



ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ АНАЛИЗА КОМПЬЮТЕРНОГО ПОЧЕРКА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ САМООРГАНИЗАЦИИ

В статье рассмотрен подход к организации процедуры анализа компьютерного почерка на основе принципов самоорганизации. Объектом самоорганизации являются математические описания устойчивых структурных составляющих в действиях пользователя – дуплеты, триплеты и т.д. Применение основанных на самоорганизации инструментов позволяет снизить субъективность результатов, сфера применения которых определяется необходимостью решения задач распознавания компьютерного почерка.

Самоорганизация, математическое моделирование, компьютерный почерк, распознавание образов, критерий распознавания.

Клавиатурный почерк является одной из наиболее актуальных тем в узкой среде специалистов по безопасности, ведь, по сути, это один из уникальных биометрических показателей, таких как сетчатка глаза или отпечатки пальцев [1]. Клавиатурный почерк – уникальная характеристика, присущая каждому человеку. Чтобы составить персональный профиль, современным системам необходимо проанализировать способ набора текста, оценить скорость набора текста, паузы между ударами и время удержания клавиш. Кроме того, системы распознавания клавиатурного почерка способны анализировать и стилистику самого текста: каждый человек имеет уникальный набор популярных слов и словосочетаний, который чаще всего встречаются в набранном им тексте.

Спектр применений современных средств вычислительной техники во многом определяется тем, насколько удобно организованы взаимодействия в системе «человек – машина». Именно поэтому столько внимания уделяется обучению машин человеческим навыкам и способностям: распознаванию местности и навигации для разработки беспилотных средств передвижения, синтезу и распознаванию речи для приближения способов общения с машинами к естественному языку, многочисленным способам идентификации личности, необходимым для разграничения прав доступа к различным информационным массивам в банковской сфере, торговле, трудовой деятельности и прочих областях [3].

Одним из первых шагов к расширению возможностей интеллектуализации указанных выше сфер и направлений развития компьютерной техники и информационных технологий может стать анализ поведения человека в процессах взаимодействия с компьютерной техникой. В частности, с такими пока еще традиционными устройствами, как клавиатура и мышь.

Задача распознавания компьютерного почерка еще далека от своего решения. Связано это с тем, что в настоящее время практически отсутствует четкое формализованное представление о составе индикаторов, с высокой долей вероятности определяющих конкретного пользователя, алгоритмах классификации. Попытки построения таких индикаторов на основе знания физики

явления, представленные в работах [1, 2], не привели к появлению надежных легко воспроизводимых результатов, а сами индикаторы и способы их получения не стали общепринятым стандартом. Это может служить сигналом о необходимости перехода на более высокий уровень абстракции, оставляя задачу выбора конкретного вида индикаторов машинным процедурам. Таким образом, машинным критерием станет качество распознавания, т.е. способность разделять информацию о пользователях хотя бы на две категории: конкретный пользователь и все остальные. Критерием более высокого уровня, задаваемым человеком, может стать требование обеспечения стабильности процедур распознавания, которая как раз и обеспечивает воспроизводимость экспериментов.

В случае с распознаванием компьютерного почерка неясностей очень много.

- Каковы технические (аппаратные) возможности сбора информации, с какой точностью измеряется время, можно ли определить скорость нажатия на клавиши (можно ли получить информацию о том, в каком положении находится кнопка – в верхнем или нижнем), что происходит в случае одновременного нажатия множества клавиш и т.д.?

- Каким образом организовать хранение информации? С одной стороны, выбранный способ должен обеспечить достаточную компактность, с другой – удобство обработки. Если мы хотим различать компьютерный почерк разных людей, то в самом простом случае способ представления должен нам позволить закодировать информацию обо всех жителях планеты Земля (≈ 7 млрд человек). Тогда минимальный объем уникального ключа каждого человека должен составлять $\log_2 7000000000 \approx 32$ бит. Очевидно, что уникальные свойства конкретного человека могут характеризоваться определенным разбросом. Для того чтобы они различались достаточно надежно, необходим запас разрешенных кодовых комбинаций. Это может привести к увеличению длины ключа, причем это увеличение может быть от нескольких десятков до нескольких тысяч раз. Понятно, что количество получаемой от пользователя информации должно быть не меньше этого количества (объема ключа). То есть для более или менее надежной

аутентификации пользователя может потребоваться достаточно долго за ним наблюдать.

- Неясно, какие именно характеристики отражают уникальные особенности конкретного пользователя. Возможно, что эта задача не имеет строгого формального описания и решения и потребует привлечения каких-либо нечетких алгоритмов: нейросети, МГУА и др.;

- Задача обладает определенной внутренней противоречивостью. С одной стороны, желательно идентифицировать человека независимо от того, что он набирает. Например, пользователь забыл пароль, и система определяет, не что именно он набирает, а как он это делает. С другой стороны, к числу особенностей конкретного человека можно отнести его словарный запас, используемые языки, стиль изложения, которые могли бы дать дополнительную информацию.

