

## ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИЛЬНО ЗАШУМЛЕННЫХ РУКОПИСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ БУКВ

Елфимов А.В. (г. Пенза)

Задача идентификации авторства рукописных текстов возникает в криминалистической практике достаточно часто. Одним из вариантов этой задачи является задача идентификации личности по автографу под документом (проверка подлинности автографа)[1]. При осуществлении высокоразмерного нейросетевого анализа динамики «живой» подписи [2] искусственная нейронная сеть большого размера способна анализировать 416 параметров рукописного слова пароля. Из-за перехода к высокоразмерному нейросетевому анализу уровень ошибок идентификации удастся снизить на несколько порядков (снижение вероятности ошибок может составить до миллиарда раз).

Очевидно, что столь впечатляющие результаты анализа рукописных «живых» слов и словосочетаний желательнее перенести на анализ «мертвых» рукописных слов, автографов и словосочетаний. Это может быть осуществлено через извлечение из «мертвого» рукописного слова, например, полученного сканированием бумажного документа, правдоподобной псевдинамики воспроизведения этого «мертвого» рукописного слова (автографа).

Автоматических решений данной проблемы на данный момент не существует, из-за неоднозначности движения пера на пересечениях рукописных линий движения пера и потери временной составляющей информации о движении пера. Таким образом, сейчас решать данную проблему можно только с помощью человека. Обведение рукописного текста с помощью человека вместе с тем дает возможность обрабатывать сильно зашумленные изображения текста, из-за того, что человек может отличать движения пера от шума в изображении (рис. 1). На этом принципе основаны методы защиты от роботов в сети интернет "CAPTCHA", требующие от человека распознать символы на картинке.

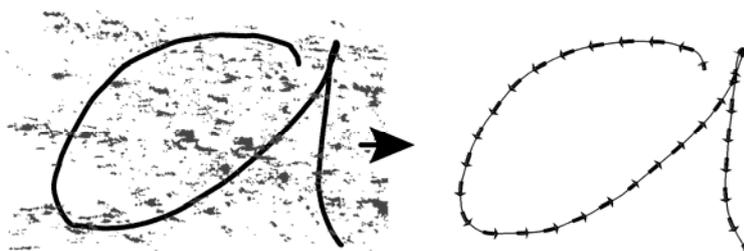


Рис. 1. Обведение символа человеком

Восстановление производится следующим образом: оператору дается увеличенное изображение рукописного текста, псевдинамику символов которого необходимо восстановить. Далее, оператор обводит мышкой каждую букву распознаваемого текста и получает путь пера автора текста. Этот путь содержит только пространственную составляющую движения пера автора, в отличие от «живой» динамики начертания. Это можно видеть на графиках изменения координат пера  $X$  и  $Y$  на живом и восстановленном начертании рукописного символа на рис. 2, где на частях рисунка а) и в) отображены динамики движения пера в исходном начертании по оси  $X$  и  $Y$  соответственно, а на частях б) и г)

отображены псеводинамики движения пера, восстановленные обведением человеком, по осям X и Y соответственно.

Несмотря на то, что визуально эти два начертания одинаковы, в отсутствии данных о скорости движения пера при начертании символа, нам приходится использовать для восстановленных псеводинамик скорость их обведения человеком. Это приводит к тому, что определить принадлежность символов к перу одного и того же автора не представляется возможным из-за сравнения динамики начертания символа не с восстановленной динамикой начертания, а с динамикой обвода этого символа человеком.

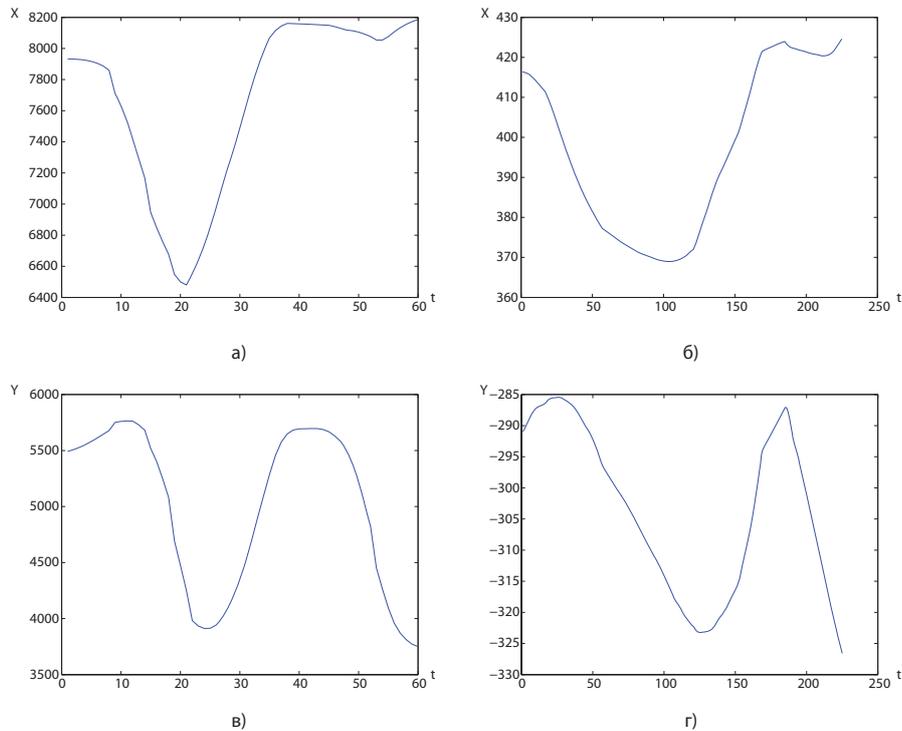


Рис. 2. Изменения при восстановлении динамики движения пера по осям X и Y

Для решения этой проблемы необходимо представить и динамику начертания символа и восстановленную псеводинамику в таком виде, чтобы скорость движения пера в каждой точке начертания была одинаковой. Это можно сделать, представив динамику и псеводинамику начертания символа, как функцию комплексной переменной, зависящей от времени:  $Z(t), t \in [0, T]$ , где T - общее время начертания символа. У этой функции определяются дискретные значения в определенных точках,  $Z_1, Z_2, \dots, Z_N$ , равномерно расположенных на пути движения пера с длиной S, таких, что:

