

УГОЛОВНО-ПРАВОВЫЕ НАУКИ/CRIMINAL LAW SCIENCES

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.91>

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ КРАСЯЩИХ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА DCA-ML

Научная статья

Карнаухова А.А.^{1,*}¹ORCID : 0009-0004-8310-4530;¹ Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (k.anastasia.alex[at]mail.ru)

Аннотация

В условиях роста числа поддельных документов и создания изощренных способов их фальсификации, криминалистическая идентификация играет ключевую роль в раскрытии преступлений. Традиционные методы, включающие использование цветных светофильтров и химических исследований, сопряжены с риском повреждения оригинала, необходимостью применения дорогостоящего специализированного оборудования и значительными ресурсными затратами. В связи с этим перспективным направлением является использование машинного обучения, в частности, метода DCA-ML (Digital Color Analysis — Machine Learning), позволяющего анализировать чернила по их цветовым характеристикам на цифровых изображениях. В данной статье проводится комплексный анализ применения искусственного интеллекта на криминалистическую идентификацию с акцентом на актуальное состояние и перспективы использования DCA-ML.

Ключевые слова: криминалистическая идентификация, подделка документов, машинное обучение, DCA-ML, искусственный интеллект, анализ чернил, цифровые изображения, неразрушающий анализ, цветовые характеристики.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF FORENSIC IDENTIFICATION OF COLORING AGENTS USING THE DCA-ML METHOD

Research article

Karnaughova A.A.^{1,*}¹ORCID : 0009-0004-8310-4530;¹ Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

* Corresponding author (k.anastasia.alex[at]mail.ru)

Abstract

With the growing number of forged documents and sophisticated methods of falsification, forensic identification plays a key role in solving crimes. Traditional methods, including the use of color filters and chemical analysis, carry the risk of damaging the original document, require expensive specialized equipment, and involve significant resource costs. In this regard, a promising direction is the use of machine learning, in particular, the DCA-ML (Digital Color Analysis — Machine Learning) method, which allows analyzing ink by its color characteristics in digital images. This article provides a complex analysis of the application of artificial intelligence to forensic identification, with an emphasis on the current state and prospects for the use of DCA-ML.

Keywords: forensic identification, document forgery, machine learning, DCA-ML, artificial intelligence, ink analysis, digital images, non-destructive analysis, color characteristics.

Введение

В криминалистике идентификация выступает одним из важнейших методов установления связей между объектами и их отражениями в материальном мире. Современное уголовное судопроизводство, требующее высокой точности доказательств, наделяет криминалистическую идентификацию ролью необходимого инструмента в работе следователей и экспертов [1].

Ключевая цель криминалистической идентификации состоит в определении соответствия между уликами с места преступления и конкретным человеком, совершившим его. С этой целью используются разнообразные научные подходы, включая всестороннее изучение следов, углубленный анализ поведенческих и физиологических особенностей злоумышленника, а также сопоставительное исследование информации и вещественных доказательств [2].

А.И. Винберг, рассматривая данную тему, подчеркивал, что в криминалистике процесс отождествления обладает уникальными чертами. Он акцентировал внимание на том, что целью является определение конкретных фактов, имеющих решающее значение для выяснения обстоятельств дела. Это отличает криминалистическую идентификацию от аналогичных процессов в других областях знания, поскольку её задача — служить целям правосудия. Результаты криминалистической идентификации обязательно должны быть зафиксированы в процессуальных документах, в противном случае они не смогут использоваться в качестве доказательств. Следовательно, полученные результаты, предпринятые в ходе осмотра или экспертного анализа, можно классифицировать как криминалистическую идентификацию, поскольку они направлены на установление тождества объектов.

Термин «идентификация» берет своё начало от латинского слова «*idem*», означающего «тождественный», но в криминалистике этот процесс имеет более конкретную цель. Криминалистическая идентификация, как метод установления тождества, ставит своей целью определение конкретного объекта, оставившего материальные или идеальные следы, посредством их сопоставления с проверяемым объектом. Важно учесть, что при использовании криминалистической идентификации анализируются не только совпадающие признаки, но и различия имеют принципиальное значение, поскольку их изучение позволяет оценить достаточность признаков для вывода о наличии или отсутствии тождества. Анализ расхождений может инициировать выдвижение новых версий, задач, проведение следственных действий и оперативно-розыскных мероприятий, что в свою очередь, повысит эффективность криминалистической идентификации, и надежность её результатов.

