

УДК 004.056

doi: 10.26583/bit.2024.1.03

Александр М. Алюшин¹, Сергей В. Дворянкин²
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Каширское ш., 31, Москва, 115409, Россия
¹e-mail: alyshin@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1722-0598>
²e-mail: svdvoryankin@mephi.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6908-0676>

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИТНЕС-БРАСЛЕТОВ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ СИНТЕЗЕ БИОПОДПИСИ ВАЖНОГО ДОКУМЕНТА*

Аннотация. Показана возможность повышения эффективности применения биоподписи за счет передачи в ее составе расширенного набора биопараметров, характеризующих функциональное и психоэмоциональное состояние автора документа в момент его подписания, либо утверждения. Анализ всей совокупности передаваемых биопараметров, а также их сравнение с аналогичными индивидуальными параметрами, характерными для нормального рабочего и спокойного состояния автора дает возможность выявлять случаи его неадекватного поведения, в том числе, получение подписи под принуждением, либо под воздействием наркотических веществ. Наряду с такими биопараметрами, как частота сердечных сокращений, артериальное давление, зрачковая реакция, в исследовании изучается возможность регистрации тремора рук. Данный информативный показатель позволяет оценить уровень нервного напряжения автора документа, а также дает возможность выявить ряд заболеваний автора, что также может являться причиной для признания документа неправомочным. В исследовании изучается возможность применения для регистрации тремора рук фитнес-браслета (ФБ). Проведенные экспериментальные исследования показали, что тремор рук, зарегистрированный акселерометрами и гироскопом, как правило, включенными в состав ФБ, может быть с хорошей точностью измерен этими гаджетами с учетом уровня их собственных шумов. Достоинством рассмотренного подхода является также то, что ФБ, как правило, постоянно находится на руке, что позволяет регистрировать биопараметры автора в момент работы с документом. Применение для этой цели сотовых телефонов, смартфонов и других носимых устройств не всегда возможно, так как в момент подписания, либо утверждения документа автор вероятнее всего не держит их в руке и кладет их на стол.

Ключевые слова: биоподпись, защита документов, состояние автора, тремор рук, фитнес-браслет.

Для цитирования: АЛЮШИН, Александр М.; ДВОРЯНКИН, Сергей В. АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИТНЕС-БРАСЛЕТОВ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ СИНТЕЗЕ БИОПОДПИСИ ВАЖНОГО ДОКУМЕНТА. *Безопасность информационных технологий*, [S.l.], т. 31, № 1, с. 63–74, 2024. ISSN 2074-7136. URL: <https://bit.spels.ru/index.php/bit/article/view/1603>. DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2024.1.03>.

**Благодарности.* Исследование выполнено в рамках проекта №40469-06/23-К «Новые подходы к аудиомаркированию носителей информации для повышения ее защищенности в задачах цифровой экономики» при поддержке Минцифры России.

Alexander M. Alyushin¹, Sergey V. Dvoryankin²
National Research Nuclear University MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute),
Kashirskoe sh., 31, Moscow, 115409, Russia
¹e-mail: alyshin@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1722-0598>
²e-mail: svdvoryankin@mephi.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6908-0676>

Analysis of the prospects for using fitness bracelets as a source of biometric information when synthesizing the biosignature of an important document*

Abstract. The possibility of increasing the effectiveness of the use of the so-called biosignature due to the transfer in its composition of an expanded set of bioparameters characterizing the functional and psycho-emotional state of the author of the document at the time of its signing or approval is shown. Analysis of the entire set of bioparameters transmitted as part of the biosignature, as well as their comparison with similar individual parameters characteristic of the author's normal working and calm state, makes it possible to identify cases of his inappropriate behavior, including obtaining a signature under duress or under the influence of narcotic substances. Along with such bioparameters as heart rate, blood pressure, and pupillary response, the study examines the possibility of recording hand tremor. This informative indicator allows you to assess the level of nervous tension of the author of the document, and also makes it possible to identify a number of diseases of the author, which may also be a reason for declaring the document incompetent. The study examines the possibility of using a fitness bracelet to record hand tremor. Experimental studies have shown that hand tremor recorded by accelerometers and a gyroscope, usually included in the fitness bracelet, can be measured with good accuracy by these gadgets, taking into account the level of their own noise. The advantage of the considered approach is also that the fitness bracelet, as a rule, is constantly on the hand, which makes it possible to register the bioparameters of the author at the time of working with the document. The use of cell phones, smartphones and other wearable devices for this purpose is not always possible, since at the time of signing or approving the document, the author most likely does not hold them in his hand and places them on the table.

Keywords: biosignature, document protection, author's condition, hand tremor, fitness bracelet.

For citation: ALYUSHIN, Alexander M.; DVORYANKIN, Sergey V. Analysis of the prospects for using fitness bracelets as a source of biometric information when synthesizing the biosignature of an important document. *IT Security (Russia)*, [S.l.], v. 31, no. 1, p. 63–74, 2024. ISSN 2074-7136. URL: <https://bit.spels.ru/index.php/bit/article/view/1603>. DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2024.1.03>.

**Acknowledgement.* The research was carried out within the framework of project No. 40469-06/23-K “New approaches to audio labeling of information carriers to increase its security in the tasks of the digital economy” with the support of the Russian Ministry of Digital Development.

