

Алексей Е. Сулавко<sup>1</sup>, Самал С. Жумажанова<sup>1</sup>, Алексей А. Нигрей<sup>2</sup>, Лала Н. Закутнева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Омский государственный технический университет,

пр-т Мира, 11, г. Омск, 644050, Россия

e-mail: sulavich@mail.ru, ORCID 0000-0002-9029-8028

e-mail: samal\_shumashanova@mail.ru, ORCID 0000-0002-6785-5201

<sup>2</sup>Омский государственный университет путей сообщения,

пр-т Маркса, 35, г. Омск, 644046, Россия

e-mail: nigrey.n@mail.ru, ORCID 0000-0002-8391-5374

<sup>3</sup>Снежинский физико-технический институт - филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный

исследовательский ядерный университет «МИФИ»,

Комсомольская, 8, г. Снежинск, 456776, Россия

e-mail: zakutnevaln@yandex.ru, ORCID 0000-0002-0910-3618

ВЛИЯНИЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДПИСАНТА  
НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО РУКОПИСНОМУ ОБРАЗУ  
ЕСТЕСТВЕННЫМ И ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТАМИ\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2017.4.10>

*Аннотация.* В настоящее время активно совершенствуются различные механизмы обеспечения информационной безопасности, и особое внимание уделяется предотвращению несанкционированного доступа к информационным ресурсам. Наиболее слабым звеном остается человеческий фактор и процесс идентификации, а также аутентификации пользователя. Совершенствование технологий защиты информационных ресурсов от внутренних угроз безопасности лежит на пути перехода к биометрическим системам скрытой идентификации пользователей компьютера и их психофизиологического состояния. Изменение психофизиологического состояния отражается на почерке человека. В работе проведена оценка влияния состояния утомления и возбуждения подписантов на результаты их идентификации человеком и методами распознавания образов по воспроизводимым подписям. Осуществлено сравнение возможностей естественного и искусственного интеллекта в равных условиях. При изменении состояния подписанта вероятность ошибок его распознавания искусственным интеллектом возрастает в 3,3-3,7 раз. Человек идентифицирует рукописный образ с меньшим числом ошибок, если подписант возбужден, и с большим числом ошибок, если он утомлен.

*Ключевые слова:* идентификационные признаки, внешний вид подписи, динамика воспроизведения рукописного пароля, алгоритм распознавания образов человеком и автоматом, формула Байеса.

*Для цитирования.* СУЛАВКО, Алексей Е. et al. ВЛИЯНИЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДПИСАНТА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО РУКОПИСНОМУ ОБРАЗУ ЕСТЕСТВЕННЫМ И ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТАМИ. Безопасность информационных технологий, [S.l.], v. 24, n. 4, p. 87-97, nov. 2017. ISSN 2074-7136. Доступно на: <<https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/284>>. Дата доступа: 29 nov. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.26583/bit.2017.4.10>.

*\*Благодарности.* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №15-07-09053).

Alexey E. Sulavko<sup>1</sup>, Samal S. Shumashanova<sup>1</sup>, Alexey A. Nigrey<sup>2</sup>, Lala N. Zakutneva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Omsk state technical university, pr. Mira, 11, Omsk, 644050, Russia

e-mail: sulavich@mail.ru, ORCID 0000-0002-9029-8028

e-mail: samal\_shumashanova@mail.ru, ORCID 0000-0002-6785-5201

<sup>2</sup>Omsk state transport university, pr. Marksa, 35, Omsk, 644046, Russia

e-mail: nigrey.n@mail.ru, ORCID 0000-0002-8391-5374

*Snezhinskiy physical technical Institute-branch of federal state autonomous educational  
institution of higher professional education national research nuclear university "MIFI",  
Komsomolskaya, 8, Snezhinsk, 456776, Russia  
e-mail: zakytnevaln@yandex.ru, ORCID 0000-0002-0910-3618*

**Influence of the signer's psychophysiological state on the results of his identification using  
handwritten pattern by natural and artificial intelligence\***

DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2017.4.10>

*Abstract.* At present, while various mechanisms to ensure information security are actively being improved, particular attention is paid to prevent unauthorized access to information resources. The human factor and process of identification still remain the most problematic, as well as user authentication. A progress in the technology of information resources protection from internal security threats paves its way towards biometric systems of hidden identification of computer users and their psychophysiological state. A change in psychophysiological state results in the person's handwriting. The influence of the signer's state of fatigue and excitation on the results of its identification both by a person and by pattern recognition methods on reproduced signatures are studied. Capabilities of human and artificial intelligence are compared in equal conditions. When the state of the signer changes, the probability of erroneous recognition by artificial intelligence increases by factor 3.3 to 3.7. A person identifies a handwritten image with fewer errors in case when the signer is agitated, and with higher error rate if the signer is tired.

*Keywords:* identification features, appearance of the signature, password handwriting dynamics, pattern recognition algorithm by human and machine, Bayes' formula.

*For citation.* SULAVKO, Alexey E. et al. Influence of the signer's psychophysiological state on the results of his identification using handwritten pattern by natural and artificial intelligence. IT Security, [S.l.], v. 24, n. 4, p. 87-97, nov. 2017. ISSN 2074-7136. Available at: <<https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/284>>. Date accessed: 29 nov. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.26583/bit.2017.4.10>.