Вместе с тем, новые возможности для криминалистической идентификации открываются в рамках активного внедрения цифровых технологий в современную криминалистику. Цифровые инструменты позволяют экспертам более эффективно собирать, анализировать и интерпретировать данные, существенно ускоряя и улучшая процесс раскрытия преступлений. Особая роль отведена также нейронным сетям, демонстрирующим эффективность анализа сложных данных, таких как изображения, видео и аудиозаписи, являясь мощным инструментом, позволяющим автоматизировать и оптимизировать традиционные методы идентификации подозреваемых, анализа почерка, баллистики и других криминалистических задач. Применение нейронных сетей позволяет автоматизировать рутинные процессы, выявлять скрытые закономерности и связи, тем самым существенно повышая точность и скорость расследования [3].

Важной особенностью нейронных сетей является их способность к постоянному и непрерывному самообучению, они не только обрабатывают поступающую информацию, но и сохраняют ее, используя полученные знания в дальнейших операциях. Этот процесс имитирует накопление жизненного опыта, свойственное человеческому мозгу. Благодаря этой способности к самосовершенствованию, нейронные сети могут эффективно решать задачи, требующие не только аналитических навыков, но и креативного подхода [4].

Данное обстоятельство играет определяющую роль в контексте применения нейронных сетей в криминалистической идентификации. В этой области от специалиста требуется не только владение методиками и профессиональными навыками, но и развитое аналитическое мышление, а также способность к генерации инновационных подходов. Именно эти качества нейронных сетей открывают новые возможности для криминалистической идентификации, способствуя разработке передовых методов и расширению горизонтов исследований. Способность к адаптации и обучению позволяет нейронным сетям успешно справляться с задачами, требующими гибкости и нестандартного мышления, что делает их перспективным инструментом в криминалистике [5].

Одним из таких решений является Метод DCA-ML (цифровой анализ цвета (DCA) с машинным обучением). Учёные Центра искусственного интеллекта и науки о данных Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) совместно с исследователями из Германии и Дании разработали этот метод, который позволит исследовать чернила по их изображениям, фотографиям или сканам, не касаясь самого документа.

Материалы и методы исследования

Анализ чернил является неотъемлемой частью технико-криминалистической экспертизы документов (табл. 1). В ходе такого исследования эксперт анализирует чернила, которыми написаны тексты и проставлены печати на листах. Данная экспертиза включает в себя определение состава чернил, исследование их химических свойств и их возможные изменения. Несмотря на обширный объем научных работ в сфере технической экспертизы документации (ТЭД), научное сообщество продолжает концентрироваться преимущественно на вопросах, касающихся классификации или дифференциации чернил, порядка нанесения штрихов и других характеристик, а также на аспектах, связанных с подделкой документов, включая искусственное состаривание и прочие методы. Тем не менее, задача установления точного возраста документа остается одной из наиболее трудных и не имеющих окончательного решения, что обусловлено рядом причин, среди которых:

- различия в условиях хранения документации;
- отсутствие унифицированных баз данных по чернилам, представленным на рынках различных стран;
- недостаток общепринятых методик для определения давности документа.

Таблица 1 - Традиционные методы, используемые для анализа чернил

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.91.1>

№	Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
1	Хроматографический	Разделение компонентов чернил для последующей идентификации	Идентификация компонентов чернил	Необходимы эталонные образцы для сравнения
2	Спектрофотометрический	Основан на количественном анализе молекул в зависимости от того, сколько света	Спектральные методы позволяют анализировать как органические, так и неорганические	Точность анализа зависит от соотношения концентраций компонентов