Введение

Одной из активно развиваемой в последнее время технологий защиты важных финансовых, юридических и распорядительных документов от фальсификации и подделки является биоподпись (БП) [1–3]. Основным преимуществом использования БП для защиты важных документов является возможность фиксации и передачи в ее составе наиболее важных контекстных аспектов, а также биометрической информации об авторе документа [4]. Первая информационная составляющая БП позволяет гарантировать сохранность сути документа. Вторая информационная составляющая БП дает возможность проконтролировать физическое и психоэмоциональное состояние автора документа, например, в момент его подписания, либо утверждения. Это позволяет выявлять случаи получения подписи, например, под принуждением, под действием медикаментозных и наркотических средств, а также при неадекватном состоянии автора.

Технология БП является развитием известной технологии речевой подписи (РП) документа, сущность которой заключается в передаче в составе документа графического фрагмента, содержащего сжатую речевую информацию его автора о наиболее значимых аспектах документа [5]. В качестве таких аспектов могут выступать важные даты, объемы финансирования, перечень юридических и физических лиц и многие другие. Такой способ защиты документов базируется на уникальности голоса его автора и позволяет создать комплексную систему защиты документооборота целого предприятия [6]. Предполагается, что образец голоса автора находится в специализированной базе данных предприятия, в

которой работает автор. Технология РП также предполагает возможность организации доступа к данной базе сторонних юридических и физических лиц в случае направления документа с РП внешним потребителям.

В качестве графического фрагмента РП, как правило, использует изображение спектрограммы речевого сообщения автора. Представление РП в черно-белом формате (Black and White Format), либо в формате с оттенками серого (Gray Scale Format) дает возможность распечатывать и тиражировать документ со встроенной РП на полиграфическом оборудовании различного качества. Необходимо отметить, что графический фрагмент РП может легко быть встроен в графические элементы изображения, присутствующие на бланках документов предприятия, на бланках доверенностей, а также быть выполнен в виде так называемых водяных знаков.

БП кроме рассмотренной выше речевой информации автора документа дополнительно содержит его биометрические данные [1–3], позволяющие идентифицировать личность автора, а также определить физическое и психоэмоциональное состояние автора в момент подписания документа, а также может содержать информацию о времени создания подписи, температуре и давлении в помещении. Исходя из удобства применения, синтез БП целесообразно осуществить с помощью специализированного ПО, установленного на обычные гаджеты, например, сотовые телефоны, смартфоны и др. переносные устройства. Современные гаджеты, как правило, имеют в своем составе ряд встроенных сенсоров и устройств, таких, как: цифровой микрофон, часы реального времени, датчик температуры, датчик атмосферного давления, акселерометры, гироскоп.

Если пользователь гаджета держит его в руке, то с помощью специализированного ПО, установленного на нем, имеется возможность определить частоту сердечных сокращений (ЧСС) и зарегистрировать ЭКГ, а также оценить такие характеристики, как: частоту дыхания и глубину дыхания; уровень двигательной активности; насыщение крови кислородом.

К сожалению, достаточно часто пользователь гаджета не держит его в руке, а размещает его на столе, особенно при подписании документа. Это существенным образом снижает информативность регистрируемых биопараметров автора. По этой причине возникает потребность в регистрации текущих биопараметров автора с помощью дополнительных устройств. В качестве такого устройства целесообразно рассмотреть возможность использования широко распространенных фитнес-браслетов (ФБ). Актуальным в этой связи становится анализ возможностей современных ФБ по регистрации текущих биопараметров человека с целью использования их при синтезе БП.

1. Особенности функционирования современных фитнес-браслетов

Одной из современных тенденций развития ФБ является отказ от использования монитора, что снижает их габариты и вес, делает их менее заметными, в частности, позволяет маскировать их под носимые украшения [7]. Большинство современных ФБ предназначены для контроля физической нагрузки путем мониторинга за величиной частоты сердечных сокращений, а также позволяют определить количество сделанных шагов и оценить потраченную при этом энергию. Некоторые ФБ дают возможность оценить характеристики и фазы сна. Возможность определения указанных характеристик обусловлена сенсорами, встроенными в ФБ. Так, большинство ФБ имеют в своем составе: оптический датчик пульса, а также акселерометр и гироскоп, выполненные в интегральном виде. Анализ данных акселерометров позволяет, в том числе, определить характеристики движений пользователя [8].

Обработка показаний акселерометров и гироскопа с помощью ПО фирмы-производителя ФБ дает возможность определить уровень двигательной активности человека, в том числе, во время фаз сна, а также оценить количество сделанных им шагов. Указанное ПО устанавливается на гаджет пользователя и, к сожалению, не позволяет определить иные характеристик, кроме указанных. Для точной оценки состояния человека на основе данных, полученных с помощью ФБ, в настоящее время используется их интеллектуальная обработка [9–11].

Известно, что тремор рук человека может являться следствием нервного напряжения, стресса, тревоги, испуга, физической перегрузки, переохлаждения, приема наркотических, алкогольных и медицинских препаратов [12]. По этой причине включение в состав БП зарегистрированного уровня тремора рук автора важного документа при его подписании является целесообразным. Данная характеристика может быть соотнесена с персональными данными сотрудника в спокойном состоянии и явиться причиной признания документа неправомочным. В исследовании была изучена возможность регистрации уровня тремора рук с помощью ФБ. Необходимо отметить, что в момент работы над документом его автор не может выполнять активные физические упражнения, уменьшающие достоверность регистрируемых с помощью ФБ биопараметров [13, 14], что обосновывает правомерность их использования в качестве источника значимой биометрической информации.

