

О ПРИМЕНЕНИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЛЕДА ПЕРА

Введение

Наиболее распространенным решением проблемы защиты информации от несанкционированного доступа в настоящее время является система логина и пароля. Недостатки этой системы становятся очевидными для пользователей при взломе пароля или в случае его утери. Поэтому за последнее время широкое развитие получили биометрические технологии, использующие в качестве идентификатора врожденные особенности человека [1]. Причем, наиболее перспективным направлением является динамический метод идентификации по почерку [2,3], поскольку он не требует использования дорогостоящего, хрупкого или редкого оборудования, а также позволяет при необходимости выполнять быструю смену образца для идентификации.

Постановка задачи

Пусть след пера фиксируется через равные промежутки времени, то есть запоминается координата пикселя. То есть след – это последовательность координат пикселей, оставляемых пером в качестве следа в каждый момент времени. Такую траекторию изначально представим в виде последовательности координат точек на плоскости:

$$\{(x_t, y_t)\}_{t=1..n} \quad (1)$$

где t - дискретные моменты времени, n - момент окончания следа. Для каждого $t=3..n$ можно вычислить угол отклонения движения пера относительно предыдущего направления. Для трёх подряд идущих точек рассчитаем модуль отклонения φ как угол между двумя векторами $\vec{A}(X_t, Y_t), \vec{B}(X_{t-1}, Y_{t-1})$:

$$|\varphi| = \frac{180}{\pi} \cdot a \cos \frac{X_t \cdot X_{t-1} + Y_t \cdot Y_{t-1}}{\sqrt{(X_t^2 + Y_t^2)(X_{t-1}^2 + Y_{t-1}^2)}} \quad (2)$$

Поворот влево относительно предыдущего направления движения

считается отрицательным, а вправо – положительным (рис.1).

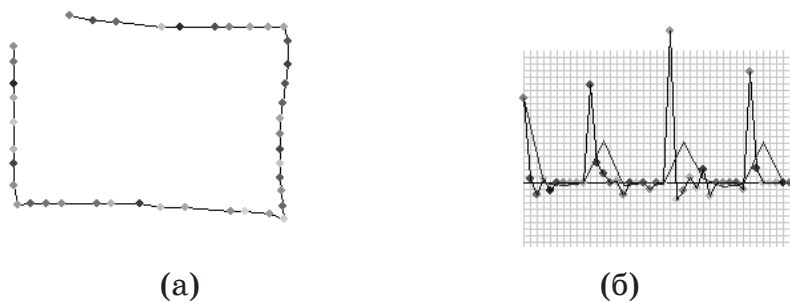


Рисунок 1 – Пример графика (б) отклонений для кривой (а)

Таким образом, возможным вариантом модели представления следа (1) является последовательность отклонений:

$$\{\varphi_t\}_{t=3..n} \quad (3)$$

В статье ставится задача исследовать возможность использования традиционных нечетких подходов для построения нечеткой характеристики траектории следа (3), на основании которой можно решать задачу идентификации.

Нечеткая модель следа

Построим на универсальном множестве отклонений $F = (-180, 180)$ 15 нечетких множеств, каждое из которых будет означать различные отклонения, с шагом 22.5° :

$$\tilde{\Phi}_i = \{\varphi \mid \mu_{\tilde{\Phi}_i}(\varphi)\} \quad (4)$$

где $\varphi \in F \subset \mathbb{R}, F = (-180, 180)$, $i = -7..7$, $\mu_{\tilde{\Phi}_i}(\varphi)$ - трапецевидная функция принадлежности (рис. 2).

