Научная статья
Original article
УДК 004.896

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИХ ЭКГ

ANALYSIS OF USER IDENTIFICATION METHODS BASED ON THEIR ECG

Блягоз Софиет Хазретовна, студент 2 курс, факультет «Программная инженерия и компьютерная техника», Университет ИТМО, Россия, г. Санкт-Петербург
Штенников Дмитрий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, факультет «Программная инженерия и компьютерная техника», Университет ИТМО, Россия, г. Санкт-Петербург

Blyagoz Sofiet Hazretovna, 2nd year student, Faculty of Software Engineering and Computer Engineering, Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Russia, St. Petersburg
Shtennikov Dmitry Gennadievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, faculty "Software engineering and computer technology", Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Russia, St. Petersburg

Аннотация: В статье приведен обзор основных работ в сфере идентификации личности на основе данных ЭКГ. Электрокардиограмма (ЭКГ) сердца человека обладает уникальностью. Это позволяет применять ее в

качестве биометрической характеристики в системах защиты информации и аутентификации. Связано это с легкостью получения сигнала, трудностью его фальсификации, а также сложностью недобровольного извлечения. Режим идентификации по электрокардиограмме требует выполнения следующих шагов: сбор данных ЭКГ, обработка сигнала, извлечение характерных признаков, классификация. Для выполнения данных шагов учеными используются разнообразные математические алгоритмы. Примеры таких алгоритмов: метод опорных векторов (support vector method (SVM)), метод главных компонент, нейронные сети и вейвлеты.

Annotation: The article provides an overview of the main works in the field of personal identification based on ECG data. The electrocardiogram (ECG) of the human heart is unique. This allows it to be used as a biometric characteristic in information security and authentication systems. This is due to the ease of obtaining a signal, the difficulty of falsifying it, as well as the complexity of involuntary extraction. Electrocardiogram identification mode requires the following steps: ECG data acquisition, signal processing, feature extraction, classification. To perform these steps, scientists use a variety of mathematical algorithms. Examples of such algorithms are: support vector method (SVM), principal component method, neural networks and wavelets.

Ключевые слова: биометрия, идентификация, ЭКГ, извлечение признаков, классификация.

Keywords: biometrics, identification, ECG, feature extraction, classification.

Введение

На сегодняшний день проблема безопасности, направленная на личность человека, имеет важное значение. Идет стремительное развитие систем защиты информации, основанных на использовании биометрических характеристик людей, которые обеспечивают возможность идентификации личности по физиологическим и поведенческим признакам. Существует несколько типов биометрических методов, таких как отпечаток пальца,

геометрия руки, лицо, радужная оболочка и т. д. К сожалению, с развитием технологий фальсификации многие методы идентификации теряют свою актуальность и надежность, отсюда появляется необходимость поиска новых характеристик, которые трудно имитировать, таких как физиологические сигналы, например электрокардиограмма.

Анализ методов идентификации пользователей на основе их ЭКГ

Сигнал ЭКГ представляет собой сигнал, характеризующий деятельность сердца. Он в основном используется в клинических приложениях для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Недавние исследования показывают, что сигнал ЭКГ, который является очень важным инструментом для клинической диагностики, может быть использован в качестве нового биометрического параметра.

Сигнал ЭКГ складывается под влиянием различных физиологических факторов, таких как анатомия сердца, вес, пол, размер грудной клетки, возраст, состояние здоровья и других. По этой причине сигналы ЭКГ используются в биометрических системах распознавания. Кроме того, по сравнению с другими методами идентификации нелегко фальсифицировать.

Сигнал состоит из пяти типовых волн, а именно P, Q, R, S и T, а иногда и волны U (рисунок 1) [1]. Различия между сигналами ЭКГ у разных лиц сводятся к амплитуде, интервалу PT, форме волны.

