

МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЭКСПЕРТНО-КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

Л.А. Черницын, В.И. Иванов, В.Ю. Слипченко

ПОЛУЧЕНИЕ, ОБРАБОТКА, ХРАНЕНИЕ
И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ
ЦИФРОВЫХ ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ «РАСТР-5»
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКСПЕРТИЗ
В ОРГАНАХ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Методические рекомендации

Москва 2007

УДК 343.982.3

*Одобрены и рекомендованы к опубликованию
Методическим и Редакционно-издательским советами ЭКЦ МВД России*

Черницын Л.А., Иванов В.И., Слипченко В.Ю.

Получение, обработка, хранение и представление цифровых фотоизображений с использованием системы «Растр-5» при производстве экспертиз в органах внутренних дел Российской Федерации: Методические рекомендации. - М.: ЭКЦ МВД России, 2007. - 32 с, 26 ил., библиогр.

Описана методика получения, обработки, хранения и представления фотоизображений в цифровой форме в лабораторных условиях и на выезде. Даны рекомендации по использованию программно-аппаратного комплекса «Растр-5» при производстве экспертиз.

Для экспертов-криминалистов, проводящих исследования объектов по их изображению, а также для студентов юридических учебных заведений.

План выпуска литературы ЭКЦ МВД России, 2007, поз. 10

**Леонид Александрович Черницын
Виталий Иванович Иванов
Владимир Юрьевич Слипченко**

**ПОЛУЧЕНИЕ, ОБРАБОТКА, ХРАНЕНИЕ
И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ «РАСТР-5»
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКСПЕРТИЗ В ОРГАНАХ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Методические рекомендации

Редактор *М.П. Фроленко*
Технический редактор *К.И. Новичков*
Корректоры *Н.В. Кунеева, И.Н. Сорочихина*

Подписано в печать 07.06.2007 г. Формат 60x90 1/16. Печать офсетная.
Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 2,25. Тираж 1400 экз. Заказ №1221

ОАО «Щербинская типография», 117623, г. Москва, ул. Типографская, д. 10

© ЭКЦ МВД России, 2007

ВВЕДЕНИЕ

Использование фотоизображений в цифровой форме, как и видеозаписи событий в динамике, широко вошло в различные области экспертно-криминалистической деятельности, что позволяет расширить возможности при решении целого ряда задач. В частности, к таким задачам, решаемым с помощью получения, обработки и сохранения цифровых фотоизображений, относятся следующие:

- фиксация результатов осмотра места происшествия;
- неразрушающее исследование различных объектов экспертизы;
- поддержка коллекций изображений, используемых в качестве криминалистических и вспомогательных учетов.

Коллекции включают изображения бланков, документов, купюр (как подлинных, так и обладающих выявленными признаками подделки), которые используются при проведении исследований и экспертиз в качестве шаблонов - образцов для сопоставления в целях определения подлинности или выявления признаков подделки исследуемых объектов. Кроме того, в коллекции изображений могут храниться примеры удачной обработки изображений для использования при возникновении сходных ситуаций.

В работе эксперта-криминалиста значительное время занимает процесс подготовки иллюстраций к исследованиям и экспертизам. Программно-технический комплекс «Растр-5» - система, призванная упростить и ускорить эту часть работы эксперта. Использование в повседневной работе экспертов современной вычислительной техники позволяет получать изображения для экспертиз из различных источников, не ограничиваясь традиционным фотопроектором, и применять для их обработки и исследования самые современные методы и алгоритмы.

Проанализировав задачи и потребности экспертов, разработчики объединили возможности программ для регистрации, обработки, анализа, хранения изображений и подготовки документов в одной системе. Была создана система «Растр-5», которая высвобождает время эксперта, повышает производительность, уменьшает время производства экспертиз и заключений.

Система «Растр-5» позволяет иллюстрировать дактилоскопические, баллистические, почерковедческие, трасологические экспертизы, заключения по холодному и огнестрельному оружию, по почерку, по штампам и печатям, а также проводить различного вида микроскопические исследования. Систему можно использовать в целях выявления монтажа фотоизображений путем совмещения и т. д.

Система «Растр-5» позволяет производить следующие действия:

- вводить в компьютер изображения из различных источников без подключения дополнительных драйверов и устройств;
- осуществлять функции сравнительного микроскопа, мощного графического редактора в части обработки изображения и текстового редактора в объеме, необходимом эксперту при подготовке заключения;
- организовать и поддерживать неограниченное количество баз данных, содержащих исходные и обработанные изображения и готовые к печати документы;
- вводить черно-белые и цветные изображения.

Источниками изображений может быть следующее:

- файлы стандартных графических форматов (*BMP, TIFF, JPEG*);
- файлы форматов АДИС «Папилон» и «Арсенал Папилон»;
- системный буфер обмена;
- планшетные сканеры, цифровые камеры и другие устройства, использующие TWAIN-интерфейс;
- видеокамеры, видеомагнитофоны (ввод видеосигнала осуществляется через устройства, поддерживаемые драйверами *MSI* или через плату видеозахвата; через плату видеозахвата подключается и современная видеокамера высокого разрешения *TVC-9*).

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Апертура фильтра - область преобразования пикселей изображения. Представляет собой набор коэффициентов, задающих закон преобразования интенсивности центрального пикселя в зависимости от значений интенсивности пикселей в окрестности, определяемой размером апертуры.

