



УДК 343.982.4
doi: 10.25724/VAMVD.A142

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ДОКУМЕНТОВ

Андрей Владимирович Думский*, **Игорь Валерьевич Дубойский****

ООО «Регула», Минск, Республика Беларусь

* andrei.dumski@regula.by, ** iharduboiski@regula.by

Аннотация. Рассмотренный в настоящей статье метод гиперспектрального анализа является одним из современных неразрушающих способов исследования свойств объектов. Метод основан на анализе отраженного сигнала, сила которого обусловлена свойствами исследуемого объекта, что позволяет определять его характеристики и проводить сравнение с известными образцами для установления их идентичности.

Возможности метода взяты на вооружение в различных сферах деятельности, в том числе судебно-экспертной. Так, компания «Регула» внедрила данный инструмент в линейку видеоспектральных компараторов в виде модуля гиперспектрального анализа. В статье отражены возможности данного модуля, способы фиксации результатов исследования, особенности их интерпретации.

На практических примерах показаны некоторые задачи технической экспертизы документов, при решении которых рассматриваемый инструмент может оказать помощь судебным экспертам. Продемонстрированы результаты сравнительного исследования красителей в рукописных записях и полиграфической продукции, позволяющие формулировать вывод о внесении изменений в первоначальное содержание записей и об использовании различных красителей для печати полиграфической продукции.

Ключевые слова: компаратор видеоспектральный «Регула» 4308, гиперспектральный анализ, исследование красителей

Для цитирования: Думский А. В., Дубойский И. В. Применение метода гиперспектрального анализа при проведении экспертизы документов // Судебная экспертиза. 2023. № 3 (75). С. 61–69. doi: 10.25724/VAMVD.A142

THE USE OF HYPERSPECTRAL ANALYSIS METHOD IN DOCUMENT EXAMINATION

Andrey Vladimirovich Dumski*, **Igor Valerievich Duboiski****

Regula Ltd., Minsk, Belarus

* andrei.dumski@regula.by, ** iharduboiski@regula.by

Abstract. The hyperspectral analysis method considered in this article is one of the modern non-destructive methods of studying the properties of objects. The method is based on the analysis of the reflected signal, the strength of which is determined by the

© Думский А. В., Дубойский И. В., 2023



properties of the examined object. This allows for determining its characteristics and comparing it with reference samples to establish their identity.

The possibilities of the method have been adopted in various fields, including forensic analysis. Thus, Regula company has introduced this tool into the product line of video spectral comparators in the form of a hyperspectral analysis module. The article demonstrates the capabilities of this module, the ways of recording the results of the examination and the peculiarities of their interpretation.

The practical examples illustrate some of the tasks of technical examination of documents, in which the tool in question can assist forensic experts. The results of a comparative examination of inks in handwritten records and dyes in printing products are demonstrated, allowing for conclusions about changes to the initial content of records and the use of various dyes in the printing.

Keywords: video spectral comparator Regula 4308, hyperspectral analysis, examination of dyes / inks

For citation: Dumski A. V., Duboiski I. V. The use of hyperspectral analysis method in document examination. *Forensic Examination*, 61–69, 2023. (In Russ.). doi: 10.25724/VAMVD.A142

Что такое гиперспектральный анализ изображений в целом? Этот метод – разновидность спектрального анализа, позволяет исследовать свойства объектов путем получения их спектральных характеристик в виде отраженного сигнала, сила которого зависит от химических и физических свойств объекта.

Спектральные изображения впервые были получены в 1970-е гг. и назывались мультиспектральными. Затем количество спектральных каналов увеличилось, и таким образом появилась гиперспектральная съемка, суть которой заключается в том, что различные попавшие в кадр объекты по-разному отражают и поглощают лучи на разных длинах волн. Это позволяет различать материалы по их спектральным сигнатурам отражения.

Изначально данная съемка и последующий анализ применялись в военных целях, но со временем стали востребованы в дистанционном зондировании, картографии, разведке полезных ископаемых, пищевой промышленности, сельском хозяйстве, атмосферных исследованиях, экологии, здравоохранении, криминалистике и других сферах, например, при определении породы деревьев, произрастающих на определенных участках местности, выявлении раковых клеток и т. д.