2. Возможность регистрации тремора рук с помощью фитнес-браслетов

В исследовании была рассмотрена модель типичного положения кисти руки человека с ФБ при работе с документами на рабочем столе. На рис. 1 представлена иллюстрация данной модели – показан вид сверху кисти руки с ФБ (1 – браслет, на котором расположен электронный блок ФБ – 2).

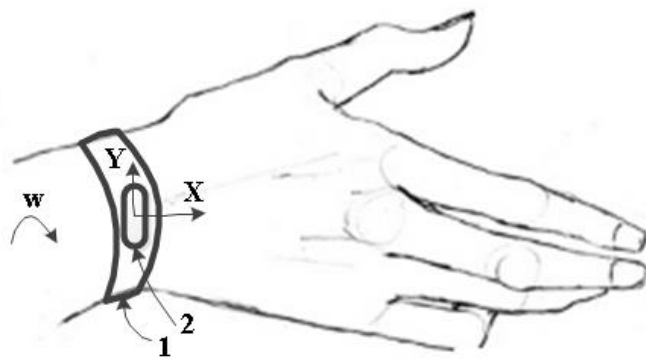


Рис. 1. Используемая модель

Используемая в исследовании модель базируется на предположении, что кисть руки, расположенной на поверхности рабочего стола, совершает при работе с документом поступательные движения преимущественно вдоль осей X и Y , а также вращательные движения W вдоль оси X (перекатывание кисти руки). Движения кисти руки в направлении Z , перпендикулярном плоскости стола, маловероятны. Практически все модели современных ФБ содержат в своем составе, как минимум, двухкоординатный (по осям X и Y) акселерометр и гироскоп, позволяющий регистрировать вращательные движения W относительно оси X .

Таким образом, с функциональной точки зрения современные ФБ потенциально могут быть использованы для регистрации тремора рук, проявляющегося в неконтролируемых движениях относительно осей X и Y , а также неконтролируемых вращательных движениях W . Возможность их практического использования для этой цели определяется такими факторами, как чувствительность, уровень собственных шумов акселерометров и гироскопа, а также возможностью выделения и обработки малых показаний этих сенсоров с целью формирования интегральной оценки уровня тремора, обусловленного различными типами поступательных и вращательных движений.

Проведенные экспериментальные исследования ряда моделей ФБ показали, что встроенный гироскоп обладает достаточно высокой чувствительностью. На рис. 2 показана типичная временная зависимость $W(T)$ регистрируемых показаний гироскопа, когда кисть руки совершает поворот на $+90^0$ по часовой стрелке (область $W1$), на -90^0 против часовой стрелки (область $W2$), небольшие повороты, аналогичные тремору (область $W3$).

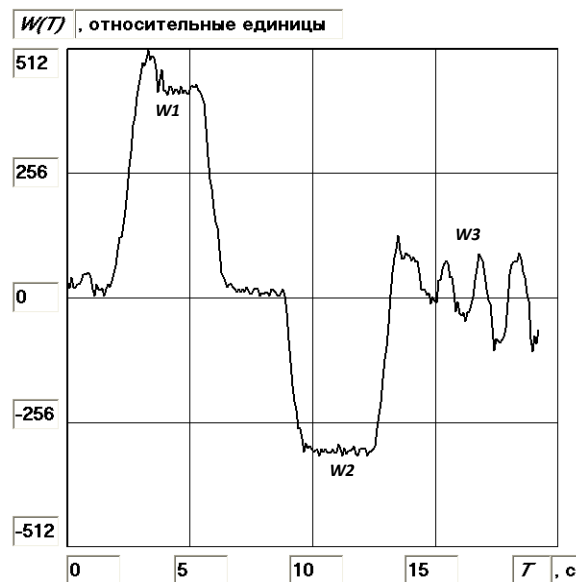


Рис. 2. Типичная временная зависимость $W(T)$

Значения функции $W(T)$ представлены в относительных единицах, соответствующих битам двоичных слов, представляемых гироскопом. Экспериментальные исследования показали, что малые ускорения a_x и a_y , характерные для тремора рук, не оказывают значимого воздействия на показания гироскопа. Представленная на рис. 2 временная зависимость $W(T)$ позволяет оценить интегральную (в широком диапазоне изменения угла поворота) чувствительность гироскопа S от угла поворота α в градусах:

$$S = \Delta W(T) / 180^0 = 760 / 180^0 = 4.2 \text{ бит/градус}, \quad (1)$$

где $\Delta W(T)$ — изменение показаний гироскопа при повороте руки в диапазоне от $+90^0$ до -90^0 (области $W1$ и $W2$).

Для оценки уровня собственных шумов гироскопа W_{RMS} целесообразно использовать среднеквадратический показатель (Root Mean Square):

$$W_{RMS} = \sqrt{(\sum_1^N (W_i - W_0)^2) / (N - 1)}, \quad (2)$$

где W_i – регистрируемые показания гироскопа;
 W_0 – усредненные N показаний гироскопа;
 N – число обработанных показаний гироскопа ФБ.

На рис. 3 представлена зависимость $W(T)$ для снятого с руки ФБ, имеющего фиксированное положение (вращательные движения W относительно оси X , а также ускорения a_x и a_y отсутствуют).