База данных - инструмент системы «Растр-5», предоставляющий возможность хранения с разграничением прав доступа следующих объектов:

- исходные изображения;
- обработанные изображения, в том числе в форме журнального файла - трекинга;
- документы (см. «Документ»);
- экспертиза в терминах системы «Растр-5» представляет собой документ, содержащий обрабатываемые изображения и дополнительные элементы оформления, указывающие на характерные детали и различия. Используется при проведении различных, преимущественно сравнительных, исследований (например, при производстве дактилоскопических или почерковедческих экспертиз, различных тра-сологических исследований и т. п.).

Быстрое преобразование Фурье (БПФ) - метод спектрального анализа, используемый при автоматизированной обработке изображений.

Математическая сущность метода заключается в разложении изображения в спектр пространственных частот. Каждая из точек спектра может быть однозначно сопоставлена с пространственно-периодичным рисунком, определенным образом ориентированным на плоскости изображения.

Прикладное значение метода заключается в усилении или ослаблении составляющих изображения, имеющих выраженную пространственно-периодическую структуру.

Буфер обмена - инструмент операционной системы, предназначенный для передачи графической и текстовой информации между различными приложениями (программами, которые запускает для своих нужд пользователь). Реализуется выделением фрагмента текста и/или рисунков мышью и выбором в контекстном меню (вызывается правой кнопкой мыши) опций «Копировать» - «Вставить».

Гистограмма - инструмент статистического анализа, позволяющий представить в наглядной графической форме частоту реализаций ансамбля возможных значений.

Применительно к цифровой обработке растровых изображений гистограмма представляет количество пикселей с тем или иным уровнем градаций яркости.

Графический файл - файл в одном из стандартных графических форматов (опознается в списке по расширению имени файла).

Читаются и записываются в программе «Растр» файлы со следующими расширениями: *BMP* (.bmp); *TIFF* (.tif); *JPEG* (.jpg); *PCX* (.pcx); *TGA* (.tga); *PNG* (.png); журнальные файлы изображений, обработанных в системе «Растр-5», - трекинги (.trc).

Читаются, но не записываются в программе «Растр» файлы со следующими расширениями: *GIF* (.gif); сжатое в формате *WSQ* изображение (.wsq).

Читаются, но не записываются в программе «Растр» следующие файлы изображений в формате «Папилон»:

- дактилокарта до базы, отсканированная в АДИС «Папилон» или с помощью устройства бесцветного дактилоскопирования «Папилон» (.scf);
- готовая карта в формате хранения АДИС «Папилон» (.f);
- дактилокарта, предварительно сжатая для передачи по телекоммуникационным каналам связи (.fs);
- след пальца или ладони, отсканированный в АДИС «Папилон», в том числе в составе мобильного комплекса АДИС с помощью цифрового фотоаппарата (.u11);
- готовый след пальца или ладони в формате хранения АДИС «Папилон» (.1, .t);
- след, предварительно сжатый для передачи по телекоммуникационным каналам связи (.ls);
- изображения, полученные на скоростном устройстве сканирования «Папилон» (.src).

Динамический диапазон - диапазон, ограниченный максимальным и минимальным уровнями градаций яркости изображения. Различают динамический диапазон как характеристику оборудования, используемого для захвата изображения, и динамический диапазон собственно изображения.

Документ - в программе «Растр» - макет печатного листа (листов) с размещенными изображениями, пояснительными надписями и другими элементами оформления.

Захват изображения - получение растрового изображения в формате, используемом автоматизированной системой, непосредственно с объекта.

Калибровка, пространственная калибровка - установка величины разрешения изображения (см. «Разрешение изображения»).

Контрольные точки - характеристики изображения отпечатка или следа, отмечающие точки нарушения непрерывности папиллярных линий. Различают основные типы точек:

- тройник - устанавливается в место разветвления папиллярных линий;
- окончание - устанавливается в место прерывания папиллярной линии.

Обработка изображения - выполнение последовательности элементарных преобразований изображения (шагов), реализуемых в программе по выбору пользователя.

Элементарные преобразования изображения - вращения, зеркальные отображения относительно горизонтальной и вертикальной осей, регулировка яркости и контраста, фильтрация, применение метода быстрого преобразования Фурье и пр.

Откат - возвращение программными средствами обработанного изображения к исходному виду либо к любому промежуточному состоянию в процессе обработки (см. «Трекинг»).

Пиксель - синоним термина «точка» по отношению к цифровым изображениям. Таким образом, пиксель содержит все характеристики точки растрового изображения.

Растр изображения - прямоугольный массив пикселей.

Разрешение изображения - в интерфейсе системы «Растр-5» - величина, показывающая, сколько пикселей изображения умещается в единице линейного размера. Чем больше эта величина, тем более мелкие (по линейным размерам) детали могут быть сохранены в цифровом изображении (рис. 1).

Правильное определение разрешения изображения позволяет выполнять измерение элементов изображения. Определение разрешения изображения выполняется с помощью калибровки.

Скользящее окно - то же, что «Апертура» (см. с. 5).

Трекинг - в процессе модификации исходного изображения ведется автоматическое протоколирование всех шагов обработки с возможностью отката на любое промежуточное состояние. Объект, содержащий этот протокол, называется трекинг.

Фильтр - разновидность преобразования (шаг обработки) изображения. Представляет собой процедуру, изменяющую точки растра в соответствии с определенным математическим законом и параметрами, заданными пользователем.