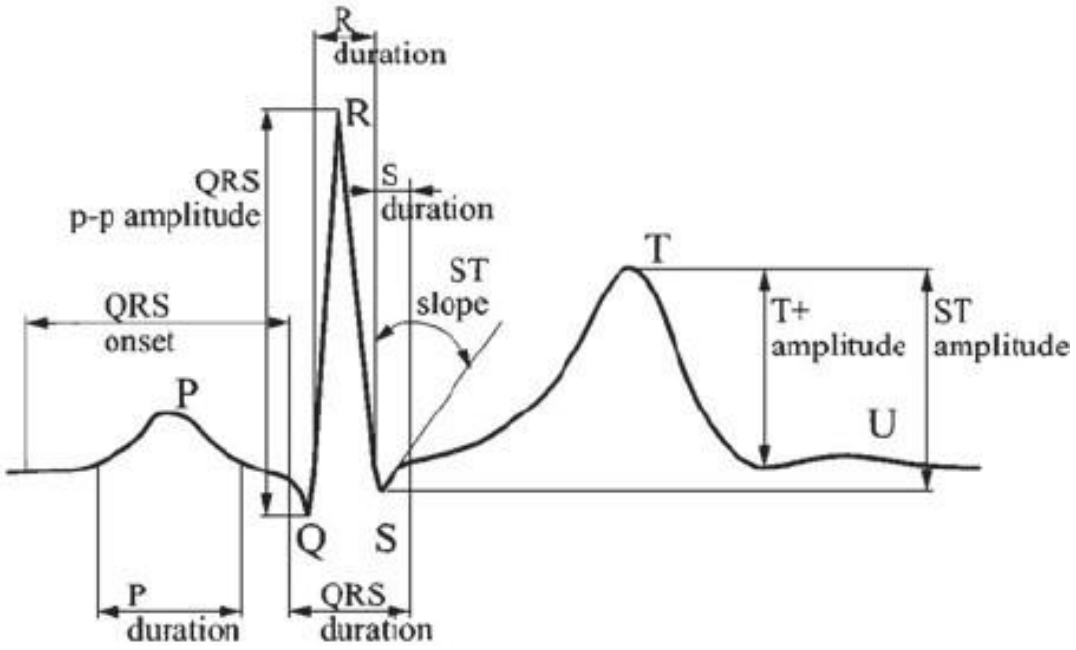


Рисунок 1. Сигнал ЭКГ

В научных статьях отечественных авторов рассматриваются различные подходы к биометрической идентификации по ЭКГ. Например, в статье А.П. Немирко и Т.С. Луговой «Биометрическая идентификация личности по электрокардиограмме» проводится исследование вероятности разработки биометрической системы идентификации человека по данным ЭКГ. В связи с этим реализована система по идентификации личности, которая состоит из предварительной обработки, образования исходного пространства признаков, переход в редуцированное пространство признаков и классификацию. В данной работе применяются записи данных ЭКГ длительностью 10-20 секунд, которые регистрируются в одном отведении с рук человека с частотой дискретизации 500 Гц и разрядностью 12 [2]. Такой формат используется исходя из соображений практической применимости системы. Предварительная обработка включает в себя фильтрацию сигнала ЭКГ от различных помех с помощью частотно-избирательной фильтрации, а также коррекцию дрейфа изолинии путем вейвлет-анализа. Образование исходного пространства признаков является основополагающим в работе. Авторы отмечают, что полученные на большой выборке реальных данных высокие показатели правильности идентификации ЭКГ (96%) свидетельствуют о

высоком практическом потенциале применения данной технологии в различных задачах биометрического контроля доступа.

В статье Богданова М.Р. и др. «Идентификация личности, основанная на распознавании электрокардиограмм» приводится описание разных методов по биометрической идентификации [3]. Также уделяется внимание математическим аспектам, которые основаны на распознавании электрокардиограмм. Авторы отмечают, что последние годы идет развитие направления под названием радиолокация биологических объектов. Снятие данных электрокардиограммы возможно бесконтактным образом при помощи применения сверхширокополосных радаров. Образовались патенты, которые предлагают использовать этот способ с целью усиления безопасности банковских операций, наблюдения потребления электроэнергии, гарантии защиты при проведении серьезных переговоров.

