

УДК 004.056

ТЕХНОЛОГИЧНЫЕ АСПЕКТЫ РЕГИСТРАЦИИ И АНАЛИЗА РУКОПИСНОЙ ПОДПИСИ

Дзямко-Гамулец Роман Николаевич

Магистр

Московский технический университет связи и информатики

Факультет информационных технологий, кафедра информационной безопасности

roman.dzyamko-gamulets@outlook.com

Аннотация

С ростом числа цифровых транзакций и интерактивных форм авторизации, сохранение безопасности и подлинности рукописной подписи стало актуальным вопросом. Современные технологии обработки данных предлагают ряд комплексных инструментов, способных регистрировать и анализировать рукописные подписи с высокой степенью точности. В контексте данной работы представлен обзор ключевых способов, в основе которых лежат принципы компьютерного зрения, машинного обучения, технологических решений, направленных на изучение геометрических особенностей и динамических характеристик процесса написания подписи. Целью данной работы является систематизация существующих подходов и методик, а также выявление перспективных направлений развития в данной области.

Ключевые слова: рукописная подпись, анализ подписи, геометрия написания, динамический анализ, технологии регистрации подписи.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF HANDWRITTEN SIGNATURE REGISTRATION AND ANALYSIS

Roman N. Dzyamko-Gamulets

Master

Moscow Technical University of Communications and Informatics

Faculty of Information Technology, Department of Information Security

ABSTRACT

With the growing number of digital transactions and interactive forms of authorization, maintaining the security and authenticity of a handwritten signature has become an urgent issue. Modern data processing technologies offer a number of complex tools capable of registering and analyzing handwritten signatures with a high degree of accuracy. In the context of this work, an overview of key methods based on the principles of computer vision and machine learning, and technological solutions aimed at studying geometric features and dynamic characteristics of the

signature writing process is presented. The purpose of this work is to systematize existing approaches and techniques, as well as to identify promising areas of development in this area.

Keywords: handwritten signature, signature analysis, writing geometry, dynamic analysis, signature registration technologies.

Введение

Рукописная подпись, служившая долгие века символом индивидуальности и гарантом доверия, сохраняет своё значение в эпоху цифровизации. Издревле она представляла собой уникальный отпечаток личности, на основе которого можно было удостовериться в подлинности документа или намерений человека. С появлением цифровых платформ и технологий возникла потребность в создании механизмов для эффективной регистрации и анализа рукописных подписей в электронной среде. Современные технологические решения предоставляют возможности не только для цифровой фиксации геометрических характеристик подписи, но и для анализа её динамических свойств, таких как скорость и давление при создании. Эти детализированные характеристики открывают новые горизонты для исследования уникальных особенностей написания каждого человека. Параллельно с этим растёт интерес к разработке методов, которые позволили бы эффективно и надёжно аутентифицировать пользователей на основе их рукописной подписи. Таким образом, современные исследования в данной области направлены не только на определение подлинности подписи, но и на глубокое понимание её структурных и динамических характеристик. Так, рукописная подпись, древний и традиционный способ удостоверения личности, получает новое дыхание благодаря последним достижениям в области цифровых технологий, представляя собой уникальное сочетание исторической ценности и современного технологического потенциала [1].

Цель исследования

Цель исследования состоит в систематизации существующих подходов и методик регистрации и анализа рукописной подписи с применением современных технологий, а также в идентификации перспективных направлений развития технологий анализа динамических и геометрических характеристик подписи для улучшения процессов аутентификации.