Эквализация - разновидность фильтра. Представляет собой процедуру выравнивания гистограммы изображения по всему изображению или его фрагменту. В некоторых случаях улучшает субъективное восприятие изображения за счет более равномерного использования его динамического диапазона.

Рис 1 Соотношение размеров изображения и объекта

PDP (Picture Transfer Protocol) - протокол передачи данных, используемый при соединении цифровой фотокамеры и внешнего устройства - принтера, компьютера.

TWAIN - интерфейс, протокол взаимодействия приложения пользователя и внешнего устройства, поддерживаемый при подключении широкого класса периферийных устройств (в частности, планшетных сканеров и некоторых разновидностей электронных микроскопов). Не путать с протоколами взаимодействия подключаемых устройств на физическом уровне (например, *USB* - в частности, планшетный сканер подключается к

программно-аппаратному комплексу «Растр-5» через интерфейсный порт *USB* на корпусе компьютера, но для взаимодействия с приложением используется интерфейс *TWAIN*).

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ЭКСПЕРТИЗЫ

Получение цифровых фотоизображений объектов экспертизы (исследования) может производиться как в ходе лабораторных исследований, так и на выезде (в таком случае используется цифровой фотоаппарат или бытовая видеокамера).

Возможно также изъятие содержащих изображения материальных носителей при проведении различных следственных действий и оперативно-разыскных мероприятий. Изъятые изображения могут представлять собой записи в дисковой памяти, а также фотографии, натурные образцы визуально различимых объектов (например, образцы почерка). Изъятые в любой форме изображения могут быть «оцифрованы» и введены в растровой форме в автоматизированную систему для последующей обработки и хранения.

Для получения растрового изображения используется захват непосредственно с объекта, сканирование либо цифровая фотосъемка промежуточного материального носителя. Для получения растровых изображений объектов экспертизы может быть использовано различное оборудование, для задействования которого необходимо установить на компьютере соответствующее системное и прикладное программное обеспечение.

Для получения, хранения, обработки и представления цифровых фотоизображений рекомендуется использовать специализированный программно-аппаратный комплекс «Растр-5», апробированный в МВД и ФСБ России ([2], [3]). Программно-аппаратный комплекс включает персональный компьютер (или переносной компьютер - ноутбук) и периферийные устройства для ввода изображений. Комплекс поддерживает следующий перечень возможностей захвата изображений:

- с использованием цифровых и аналоговых теле- и видеокамер, в том числе *TVC-9* («Папилон») и камер сторонних производителей. Для получения цифровых микрофотографических изображений используется комплектация камеры *TVC-9* в сборе с микроскопом. В промежуточном диапазоне разрешений изображения совместно с камерой *TVC-9* используется комплект удлинительных колец;
- с использованием цифровой фотокамеры через интерфейс *PTP*;
- с использованием устройств ввода, поддерживающих *TWAIN-интерфейс*, в том числе планшетных сканеров и некоторых других устройств - некоторых моделей цифровых фотоаппаратов и микроскопов (*Leika*);
- из других приложений (программ, запущенных на автоматизированном рабочем месте эксперта-криминалиста) - через буфер обмена;
- из файлов - например, путем скачивания фотографий, снятых на цифровой фотокамере, в форме графических файлов (минуя специализированные интерфейсы, если последние не поддерживаются фотоаппаратом) или из файлов-контейнеров, содержащих видеозаписи.

Таким образом, система «Растр-5» адаптирована к приему изображений путем непосредственного захвата с объектов посредством различных устройств: специализированного комплекта видеоборудования, цифрового фотоаппарата, бытовой видеокамеры, изображений, сохраняемых в системах наружного или внутреннего видеонаблюдения. Поддерживается сканирование изображений с твердых копий (на бумаге, дактопленке и т. д.), прием графических файлов разнообразных форматов.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ «РАСТР-5»

Работа с изображениями

Система позволяет производить редактирование изображений:

- изменение масштаба;
- вращение;
- зеркальное отражение по горизонтали и вертикали;
- отсечение части изображения;
- эквализацию изображения;
- получение негатива;
- преобразование гистограммы яркостей изображения;
- преобразование цветности изображения;
- преобразование изображения с использованием корректирующих фильтров.

Исходные изображения, введенные в базу данных, никогда не подвергаются изменениям программой. При обработке изображений система позволяет отменить неограниченное количество операций преобразования, даже если они выполнены ранее (в предыдущих сеансах работы с программой).

Совмещение

Система позволяет исследовать одновременно два изображения, не обращаясь к сравнительному микроскопу, а также совмещать и сравнивать два изображения, применяя к каждому из них любые операции обработки. Сравнение может быть выполнено либо по вертикальной линии, разделяющей два изображения, либо путем перекрытия изображений. Результат совмещения можно использовать как единое целое для дальнейшей работы.

При сравнении или совмещении изображений эксперт имеет следующие возможности:

- использовать любой из 14 режимов объединения двух изображений в зоне перекрытия (чередование, вычитание и т. п.);
- назначить маску с реверсивной прозрачностью для совмещения изображений по сложной линии раздела;
- совместить два изображения по характерным точкам.

Изображение, полученное в результате совмещения, можно использовать при создании экспертного заключения непосредственно в системе следующим образом:

- экспортировать в файл стандартного графического формата (*BMP, TIFF, JPEG*);
- экспортировать в формате ФБР [*CJIS-RS-0010 (V7)*];
- экспортировать в системный буфер обмена для непосредственной передачи другому приложению, графическому или текстовому редактору.