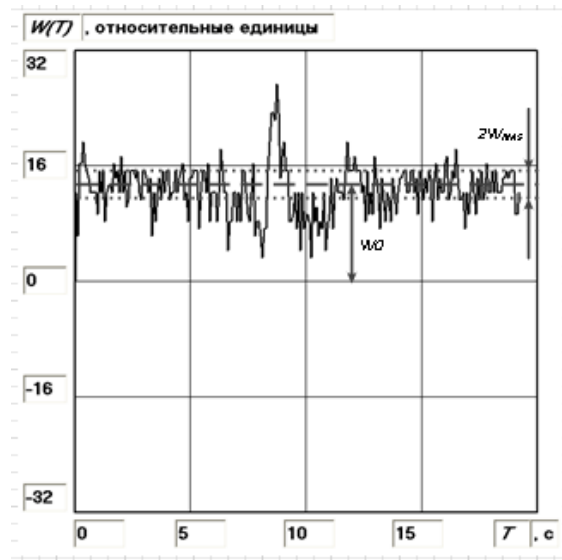


Рис. 3. Уровень собственного шума гироскопа

Рассчитанное по формуле (2) значение $W_{RMS}=3.52$ бит при среднем значении $W_0=12.43$ бит ($N=256$). При этом среднее значение W_0 характеризует имеющийся при фиксации ФБ поворот (1) примерно на $\Delta\alpha=3^0$.

Для определения возможности использования показаний гироскопа с уровнем собственных шумов $W_{RMS}=3.52$ бит и интегральной чувствительностью (1) $S=4.2$ бит/градус для оценки тремора руки пользователя был проведен комплекс экспериментальных исследований ФБ при имитации тремора руки с вращательными колебаниями относительно оси X . В качестве анализируемых диапазонов максимального углового поворота руки были рассмотрены четыре диапазона, соответствующих амплитуде линейных вибраций руки для различных уровней тремора [15]. В табл. 1 представлен диапазон изменения амплитуды колебаний рук A_M (максимальный размах колебаний) для различных уровней тремора, установленных Международным обществом расстройств движений [15].

Таблица 1. Различные уровни тремора рук

Уровень тремора	A_M , см	α , градусы	W , биты
Очень легкий	1	$ \alpha \leq \alpha_M = 3.2$	$ W \leq W_M = 13$
Легкий	3	$ \alpha \leq \alpha_M = 9.6$	$ W \leq W_M = 40$
Умеренный	10	$ \alpha \leq \alpha_M = 33.7$	$ W \leq W_M = 142$
Тяжелый	Более 10	$ \alpha > \alpha_M = 33.7$	$ W > W_M = 142$

Приведенные значения амплитуды A_M позволили определить соответствующие диапазоны возможного изменения углов поворота руки α и значения гироскопа W

относительно среднего положения руки (при средней высоте ладони – 9 см), расположенной на столе:

$$\alpha_M = \pm \arcsin(A_M / (9 \cdot 2)), W_M = \text{Round}(\alpha_M \cdot S). \quad (3)$$

С учетом допущений, что тремор рук носит случайный характер, а распределение амплитуд колебаний A соответствует нормальному закону, можно оценить характеристику нормального распределения δ_A , принимая во внимание, что амплитуда отклонения от среднего положения руки равна половине размаха ее колебаний:

$$\delta_A = A_M / (3 \cdot 2), \quad (4)$$

где A_M – размах колебаний рук для тремора различной интенсивности.

Аналогичным образом можно определить характеристики нормальных распределений для углов поворота в градусах δ_α и битах δ_W :

$$\delta_\alpha = \alpha_M / 3, \quad \delta_W = W_M / 3. \quad (5)$$

В табл. 2 с учетом (4) и (5) указаны значения углов поворота δ_A , δ_α и δ_W для тремора рук различной интенсивности.

Таблица 2. Значения дисперсий распределений

Уровень тремора	δ_A , см	δ_α , градусы	δ_W , биты
Очень легкий	0.17	1.1	4.33
Легкий	0.5	3.2	13.33
Умеренный	1.7	11.2	47.33
Тяжелый	Более 1.7	Более 11.2	Более 47.33

Принимая во внимание тот факт, что шумовые показания гироскопа интенсивностью W_{RMS} (2) и показания гироскопа, обусловленные тремором рук и характеризующиеся углами поворота δ_A , δ_α и δ_W , имеют случайный характер, среднеквадратический разброс δ_Σ его результирующих показаний в битах при измерении тремора рук можно оценить следующим образом:

$$\delta_\Sigma = \sqrt{(\delta_W)^2 + (W_{RMS})^2}. \quad (6)$$

При условии, что $\delta_\Sigma > W_{RMS}$, можно определить вклад δ_W в показания гироскопа, обусловленный тремором рук, а, значит, и оценить характеристики зарегистрированного ФБ уровня тремора пользователя (3), (4):

$$\begin{aligned} \delta_W &= \sqrt{(\delta_\Sigma)^2 - (W_{RMS})^2}, \\ W_M &= 3 \cdot \delta_W, \quad \alpha_M = W_M / S, \\ A &= 2 \cdot 9 \cdot \sin(\alpha_M). \end{aligned} \quad (7)$$

Полученные таким образом значения A дают возможность оценить присутствующий у пользователя уровень тремора в соответствии с градациями, представленными в табл. 1. Проведенные экспериментальные исследования полностью подтвердили такую возможность. Так, на рис. 4 представлены результаты измерения смоделированного тремора кисти руки с различной амплитудой. Представленные на рисунках зависимости характеризуются соответственно (а) $W_0=14.9$ и $\delta_\Sigma=5.08$, а также (б) $W_0=2$ и $\delta_\Sigma=19.09$.