Основная цель гиперспектрального анализа – получить спектр от каждого пикселя изображения объекта. Метод обладает высоким спектральным разрешением, что делает его чувствительным к даже самым незначительным изменениям отраженной энергии и, соответственно, повышает информативность. В результате получается богатый набор данных, позволяющих выявлять спектральные свойства объектов, недоступные при использовании иных методов.

Что касается применения данного инструмента в рамках технической экспертизы документов, то он способствует выявлению различий в свойствах красящих веществ, которые при визуальном исследовании в естественном свете кажутся идентичными либо весьма схожими.



Исследование свойств красящих веществ – один из наиболее востребованных вопросов технической экспертизы документов. Посредством установления идентичности либо различия в свойствах красителей могут прямо или косвенно решаться многие вопросы, такие как установление факта внесения изменений в первоначальное содержание рукописных записей, единого источника происхождения поддельных денежных билетов и бланков документов и др.

Компания «Регула» внедрила данный инструмент в линейку криминалистического оборудования – видеоспектральные компараторы «Регула» 4306, 4307 и 4308 посредством специального модуля. Данный модуль представляет собой комплексный осветитель, обеспечивающий получение излучения в диапазоне длин волн 395–950 нм с шагом 1 нм. В качестве регистрирующего устройства используется цифровая видеокамера прибора. Управление модулем, как и в целом компараторами, осуществляется посредством программного обеспечения Regula Forensic Studio [1; 2].

Исследование заключается в получении последовательности изображений объекта для каждой длины волны из заданного диапазона с заданным шагом изменения, после чего снимки могут использоваться для визуальной оценки видимости элементов объекта и формирования спектра отраженного сигнала той или иной выделенной области, т. е. пользователь нажатием одной кнопки в течение нескольких минут может получить набор данных, представляющих собой совокупность фотоснимков объекта, полученных при его освещении в свете с определенной длиной волны. Количество снимков зависит от заданного диапазона и шага сканирования.

Посредством использования полученных данных эксперт имеет возможность построения графика спектра отражения любого интересующего участка исследуемого объекта или содержащегося в нем реквизита (штриха рукописной записи, оттиска печати, изображения и т. д.). Программа позволяет сохранять и удалять измерения (графики), осуществлять их повторно, сопровождать комментариями относительно исследования, активировать и деактивировать при формировании отчета по результатам проведенных исследований [1; 2]. Полученные данные способствуют дальнейшему исследованию без непосредственного использования объекта, т. е. он фактически может быть возвращен или передан для проведения иных видов исследований, например почерковедческих.

При необходимости, применяя сохраненный в электронном архиве набор данных, можно проводить дополнительные (повторные) исследования или контроль качества ранее выполненных исследований.

Кроме того, программное обеспечение позволяет осуществлять сравнение спектральных характеристик объектов из двух ранее сохраненных результатов гиперспектрального анализа. Пользователь также может исследовать объект в режиме реального времени, выбирая в диапазоне 395–950 нм любую длину волны, и фотофиксировать состояние объекта в конкретно взятых условиях.

Далее для удобства понимания читателем мы рассмотрим ряд простых примеров возможного использования указанного модуля в практической деятельности.

1. *Выявление фактов внесения изменений в первоначальное содержание документов*, в частности дописок, в том числе после осуществления подчистки,



травления и др. Нередко в преступных целях требуется внести изменения в рукописные реквизиты документа: «продлить» как срок его действия, так и указанный в нем период времени, например нетрудоспособности, изменить дату рождения, сумму денежных средств и т. д. В таких случаях, как правило, злоумышленник стремится воспроизвести признаки почерка (размер, разгон, форму движений, нажим, по возможности интервал между знаками) и подобрать схожий по цвету краситель пишущего узла. При этом с учетом отсутствия специальных познаний в области технической экспертизы документов и технических средств для исследования документа в различных источниках света красители подбираются исключительно по цвету, наблюдаемому в белом свете (естественном или искусственном) [3; 4]. Однако схожесть красителей в указанных условиях не гарантирует их сходство при гиперспектральном исследовании (рис. 1, 2).



Рис. 1. Результаты гиперспектрального исследования рукописной записи «50 000», проведенного с использованием видеоспектрального компаратора «Регула 4308» и программного обеспечения Regula Forensic Studio¹

Графики гиперспектрального анализа красителей отчетливо демонстрируют разницу в силе отраженного сигнала в диапазонах от 420 до 450 нм и от 660 до 800 нм при исследовании штрихов последней цифры «0» в сравнении с остальными знаками.

