



а



б

Рис. 6. Вид пламени при горении октодекана $C_{18}H_{38}$ (а) и докозана $C_{22}H_{46}$ (б)

концом является признаком турбулентности потока. В свою очередь, для $C_{22}H_{46}$ фронт горения имеет выступы и впадины. Кроме этого, для докозана также можно отметить наличие горящих струй, которые исходят от пламени. Указанные факты свидетельствуют о неоднородном процессе горения, увеличивающего склонность к детонации. Для исследуемых парафинов скорость горения равна: 0,93 мм/с – октодекан $C_{18}H_{38}$, 1,05 мм/с – докозан $C_{22}H_{46}$.

Как видно из приведенных фотографий, при горении $C_{22}H_{46}$ наряду с конусообразным факелом наблюдается наличие отдельных струй, что подтверждает гипотезу о зависимости характера горения от длины углеводородной линейной цепи, а также предполагает использование данной методики для оценки детонационной способности вещества по измерению модуля сдвига.

Примечания

- ¹ Криминалистика : учебник : 2-е изд., перераб. и доп. / отв. ред. Н. П. Яблоков. М., 2001.
- ² Булавин Л. А., Актан О. Ю., Забаица Ю. Ф. Вакансии в сильно деформированном кристалле: низкие температуры // Физика твёрдого тела. 2008. Т. 50, вып. 12. С. 2174–2178 ; *Они же*. Возникновение мезоморфной фазы складчатых кристаллов, содержащих вакансии // Высокомолекулярные соединения. Сер. Б. 2005. Т. 47, № 4. С. 690–694 ; *Они же*. Роль вакансий сильно деформированного кристалла в процессе плавления // Физика твёрдого тела. 2010. Т. 52, вып. 4. С. 662–668.
- ³ Там же.
- ⁴ См.: Недыбалюк О. А., Черняк В. А., Ольшевский С. В. [и др.]. Сжигание парафина при помощи плазмы // Вопр. атомной науки и техники. 2011. № 1. С. 104–106.

УДК 343.98

СПОСОБЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОРУЖИЯ ПО ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБРАБОТАННЫМ ЦИФРОВЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ СЛЕДОВ НА ПУЛЯХ И ГИЛЬЗАХ

Е. П. Селезнёв, Н. Г. Макаренко*, М. В. Федоренко**

Саратовский филиал Института радиотехники и электроники РАН им. В. А. Котельникова

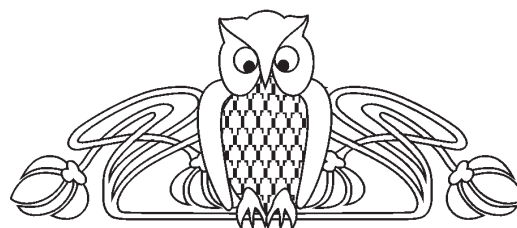
E-mail: evgenii_seleznev@mail.ru

*Главная астрономическая обсерватория РАН

E-mail: ng-makar@mail.ru

**Саратовский государственный университет

E-mail: Moonlaght182@mail.ru



В работе исследуются методы повышения качества цифровых изображений следов боя и следов канала нарезного ствола на выстреленных пулях. Рассмотрены методы сравнения следов боя с помощью характеристик Эйлера и вторичных следов на

выстреленных пулях с помощью корреляционного анализа. Проведен анализ изображений следов боя на гильзах, стрелянных в пистолете системы Макарова и Кольт мод. 1911 г., а также следов на пулях, выстреленных из пистолета Макарова.



Ключевые слова: след бойка, следы на пулях, цифровые изображения, фильтрация, корреляционный анализ, характеристики Эйлера.

Methods for Recognition of Weapons of Preliminary Work up Digital Images of Traces on Bullets and Cartridge Cases

E. P. Seleznev, N. G. Makarenko, M. V. Fedorenko

In paper investigated methods to improve the quality of digital images of the firing pin traces and traces on fired bullets. Methods of comparison of firing pin traces by means of Euler's characteristics and methods of comparison of traces on fired bullets by means of the correlation analysis have been considered. Analyzed the firing pin marks on the image cartridges, shot in the Makarov pistol and Colt mod. 1911, as well as marks on the bullets, shot from a Makarov pistol.