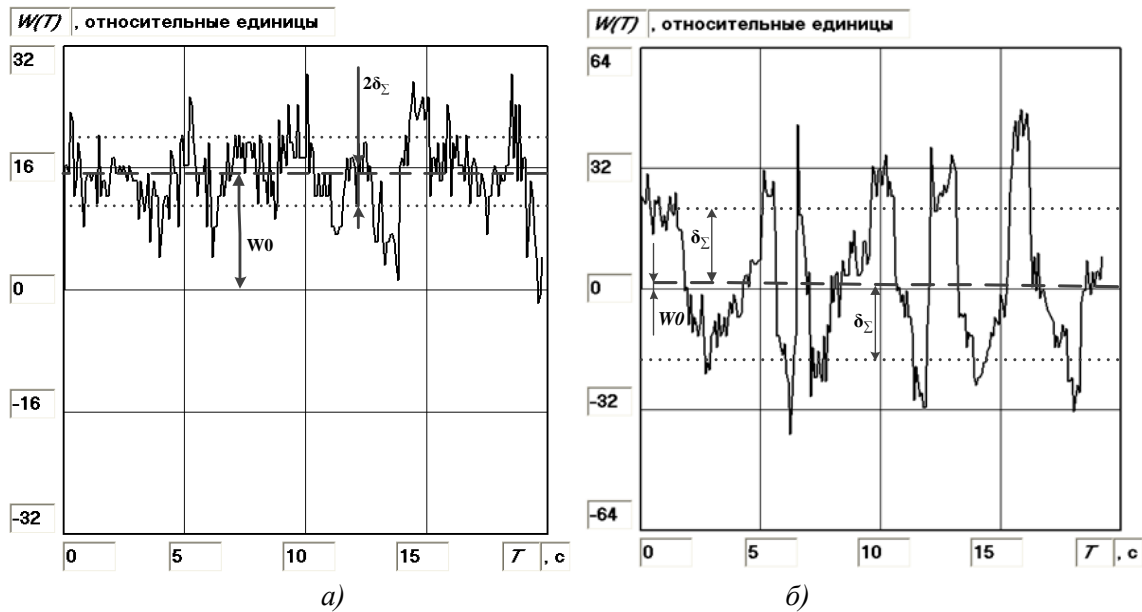


Рис. 4. Уровни тремора: очень легкий (а) и легкий (б)

В соответствии с уравнениями (7) определяем значения для рассматриваемых случаев. Для первого случая имеем: $\delta_w=3.5$; $W_M=10.5$; $\alpha_M=2.5$; $A=0.79$. Для второго случая имеем соответственно: $\delta_w=18.8$; $W_M=56.4$; $\alpha_M=13.4$; $A=4.2$. Следовательно, анализ с помощью ФБ вращательных движений позволил оценить уровень тремора пользователя соответственно как очень легкий и умеренный (табл. 1).

Для получения интегральной оценки уровня тремора необходимо учитывать также тремор, зарегистрированный акселерометрами.

3. Тремор, зарегистрированный акселерометрами

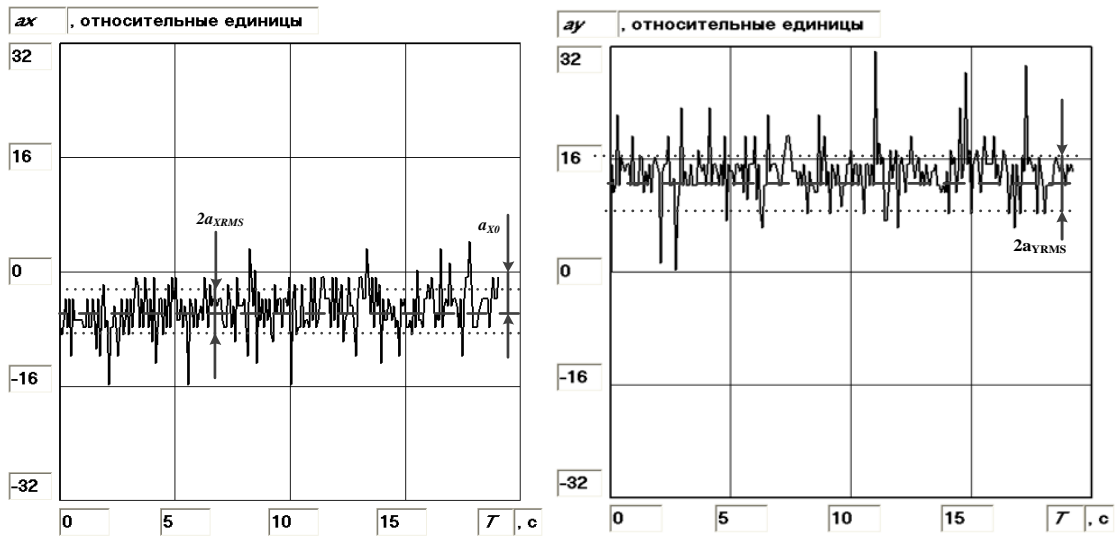
Для оценки уровня собственных шумов акселерометра был использован подход, аналогичный (2):