Таким образом, выявленные различия в «поведении» красителей позволяют установить не только факт внесения изменений в первоначальное содержание реквизитов документов, но и само их первоначальное содержание.

¹ На цифрах записи рамками обозначены места исследования штрихов. Цвета рамок соответствуют цветам графиков спектра отражения слева от исследуемой записи.

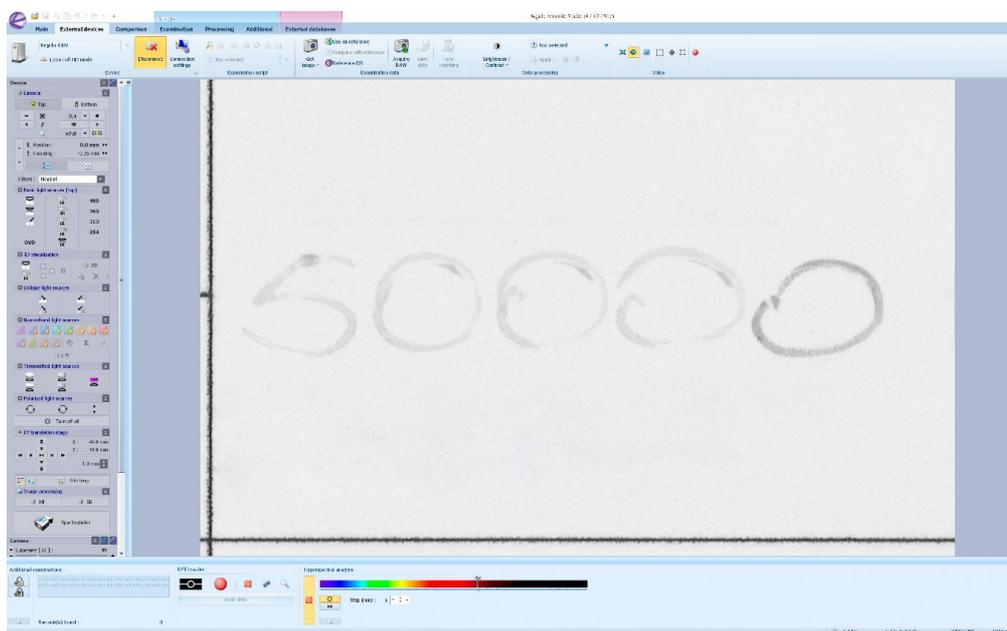


Рис. 2. Результаты гиперспектрального исследования рукописной записи «50 000», проведенного с использованием видеоспектрального компаратора «Регула 4308» и программного обеспечения Regula Forensic Studio, при освещении источником света с длиной волны 752 нм¹

2. *Установление единого источника происхождения полиграфической продукции.* Существенным фактором, влияющим на действия следственных и оперативных органов при раскрытии преступлений, связанных с фальшивомонетничеством и подделкой документов, является выявление факта наличия либо отсутствия единого источника их происхождения. Выяснению указанных обстоятельств наряду с физико-химическим исследованием красителей и бумаги, установлением использования единой печатной формы и другими видами исследований способствует и гиперспектральное исследование. Безусловно, совпадение результатов не может гарантированно свидетельствовать о применении одних и тех же материалов и едином источнике происхождения подделок, однако их различие способно стать основанием для вывода об использовании различных красителей (рис. 3) [5; 6].

Результаты измерений отчетливо подтверждают применение различных красителей при печати идентичных изображений на двух исследуемых сувенирных банкнотах.

¹ Отчетливо наблюдаются различия в поглощении / пропускании света красителями, которыми выполнены последняя цифра «0» и остальные.