Key words: trace of the firing pin and traces on bullets, digital images, filtering, correlation analysis, the Euler characteristic.

Целью нашего исследования стало: изучение методов повышения качества цифровых изображений следов бойка и следов канала нарезного ствола на выстреленных пулях; сравнение следов бойка методом анализа характеристик Эйлера; сравнение вторичных следов на выстреленных пулях с помощью корреляционного анализа. Анализу подверглись изображения следов бойка на гильзах, стрелянных в пистолете системы Макарова и Кольт мод. 1911 г., а также следов на пулях, выстреленных из пистолета Макарова.

Изображения были представлены в растровой форме, поэтому при исследовании мы использовали две основные группы алгоритмов обработки растровых изображений: первичную обработку изображений с целью очистки от шумов; распознавание образов, включающее нахождение однородных по уровню освещенности и цвету областей изображения, выделение признаков формы изображений, определение координат особых точек объектов и пр.¹

На исходных цифровых изображениях присутствовали различные «шумы», обусловленные следами производства гильз и пуль. Для улучшения изображений были применены сглаживающие фильтры. В нашей работе был применен прямоугольный сглаживающий фильтр, который задавался при помощи матрицы размера (3)×(3), сумма значений которой равна единице. Это двумерный аналог низкочастотного одномерного П-образного фильтра скользящего среднего. Применение таких фильтров направлено на шумоподавление в отснятых изображениях. Лучший результат получается при модификации фильтра с увеличением веса центральной точки:

$$M_2^{low} = \frac{1}{10} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

В данных исследованиях был применен также гауссовский фильтр:

$$h(i, j) = (1/2\pi\sigma^2) \exp(-(i^2+j^2)/2\sigma^2),$$

где i, j – индексы текущей ячейки матрицы.

Гауссовский фильтр имеет ненулевое ядро бесконечного размера. Однако значения ядра фильтра очень быстро убывают к нулю при удалении от точки (0, 0), и потому на практике можно ограничиться сверткой с окном небольшого размера вокруг (0, 0), например, взяв радиус окна равным 3σ . Гауссовская фильтрация также является сглаживающей².

Контрастоповышающие фильтры являются фильтрами высоких пространственных частот. Ядро контрастоповышающего фильтра в точке (0, 0) имеет значение, большее 1, при общей сумме значений, равной 1. Мы применили контрастоповышающие фильтры с ядром, задаваемым матрицами

$$M_1^{contr} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_2^{contr} = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}.$$

Эффект повышения контраста достигался за счет того, что фильтр подчеркивает разницу между интенсивностями соседних пикселей, удаляя эти интенсивности друг от друга. Контрастоповышающие фильтры были применены к изображениям после того, как их подвергли сглаживающей фильтрации³.

В данной работе были использованы изображения в градациях серых тонов, при этом максимальному значению интенсивности пикселей присваивался уровень градации интенсивности 255 (белый цвет), самому темному – значение 0 (черный цвет). Интенсивности в диапазоне от 0 до 255 имели линейную шкалу изменения либо устанавливаемую в соответствии с принятой функцией изменения, например усиливающей слабые сигналы (градации серого) и ослабляющей сильные сигналы в области белого цвета⁴.

Пример применения анализа гистограмм яркости цифровых изображений следов бойка представлен на рис. 1, 2, 3. Для наших исследований использовались 2 гильзы, стреленные в пистолете системы Кольт обр. 1911 г. и пронумерованные соответственно № 1 и № 2. На снимках, представленных на рис. 1, видно, что след бойка на стреляных гильзах, на первый взгляд, различен.