Оформление результатов работы

Система позволяет создавать многостраничные документы, вставлять в них исходные и обработанные изображения, использовать в качестве элементов оформления линии, выноски, прямоугольники, надписи с возможностью выбора шрифтов, цвета надписей и фона.

Располагая в тексте необходимые изображения, изменяя их размер и положение, снабжая их необходимыми пояснениями, эксперт оперативно создает нужный документ.

Печать требуемого количества копий производится стандартными средствами операционной системы на лазерном принтере.

ТЕЛЕКАМЕРА ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Для ввода изображений различных объектов в широком диапазоне линейных размеров может применяться телекамера высокого разрешения.

Телекамера *TVC-9* поставляется в составе комплекта видеоборудования «Папилон», куда кроме собственно телекамеры входит следующее:

- объектив «Папилон-К»;
- комплект удлинительных колец;
- штатив-столик.

Комплект удлинительных колец, устанавливаемых между объективом и посадочной резьбой телекамеры, позволяет увеличить разрешение полученных изображений.

Штатив-столик предназначен для размещения объекта экспертизы (исследования) и производства съемки.

Под разрешением изображения понимается соотношение между количеством точек раstra изображения и линейными размерами предмета. Таким образом, разрешение изображения оказывается эквивалентно понятию «увеличение»: чем выше разрешение (количество точек изображения на единицу линейного размера объекта), тем больше размер изображения в масштабе 1:1 на экране монитора.

Для определения величины разрешения захватываемых изображений используется пространственная калибровка. Чаще всего пространственная калибровка осуществляется путем фотографирования объекта вместе с линейкой или с предметом, размер которого точно известен. Частным случаем пространственной калибровки является калибровка дактилоскопических изображений, которая осуществляется на основе так называемого «гребневого счета».

Возможно использование телекамеры *TVC-9* совместно с микроскопом МБС-10 и микрофотографическим устройством МФУ. Возможности увеличения изображения, получаемого с помощью телекамеры *TVC-9*, используемой совместно с микроскопом, определяются по паспортным данным микроскопа.

Возможности увеличения изображения, получаемого с помощью телекамеры *TVC-9* с комплектом удлинительных колец, отображены на рис. 2.

Рис 2 Размер объектного поля камеры при различном удалении на штативе-столике и различном количестве удлинительных колец (высотой 5 мм)

Для удобства использования в комплект видеоборудования «Папилон» входит набор из трех колец (высотой 5, 10 и 15 мм).

ЦИФРОВОЙ ФОТОАППАРАТ

Ряд моделей цифровых фотоаппаратов может использоваться в режиме видеоввода в лабораторных условиях (совместно со штативом-столиком «Папилон») вместо телекамеры. Кроме того, цифровой фотоаппарат может использоваться для захвата изображений различных объектов при осмотре места происшествия (на выезде).

МЕДИА-ФАЙЛ

Источником медиа-файлов, используемых при производстве различных экспертиз и исследований, могут являться записи систем видеонаблюдения и видеозаписи, получаемые с помощью цифровых фотоаппаратов.

Система «Растр-5» оснащена инструментом просмотра видеозаписи с возможностью захвата и загрузки в окно обработки произвольного кадра из видеоряда. Этот инструмент представляется как опция (вариант) использования окна видеоввода, используемого при работе с телекамерой [5].

ОБРАБОТКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ

Дополнительные возможности эксперта, вооруженного системой «Растр-5», обусловлены особенностями работы человеческого мозга. Например, опытный эксперт способен обнаружить или предположить наличие таких особенностей папиллярного узора, которые могли остаться нераскрытыми при автоматизированной обработке с любыми достижимыми уровнями избирательности используемых фильтров. Таким образом, избирательность «фильтра», создаваемого средствами зрительного блока человеческого восприятия, заведомо превосходит любые программно-аппаратные комплексы. Особенно это касается специалистов с высоким профессиональным уровнем в части исследования трудноразличимых деталей папиллярного узора.

Инструменты программы позволяют сделать легко различимыми детали, скрытые из-за плохого качества изображения. Использование инструментов программы обеспечивает проведение визуального анализа изображения плохого качества в условиях очевидности и достоверности деталей, что позволит эксперту эффективно и быстро уменьшить вероятность ошибочного вывода.

Инструменты программы поддерживают модификацию изображений. При сохранении в базе данных обработанного изображения автоматически сохраняется и исходное изображение. Исходное и обработанное изображения в базе данных автоматически связываются программными средствами; удалить из базы данных исходное изображение невозможно до тех пор, пока не удалены все обработанные изображения.

По назначению и программной реализации инструменты обработки цифровых фотоизображений можно поделить на следующие группы:

- регулировка яркости, контраста и гамма-коррекции использует линейные (яркость, контраст) и нелинейные (гамма-коррекция) зависимости для пересчета интенсивностей пикселей (для цветных изображений поддерживается регулировка яркости, контраста и гамма-коррекция отдельно по каждому из цветовых каналов);

- поворот, зеркальное отражение изображений, наложение изображений, вырезание фрагментов изображения, представляющих интерес, — эти преобразования сопровождаются не пересчетом, а подстановкой массива пикселей исходного изображения, описываемого геометрическим преобразованием (поворот, изображение), или подстановкой массива пикселей изображения в заданной геометрической области;
- масштабирование - изменение размеров изображения на экране монитора без изменения его разрешения для удобства просмотра его в окне обработки;
- изменение размеров изображения путем изменения его **разрешения** (см. гл. «Термины и определения»);
- фильтры - преобразование с заданными законами, применяемое либо к изображению (фрагменту) в целом, либо к скользящему окну, перемещаемому по всему изображению или по его фрагменту;
- метод быстрого преобразования Фурье - разновидность фильтрации изображений, ориентированная на усиление или подавление пространственно-периодических структур (используется чаще всего при обработке следов отпечатков пальцев плохого качества).