Технологии регистрации рукописной подписи

В эпоху цифровизации процессы регистрации и анализа рукописной подписи становятся более сложными и многогранными. Изучение различных технологий, применяемых для фиксации и интерпретации рукописного почерка, стоит в центре внимания современных научных исследований. В современную эпоху цифровизации процессы регистрации и анализа рукописной подписи претерпевают значительные изменения, становясь более комплексными и многогранными. Изучение и разработка технологий, предназначенных для точной фиксации и детальной интерпретации рукописного почерка, занимают центральное место в научных исследованиях сферы безопасности и аутентификации. Сенсорные устройства, такие как графические планшеты и стилусы, представляют собой фундаментальные инструменты в этой области. Графические планшеты, оснащённые современными высокочувствительными сенсорами, способны детектировать и регистрировать даже самые мельчайшие изменения давления стилуса при контакте с их поверхностью, а также скорости и траектории его движения. Это обеспечивает регистрацию рукописной подписи с выдающейся степенью детализации, что

позволяет исследователям и системам безопасности анализировать уникальные, индивидуальные характеристики написания каждого человека, делая рукописную подпись поистине уникальным методом аутентификации.

С другой стороны, стилусы, которые являются неотъемлемым дополнением к графическим планшетам, также претерпели ряд инноваций. Современные модели стилусов интегрированы с дополнительными датчиками, обеспечивающими регистрацию угла наклона и поворота инструмента в руке пишущего. Информация, получаемая от этих датчиков, в сочетании с данными о давлении и траектории движения стилуса, создаёт полное представление о процессе создания рукописной подписи, позволяя разработчикам и исследователям глубже понимать и анализировать процесс создания подписи. Электромагнитные методы регистрации активно развиваются и интегрируются в современные системы благодаря их способности к трёхмерной регистрации движений. Устройства, использующие электромагнитные принципы, оборудованы датчиками, чувствительными к изменениям в магнитном поле. В процессе создания рукописной подписи с применением специализированного стилуса, который содержит элементы, влияющие на магнитное поле, устройство детектирует и регистрирует мельчайшие изменения в этом поле, которые вызваны движением стилуса. Однако ключевым отличием и наибольшим преимуществом электромагнитных методов перед другими подходами является их способность фиксировать движения стилуса в трёх пространственных измерениях. Таким образом, наряду с традиционной регистрацией горизонтальных и вертикальных траекторий движения, электромагнитные системы способны определять и глубину движения стилуса, предоставляя гораздо более полное и детализированное представление о динамике и характеристиках написания рукописной подписи. Такое комплексное трёхмерное представление о движении стилуса позволяет обеспечивать высокую степень точности и уникальности в процессе аутентификации, делая электромагнитные методы одними из наиболее перспективных в области регистрации рукописных данных [2]. Таким образом, современные технологические решения в области регистрации параметров рукописной подписи предоставляют исследователям и разработчикам широкие возможности для детального и комплексного анализа уникальных характеристик написания каждого пользователя. Непрерывное развитие данных технологий обещает ещё большую точность и надёжность в будущем.

Алгоритмы анализа геометрии рукописной подписи

Анализ геометрии рукописной подписи включает в себя исследование структурных и пространственных характеристик почерка. Этот анализ требует применения сложных методов компьютерного зрения и машинного обучения, чтобы выявить уникальные особенности каждой индивидуальной подписи. Анализ геометрии рукописной подписи представляет собой сложный процесс исследования структурных и пространственных характеристик почерка. Такой анализ является неотъемлемой частью методов верификации авторства и требует глубоких знаний в области компьютерного зрения и машинного обучения. Для исследования контуров и форм рукописной подписи применяются различные методы компьютерного зрения. Особое внимание уделяется методам детектирования границ, которые позволяют выделять ключевые линии и кривые, формирующие структуру подписи. Эти линии и кривые отражают уникальные характеристики написания, свойственные каждому человеку. После успешного выделения границ подписи следующим этапом является детализированный анализ этих границ с целью выявления уникальных особенностей. К таким особенностям можно отнести различные закругления, пересечения линий и другие характерные элементы, которые могут быть использованы для идентификации и аутентификации автора. Эти геометрические и структурные характеристики подписи в совокупности предоставляют

детальную картину уникальных особенностей почерка каждого пользователя, что становится ключевым для процессов верификации и аутентификации [3].

