

РАСПОЗНАВАНИЕ СУБЪЕКТОВ И ИХ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДПИСИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА

А. Е. САМОТУГА

Аннотация. В статье представлены результаты исследования защищенных систем смешанного документооборота. Предметом исследования являются алгоритмы формирования защищенных документов на основе особенностей воспроизведения подписи. Цель — повысить точность верификации субъекта и его психофизиологического состояния по подписи для защиты документов на электронных и бумажных носителях. Для достижения этой цели решаются следующие задачи. Разрабатывается математическая модель рукописных образов субъектов с учетом их психофизиологического состояния. Разрабатывается метод оценки психофизиологического состояния, позволяющий выявить нахождение подписанта в состоянии, отличном от нормального. Разрабатывается способ верификации подписи субъекта, включающий в себя оценку состояния подписанта. Разрабатывается алгоритм создания документов с возможностью подтверждения целостности и аутентичности документа на электронных и бумажных носителях.

Ключевые слова: рукописная подпись; биометрия; психофизиологическое состояние; верификация личности; защита документооборота.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время идет интенсивный процесс внедрения информационных технологий, но при этом от использования бумажных документов окончательно не отказываются, и бумажный документооборот остается востребованным [1]. Наиболее распространенным стал смешанный документооборот (используются обе формы представления документов). Следующий этап развития документооборота — гибридный — подразумевает применение биометрических данных при формировании секретного ключа ЭЦП и обеспечение равного уровня защиты бумажных и электронных документов.

Главной особенностью этого документооборота согласно [2, 3] является использование одинаковых средств защиты документа как в электронном, так и в бумажном виде: 1) использование автографа для сохранения юридической значимости документа; 2) использование электронной подписи для проверки целостности и аутентичности документа.

Несмотря на развитое законодательство, которое регулирует использование документов (Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», ГОСТ «Делопроизводство и архивное дело» и прочие), ущерб, вызванный подделкой документов, значителен и возрастает. Проведенное аналитическое исследование показало, что с 2008 по 2015 год в России финансовые потери возросли с 13 до 15,8 млрд. руб. [4], мировых потерь из-за утечек информации (отчеты Zecurion Analytics): 2013 г. — 25 млрд. долл., 2014 г. — 18,5 млрд. долл., 2015 г. — 29 млрд. долл. Причиной от 35 до 58% случаев являются сотрудники (включая бывших). Фальсификация документа становится возможной при передаче ключа классической электронно-цифровой подписи третьим лицам. Улучшение традиционных средств аутентификации не исправит ситуацию, так как нужно изменить постановку задачи: создать защиту от того, кому разрешено все в соответствии со служебными обязанностями.

В соответствии с обновленной «Доктриной информационной безопасности РФ» к новым угрозам относят оказание информационно-психофизиологического воздействия на сознание, что побуждает принимать во внимание возможное намерение сотрудников нанести ущерб.

Судить о намерении сотрудника нанести ущерб в момент выполнения должностных обязанностей или аутентификации можно, анализируя его психофизиологическое состояние (ПФС)¹. Данную задачу, как и задачи идентификации и аутентификации субъекта, можно решить, используя особенности воспроизведения подписи, так как установлено, что ПФС субъекта отражается на почерке и подписи.

Методы идентификации субъекта по подписи широко распространены благодаря тому, что они не вызывают отторжения пользователей, являются для них привычным делом, для считывания параметров не требуется дорогостоящее оборудование. Накопленный опыт можно использовать в целях решения задачи защиты документов.

Настоящая работа посвящена решению задач защиты документов смешанного документооборота с помощью анализа признаков рукописных образов, оценки психофизиологического состояния субъекта и создания гибридных документов. Все это позволит создать систему, реализующую формирование подписываемых защищенных документов с одновременной оценкой психофизиологического состояния субъекта.

АНАЛИЗ ПРОРАБОТАННОСТИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вопросам, связанным с защитой смешанного документооборота, посвящены работы российских и зарубежных ученых.

Так, согласно [5] авторы отмечают такие тренды, как повышение надежности машин, так и рост доли ошибок, совершаемых человеком при работе с современными автоматизированными системами в рамках высокотехнологичных процессов.

Одной из причин выбора биометрии для оценки ПФС с целью снижения человеческого фактора при выполнении служебных обязанностей является возможность скрытой фиксации состояния оператора. То есть для распознавания состояния могут использоваться методы, аналогичные методам биометрической идентификации [6].

Анализ работ позволил определиться с направлениями исследований, ориентированных на разработку следующего подхода к защите документов:

- реализовать защиту документа от нарушения целостности и аутентичности с использованием биометрических параметров его создателя;
- определять психофизиологическое состояние владельца документа по особенностям воспроизведения подписи.

В настоящее время к актуальным алгоритмам идентификации личности по подписи относятся: DTW-алгоритм; нейронные сети; скрытые марковские модели; машина опорных векторов; статистические (байесовские) методы; алгоритм аппроксимации кривыми Безье; алгоритм сопоставления локальных экстремумов.