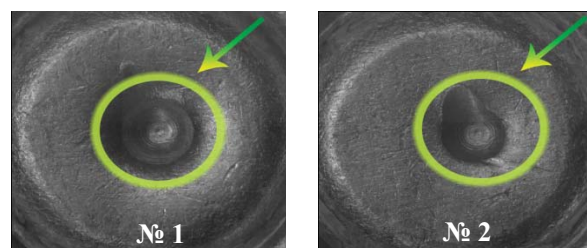


Рис. 1. Изображения следов бойка на гильзах, стреленных в пистолете системы Кольт



После ориентации изображений одинаковым образом по направлению, проходящему по диаметру в горизонтальной плоскости следов бойка, строились профили яркости, которые представлены на рис. 2 и 3. Из графиков видно, что на отрезке от 498 до 995 пикселей данные профили яркости имеют близкую структуру. На основании сравнительного теста изображений эксперт может сократить время поиска изображений гильз, стрелянных из одного экземпляра оружия, путем исключения тех объектов, чьи профили яркости явно не совпадают с профилем яркости исследуемой гильзы.

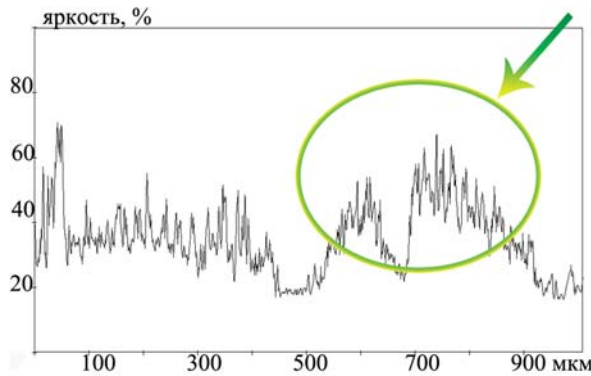


Рис. 2. Профили яркости для гильзы № 1

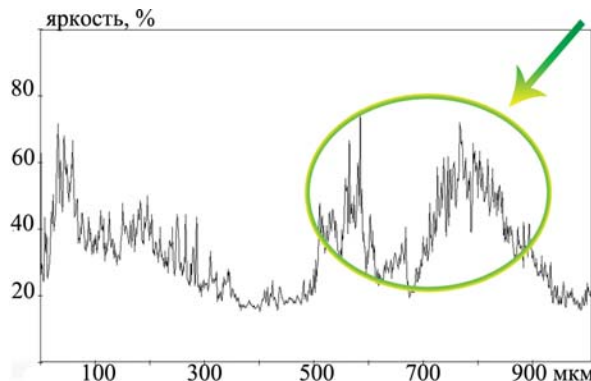


Рис. 3. Профили яркости для гильзы № 2

В работе⁵ предложен алгоритм оценки степени схожести сравниваемых изображений с помощью характеристик Эйлера, который был применен и для анализа следов бойка двух гильз, стрелянных в пистолете системы Макарова (рис. 4).

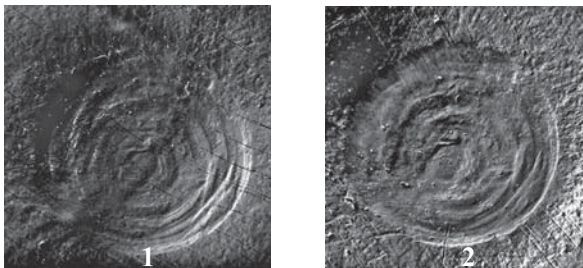


Рис. 4. Первоначальное изображение двух следов бойка на гильзах, стрелянных в одном экземпляре ПМ (следы бойка получены с помощью растрового электронного микроскопа)

Были построены карты гильдеровских показателей от данных изображений, графики характеристик Эйлера и периметры множества уровней по оригинальным изображениям (рис. 5, 6).