Анализ пропорций в геометрическом исследовании рукописной подписи представляет собой детальное изучение относительных размеров и расположения элементов подписи. Пропорции, такие как размеры букв, их толщина и пространственные расстояния между ними, отражают уникальные особенности написания каждого пользователя. Такие характеристики могут быть существенно различными даже при визуальной схожести подписей, что делает анализ пропорций важным инструментом при верификации. Изменения в пропорциях, особенно если они нехарактерны для определенного пользователя, могут указывать на попытки подделки подписи или на значительные изменения в стиле написания, что может быть связано с различными факторами, включая психофизиологическое состояние пользователя.

Современные методы машинного обучения играют ключевую роль в анализе пропорций и масштаба. Обученные алгоритмы способны автоматически классифицировать, сравнивать и анализировать различные образцы подписи, выявляя схожести и различия в их геометрической структуре. Используя большие наборы данных, содержащие различные примеры подписей, эти алгоритмы тренируются выявлять и анализировать тонкие отличия в геометрии написания, предоставляя точные и объективные данные для процессов верификации и аутентификации [4].

В современных исследованиях анализ геометрии рукописной подписи занимает центральное место в задачах авторизации. Использование методов компьютерного зрения и машинного обучения обеспечивает высокую точность и надёжность в определении уникальных характеристик каждой подписи, что делает их востребованными в применении для систем безопасности.

Анализ динамики написания рукописной подписи

Динамический анализ рукописной подписи представляет собой сложное исследование параметров, изменяющихся во времени в процессе создания подписи. Эти параметры, к которым относятся такие факторы как скорость и ускорение движения инструмента при написании, отражают уникальные особенности динамики написания, которые могут быть крайне индивидуальными и предоставляют глубокое понимание особенностей написания автора.

Определение скорости и ускорения стилуса или ручки в процессе создания подписи возможно благодаря алгоритмам, базирующимся на анализе временных интервалов и изменений в траектории движения.

При дифференцировании траектории написания по времени получают параметры, характеризующие скорость движения. Последующее дифференцирование этих данных позволяет определить ускорение, представляющее собой изменение скорости в единицу времени. Такие динамические параметры как скорость и ускорение могут выявить особенные паттерны движения, присущие только одному человеку.

Ведь каждый пользователь создаёт свою подпись со своими уникальными особенностями и признаками. Например, некоторые пользователи могут проявлять ускорение при завершении подписи, в то время как другие могут сохранять более стабильную скорость на всём протяжении процесса написания. Динамические особенности могут служить важными индикаторами при верификации, особенно в случаях, когда статические характеристики подписи (такие как форма подписи и её геометрия) не предоставляют достаточной информации [5].

Регистрация давления стилуса при написании на современных сенсорных устройствах и графических планшетах является ключевым элементом анализа рукописного текста. Благодаря передовым технологиям, данные устройства способны детектировать

мельчайшие изменения в силе приложения стилуса к поверхности в реальном времени. Это обеспечивает получение глубокой детализации данных, которые могут быть использованы для выявления уникальных признаков при написании, которые ранее были недоступны для анализа. Давление, с которым пользователь прикладывает стилус к поверхности, может быть весьма показательным в аспекте верификации личных особенностей написания. Изменения в давлении могут отражать не только физиологические характеристики, но и психологические аспекты, такие как эмоциональное состояние пользователя. Примером может служить то, что более твёрдое и ровное давление часто ассоциируется с уверенностью и стабильностью написания. С другой стороны, изменчивое давление, колеблющееся от лёгкого к твёрдому и обратно, может быть свидетельством неуверенности, колебания или нерешительности пользователя. Таким образом, анализ давления стилуса может служить важным дополнением к другим методам исследования рукописного текста, предоставляя дополнительную информацию для более точной верификации. Динамический анализ рукописной подписи представляет собой критически важный аспект при аутентификации пользователя. Эти динамические характеристики, такие как скорость, ускорение и давление, добавляют дополнительный уровень сложности к процессу верификации и требуют глубокого аналитического подхода для корректного определения и интерпретации [6].