*\*Acknowledgement.* The work is executed at financial support of RFBR (grant No. 15-07-09053)

## **Введение**

Совершенствование технологий защиты ресурсов в распределенных информационно-вычислительных системах от внутренних угроз в 21 веке становится определяющим в проблеме информационной безопасности личности, общества, государства. Очередной технологический скачок в решении этой проблемы лежит на пути перехода к биометрическим системам защиты, реализующим технологии скрытой идентификации пользователей компьютера и их психофизиологического, а также эмоционального состояния [1-5]. Такие системы позволяют определить потенциально опасного субъекта при попытке доступа к информационным ресурсам. Одним из видов динамических биометрических образов, позволяющих не только идентифицировать человека, но и его психофизиологическое состояние (ПФС) является рукописный образ пароля или автографа [1].

Проблема повышения надежности систем биометрической идентификации относится к проблемам искусственного интеллекта, т.к. такие системы строятся на базе методов распознавания образов. Один из интересных вопросов, возникающих на пути решения данной проблемы, связан с выбором биометрических параметров, характеризующих идентифицируемых субъектов (признаков). Этот вопрос можно сформулировать следующим образом. Какие признаки использует человек при идентификации рукописных образов? Речь идет не о специалисте-графологе, который руководствуется разработанными методиками, а о неподготовленном человеке. Естественный интеллект является универсальным решателем плохо формализуемых задач, человек интуитивно подбирает варианты решения, сталкиваясь с новой задачей.

Отсюда возникает еще один вопрос: может ли естественный интеллект соревноваться с искусственным при решении задачи биометрической идентификации? Люди легко узнают друг друга по голосу и лицу, если они знакомы и часто видятся (разговаривают). Однако не каждый может с легкостью идентифицировать человека, если контактировал с ним всего один-два раза. Биометрическая система имеет в распоряжении мало информации об идентифицируемом субъекте и должна обучаться всего на нескольких примерах. В настоящей работе произведена попытка сравнения возможностей естественного и искусственного интеллекта при решении задачи идентификации рукописного образа в равных условиях.

Известно, что изменение ПФС отражается на почерке человека [6]. Это можно определить по ряду признаков. Однако на данный момент нет данных относительно того, влияют ли изменения почерка, вызванные утомлением или возбуждением субъекта на возможность его идентификации методами искусственного интеллекта и естественным интеллектом человека. В данной работе проводится оценка влияния ПФС подписантов на результаты их идентификации по воспроизводимым подписям человеком и методами распознавания образов.

Решаемые в рамках работы задачи играют роль вспомогательных в контексте проблемы повышения надежности биометрической аутентификации по рукописному паролю и подписи. Однако их решение представляет интерес, так как оно позволит сделать первый шаг на пути создания системы идентификации человека с учетом его психофизиологического состояния. Такая система может не только правильно установить личность субъекта, но и распознать в нем потенциального нарушителя.

#### **Формирование выборки рукописных образов подписантов, находящихся в различных ПФС**

Для проведения эксперимента по оценке влияния факторов утомления и возбуждения субъектов на результаты их идентификации требуется сформировать выборку образцов контрольного рукописного слова, вводимого испытуемыми, находящимися в этих состояниях. В качестве контрольных слов использовались: «Безопасность», «Авторизация», «Идентификация», «Экранирование». Под психофизиологическим состоянием (ПФС) обычно понимается совокупность свойств человека, отражающих биологические аспекты проявления адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды и оцениваемых на основании измерения психофизиологической информации [7]. Под влиянием окружающей среды в данном контексте подразумевается любое воздействие, которое приводит к изменениям в психике или вызывает физиологический отклик организма субъекта.

Сложность научной проработки данного вопроса состоит в том, что в физиологии нет единства взглядов по кардинальным вопросам проблемы утомления: о центрально-нервном или периферическом, локальном характере возникновения мышечного утомления, о биологическом значении утомления. Имеется 4 основных теории появления усталости (утомления): теория истощения (растрата энергетических ресурсов органов человека), засорения (следствие накопления в организме продуктов обмена веществ), отравления (накопление в теле человека кенотоксина, вызывающего функциональные расстройства в организме) и опьянения. Первые 3 относят причину возникновения усталости к мышечному утомлению, которое влияет только на характеристики движений: координацию, точность и темп. Последняя теория объясняет причину утомления изменениями, происходящими в центральной нервной системе, вызвать которые можно употребив алкоголь. В этом случае усталость влияет также на эмоциональную сферу субъекта и также ведет к снижению работоспособности. Наиболее серьезной считается трактовка утомления как физиологического состояния организма, вызванного интенсивной или длительной деятельностью и выражающегося во временном снижении работоспособности.

При формировании базы паролей были привлечены 10 человек, каждый из которых по 50 раз написал каждое из указанных контрольных слов на графическом планшете Wacom в трех ПФС (всего 2000 образцов, по 500 на каждое слово):

1. Спокойное состояние. Испытуемый не подвергался каким-либо воздействиям.
2. Состояние утомления. Эксперимент по сбору данных проводился в отдельный день в конце рабочего дня. Испытуемый подвергался интенсивной физической нагрузке, после чего субъект принимал 25-100 мл водки (в зависимости от массы тела и пола, требовалось обеспечить содержание спирта в крови порядка 0,31-0,89‰, так как данный уровень опьянения приводит к снижению внимания, увеличению времени реакции[8]).
3. Состояние возбуждения. Испытуемый принимал кофе и вдыхал пары нашатырного спирта непосредственно перед написанием контрольных слов.