$$a_{XRMS} = \sqrt{(\sum_1^N (a_{Xi} - a_{X0})^2 / (N - 1))}, \quad (8)$$

$$a_{YRMS} = \sqrt{(\sum_1^N (a_{Yi} - a_{Y0})^2 / (N - 1))}, \quad (9)$$

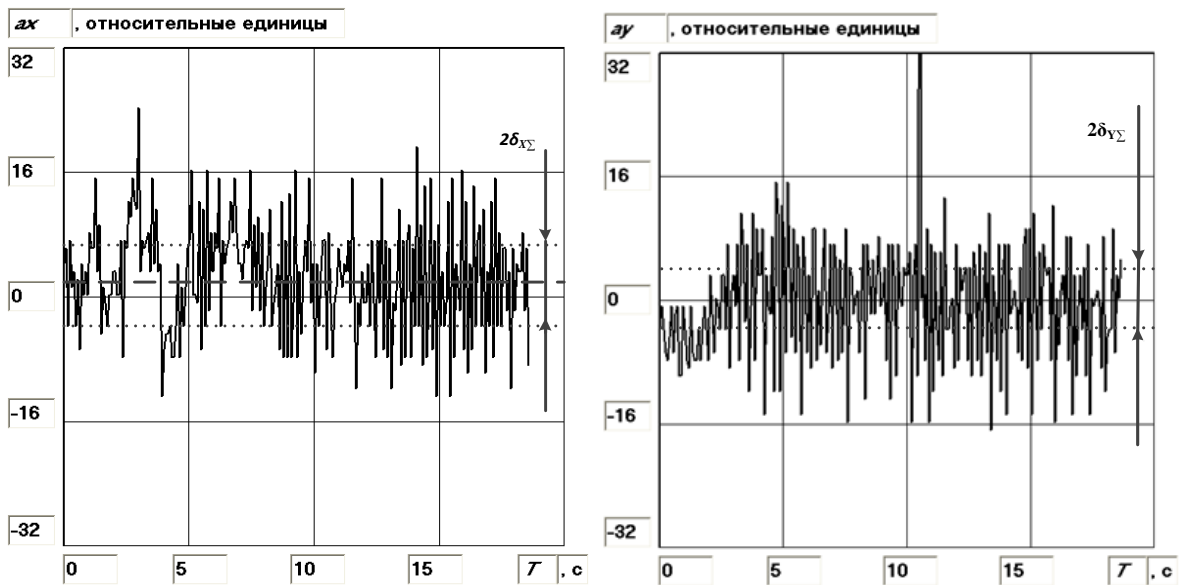
где a_{Xi} , a_{Yi} – регистрируемые акселерометром показания;
 a_{X0} , a_{Y0} – усредненные N показаний акселерометра.

На рис. 5 показаны уровни собственных шумов акселерометра для осей X и Y. Для указанных осей акселерометра начальные смещения и среднеквадратические отклонения составили соответственно $a_{X0} = -5.47$, $a_{Y0} = 13.9$ и $a_{XRMS} = 3.27$, $a_{YRMS} = 3.5$. Таким образом, собственный шумовой джиттер акселерометра имеет сходные с гироскопом величины.



а) б)
 Рис. 5. Уровни собственных шумов акселерометра для осей X а) и Y б)

На рис. 6 представлены зарегистрированные акселерометром показания для дрожания кисти руки в диапазоне 1 см по осям X и Y.



а) б)
 Рис. 6. Зарегистрированные уровни тремора руки для осей X а) и Y б)

Величины среднеквадратических отклонений для осей X и Y составили соответственно $\delta_{X\Sigma}=7.3$ и $\delta_{Y\Sigma}=6.9$ при смещении средней линии соответственно на $a_{X0}=2.4$ и $a_{Y0}=0.5$. Полученные значения для $\delta_{X\Sigma}$ и $\delta_{Y\Sigma}$ позволяют определить чистый вклад тремора рук по аналогии с показаниями гироскопа (7):

$$\delta_X = \sqrt{(\delta_{X\Sigma})^2 - (W_{XRMS})^2}, \quad (8)$$

$$\delta_Y = \sqrt{(\delta_{Y\Sigma})^2 - (W_{YRMS})^2} . \quad (9)$$

Из соотношений (8) и (9) получаем:

$$\delta_X = 6.54 \text{ и } \delta_Y = 5.94. \quad (10)$$

Указанные величины обусловлены дрожью руки с браслетом амплитудой 1 см вдоль соответствующих осей, что соответствует очень легкому тремору в соответствии с табл. 1.

Анализ зависимости величины δ_W (табл. 1) от амплитуды колебаний кисти руки A_M , (табл. 1) позволил выделить практически линейные зависимости $\delta_W(A_M)$ и, соответственно, $A_M(\delta_W)$:

$$\delta_W(A_M) \approx 4.5 \cdot A_M \text{ и } A_M(\delta_W) \approx \delta_W / 4.5. \quad (11)$$

Используя линейную модель роста показателей δ_X и δ_Y (10) с увеличением амплитуды дрожания руки, можно оценить зависимости $\delta_X(A_M)$ и $\delta_Y(A_M)$, а также соответственно $A_M(\delta_X)$ и $A_M(\delta_Y)$:

$$\delta_X(A_M) \approx A_M / 6.54, \delta_Y(A_M) \approx A_M / 5.94, \quad (12)$$

$$A_M(\delta_X) \approx 6.54 \cdot \delta_X, A_M(\delta_Y) \approx 5.94 \cdot \delta_Y. \quad (13)$$

Принимая во внимание ортогональность осей X и Y , а также совпадения направления перемещения руки, лежащей на столе, обусловленных линейными движениями вдоль оси Y и ее вращениями с параметром δ_W относительно оси X , суммарная амплитуда дрожания кисти A_{GEN} может быть определена следующим образом (11) – (13):

$$A_{GEN} = \sqrt{(6.54\delta_X)^2 + (5.94\delta_Y + \delta_W / 4.5)^2} . \quad (14)$$

Следовательно, при произвольных дрожаниях кисти руки суммарная амплитуда может быть оценена исходя из известных значений величин δ_X , δ_Y и δ_W , рассчитываемых на основании зарегистрированных ФБ значений a_X , a_Y и W . Рассчитанная таким образом величина A_{GEN} дает возможность оценить уровень тремора, представленный в табл. 3.