Прикладное значение различных методов обработки изображений очень разнообразно. Например, манипулируя инструментами регулирования яркости и контраста, возможно выявить неразличимые глазом детали на цветных фотоизображениях. На рисунке 3 представлен пример обработки зачеркнутого текста. При этом использован канал общей яркости, затем результат обработки преобразован в полутоновую форму.

Рис 3 Преобразование яркости и контраста исходного изображения:
1 - исходный объект, 2 — передаточная функция (окно программы),
3 - результат

Возможно также инвертирование изображения в целях улучшения субъективного его восприятия. Рисунок 4 иллюстрирует инвертирование результирующего изображения из вышеприведенного примера.

Рис 4 Инвертирование градаций яркости изображения

1 - исходный объект, 2 - передаточная функция (окно программы),
3 - результат

Обычно операции инвертирования, коррекции яркости, контраста, гамма-коррекции сочетаются с дополнительной фильтрацией изображения (например, при обработке «условно-негативного» следа, выявленного на темной поверхности и обработанного порошком светлого цвета, - рис. 5). После применения ряда преобразований яркости/контраста, инвертирования и метода фильтрации «Подчеркивание границ» получено четкое позитивное изображение (рис. 6).

Рис 5 Изображение «уоловно-негативного» следа отпечатка пальца

Рис. 6 Преобразованное изображение «условно-негативного» следа

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАСШТАБА

Масштабирование изображений, операции наложения или совмещения (реализуется через специальный графический интерфейс так называемого «компаратора» [5]) в ходе производства экспертиз и сравнительных исследований требует ввода изображений с одновременным проведением пространственной калибровки. Изображения одного и того же объекта могут быть идентифицированы путем сопоставления и совмещения. В иллюстрациях к экспертизам и исследованиям различные изображения одного объекта, полученные с использованием пространственной калибровки при вводе, могут быть приведены в одном масштабе с реальными размерами объектов экспертизы.

Например, в ЭКЦ ГУВД Санкт-Петербурга и Ленинградской обл. были представлены на экспертизу фотоизображения срезов пня (получены в районе проведения незаконной вырубki) и ствола дерева, предположительно срубленного в этом районе [4]. Изображения были совмещены в окне компаратора с соблюдением равных масштабов относительно реальных размеров объекта (среза древесины). Совмещение изображений потребовало зеркального отражения одного из изображений. Путем совмещения в окне компаратора удалось подтвердить идентичность срезов (рис. 7) При этом использовался метод калибровки по линейке.

Рис 7 Пример совмещения изображений объектов

В некоторых случаях для получения изображений сравниваемых объектов в одинаковом масштабе используется калибровка по другому изображению, предварительно откалиброванному. Так при исследовании царапин, оставленных при скольжении [4], было предварительно получено микрофотоизображение микрометра, которое было подвергнуто пространственной калибровке по линейке. Затем при неизменных условиях съемки было получено изображение царапин, оставленных на металле и полимере. Поскольку разрешение полученных изображений оказалось одинаковым по условиям съемки, удалось провести калибровку изображений царапин по изображению микрометра и вывести изображения в одинаковом масштабе в одной иллюстрации, используя для этого окно «Документ» [5] (см. рис. 7).

Загрузка в окно обработки откалиброванных изображений позволяет выполнять на них средствами программы измерение расстояний, как на реальных объектах [5].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ ИЛЛЮСТРАЦИЙ К ЗАКЛЮЧЕНИЯМ ЭКСПЕРТА

Для представления цифровых фотоизображений в качестве иллюстраций к произведенным экспертизам используется встроенный текстовый и графический редактор программы, с помощью которого осуществляется верстка макета печатного листа или многостраничного документа (с выводом изображения в окне программы на печать «как есть»). При формировании документа поддерживается вставка текста с широкими возможностями форматирования, как путем набора, так и путем копирования из других документов, в том числе и из окон других текстовых редакторов (например, *MS Word*). Также возможна вставка изображений из других источников (рис. 8, 9).

Объект-микрометр для След скользяния на металле След скользяния производства измерений (силумин) на полимере

ширины полос (1 мм разбит на 100 мкм)

Рис 8 Пример использования операции пространственной калибровки изображений

(изображения размещены в одинаковом масштабе, калибровка изображения микрометра

выполнена по линейке, калибровка изображений следов скользяния выполнена

по изображению микрометра)

18

Рис 9 Пример получения изображения следа с использованием метода БПФ

ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ МОДИФИЦИРУЕМОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ (ТРЕНИНГ)

Для многошаговой обработки в системе «Растр-5», включающей несколько последовательных преобразований, предусматривается автоматическое протоколирование всех шагов модификации изображения с возможностью отката на любую предыдущую стадию программными средствами. Программная реализация этого инструмента в графическом интерфейсе пользователя именуется *трекинг* [5] (рис. 10, соответствующий преобразованию изображения на рис. 5 и 6).