Эти и, возможно, другие проблемы не позволяют сформировать однозначный алгоритм действий, приводящий к решению задачи. Скорее он может быть получен в результате последовательности исследовательских этапов. На первом этапе необходимо установить принципиальную возможность различения компьютерного почерка разных людей.

Необходимость машинного подбора структуры и параметров критериев распознавания переносит фокус внимания на теорию самоорганизации. Рассмотрим ее применение в задачах классификации пользователей по компьютерному почерку более подробно. Можно выделить три базовых принципа, на которых строится теория самоорганизации.

- Принцип многовариантности. В соответствии с этим принципом на каждом этапе алгоритма необходимо строить не один, а некоторое множество индикаторов.

- Принцип свободы выбора решений, означающий, что в данный момент необходимо принимать такие решения, которые обеспечат свободу выбора решения в последующие моменты. Очевидно, данный принцип связан с первым и в контексте рассматриваемой задачи может означать чередующиеся этапы генерации множества индикаторов, оценку их качества, отбор нескольких лучших, что даст возможность сгенерировать на их основе новое множество индикаторов. Далее процедура повторяется.

- Принцип внешнего дополнения. В соответствии с этим принципом качество работы некоторой системы должно оцениваться на внесистемном уровне. Для рассматриваемой задачи это означает, что оценка воспроизводимости (устойчивости) результатов должна производиться на основе информации, которая не использовалась для построения индикаторов классификации.

Рассмотрим формальное описание задачи распознавания компьютерного почерка с учетом сделанных выше замечаний. Будем считать, что в нашем распоряжении имеется информация о действиях пользователя в системе «человек – клавиатура – компьютер». Известно, что порядок расположения кнопок клавиатуры не случаен и обусловлен особенностью строения человеческих рук. Кроме того, вся информация об особенностях клавиатурного почерка того или иного человека заключается во временных характеристиках, среди которых имеется техническая возможность выделить время нажатия и время отпускания конкрет-

ных кнопок [1]. Будем считать, что эта информация представлена в виде потока событий, аналогично представленному на рисунке 1.

Разбиваем весь поток событий на два примерно одинаковых участка P1 и P2. Одинаковость может определяться по времени, по количеству нажатий кнопок, по числу их разновидностей и другими способами. Будем различать на приведенном рисунке два вида линий: продольные A и поперечные B.

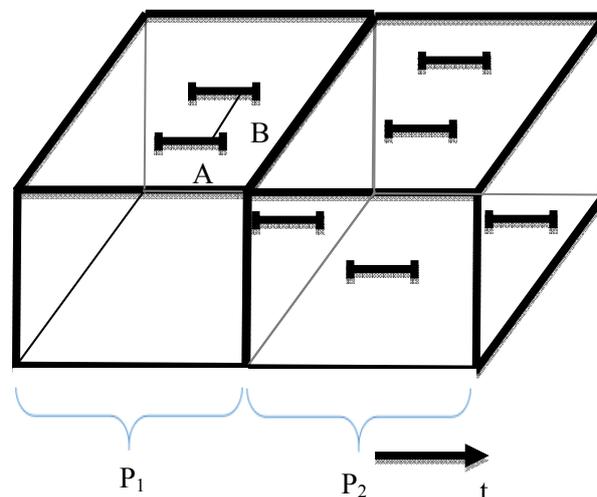


Рис. 1. Поток событий в системе «человек – клавиатура – компьютер»

Первый соответствует нажатой клавише, длина отрезка при этом равна продолжительности нажатия. Второй – переходу от одной нажатой кнопки к другой. Длина отрезка B зависит взаимного расположения кнопок и определяется геометрией клавиатуры в физическом пространстве. Будем считать, что индикаторы представляют собой фигуры, составленные из линий описанных видов. Порядок их усложнения определяется количеством таких линий, как показано на рисунке 2.

На первом этапе индикатору соответствует продолжительность нажатия отдельной клавиши. На втором этапе – нажатой клавише и переходу на другую клавишу. Если в первом случае общее количество вариантов равно 102 (стандартная клавиатура), то во втором количестве индикаторов будет равно

$$C_{102}^2 = \frac{102 \cdot 101}{2} = 5151.$$

Для компьютерных вычислений полученное число выглядит еще вполне приемлемым, однако уже для триплетов $C_{102}^3 = 171700$ с последующим быстрым ростом числа вариантов. Анализ каждого из вариантов занимает определенное время, которое также растет с усложнением моделей, в результате полный перебор возникающих вариантов становится невозможным за более или менее приемлемое время даже с учетом растущих возможностей вычислительной техники. Это означает, что по мере усложнения моделей индикаторов необходимо осуществлять их отбор и ограничение количества на каком-либо, возможно, постоянном уровне. Традиционно это количество принимается равным первоначальному числу вариантов (102), что удобно при организации вычислительных процедур и программировании.