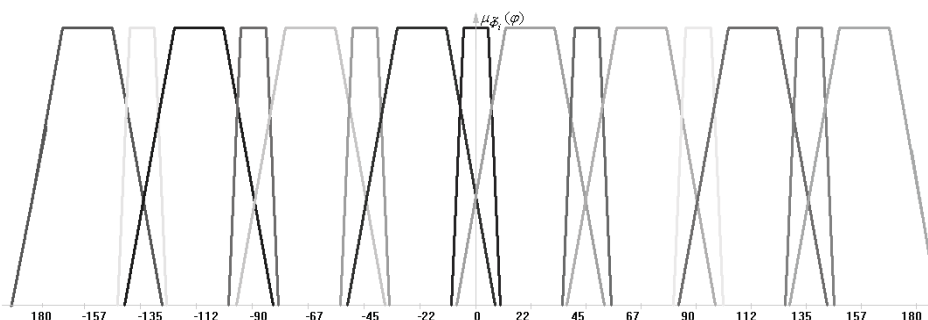


Рисунок 2 – Нечеткие множества для 15 видов отклонений

Введем 15 сенсоров, отвечающие за реакцию на каждый из 15 видов отклонения. В качестве характеристики нечеткой активности сенсора будем использовать нечеткое множество, определенное на

универсальном множестве – нормированное значение активности - $\theta \in [-1,+1]$, как описано в статье [4]:

$$\Theta_{\sim i} : \{\theta \mid \mu_{\Theta_{\sim i}}(\theta), \forall \theta \in [-1,+1]\} \quad (5)$$

Динамику нечеткой характеристики активности сенсоров $\{\tilde{\Theta}_i, i = -7..7\}_t, t = 1..n$ можно проследить графически, если выводить в каждый момент времени значение ядра β , как показано на рис.3.

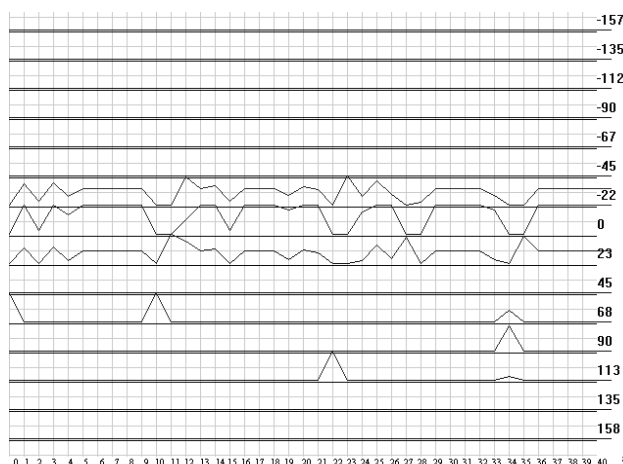


Рисунок 3 – Динамика изменения ядра нечеткой характеристики активности сенсоров для кривой на рис. 1(a)

Оценка схожести кривой с образцом по средней близости

Возьмём след и образец с последовательностями отклонений $\{\varphi_t\}_{t=3..n_\varphi}$ и $\{\theta_t\}_{t=3..n_\theta}$ соответственно. По их отклонениям найдем нечеткую характеристику активности на сенсоре i : $\Theta_{\sim i,t}$, с координатами функции принадлежности $(\alpha_{i,t}, \beta_{i,t}, \gamma_{i,t}, \delta_{i,t})$ и $\Theta^0_{\sim i,t}$, с координатами функции принадлежности $(\alpha_{i,t}^0, \beta_{i,t}^0, \gamma_{i,t}^0, \delta_{i,t}^0)$. Будем судить о степени схожести образца и следа в t – й момент времени на i - м сенсоре путем расчета близости $\Theta'_{\sim i,t}$ их нечетких характеристик активности, приведенном в статье [4]. Таким образом, для каждого сенсора i можно получить последовательность $\{\Theta'_{\sim i,t}\}_{t=1..n_\theta}$, означающую динамику степени схожести следа с образцом в каждый

момент времени t . Длина этой последовательности равна длине образца. Если же $n_\theta > n_\varphi$, то хвост последовательности $\{\Theta'_{i,t}\}_{t=1..n_\theta}$, начиная с элемента под номером n_φ будет состоять из отрицательных степеней схожести, для которых $\alpha'_{i,t} = \beta'_{i,t} = \gamma'_{i,t} = \delta'_{i,t} = -1$. Результирующая степень схожести образца и кривой Θ^p будет определяться функцией принадлежности с параметрами, которые рассчитываются как среднее арифметическое за все моменты времени по всем сенсорам:

$$\lambda^p = \frac{1}{15n_\theta} \cdot \sum_{t=1}^n \sum_{i=-7}^7 \lambda'_{i,t} \quad (6)$$

