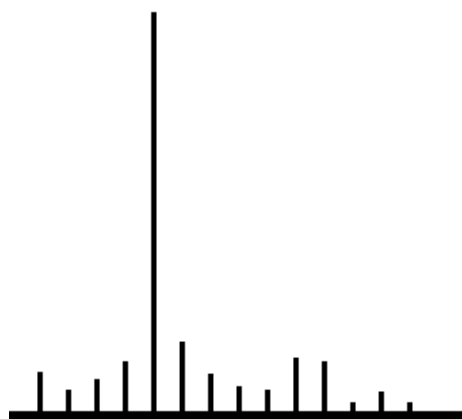


Рис.2. Дискретное преобразование Фурье

В области частот явно выделяются определенные значения, которые соответствуют частоте линий отпечатка пальца на выбранной локальной области.

2.3 Фильтрация

Модификация алгоритма заключается в фильтрации локальных областей частот. Для изображения порядка 256 на 256 пикселей локальные области выделим порядка 8 на 8 пикселей, и для каждой такой локальной области будем производить фильтрацию через плавающее окно 32 на 32 пикселя.

Для каждой локальной области нашего плавающего окна возьмем максимальную частоту от дискретного преобразования Фурье, и построим гистограмму из этих максимальных частот. Пик этой гистограммы будет соответствовать моде нашей выборки частот. В результате экспериментальных наблюдений предположим, что допустимый интервал вокруг моды равен $2/N$, где N – размер локальной области. Значение интервала выбрано на основе визуального анализа родных и чужих отпечатков пальцев таким образом, чтобы у родных отпечатков пальцев частота линий в локальных областях лежала в этом интервале.

Таким образом получаем, что все локальные области, максимальные частоты которых не входят в допустимый интервал, выбиваются из общей картины отпечатка пальца и помечаются как «плохие» участки на поле качества.

2.4 Поле качества

Поле качества строится на основе области частот по формуле 3, где F_{max} – максимальная частота, $A(F)$ – значение дискретного преобразования Фурье в определенной частоте, N – сторона квадратной локальной области изображения, $C=0,3$, в соответствии со стандартом ISO/IEC TR 29794-4:2010 [2].

$$Q_{FDA}^{local} = \frac{A(F_{max}) + C(A(F_{max} - 1) + A(F_{max} + 1))}{\sum_{F=1}^{N/2} A(F)} \quad (3)$$

По формуле 3 значение поле качества считается для каждой локальной области, кроме отмеченных ранее «плохих» участков. Для них качество прогнозируется как среднее значение качества близлежащих участков. На рисунке 3 приведен пример поля качества для всего изображения.



Рис.3. Пример поля качества отпечатка пальца

Поле качества является одним из критериев родственности отпечатков пальцев. Обычно у родных отпечатков плотность линий близка, а у чужих различается. Например, чем больше различие плотностей отпечатков, тем ниже степень похожести, т.е. больше вероятность что отпечатки чужие.

3. Заключение

Критериями, позволяющими оценить успешность исследования, являются визуализированные изображения полей качества отпечатков пальцев, а также программа на языке C++, реализующая стандартные алгоритмы и их усовершенствования.

Модификация алгоритма построения поля качества для отпечатков пальцев является частью более широкого исследования, целью которого является компенсация плохих участков отпечатков пальцев, морщин и порезов. Поле качества изображения дает информацию для принятия решений о дальнейшей модификации той или иной локальной области. Дальнейшее исследование улучшения полей качества отпечатков пальцев планируется провести с помощью добавления и анализа дополнительных характеристик, отвечающих за качество изображения.

4. Литература

- [1] Bazen, M. Fingerprint Identification - Feature Extraction, Matching, and Database Search / M. Bazen. – Enschede: Twente University Press, – 2002. – 187 p.
- [2] Elham Tabassi, NIST Fingerprint Image Quality 2.0, – 2016. – 95 p.
- [3] R. Gonzalez, R. Woods. Digital image processing, M.: Technosphere – 2012. – 961 p.

Об авторах

Бехтольд Олег Владимирович, аспирант кафедры ЭВМ высшей школы электроники и компьютерных наук ЮУрГУ. Его e-mail olegbehtold@gmail.com

Гудков Владимир Юльевич, д. ф.-м.н., профессор кафедры ЭВМ высшей школы электроники и компьютерных наук ЮУрГУ. Его e-mail gudkovvy@mail.ru