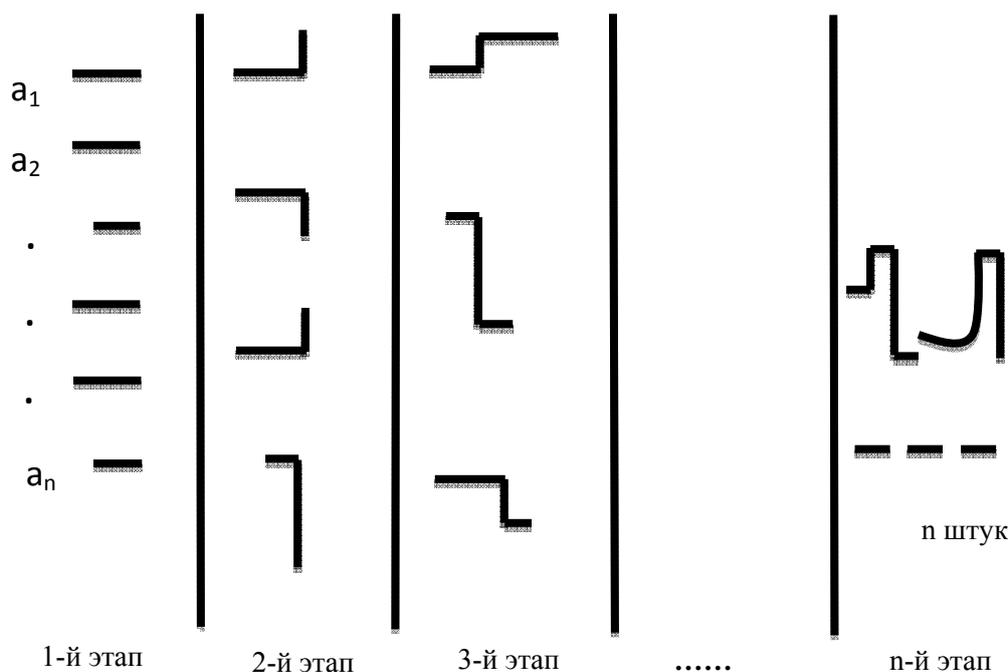


Рис. 2. Порядок усложнения вида индикаторов

В качестве критерия отбора целесообразно принять некоторую меру, которая определяется для конкретного индикатора в каждой из выделенных последовательностей P_1 и P_2 . Указанная мера должна быть тем больше, чем большую часть потока событий описывает индикатор. Без потери общности считаем, что большим значениям меры соответствует лучшее качество индикатора.

Таким образом, после очередного этапа для каждой из выделенных последовательностей P_1 , P_2 будем иметь некоторое количество индикаторов, проранжированных в соответствии с их характеристикой качества (мерой). Похожесть полученных совокупностей индикаторов совместно с их рангами представляет собой основу для принятия решений о приостановке процедуры расчета или ее продолжения с последующим усложнением вида индикаторов. Для этого также необходимо построение меры специального вида – внешнего критерия. Будем полагать, что эта мера уменьшается с увеличением степени похожесть получаемых групп индикаторов по структуре и рангу. В соответствии с основной гипотезой теории самоорганизации вычисление необходимо остановить на этапе,

которому соответствует наименьшее значение внешнего критерия.

Литература

1. Сапиев, А. З. Возможности технических средств фиксации особенностей клавиатурного почерка // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения. Материалы I Всероссийской научной конференции : в 2 частях / Тольяттинский государственный университет. – Тольятти, 2017. – С. 223–228.
2. Брюхомицкий, Ю. А. Клавиатурный мониторинг на основе иммунологического клонирования / Безопасность информационных технологий. – 2016. – № 4 (40). – С. 5–11.
3. Довгаль, В. А. Обзор характеристик производительности наборов данных, используемых для обеспечения информационной безопасности на основе клавиатурного почерка / В. А. Довгаль // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2016. – № 4. – С. 157–163.

A.Z. Sapiev

Maikop State Technological University

ORGANIZATION OF THE PROCEDURE OF COMPUTER HANDSCRIPTION ANALYSIS BASED ON SELF-ORGANIZATION PRINCIPLES

The article describes the approach to the organization of the analysis of computer handwriting based on the self-organization principles. The object of self-organization are mathematical descriptions of stable structural components in user actions - doublets, triplets, etc. The use of self-organizing tools reduces the subjectivity of the results, the scope of which is determined by the need to solve computer handwriting recognition problems.

Self-organization, mathematical modeling, computer handwriting, pattern recognition, recognition criteria.