Ниже приведены рекомендации по использованию специализированных инструментов обработки изображения.

Рис. 10. Протокол преобразования изображения (трекинг)

ЭКВАЛИЗАЦИЯ

Цель применения эквализации - оптимизация использования динамического диапазона изображения. Операция способствует прояснению деталей, трудноразличимых из-за недостаточности локального контраста на отдельных участках (например, на засвеченных или, наоборот, недоэкспонированных участках фотоизображения). Расчет гистограммы при этом может производиться как по всему изображению (фрагменту), так и по его участкам фиксированной величины.

ПОДЧЕРКИВАНИЕ ГРАНИЦ

Подчеркивание границ - универсальный способ усиления контуров, плохо различимых на изображении.

В программе имеются еще два метода усиления видимых контуров на растровом изображении: статистическое нормирование и гомоморфный фильтр [5]. Статистическое нормирование отличается расширенным перечнем параметров настройки. Гомоморфный фильтр позволяет усиливать проработку деталей изображения, недостаточную из-за плохих условий съемки (прежде всего - из-за невозможности выставить освещение).

Перечень вариантов изображений, которые целесообразно обработать фильтром «Подчеркивание границ», очень обширен. Сам принцип формирования растровых изображений как прямоугольных массивов точек (пикселей) различной интенсивности создает предпосылки для размывания контуров границ. При увеличении разрешения изображений, т. е. при увеличении количества пикселей на единицу линейного размера объекта, как и при увеличении масштаба изображения, проявляются незаметные при меньшем масштабе очертания

контуров изображения. Использование фильтра «Подчеркивание границ» позволяет локализовать видимые границы на изображении.

На рисунках 11-14 приведен пример использования телекамеры *TVC-9* с различным реализуемым разрешением (увеличением) с последующим применением метода «Подчеркивание границ».

Последовательный ряд изображений объекта съемки (измерительной линейки) получен телекамерой *TVC-9* без удлинительных колец и с тремя удлинительными кольцами. Были использованы удлинительные кольца из стандартного комплекта видеоввода «Папилон» (т. е. обеспечено максимальное разрешение, соответствующее увеличению фокусного расстояния оптической системы камеры на 60 мм).

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬТРОВ

Фильтр низкой частоты и фильтр высокой частоты - широко распространенные инструменты обработки изображений, подавляющие быстро и медленноменяющиеся составляющие изображения. Под составляющей изображения следует понимать рисунок, формируемый пикселями с быстро или медленноменяющимися значениями градаций яркости при перемещении по изображению апертуры (скользящего окна) фильтра.

Единственным параметром, доступным пользователю программы при использовании этих инструментов, является размер скользящего окна.

Изменение размеров апертуры позволяет усилить (или уменьшить) взаимовлияние пикселей в смежных областях изображения.

Медианный фильтр используется для подавления мелких паразитных включений (например, изображения зерна фотопленки). Алгоритм действия фильтра заключается в замене значения интенсивности пикселя на значение так называемой медианы.

В контексте обработки растровых изображений медиана определяется как значение, находящееся посередине отсортированного по возрастанию ряда значений пикселей в пределах скользящего окна (апертуры).

Нежелательным последствием использования медианного фильтра является возможность некоторого снижения четкости изображения. Степень снижения четкости изображения зависит от размеров скользящего окна: чем больше размер апертуры, тем выше снижение четкости.

Фильтр Гаусса используется для сглаживания видимых границ различных частей изображения.

21

Рис 11 Изображение полученное с помощью телекамеры высокого разрешения

TVC-9 без использования удлинительных колец (реализуемая величина разрешения -

24 пикселя/мм или 600 *dpi*)

Рис 12 То же изображение после использования метода фильтрации «Подчеркивание границ» (в окне программы)

* E:\Wttk\M*erl>K\M» TVC9. M

◆ *

Рис 13 Изображение, полученное с помощью телекамеры высокого разрешения

TVC-9 с использованием удлинительных колец (реализуемая величина разрешения -

220 пикселей/мм или 5440 *dpi*)

Рис 14 То же изображение после использования метода фильтрации «Подчеркивание границ» (в окне программы)

МЕТОД БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

Метод быстрого преобразования Фурье - эффективный инструмент обработки изображений, имеющих пространственно-периодичную структуру (прежде всего - дактилоскопических изображений). В основе метода лежит разложение изображения в спектре пространственных частот. Основная задача, решаемая экспертом при использовании метода, заключается в таком выборе области обработки, чтобы спектр представляющих интерес компонентов изображения оказался локализованным на частотной плоскости. После усиления или подавления компонентов изображение вновь преобразуется в растровую форму (рис. 15-17).

Рис 16 Вырезанное изображение следа отпечатка пальца с наложением шумов

Рис 17. Стадии пофрагментной обработки изображения следа

Рис 15 Исходное изображение следов отпечатков пальцев на объекте

Нередко оказывается целесообразным комбинировать применение метода быстрого преобразования Фурье с другими инструментами фильтрации.

Как правило, изображение отпечатка обрабатывается пофрагментно: выделяются участки потока папиллярных линий одного отпечатка, соответствующие определенным условиям. К каждому из выделенных фрагментов применяется метод быстрого преобразования Фурье, причем параметры этого преобразования выбираются каждый раз. Результаты преобразования визуализируются в окне программы в режиме реального времени.

ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ

ДАКТИЛОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НИЗКОГО КАЧЕСТВА

На качество изображения влияют разнообразные факторы, в том числе характеристики используемого оборудования.

Основные причины, определяющие ограниченные возможности использования изображения для сравнительных исследований, - длительное время пребывания следа пальца (ладони) на предмете перед изъятием, наложение посторонних следов, загрязнение, присутствие фонового рисунка текстуры подложки (материала, с которого был снят след) или материального носителя (фотопленки). Произвольный след может быть охарактеризован по одному из следующих признаков:

- 1) изъятый след пальца (ладони) руки имеет достаточно высокое качество, позволяющее различить детали папиллярного узора, выявить достаточное количество контрольных точек;
- 2) изъятый след пальца (ладони) обладает низким качеством; детали папиллярного узора трудно различимы из-за наложения других следов либо загрязнений;
- 3) след изъят по прошествии длительного времени после того, как был оставлен, вследствие чего изображение характеризуется недостаточным контрастом, размытостью деталей, недостаточным использованием доступного динамического диапазона;
- 4) изображение следа содержит рисунок фона (подложки) - текстуры материала, на котором след был оставлен, ячеистую структуру зернистости фотопленки.

Первый случай определяет дальнейшее использование следа пальца в автоматизированном контуре дактилоскопического учета: такой след должен быть введен в автоматизированную дактилоскопическую информационную систему (АДИС) с выполнением обычных в таких случаях

25

действий. Варианты 2-4 требуют введения дополнительной стадии -улучшения качества исходных изображений с использованием специального прикладного программного обеспечения системы «Растр-5».

В соответствии с возможностями системы «Растр-5» рекомендуется следующий порядок обработки изображений.

1. Определить необходимость пофрагментной обработки изображения. Оптимальные способы обработки различных фрагментов изображения, как правило, различаются
2. Наметив интересующий фрагмент изображения, локализовать его. Для этого выбрать форму ограничения области обработки -прямоугольник, эллипс, произвольную фигуру
3. Отмеченный фрагмент изображения обработать с помощью методов фильтрации растрового изображения; иногда целесообразно использовать метод быстрого преобразования Фурье.

Наблюдаемые шумы и помехи на некачественном изображении определяются совокупностью различных факторов, причем одинаковые симптомы потери качества различных изображений могут быть вызваны различными причинами. Задача эксперта заключается в осторожном применении инструментов программы ко всему рассматриваемому изображению или его фрагментам. Каждое дактилоскопическое изображение (тем более, если речь идет об изображении плохого качества) уникально в контексте возможностей, предлагаемых программой.

Система «Растр-5» адаптирована к такому алгоритму работы, когда эксперт, выделив тот или иной участок изображения и применив к нему те или иные инструменты, может продолжить обработку дальше либо вернуться к исходному (или любому промежуточному) состоянию.

Действия пп. 2 и 3 могут повторяться для различных фрагментов изображения, в том числе и перекрывающихся.

Анализ исходного изображения следует производить по схеме, определяемой постановкой следующих вопросов:

«Представляет ли изображение одиночный след пальца (ладони) или присутствует наложение следов?»;

«Имеются ли на изображении фрагменты пониженного качества?».

Средствами программы обеспечивается возможность подавления или усиления пространственно-периодической структуры изображения, описываемой чередующимися темными и светлыми линиями с определенной частотой (цикл/мм). Если на изображении присутствует наложение следов пальцев рук (ладоней), то целесообразно осуществить усиление или подавление рисунка папиллярного узора одного из отпечатков (рис. 18).

Рис 18 Пример наложения изображений следов пальцев

При наличии на изображении двух и более пересекающихся отпечатков эти отпечатки можно разделить с помощью спектрального анализа изображения. Для того чтобы «очистить» один из отпечатков, требуется определить спектральный состав остальных участков (рис. 19).

Рис 19 Изображение отпечатка пальца (слева) и его образ на частотной плоскости (справа)

Образ на частотной плоскости представляет собой совокупность светлых точек на темном фоне. Изображение спектрального образа всегда симметрично относительно центра рисунка, представляющего собой начало воображаемых осей координат, на которых откладываются значения пространственных частот. Пространственные частоты характеризуют частоту смены темных и светлых участков в изображении. Таким образом, чем дальше отстоит группировка светлых точек от цен-

тра рисунка на спектральной плоскости, тем большую пространственную частоту представляет эта часть спектра. Положение группировки показывает также и направление распространения соответствующей пространственной волны (чередующихся темных и светлых полос). Это направление соответствует лучу, проведенному из центра частотной плоскости к группировке спектральных составляющих (рис. 20).

Рис 20 Схема соответствия фрагмента

изображения отпечатка пальца и его

образа на частотной плоскости

Из рисунка 20 становится понятным, почему спектральный образ всегда симметричен относительно центра (нулевого значения пространственных частот): на каждой оси, вдоль которой происходит распространение пространственных волн, возможно построить сразу два противоположно направленных луча.

Следует добавить, что изображение спектрального образа на рис. 20 получено с отсечением спектральных составляющих малой интенсивности, чтобы выделить наиболее значительные детали. Ясно, что на полную спектральную картину влияют случайные колебания уровня градаций серого на изображении. Такие случайные составляющие обусловлены загрязнением пальца и поверхности, на которой был оставлен след, а также ограниченными техническими возможностями оборудования, используемого для захвата изображения.