В процессе ввода рукописных образов за испытуемыми осуществлялся холтер-мониторинг частоты сокращений сердечной мышцы (рис. 1) и регистрировались следующие функции, зависящие от времени:

- функция изменения координаты  $x$  при письме,  $x(t)$ ;
- функция изменения координаты  $y$  при письме,  $y(t)$ ;
- функция давления кончика пера на поверхность планшета при письме,  $p(t)$ .

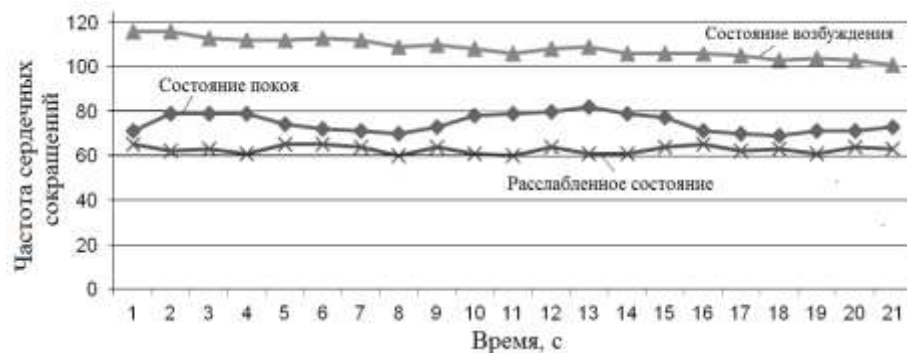


Рисунок 1 - Частота сердечных сокращений одного из испытуемых в различных психофизиологических состояниях

(Fig. 1. - Heart rate is one of the subjects in various physiological States)

### Биометрические признаки рукописных образов, используемые при автоматическом распознавании подписантов

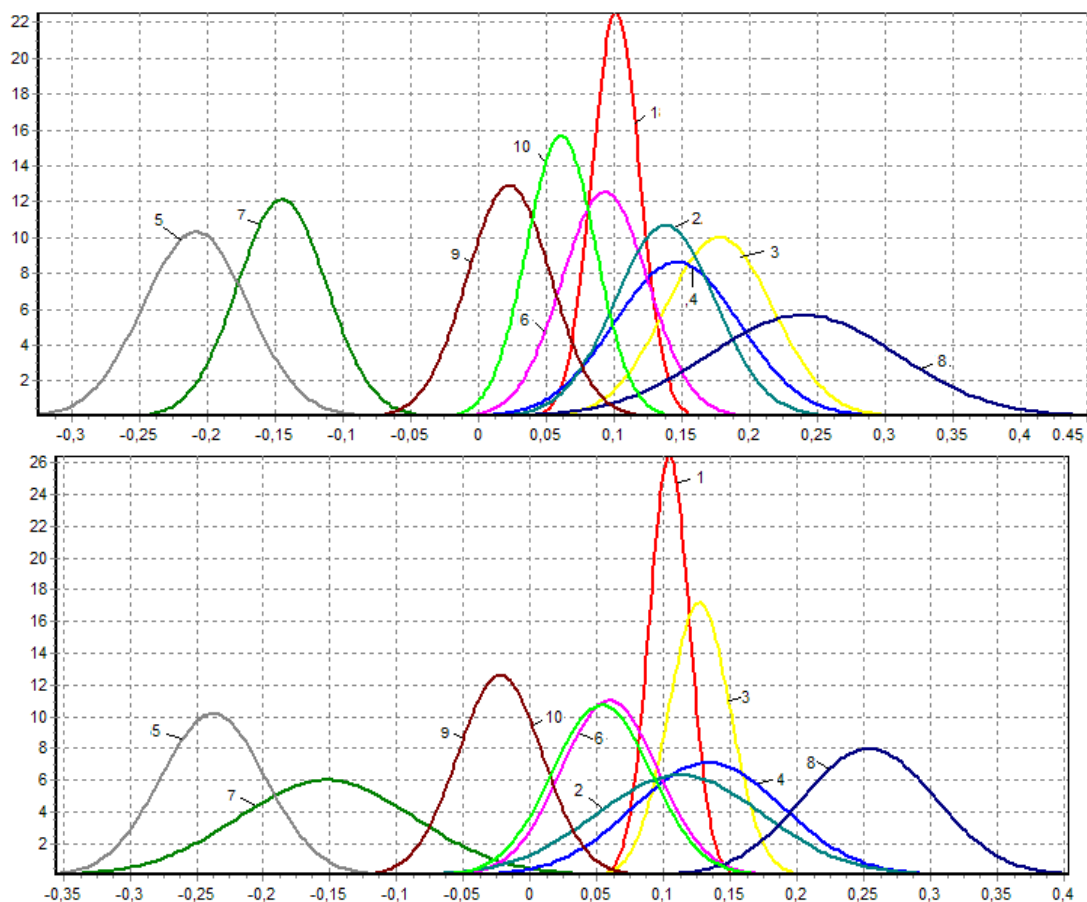
Надежность системы идентификации характеризуется вероятностями ошибок 1-ого (ошибочное признание известного системе субъекта за неизвестного) и 2-ого рода (ошибочное признание неизвестного субъекта за известного) и напрямую зависит от информативности идентификационных признаков. К обоим типам ошибки можно отнести ошибочное признание одного известного субъекта за другого известного системе субъекта. Для поиска и выбора оптимального пространства признаков применяются различные методы и подходы. При анализе графических образов находят применение формальный имитационный метод Блока, Нильсона и Дуды, имитационный метод Ура и Восслера [9]. Для выделения признаков динамики подписи или рукописного пароля успешно применяется спектральный, корреляционный и вейвлет-анализ исходных сигналов рукописного образа (функций координат, давления и наклона пера) [1, 10], при этом учитываются особенности предметной области (возможный диапазон частот колебания руки подписанта, параметры устройства ввода рукописного образа и т.д.). Часто размерность пространства признаков стараются снизить, применяя факторный анализ, в частности, метод главных компонент [11]. Последнее время при выборе биометрических признаков для распознавания субъектов популярной становится противоположная идеология, в соответствии с которой размерность признаков стоит повышать (даже если признаки сильно взаимосвязаны) [12]. В настоящем исследовании