Проблемы и ограничения при анализе рукописной подписи

При анализе рукописной подписи с использованием современных технологических методов и алгоритмов возникает ряд проблем и ограничений, которые могут снизить точность и надёжность процесса авторизации. При проведении анализа рукописной подписи с использованием современных технологий основное внимание уделяется качеству используемого оборудования. Технические характеристики и ограничения оборудования могут существенно влиять на точность регистрации и, следовательно, на итоговые результаты анализа. Чувствительность и разрешение сенсорных устройств являются критическими параметрами в данном контексте. Высокая чувствительность обеспечивает детализированное отслеживание динамических изменений, таких как сила приложения стилуса или скорость его движения. Однако устройства с недостаточной чувствительностью могут пропустить тонкие особенности написания, что очень важно при регистрации быстрых или слабых движений. Кроме того, разрешение сенсора определяет способность устройства детектировать мельчайшие детали подписи. Недостаточное разрешение может привести к упрощению или искажению контуров и линий, что, в свою очередь, влияет на алгоритмы анализа, основанные на геометрических и пространственных характеристиках подписи [7]. Низкое качество регистрации данных, вызванное ограничениями оборудования, может исказить весь процесс анализа, приводя к ошибочным интерпретациям и выводам. Так, неправильное отслеживание динамики написания может привести к ошибочной авторизации злоумышленника. Человеческое поведение, даже в таком простом действии как создании подписи, редко бывает полностью стабильным и последовательным из-за множества внешних и внутренних факторов. Рассмотрим, например, влияние уровня усталости на процесс написания. Физиологическая усталость может влиять на координацию движений, приводя к более тяжёлому и менее управляемому почерку. Эмоциональное состояние также играет роль: возбуждение или стресс могут ускорить движение руки, в то время как депрессия или усталость могут замедлить его. Физическое состояние руки, вызванное, например, травмой или хроническими болями, также может исказить привычные характеристики подписи. Даже такие факторы как степень освещённости или комфорт рабочего места могут повлиять на качество и форму изображения подписи [8]. В контексте аналитического исследования рукописной подписи подобная вариабельность может создавать заметные сложности.

Если один и тот же человек в разные моменты времени создаёт образцы подписи, которые, несмотря на общую идентичность, различаются по отдельным типам характеристик, это может привести к неверным верификационным решениям.

Для успешного анализа необходимо, чтобы алгоритмы были спроектированы таким образом, чтобы учитывать психологическую нестабильность. Они должны быть достаточно гибкими, чтобы распознавать общие особенности подписи, характерные для конкретного пользователя, но при этом и достаточно строгими, чтобы минимизировать риск ложного срабатывания или ошибочной авторизации. Баланс гибкости и строгости является ключевым фактором в обеспечении надёжности и точности верификации пользователей. Анализ рукописной подписи, несмотря на весь технологический прогресс и разработку алгоритмов, остаётся сложной задачей с множеством переменных. Эффективное решение этой задачи требует глубокого понимания как технологических аспектов, так и человеческой природы, а также учёта всех возможных ограничений и искажений [9].