$$|z_n - z_{n-1}| = \frac{S}{N}, \quad N = \text{const.}$$

Таким образом, мы для всех динамик начертания принимаем, что общее время начертания равно длине пути, пройденным пером. Исходные массивы точек, описывающих движение пера до преобразования, преобразуются в измененные массивы точек из N элементов с одинаковой, для каждых двух смежных точек, длиной пути пера между ними.

После проведения таких преобразований мы получаем новые динамики изменения положения пера по осям X и Y для исходной и восстановленной динамики, которые отображены на рис. 3. В левой половине рисунка на частях а) и в) отображены динамики движения пера в исходном начертании по оси X и Y соответственно, а в правой половине соответствующие им движения пера по осям

восстановленной человеком псеводинамике, преобразованные в 1024 точки с одинаковой длиной пути пера между ними.

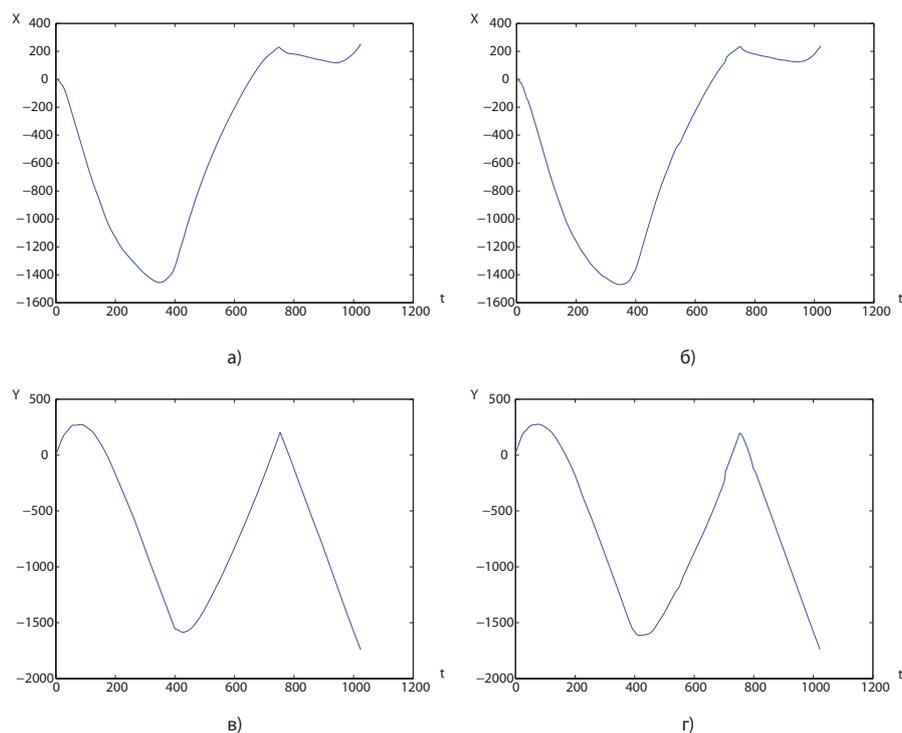


Рис. 3. Преобразованные с равномерной скоростью динамики начертания символа по осям X и Y

После преобразования исходной динамики и восстановленной вручную псеводинамики рукописного начертания символа в массив точек с постоянной скоростью пера, между ними было проведено сравнение путем получения для динамик комплексных амплитуд дискретного преобразования Фурье и вычисления процента изменения для каждой комплексной амплитуды произошедшего при восстановлении псеводинамики:  $\Delta F_n = F_n - F_n^r$ , где  $F_n$  – комплексная амплитуда преобразованной «живой» динамики, а  $F_n^r$  – амплитуда восстановленной псеводинамики. Затем было определено отношение изменения амплитуды к интервалу распределения этой амплитуды для трехсот начертаний автором буквы «а»:  $D_n = \frac{\Delta F_n}{6 \sigma_{F_n}}$ .

Полученное отношение изменения комплексных амплитуд при применении восстановления начертаний человеком с установкой для динамик постоянной скорости движения пера составило не более 0.1 процента, что позволяет производить не только безошибочную идентификацию рукописного символа, но и производить установление авторства по мертвым образцам рукописного почерка.

#### Литература:

1. Беленков В.Д. Электронные системы идентификации подписей. //Защита информации. Конфидент. –1997- №6- С.39-42.
2. Иванов А.И. Нейросетевые алгоритмы биометрической идентификации личности. Книга 15, серии «Нейрокомпьютеры и их применение» М.: Радиотехника 2004 г., 144 с.
3. Иванов А.И. Биометрическая идентификация личности по динамике подсознательных движений. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2000. – 188 с.

Материалы поступили 20.11.2012, опубликовано в Интернет 26.11.2012 по положительной рецензии д.т.н., профессора Малыгина А.Ю. (Пенза).