

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ПОЛЯ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ ПРИ ПОМОЩИ РАЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ФУНКЦИЙ

Аннотация: В этой статье, предложена новая модель для ориентационных полей отпечатков пальцев, которая может быть выражена как аргумент в рациональной комплексной функции. Она подходит для всех видов отпечатков пальцев. Результаты экспериментов показали, что производительность предложенной модели на много выше, чем у предыдущих моделей.

Ключевые слова: ориентационные поля отпечатков пальцев, рациональные комплексные функции.

Введение

Среди различных биометрических техник, автоматическое распознавание отпечатков пальцев, является самым популярным и надежным методом, автоматической идентификации личности. Отпечаток пальца – это рисунок хребтов и долин на поверхности пальца. Его ориентационные поля определены как локальные ориентации хребта долин и точек сингулярности, может быть рассмотрено как точки, в которых ориентация полей разрыва. Большинство классических алгоритмов распознавания отпечатков пальцев берут во внимание только точки сингулярности, их координаты и направления, как отличительные черты в процессе сопоставления. Но очевидно, что такого рода сопоставления не могут дать достаточно информации для крупномасштабной задачи идентификации. Ориентация поля описывает один из базовых структур отпечатков пальцев. Оно широко применяется для извлечения детальности и классификации отпечатков пальцев, но редко использовалась в процессе сопоставления. Нашей целью является представление ориентации поля в полной и краткой форме, так что бы оно могло быть точно восстановлено с небольшим числом коэффициентов. Исследуемая модель может быть использована, для улучшения оценки ориентации области; Поэтому это пойдет на пользу для извлечения детальности в обычных алгоритмах идентификации отпечатков пальцев. Более того, коэффициент модели ориентации поля может быть сохранен, для использования в сравнительном шаге.

Шерлок и Монро [2] предложили так называемую модель с нулевым полюсом(далее модель нулевой-полюс) для ориентационных полей, базирующихся на точках сингулярности, которая принимает 0 за ядро и дельты как полюсы в комплексной плоскости. Влияние ядра, это $\frac{1}{2} \arg(z - z_c)$ для ядер z_c и так же $\frac{1}{2} \arg(z - z_d)$ для дельт z_d . Ориентация z равна сумме влияния всех ядер и дельт.



Рис. 1 – Исходный образец отпечатка пальца.

Визая и Джерард [3] предложили усовершенствование, используя кусочно-линейную модель приближения вокруг точек сингулярности для того, что бы вывести ноль и полюса вращения. Окрестность каждой точки сингулярности разрезана на восемь регионов и влияние точек сингулярности суммировано для того, что бы изменить линейность в каждом регионе. В этих двух моделях, влияние точек сингулярности одинаковое для любой точки в каждой центральной линии, поэтому эти модели эффективны только ниже точек сингулярности. Кроме того, обе модели не приспособлены к типу отпечатка пальца “простой арки”, в котором точки сингулярности отсутствуют.

Здесь мы предлагаем модель для ориентационных полей отпечатков пальцев, используя рациональные комплексные функции, при помощи которых можно точно описать ориентацию полей любых типов отпечатков пальцев в близких либо дальних регионах точек сингулярности. Следовательно, целесообразно использовать модель, для улучшения оценки ориентационных полей отпечатков пальцев соответствующей стадии.

Рациональная комплексная модель для ориентационных полей

Пусть плоскость изображения выражено, как комплексное пространство C . Для любой $z \in C$, ориентация равна $\theta(z)$ в пределах $[0, \pi)$ это можно рассматривать как половину аргумента комплексного числа, т.е. $\theta(z) = \frac{1}{2} \arg U(z)$. Как нам известно, паттерн ориентации отпечатков пальца, достаточно плавный и не прерывный, кроме точек сингулярности (включая ядра и дельты) по этому рациональные комплексные функции могут быть использованы для представления функции, $U(z)$, в которой известны ядра и дельты представлены в виде нулей числителя и знаменателя соответственно. Таким образом, модель ориентационных полей может быть представлена как:

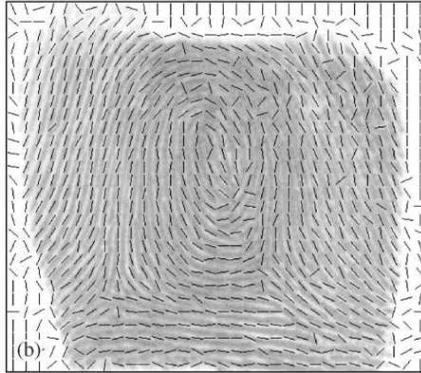


Рис. 2 – Грубые ориентационные поля, вычисленные по алгоритму предложенному в [4].

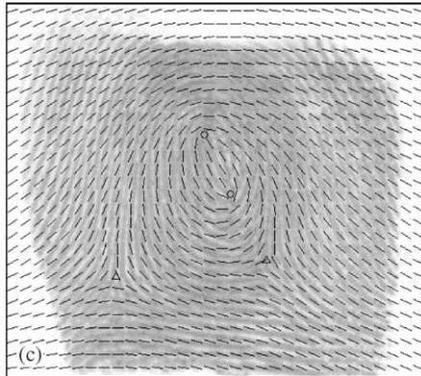


Рис. 3 – Реконструкция моделью нулевой-полюс.

$$\varphi(z) = \frac{1}{2} \arg \left[\frac{f(z)}{g(z)} \cdot \frac{P(z)}{Q(z)} \right], \quad (1)$$

где $P(z) = \prod_{i=1}^{S_0} (z - z_c^i)$, $Q(z) = \prod_{j=1}^{S_0} (z - z_d^j)$, $\{z_c^i\} I \leq i \leq s_0$ и $\{z_d^j\} I \leq j \leq s_0$ ядра и дельты отпечатков пальца в известном регионе. Нули функций $f(z)$ и должны быть вне известного региона. Очевидно, что нули функций $g(z), P(z)$ и описывают модель.

Модель с нулевым полюсом описанная в [2], может быть рассмотрена как специальный пример исследуемой модели, где и константы, такие как 1. Выделим, что исследуемая модель может быть модифицирована для любого типа отпечатков пальца.

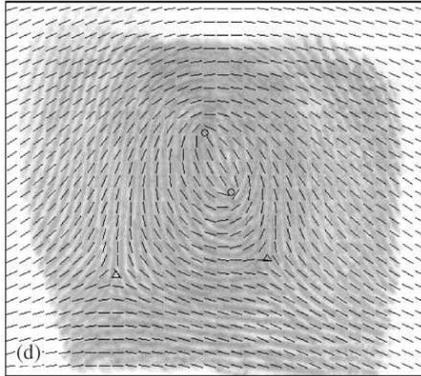


Рис. 4 – Реконструкция кусочно-линейной моделью.

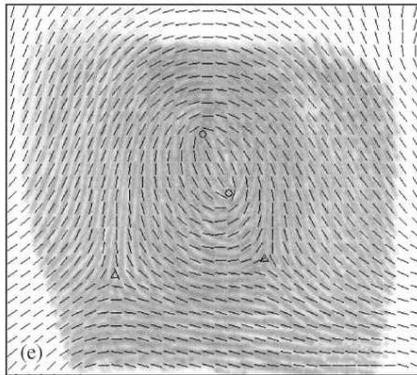


Рис. 5 – Реконструкция исследуемой моделью.