Заключение

Современные технологические инновации открывают перед исследователями новые горизонты в области регистрации и анализа рукописной подписи. Разработанные инструменты и методологии, основанные на передовых достижениях в области компьютерного зрения, машинного обучения и сенсорных технологий, предоставляют возможности глубокого и детализированного анализа характеристик рукописной подписи. Однако эффективность применения данных инноваций в значительной степени зависит от комплексного подхода. Это включает в себя не только выбор и использование соответствующего оборудования с высокой степенью чувствительности и разрешения, но и разработку алгоритмов, способных адаптироваться к различным стилям написания и учитывать внешние и внутренние факторы, влияющие на процесс создания подписи. Более того, успешная идентификация и аутентификация основаны на глубоком понимании того, как различные элементы, такие как давление, скорость и траектория, сочетаются для формирования уникального стиля написания каждого пользователя. Это требует не только высокого уровня технической экспертизы, но и знания в области психологии, когнитивной науки и нейрофизиологии [10]. Таким образом, несмотря на обширные возможности, предоставляемые современными технологическими инновациями, их реализация на практике требует многогранного и междисциплинарного подхода. Только тогда можно будет достичь наибольшей эффективности и надёжности в процессе анализа и верификации рукописной подписи.

Список литературы:

1. Бильгаева Л.П., Бочаров В.С. Нейросетевая модель верификации личных подписей // В сборнике: VIII Международная конференция проблемы механики современных машин. Сборник статей конференции. Улан-Удэ, 2022. С. 586-595. [Электронный ресурс] // Elibrary. 2022. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49164964_44267403.pdf
2. Старовойтов В.В., Ахунджанов У.Ю. Новый признак для описания изображений рукописной подписи на базе локальных бинарных шаблонов // Информатика. 2022. Т. 19. № 3. С. 62-73. [Электронный ресурс] // Elibrary. 2022. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49470503_65089242.pdf
3. Рахимжанов Э.А., Жумажанова С.С., Семиколенов М.А. Достигнутые результаты и перспективный анализ в области распознавания субъектов по параметрам рукописной подписи // В сборнике: Информационная безопасность: современная

- теория и практика. Сборник научных трудов студентов, аспирантов и преподавателей по материалам II Межвузовской научно-практической конференции. Ответственный редактор З.В. Семенова. 2019. С. 102-111. [Электронный ресурс] // Elibrary. 2019. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41454915_82568490.pdf
4. Самохвал В.А. Разработка методов и алгоритмов распознавания рукописных символов на основе аппарата дискриминантных функций // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук / Минск, 1998. [Электронный ресурс] // РГБ. 1998. Режим доступа: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000346400?page=1&rotate=0&theme=black>
 5. Ложников П.С. Использование сети многомерных функционалов Байеса для нейросетевого преобразования рукописной подписи человека в секретный ключ его электронной подписи // В сборнике: Актуальные проблемы обеспечения информационной безопасности. Труды Межвузовской научно-практической конференции. 2017. С. 124-128. [Электронный ресурс] // SSAU. 2017. Режим доступа: <http://repo.ssau.ru/bitstream/Informacionnaya-bezopasnost/Ispolzovanie-seti-mnogomernyh-funktionalov-Baiesa-dlya-neirosetevogo-preobrazovaniya-rukopisnoi-podpisi-cheloveka-v-sekretnyi-kluch-ego-elektronnoi-podpisi-64896/1/124-128.pdf>
 6. Анисимова Э.С. О некоторых статических методах верификации рукописных подписей // Современная техника и технологии. 2016. № 3 (55). С. 48-50. [Электронный ресурс] // Современная техника и технологии. 2016. Режим доступа: <https://technology.snauka.ru/2016/03/9717>
 7. Анисимова Э.С. О динамических методах верификации рукописных подписей // Современная техника и технологии. 2016. № 3 (55). С. 31-33. [Электронный ресурс] // Современная техника и технологии. 2016. Режим доступа: <https://technology.snauka.ru/2016/03/9716>
 8. Тарасова Л.В. Возможности подписи как биометрического метода аутентификации // В сборнике: Технологии XXI века в юриспруденции. Материалы Второй международной научно-практической конференции. Под редакцией Д.В. Бахтеева. 2020. С. 583-589. [Электронный ресурс] // Elibrary. 2020. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43038562_99690682.pdf
 9. Епифанцев Б.Н., Ложников П.С., Еременко А.В. Идентификация пользователя ПЭВМ по рукописному паролю: Экономические аспекты // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 10. С. 164-168. [Электронный ресурс] // Elibrary. 2009. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_12891038_14734780.pdf
 10. Подполуха М.М. Перспективные направления совершенствования теории и практики проведения почерковедческих экспертиз по копиям // Судебная экспертиза Беларуси. 2020. № 1 (10). С. 22-27. [Электронный ресурс] // Elibrary. 2020. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42669636_20266396.pdf