Что касается зарубежных источников, то одной из первых научных работ, показавшей возможность использования ЭКГ в целях идентификации, стала статья коллектива авторов под руководством Lena Biel «ЭКГ идентификация: новый подход к идентификации человека» («ECG analysis: a new approach in human identification»). В статье используется метод формального независимого моделирования аналогий классов SIMCA (Soft Independent Modeling of Class Analogy), позволяющий находить сходства между тестовыми объектами и классами, а не находить одинаковое поведение, и эта модель использует метод главных компонент PCA (Principal Component Analysis) для классификации человека с использованием аналитических характеристик [4]. Кроме того, этот подход позволяет анализировать ЭКГ для идентификации людей из заранее определенной группы. Тесты выполняются со стандартной ЭКГ покоя в 12 отведениях. Этот предварительный результат анализа показывает, что одного следа достаточно для идентификации человека. При таком подходе не учитывается информация о состоянии человека, т. е. о стрессе, общем физическом самочувствии и т. д.

В статье S.Chantaf и др. «Моделирование ЭКГ с использованием вейвлет-сетей: приложение к биометрии» («ECG modelling using wavelet networks: application to biometrics») описывается новый метод, основанный на вейвлет-сетях [5]. Затем для классификации человека используется метод нейронной сети RBF. Для каждого условия записи предлагаемый метод был оценен на наборе сигналов ЭКГ, соответствующих нормальным субъектам. Этот метод был реализован, когда ЭКГ искажена шумом. Предлагаемый метод прост и требует извлечения меньшего количества признаков для идентификации людей. Полученные результаты особенно обнадеживают. Этот метод можно улучшить с точки зрения надежности путем предварительной фильтрации сигналов ЭКГ с использованием оптимальных фильтров.

В статье Md Saiful Islam и Haikel Hichri «HBS: новый биометрический признак, основанный на морфологии сердцебиения» («HBS: a novel biometric feature based on heartbeat morphology») новая биометрическая функция, названная HBS, использует морфологию сегментированного сигнала ЭКГ сердцебиения [6]. Функция HBS основана на трех основных шагах, таких как повторная выборка и нормализация сердцебиения, уменьшение ошибки сопоставления и преобразование инварианта сдвига. Предложенная функция эффективна с точки зрения вычислений. Тесты проводятся с 26 субъектами из базы данных MIT-BIH и 76 субъектами из базы данных PTB.

В статье Joao Ribeiro Pinto и др. «На пути к непрерывной биометрической системе, основанной на сигналах ЭКГ, полученных на рулевом колесе автомобиля» («Towards a continuous biometric system based on ECG signals acquired on the steering wheel») используется дискретное косинусное преобразование (Discrete cosine transform (DCT)) и преобразованный метод Хаара, также применяется четыре метода классификации, такие как SVM, KNN, MLP и модели смешения Гаусса (UBM). В этой статье показано, что использование моделей SVM дает лучшие показатели распознавания по сравнению с KNN, MLP и моделями смешивания

Гаусса (UBM) [7]. Предложенные методы аутентификации, корректируемые пользователем, и взвешивания прошлых баллов значительно улучшили производительность модели. Несмотря на необходимость корректировки работы, особенно в непрерывных режимах. Хотя, на самом деле нет, доступных образцов сигналов для этих условий, и поэтому бенчмаркинг ненадежен, метод реализован аналогично недавним современным подходам, в которых используются гораздо более чистые сигналы, как правило, из медицинских данных.

В статье Kiran Kumar Patro и Rajesh Kumar «Подходы классификации машинного обучения для системы биометрического распознавания с использованием сигналов ЭКГ» («Machine learning classification approaches for biometric recognition system using ECG signals») предложено использовать аналитические параметры (параметры интервалов и амплитуд) с тремя методами классификации, такими как ANN, KNN и SVM. В работе используются две базы данных, а именно база данных MIT-BIH Arrhythmia и база данных ECG-ID [8].

В статье Di Wang и др. «Новый метод биометрической идентификации электрокардиограммы на основе частотно-временного автокодирования» («A novel electrocardiogram biometric identification method based on temporal-frequency autoencoding») предлагается новый метод, который представляет собой функцию DWT [9]. В работе также использовались две общедоступными базы данных: ECG-ID (все записи) и MIT-BIH.