На основании изложенного можно сделать следующий вывод:

- для расчленения спектральных образов наложенных изображений отпечатков пальцев используется выделение таких фрагментов изображения, на которых поток папиллярных линий одного из отпечатков содержит примерно равные по длине отрезки достаточного количества линий.

Примечание. Если поток папиллярных линий выбранного фрагмента ограничен прямоугольником, то целесообразно предварительно осуществить поворот всего изображения, чтобы обеспечить одинаковую направленность линий и двух сторон прямоугольника.

Проиллюстрируем это на примере одиночного отпечатка (рис. 21), спектральный образ которого изображен на рис. 19.

Выделим прямоугольный фрагмент изображения так, чтобы между его спектральным образом и изображением прослеживалась очевидная связь. Выберем зрительно прямоугольный участок с потоком линий, слабо меняющих свое направление (рис. 22).

Рис 21 Выбор фрагмента изображения Рис 22 Фрагмент изображения отпечатка отпечатка пальца пальца с «прямоугольным» потоком

папиллярных линий

На рисунке 23 представлен спектральный образ выбранного фрагмента. Легко связать локализованные области наибольшей интенсивности спектра с потоком папиллярных линий, заключенных в прямоугольной области.

Рис 23. Спектральный образ потока папиллярных линий. Продемонстрируем на элементарном примере общий принцип разделения пересекающихся изображений с пространственно-периодической структурой. Необходимо выделить фрагмент, на котором удастся умозрительно связать характерное изображение и составляющую спектрального образа. Далее эта составляющая либо подавляется, либо усиливается, в соответствии с замыслом пользователя [5]. Точно так же следует обрабатывать плохо различимые следы пальцев рук без наложения, следы рук на поверхности с периодической текстурой и т. п.

ПОДДЕРЖКА КОЛЛЕКЦИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИХ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ «РАСТР-5»

Программное обеспечение системы «Растр-5» включает встроенную систему управления базы данных (СУБД), что обеспечивает ограничение доступа к отдельным разделам базы данных. Программное обеспечение СУБД позволяет осуществлять с рабочего места подключение к базе данных, размещаемой на другом компьютере, доступном по локальной вычислительной сети. На одной рабочей станции одновременно можно работать только с одной базой данных. Если несколько рабочих станций объединены локальной сетью, то любая база данных системы «Растр-5» может одновременно использоваться несколькими экспертами. При этом удобно и экономически оправданно оснастить оборудованием видеоввода только часть рабочих мест. На остальных рабочих местах осуществляется установка только программного обеспечения системы «Растр-5».

Таким образом, «центральная» станция, оснащенная всем необходимым для захвата изображений, используется (по мере надобности) всеми пользователями. Обработка и просмотр результатов, подготовка иллюстративного материала и другие действия осуществляются на рабочих местах путем подключения к удаленной базе данных на «центральной» станции. Поэтому целесообразно при использовании системы «Растр-5» организовать рабочее место с «центральной» базой данных подразделения, оснащенное комплектом видеооборудования и необходимым периферийным оборудованием для ввода изображений с промежуточных материальных носителей. Должна быть обеспечена доступность «центральной» базы данных подразделения с рабочих мест экспертов средствами локальной вычислительной сети (сеть *Microsoft Windows*).

Назначение «центральной» базы данных подразделения, с учетом выделения в ней разделов и папок, заключается в следующем:

хранение коллекций изображений подлинных бланков, печатей и других документов, а также изображений с выявленными элементами подделки и описание процедуры идентификации подделки с необходимым разделением по назначению документов, признакам подделки и т. д.;

хранение коллекций изображений объектов экспертиз с описанием проведенных действий;

хранение введенных изображений в персональных рабочих разделах и папках пользователей.

Целесообразно поддерживать локальные базы данных и на рабочих местах экспертов.

СУБД системы «Растр-5» автоматически протоколирует данные пользователя, создавшего и модифицировавшего объект хранения, а также даты создания и модификации. Поддерживается встроенный поиск объектов хранения по этим параметрам и по описанию объекта.

Для ввода данных, как и для поиска необходимых объектов, используются специальные экранные формы (рис. 24).

Рис 24 Экранная форма для ввода данных

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дмитриев Е.Н., Иванов П.Ю., Зудин С.И.* Исследование объектов криминалистических экспертиз методами цифровой обработки изображений- Учебное пособие. - М.: ГУ ЭКЦ МВД России, 2000.
2. Заключение об опытной эксплуатации системы подготовки иллюстраций к заключениям и экспертизам программно-технического комплекса «Растр-5» (версии 5.05.00). - Утверждено зам начальника ЭКЦ МВД России Ю М. Дильдиным 8 декабря 2004 г.
3. Заключение об опыте практического использования системы подготовки иллюстраций к заключениям эксперта «Растр-5» (версии 5.02.00/5 05 00) в Институте криминалистики ФСБ России - № 16/3/3/1419 от 19 августа 2004 г
4. Заключение по результатам практического использования программы «Растр-5» (система подготовки иллюстраций к заключениям и экспертизам) за период с 1.01 06 по 10.05.06 - Утверждено начальником ЭКЦ ГУВД Санкт-Петербурга и Ленинградской обл. А.М. Тимофеевым 12 мая 2006 г.
5. *RASTR for WINDOWS* Система подготовки иллюстраций к заключениям и экспертизам: Руководство пользователя системой «Папилон». - Май 2006 г. (версия 5.17).