

УДК 7.071.3

DOI: 10.62625/2782-1889.2023.66.66.002

**В. А. Парфёнов,
Н. Ю. Пименова**

Применение компьютерных технологий в реставрации произведений живописи

В данной статье представлен краткий обзор научной литературы, посвященной применению компьютерных технологий в реставрации произведений живописи. Приведены примеры их практического использования для воссоздания разрушенных фресок и виртуальной реставрации произведений станковой живописи.

Ключевые слова: компьютерные технологии в реставрации; произведения живописи; фрески; реставрация живописи; виртуальная реконструкция живописи

**Vadim Parfenov,
Natalia Pimenova**

The Use of Computer Technologies in the Restoration of Paintings

This article presents a brief overview of the scientific literature on the use of computer technologies in the restoration of paintings. Examples of their practical use for recreating destroyed frescoes and virtual restoration of easel painting are given.

Keywords: computer technologies in restoration; works of painting; frescoes; restoration of painting; virtual reconstruction of painting

Введение

В последние годы в области исследования произведений живописи все более широкое применение получают компьютерные методы, которые основаны на анализе оптических изображений, получаемых с помощью цифровой фотографической съемки. Эти

методы используют для уточнения авторства конкретного мастера или принадлежности исследуемого произведения к той или иной художественной школе. К числу наиболее часто применяемых методов относятся статистические методы вейвлет-анализа, метод опорных векторов, метод нечеткой кластеризации, метод гистограмм яркости и некоторые другие [1, 5, 13, 23, 25, 26]. В ряде случаев их сочетают с использованием аналитических методов исследования из других научных областей, в том числе биометрии и медицины [22].

Другой важной и перспективной областью применения компьютерных методов является виртуальная реставрация произведений живописи, которая может быть использована для планирования реальных реставрационных работ или для виртуальной реконструкции исходного облика поврежденного или полностью утраченного памятника.

Анализ научной литературы, посвященной применению компьютерных технологий в реставрации произведений живописи, показывает, что используются три основных подхода.

1. Восстановление разрушенной настенной живописи на основе работы с оцифрованным изображением сохранившихся разрозненных фрагментов фресок, что позволяет собрать их воедино.

2. Виртуальная реконструкция утраченных фрагментов станковой живописи, когда работа проводится только с цифровыми изображениями без изменения самого произведения. Целью в этом случае является получение такого изображения поврежденного произведения, каким оно могло бы выглядеть в первозданном виде или в результате реставрации.

3. Восстановление первоначального облика произведения в результате виртуального устранения искажений изображения, связанного с влиянием закрывающего его старого пожелтевшего лака и/или сетки кракелюра. По сути, в данном случае можно говорить о виртуальной реконструкции памятника.

В данной статье приведены наиболее интересные примеры применения компьютерных методов, которые могут дать читателю

наглядное представление о возможностях, которые открывает их использование в реставрации произведений живописи.

1. Компьютерные методы в реставрации произведений настенной живописи

Компьютерная техника уже давно и успешно используется для реставрации поврежденных и даже полностью разрушенных фресок в результате механических повреждений. Восстановление таких памятников возможно в результате совмещения и фиксации положения сохранившихся фрагментов стенописей. Такие работы относятся к числу сложнейших в современной реставрации, и с необходимостью их выполнения сталкиваются специалисты во многих странах мира. Поскольку количество фрагментов разрушенных фресок огромно (десятки и даже сотни тысяч единиц), традиционный метод их ручной сборки является чрезвычайно трудоемким. Поэтому очень актуальна задача автоматизированной сборки фрагментов фресок при помощи компьютерных методов обработки оптических изображений. Один из самых интересных примеров практической реализации такого подхода связан с реставрацией фресок в базилике Святого Франциска в итальянском городе Ассизи.