использовались признаки, получение которых из рукописного образа подробно описано в работах [11, 13, 14]:

- нормированные по энергии амплитуды 16 самых низкочастотных гармоник функции давления  $p(t)$ .
- нормированные по энергии амплитуды 16 самых низкочастотных гармоник функции скорости пера  $v_{xy}(t)$ .
- коэффициенты корреляции между функциями  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $p(t)$  и их производными.
- расстояния между некоторыми точками подписи в трехмерном пространстве (точки выбираются равномерно с некоторым шагом, далее находятся расстояния между всеми парами этих точек, третье измерение — давление пера на планшет).
- характеристики изображения подписи: отношение длины подписи к ее ширине, центр подписи, угол наклона подписи, угол наклона между центрами половин подписи.
- коэффициенты вейвлет-преобразований Добеши по базису D6 функций  $v_{xy}(t)$  и  $p(t)$ .

Большинство указанных признаков имеют распределение, близкое к нормальному, реже к логнормальному или распределению Лапласа (двойному экспоненциальному), что проверялось критерием согласия Хи-квадрат. Поэтому в качестве эталонной информации о признаке целесообразно хранить параметры функции плотности вероятности значений признака.

Анализ введенных образцов показал, что в измененном состоянии среднеквадратичное отклонение значений многих признаков возрастает, т.е. стабильность воспроизведения некоторых особенностей подписи снижается (рис. 2), однако это не является общим правилом для всех признаков. Математическое ожидание низкочастотных амплитуд функций  $p(t)$  и  $v_{xy}(t)$  в измененном состоянии чаще всего возрастает, т.е. доля низкочастотных колебаний руки при вводе автографа у большинства испытуемых увеличивается.



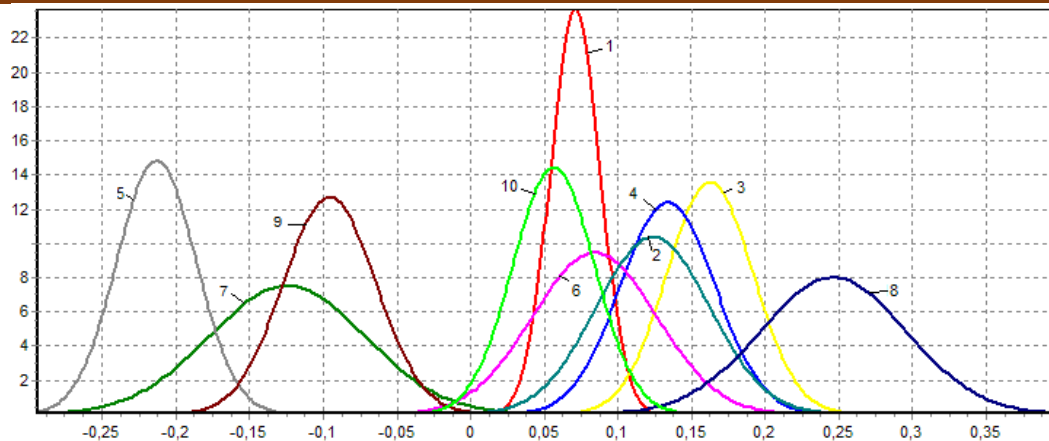


Рисунок 2 - Графики функций плотностей вероятности коэффициентов корреляции функций  $x(t)$  и  $y(t)$  для 10 испытуемых (цифры на графике от 1 до 10) в различных психофизиологических состояниях: а) – покоя, б) - возбуждения и в) расслабления (Fig. 2 - Graphs of the probability densities of ratios of correlation functions  $x(t)$  and  $y(t)$  for 10 subjects (numbers on the chart from 1 to 10) in various physiological States: a) rest, b) excitation and c) relaxing)