Исходя из анализа недостатков и достоинств указанных алгоритмов, а также на основе достигнутых с их помощью результатов, было решено остановиться на применении искусственной нейронной сети (*ИНС, нейронная сеть*) из многомерных функционалов Байеса для распознавания ПФС. Это стало возможным благодаря тому, что несколько лет назад для решения задач биометрической аутентификации были впервые предложены быстрые алгоритмы обучения и тестирования ИНС [7].

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ РУКОПИСНЫХ ОБРАЗОВ

Для идентификации ПФС определенного субъекта предварительно создаются эталоны для каждого идентифицируемого состояния человека. Для этого необходимо, чтобы в момент создания эталона человек находился в состоянии, для которого формируется эталон, что трудно реализуемо на практике.

¹ Е. П. Ильин определяет психофизиологическое состояние человека как «целостную системную реакцию (на уровне организма и часто – личности) на внешние и внутренние воздействия (Ильин Е. П. Психофизиология состояний человека. СПб.: Питер, 2005).

Было решено использовать опыт существующих технологий полиграфных испытаний, в рамках которых используются вопросы для того, чтобы повлиять на изменение ПФС субъекта. Согласно работе [8], для фиксации изменения ПФС возможно использовать измерение вариабельности сердечного ритма.

Была сформирована база рукописных образов. В течение нескольких дней проводился эксперимент по формированию базы подписей с привлечением 110 испытуемых, вводимых поочередно в следующие состояния (подтверждение «перехода» в соответствующее ПФС осуществлялось на холтеровском мониторе «Кардиотехника-04»):

Нормальное (или адекватное) состояние, при котором субъект не подвергался каким-либо воздействиям. Эксперимент проводился в начале дня после полноценного отдыха в предшествующие сутки. В данном состоянии наблюдаются наилучшие результаты деятельности индивида.

Возбуждение – характерно для человека, сконцентрированного на решении ответственной задачи. Данное состояние представляет собой общую физиологическую и психологическую активизацию организма. Перед началом эксперимента участник принимал кофе, что повышало ЧСС в среднем на 10%. Для сильно возбужденных людей характерно также учащенное дыхание и обильное потоотделение.

Усталость после физической нагрузки характеризуется учащением ЧСС на 10–30%. Для получения нужного эффекта испытуемые подвергались интенсивной физической нагрузке, минимальный объем которой определялся методом Мартине (20 приседаний за 30 секунд) и далее варьировался в зависимости от пола и возраста.

Расслабленное (сонное) состояние, характеризующееся легкой сонливостью, низкой продуктивностью. Для имитации данного состояния участники принимали успокаивающие естественные растительные средства седативного действия, к которым относится пустырник, мята, валериана, и прослушивали успокаивающую музыку. ЧСС возвращалась к значениям в состоянии покоя, либо происходило снижение ЧСС на 3–5%.

Опьянение. Испытуемый принимал алкоголь, дозировка рассчитывалась по формуле Видмарка. Масса выпитого соответствовала такому количеству алкоголя, для которого значение концентрации в крови было от 0,5 до 1‰. Данный уровень опьянения выбран исходя из критериев, предлагаемых для определения степени выраженности алкогольной интоксикации В. И. Прозоровским и другими. Согласно принятой схеме, при меньшей концентрации отсутствует влияние алкоголя на организм. Данный уровень приводит к статистически значимым изменениям вариабельности сердечного ритма (ВСР).

Для ввода подписей субъектов использовался планшет фирмы Wacom. Для получения признаков использовались функции координат подписи $x(t)$ и $y(t)$, функция давления пера на планшет при письме $p(t)$. Предварительно из подписи удаляются точки с нулевым давлением, а функции $x(t)$, $y(t)$ и $p(t)$ нормировались по длительности (приводились к единому количеству отчетов). Функции $x(t)$ и $y(t)$ преобразуются в функцию скорости перемещения пера на планшете $V_{xy}(t)$.

Обработка функций $p(t)$ и $V_{xy}(t)$ происходит отдельно в 2 этапа: 1) разложение целевой функции в ряд Фурье; 2) нормирование амплитуд гармоник целевой функции по энергии (диапазон анализируемых частот составлял 0,1–10 Гц). В качестве признаков динамики подписи использовались 16 нормированных амплитуд низкочастотных гармоник функций $p(t)$ и $V_{xy}(t)$, 15 коэффициентов корреляции между функциями $x(t)$, $y(t)$, $p(t)$ и их производными. В качестве признаков внешнего вида подписи использовались 120 расстояний между некоторыми точками (точки выбираются равномерно с некоторым шагом, далее находятся расстояния между всеми парами этих точек, третье измерение – давление пера на планшет), 5 характеристик изображения подписи (отношение длины подписи к ее ширине, центр подписи, угол наклона подписи, угол наклона между центрами половин подписи). Все обозначенные признаки имеют распределение, близкое к нормальному. Следующие признаки — коэффициенты вейвлет-преобразований Добеши по базису D6 функций $V_{xy}(t)$ и $p(t)$ имеют распределение,

близкое к распределению Лапласа. Некоторые из перечисленных признаков использовались рядом исследователей в их работах, в том числе по идентификации личности.

