



УДК 343.982.35

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-МИКРОСКОПИИ
В ТРАСОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ:
ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ****Ольга Александровна Четвергова***,
Михаил Александрович Четвергов**Московский университет МВД России имени В. Я. Кикотя,
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,
Москва, Россия

* ol.bondarencko2011@yandex.ru

** chetvergova@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности построения 3D-изображения с применением программного обеспечения 3DF Zephyr Free и алгоритм получения трехмерных изображений. Раскрываются возможности и ограничения применения различных версий указанной программы. Экспериментально, на примере статических и динамических следов орудий взлома и инструментов, доказана эффективность применения программы 3DF Zephyr Free для фиксации и изучения микропризнаков следов. Предложены рекомендации по выбору фотокамер для фиксации следов в двухмерном пространстве в целях их последующего преобразования в трехмерное изображение с применением программы 3DF Zephyr Free. Отмечается, что использование предложенного метода возможно не только при исследовании объектов микротрасологии, но и в других видах экспертиз, таких как судебно-баллистическая экспертиза и технико-криминалистическая экспертиза документов.

На основании экспериментальных исследований авторы приходят к выводу, что 3D-изображение следов позволяет полно и всесторонне передать признаки изучаемого объекта на иллюстрационной таблице, что обеспечивает убедительность и наглядность полученных экспертным путем результатов.

Ключевые слова: трасологическая экспертиза, программное обеспечение, микропризнаки, следы, 3D-изображения

Для цитирования: Четвергова О. А., Четвергов М. А. Использование 3D-микроскопии в трасологической экспертизе: возможности и ограничения // Судебная экспертиза. 2024. № 4 (80). С. 39–46.

**THE USE OF 3D MICROSCOPY
IN TRACEOLOGICAL EXAMINATION:
OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS****Olga Alexandrovna Chetvergova***, **Mikhail Alexandrovich Chetvergov****Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia,

* ol.bondarencko2011@yandex.ru

** chetvergova@mail.ru

© Четвергова О. А., Четвергов М. А., 2024



Abstract. The article discusses the features of constructing a 3D image using the "3DF Zephyr Free" software and an algorithm for obtaining three-dimensional images. The possibilities and limitations of using different versions of the program in question are revealed. Experimentally, using the example of static and dynamic traces of hacking tools and tools, the effectiveness of using the "3DF Zephyr Free" program to study trace micro-signs has been proven. Recommendations on the choice of cameras for fixing footprints in two-dimensional space for their subsequent transformation into a three-dimensional image using the program "3DF Zephyr Free" are proposed. It is noted that the use of the proposed method is possible not only in the study of micro-traceology objects, but also in other types of examinations, such as forensic ballistic examination and technical forensic examination of documents.

Based on the results of experimental studies, the authors conclude that 3D images of footprints allow for a complete and comprehensive transfer of the signs of the object under study on the illustration table, which ensures the credibility and visibility of the results obtained by expert means.

Keywords: traceological examination, software, micro-signs, footprints, 3D images.

For citation: Chetvergova O. A., Chetvergov M. A. The use of 3D microscopy in traceological examination: opportunities and limitations // Forensic Examination, 39–46, 2024. (In Russ.).

Одной из задач общества и государства является борьба с преступностью, заключающаяся в совершенствовании методов и средств получения доказательственной информации, одним из источников которых выступает судебная экспертиза.

Вместе с тем следует признать, что объекты трасологической экспертизы не всегда можно изъять с объектом-носителем (его частью). Сказанное прежде всего касается объемных следов подошвенной части обуви, транспортных средств, орудий взлома, а использование модельных методов (изготовление слепков следов) приводит к утрате микропризнаков следообразующего объекта.

При предоставлении объекта-следоносителя (фрагмента объекта) важно изучить и передать на фотоснимке всю совокупность признаков, оставляемых орудием преступления: на дне следа, стенках следа, верхнем контуре следа (крае и грани следа).

Как показывает практика, при исследовании объектов и микропризнаков следов применяются криминалистические лупы и оптические (световые) стереоскопические микроскопы (МСП, «Биомед», Leica и др.), позволяющие получать увеличенное изображение объекта в двухмерном пространстве. Однако исследование следов в двухмерном пространстве не позволяет в полной мере изучить и передать на фотоснимке всю совокупность отображенных в следе микропризнаков. Это в первую очередь относится к объемным следам, оставленным орудиями взлома и инструментами, при исследовании которых значительное количество признаков, отображающих особенности рабочей части следообразующего объекта, могут наблюдаться не только на дне следа, но и на его стенках, крае и грани. Поэтому в целях изучения объемных следов рекомендуется использовать методы растровой электронной микроскопии (РЭМ) [1]. Растровые



электронные микроскопы обладают высокой разрешающей способностью, большой глубиной резкости, но в практике производства трасологических экспертиз не используются из-за высокой стоимости оборудования.

