

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

Кафедра материаловедения, технологии
и управления качеством

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА ВТОРИЧНЫХ СЛЕДОВ НА
ПОВЕРХНОСТИ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПУЛЬ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ
ИХ СХОДСТВА**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки магистратуры 2 курса 2293 группы
направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»,
профиль «Криминалистическое материаловедение»
института физики

Лапуновой Ольги Витальевны

Научный руководитель,
доцент, к.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

В.А. Федренко

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой,
д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.Б. Вениг

инициалы, фамилия

Саратов 2021

Введение. Одним из вопросов баллистической экспертизы является идентификация оружия по следам на гильзах. На решение задач такого рода могут повлиять негативные факторы. Кроме этого, в баллистической экспертизе нет определенных критериев для оценки уникальности комплексов признаков, обнаруженных в следах [1].

Пуля при прохождении через канал ствола нарезного оружия плотно соприкасается с его стенками. Вследствие данного процесса на оболочке пули можно наблюдать следы канала ствола. При рассмотрении полученных следов можно обнаружить множество трасс [2]. Определить модель оружия, которую использовали во время выстрела можно по групповым признакам. Например, ширина, крутизна и направление нарезов будет зависеть от модели оружия, следы на пуле в зависимости от калибра тоже будут различными [3]. В итоге, в следах отображаются поля нарезов, набор трасс, полученный благодаря особенностям микрорельефа стенок ствола определенного экземпляра оружия [4].

На данный момент проблема идентификации оружия по-прежнему является актуальной. В целях повышения качества изображений, а в дальнейшем точности определения, алгоритмы сканирования постепенно совершенствуются. [5] Появляется возможность сканировать объектов с высоким разрешением, что позволяет повысить надежность идентификации. Развитие технологий позволяет формировать трехмерные изображения следов на выстрелянных пулях [6].

Целью выпускной квалификационной работы является

1. исследование устойчивости и вариативности трасс в динамических следах на пулях, выстрелянных из нарезного оружия;
2. определение оптимальных параметров бинаризации изображений вторичных следов;
3. определение оптимальных критериев совмещения трасс для их отнесения к категории «совпадающие»;

4. апробация сравнения изображений вторичных следов на пулях, в том числе деформированных, методом конгруэнтно совпадающих сегментов профилей следов.

На основе поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. провести обзор научно-технической литературы;

2. провести исследование следов на выстрелянных пулях с помощью АБИС «POISC»;

3. провести расчеты по оценке оптимальных параметров бинаризации изображений вторичных следов, а также расчеты оценки оптимальных критериев совмещения трасс для их отнесения к категории «совпадающие»;

4. провести сравнение вторичных следов методом конгруэнтно совпадающих сегментов профилей следов.

Дипломная работа занимает 57 страниц, имеет 27 рисунков и 2 таблицы.

Обзор составлен по 33 информационным источникам.

Во введении рассматривается актуальность работы, устанавливается цель и выдвигаются задачи для достижения поставленной цели.

Первый раздел представляет собой общее представление о формировании следов на выстрелянных пулях и методы оценки их схожести

Во втором разделе работы представлена оценка характеристик сравниваемых вторичных следов

Основное содержание работы

Методика бинаризации изображений вторичных следов. Для отработки оптимального алгоритма бинаризации были проведены исследования изображений вторичных следов с помощью программ, разработанных в среде программирования MATLAB. В качестве исходных были использованы изображения вторичных следов, представленные в градациях серого, полученные с помощью автоматизированной баллистической идентификационной системы (АБИС) «POISC». Для этого пули, выстреленные

из разных экземпляров пистолета Макарова были отсканированы с помощью сканера АБИС «POISC».

В процессе сканирования пуль формировались цифровые изображения полных разверток боковой поверхности исследуемых пуль. Из них вырезались изображения вторичных следов. В качестве границ изображений использовались следы боевой и холостой граней полей нарезов, которые хорошо идентифицируются и ярко выражены. На рисунке 8. в качестве примера представлен вторичный след с обозначенными цифрами 1 и 2 следами холостой и боевой грани соответственно. Все изображения вторичных следов имели одну длину, равную 720 пикселям.