### Эксперимент по распознаванию образов контрольных рукописных слов методами искусственного интеллекта

В [15] предложено несколько алгоритмов формирования решений в системах идентификации в пространстве малоинформативных признаков. По результатам опытов [15] наилучшим из предложенных оказался метод последовательного применения формулы гипотез Байеса (ППФБ), в [16] данный метод был усовершенствован. Метод ППФБ заключается в вычислении интегральных апостериорных вероятностей гипотез за некоторое число шагов, равное количеству признаков при помощи модифицированной формулы гипотез Байеса (1). Каждая гипотеза подразумевает, что предъявляемые данные о подсознательных движениях принадлежат определенному субъекту, т.е. каждая гипотеза ассоциируется с определенным эталоном испытуемого. На каждом шаге за априорную вероятность принимается апостериорная вероятность, вычисленная на предыдущем шаге. На первом шаге все гипотезы считаются равновероятными, т.е.  $P_0(H_i | A) = 1/n$ , где  $n$  – количество гипотез. Условные вероятности  $P(A_j/H_i)$  вычисляются исходя из закона распределения значений признаков, как плотности вероятности значений признаков предъявленных субъектом в процессе идентификации [15, 16]. Решение о принадлежности вектора значений признаков к одному из эталонов принимается на каком-либо шаге, когда апостериорная вероятность одной из гипотез преодолевает пороговое значение (подбираемое заранее по аналогии с работами [2, 5, 16]) в пользу данной гипотезы (ее апостериорная вероятность будет максимальной). Если ни одна из гипотез не преодолела порог, образ считается нераспознанным, т.е. неизвестным.

$$P_j(H_i|A) = P_{j-1}(H_i|A) + \left( \frac{P_{j-1}(H_i|A)P(A_j|H_i)}{\sum_{i=1}^n P_{j-1}(H_i|A)P(A_j|H_i)} - P_{j-1}(H_i|A) \right) \times (W_j) \quad (1),$$

где:  $W_j$  вес  $j$ -го признака,  $P_j(H_i|A)$  – апостериорная вероятность  $i$ -ой гипотезы, вычисляемая на  $j$ -ом шаге при поступлении  $j$ -ого признака,  $P(A_j/H_i)$  – условная вероятность  $i$ -ой гипотезы при поступлении  $j$ -ого признака. Вес признака  $W_j$  вычисляется по формуле (2) и характеризует его информативность на  $j$ -ом шаге алгоритма

последовательного применения формулы Байеса, подробно данный вопрос раскрывается в [16].

$$W_j = 1 - \sum_{i=0}^n P_{j-1}(H_i|A) Sum_{ji} \quad (2),$$

где:  $Sum_{ji}$  – площадь пересечения функции распределения значений  $j$ -ого признака для  $i$ -ой гипотезы с функциями распределения значений данного признака для других гипотез. При  $W_i = 1$  получим классическую формулу гипотез Байеса.

В процессе эксперимента увеличивалось количество гипотез от 2 до 5. Эксперимент повторялся в 3-х вариантах: сначала для распознавания использовались рукописные образы, полученные в состоянии покоя, потом в состоянии усталости, далее в состоянии возбуждения. При этом во всех случаях для обучения метода ППФБ использовались подписи, полученные в состоянии покоя. Получены следующие результаты:

- в спокойном состоянии сумма вероятностей ошибок идентификации 1-ого и 2-ого рода составила от 0,005 до 0,01 в зависимости от количества образов известной системе;
- при идентификации по подписи в состоянии утомления вероятность ошибочных решений возрастает в среднем в 3,7 раз;
- при идентификации по подписи в состоянии возбуждения вероятность ошибочных решений возрастает в среднем в 3,3 раза.

Вероятность ошибок определялось как отношение их числа к общему количеству опытов.

#### **Эксперимент по распознаванию образов контрольных рукописных слов людьми**

В качестве испытуемых, распознающих образы рукописных слов, были привлечены молодые люди (студенты, не принимавшие участия в написании рукописных паролей) в возрасте от 18 до 25 лет, мужчины и женщины в равном соотношении, число которых составляло 50 человек. Испытуемые были мотивированы на добросовестное выполнение задания, данного им в рамках эксперимента. При сравнении способностей естественного интеллекта с искусственным необходимо воссоздать максимально равные условия: равный объем обучающей выборки и сравнимое количество информации, содержащейся в обучающих и тестовых примерах.

На этапе обучения испытуемых на экране монитора одна за другой формировались 20 случайных реализаций рукописного слова определенного человека в темпе их получения на графическом планшете. При этом сила нажатия пера на планшет обозначалась через яркость соответствующих фрагментов рукописного образа: чем сильнее нажатие, тем темней линии. Испытуемые запоминают особенности предъявляемого образа, чтобы в будущем отличить данный образ от образов рукописных слов других людей.

На этапе идентификации рукописных образов на экране в случайном порядке в различном темпе (быстрее, медленнее, в темпе написания субъектом) формировались рукописные образы, не использованные при обучении. Испытуемые, наблюдая за их воспроизведением, принимали решение, кому принадлежит представленное слово. Для фиксации решений каждому испытуемому был дан специальный бланк. По окончании эксперимента подсчитывалось число ошибок, и определялась их вероятность как отношения числа ошибок соответствующего рода к общему количеству опытов.

