

**АЛЛАБЕРГАНОВ А.А., КАТАЕВ М.Ю.
МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА БУМАЖНОГО НОСИТЕЛЯ**

Ключевые слова: экспертиза документов, спектральный анализ, криминалистика, бумага, чернила, реквизиты, цифровой двойник.

Предложен новый комплексный подход экспертизы документов с применением согласованных с измерениями методов обработки, что является шагом вперед по сравнению с существующими подходами последовательного (от метода к методу) рассмотрения, зависящего от имеющихся технических средств и применяемых методов. Найден способ избежать поливариантности экспертиз одного и того же документа. Предложено авторское понимание дефиниции «цифровой двойник бумажного носителя». Доказана возможность улучшить качество распознавания за счет обработки составляющих в едином плане, с учетом физических особенностей отражения бумаги и краски. Предлагаемый метод позволяет провести комплексное и эффективное исследование и экспертизу цифрового двойника бумажного носителя, в том числе и изображений в любых форматах их хранения и воспроизведения.

**ALLABERGANOV, A.A., KATAEV, M.Yu.
METHOD FOR PRODUCING DIGITAL DOUBLE PAPER CARRIER**

Keywords: document examination, spectral analysis, forensics, paper, ink, requisites, digital double.

A new comprehensive approach to the examination of documents using the methods of processing consistent with measurements is proposed, which is a step forward compared to the existing approaches of sequential (from method to method) review, depending on the available technical means and applied methods. A way was found to avoid the multivariance of examinations of the same document. The author's understanding of the definition of "digital double paper media" is proposed. The possibility of improving the quality of recognition by processing components in a single plan, taking into account the physical characteristics of the reflection of paper and ink, has been proved. The proposed method allows for a comprehensive and effective study and examination of a digital double of paper media including images in any formats for their storage and reproduction.

В современной криминалистической литературе предлагаются различные методы и средства спектрального анализа бумажных документов, в основе которых находятся бумага, чернила, для установления их целостности, подлинности и т.п. [1]. В частности, выявлены возможности использования в экспертных целях изменений цвета исследуемых объектов (бумаги и чернил) [5]. Помимо бумажных носителей, важными для практических целей является использование электронных документов, классификация которых для судебной технико-криминалистической экспертизы дана в [11].

В то же время, для текущих актуальных задач экспертизы бумажных документов необходимо получать их изображения в разных спектральных диапазонах для выявления специфики свойств отражения бумаги и чернил. Оптические свойства бумаги и чернил позволяют с высокой точностью определить их принадлежность к определенным классам [8, с.207].

Для решения поставленной задачи экспертизы документов, необходимо, систематизировать этапы исследования, связанные с обработкой и анализом полученных результатов измерений, а также подготовки заключения экспертизы. Применение системного подхода заключается в том, что бумажный документ (бумажный носитель), преобразованный в цифровую форму в различных спектральных диапазонах (ультрафиолете, видимом (синий, зеленый, красный), ближнем инфракрасном, инфракрасном), позволяет применить многоаспектный подход исследования, с использованием технической системы (измерительной установки – КМК [12]).

Набор цифровых образов бумажного документа, полученного в различных спектральных диапазонах, для целей настоящего исследования назовем *цифровым двойником документа (носителя)*. Предложенная дефиниция нуждается в развитии и, по меньшей мере, в доктринальном закреплении, исходя из констатируемой в литературе проблемности использования и судебного исследования электронных доказательств, отсутствия надлежащей нормативной регламентации процедуры их оценки [9].

Информация, которая содержится в цифровом двойнике документа (или ЦДД) позволяет выполнять сложные, многоаспектные исследования с помощью разнообразных методов анализа. Завершающим этапом анализа полученных результатов обработки ЦДД, согласно разрабатываемым правилам является унифицированное заключение экспертизы (УЗ).

Процесс систематизации всех этапов, необходимых для формирования унифицированного УЗ (этапы исследования) показан на рис.1.



Рис. 1. Схема исследования документа

Необходимость ЦДД и набора методов, которые приводят к получению результатов, позволяющих получать необходимый для анализа документа объем информации. В отличие от существующих подходов, предложено получать ЦДД и применять согласованные с измерениями методы обработки в едином комплексе. Существующие подходы анализа документов, как правило, рассматриваются последовательно, от одного метода к другому, в зависимости от существующего набора технических средств и наличия определенной методической базы. Это порождает поливариантность экспертиз одного и того же документа. Предлагаемое создание цифровых двойников позволяет улучшить качество экспертизы за счет обработки составляющих в едином плане, с учетом физических особенностей отражения бумаги и краски.