№	Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
		поглощают окрашенные соединения	компоненты чернил	
3	Спектральный	Анализ спектрального состава чернил с помощью отраженного или прошедшего через них электромагнитного излучения в оптическом диапазоне	Позволяет определять микроэлементы на уровне миллионных долей	Требует дорогостоящего оборудования, чувствителен к примесям
4	Химический	Позволяет выявить изменения, которые происходят со временем под воздействием окружающей среды	Позволяет выявить все компоненты чернил, включая красители, растворители и добавки	Результаты могут варьироваться в зависимости от состояния образца и условий хранения

Примечание: составлено по [6]

В криминалистической экспертизе чернил ключевую роль играют физико-химические подходы, так как они позволяют выявлять признаки фальсификации, определять давность нанесения записи и устанавливать состав чернил. Однако, несмотря на широкое применение, традиционные методы имеют ряд ограничений.

Например, хроматография является сложным процессом, требующим экспертной интерпретации, и не всегда позволяет полностью идентифицировать все компоненты чернил. Спектрометрический анализ, в свою очередь, характеризуется высокой чувствительностью, но сопряжен со значительными затратами и необходимостью сложной пробоподготовки.

Серьезным недостатком большинства традиционных методов является то, что они приводят к разрушению исследуемого образца, что делает невозможным дальнейшее изучение уникальных или имеющих историческую ценность чернил. Таким образом, успешное применение данных подходов напрямую зависит от высокой квалификации и опыта специалиста.

В качестве перспективной альтернативы традиционным методам анализа выступает цифровой цветовой анализ (DCA), активно разрабатываемый учеными из Санкт-Петербургского государственного университета. DCA использует изображения, фотографии или сканы документов для анализа чернил, что позволяет проводить исследование без физического воздействия на оригинал, сохраняя его целостность [7].

Метод DCA-ML обладает следующими преимуществами по сравнению с традиционными подходами:

- минимизация риска повреждения или изменения оригинала документа;
- экономическая эффективность, выраженная в снижении затрат на оборудование и реагенты;
- адаптируемость;
- высокая точность.

Цифровой анализ цвета (DCA), активно развивающийся учеными СПбГУ, использует в своей основе алгоритм «случайного леса» — одна из разновидностей инструментов машинного обучения, который объединяет ансамбль решающих «деревьев» для повышения точности предсказаний (рис. 1). Каждое дерево строится на разных выборках данных DCA, используя различные комбинации цветовых признаков. Это позволяет:

- повысить стабильность результатов анализа, за счет использования множества мнений;
- эффективно выявить нелинейные зависимости между цветовыми признаками и характеристиками исследуемых объектов (например, типом чернил или возрастом документа);
- определить, какие цветовые характеристики наиболее значимы для идентификации и анализа;
- значительно улучшить точность классификации (например, типа чернил) и регрессии (например, оценки возраста документа), по сравнению с традиционными методами анализа цвета.

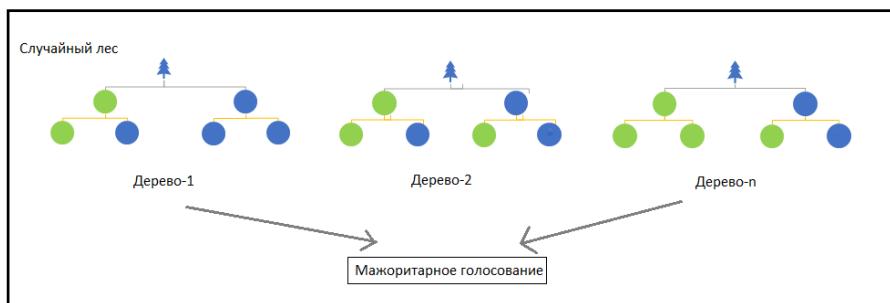


Рисунок 1 - Алгоритм машинного обучения «случайный лес»

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.91.2>

Примечание: источник [8]

В криминалистике, методы машинного обучения применяются для решения множества вопросов, включая идентификацию закономерностей и обработку изображений.

За последние несколько лет судебно-медицинская химия получила существенный импульс благодаря применению хемометрических методов и искусственного интеллекта. Машинное обучение полезно при распознавании рукописного текста и подписей, анализе ДНК, а также при изучении электронных улик.