Эксперимент повторялся несколько раз, при этом каждый раз увеличивалось количество распознаваемых образов (от одного до пяти), т.е. сначала испытуемые запоминали особенности воспроизведения слова одним определенным субъектом, потом особенности воспроизведения этого же слова двумя субъектами и т.д. Таким образом, имитировалось повышение количества формируемых эталонов. Распознаваемые образы также менялись. Результаты эксперимента можно видеть на рис. 3-6 (первый столбик –

усталое состояние (алкогольное опьянение), второй – возбужденное состояние (воздействие нашатырным спиртом), нормальное состояние (без воздействий)).



Рисунок 3 - Изменение вероятности ошибочного не опознавания известного субъекта при увеличении количества субъектов во время обучения  
 (Fig. 3 - The Change in the probability of incorrect identification not known subject with increasing number of subjects while learning)



Рисунок 4 - Изменение вероятности ошибочного опознавания неизвестного субъекта при увеличении количества субъектов во время обучения  
 (Fig. 4 - The Change in the probability of incorrect identification of the unknown entity when the number of subjects during training)



Рисунок 5 - Изменение вероятности ошибочного отнесения одного известного субъекта к другому известному субъекту количества субъектов во время обучения  
 (Fig. 5 - The Change in the probability of incorrect classification as a well-known subject to the other famous subject of a number of subjects during training)



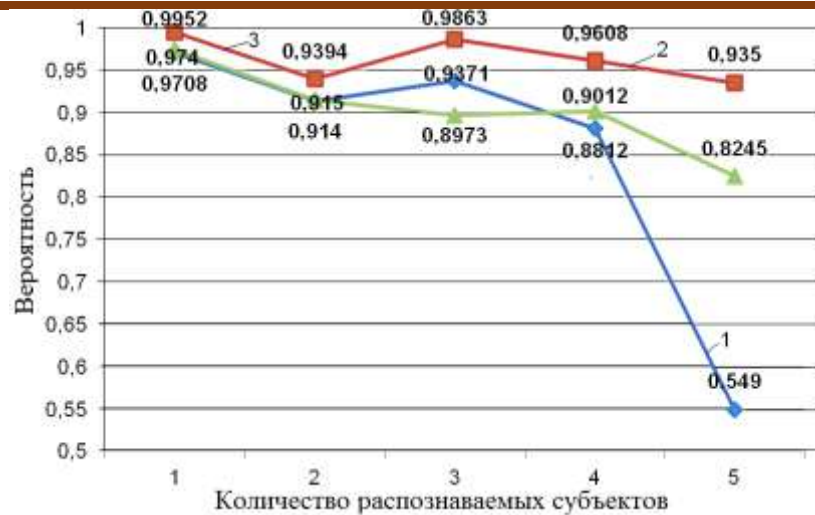


Рисунок 6 - Изменение вероятности верного распознавания субъекта при увеличении количества субъектов во время обучения  
(Fig. 6 - The Change in the probability of correct recognition of the subject with increasing number of subjects while learning)

По приведенным рисункам видно, что для состояния возбуждения вероятности ошибок идентификации ниже, чем в спокойном состоянии. Наоборот, в состоянии усталости, вероятность ошибочных решений выше. Это означает, что информативность признаков, которые использует естественный интеллект, повышается, когда состояния испытуемого (распознаваемого субъекта) меняется на возбужденное. В состоянии возбуждения он становится более собранным и внимательным, а его движения становятся более точными. Состояние усталости оказывает на подсознательную сферу испытуемого субъекта обратное воздействие, при этом информативность признаков воспроизводимых паролей снижается.

### Анализ результатов

Признаки, которые были использованы для идентификации субъектов автоматом, содержат информацию, как о самом субъекте, так и о его психоэмоциональном состоянии (как состоянии усталости, так и возбужденности и т.д.). Естественный интеллект использует иные признаки. Они содержат информацию о самом субъекте, при этом количество и качество данной информации зависит от психофизиологического состояния субъекта в момент написания рукописного слова (пароля, подписи) – чем субъект сосредоточеннее, более возбужден и сконцентрирован, тем больше информации, которую может воспринять естественный интеллект, содержит о нем его почерк.

Также можно видеть, что искусственный интеллект существенно превосходит естественный при распознавании в режиме идентификации. Вычислительный эксперимент показал, что с увеличением количества идентифицируемых образов разница в количестве ошибочных решений при изменении психофизиологического состояния становится менее ощутимой.

### Заключение

Была выдвинута гипотеза: изменения в психофизиологическом состоянии субъекта отражаются на его почерке, что влияет на результаты его идентификации искусственным и естественным интеллектом. Для проверки данной гипотезы был проведен эксперимент по распознаванию субъектов по фрагментам воспроизводимых на экране паролей людьми, а также вычислительный эксперимент по распознаванию субъектов методом последовательного применения модифицированной формулы гипотез Байеса.

Результаты экспериментов говорят о том, что психофизиологическое состояние субъекта влияет на результаты идентификации рукописных образов как искусственным,

так и естественным интеллектами, но по-разному. Естественный интеллект использует признаки, опирающиеся на индивидуальность темпа ввода подписей субъектами. Данные признаки тем стабильнее в почерке, чем более возбужден субъект.