Для последующего анализа схожести сравниваемых следов их изображения необходимо бинаризовать. Это связано с тем, что крайне сложно разработать алгоритм корректного автоматического сравнения изображений следов, представленных в градациях серого. Для дальнейшего автоматического сравнения изображений следов последние следует перевести в бинарный вид. Применяемая в данной работе система АБИС «POISC» выравнивает освещение следов, но при этом иногда сохраняются области засветки или затемнения. Поэтому для качественной бинаризации изображений необходимо получить относительно однородную яркость всего изображения и более четкое выделение трасс на них.

Для формирования корректных бинарных изображений был применен метод гомоморфной обработки. Суть данного метода заключается в разделении изображения на высокочастотную и низкочастотную составляющие. Такой вид разделения позволяет решить проблему перепадов яркости. Высокочастотная составляющая представляет собой штрихи трасс, а низкочастотная является общим фоном, общей яркостью. Для выделения низкочастотной составляющей необходимо к исходному изображению применить сглаживающий фильтр Гаусса. Такой вид фильтрации позволяет подавить пространственные высокие частоты и получить низкочастотное изображение. На следующем этапе из исходного изображения вычитается низкочастотная составляющая и на выходе

получается высокочастотное изображение. Исходное изображение и высокочастотное складываются между собой и в итоге получается изображение с выровненной яркостью и с несколько увеличенной резкостью мелких элементов.

Отработка методики определения оптимальных критериев отнесения трасс к категории «совпадающие», определение оптимальных критериев.

Определение критериев отнесения трасс в совмещенных следах к категории «совпадающие» является актуальной проблемой на сегодняшний день. Для автоматического подсчета числа совпадающих трасс совмещенных в вторичных следах необходимо определить оптимальные критерии отнесения трасс к совпадающим. На рисунке 1 показан наиболее простой вариант учитывать степень перекрытия совмещенных трасс.



Рисунок 1 – Бинаризованные совмещенные следы с определённой степенью перекрытия

Для определения совмещенных трасс предложенным методом необходимо взять несколько пар заведомо совпадающих и заведомо не совпадающих изображений вторичных следов в бинарном виде, которые были совмещены.

Идея определения оптимального критерия следующая. При разных диапазонах перекрытия трасс подсчитывается число совпадающих трасс как в парных, так и непарных следах. Значение числа совпадающих трасс n для каждой пары совмещенных следов делится на среднее число трасс $N=(N_1+N_2)/2$ в этих следах и это значение $0 < m < 1$ наносится на числовую ось для данного диапазона. Затем определяется диапазон перекрытия, при котором лучше всего разделяются множества точек для парных и непарных следов. Наилучшее

разделение двух множеств точек можно определить с помощью подсчета энтропии Шенона. Чем меньше энтропия, тем более упорядоченная система, тем лучше разделены по двум классам точки.

Анализ сравниваемых следов методом конгруэнтно совпадающих сегментов профилей следов. Суть данного метода заключается в следующем. Первый след – исследуемый разбивается на одинаковые не пересекающиеся по длине сегменты (20-25 сегментов). Проводится анализ данных сегментов с точки зрения присутствия на них признаков в виде трасс. Те сегменты, на которых отсутствует полезная информация или имеются значительные засветки, исключаются из дальнейшего анализа.

Для каждого пригодного к корреляции сегмента исследуемого следа и полного изображения второго следа строится функция взаимной корреляции (ФВК). Следует отметить, что т. к. исследуемый след разбит на короткие сегменты, то значимого сдвига совпадающих трасс за счет разной длины анализируемых следов не произойдет. Для совпадающих следов для каждого сегмента максимум ФВК должен наблюдаться в точке его максимального совмещения с таким же (соответствующим) сегментом тестового следа. Если все получившиеся функции взаимной корреляции расположить одна под другой в соответствии с их очередностью и сдвинуть (кроме первой) на величину сегмента влево относительно предыдущей (рисунок 2), то локальные максимумы ФВК с наибольшим значением (отмечены сверху черными точками) выстроятся вдоль широкой вертикальной линии серого цвета. Такую конфигурацию расположения максимумов функции взаимной корреляции с наибольшим значением предложено называть условием конгруэнтного положения максимумов. Чем для большего числа сегментов будет наблюдаться максимумы ФВК, удовлетворяющие условию конгруэнтности, тем выше подобие сопоставляемых следов. В принципе, в зависимости от числа конгруэнтно совпадающих максимумов можно классифицировать анализируемые пары следов по категориям «совпадающие» и «не совпадающие».