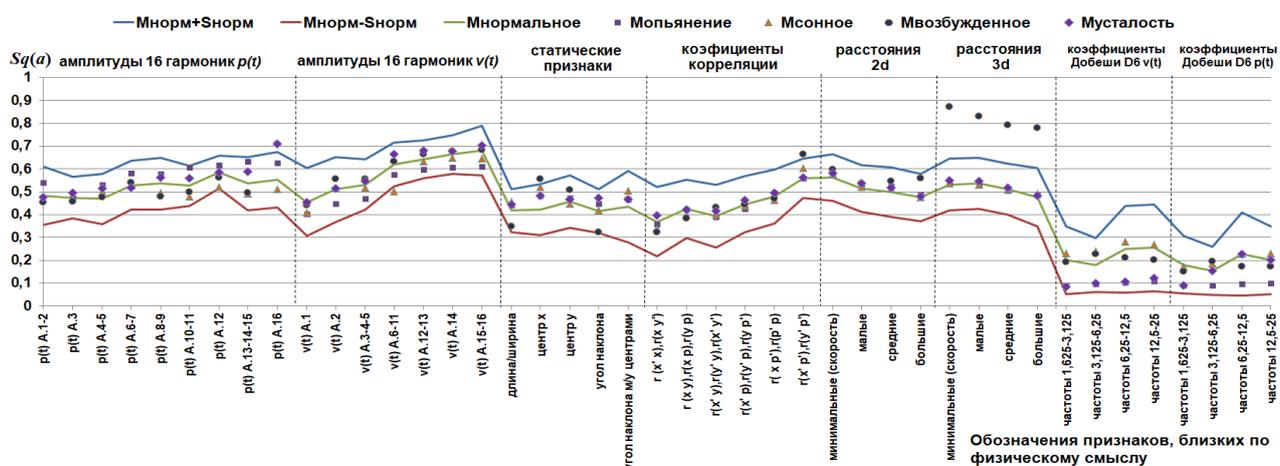


Рис. 1 Информативность признаков для распознавания подписантов

Проведена оценка информативности признаков по площадям пересечения функций плотностей вероятности значений этого признака для задачи распознавания субъектов и их ПФС. Построены графики математических ожиданий $M_{ПФС}$ и среднеквадратичных отклонений $S_{ПФС}$ соответствующих площадей $S_q(a_j)$, характеризующих информативность различных групп признаков для задачи распознавания подписантов, находящихся в определенном ПФС (рисунок 1). Чем меньше $M_{ПФС}$ – тем информативнее признак в целом (в среднем для всех испытуемых); чем выше $S_{ПФС}$, тем больше различие в информативности признака для испытуемых. С точки зрения распознавания подписантов наиболее информативными являются вейвлет коэффициенты Добеши (рисунок 1), различия в информативности между остальными признаками не настолько существенны. Наименее информативными являются амплитуды высокочастотных гармоник функции скорости пера на планшете $V_{xy}(t)$. С точки зрения распознавания ПФС следующее ранжирование информативности признаков: вейвлет коэффициенты Добеши, статические признаки, коэффициенты корреляции между функциями рукописного образа, расстояния между его точками, амплитуды гармоник $V_{xy}(t)$ и $p(t)$.

При помощи специально разработанного программного модуля собраны биометрические параметры 110 пользователей, каждый из них ввел не менее 50 реализаций подписи в каждом состоянии. За каждым пользователем был закреплен другой, наблюдающий за вводом его биометрических данных. Далее каждый пользователь совершил 60 попыток подделки биометрических параметров пользователя, за вводом биометрических данных которого он наблюдал. Таким образом, получено 5500 реализаций «своих» и 6600 реализаций «чужих» пользователей для каждого состояния. Далее под реализацией подписи – вектор значений признаков подписи.

МЕТОД ОЦЕНКИ ПФС СУБЪЕКТА И СПОСОБ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОДПИСАНТА ПО ПОДПИСИ

Для формирования эталонов рассчитываются математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение значений всех признаков. Для вычисления каждого параметра распределения использовалось не менее 21 реализаций значений признака согласно ГОСТ 52633.5-2011. Для поиска статистических закономерностей образов субъектов, описывающих изменения параметров воспроизведения подписи в зависимости от ПФС, построены графики математических ожиданий и среднеквадратичных отклонений признаков. Из них ясно, что некоторые признаки в различных состояниях имеют близкие значения, что говорит о схожих изменениях ряда признаков при нахождении человека в каком-либо из измененных состояний. В связи

с чем предложен следующий подход: переход к модели двух состояний, где из всех состояний, отличных от нормального, создается эталон ПФС, которое будем называть «измененное». Это состояние будет включать все реализации, полученные в состояниях «опьянение», «усталость», «сонное» и «возбужденное». Были определены поправочные коэффициенты для эталона в нормальном состоянии, которые образуют векторы перехода эталона к измененному состоянию, а также построены соответствующие графики (рисунок 2).