Изучение микроструктуры следов возможно с применением цифрового микроскопа Leica DVM6, позволяющего получать трехмерные изображения объектов исследования. Построение 3D-изображения изучаемого объекта заключается в использовании программного обеспечения LAS X, осуществляющего в автоматическом режиме «послойную» съемку и монтирование отдельных фотоизображений по координатной сетке XYZ в единый файл, который отображается в виде синтезированного 3D-изображения на экране монитора персонального компьютера. Отметим, что микроскоп позволяет получать и двухмерные изображения объектов исследования.

Следовательно, результат визуализации во многом зависит не только от оптической системы микроскопа, но и от разрешения камеры, встроенной в систему монитора, а также программного обеспечения, управляющего работой комплекса [2]. Используя монитор, который не в состоянии отобразить все цвета, эксперт рискует внести ошибки как в процессе регистрации изображения, так и на стадии его обработки. Важными характеристиками монитора являются его размер, четкость изображения, разрешение, шаг точки (зерно), глубина цвета и скорость обновления экрана [3]. При экспертном исследовании объектов необходимо использовать цветные фотоматрицы с разрешением свыше 12 бит на канал [4].

Обрабатывающие программы должны передавать ощущение глубины резко изображаемого пространства, пространственной формы и структуры объектов. Определяющим при этом является уровень соответствия (подобия) синтезируемого изображения изучаемому объекту.

Программное обеспечение также позволяет осуществлять измерения объекта, зафиксированного на фотоизображении (длину, ширину, угол), а также вычислить его площадь и периметр. Правильность измерений обеспечивается калибровкой микроскопа, учитывающей позиции при масштабировании, и используемого объектива. Кроме того, общее увеличение всегда сохраняется и отображается вместе с каждым изображением.

Несмотря на преимущество цифровых микроскопов Leica DVM6, они используются не во всех экспертно-криминалистических подразделениях страны из-за высокой стоимости. Кроме того, результаты проведенных авторами экспериментальных исследований с применением программно-аппаратного комплекса LAS X, обеспечивающего построение 3D-изображения объекта, которое получено с помощью цифрового микроскопа Leica DVM6, свидетельствуют о том, что не всегда удается получить 3D-изображение следа. К примеру, не удалось построить 3D-изображение фрагмента деревянного бруска со статическим следом орудия взлома. Поэтому нами был осуществлен поиск альтернативных путей решения задач при исследовании объемных следов.

Проанализировав имеющиеся криминалистические средства для исследования объемных объектов, была установлена возможность получения их трехмерных изображений с использованием фотоаппарата, удлинительных колец (макрокольца) и программного обеспечения 3DF Zephyr.



Процесс построения изображений полностью автоматический, при этом никакого специального оборудования не требуется. Программное обеспечение 3DF Zephyr позволяет автоматически создавать 3D-модели по фотографиям, экспортировать полученные 3D-модели в распространенные графические форматы файла и имеет удобный интерфейс. Кроме того, программное обеспечение 3DF Zephyr обладает множеством передовых функциональных возможностей. С его помощью можно редактировать модель, создавать цифровую модель рельефа (DTM), управлять данными лазерного сканирования и вычислять площадь, объемы, углы, контурные линии и пр.

Программное обеспечение 3DF Zephyr представлено в трех версиях: 3DF Zephyr, 3DF Zephyr Lite / 3DF Zephyr Lite Steam Edition, 3DF Zephyr Free. Рассмотрим особенности каждой версии программы. 3DF Zephyr – это наиболее полная версия программного обеспечения для трехмерной фотограмметрии (данная программа является платной); 3DF Zephyr Lite / 3DF Zephyr Lite Steam Edition также является платной, но имеет ограниченный функционал. Предназначена для пользователей, которым не нужны все инструменты, доступные в полной версии. 3DF Zephyr Free – бесплатная версия, позволяющая получать трехмерные изображения объектов, но имеющая серьезные ограничения, связанные с количеством исходных фотоснимков, загружаемых в программу (не более 50), и отсутствием возможности осуществления измерений.

В целях изучения возможностей получения трехмерных изображений нами использовалась программа 3DF Zephyr Free. В качестве объектов исследования выступали статические следы орудий взлома на деревянном бруске и динамические следы орудия взлома на металле, полимерном материале (пластике) и кабеле.

