

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра уголовного процесса, криминалистики
и судебных экспертиз

**Использование компьютерного зрения для повышения
информативности статических следов орудий взлома и
инструментов**

АВТОРЕФЕРАТ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

студентки 5 курса 441 группы
направления подготовки 40.05.03 «Судебная экспертиза»
юридического факультета

Куликовой Екатерины Андреевны

Научный руководитель
доцент, к.т.н., доцент

_____ В.В. Зайцев

Заведующий кафедрой
к.ю.н., доцент

_____ С.А. Полунин

Саратов 2026

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы заключается в том, что в современной судебно-экспертной деятельности исследование следов взлома является одним из ключевых направлений трасологии. Традиционные методики базируются на визуальном сравнении и субъективной оценке эксперта, что делает идентификацию возможной только при наличии четких, хорошо отобразившихся следов. С мест преступлений, напротив, чаще всего изымаются малоинформативные фрагменты следов, которые продолжают нести информацию об оружии более низкоуровневого характера, но извлечение которой силами человеческого восприятия становится невозможным. В связи с этим приобретает особую актуальность разработка и адаптация методов компьютерного зрения для выявления скрытых идентификационных признаков в статических следах орудий взлома и инструментов, что позволяет перейти от субъективного визуального анализа к количественному описанию микрорельефа.

Целью настоящей работы является установление возможности использования методов компьютерного зрения для идентификации малоинформативных статических следов орудий взлома и инструментов.

Для достижения указанной цели была предпринята попытка решить следующие **задачи**:

- 1) проанализировать теоретические основы механизма следообразования статических следов орудий взлома и инструментов;
- 2) выделить из всего спектра методов компьютерного зрения те, которые могут быть полезны для анализа статических следов;
- 3) провести экспериментальное исследование применения методов компьютерного зрения для извлечения информации из изображения и формирования дополнительных идентификационных признаков;
- 4) сравнить выделенные признаки для следов одного орудия и следов другого орудия, установив возможность для их разграничения;

5) провести оценку полученных признаков и классифицировать их на общие и частные;

6) сформировать алгоритм экспертного исследования для сравнения малоинформативных следов орудий взлома и инструментов.

Объектом исследования являются статические следы, образованные рабочими кромками инструментов и орудий взлома разной степени информативности.

Предмет изучения представлен закономерностями формирования низкоуровневых признаков в статических следах при их образовании и способами их извлечения методами компьютерного зрения.

Степень научной разработанности. Теоретической основой работы послужили труды в области трасологии Ю.П. Голдованского, В.Н. Черниговского, Н.Н. Егорова, а также работы в области анализа изображений и компьютерного зрения А.Г. Броневи́ча, А.Н. Каркищенко, Л. Шапи́ро, Дж. Стокмана. Методики анализа следов орудий взлома детально разработаны только для классических методов трасологии и не посвящены вопросам сравнения следов малой степени информативности. Возможности использования компьютерного зрения описаны лишь для анализа трасс динамических следов либо ориентированы на работу с качественными объемными следами. Проблема извлечения признаков из малоинформативных статических следов носит фрагментарный характер, что определяет научную новизну данного исследования.

Методологическую основу работы составляют общенаучные методы (анализ, синтез, сравнение, обобщение, системно-структурный подход, аналогия) и частнонаучные методы познания: экспериментальный (получение следов разной степени выраженности), методы компьютерного зрения (преобразование пикселей, выделение контуров, построение радиальных профилей, анализ кривизны), метод измерений и статистической обработки полученных данных.

Теоретическую основу работы составляют труды российских и зарубежных ученых в области криминалистики, трасологии, компьютерного зрения и обработки изображений.

Правовая основа работы сформирована на основе Конституции Российской Федерации, Федерального закона от 31.05.2001 № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации», Уголовно-процессуального кодекса РФ, а также ведомственных правовых актов, регламентирующих экспертно-криминалистическую деятельность.

Научная новизна магистерской работы заключается в более глубоком подходе к анализу признаков статического следа. В работе впервые к анализу следов применен метод, основанный не на визуальном сравнении, а на количественном описании микрорельефа через параметры, извлекаемые алгоритмами компьютерного зрения, а также выявлены новые корреляционные связи между параметрами цифрового образа следа и орудием.

Эмпирическую основу работы составили данные, полученные с помощью библиотеки компьютерного зрения с открытым исходным кодом «OpenCV» для изображений статических следов орудий взлома и инструментов: их контуры, радиальные профили, а также результаты математического анализа.

Положения, выносимые на защиту:

1) Базовые алгоритмы компьютерного зрения (бинаризация, локальное перераспределение яркостей, медианная фильтрация, нормализация контраста) позволяют значительно упростить и уточнить линейные измерения следов, а также выявить признаки, оставленные рабочей кромкой инструмента, которые изначально не были зафиксированы визуально.