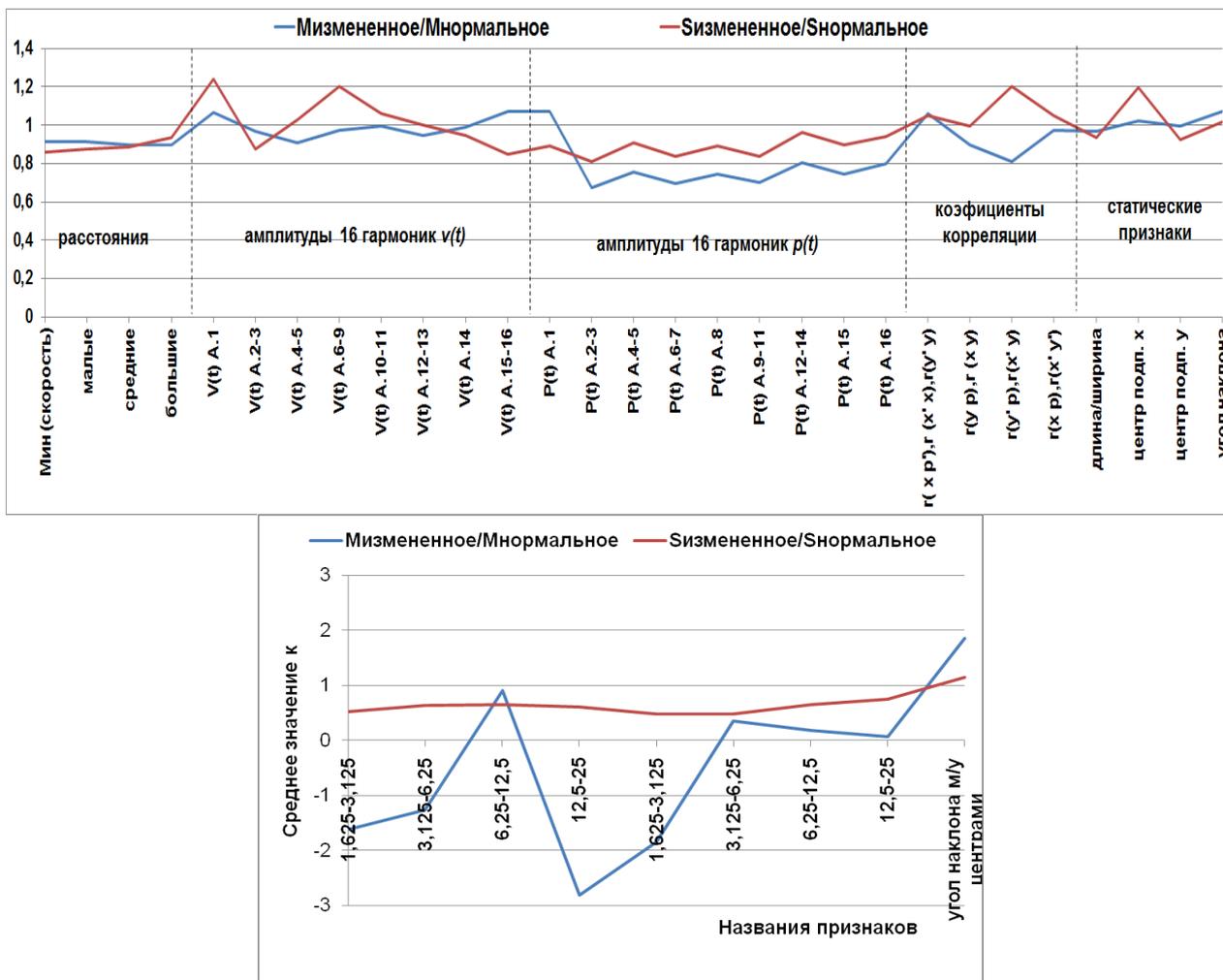


Рис. 2 Коэффициент изменения признаков k в зависимости от ПФС подписанта

Коэффициенты позволяют получить эталон подписанта, находящегося в состоянии, условно названном «измененное», без необходимости ввода подписей в этом состоянии по формуле (1):

$$E'_u = [m'_{u1} \quad \dots \quad m'_{un}] = E_n \times K_m = [m_{n1} \quad \dots \quad m_{nn}] \times \begin{bmatrix} K_{m1} \\ \dots \\ K_{mn} \end{bmatrix} \approx E_u = [m_{u1} \quad \dots \quad m_{un}]$$

$$\Theta'_u = [\sigma'_{u1} \quad \dots \quad \sigma'_{un}] = \Theta_n \times K_s = [\sigma_{n1} \quad \dots \quad \sigma_{nn}] \times \begin{bmatrix} K_{\sigma 1} \\ \dots \\ K_{\sigma n} \end{bmatrix} \approx \Theta_u = [\sigma_{u1} \quad \dots \quad \sigma_{un}] \tag{1}$$

где E_u и E_n — матрицы математических ожиданий признаков субъекта в измененном и нормальном состоянии соответственно, Θ_u и Θ_n — матрицы среднеквадратичных отклонений признаков субъекта в измененном и нормальном состоянии соответственно, K_m и K_s — матрицы поправочных коэффициентов для математических ожиданий и среднеквадратичных отклонений соответственно, n — количество признаков. Назовем преобразованный эталон, состоящий из матриц E'_u и Θ'_u , синтетическим.

За счет описанного преобразования можно отказаться от обязательного создания эталонов подписей субъектов для каждого из измененных состояний, но при этом на стадии идентификации субъекта иметь возможность обнаружить, отличается ли состояние субъекта от нормального.