«Случайный лес» является инструментом для анализа данных DCA, благодаря своей способности обрабатывать большие объемы данных и улавливать сложные закономерности, помогает определить, какие именно параметры цвета наиболее информативны для идентификации чернил или определения возраста документа (табл. 2).

Таблица 2 - Схематичное представление алгоритма «случайный лес»

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.91.3>

№	Последовательность	Действие	Итог
1	Сбор данных	Получение образцов чернил с известными характеристиками и проведение DCA для извлечения цветовых параметров	Формируется обучающая выборка: цветовые параметры + характеристики
2	Построение леса	Многоократное построение решающих деревьев на случайных выборках данных и подмножествах цветовых признаков	Создается ансамбль деревьев, каждый из которых представляет данные по-разному
3	Прогнозирование	Пропуск нового образца чернил через каждое дерево в лесу и получение набора прогнозов	Каждое дерево выдает оценку возраста или используемый тип чернил
4	Агрегация	Объединение данных для получения окончательного прогноза	Голосование (классификация) или усреднение (регрессия)
5	Оценка	Оценка точности полученного результата на тестовой выборке	Проверка адекватности построенной модели

Примечание: источник [9]

Результаты и обсуждение

Рассмотрим результаты новаторского исследования, опубликованные в научном журнале Forensic Science International. Центр, созданный в мае 2020 года, является ключевым элементом инфраструктуры, обеспечивающей подготовку высококвалифицированных кадров, проведение передовых исследований и разработок в сфере искусственного интеллекта и науки о данных [10]. Деятельность Центра напрямую связана с реализацией



Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 [11].

В рамках данного исследования разработан новый подход к определению возраста чернил синих шариковых ручек, основанный на комбинации анализа динамики цвета (DCA), ускоренной УФ-деградации и методов машинного обучения. Суть метода заключается в создании регрессионных моделей и проведении кластеризации образцов чернил, подвергнутых искусственному УФ-облучению, с целью установления их возраста. Это позволило сформировать детальный трехмерный массив данных, отражающий динамику цветовых изменений в чернилах под воздействием ультрафиолета.

Для кластеризации использовались две широко применяемые системы цветопередачи: RGB и HSV. В системе RGB компоненты R (красный) и B (синий) отражали изменения цвета, вызванные УФ-облучением, а в HSV компоненты S (насыщенность) и V (яркость) использовались для оценки степени фотодеградации чернил. Такой комбинированный подход позволил минимизировать ошибки и обеспечить соответствие результатов кластеризации реальным изменениям цвета, наблюдаемым при фотодеградации. Среди различных методов кластеризации наиболее эффективным оказался алгоритм k-shape. Он позволил оптимально сгруппировать чернила на основе закономерностей изменения их цвета как в системе HSV, так и в системе RGB, что было подтверждено данными, полученными в ходе химического анализа образцов.

С целью определения степени деградации образцов чернил, подвергнутых искусственному старению, были разработаны и обучены различные модели регрессии. Среди них, наилучшие показатели были получены при использовании модели «случайного леса», которая выявила нелинейную зависимость между цветовыми свойствами и продолжительностью воздействия. Результаты исследования позволили предложить перспективный способ диагностики возраста неизвестного образца чернил на основе созданных регрессионных моделей. Данный способ заключается в первоначальном отнесении образца к одной из ранее определенных групп чернил. Далее, участок образца подвергается дополнительному УФ-облучению, что позволяет получить кривую фотодеградации, которая и используется в качестве входных данных для анализа. Применяя построенные регрессионные модели, можно спрогнозировать дополнительное время воздействия УФ-излучения и рассчитать общее время облучения путем экстраполяции полученной кривой. Согласно имеющимся данным, предложенный метод позволяет оценивать возраст документов и записей в диапазоне от 0,5 до 15 лет, в зависимости от типа чернил и длительности искусственного УФ-облучения. Следует отметить, что применение данного метода требует наличия обширной базы данных образцов чернил для корректной классификации, а также сопряжено с минимальным, но всё же воздействием УФ-излучения на исследуемый образец, что может повлиять на точность результатов.