2) Выделены две группы новых признаков, выявляемых при анализе контура следа методами компьютерного зрения: а) признаки контура без изменений (корреляция формы, динамическая трансформация формы (DTW) как устойчивые групповые признаки); б) признаки профиля контура (динамическая трансформация максимумов и минимумов, среднее расстояние и

корреляция высоты), которые показывают стабильные результаты для использования их в качестве информативных при сравнительном исследовании.

3) Использование динамической трансформации второй производной радиального профиля контура следов дает устойчивый однородный признак для сопоставления следов, оставленных одним орудием, в отличие от следов, образованных разными инструментами.

4) Для слабовыраженных и малоинформативных следов, образованных светотеневым рисунком, оценка полученных с помощью компьютерного зрения признаков должна производиться относительно группы контрольных образцов разной степени выраженности, природа которых известна; в таком случае их значения могут быть интерпретированы однозначно.

5) Разработан алгоритм экспертного исследования статических следов орудий взлома и инструментов с применением компьютерного зрения, включающий этапы: масштабирование и перевод в полутоновое изображение, анализ гистограммы яркостей с возможностью локального перераспределения, бинаризацию, выделение и нормировку контура, сглаживание, приведение к единому количеству точек, получение радиального профиля, анализ производных и экстремумов.

Структура выпускной квалификационной работы обусловлена ее содержанием и состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность темы, анализируется ее научная разработанность, определяются объект и предмет исследования, цели работы и комплекс решаемых задач, отмечаются теоретико-методологическая и эмпирическая основы, формулируются научная новизна и положения, выносимые на защиту.

Глава первая: «Теоретические основы исследования следов орудий взлома и инструментов» посвящена классификации и характеристике следов орудий взлома (§1.1), системе информативных признаков в следах (§1.2), факторам, влияющим на информативность следа (§1.3), а также правилам получения фотоизображений для дальнейшего исследования (§1.4).

В первой главе установлено, что статические следы образуются при перпендикулярном действии силы, вследствие чего след является зеркальным отображением рабочей поверхности инструмента. Основным носителем идентификационных признаков выступают контур следа и микрорельеф поверхности. Выявлено, что качество отображаемых признаков зависит от двух групп факторов: обусловленных механизмом следообразования (структура, цвет, твердость, хрупкость материала преграды) и методологией изъятия и фотографирования (условия освещения, угол падения света, масштаб съемки). Обосновано, что правильно выполненная фотосъемка является залогом объективности последующего исследования методами компьютерного зрения.

Глава вторая «Возможности компьютерного зрения для анализа изображений следов орудий взлома и инструментов» посвящена понятию компьютерного зрения, принципам формирования и представления изображений (§2.1), а также способам обработки изображений и инструментам работы для целей криминалистики (§2.2).

Определено, что с точки зрения компьютерного зрения статический след представляет собой растровое изображение из массива пикселей, содержащих информацию о яркости. Информативность следа определяется не визуальной понятностью, а контрастом, текстурной неоднородностью, уровнем шума и инвариантностью. Выделены три группы методов: подготовка изображения (перевод в полутоновое, бинаризация, медианная фильтрация, нормализация контраста, вычитание фона), выделение устойчивых характеристик (поиск контура, выделение экстремумов радиального профиля, вычисление производных) и сравнение данных (DTW, анализ кривизны, метрика среднего расстояния, корреляция Пирсона).

Глава третья. «Практический анализ возможности использования компьютерного зрения для исследования статических следов орудий взлома и инструментов» посвящена анализу признаков контуров, выявляемых с помощью компьютерного зрения, и оценке их информативности (§3.1), а также повышению информативности следов, образованных светотеневым рисунком (§3.2).

В ходе экспериментального исследования на трёх группах следов установлено, что традиционные линейные размеры сильно варьируются в зависимости от силы прикладываемого усилия, что делает их непригодными для надежной идентификации. Применение динамической трансформации временной шкалы (DTW) к радиальным профилям и их производным показало, что DTW для второй производной является устойчивым признаком: для следов, оставленных одним орудием, значения DTW второй производной находятся в пределах 0,05, в то время как для разных орудий этот порог превышает. Анализ экстремумов радиального профиля также продемонстрировал высокую информативность: DTW для максимумов и минимумов внутри одной группы приближена к единице, а при сравнении следов от разных орудий возрастает более чем в два раза. Для следов, образованных светотеневым рисунком, эффективной оказалась комбинация локального перераспределения яркостей (CLANE) с последующей бинаризацией, что позволило выделить контур даже при минимальном перепаде высот. Разработан алгоритм экспертного исследования, включающий 11 последовательных этапов обработки изображения и математического анализа.

В **Заключении** подводятся итоги, формулируются выводы о принципиальной возможности использования компьютерного зрения для идентификации малоинформативных статических следов орудий взлома, обосновывается практическая значимость разработанного алгоритма и выделенных признаков, а также намечаются перспективы дальнейших исследований в области детерминации пороговых значений и нейтрализации влияния сложных следовоспринимающих поверхностей.