Проведен эксперимент по распознаванию ПФС субъектов по подписи, состоящий из 2 этапов: с использованием исходных естественных эталонов подписей, полученных в нормальном и измененном состояниях, и с использованием естественных эталонов подписей для нормального ПФС и искусственных эталонов (преобразованных по формуле (1)) для измененного ПФС.

На первом этапе применялись следующие подходы: последовательное применение модифицированной или классической формулы Байеса, мера Хемминга, принцип накопления, метрика Пирсона.

Метод последовательного применения формулы Байеса заключается в следующем. На каждом шаге по формуле гипотез Байеса или ее модифицированного варианта (2) рассчитываются апостериорные вероятности гипотез с учетом значения одного из признаков, при этом за априорную вероятность гипотезы принимается ее апостериорная вероятность, вычисленная на предыдущем шаге. На первом шаге все гипотезы равновероятны $P(H_i/A_0) = 1/n$, где n — количество гипотез. На последнем шаге предпочтение отдается гипотезе с максимальной апостериорной вероятностью.

$$P(H_i|A_j) = P(H_i|A_{j-1}) + \left(\frac{P(H_i|A_{j-1})P(A_j|H_i)}{\sum_{i=1}^n P(H_i|A_{j-1})P(A_j|H_i)} - P(H_i|A_{j-1}) \right) \times (W_j), \quad (2)$$

где $P(H_i|A_j)$ — апостериорная вероятность i -й гипотезы, вычисляемая на j -м шаге при поступлении j -го признака, $P(A_j|H_i)$ — условная вероятность i -й гипотезы на j -м шаге (равна плотности вероятности значения j -го признака на основе параметров i -ого эталона), W_j — вес j -го признака, характеризующий его информативность. Условные вероятности вычисляются исходя из закона распределения значений признаков, как плотности вероятности соответствующего закона распределения. Вес признака на каждом шаге предлагается определять как взвешенное среднее площадей пересечения плотностей вероятности признаков, характеризующих различные эталоны.

Лучшие результаты по идентификации ПФС субъектов при использовании естественных эталонов получены с помощью метода последовательного применения классической формулы Байеса (т. е. при $W_j = 1$). Средняя вероятность ошибки распознавания 2 состояний 110 субъектов составила 0,073. Достоверность полученных результатов — 0,99 при доверительном интервале 0,01.

В работе Иванова и др. [9] предложено повышать размерность формулы Байеса, учитывая за один шаг информацию о нескольких признаках (плотности вероятности $f_h(a_j)$ нескольких признаков a_j на каждом шаге необходимо перемножать, воспринимая их как вероятности одновременного возникновения независимых событий A_j). При повышении размерности n многомерного функционала наибольшего правдоподобия Байеса (3) (МФНПБ) появляется множество вариантов его записи.

$$P(H_h|A_s) = \frac{P(H_h|A_{s-1}) \prod_{x=1}^n f_h(a_{j(s,x)})}{\sum_{h=1}^n (P(H_h|A_{s-1}) \prod_{x=1}^n f_h(a_{j(s,x)}))}, \quad (3)$$

где $j(s, x)$ — номер признака, который больше не совпадает с номером шага s , но зависит от него. На каждом шаге целесообразно использовать уникальные сочетания из n неповторяющихся признаков. В общем случае количество возможных неповторяющихся шагов последовательного применения n -мерного функционала (3) равно числу сочетаний без повторений C_η^n из η по n , где η — общее количество признаков ($n \leq \eta$).

Предлагается конструировать N нейронов на основе различных сочетаний неповторяющихся шагов, в основе которых лежит функционал (3). Если выявить оптимальные значения числа шагов и размерности, то такой подход гораздо эффективнее чем повторение η раз двумерного правила Байеса (2) или однократное применение η -мерного функционала (3).

На втором этапе проведен вычислительный эксперимент по распознаванию ПФС с использованием сети из многомерных функционалов Байеса (3). Наилучший результат с вероятностью ошибки 0,08 достигается при следующей конфигурации сети (таблица 1).

Таблица 1

Конфигурация сети многомерных функционалов Байеса

Число нейронов	Размерность	Шагов	Число нейронов	Размерность	Шагов	Число нейронов	Размерность	Шагов
100	5	10	100	20	10	100	50	5
100	5	20	100	20	20	100	100	1
100	10	10	100	50	1			
100	10	20						

Таким образом, полученная погрешность вероятностей существенна, но можно заключить, что результат удовлетворительный и построенная статистическая модель упрощенно описывает изменения параметров рукописных образов при изменении состояния субъекта.

При разработке способа верификации субъектов с учетом ПФС выполнено сравнение разных методов принятия решений: сетей квадратичных форм, настраиваемых при помощи адаптированного алгоритма обучения персептронов из ГОСТ Р 52633.5-2011, сетей из нейронов на базе метрик Пирсона и Хи-модуль, МФНПБ. Установлено, что все функционалы теряют мощность, если состояния подписантов на этапах обучения и распознавания не совпадают (это эквивалентно снижению репрезентативности обучающей выборки), потери мощности тем выше, чем выше их размерность. Вероятность ошибки в среднем возрастает: для функционала Пирсона на 103%, для Хи-модуль на 49%, для квадратичной формы с обучением по ГОСТ Р 52633.5 на 73%, для МППФБ на 326%, для МФНПБ на 1077%. Таким образом, самым устойчивым функционалом является мера Хи-модуль. Если объединить функционалы в сеть, устойчивость сети зависит от их размерностей.