В статье Sahin Isik и др. «Каркас биометрической аутентификации человека с использованием извлечения признаков ЭКГ на основе подбора полиномиальной кривой» («Biometric person authentication framework using polynomial curve fitting based ECG feature extraction») предложено полиномиальную аппроксимацию кривой на основе характеристик ЭКГ, которая решает проблему большой длительности сигнала ЭКГ. Работы модели была протестирована на базе данных MIT-BIH Arrhythmia (36 записей) с помощью классификатора SVM [10]. Производительность используемой

методологии извлечения признаков может быть улучшена в будущем с использованием различных методов моделирования.

В статье Di Wang и др «Новый надежный метод определения частоты сердечных сокращений для краткосрочной биометрической идентификации электрокардиограммы» («A novel heart rate robust method for short-term electrocardiogram biometric identification») представлен новый метод, названный методом сети анализа основных компонентов (PCANet), с использованием базы данных ECG-ID. В работе применяется метод линейного SVM для классификации [11]. У этого метода есть проблема в классификации «другого класса». Однако в будущем существует возможность усовершенствования существующей архитектуры идентификации и реализации распознавания «другого класса».

Заключение

Возможности по применению биометрической системы идентификации личности на основе данных ЭКГ изучены довольно мало, но в то же время идет стремительное развитие исследований в данной сфере. В связи с бурным ростом подобных исследований использование электрической активности сердца в качестве биометрической характеристики считается наиболее перспективным. Основной акцент в различных методах и подходах делается на выделении области индивидуальных признаков электрокардиограммы. В дальнейшем еще необходимо представить единые стандарты и разработать эффективные методы. Тем не менее на основе имеющихся исследований, показывающих крайне многообещающие результаты, можно сделать вывод, что использование данных ЭКГ для идентификации личности является востребованным и перспективным направлением.

Литература

1. А. А. Астапов, Д. В. Давыдов, А. И. Егоров, Д. В. Дроздов, Е. М. Глуховский Биометрическая идентификация, основанная на ЭКГ: некоторые современные подходы // Вестник РГМУ. 2016. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/biometricheskaya-identifikatsiya-

osnovannaya-na-ekg-nekotorye-sovremennye-podhody (дата обращения: 03.04.2022).

2. Немирко А. П., Луговая Т. С. Биометрическая идентификация личности по электрокардиограмме //Математические методы распознавания образов. – 2005. – Т. 12. – №. 1. – С. 387-390.
3. Богданов М. Р. и др. Идентификация личности, основанная на распознавании электрокардиограмм //Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS'2016). – 2016. – С. 41-45.
4. Biel L. et al. ECG analysis: a new approach in human identification //IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2001. – Т. 50. – №. 3. – С. 808-812.
5. Chantaf S. et al. ECG modelling using wavelet networks: application to biometrics //International Journal of Biometrics. – 2010. – Т. 2. – №. 3. – С. 236-249.
6. Islam M. S. et al. HBS: a novel biometric feature based on heartbeat morphology //IEEE transactions on Information Technology in Biomedicine. – 2012. – Т. 16. – №. 3. – С. 445-453.
7. Pinto J. R. et al. Towards a continuous biometric system based on ECG signals acquired on the steering wheel //Sensors. – 2017. – Т. 17. – №. 10. – С. 2228.
8. Patro K. K., Kumar P. R. Machine learning classification approaches for biometric recognition system using ECG signals //Journal of Engineering Science & Technology Review. – 2017. – Т. 10. – №. 6.
9. Wang D. et al. A novel electrocardiogram biometric identification method based on temporal-frequency autoencoding //Electronics. – 2019. – Т. 8. – №. 6. – С. 667.
10. Şahin I., Özkan K., Ergin S. Biometric person authentication framework using polynomial curve fitting-based ECG feature extraction //Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Science. – 2019. – Т. 27. – №. 5. – С. 3682-3698.

11. Wang D. et al. A novel heart rate robust method for short-term electrocardiogram biometric identification //Applied Sciences. – 2019. – Т. 9. – №. 1. – С. 201.

© Блягоз С.Х., Штенников Д.Г. 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №4/2022

Для цитирования: Блягоз С.Х., Штенников Д.Г. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИХ ЭКГ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №4/2022.