Таблица 3. Оценка уровня тремора рук

Уровень тремора	A_{GEN} , см
Очень легкий	$A_{GEN} \leq 1$
Легкий	$1 < A_{GEN} \leq 3$
Умеренный	$3 < A_{GEN} \leq 10$
Тяжелый	$A_{GEN} > 10$

Заключение

Таким образом, современные ФБ могут быть использованы для получения значимой информации, характеризующей текущие функциональное и психоэмоциональное состояния автора важного документа непосредственно во время его подписания, либо утверждения. Важным регистрируемым биопараметром в этом плане является тремор руки с ФБ, который, как правило, обусловлен нервным напряжением автора, либо может свидетельствовать о его заболеваниях, что также является причиной более внимательного изучения состояния автора. Проведенное исследование дает возможность повысить информативность БП за счет выявления ситуаций с неадекватным состоянием автора. Наряду с ФБ для получения информации о треморе руки также могут быть использованы часы и кольца со встроенными в них акселерометрами и гироскопом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Минаев В.А., Дворянкин С.В., Алюшин А.М. Методы биомаркирования защищаемых объектов. *Информация и безопасность*. 2023, т. 26, вып. 3, с. 321–328. ISSN 1682-7813. URL: <https://cchgeu.ru/science/nauchnye-izdaniya/nauchnyy-zhurnal-informatsiya-i-bezopasnost/stati-zhurnala-2023.php> (дата обращения: 25.12.2023).
2. Alyushin A.M. (2020). Biologically inspired physical model of the vocal tract for the tasks of recognition of the current psycho-emotional state of a person. In: Samsonovich A.V. (eds). *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer Nature Switzerland AG. V. 948, p. 15–21. DOI: 10.1007/978-3-030-25719-4_3. – EDN: QBOJXR.
3. Alyushin A.M. Universal Indicator of Information Content of the Speech Signature of a Document. XXV International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), Saint Petersburg, Russian Federation. 2022, p. 159–162. DOI: 10.1109/SCM55405.2022.9794888.
4. Alyushin A. (2020). Document protection technology in the digital economics using cognitive biometric methods. In: *Procedia Computer Science. Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2019*. Elsevier B.V. V. 169, p. 887–891. DOI: 10.1016/j.procs.2020.02.147. – EDN: VCMMP.
5. Алюшин Александр М.; Дворянкин Сергей В. Использование речевых технологий для защиты документооборота. *Безопасность информационных технологий, [S.l.]*, т. 24, № 2, с. 6–15, 2017. ISSN 2074-7136. DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2017.2.01>. – EDN: YRХАЕВ.
6. Alyushin A.M., Leonova N.M., Modyaev A.D. Intelligent Processing of Speech Information in the Tasks of Noise Reduction for Communication Tools at the Objects of the Digital Economy. XXIII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), St. Petersburg, Russia. 2020, p. 230–233. DOI: 10.1109/SCM50615.2020.9198803. – EDN: HWFFIS.
7. Randall N. 11 Best Fitness Trackers Without Screen in 2024. URL: <https://thewearify.com/fitness-trackers-without-screen/> (дата обращения: 25.12.2023).
8. Öztekin, A., Ertuğrul, Ö.F., Aldemir, E. et al. Determining the most relevant frequency bands in motion identification by accelerometer sensors. *Multimed Tools Appl* 81, p. 11639–11663 (2022). DOI: 10.1007/s11042-022-12099-5.
9. Xiaoge Ma (2022). Analysis of Human Exercise Health Monitoring Data of Smart Bracelet Based on Machine Learning. *Computational Intelligence and Neuroscience*. V. 2022, Article ID 7971904, 11 p. DOI: 10.1155/2022/7971904.
10. Qu J., Qiao N., Shi H., Su C. and Razi A. (2020). Convolutional neural network for human behavior recognition based on smart bracelet. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology*. V. 38, no. 5, p. 5615–5626. DOI: 10.3233/JIFS-179651.
11. Yazhu D., Junqi G., Yang L., You W. (2019) A new approach of intelligent physical health evaluation based on GRNN and BPNN by using a wearable smart bracelet system. *Elsevier*. V. 147, p. 519–527. DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.235.
12. Говорова Т.Г., Тапшахов А.А., Попова Т.Е., Антипина У.Д. Тремор: классификация, клиническая характеристика. *Consilium Medicum*, ISSN: 2075-1753. 2018, т. 20, № 9, с. 95–100. DOI: 10.26442/2075-1753_2018.9.95-100. – EDN: YNTSUX.
13. Cai Y., Wang Z., Zhang W., Kong, W., Jiang, J., Zhao, R., Wang, D., Feng, L., Ni, G. Estimation of Heart Rate and Energy Expenditure Using a Smart Bracelet during Different Exercise Intensities: A Reliability and Validity Study. *Sensors* 2022, 22, 4661. DOI: 10.3390/s22134661.
14. Dooley E.E.; Golaszewski N.M.; Bartholomew J.B. (2017). Estimating Accuracy at Exercise Intensities: A Comparative Study of Self-Monitoring Heart Rate and Physical Activity Wearable Devices *JMIR Mhealth Uhealth* 2017;5(3):e34. DOI: 10.2196/mhealth.7043.
15. Клинические рекомендации. Приложение Г1. Часть III. Исследование двигательных функций. 3.17 Амплитуда тремора покоя. URL: http://disuria.ru/_id/12/1253_kr21G20G23MZ.pdf?ysclid=lrsexjph8mt428117535 (дата обращения: 25.12.2023).