Одновременное привлечение многих видов дополнительной информации, позволяет придать каждому решению некоторый показатель качества, который связан с особенностями документа (тип бумаги (глянцевая мелованная, матовая мелованная, немелованная, слегка желтая и др., согласно ГОСТ ISO 12647-2, тип чернил, например органический или неорганический и т.д., согласно ГОСТ 21776-87).

На рисунке 2 приведен более детально представленный этап получения цифрового двойника документа.



Рис. 2 Этап получения цифрового двойника документа

Каждый слой документа (см. рис. 2) представляет собой информацию о документе в различных направлениях исследования изображения: цветного RGB, инфракрасного, в УФ области спектра, синем, красном цвете и т.д.

Порядок обращения к дополнительной информации, определяется величиной оценки качества, которая зависит от условий измерений, например, изменения угла освещения и величины яркости источника света. Изображение может быть разбито на отдельные фрагменты и каждый из них анализируется независимо или последовательно. Для каждого фрагмента изображения формируется своя система оценки качества, из которых, в сумме, формируется общая оценка качества документа. Естественно, что все эти измерения необходимы лишь для того, чтобы использовать их в соответствующих методиках обработки, необходимых для выявления тех или иных изменений, составляющих документа.

Особенности отражения бумаги и чернил в зависимости от участка диапазона спектра известны и описаны в литературе [10]. Учет этих фактов позволяет нам предположить, что созданный набор данных о отражении документа (бумаги и чернил) в различных участках спектра имеет более широкие возможности анализа, чем только RGB изображение или полученное изображение в другом диапазоне спектра.

Анализ свойств отражения бумаги может быть пояснен формулой формирования изображения:

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) \cos(\phi) r(\lambda) W, \quad (1)$$

Здесь $I(\lambda)$ – яркость измеренных пикселей изображения, $I_0(\lambda)$ – яркость источника излучения, $\cos(\phi)$ – угол освещения, $r(\lambda)$ – спектральный коэффициент отражения и W – шероховатость бумаги. Заметим, что выражение (1) не учитывает особенности измерительной техники, так как приведено лишь для показана специфики предлагаемого подхода.

Из дополнительных исследований (выполненных заранее) мы можем получить информацию о свойствах бумаги $r(\lambda)$ и W . Таким образом, имея неизвестный тип бумаги, но зная характеристики освещения, можно получить $r(\lambda)W$ и сравнить это произведение с известными данными. Выделение участков документа с текстовой информацией и проводя аналогичные манипуляции, можно получить подобную информацию об свойствах чернил, нанесенных на бумагу. Конечно же, решение такой задачи требует применения целого набора методик обработки изображений, связанных с увеличением части текста, выделением нескольких областей, занятых чернилами и последующее изучение каждой области.

Этап применения методов анализа для исследования цифрового двойника документа показан на рис. 3

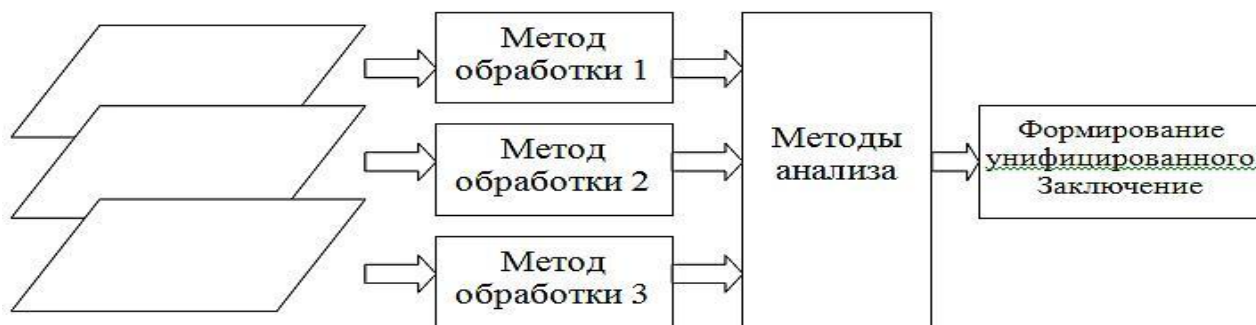


Рис. 3 Этап применения методов анализа для исследования цифрового двойника документа

Цифровые двойники документов, созданные в различных зонах спектра, а также и при заданном угле освещения и величине яркости, могут быть получены при помощи различных оптических фильтров и источников излучения. Естественно, зная особенности отражающих свойств бумаги и чернил, из сравнительного анализа данных цифровых двойников, можно получать информацию о типе бумаги и чернил с высокой точностью. Данный способ предназначен для полноценного и эффективного исследования, анализа, и для распознавания текста в документах, изображениях, выявления подлинности, идентификации, аутентификации, способов создания, истории внесения изменений в документы и изображения. От нескольких цифровых двойников может быть получена совокупная информация.