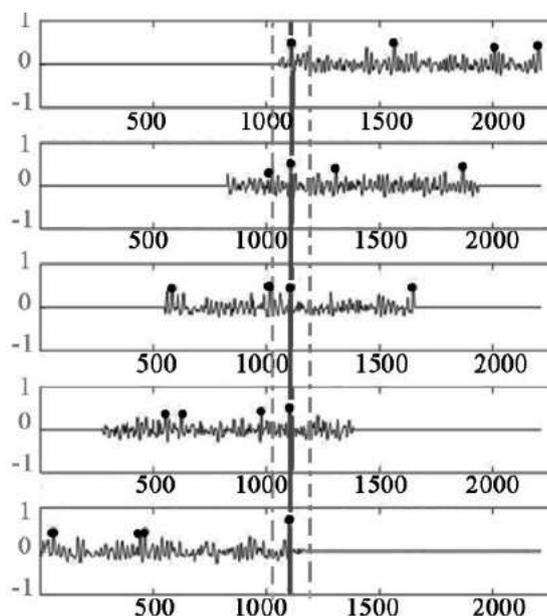


Рисунок 2 – Максимумы ФВК для каждого сегмента для недеформированных пуль

Заключение. В ходе работы был проведен обзор научно-технической литературы, в которой был показан принцип формирования следов на выстрелянных пулях, были определены физико-химические процессы в канале ствола в процессе выстрела. Кроме этого были изучены механизмы формирования следов нарезного канала ствола на выстрелянных пулях и их основные характеристики.

В выпускной квалификационной работе был разработан оптимальный алгоритм бинаризации трасс вторичных следов. В ходе исследования был определен оптимальный режим бинаризации изображений вторичных следов для последующего автоматического подсчета числа совпадающих трасс в совмещенных следах.

В процессе выполнения работы был проведен анализ изображений заведомо совпадающих и заведомо не совпадающих следов выстрелянных пуль, что позволило определить оптимальный критерий отнесения трасс к категории «совпадающие» и «несовпадающие» для обеспечения автоматизации сравнения следов. Апробирована методика оценки данного критерия, основанная на

определении наилучшего разделения следов по категориям «совпадающие» и «несовпадающие» путем подсчета энтропии Шенона.

В работе проведен анализ сравниваемых вторичных следов методом конгруэнтно совпадающих сегментов профилей следов, показана его перспективность при сравнении изображений, полученных с высоким разрешением (1 микрон и менее).

Данная работа представляет интерес для экспертов-криминалистов, занимающихся идентификацией оружия, а также для разработчиков программного обеспечения автоматизированных баллистических идентификационных комплексов.

Список использованных источников

1 Аверьянова, Т. В. Судебная экспертиза. Курс общей теории / Т. В. Аверьянова. – М. : Норма, 2008. – 23 с.

2 Аханов, В. С. Криминалистическая экспертиза огнестрельного оружия и следов его применения / В. С. Аханов. – Волгоград : Высшая следственная школа МВД СССР, 1989. – 46 с.

3 Белкин, Р. С. Сущность экспериментального метода исследования советском уголовном процессе и криминалистике / Р.С. Белкин. – М. : Изд-во ВШ МВД РСФСР, 1961 – 57 с.

4 Бельков, В. А. Криминалистическое исследование огнестрельного оружия / В. А. Бельков, В. Т. Халапханов. – Иркутск : Иркут. инст-т (фил.) ВГУЮ, 2016. – 206 с.

5 Винберг, А. И. Криминалистическая экспертиза в советском уголовном процессе / А. И. Винберг. – М. : Госюриздат, 1956. – 72 с.

6 Федоренко, В. А. Учёт устойчивости отображения признаков канала ствола в следах на выстрелянных пулях при проведении идентификационных исследований / В. А. Федоренко // Криминалистичний весник. – 2009. – № 1 (11). – С. 155-160.