Однако, даже несмотря на перспективность использования машинного обучения в данном исследовании, важно понимать, что внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в криминалистическую идентификацию несёт с собой не только возможности, но и потенциальные риски. Применение нейронных сетей коренным образом модернизирует процессы криминалистической идентификации, предоставляя новые инструменты анализа чернил, способен автоматизировать утомительные процессы, повысить точность анализа и выявлять закономерности, тем самым повышая эффективность расследования преступлений. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать химический состав чернил, сопоставлять их с обширными базами данных и определять происхождение, возраст и даже используемый тип ручки или принтера с большей эффективностью, чем традиционные методы. Это значительно сокращает время, необходимое для анализа, и повышает вероятность раскрытия преступлений. Тем не менее, рассматриваемая технология требует осторожности, поскольку одной из наиболее значимых проблем является зависимость алгоритмов ИИ от тренировочных данных. Если эти данные неполны или содержат систематические ошибки, то и результаты анализа будут искажены, что может привести к ложным выводам и ошибочным обвинениям. Например, если база данных чернил содержит недостаточно информации о производителях из определенных регионов, ИИ может неправильно идентифицировать подлинные образцы, как поддельные. Кроме того, возникает вопрос о прозрачности принимаемых ИИ решений. Многие современные алгоритмы, особенно нейронные сети, работают как «черный ящик», когда эксперту сложно понять, по какому принципу была произведена идентификация чернил. Это затрудняет проверку результатов и может подорвать доверие к экспертизе. Важно помнить, что ИИ в анализе чернил должен быть инструментом, помогающим эксперту, а не заменяющим его. Человеческий опыт и интуиция по-прежнему необходимы для интерпретации данных, выявления аномалий и принятия окончательного решения. Неверная интерпретация данных или чрезмерное доверие к выводам ИИ может привести к серьезным ошибкам, влияющим на судьбу людей. Именно поэтому, внедрение ИИ в криминалистику требуетзвешенного подхода и критической оценки полученных результатов [12].

Также стоит учитывать возможность манипулирования алгоритмами ИИ злоумышленниками. Если преступники научатся обходить системы идентификации чернил, например, используя специальные чернила или поддельные данные в базе данных, эффективность ИИ будет сведена к нулю. Поэтому необходимо постоянно совершенствовать алгоритмы, разрабатывать новые методы защиты от манипуляций и обеспечивать кибербезопасность инфраструктуры, используемой для криминалистического анализа.

Заключение

Таким образом, внедрение метода DCA-ML демонстрирует огромный потенциал для совершенствования криминалистической идентификации чернил. Однако, несмотря на перспективность искусственного интеллекта в этой области, важно подчеркнуть необходимость осторожного и ответственного подхода. Необходимо учитывать потенциальные риски, связанные с предвзятостью данных, недостаточной прозрачностью алгоритмов и возможностью их манипулирования. Только в сочетании с опытом экспертов-криминалистов, строгим контролем качества, валидацией методик и неукоснительным соблюдением этических принципов, ИИ сможет стать действительно