Техническое решение состоит в том, что данный метод позволяет осуществить комплексное и эффективное исследование и анализ электронных документов и изображений в любых форматах их хранения и воспроизведения.

В отдельных случаях экспертизы может не существовать бумажного документа, но может быть в наличии его цифровая форма – изображение. Известны форматы электронных документов и изображений: PDF, DOC, TIFF, TIF, JPEG, PNG, PSD, BMP, GIF, EPS, PICT, PCX, CDR, AL, RAW, SWG, WebP, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3, MPEG-4, 3GP, ASF, AVI, FLV, M2TS, M4V, MKV, MOV, MP4, MTS, Ogg, RealMedia, SWF, VOB, WMV, WebM и др. В каждом из этих форматов текстовая форма документа (буквы, изображения, цифры, линии и т.д.) искажаются в той или иной мере за счет программного способа сжатия цифровой формы. Т.е. та часть исходной информации, которая была доступной для анализа на бумажном носителе, будет изменена на электронном носителе и может сделать невозможным получение такого же вида экспертизы. В этом случае

необходимо знать тип бумаги и чернил, которые использовались при подготовке документа, как и особенности самого теста.

Задачей экспертизы может быть выявление способов создания и внесения изменений, истории внесения изменений с момента создания документа. Исследование текстовой информации возможно методом выделения определённых фрагментов текста или частей фрагментов, вплоть до отдельных пикселей.

Этап применения методов анализа для исследования цифровой формы документа, полученной независимым способом (BMP, PDF и др. форма) продемонстрирован на рис. 4.

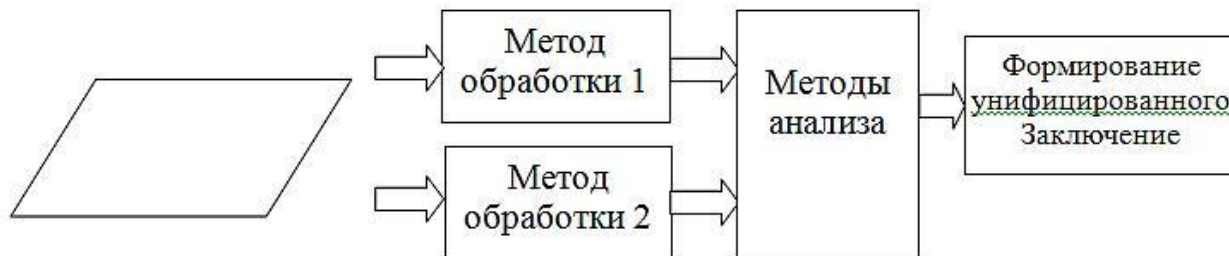


Рис. 4. Этап применения методов анализа для исследования цифровой формы документа, полученной независимым способом (BMP, PDF и др. форма)

Далее перейдем к формированию цифровых образов полученных при создании цифровых двойников в других используемых сегодня цифровых форматах в разных спектральных диапазонах. Этот подход назовем «Цифровые двойники в иных, параллельных цифровых форматах», он предполагает выявление на идентичности, подлинности электронных документов и изображений, способы их создания и подробно проанализировать историю внесения изменений в электронные документы и изображения с помощью применения комплексного специализированного оборудования, включающего электромагнитные излучатели инфракрасного, ультрафиолетового и видимого диапазонов, световые фильтры, микроскопы, микроскопы с изменением фокусного расстояния и видеомикроскопы, вычислительное оборудование, позволяющего проводить исследования одновременно в разных зонах спектра электромагнитного излучения и накладывать зоны спектра друг на друга, в совокупности с применением определённого алгоритма исследования и математических алгоритмов, что позволяет отфильтровать весь электромагнитный «шум», исходящий от экранов электронно-цифровых устройств, на которых отображаются документ или изображение, вплоть до фильтрации излучения, исходящего от отдельных пикселей документа или изображения, а также от окружающих объектов, естественного или искусственного освещения в помещении.

Конкретным примером исследования могут стать результаты судебной экспертизы на предмет фальсификации, распознавания - очередности нанесения реквизитов в текстовой информации. На рисунке 5 проиллюстрирован данный процесс распознавания - очередности нанесения реквизитов в текстовой информации из цифровой формы (изображения).