В течение многих веков своды и стены этой базилики украшали фрески, созданные лучшими итальянскими мастерами эпохи Возрождения – Чимабуэ, Джотто, Симоне Мартини и Пьетро Лоренцетти, но 26 сентября 1997 г. из-за землетрясения обрушились фресковые своды одной из капелл, построенной еще в XIII в. Из-за этого фрески, принадлежащие кисти знаменитых художников Джотто (*ил. 1*) и Чимабуэ (*ил. 2*), оказались разрушены. Казалось, что эти бесценные художественные творения утрачены безвозвратно, но благодаря опыту и вере в успех реставраторов их удалось частично восстановить.

На реставрацию росписей потребовалось девять лет кропотливой работы специалистов и внушительное финансирование в сумме 2 млн евро. По приблизительным подсчетам, после обрушения фресок образовалось около 250 тыс. фрагментов окрашенной шту-

катурки. При использовании традиционного подхода, основанного на индивидуальном подборе и соединении между собой отдельных сохранившихся фрагментов, для реставрации стенописей требовалось огромное количество времени, поэтому реставраторы решили прибегнуть к помощи компьютерных технологий. Этую работу возглавил профессор кафедры информационных и телекоммуникационных технологий Римского университета Сапиенца Джованни Аттолико [4].

На начальном этапе работы все фрагменты живописи были отсканированы при помощи цифровой фотокамеры с разрешением 6000×7000 пикселей. Далее, используя стандартный язык программирования C++, команда программистов разработала специальное приложение, предназначенное для совмещения изображений фрагментов. Сначала в цифровых изображениях фрагментов выделяли их контуры, которые записывали на жесткий диск компьютера в виде отдельных графических файлов. Далее компьютерная программа сама предлагала возможные варианты совмещения фрагментов, которые сперва собирались в электронном виде, а затем в реальности (с помощью цветных фотографий). Здесь следует сказать, что, благодаря счастливому стечению обстоятельств, незадолго до землетрясения была выполнена детальная цветная фотосъемка всех стенописей базилики Святого Франциска, которая стала большим подспорьем в работе специалистов.

Автоматизация процесса сборки фрагментов позволила существенно ускорить работу. Это было очень важно, так как, к примеру, фреска Джотто «Св. Иероним» из-за землетрясения рассыпалась на 80 тысяч фрагментов, из которых путем ручной сборки реставраторы за пять лет смогли собрать вместе только половину. При использовании же компьютерной сборки работа пошла в разы быстрее, и в результате фреска была восстановлена (*ил. 1 в*). Специалистам очень помогло то, что краски на фресках Джотто имеют яркие цвета. Поэтому с помощью разработанного программного обеспечения изображения фрагментов фресок на экране компьютера легко совмещались с их изображениями на фотографиях. При этом положение каждого фрагмента тщательно

подбиралось таким образом, чтобы добиться наибольшего соответствия его положению в оригинальном изображении [4]. Для этого реставраторы раскладывали на столе фотографии отдельных частей фрески, напечатанные в натуральную величину, и поверх них укладывали соответствующие фрагменты фресок, найденные с помощью компьютера. Для того чтобы было легче производить поиск правильного местоположения фрагмента, каждому из них присваивался индивидуальный номер.

Гораздо сложнее обстояло дело с восстановлением живописи Чимабуз в своде алтаря, , так как одна из четырех находившихся здесь фресок – с изображением евангелиста Матфея – разбилась на 120 тысяч фрагментов (*ил. 2 б*). При этом один только лик этого святого рассыпался на 300 частей [15]. Поэтому восстановление живописи Чимабуз оказалось чрезвычайно сложной и трудоемкой задачей. К сожалению, удалось собрать только около одной четверти этой фрески (*ил. 2 в*). В процессе работы реставраторы столкнулись с серьезной проблемой. Из-за изменения оригинальных цветов фрески, которое происходило на протяжении многих столетий, в ее изображении присутствовали в основном оттенки красного и желтого цветов. Из-за этого при сборке фрески пришлось полагаться преимущественно на работу компьютерной программы, которая позволяла вести поиск стыкующихся между собой фрагментов по совпадению линий их контуров. Таким образом выбирались наиболее вероятные варианты соединения фрагментов, причем в некоторых случаях этот выбор ограничивался только одним вариантом сборки.