Процесс получения 3D-изображения объектов состоит из следующих этапов.

1. Получение двухмерного изображения с помощью цифровой фотокамеры. Для получения качественных фотоснимков рекомендуется использовать DSLR-камеры (рефлекторные) и беззеркальные камеры с датчиком размером более 1/2.3" и объективы с фокусным расстоянием от 25 до 50 мм. С камерами, оснащенными датчиком APS-C, рекомендуется использовать объективы со значениями фокусного расстояния от 18 до 35 мм.

Фотофиксация объектов осуществляется по общим правилам: задняя стенка фотоаппарата должна быть расположена параллельно плоскости следа, а оптическая ось объектива направлена на центр следа; необходимо избегать прямых источников света, которые могут отбрасывать тени и тем самым скрывать участки поверхности, и высоких значений чувствительности (ISO), так как шум может отрицательно повлиять на сшивание исходников; по возможности необходимо сохранять высокие значения диафрагмы ($f/8 - f/16$), так как это помогает получить широкую глубину резкости на снимках. Съемку целесообразно осуществлять с применением штатива, освещение – рассеянное. Каждая часть следа должна быть зафиксирована с трех отдельных точек, снятых с разных мест с одинаковым фокусным расстоянием.

2. После получения фотоснимков-исходников с помощью цифровой фотокамеры Canon 550D с удлинительными кольцами (макрокольцами) они загружаются в программу 3DF Zephyr Free, и начинается их автоматическая обработка.



Стоит отметить, что программа имеет довольно удобный пользовательский интерфейс, что не создает дополнительных барьеров в ее освоении. Процесс генерации 3D-изображения состоит из четырех этапов: разреженное облако точек; плотное облако точек; полигональная сетка; текстурированная сетка. На каждом этапе возможен выбор категорий и пресетов, облегчающих процесс построения изображения. После получения 3D-модели программой обеспечена возможность экспорта в распространенные 3D-форматы (OBJ, PLY, STL), постобработки созданных моделей.

В результате экспериментального исследования были получены трехмерные изображения объектов, представленных на рис. 1–4.



Рис. 1. 3D-изображение фрагмента
деревянного бруска
со статическим следом орудия взлома

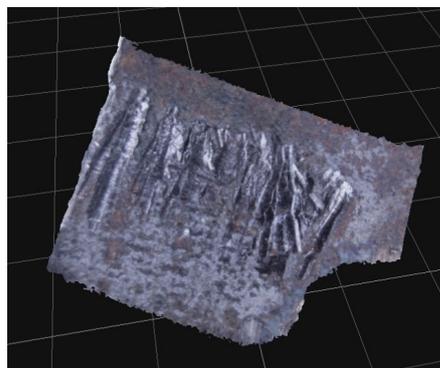


Рис. 2. 3D-изображение фрагмента
металлической пластины
с динамическими следами орудия взлома

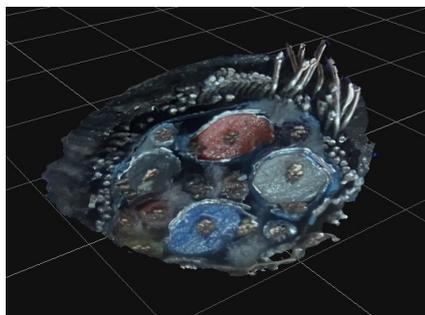


Рис. 3. 3D-изображение фрагмента
кабеля видеоинтерфейса
с динамическими следами разреза

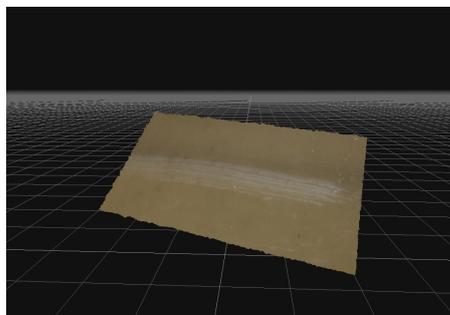


Рис. 4. 3D изображение фрагмента
полимерного материала (пластика)
с динамическими следами орудия взлома

Как видим, использование фотоаппарата Canon 550D с удлинительными кольцами (макрокольцами) и программного обеспечения 3DF Zephyr Free для получения трехмерных изображений объектов трасологической экспертизы позволяет зафиксировать большую исследуемую область следа и достичь высокой детализации изображения, способствующей наилучшему восприятию следа



в трехмерном пространстве. Кроме того, получение 3D-изображения объектов возможно не только в лабораторных условиях, но и при проведении предварительных исследований на месте происшествия.