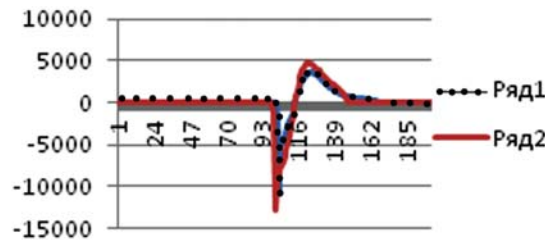


Рис. 5. Характеристики Эйлера по оригинальным изображениям

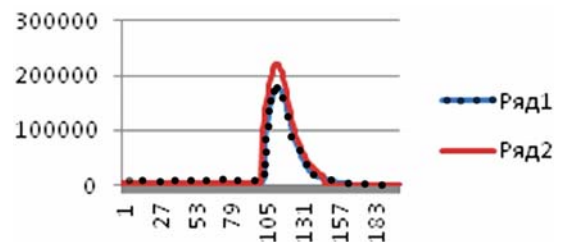


Рис. 6. Периметры множества уровней по оригинальным изображениям

Характеристики Эйлера подсчитывались следующим образом: исходные цифровые изображения в долях уровня серого делились на уровни; далее проводилась бинаризация изображения на каждом уровне и подсчитывалось число «черных островов» минус число «белых дыр» в них. Кроме этого, для каждого уровня был произведен подсчет периметров кластеров, образованных черными пикселями (рис. 7, 8).

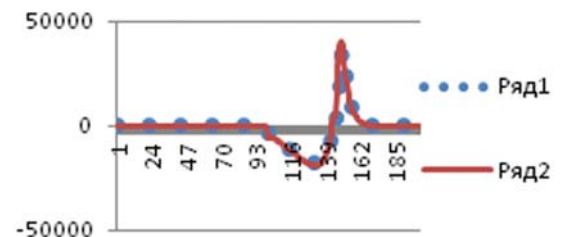


Рис. 7. Характеристики Эйлера множества выбросов по гильдеровским показателям (вариант 1)

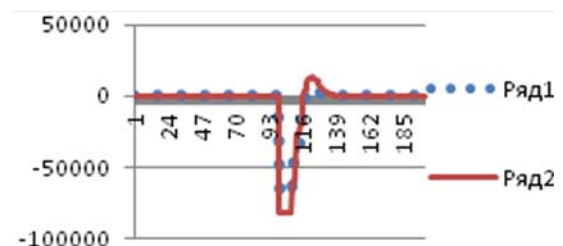


Рис. 8. Характеристики Эйлера множества выбросов по гильдеровским показателям (вариант 2)



Из полученных графиков можно сделать вывод, что сравниваемые экземпляры гильз были стреланы в одних экземплярах оружия.

Для сравнения степени совпадения трасс в следах на выстреленных пулях использовался корреляционный анализ. Трассы в следах на выстреленных пулях обладают достаточно высокой вариативностью. В работе⁶ предложен способ учета устойчивости данных признаков путем построения обобщенных рядов, суть которого заключается в следующем. В следах, оставленных одним полем нарезки на разных пулях, выделяются совпадающие трассы. Трассы, которые

не имеют парных в других следах, считаются случайными и отбрасываются. В результате строится обобщенный ряд признаков-трасс, включающий только повторяющиеся в разных следах, заведомо оставленных одним полем нарезки. Каждому признаку ряда присваивается коэффициент, соответствующий числу комбинаций следов, где он был совпадающим. На рис. 9 представлен характерный обобщенный ряд для вторичных следов на пулях, выстреленных из пистолета Макарова. Ряд был построен по следам на четырех пулях, выстреленных из одного экземпляра оружия.