Вычисление параметров модели

Из математических теорем о комплексных числах мы знаем, что рациональная функция может быть аппроксимирована функцией многочленом в ближайшем регионе. Для упрощения вычисления рациональной модели, можно представить в виде:

$$\varphi(z) = \frac{1}{2} \arg \left[f(z) \cdot \frac{P(z)}{Q(z)} \right]. \quad (2)$$

Мы хотим найти функцию, что бы минимизировать разницу между исходным полем ориентации, $\{\Phi(z)\}$. Обозначаем $\mu(z) = \frac{1}{2} \arg [P(z) \cdot Q(z)]$ и $\omega(z) = \frac{1}{2} \arg [f(z)]$, теперь все что нам надо, это посчитать $f(z)$ минимизируя разницу между $\{\varphi(z)\}$ и $\{\theta(z) - \mu(z)\}$.

В этой ситуации мы не можем посчитать минимум прямо. Что бы решить эту проблему, преобразуем ориентационные поля в непрерывную комплексную функцию:

$$U(z) = \cos 2[\theta(z) - \mu(z)] + i \sin 2[\theta(z) - \mu(z)], \quad (3)$$

вместо того, что бы считать минимальную разницу между $\{\omega(z)\}$ и $\{\theta(z) - \mu(z)\}$ мы вычислим функцию $f(z)$, минимизируя $\sum_z |f(z) - U(z)|^2$. Так как $\theta(z)$, $P(z)$ и $Q(z)$ отвечающие за исходные ориентационные поля, ядра и дельты уже известны из образца отпечатка пальца, легче всего решить эту проблему используя метод “последнего неправильного квадрата”.

После того как мы выбрали $f(z)$ из множества полиномов порядка меньше, чем n , только $n + 1$ параметр нужен для вычисления. В нашем эксперименте, мы взяли $n + 6$. Из-за глобального приближения, исследуемая модель выигрывает в скорости по сравнению к шуму.

Результат эксперимента

Эксперимент был проведен более, чем над сотней образцов отпечатков пальцев. Были взяты отпечатки разных типов: петля, завиток, двойной цикл и простые арки без точек сингулярности. Для достоверности эксперимента, все образцы используемых отпечатков пальцев в очень разном качестве.

Три ориентационных модели, нулевой-полюс [2], кусочно-линейная [3] и исследуемая модель были оценены в базе данных эксперимента. Все они используют одинаковый алгоритм для нахождения точек сингулярности и ориентационных полей, предложенный в [4]. На всех образцах отпечатков пальца, исследуемая модель показывала более высокий уровень производительности, среднее число ошибок в исследуемой модели около 6%, что на много лучше нежели результаты остальных двух моделей (14% и 11%, соответственно). Результаты эксперимента показывают, что исследуемая модель хотя и основана на грубых ориентационных полях, может реконструировать их плавно и точно.

На рис. 1-5. показано сравнение моделей, где рис. 1 – исходный отпечаток пальца, рис. 2 – грубые ориентационные поля, вычисленные по алгоритму предложенному в [4], рис. 3-5 – реконструированные ориентационные поля, соответственно, нулевой-полюс, кусочно-линейная и исследуемая модель. Реконструированные ориентационные поля обозначены как вектора над оригинальным отпечатке пальца, Как можно увидеть, модели нулевой-полюс и кусочно-линейная плохо определяют ориентационные поля в местах далеких от точек сингулярности, что наблюдается в верхнем левом и правом участках образцов (с) и (b). В отличии от исследуемой модели, которая отлично описала поля ориентации на всей поверхности образца отпечатка пальца.

Литература

1. Pankantic S, Prabhakar S, Jain A.K., On the individuality of fingerprints (Об индивидуальности отпечатков пальцев). (2002).
2. Sherlock B, Monro D., A nonlinear orientation model for global description of fingerprints (Модель для интерпретации пальцев топологии). (1993).
3. Bazen A.M., Gerez S.H., Systematic methods for the computation of the directional fields and singular points of Fingerprints (Не линейная ориентационная модель, для глобального описания отпечатков пальцев). (1996).
4. Bazen A.M., Gerez S.H., Systematic methods for the computation of the directional fields and singular points of fingerprints (Систематические методы для вычисления ориентационных полей и сингулярных точек отпечатков пальцев). (2002).

Отримано 01.12.2010 р.