Однако применение программного обеспечения 3DF Zephyr Free оказалось несостоятельным в отношении динамических следов орудия взлома, оставленных на металле. Это связано, во-первых, со свойствами следовоспринимающей поверхности объекта (металла) – наличием «бликов», а во-вторых, с влиянием условий фотосъемки фотоаппаратом. В то же время с использованием программно-аппаратного комплекса Leica DVM6, обладая настраиваемым интегрированным освещением, наоборот, удалось построить 3D-изображение следа.

Факт использования программного обеспечения для построения 3D-изображения следа должен быть отражен в заключении эксперта. В частности, в исследовательской части заключения важно отразить наименование, версию примененной программы, а также процесс работы и полученные результаты.

Таким образом, предложенный нами способ получения 3D-изображений объектов открывает новые возможности в исследовании объектов и получении результатов, отвечающих требованиям, предъявляемым к заключению эксперта, которое выступает в качестве вещественного доказательства. Использование предложенного метода возможно не только при исследовании объектов трасологической экспертизы, но и других видов экспертиз, таких как судебно-баллистическая экспертиза и технико-криминалистическая экспертиза документов.

Список источников

1. Трубицын Р. Ю. Криминалистическое исследование микрорельефа объектов судебных экспертиз: дис. ... канд. юрид. наук. Саратов, 2000. 160 с.
2. Барина О. А. Использование информационных технологий при криминалистическом исследовании реквизитов документов // Дискуссионные вопросы теории и практики судебной экспертизы: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (25–26 марта 2021 г.). Москва: Рос. гос. ун-т правосудия, 2021. С. 93–96.
3. Четверкин П. А. Методы цифровой обработки слабовидимых изображений при технико-криминалистическом исследовании документов: дис. ... канд. юрид. наук. Москва, 2009. 259 с.
4. Пальчикова И. Г., Смирнов Е. С. Интервальная оценка параметров цвета из цифровых изображений // Компьютерная оптика. 2017. Т. 41, № 1. С. 95–102.

References

1. Trubitsyn R. Y. Forensic investigation of the microrelief of objects of forensic examinations. Dissertation of candidate of juridical sciences. Saratov; 2000: 160. (In Russ.).
2. Barinova O. A. The use of information technologies in the forensic examination of document details. In: Debatable issues of theory and practice of forensic examination. Materials of IV International Scientific and Practical Conference, 25–26 March 2021. Moscow: Russian State University of Justice; 2021: 93–96. (In Russ.).



3. Chetverkin P. A. Methods of digital processing of visually impaired images in the technical and forensic examination of documents. Dissertation of candidate of juridical sciences. Moscow; 2009: 259. (In Russ.).

4. Palchikova I. G., Smirnov E. S. Interval estimation of color parameters from digital images. Computer optics, 95–102, 2017. (In Russ.).

Четвергова Ольга Александровна,

доцент кафедры оружейведения и трасологии
учебно-научного комплекса судебной экспертизы
Московского университета МВД России имени В. Я. Кикотя,
доцент кафедры «Безопасность в цифровом мире»
Московского государственного технического университета
имени Н. Э. Баумана,
кандидат юридических наук, доцент;
ol.bondarencko2011@yandex.ru

Четвергов Михаил Александрович,

старший преподаватель кафедры оружейведения и трасологии
учебно-научного комплекса судебной экспертизы
Московского университета МВД России имени В. Я. Кикотя,
старший преподаватель кафедры «Безопасность в цифровом мире»
Московского государственного технического университета
имени Н. Э. Баумана;
chetvergova@mail.ru

Chetvergova Olga Alexandrovna,

associate professor at the department of weapon analysis and traceology
of the training and scientific complex of forensic examination
of the Kikot Moscow University
of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
associate professor at the department "Security in the Digital World"
of the Bauman Moscow State Technical University,
candidate of juridical sciences, docent;
ol.bondarencko2011@yandex.ru

Chetvergov Mikhail Alexandrovich,

senior lecturer at the department of weapon analysis and traceology
of the training and scientific complex of forensic examination
of the Kikot Moscow University
of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
senior lecturer at the department "Security in the Digital World"
of the Bauman Moscow State Technical University;
chetvergova@mail.ru



Статья поступила в редакцию 23.10.2024; одобрена после рецензирования 30.10.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 23.10.2024; approved after reviewing 30.10.2024; accepted for publication 15.11.2024.

* * *