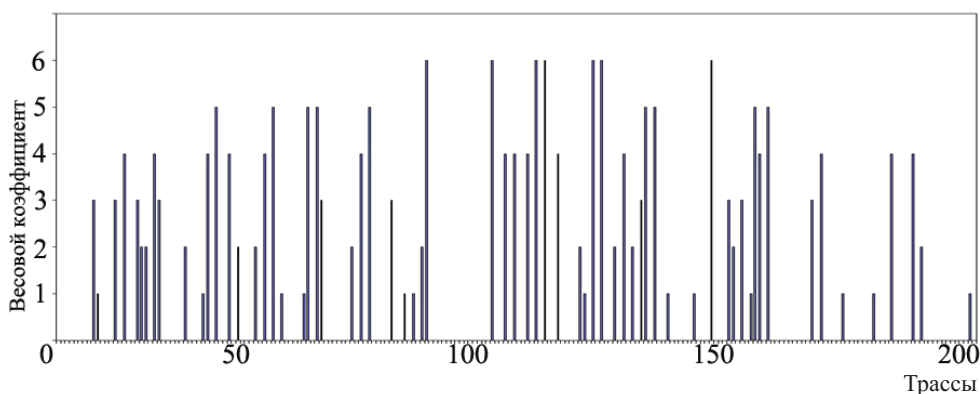


Рис. 9. Обобщенный ряд, построенный на основе следов пяти пуль

Для анализа мы взяли два вторичных следа на пулях, выстреленных из разных экземпляров пистолета Макарова. Один из следов был оставлен тем же полем нарезки, что и следы, использовавшиеся для построения обобщенного ряда. Второй исследуемый след был оставлен полем нарезки другого экземпляра оружия. Далее находилась функция кросс-корреляции исследуемых следов с обобщенным рядом повторяющихся

трасс-признаков (рис. 10, 11). Из рис. 10 видно, что для первого исследуемого следа функция кросс-корреляции имеет ярко выраженный максимум при нулевом сдвиге, что показывает высокую степень схожести двух данных следов. На рис. 11 вблизи нулевого сдвига максимум отсутствует, что говорит об отсутствии схожести между вторым исследуемым следом и обобщенным рядом.

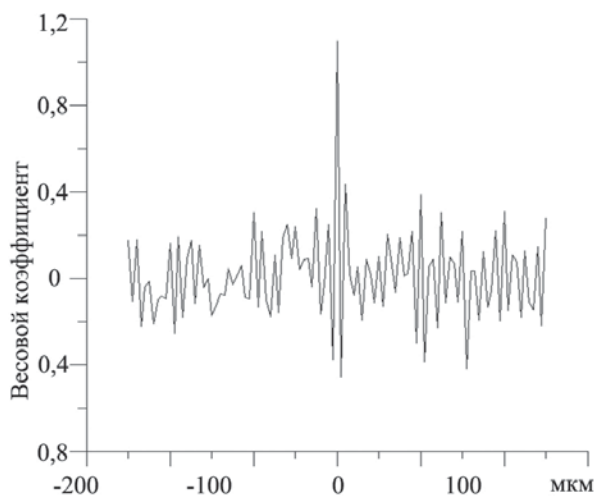


Рис. 10. Функция кросс-корреляции первого исследуемого следа с обобщенным рядом повторяющихся признаков

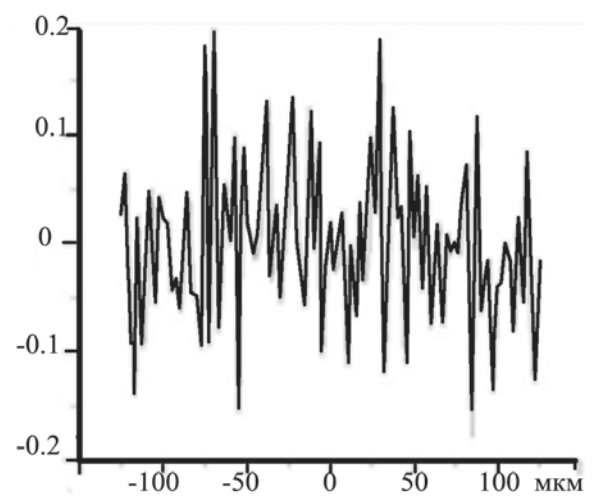


Рис. 11. Функция корреляции исследуемой пули, выстреленной из другого образца оружия



Таким образом, можно сделать следующие выводы. В данной работе был проведен анализ различных методов обработки изображений: анализ характеристик Эйлера, корреляционная обработка полученных изображений, экспериментальное построение гистограмм яркости исследуемых изображений. Данные методы были апробированы для обработки изображений следов бойка и следов канала ствола на выстреленных пулях. Рассмотрены методы повышения качества изображений посредством применения к ним различных фильтров. Представлен способ идентификации оружия по следам на выстреленных пулях с применением обобщенных рядов повторяющихся признаков.