Наилучший результат по верификации подписантов получен с использованием всех рассмотренных признаков и применением многомерных функционалов Байеса (3) и превосходит достигнутый ранее уровень: $FRR=0,0014$, $FAR=0,0045$. Но данные показатели достигаются при условии строгого совпадения ПФС подписантов на этапе создания эталона и распознавания.

Таким образом, предлагается сначала распознать состояние подписанта, а потом верифицировать его личность. С учетом ошибки распознавания ПФС вероятность ошибок 1-го и 2-го родов предлагаемого способа верификации подписанта составила: $FRR = 0,003$, $FAR = 0,0065$.

ФОРМИРОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Основные этапы работы с гибридным документом следующие (рисунок 3):

- Создание эталонов ПФС и субъектов. Включает сбор рукописных образов при помощи планшета, получение признаков, формирование эталонов, используемых для биометрической идентификации субъектов и их ПФС, сохранение полученных эталонов на облачном сервере.

• Идентификация субъекта и его ПФС, формирование защищенного гибридного документа (рисунок 4). На облачный сервер отправляется автограф субъекта (и секретный рукописный образ – опционально) и текст документа, после формирования сервер отдает готовый к использованию гибридный документ с информацией для проверки целостности и аутентичности.

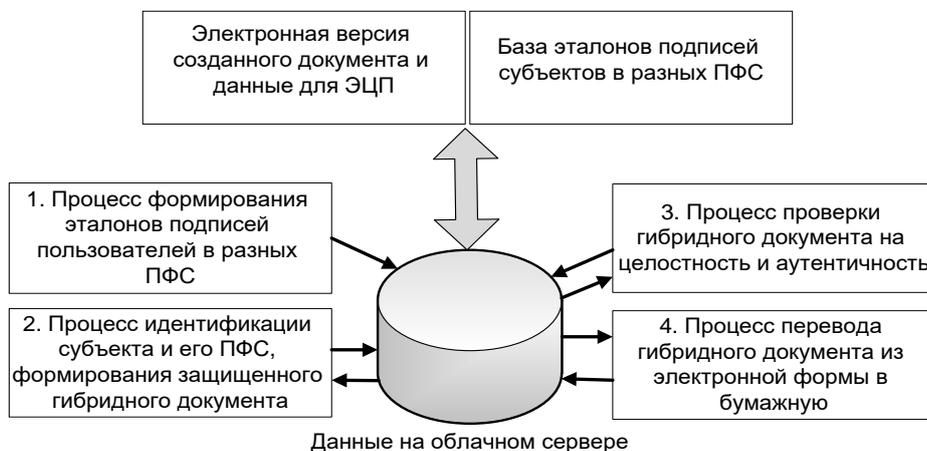


Рис. 3 Структурная схема системы защищенного гибридного документооборота

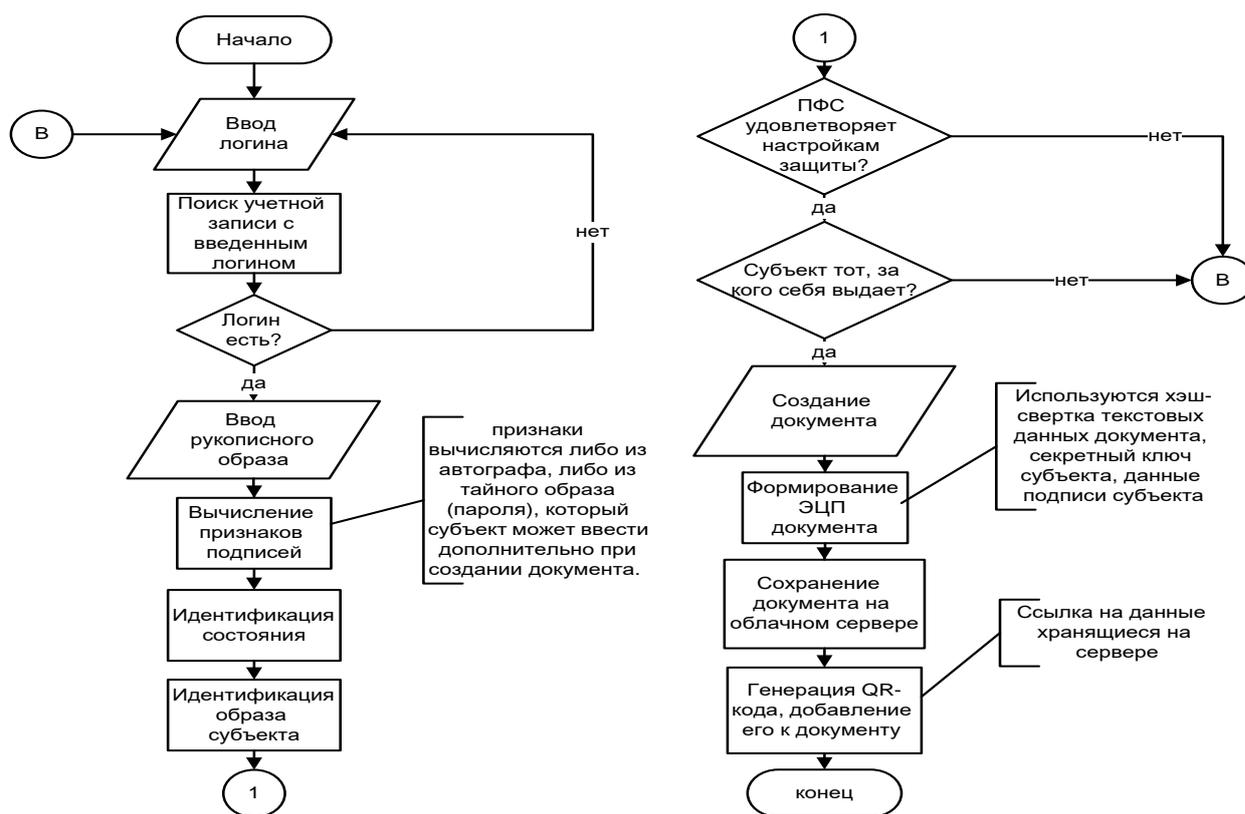


Рис. 4 Блок-схема алгоритма формирования защищенного гибридного документа

• Проверка гибридного документа на целостность и аутентичность. Включает сканирование прикрепленной информации, текста документа, сравнение с данными на сервере. При обнаружении нарушения целостности субъект имеет возможность восстановить содержание документа.

- Перевод гибридного документа из электронной среды в аналоговую и обратно. Предполагает печать документа со всем необходимыми для его проверки дополнительными данными, занесенными в штрих-код, или сканирование документа и текстового содержания и дополнительных данных. Включает в себя проверку на целостность и аутентичность. При переводе из аналоговой среды выполняется сканирование текстового содержания документа, затем чтение информации из QR-кода. Для распознавания текста используется OCR-библиотека (например, Tesseract от компании Google). Уменьшить число ошибок при распознавании предлагается путем использования наиболее хорошо распознаваемого шрифта — Arial, а также применением одного из существующих алгоритмов помехоустойчивого кодирования.