References:

1. Bilgaeva L.P., Bocharov V.S. Neural network model of verification of personal signatures // In the collection: VIII International Conference problems of mechanics of modern machines. Collection of articles of the conference. Ulan-Ude, 2022. P. 586-595. [Electronic resource] // Elibrary. 2022. Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49164964_44267403.pdf
2. Starovoitov V.V., Akhunjanov U.Yu. A new feature for describing handwritten signature images based on local binary templates // Informatics. 2022. Vol. 19. №. 3. P. 62-73. [Electronic resource] // Elibrary. 2022. Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49470503_65089242.pdf
3. Rakhimzhanov E.A., Zhumazhanova S.S., Semikolenov M.A. Achieved results and prospective analysis in the field of recognition of subjects by parameters of handwritten signature // In the collection: Information security: modern theory and practice. Collection of scientific papers of students, postgraduates and teachers based on the materials of the II Interuniversity scientific and practical conference. The responsible editor is Z.V. Semenova. 2019. P. 102-111. [Electronic resource] // Elibrary. 2019. Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41454915_82568490.pdf
4. Samokhval V.A. Development of methods and algorithms for recognizing handwritten characters based on the apparatus of discriminant functions // Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Minsk, 1998 [Electronic resource] // RGB. 1998. Access mode: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000346400?page=1&rotate=0&theme=black>
5. Lozhnikov P.S. Using a network of multidimensional Bayesian functionals for neural network transformation of a person's handwritten signature into the secret key of his electronic signature // In the collection: Current problems of information security. Proceedings of the Interuniversity scientific and Practical Conference. 2017. P. 124-128. [Electronic resource] // SSAU. 2017. Access mode: <http://repo.ssau.ru/bitstream/Informacionnaya-bezopasnost/Ispolzovanie-seti-mnogomernyh-funktionalov-Baiesa-dlya-neirosetevogo-preobrazovaniya-rukopisnoi-podpisi-cheloveka-v-sekretnyi-kluch-ego-elektronnoi-podpisi-64896/1/124-128.pdf>
6. Anisimova E.S. About some static methods of verification of handwritten signatures // Modern equipment and technologies. 2016. №. 3 (55). P. 48-50. [Electronic resource] // Modern technology and technologies. 2016. Access mode: <https://technology.snauka.ru/2016/03/9717>
7. Anisimova E.S. On dynamic verification methods for handwritten signatures // Modern equipment and technologies. 2016. №. 3 (55). P. 31-33. [Electronic resource] // Modern technology and technologies. 2016. Access mode: <https://technology.snauka.ru/2016/03/9716>
8. Tarasova L.V. Signature capabilities as a biometric authentication method // In the collection: Technologies of the XXI century in jurisprudence. Materials of the Second International scientific and practical conference. Edited by D.V. Bakhteev. 2020. P. 583-589. [Electronic resource] // Elibrary. 2020. Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43038562_99690682.pdf

9. Epifantsev B.N., Lozhnikov P.S., Eremenko A.V. Identification of a PC user by handwritten password: Economic aspects // Bulletin of the Voronezh State Technical University. 2009. Vol. 5. №. 10. P. 164-168. [Electronic resource] // Elibrary. 2009. Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_12891038_14734780.pdf
10. Podpolukho M.M. Promising directions for improving the theory and practice of conducting handwriting examinations on copies // Forensic examination of Belarus. 2020. №. 1 (10). P. 22-27. [Electronic resource] // Elibrary. 2020. Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42669636_20266396.pdf