Введение среднего скользящего для графика отклонений

Случайные несущественные помехи в образце и следе, мешающие анализу, можно попробовать устранить путем сглаживания. Последовательность отклонений $\{\varphi_t\}_{t=3..n}$ будем сглаживать и для следа, и для образца, прежде чем выполнять сопоставление. Для этого рассчитаем последовательность $\{\varphi'_t\}_{t=3..n}$, каждый элемент которой вычисляется как среднее скользящее:

$$\varphi'_t = \varphi'_{t+1} = \varphi'_{t+2} = \frac{\varphi_t + \varphi_{t+1} + \varphi_{t+2}}{3} \quad (7)$$

Введение среднего скользящего для графиков активности сенсоров

Второй вариант преодоления проблемы помех – сглаженные графики показаний активности сенсоров, полученных как для образца, так и для следа. Для этого заменим последовательность $\{\tilde{\Theta}_i, i = -7..7\}_t, t = 1..n$ с координатами функции принадлежности $(\alpha_{i,t}, \beta_{i,t}, \gamma_{i,t}, \delta_{i,t})$ на среднее скользящее:

$$\alpha'_{i,t} = \alpha'_{i,t+1} = \alpha'_{i,t+2} = \frac{\alpha_{i,t} + \alpha_{i,t+1} + \alpha_{i,t+2}}{3} \quad (8)$$

Введение дискретных значений активности сенсоров

Третий вариант устранения помех при анализе – введение дискретных значений активности сенсоров. Дискретизацию выполним по формуле:

$$\beta'_{i,t} = \gamma'_{i,t} = \left\{ \begin{array}{l} -1, \text{ если } -1 \leq \beta_{i,t} \leq -0.875 \\ -0.75, \text{ если } -0.875 < \beta_{i,t} < -0.625 \\ -0.5, \text{ если } -0.375 \leq \beta_{i,t} \leq -0.625 \\ -0.25, \text{ если } -0.375 < \beta_{i,t} < -0.125 \\ 0, \text{ если } -0.125 \leq \beta_{i,t} \leq 0.125 \\ 0.25, \text{ если } 0.125 < \beta_{i,t} < 0.375 \\ 0.5, \text{ если } 0.375 \leq \beta_{i,t} \leq 0.625 \\ 0.75, \text{ если } 0.625 < \beta_{i,t} < 0.875 \\ 1, \text{ если } 0.875 \leq \beta_{i,t} \leq 1 \end{array} \right\} \quad (9)$$

Сдвиг следа относительно образца

В ряде случаев целесообразно искать в следе фрагмент, совпадающий с образцом, не сначала, а с некоторой позиции. Для этого будем последовательно сдвигать след относительно образца влево и рассчитывать при каждом сдвиге $\Theta^p_j, j=1..n$, где j - величина сдвига, n - длина образца. После вычислим максимальную близость Θ^p_{\max} . Максимальная близость Θ^p_{\max} - это та Θ^p_j , у которой ядро принимает максимальное значение:

$$\beta^p_{\max} = \text{MAX}\{\beta^p_j\}_{j=1..n} \quad (10)$$

Результаты компьютерного эксперимента

В эксперименте было создано 4 образца следа: «Прямая», «Окружность», «Квадрат», «Треугольник». Также было создано 40 следов: по 10 для каждого образца. Каждый след сопоставлялся с каждым из образцов. В качестве результата сопоставления рассматривалось только значение β^p , являющееся ядром степени схожести образца и следа $\tilde{\Theta}^p$. По 10 значениям β^p , полученным при сопоставлении однотипных следов с образцом, получалось среднее и выводилось на график. На рисунках 4-7 приведены результаты

сопоставлений в условиях различных модификаций алгоритма сопоставления.