Разработан прототип программного комплекса для оценки эффективности предложенных алгоритмов, модели, их отладки. Прототип реализован на основе технологии облачных вычислений («cloud computing»). Архитектура состоит из следующих подсистем: ввода биометрических данных – ввод биометрических данных, принятия решений – выделение признаков и создание эталонов, управления – взаимодействие с базой данных, контроль информации о пользователях, обработка документов – все, что связано с обработкой документов, взаимодействия — обмен данными между остальными компонентами. Комплекс можно использовать в системах смешанного документооборота для защиты от подделки документов, подписей, отчуждения ЭЦП, подписания документа субъектом в ПФС, отличающимся от нормального.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках работы с помощью метода распознавания измененного ПФС на основе искусственной нейронной сети многомерных функционалов наибольшего правдоподобия Байеса удалось распознать факт нахождения субъекта в измененном состоянии в момент написания автографа с вероятностью ошибки 0,08. Достоверность полученных результатов – 0,99 при доверительном интервале 0,01.

Был выполнен эксперимент по верификации подписанта по особенностям автографа с учетом психофизиологического состояния субъекта. Результат эксперимента представлен в виде вычисленных вероятностей ошибочных решений 1-го и 2-го рода 0,003 и 0,0065 соответственно.

В работе также предложено использовать полученные результаты для создания защищенных документов с возможностью резервного восстановления оригинала, подтверждения целостности, а также личности и ПФС создателя по подписи.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на построение модели изменения параметров подсознательных движений субъекта во времени и в зависимости от его типа темперамента и применение в исследованиях других типов биометрических образов. В перспективе это позволит достигнуть лучших результатов по распознаванию человека и его ПФС, а также решить проблему потери актуальности («устаревания») биометрического эталона.

БЛАГОДАРНОСТИ И ПОДДЕРЖКА

Работа подготовлена в Омском государственном техническом университете в рамках государственного задания Минобрнауки России на 2023–2025 годы (FSGF-2023-0004).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Ложников П. С., Самотуга А. Е. Технология проверки целостности и аутентичности документов в гибридном документообороте // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып. 3. С. 402–408. [[Lozhnikov P. S., Samotuga A. E. "Technology of integrity and authenticity validation of documents in hybrid document management systems". Izvestiya TulGU. Technical Sciences, 2013, Issue 3, pp. 402-408. (In Russian).]]
2. Ложников П. С., Сулавко А. Е., Самотуга А. Е. Модель защиты гибридных документов на основе рукописных подписей их владельцев с учетом психофизиологического состояния подписантов // Вопросы защиты информации. 2016. № 4 (115). С. 47–59. [[Lozhnikov P. S., Sulavko A. E., Samotuga A. E. "A model for the protection of hybrid documents based on their owners' handwritten signatures, taking into account the psychophysiological state of the signatories". Information Security Questions, 2016, no. 4 (115), pp. 47-59. (In Russian).]]