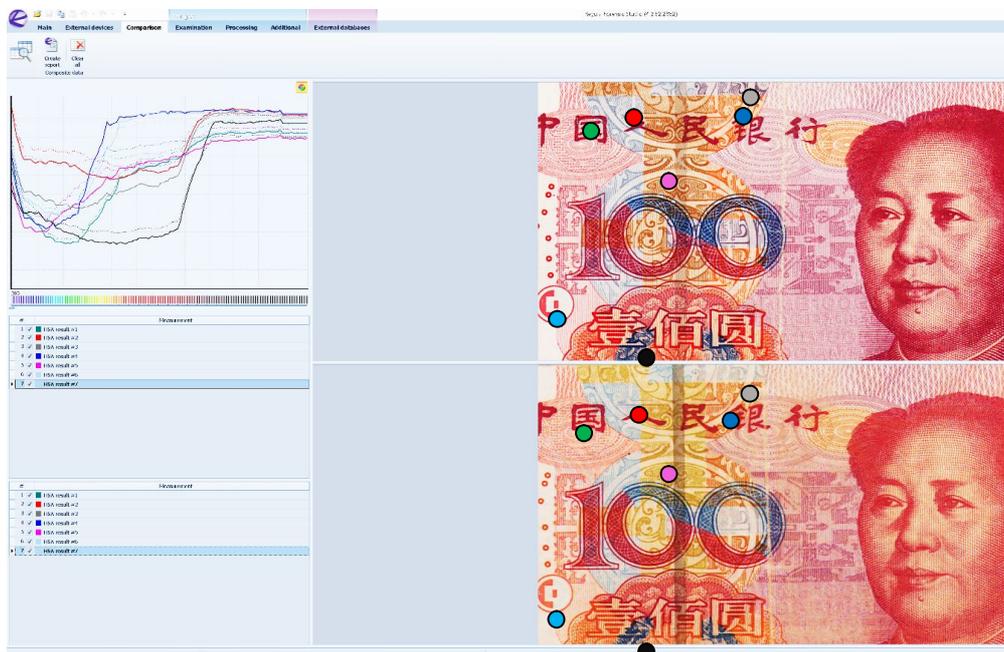


Рис. 3. Сравнение результатов гиперспектрального исследования двух сувенирных банкнот достоинством 100 юаней Народного банка КНР, изготовленных способом плоской печати¹

3. *Давность изготовления документа.* Одним из методов решения вопроса о давности изготовления документа является анализ неизменяемых (практически неизменяемых) признаков реквизитов документа. В рамках такого исследования необходимо установить применяемые в тот или иной период времени пишущие приборы, состояние оттисков печатей (признаки износа клише, признаки случайного характера в документах, датированных определенным периодом времени, расходование той или иной штемпельной краски и т. д.), признаки печатающих устройств и свойств используемых в них красящих веществ и др. [3–5]

Установлению указанных обстоятельств способствует метод гиперспектрального исследования, способный выявить, в какой период времени происходила заправка печати (замена штемпельной краски), какой из пишущих приборов использовался в тот или иной период времени определенным лицом и т. д.

Кроме того, модуль гиперспектрального анализа может применяться для осуществления контроля качества производства полиграфической продукции, выявления скрытых меток печатающего устройства в виде желтых точек в документах, выполненных способом полноцветной электрофотографической печати, установления содержания залитых (зачеркнутых) записей, решения иных задач, в том

¹ Цветными маркерами обозначены места исследования штрихов. Цвета маркеров соответствуют графикам спектра отражения слева от исследуемых банкнот. Графики в виде непрерывных линий – результат исследования банкноты, условно обозначенной № 1 (расположена сверху), в виде пунктирных линий – № 2 (расположена снизу).



числе в области криминалистики и судебной технической экспертизы документов, проведения научно-исследовательских работ.

Преимущество гиперспектрального анализа заключается в том, что процесс формирования изображения происходит быстро и не требует какой-либо подготовки исследуемого объекта. Все, что нужно сделать, это поместить объект в компаратор, запустить процесс фиксации, через несколько минут (в зависимости от выбранного диапазона исследования и размера шага) файл с данными сформирован и может использоваться для исследования. С полученным файлом не нужно иметь объект под рукой.

Другой положительный момент рассматриваемого инструмента состоит в том, что это неразрушающий метод исследования. Гиперспектральный анализ исключает риск уничтожения или видоизменения объекта в целом либо возможных следов на нем, поскольку используемые для проведения исследования светодиодные осветители не нагреваются и не оказывают термическое воздействие на объект независимо от времени непрерывной работы.

С технической точки зрения недостатков практически нет. Однако, как и любой инструментальный метод, гиперспектральный анализ имеет некоторые особенности, о которых следует помнить, а его результаты должны быть правильно интерпретированы экспертом.