На идентификационные решения, сделанные искусственным интеллектом, любые изменения в психоэмоциональном состоянии субъекта влияют отрицательно (вероятность ошибок возрастает в 3,3-3,7 раз).

Существует точка зрения, что при поиске решений задач из области искусственного интеллекта, стоит ориентироваться на естественный аналог в живой природе. Однако по результатам эксперимента естественный интеллект существенно уступает искусственному по надежности распознавания рукописных паролей. Таким образом, биометрические системы аутентификации (идентификации) субъектов по рукописным паролям превзошли аналог из живой природы. Для дальнейшего повышения надежности требуется идти по пути увеличения вычислительных мощностей (повышения количества признаков, количества и сложности вычислительных узлов алгоритма принятия решений).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Сулавко А.Е., Еременко А.В., Левитская Е.А., Самотуга А.Е. Идентификация психофизиологических состояний подписантов по особенностям воспроизведения автографа // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2017. №1. С. 40–48.
- 2 Vasilyev V.I., Sulavko A.E., Eremenko A.V., Zhumazhanova S.S. Identification potential capacity of typical hardware for the purpose of hidden recognition of computer network users // X International IEEE Scientific and Technical Conference "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics), Omsk, 15-17 november 2016, pp. 1-5. DOI: 10.1109/Dynamics.2016.7819106.
- 3 Ложников П.С., Сулавко А.Е., Толкачева Е.В., Жумажанова С.С. Распознавание водителей и их функциональных состояний по обычному и тепловому изображениям лица // Труды научно-технической конференции кластера пензенских предприятий, обеспечивающих безопасность информационных технологий. Том 10, Пенза, 2016. С. 63–65, (<http://ПНИЭИ.РФ/activity/science/ВІТ/Т10-r63.pdf>).
- 4 Васильев В.И., Ложников П.С., Сулавко А.Е., Еременко А.В. Технологии скрытой биометрической идентификации пользователей компьютерных систем // Вопросы защиты информации. 2015. № 3 (110). С. 37–47.
- 5 Сулавко А.Е., Еременко А.В., Левитская Е.А. Разграничение доступа к информации на основе скрытого мониторинга действий пользователей в информационных системах: портрет нелояльного сотрудника // Известия Транссиба. 2015. № 1(21). С. 80–89.
- 6 Нигрей А.А. Исследование изменения динамики подписи подписанта на графическом планшете при изменении его психофизиологического состояния // Безопасность городской среды: Материалы IV Международной научно-практической конференции (Россия, Омск, 16-18 нояб. 2016 г.). Омск: ОмГТУ, 2017. С. 383–385.
- 7 Богомолов А.В., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А., Ушаков И.Б. Диагностика состояния человека: математические подходы. М.: Медицина, 2003. 464 с.
- 8 Федеральные правила полетов (США) 91.17: Алкоголь и пилотирование (Режим доступа: <http://flightphysical.com/pilot/alcohol.htm>, дата обращения: 16.05.2017).
- 9 Uhr L., Vossler C. A pattern recognition program that generates, evaluates and adjusts its own operators, в сб. «Computers and thought» под ред. Feigenbaum E., Feldman J., New York. (Русский перевод в сб. «Вычислительные машины и мышление» под ред. Фейгенбаума Э. И. Фельдмана Дж. М.: Мир, 1967).
- 10 Иванов А.И. Многомерная нейросетевая обработка биометрических данных с программным воспроизведением эффектов квантовой суперпозиции. Пенза: Изд-во ПНИЭИ, 2016. 133 с. URL: [http://пниэи.рф/activity/science/\\_BOOK16.pdf](http://пниэи.рф/activity/science/_BOOK16.pdf).
- 11 Lozhnikov P.S., Sulavko A.E., Eremenko A.V., Volkov D.A. Methods of Generating Key Sequences based on Parameters of Handwritten Passwords and Signatures // Information. 2016. №7. P. 59. DOI: 10.3390/info7040059.
- 12 Харман Г. Современный факторный анализ. М.: Статистика, 1972. 489 с.
- 13 Ложников П.С., Сулавко А.Е., Еременко А.В., Волков Д.А. Экспериментальная оценка надежности верификации подписи сетями квадратичных форм, нечеткими экстракторами и перцептронами // Информационно-управляющие системы. 2016. №5. С. 73–85.
- 14 Сулавко А.Е., Еременко А.В., Толкачева Е.В., Борисов Р.В. Комплексование независимых биометрических признаков при распознавании субъектов на основе сетей квадратичных форм, перцептронов

Алексей Е. Сулаво, Самал С. Жумажанова, Алексей А. Нигрей, Лала Н. Закутнева  
ВЛИЯНИЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДПИСАНТА  
НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО РУКОПИСНОМУ ОБРАЗУ ЕСТЕСТВЕННЫМ  
И ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТАМИ

и меры ХИ-модуль // Информационно-управляющие системы. 2017. № 1. С. 50–62. DOI: 10.15217/issn1684-8853.2017.1.50.

15 Епифанцев Б.Н., Ложников П.С., Сулаво А.Е. Сравнение алгоритмов комплексирования признаков в задачах распознавания образов // Вопросы защиты информации. 2012. № 1. С. 60–66.