3. Иванов А. И., Ложников П. С., Самотуга А. Е. Технология формирования гибридных документов // Кибернетика и системный анализ. 2014. Т. 50, № 6. С. 152–156. [[Ivanov A. I., Lozhnikov P. S., Samotuga A. E. "Technology of formation of hybrid documents". Cybernetics and System Analysis, 2014, Vol. 50, no. 6, pp. 152-156. (In Russian).]]

4. Ложников П. С., Самотуга А. Е. Способ формирования гибридных документов с использованием биометрической подписи // Электронные средства и системы управления: Материалы докладов X Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 2. Томск: В-Спектр, 2014. С. 79–83. [[Lozhnikov P. S., Samotuga A. E. "A method of generating hybrid documents using a biometric signature". Electronic Means and Control Systems: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, part 2, Tomsk: V-Spectrum, 2014, pp. 79-83. (In Russian).]]

5. 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. [[Sulavko A. E., Eremenko A. V., Levitskaya E. A., Samotuga A. E. "Identification of psychophysiological states of signers by the features of autograph reproduction". Information-Measuring and Control Systems, 2017, no. 1, pp. 40-48. (In Russian).]]

6. Еременко А. В., Левитская Е. А., Сулавко А. Е., Самотуга А. Е. Разграничение доступа к информации на основе скрытого мониторинга пользователей компьютерных систем: непрерывная идентификация // Вестник СибАДИ. 2014. Вып. 6 (40). С. 92-102. [[Eremenko A. V., Levitskaya E. A., Sulavko A. E., Samotuga A. E. "Differentiation of access to information based on hidden monitoring of computer system users: continuous identification". The Russian Automobile and Highway Industry Journal, 2014, Issue 6 (40), pp. 92-102. (In Russian).]]

7. Ложников П. С., Сулавко А. Е., Самотуга А. Е. Идентификация личности и оценка ее психофизиологического состояния в процессе написания подписи // Информация. 2015. Т. 6. Вып. 3. С. 454–466. [[Lozhnikov P. S., Sulavko A. E., Samotuga A. E. "Personal identification and the assessment of the psychophysiological state while writing a signature." Information, 2015, V. 6, Issue 3, pp. 454-466. (In Russian).]]

8. Пат. 2543927 Российская Федерация, МПК G06K9/00. Способ идентификации личности по особенностям динамики написания пароля [Текст] / Епифанцев Б. Н., Ложников П. С., Самотуга А. Е., Сулавко А. Е.; заявитель Омский государственный технический университет; заяв. 22.04.2014, опубл. 10.03.2015, приоритет 22.04.2014, дата регистрации 03.02.2015. [[Pat. 2543927 Russian Federation, IPC G06K9/00. A method of identifying a person according to the characteristics of the dynamics of writing a password [Text] / Epifantsev B. N., Lozhnikov P. S., Samotuga A. E., Sulavko A. E.; applicant Omsk State Technical University; appl. 22.04.2014, publ. 10.03.2015, priority 22.04.2014, registration date 03.02.2015. (In Russian).]]

9. Иванов А. И., Ложников П. С., Качайкин Е. И., Сулавко А. Е. Биометрическая идентификация рукописных образов с использованием корреляционного аналога правила Байеса // Вопросы защиты информации. 2015. № 3. С. 48–54. [[Ivanov A. I., Lozhnikov P. S., Kachaikin E. I., Sulavko A. E. "Biometric identification of handwritten images using a correlation analogue of the Bayes rule". Information Security Questions, 2015, no. 3, pp. 48-54. (In Russian).]]

Поступила в редакцию 12 июля 2023 г.

МЕТАДААННЫЕ / METADATA

Title: Recognition of subjects and their psychophysiological states based on signature parameters to protect document management.

Abstract: The article presents the results of a study of secure mixed document management systems. The scope of the study is the algorithms for generating secure documents based on the features of signature reproduction. The goal is to improve the accuracy of verification of the subject and their psycho-physiological state by signature to protect documents on electronic and paper media. To achieve this goal, the following tasks are solved. A mathematical model of handwritten images of subjects is developed, taking into account their psychophysiological state. A method for assessing the psycho-physiological state is developed, which makes it possible to identify whether the signer is in a state other than normal. A method for verifying a subject's signature is developed, which includes an assessment of the state of the signer. An algorithm for creating documents is developed with the ability to confirm the integrity and authenticity of a document on electronic and paper media.

Key words: handwritten signature; biometrics; psycho-physiological state; personality verification; document protection

Язык статьи / Language: русский / Russian.

Об авторе / About the author:

САМОТУГА Александр Евгеньевич

ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»,
Россия.

Доц. каф. комплексной защиты информации. Дипл. препод.-исследователь (Омск. гос. техн. ун-т, 2014). Канд. техн. наук (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2017). Иссл. в обл. биометрической идентификации, информационных систем, искусственных нейронных сетей.

E-mail: samotugasashok@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5647-7498>

URL: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=724385

SAMOTUGA Aleksandr Evgenyevich

Omsk State Technical University,
Russia.

Assoc. Prof., Dept. of Integrated Information Security. Dipl. of lecturer and researcher (Omsk State Technical University, 2014). Cand. Techn. Science (Ufa State Aviat. Techn. Univ., 2017). Research in biometric identification, information systems, artificial neural networks.

E-mail: samotugasashok@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5647-7498>

URL: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=724385