REFERENCES:

- [1] Minaev V.A., Dvoryankin S.V., Alyushin A.M. Methods of biomarking protected objects. *Information & Security*. 2023, v. 26, no. 3, p. 321–328. ISSN 1682-7813. URL: <https://cchgeu.ru/science/nauchnye-izdaniya/nauchnyy-zhurnal-informatsiya-i-bezopasnost/stati-zhurnala-2023.php> (дата обращения: 25.12.2023) (in Russian).

- [2] Alyushin A.M. (2020). Biologically inspired physical model of the vocal tract for the tasks of recognition of the current psycho-emotional state of a person. In: Samsonovich A.V. (eds). Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer Nature Switzerland AG. V. 948, p. 15–21. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-25719-4_3. – EDN: QBOJXR.
- [3] Alyushin A.M. Universal Indicator of Information Content of the Speech Signature of a Document. XXV International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), Saint Petersburg, Russian Federation. 2022, p. 159–162. DOI: 10.1109/SCM55405.2022.9794888.
- [4] Alyushin A. (2020). Document protection technology in the digital economics using cognitive biometric methods. In: Procedia Computer Science. Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2019. Elsevier B.V. V. 169, p. 887–891. DOI: 10.1016/j.procs.2020.02.147. – EDN: VCMMIP.
- [5] Alyushin Alexandr M.; Dvoryankin Sergey V. The Use of Speech Technology to Protect the Document Turnover. IT Security (Russia), [S.l.], v. 24, no. 2, p. 6–15, 2017. ISSN 2074-7136. DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2017.2.01>. – EDN: YRXAEB.
- [6] Alyushin A.M., Leonova N.M., Modyaev A.D. Intelligent Processing of Speech Information in the Tasks of Noise Reduction for Communication Tools at the Objects of the Digital Economy. XXIII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), St. Petersburg, Russia. 2020, p. 230–233. DOI: 10.1109/SCM50615.2020.9198803. – EDN: HWFFIS.
- [7] Randall N. 11 Best Fitness Trackers Without Screen in 2024. URL: <https://thewearify.com/fitness-trackers-without-screen/> (accessed: 25.12.2023).
- [8] Öztekin, A., Ertuğrul, Ö.F., Aldemir, E. et al. Determining the most relevant frequency bands in motion identification by accelerometer sensors. Multimed Tools Appl 81, p. 11639–11663 (2022). DOI: 10.1007/s11042-022-12099-5.
- [9] Xiaoge Ma (2022). Analysis of Human Exercise Health Monitoring Data of Smart Bracelet Based on Machine Learning. Computational Intelligence and Neuroscience. Vol. 2022, Article ID 7971904, 11 p. DOI: 10.1155/2022/7971904.
- [10] Qu J., Qiao N., Shi H., Su C. and Razi A. (2020). Convolutional neural network for human behavior recognition based on smart bracelet. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology. Vol. 38, no. 5, p. 5615–5626. DOI: 10.3233/JIFS-179651.
- [11] Yazhu D., Junqi G., Yang L., You W. (2019) A new approach of intelligent physical health evaluation based on GRNN and BPNN by using a wearable smart bracelet system. Elsevier. V. 147, p. 519–527. DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.235.
- [12] Govorova T.G., Tappakhov A.A., Popova T.E., Antipina U.D. Tremor: classification, clinical characteristic. Consilium Medicum, ISSN: 2075-1753. 2018, v. 20, no. 9, p. 95–100. DOI: 10.26442/2075-1753_2018.9.95-100 (in Russian). – EDN: YNTSUX.
- [13] Cai Y., Wang Z., Zhang W., Kong, W., Jiang, J., Zhao, R., Wang, D., Feng, L., Ni, G. Estimation of Heart Rate and Energy Expenditure Using a Smart Bracelet during Different Exercise Intensities: A Reliability and Validity Study. Sensors 2022, 22, 4661. DOI: 10.3390/s22134661.
- [14] Dooley E.E.; Golaszewski N.M.; Bartholomew J.B. (2017). Estimating Accuracy at Exercise Intensities: A Comparative Study of Self-Monitoring Heart Rate and Physical Activity Wearable Devices JMIR Mhealth Uhealth 2017;5(3):e34. DOI: 10.2196/mhealth.7043.
- [15] Klinicheskie rekomendacii. Prilozhenie G1. Chast' III. Issledovanie dvigatel'nyh funkcij. 3.17 Amplituda tremora pokoya. URL: http://disuria.ru/_id/12/1253_kr21G20G23MZ.pdf?ysclid=lrsxjph8mt428117535 (accessed: 25.12.2023) (in Russian).

*Поступила в редакцию – 26 декабря 2023 г. Окончательный вариант – 05 февраля 2024 г.
Received – December 26, 2023. The final version – February 05, 2024.*