Например, в полученных графиках при исследовании одного и того же красителя могут быть различия в процентном соотношении отраженных сигналов. В случае печатного текста они обусловлены неравномерностью красочного слоя в штрихах, разнородностью подложки, иными объективными причинами. Для рукописного текста данный фактор еще более существенный. В штрихах шариковых ручек, как правило, распределение чернил с учетом механизма их образования неравномерное (штрихи приводящих, отводящих, сгибательных, разгибательных движений, сброс красителя и др.). Все вышесказанное может оказывать влияние на силу отраженного сигнала, поэтому для компетентного вывода требуется опыт, анализ красителя на разных участках штрихов, правильная интерпретация результатов исследования.

Гиперспектральный анализ изображений – дополнительный инструмент в распоряжении эксперта, повышающий научную обоснованность исследования, тем более что с развитием технологий и их доступностью возможности злоумышленников растут, а подделки становятся все более изощренными.

Безусловно, гиперспектральный анализ не является ключом к решению всех вопросов в части исследования и идентификации красящих веществ, но в то же время это дополнительный инструмент в руках эксперта, который при наличии необходимых технических средств, опыта, результатов экспериментальных исследований расширит его возможности в исследовании документов и повысит научную обоснованность выводов.

У компании «Регула» большой опыт применения гиперспектрального анализа. Данный модуль с учетом мнения экспертов из разных стран и ведомств совершенствовался нами в течение многих лет и внедрен в линейку видеоспектральных компараторов «Регула» 4306, 4307, 4308.



Список источников

1. Видеоспектральный компаратор Регула 4308: рук. пользователя Минск: Регула, 2019. 72 с.
2. Система получения и обработки изображений Regula Forensic Studio: рук. пользователя. Минск: Регула, 2021. 160 с.
3. Ефременко Н. В. Техничко-криминалистическая экспертиза документов: учеб. пособие. Минск: Академия МВД, 2012. 344 с.
4. Ляпичев В. Е., Шведова Н. Н. Техничко-криминалистическая экспертиза документов: учебник. 2-е изд. Волгоград: ВА МВД России, 2013. 268 с.
5. Торопова М. В. Криминалистическая экспертиза установления относительной давности выполнения реквизитов документов: дис. ... канд. юрид. наук. Москва, 2014. 202 с.
6. Лютов В. П., Четверкин П. А., Головастиков Г. Ю. Цветоведение и основы колориметрии: учеб. и практикум. 3-е изд. Москва: Юрайт, 2022. 224 с.

References

1. Dual-video spectral comparator Regula 4308. User's guide. Minsk: Regula; 2019: 72. (In Russ.).
2. Image acquisition and processing system Regula Forensic Studio. User's Guide. Minsk: Regula; 2021: 160. (In Russ.).
3. Efremenko N. V. Forensic examination of documents. Minsk: Academy of the MIA of the Republic of Belarus; 2012: 344. (In Russ.).
4. Lyapichev V. E., Shvedova N. N. Forensic examination of documents. Volgograd: Academy of the MIA of the RF; 2013: 268. (In Russ.).
5. Toropova M. V. Forensic examination of the relative age of execution of document details. Dissertation of candidate of juridical sciences. Moscow; 2014: 202. (In Russ.).
6. Lutov V. P., Chetverkin P. A., Golovastikov G. Yu. Color science and the basics of colorimetry. Moscow: Yurait; 2022: 224. (In Russ.).

Думский Андрей Владимирович,
начальник отдела международного маркетинга
и развития бизнеса ООО «Регула»;
andrei.dumski@regula.by

Дубойский Игорь Валерьевич,
ведущий специалист отдела международного
маркетинга и развития бизнеса ООО «Регула»;
iharduboiski@regula.by

Dumski Andrey Vladimirovich,
head of international marketing and business
development department of Regula Ltd.;
andrei.dumski@regula.by



Igor Valerievich Duboiski,

senior specialist of international marketing
and business development department of Regula Ltd.;
iharduboiski@regula.by

Статья поступила в редакцию 27.07.2023; одобрена после рецензирования
31.07.2023; принята к публикации 12.09.2023.

The article was submitted 27.07.2023; approved after reviewing 31.07.2023;
accepted for publication 12.09.2023.

* * *