надежным и эффективным инструментом в борьбе с преступностью. Метод DCA-ML призван помогать устанавливать истину, а не искажать ее, и его дальнейшее развитие должно основываться на принципах надежности, прозрачности и ответственности.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Аксенова Л.Ю. Криминалистика : учебное наглядное пособие / Л.Ю. Аксенова, А.Т. Анешева, Н.И. Герасименко [и др.]. — Омск : ОмА МВД России, 2020. — 223 с.
2. Авдонин В.А. Криминалистика : учебник / В.А. Авдонин, М.А. Алпеева, И.В. Бегишева; ред. В. А. Жбанков. — Москва : Издательство Российской таможенной академии, 2018. — 2-е изд., перераб. и доп. — 497 с.
3. Лебедева А.А. Применение компьютерных технологий в криминалистической идентификации / А.А. Лебедева, С.В. Подалий // Молодежь, наука и цивилизация : материалы международной конференции адъюнктов (аспирантов), курсантов, слушателей и студентов. — Красноярск : Сибирский юридический институт МВД РФ, 2024. — С. 606–607. — EDN JEDNYP.
4. Бессонов А.А. Возможности современных компьютерных технологий в расследовании преступлений / А.А. Бессонов // Право и экономика: стратегии регионального развития : сборник материалов I Вологодского регионального форума с международным участием. — Вологда : Фонд развития филиала МГЮА имени О.Е. Кутафина в г. Вологде, 2021. — С. 275–282. — EDN OFCVLF.
5. Афендиев Б.Ш. Использование электронных технологий в криминалистике / Б.Ш. Афендиев, А.В. Гладких // Закон и общество: история, проблемы, перспективы : материалы XXVII межрегиональной научно-практической конференции студентов и аспирантов. — Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2024. — С. 505–507. — EDN LOYRDY.
6. Пастухов П.С. Эволюция криминалистической идентификации как метода научного познания в информационном обществе / П.С. Пастухов; сост. А.И. Согрина // Пенитенциарная система и общество: опыт взаимодействия : сборник материалов IX Международной научно-практической конференции. — Пермь : Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний, 2022. — Т. 2. — С. 211–215. — EDN ZEWQCM.
7. Ученые СПбГУ внедрили машинное обучение для анализа чернил в криминалистике // Правительство Санкт-Петербурга. Комитет по науке и высшей школе. — 2025. — URL: <http://knvsh.gov.spb.ru/news/view/7859/> (дата обращения: 10.09.2025).
8. Ахикян А.И. Алгоритм машинного обучения адаптивный случайный лес и его применение / А.И. Ахикян, С.С. Данилюк // Вестник науки. — 2024. — № 6 (75). — С. 1393–1402. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-mashinnogo-obucheniya-adaptivnyy-slychaynnyy-les-i-ego-primenenie> (дата обращения: 10.09.2025).
9. Открытый курс машинного обучения. Тема 5. Композиции: бэггинг, случайный лес // Хабр. — 2017. — URL: <https://habr.com/ru/companies/ods/articles/324402/> (дата обращения: 10.09.2025).
10. Digital color analysis and machine learning for ballpoint pen ink clustering and aging investigation // ScienceDirect. — 2024. — Vol. 364. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073824003189> (accessed: 10.09.2025)
11. Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 (ред. от 15.02.2024) «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года») // Официальный интернет-портал правовой информации. — 2019. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910100002> (дата обращения: 10.09.2025).
12. Поляков В.В. К проблеме использования понятия «искусственный интеллект» в криминалистике / В.В. Поляков // Юрислингвистика. — 2022. — № 25 (36). — С. 21–28. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-probleme-ispolzovaniya-ponyatiya-iskusstvennyy-intellekt-v-kriminalistike> (дата обращения: 10.02.2026).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aksanova L.Yu. Kriminalistika [Criminalistics] : visual textbook / L.Yu. Aksanova, A.T. Anesheva, N.I. Gerasimenko [et al.]. — Omsk : Omsk Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2020. — 223 p. [in Russian]
2. Avdonin V.A. Kriminalistika [Criminalistics] : textbook / V.A. Avdonin, M.A. Alpueva, I. V. Begisheva; edited by V. A. Zhbankov. — Moscow : Publishing House of the Russian Customs Academy, 2018. — 2nd edition, rev. and add. — 497 p. [in Russian]
3. Lebedeva A.A. Primenenie kom'yuternykh tekhnologiy v kriminalisticheskoy identifikatsii [The use of computer technology in forensic identification] / A.A. Lebedeva, S.V. Podaliiy // Molodezh, nauka i tsivilizatsiya [Youth, Science and Civilization] : proceedings of the International Conference of adjunts (postgraduates), cadets, listeners and students. — Krasnoyarsk : Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, 2024. — P. 606–607. — EDN JEDNYP. [in Russian]



4. Bessonov A.A. Vozmozhnosti sovremennoykh kom'yuternykh tekhnologiy v rassledovanii prestupleniy [Possibilities of modern computer technologies in crime investigation] / A.A. Bessonov // Pravo i ekonomika: strategii regional'nogo razvitiya [Law and Economics: Strategies for Regional Development] : collection of materials of the 1st Vologda Regional Forum with international participation. — Vologda : Development Fund of the O.E. Kutafin Branch of the Moscow State Law Academy in Vologda, 2021. — P. 275–282. — EDN OFCVLF. [in Russian]