16 Епифанцев Б.Н., Ложников П.С., Сулаво А.Е. Алгоритм идентификации гипотез в пространстве малоинформативных признаков на основе последовательного применения формулы Байеса // Межотраслевая информационная служба. 2013. № 2. С. 57–62.

REFERENCES:

- [1] Sulavko A.E., Eremenko A.V., Levitskaja E.A., Samotuga A.E. Identifying psychophysiological States of the signatories on the specifics of reproduction autograph. Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy. 2017. N1. P. 40–48. (In Russian).
- [2] Vasilyev V.I., Sulavko A.E., Eremenko A.V., Zhumazhanova S.S. Identification potential capacity of typical hardware for the purpose of hidden recognition of computer network users. X International IEEE Scientific and Technical Conference "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics), Omsk, 15–17 november 2016, pp. 1–5. DOI: 10.1109/Dynamics.2016.7819106.
- [3] Lozhnikov P.S., Sulavko A.E., Tolkacheva E.V., Zhumazhanova S.S. Recognition of drivers and their functional States in normal and thermal images of the face. Trudy nauchno-tehnicheskoy konferencii klastera penzenskih predpriyatij, obespechivajushhih bezopasnost' informacionnyh tehnologij. Tom 10, Penza, 2016. P. 63–65, (<http://pniiei.rf/activity/science/BIT/T10-p63.pdf>). (In Russian).
- [4] Vasil'ev V.I., Lozhnikov P.S., Sulavko A.E., Eremenko A.V. Tehnologii skrytoj biometricheskoy identifikacii pol'zovatelej komp'yuternyh sistem. Voprosy zashhity informacii. 2015. N 3(110). P. 37–47. (In Russian).
- [5] Sulavko A.E., Eremenko A.V., Levitskaja E.A. Razgranichenie dostupa k informacii na osnove skrytogo monitoringa dejstvij pol'zovatelej v informacionnyh sistemah: portret neloyal'nogo sotrudnika. Izvestija Transsiba. 2015. N 1(21). P. 80–89. (In Russian).
- [6] Nigrej A.A. Study of changes dynamics of the signer's signature on the tablet to change its physiological state. Sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Rol' tehnicheskikh nauk v razvitii obshhestva», 6 March 2017, Kemerovo, 2017. P. 236–239. (In Russian).
- [7] Bogomolov A.V., Gridin L.A., Kukushkin Ju.A., Ushakov I.B. Diagnosis of the human condition: mathematical approaches. M.: Medicina, 2003. 464 p. (In Russian).
- [8] Federal'nye pravila poletov (SShA) 91.17: Alkogol' i pilotirovanie (Rezhim dostupa: <http://flightphysical.com/pilot/alcohol.htm>, data obrashhenija: 16.05.2017). (In Russian).
- [9] Uhr L., Vossler, C. A pattern recognition program that generates, evaluates and adjusts its own operators. "Computers and thought" ed. by E. Feigenbaum, J. Feldman, New Yo r k. (Russian translation in the collection "computers and thinking" ed. by E. Feigenbaum and I. Feldman George. M.: Mir, 1967).
- [10] Ivanov A.I. Multidimensional neural network processing of biometric data with the software reproduction of the effects of quantum superposition. Penza: Izd-vo PNIJeI, 2016. 133 p. URL: <http://pniiei.rf/activity/science/BOOK16.pdf>. (In Russian).
- [11] Lozhnikov P.S., Sulavko A.E., Eremenko A.V., Volkov D.A. Methods of Generating Key Sequences based on Parameters of Handwritten Passwords and Signatures. Information. 2016. N 7. P. 59. DOI: 10.3390/info7040059.
- [12] Harman G. Modern factor analysis. M.: Statistika, 1972. 489 p. (In Russian).
- [13] Lozhnikov P.S., Sulavko A.E., Eremenko A.V., Volkov D.A. Experimental evaluation of the reliability of the verification of the signature networks quadratic forms, fuzzy extractors and perceptrons. Informacionno-upravljajushhie sistemy. 2016. N 5. P. 73–85. (In Russian).
- [14] Sulavko A.E., Eremenko A.V., Tolkacheva E.V., Borisov R.V. Aggregation independent of biometric characteristics for recognition of subjects based on networks of quadratic forms, perceptrons and measures CHI-module. Informacionno-upravljajushhie sistemy. 2017. N 1. P. 50–62. DOI: 10.15217.ISSN 1684-8853.2017.1.50. (In Russian).
- [15] Epifancev B.N., Lozhnikov P.S., Sulavko A.E. Sravnenie algoritmov kompleksirovaniya priznakov v zadachah raspoznavaniya obrazov. Voprosy zashhity informacii. 2012. N 1. P. 60–66. (In Russian).
- [16] Epifancev B.N., Lozhnikov P.S., Sulavko A.E. Algoritm identifikacii gipotez v prostranstve maloinformativnyh priznakov na osnove posledovatel'nogo primenenija formuly Bajesa. Mezhotraslevaja informacionnaja sluzhba. 2013. N 2. P. 57–62. (In Russian).

*Поступила в редакцию - 26 мая 2017 г. Окончательный вариант – 01 ноября 2017 г.  
Received – May 26, 2017. The final version – November 01, 2017.*