Результаты данного проекта вызвали неоднозначные оценки специалистов, особенно в отношении качества изображения святого Матфея. Однако сам факт восстановления полностью разрушенных фресок базилики Святого Франциска является существенным достижением специалистов, принимавших участие в их реставрации. Без всяких сомнений, данный проект позволил вывести технологию графической обработки изображений и автоматизации процесса реставрации произведений живописи на качественно новый уровень [4].

Еще один интересный пример применения компьютерных технологий связан с реставрацией фресок Мантены в другом итальянском городе – Падуе. Они пострадали в марте 1944 г., когда союзные войска обстреляли церковь Эремитани и почти полностью разрушили находившуюся в ней часовню Оветари. В результате этого инцидента фрески Мантены рассыпались на мелкие куски – их было 88 тыс. штук, включая фрагменты штукатурки и кирпичей разрушенных стен часовни.

Все эти крошечные фрагменты были подняты из-под обломков и бережно сохранены. В течение многих лет они хранились в ящиках в архиве в Риме, но в 1992 г. они были очищены, сфотографированы и отсортированы. В 2000 г. началась реализация проекта «Mantegna», целью которого была реконструкция фресок на основе черно-белых фотографий, сделанных в промежутке между 1900 и 1920 гг. Для реализации данного проекта также было также разработано специальное программное обеспечение. Оно позволяло разместить крупные фрагменты, имеющие отчетливо различимое изображение, в соответствии с их расположением на фотографии восстанавливаемой фрески. Таким образом было локализовано 789 фрагментов из первой сцены – «Святой Джакомо перед Ероде» и 437 фрагментов из второй сцены – «Поход к страданию Святого Джакомо» [14]. Результатом реализации проекта «Mantegna» стало необычное экспозиционное решение, при котором в часовне Оветари были установлены черно-белые панели с фотографическим изображением разрушенных фресок (на их исходном месте), поверх которых были смонтированы уцелевшие фрагменты фресок. Эта кропотливая работа продолжалась в течение шести лет, и хотя восстановленные фрагменты составляют лишь около $\frac{1}{10}$ поверхности оригинальных фресок, полученный результат является весьма впечатляющим.

Аналогичный подход был использован российскими специалистами при восстановлении стенописей церкви Успения Богородицы 1352 г. на Волотовом поле в Великом Новгороде, которая была разрушена во время Великой Отечественной войны. Новгородские реставраторы извлекли из завалов более 1,5 млн

фрагментов живописи XIV в. Как уже говорилось, сборка стено-писей вручную требует огромного количества времени, но есть и другая проблема – фрагменты фресок в процессе подбора подвергаются механическому воздействию, из-за чего их края сглаживаются. Это еще более затрудняет работу. Поэтому здесь, как и при восстановлении фресок в Ассизи и Падуе, была предпринята попытка автоматизировать процесс сборки. Специально разработанная компьютерная программа позволяла находить фрагменты, состыковывающиеся между собой, и делала это довольно быстро: за пять минут удавалось проанализировать около 190 фрагментов и найти среди них до 18 стыков. Далее реставратор уже визуально проверял точность выполненной компьютерной сборки, так как полностью доверять такую важную работу компьютерной технике пока преждевременно. В итоге удалось восстановить разрозненные фрагменты живописи в виде целостной композиции [17].