5. Afendiev B.Sh. Ispol'zovanie elektronnykh tekhnologiy v kriminalistike [The use of electronic technologies in criminalistics] / B.Sh. Afendiev, A.V. Gladkikh // Zakon i obshchestvo: istoriya, problemy, perspektivy [Law and Society: History, Problems, Prospects] : materials of the XXVII Interregional Scientific and Practical Conference of students and postgraduates. — Krasnoyarsk : Krasnoyarsk State Agrarian University, 2024. — P. 505–507. — EDN LOYRDY. [in Russian]

6. Pastukhov P.S. Evolyutsiya kriminalisticheskoy identifikatsii kak metoda nauchnogo poznaniya v informatsionnom obshchestve [The evolution of forensic identification as a method of scientific cognition in the information society] / P.S. Pastukhov; comp. A.I. Sogrina // Penitentsiarnaya sistema i obshchestvo: opyt vzaimodeystviya [Penitentiary System and Society: Experience of Interaction] : collection of materials of the IX International Scientific and Practical Conference]. — Perm : Perm Institute of the Federal Penitentiary Service, 2022. — Vol. 2. — P. 211–215. — EDN ZEWQCM. [in Russian]

7. Uchenye SPbGU vnedrili mashinnoe obuchenie dlya analiza chernil v kriminalistike [SPbU scientists introduced machine learning for ink analysis in forensics] // Pravitel'stvo Sankt-Peterburga. Komitet po nauke i vysshey shkole [The Government of St. Petersburg. Committee for Science and Higher Education]. — 2025. — URL: <http://knvsh.gov.spb.ru/news/view/7859/> (accessed: 10.09.2025). [in Russian]

8. Akhikyan A.I. Algoritm mashinnogo obucheniya adaptivnyy sluchaynyy les i ego primenenie [Machine learning algorithm adaptive random forest and its application] / A.I. Akhikyan, S.S. Danilyuk // Vestnik nauki [Bulletin of Science]. — 2024. — № 6 (75). — P. 1393–1402. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-mashinnogo-obucheniya-adaptivnyy-sluchaynyy-les-i-ego-primenenie> (accessed: 10.09.2025). [in Russian]

9. Otkrytyy kurs mashinnogo obucheniya. Tema 5. Kompozitsii: beggining, sluchaynyy les [Open machine learning course. Topic 5. Compositions: bagging, random forest] // Habr. — 2017. — URL: <https://habr.com/ru/companies/ods/articles/324402/> (accessed: 10.09.2025). [in Russian]

10. Digital color analysis and machine learning for ballpoint pen ink clustering and aging investigation // ScienceDirect. — 2024. — Vol. 364. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073824003189> (accessed: 10.09.2025)

11. Ukaz Prezidenta RF ot 10.10.2019 № 490 (red. ot 15.02.2024) "O razvitiyu iskusstvennogo intellekta v Rossiyskoy Federatsii" (vmeste s "Natsional'noy strategiey razvitiya iskusstvennogo intellekta na period do 2030 goda") [Decree of the President of the Russian Federation of 10.10.2019 № 490 (as amended on 15.02.2024) "On the development of artificial intelligence in the Russian Federation" (together with the "National strategy for the development of artificial intelligence for the period up to 2030")] // Ofitsial'nyy internet-portal pravovoy informatsii [Official Internet portal of legal information]. — 2019. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910100002> (accessed: 10.09.2025). [in Russian]

12. Polyakov V.V. K probleme ispol'zovaniya ponyatiya "iskusstvennyy intellekt" v kriminalistike [On the problem of using the concept of "artificial intelligence" in criminalistics] / V.V. Polyakov // Yurislingvistika [Jurislinguistics]. — 2022. — № 25 (36). — P. 21–28. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-probleme-ispolzovaniya-ponyatiya-iskusstvennyy-intellekt-v-kriminalistike> (accessed: 10.02.2026). [in Russian]