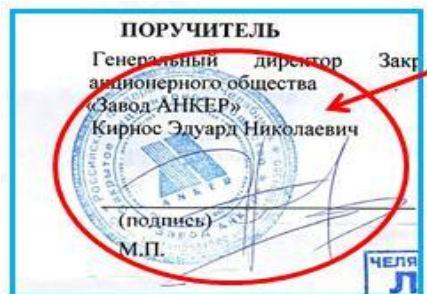


Рис. 5. Алгоритм распознавания очередности нанесения реквизитов в текстовой информации из цифровой формы (изображения).

Объект исследования – цифровая форма, подлежит созданию его цифровых двойников – это может быть в разных видимых зонах спектра, также и в различных световых гаммах лучей и т.д.



В результате применённого метода – цифровая форма, по созданию его цифровых двойников в различных световых гаммах лучей и получения информации от каждого двойника, на предмет фальсификации, распознавания - очередности нанесения реквизитов в текстовой информации.

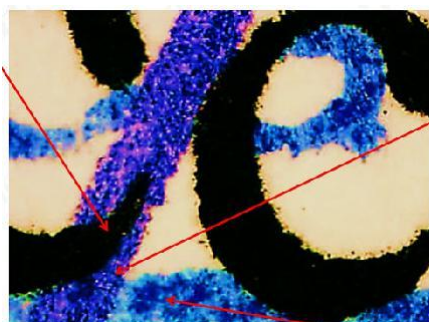


Рис. 5. Процесс получения информации от каждого двойника и распознавания - очередности нанесения реквизитов в текстовой информации

В результате применённого метода - цифровая форма, по созданию его цифровых двойников в разных видимых зонах спектра, также и в различных световых гаммах лучей и получения информации от каждого двойника текстовую информацию из цифровой формы (изображения) - для анализа, определения идентичности и подлинности электронных документов и изображений любых форматов, восстановления потерянной текстовой информации, выявления подлинности документов, изображений, их верификации, выявления различий между документами, их истории создания и изменений.

В целом, предлагаемое в настоящей статье создание цифровых двойников для получения текстовой информации из цифровой формы (изображения), восстановления и ее анализа (распознавание подделки) позволяет более полно и качественно выявлять и распознавать фальсификацию (подделку) электронных документов и изображений, распознавать фальсификацию (подделку) текста электронного документа с помощью распознавания, выявлять подлинную историю создания документа, выделять и достоверно восстанавливать утраченную по разным причинам и в разные сроки текстовую информацию.

Литература и источники

1. Модернизированная телевизионная спектральная система для экспресс-анализа подлинности и целостности документов// Е.В. Андреева, В.В. Бутусов, И.Г. Иванов, Н.П. Корнышев, В.П. Кузьмин, Н.С. Никитин, А.В. Тимофеева, В.И. Челпанов// Опросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2010. №1. С. 44-50.
2. Гаврилин А.П. Применение электронно-микрографических технологий для обработки и сохранения документации// Фундаментальные исследования. 2006. № 6. С. 51-53.
3. Кузьмин С.С. Процессуально-правовое понятие и значение электронного документа// Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Право. 2007. № 1 (2). С. 99-112.
4. Квашнин В.И. Доказательственная сила документов и сообщений в электронно-цифровой форме// Российский ежегодник предпринимательского (коммерческого) права. 2010. № 4. С. 124-143.
5. Ложкин Л.Д., Неганов В.А. Экспертиза давности документов по динамике выцветания цвета штрихов с использованием метода спектрального анализа// Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2012. Т. 15. № 2. С. 77-83.
6. Ложников П.С., Самотуга А.Е. Способ формирования гибридных документов с использованием биометрической подписи// Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. 2014. № 2. С. 79-83.
7. Смирнов Д.В. Современные возможности исследования компонентного состава бумаги в целях решения задач судопроизводства// Вестник криминалистики. 2018. № 2 (66). С. 51-57.
8. Лоцманова Е.М., Быстрова Е.С. Оценка неразрушающими методами степени повреждения книжных памятников с текстами, выполненными железо-галловыми чернилами// Теория и практика сохранения памятников культуры Сб. науч. трудов. СПб., 2017. С. 205-210.
9. Самсонов Н.В. Некоторые вопросы оценки электронных доказательств// Вестник гражданского процесса. 2019. Т. 9. № 2. С. 40-54.