Примечания

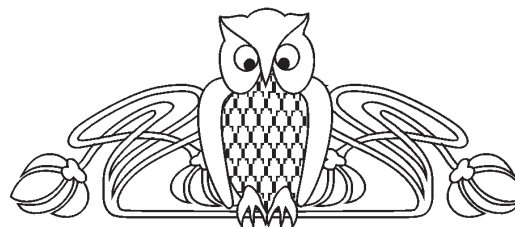
- 1 См.: Андреев А. Л. Автоматизированные телевизионные системы наблюдения. Ч. II. Арифметико-логические основы и алгоритмы : учеб. пособие. СПб, 2005.
- 2 См.: Хуанг Т. С. [и др.]. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений. М., 1984.
- 3 См.: Андреев А. Л. Указ. соч.
- 4 Там же.
- 5 См.: Макаренко Н. Г., Князева И. С. Мультифрактальный анализ цифровых изображений. СПб., 2010.
- 6 См.: Федоренко В. А. Учёт устойчивости отображения признаков канала ствола в следах на выстреленных пулях при проведении идентификационных исследований // Криміналістичний вісник : наук.-практ. зб. / глав. ред. Е. Моисеев [и др.] / ГНИЭКЦ МВД Украины ; КНУВД. Киев, 2009. № 1(11).

УДК 343.98

КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАРКЕРОВ ДЛЯ ИГРЫ В ПЕЙНТБОЛ

В. В. Гарманов

Северо-Западный региональный центр судебной экспертизы
Министерства юстиции РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: garmanov64@mail.ru



В статье рассматриваются вопросы исследования пневматических стреляющих устройств – маркеров для игры в пейнтбол – с учетом существующих национальных нормативно-технических документов. Приводится пример исследования маркеров для игры в пейнтбол с целью отнесения их к определенной категории предметов для целей таможенного контроля.

Ключевые слова: пейнтбол, пневматическое устройство, таможенный контроль.

Forensic Research of Markers for Game in Paintball

V. V. Garmanov

The article discusses the study of pneumatic shooting device - markers to paintball games based on existing national normative and technical documents. An example of research markers for paintball games in order to assign them to a certain category of objects for customs control purposes.

Key words: paintball, pneumatic device, customs control.

Пейнтбол, получивший распространение на территории Российской Федерации, является спортивной командной технической игрой с имитацией скоротечных огневых контактов на ограниченном пространстве. Суть игры в пейнтбол заключается в имитации (обозначении) поражения цели (человека) при попадании в нее метаемого элемента (легкодеформируемой оболочки с красителем), выстреленного из

специального пневматического стреляющего устройства – маркера.

Технические средства для игры в пейнтбол – маркеры различных конструкций (помповые, автоматические и неавтоматические) – производятся в подавляющем большинстве иностранными фирмами и легально ввозятся на территорию Российской Федерации. В силу легальности оборота и предназначенности маркеры для пейнтбола, как правило, редко становятся объектами оружейно-криминалистических исследований. Однако в правоприменительной таможенной практике возникает потребность отнесения их к определенной категории предметов для целей таможенного контроля (классификации товара в соответствии с товарной номенклатурой внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД) России при его таможенном оформлении).

Технические требования, требования безопасности и методы испытаний маркеров для игры в пейнтбол регламентированы в национальном нормативно-техническом документе – Государственном стандарте Российской Федерации – ГОСТ Р 51890-2002. Необходимо отметить, что требования другого национального нормативно-технического документа, регламентирующего общие технические требования и методы испытания пневматического оружия и конструктивно