Графики построены отдельно для каждого из наборов однотипных следов. По оси ОУ откладывается среднее значение β^p для данного набора следов. По оси ОХ откладывается номер модификации сопоставления, где:

- 1- сопоставление без модификаций;
- 2- введение средних скользящих для графиков активности сенсоров;
- 3 - сдвиг следа относительно образца;
- 4 - введение среднего скользящего для графика отклонений;
- 5 - введение дискретных значений активности сенсоров.

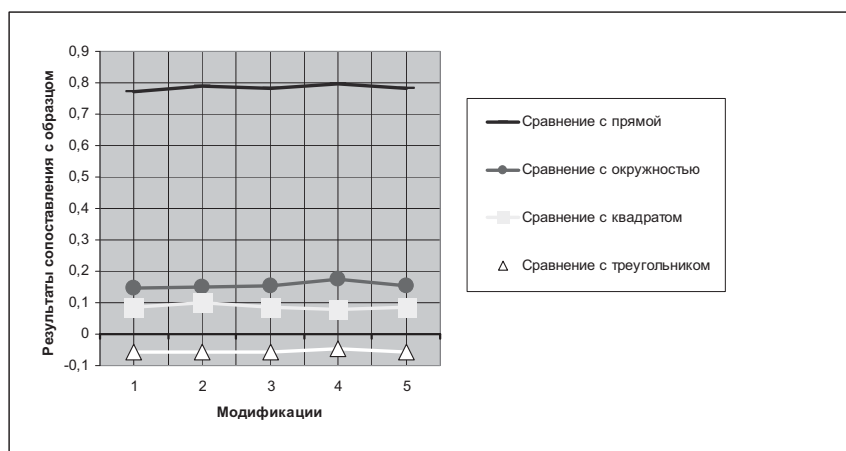


Рисунок 4 – Результаты сопоставления с образцами следов типа «Прямая»

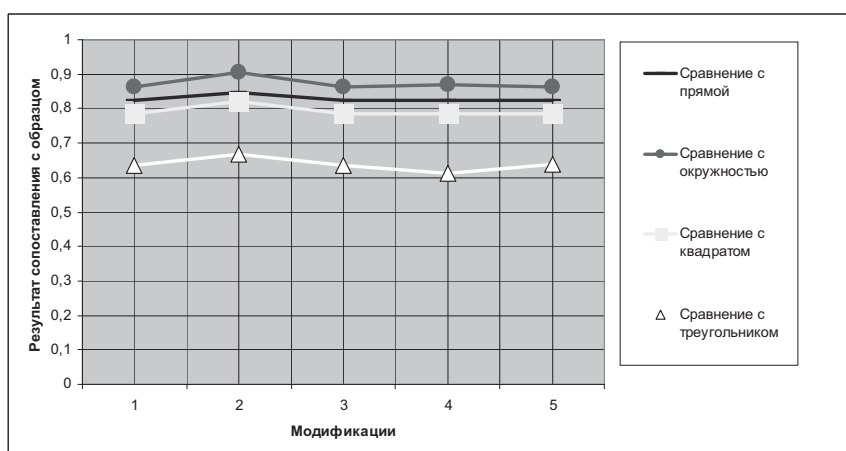


Рисунок 5 – Результаты сопоставления с образцами следов типа «Окружность»

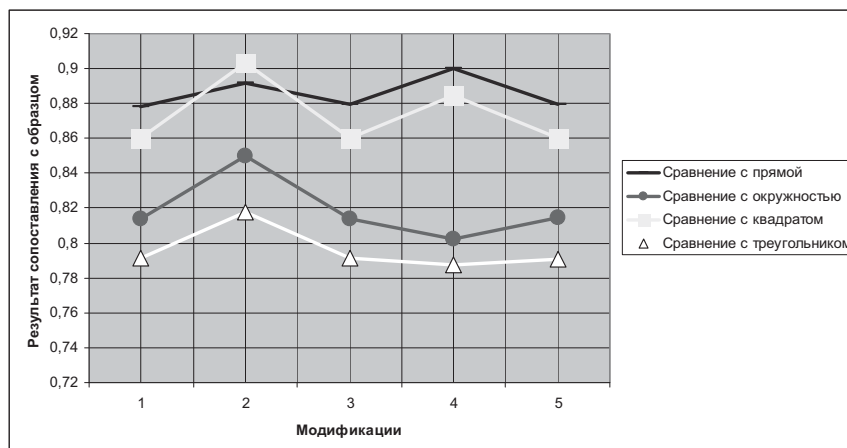


Рисунок 6 – Результаты сопоставления с образцами следов типа «Квадрат»