2. Виртуальная реконструкция как новый подход к реставрации произведений живописи

Перспективным направлением применения компьютерных технологий является виртуальная реставрация произведений живописи. В данном случае речь идет об использовании компьютерных методов обработки цифровых оптических изображений с целью показать зрителю, как изначально могло выглядеть нуждающееся в реставрации произведение без использования реального реставрационного вмешательства. Наглядным примером компьютерной виртуальной реставрации является улучшение качества изображения, а также возвращение цветовой палитры произведений живописи, на поверхности красочного слоя которых имеется потускневший от времени лак или сетка кракелюр. В более сложном варианте возможно компьютерное визуальное моделирование утраченных фрагментов исходного изображения.

Одним из первых и наиболее эффектных примеров является компьютерная реставрация одного из самых известных в мире произведений живописи – картины «Мона Лиза», выполненная

американским физиком Джоном Асмусом. В середине 1980-х гг. он оцифровал изображение этого произведения, а затем используя методы гистограмм яркости изображений и обратное Фурье-преобразование, смог нивелировать негативное влияние лака и кракелюра и получить изображение, которое показывает, как могла выглядеть эта картина в то время, когда над ней работал великий Леонардо да Винчи (*ил. 4, 5*) [19].

Примерно по такому же пути пошли специалисты в области компьютерных технологий в наше время при работе над восстановлением облика полотна «Покаяние Джейн Шор в церкви Святого Павла», написанного художником Уильямом Блейком в 1793 г. и хранящегося сегодня в галерее Тейт в Лондоне. Оно было покрыто толстым слоем очень темного лака (*ил. 5а*), который искажает реальную цветовую гамму произведения. Обычно такую проблему реставраторы устраняют путем удаления лака, но утоньшение лаковой пленки является очень сложным и рискованным процессом, поскольку в результате неудачной реставрации произведение может потерять уникальные свойства старого полотна – так называемую патину времени. Но уже другое – из-за чрезмерной очистки могут быть утрачены также верхние слои живописи – лессировки. В случае с картиной «Покаяние Джейн Шор в церкви Святого Павла» эти проблемы удалось решить с помощью компьютерных методов, и теперь зритель имеет возможность увидеть ее первоначальное изображение.

В ходе компьютерной виртуальной реставрации данной картины был использован метод CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization), позволивший осветлить и увеличить контрастность изображения (*ил. 5б*), а также метод DCPS (Dark Channel Prior Statistics), с помощью которого удалось улучшить качество изображения посредством повышения резкости. В результате этих процедур изображение картины стало более ярким и четким, но его цветовая гамма приобрела желтоватый оттенок (*ил. 5в*). Впрочем, данный недочет можно легко устраниТЬ путем дополнительной обработки цифрового изображения с использованием стандартных графических редакторов (например, программы Adobe Photoshop) [11].

Кроме того, компьютерные технологии позволяют предвидеть результат действий, которые могут быть выполнены в процессе реальной реставрационной работы, оценить последствия различных вариантов реставрационных вмешательств и выбрать такой вариант нанесения тонировок или восполнения утрат, который не приведет к искажению оригинального авторского замысла [10, с. 115].

Подтверждением сказанного являются результаты работ по компьютерной реставрации портрета «Мальчик с ружьем» неизвестного художника из собрания музея-заповедника «Дмитровский Кремль» (холст, масло, 81,5×67,5 см), которая проводилась в ГосНИИР. Эта картина поступила на реставрацию в плачевном состоянии. В изображении лица мальчика на этой картине был утрачен ряд важных частей, включая левый глаз, часть носа и верхнюю губу (*ил. 6а*). Очевидно, что без восполнения этих утраченных деталей невозможно достигнуть целостности восприятия портрета. Но такое масштабное реставрационное вмешательство означало бы существенное внедрение в «ткань» произведения. Поэтому было принято решение прибегнуть к восполнению утрат, сочетая традиционную реставрацию с использованием методов компьютерного моделирования. На первом этапе оцифрованное изображение лица мальчика было разделено по оси симметрии пополам и зеркально скопировано таким образом, чтобы левый глаз портрета занял место правого. С полученного таким образом эскиза была снята калька, после чего рисунок был переведен на места утрат, а затем оставшиеся места утрат были затонированы. Реконструированное изображение, явившееся результатом этой сложной работы, показано на *ил. 6б*.