10. Купин А.Ф. Лабораторный практикум по технико-криминалистической экспертизе документов. М., 2016.
11. Гонгалов С.И. Классификация электронных документов как объектов судебной технико-криминалистической экспертизы документов // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 367. С. 95-97.
12. Аллаберганов А.А. Катаев М.Ю. Многофункциональный исследовательский комплекс решения задач анализа текстовой информации // Международная научно-практическая конференция (МНПК ЭС и СУ – 2018). Ч.1 - 227с.

References and Sources

1. Modernizirovannaya televizionnaya spektral'naya sistema dlya ekspress-analiza podlinnosti i celostnosti dokumentov/ E.V. Andreeva, V.V. Butusov, I.G. Ivanov, N.P. Kornyshev, V.P. Kuz'min, N.S. Nikitin, A.V. Timofeeva, V.I. Chelpanov// Oprosy radioelektroniki. Seriya: Tekhnika teledeniya. 2010. №1. S. 44-50.
2. Gavrilin A.P. Primenenie elektronno-mikrograficheskikh tekhnologij dlya obrabotki i sohraneniya dokumentacii// Fundamental'nye issledovaniya. 2006. № 6. S. 51-53.
3. Kuz'min S.S. Processual'no-pravovoe ponyatie i znachenie elektronного документа// Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pravo. 2007. № 1 (2). S. 99-112.
4. Kvashnin V.I. Dokazatel'stvennaya sila dokumentov i soobshchenij v elektronno-cifrovoj forme// Rossijskij ezhegodnik predprinimatel'skogo (kommercheskogo) prava. 2010. № 4. S. 124-143.
5. Lozhkin L.D., Neganov V.A. Ekspertiza davnosti dokumentov po dinamike vycvetaniya cveta shtrihov s ispol'zovaniem metoda spektral'nogo analiza// Fizika volnovyh processov i radiotekhnicheskie sistemy. 2012. T. 15. № 2. S. 77-83.
6. Lozhnikov P.S., Samotuga A.E. Sposob formirovaniya gibridnyh dokumentov s ispol'zovaniem biometricheskoj podpisi// Elektronnye sredstva i sistemy upravleniya. Materialy dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2014. № 2. S. 79-83.
7. Smirnov D.V. Sovremennye vozmozhnosti issledovaniya komponentnogo sostava bumagi v celyah resheniya zadach sudoproizvodstva// Vestnik kriminalistiki. 2018. № 2 (66). S. 51-57.
8. Locmanova E.M., Bystrova E.S. Ocenka nerazrushayushchimi metodami stepeni povrezhdeniya knizhnyh pamyatnikov s tekstami, vypolnennymi zhelezo-gallovymi chernilami// Teoriya i praktika sohraneniya pamyatnikov kul'tury Sb. nauch. trudov. SPb., 2017. S. 205-210.
9. Samsonov N.V. Nekotorye voprosy ocenki elektronnyh dokazatel'stv// Vestnik grazhdanskogo processa. 2019. T. 9. № 2. S. 40-54.
10. Kupin A.F. Laboratornyj praktikum po tekhniko-kriminalisticheskoy ekspertize dokumentov. М., 2016.
11. Gongalo S.I. Klassifikaciya elektronnyh dokumentov kak ob'ektov sudebnoj tekhniko-kriminalisticheskoy ekspertizy dokumentov// Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 367. S. 95-97.
12. Аллаберганов А.А. Катаев М.Ю. Многофункциональный исследовательский комплекс решения задач анализа текстовой информации // Международная научно-практическая конференция (МНПК ЭС и СУ – 2018). Ч.1 - 227с.

АЛЛАБЕРГАНОВ АХМЕДЖАН АТАХАНОВИЧ - аспирант кафедры криминалистики, судебных экспертиз и юридической психологии, Байкальского государственного университета; аспирант кафедры АСУ, Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии, Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (nsk-kapital@mail.ru).

КАТАЕВ МИХАИЛ ЮРЬЕВИЧ - доктор технических наук, профессор, кафедра автоматизированных систем управления (АСУ), Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, научный руководитель Центра наблюдения Земли со спутника, заведующий лабораторией «Обработка изображений» kmy@asu.tusur.ru

ALLABERGANOV, AKHMEDZHAN A. – Ph.D. student, Department of Criminals Forensics and Legal Psychology, Baikal State University; Ph.D. student, Department of ACS. Photonics, instrumentation, optical and biotechnological systems and technologies, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics.

КАТАЕВ, МИХАИЛ Ю. - doctor of technical sciences, Professor, Chair Automated control systems, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR), Science Head of Centre for Earth Observation from Satellite, Head of the laboratory «Image processing».