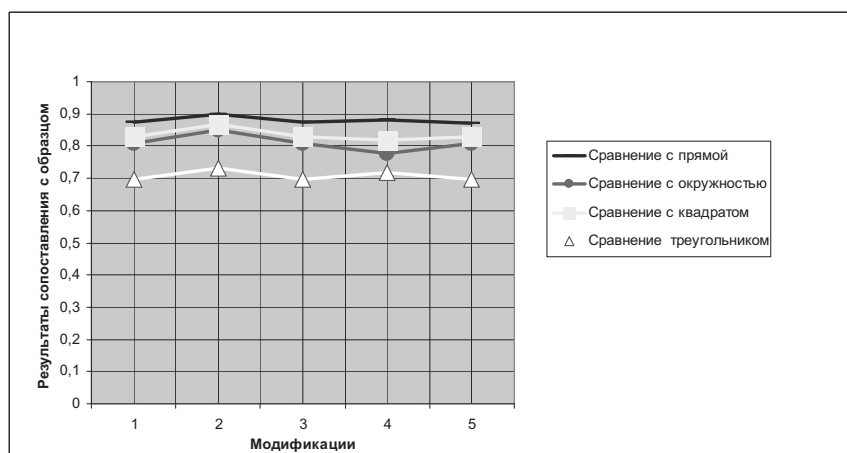


Рисунок 7 – Результаты сопоставления с образцами следов типа «Треугольник»

Компьютерный эксперимент позволил сделать следующие выводы. Следы типа «Прямая» и «Окружность» дают хорошие результаты при сопоставлении со всеми образцами: высокие показания при сопоставлении с нужными образцами и низкие показания для остальных образцов. Следы типа «Квадрат» и «Треугольник» дают самые высокие результаты при сопоставлении с образцом «Прямая», поскольку состоят из прямолинейных сторон. Для улучшения результатов необходимо повысить показания для случаев сопоставления, которые должны давать положительный результат, а для остальных – понизить. Введение среднего скользящего для графика отклонений частично улучшает результаты: следы типа «Квадрат» становится легче отличить от образцов «Круг» и «Треугольник». Введение средних скользящих для графиков активности сенсоров только завышает показания для всех образцов

одинаково. Сдвиг следа относительно образца, а также введение дискретных значений активности сенсоров вообще никак существенно не меняют показания.

Таким образом, предложенная модель описания динамической кривой не может быть положена в основу задачи идентификации следа. Увеличение числа активных сенсоров и детализация узлов связаны с обострением проблемы агрегирования результатов на конечной фазе сопоставления. Необходимо, во-первых, большее внимание уделить узловым моментам, где отклонение высокое. Во-вторых, используя эти узлы, след нужно разбить на простые участки типа «Прямая» и «Окружность», которые, как показала практика, легче выявляются. В-третьих, перейти к другой модели – последовательности нечетких ситуационных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.И. Биометрическая идентификация личности по динамике подсознательных движений. Монография. Пенза: Из-во Пензенского государственного ун-та, 2000, - 188 с.: ил. 37, табл. 13
2. Plomondon R., Lorette G. Automatic signature verification and writer identification - the state of the art. // Pattern Recognition 1989-22, N2, p. 107-131
3. Беленков В.Д. Электронные системы идентификации подписей // Защита информации. Конфидент. 1997, №6, с.39-42
4. Каргин А.А., Петренко Т.Г. Формализационная модель когнитивной психологии на основе интеллектуальных машин// Вісник Донецького національного університету. Серія А. Природовничі науки. Донецьк, ДонНУ, 2006.–№2.-С.342-348