Интересным современным развитием компьютерных методов восстановления изображений произведений живописи являются работы по виртуальной реконструкции портрета «Пожилой мужчина в военной форме» кисти Рембрандта из коллекции американского Музея Пола Гетти [29]. При рентгеновском исследовании этой картины под красочным слоем неожиданно было обнаружено еще одно портретное изображение, но очень низкого качества (*ил. 7*).

Как предполагают искусствоведы, рентгеновская съемка вывела запечатленный портрет другого человека. По-видимому, Рем-

брандт отказался от исходного замысла и повторно использовал холст для создания другой картины. Специалисты Музея Гетти поставили перед собой задачу улучшить качество этого скрытого изображения с тем, чтобы определить, кто был изображен на этом портрете. Но с технической точки зрения это сверхсложная задача, решение которой, помимо компьютерного моделирования, требует использования новейших физических методов исследования красочных слоев произведений живописи. Для того чтобы отработать методику восстановления исчезнувшего портрета, специалисты музея решили изготовить модельный образец (экспериментальный макет) портрета с записью. В настоящее время этот масштабный научный проект близится к завершению, и очень скоро тайна картины Рембрандта будет разгадана.

Говоря о дальнейших перспективах развития компьютерных методов реставрации произведений живописи, следует сказать об использовании нейронных сетей. В настоящее время нейронные сети получают все более широкое распространение, в том числе для обработки цифровых оптических изображений. Совсем недавно с использованием данной компьютерной технологии производилось виртуальная реставрация картины Рембрандта «Ночной дозор» [14; 22; 27; 28]. Это очень интересный проект, и его описание требует подробного рассмотрения. С учетом того, что использование нейронных сетей постепенно становится отдельным направлением в области применения компьютерных методов в реставрации произведений живописи, авторы намерены обратиться к этой теме в отдельной работе.

В данной статье представлен краткий обзор научной литературы, посвященной применению компьютерных методов в реставрации произведений живописи. Приведенные примеры показывают высокую эффективность использования компьютерных технологий для решения самых разнообразных и актуальных задач в современной музейной практике. Необходимо заметить, что, помимо реставрации, очень перспективным направлением применения компьютерной техники является атрибуция произведений живописи, но эта область требует отдельного серьезного рассмотрения.

Тем не менее заинтересованный читатель может самостоятельно ознакомиться с этой тематикой [см.: 7; 8; 9; 13].

В заключение авторы статьи выражают надежду, что приведенная в статье информация будет способствовать популяризации компьютерных методов и приведет к их более широкому внедрению в реставрационную практику и исследование произведений живописи.

Благодарим Л. В. Николаеву за полезные обсуждения тематики данной статьи.

ИСТОЧНИКИ И БИБЛИОГРАФИЯ

1. Асмус Дж., Парфенов В. А. Лазерные и оптико-электронные методы документирования, анализа и создания копий произведений искусства. СПб. : СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 168 с.
2. Быкова М. А. Компьютерное проектирование в реставрации // Реставрация музеиных ценностей. Вестник. М. : 2/2000–1/2001. № 6–7. С. 24–27.
3. Быкова М. А. Реставрация картин и компьютерные технологии // ArtAtelier Marina Bykova. URL: <http://www.artatelier.ru/index.php?id=8&cat=21&lib=383> (дата обращения: 07.06.2022).
4. Виллан Ф. Программы спасают фрески. Опубл. в : «Computerworld Россия». 1 фев. 2000. № 3(212). 27 с. // OSP – Гид по технологиям цифровой трансформации. URL: <https://www.osp.ru/cw/2000/03/2722/> (дата обращения: 05. 06. 2022).
5. Грушников А. В. Аутентификация произведений живописи по цифровым изображениям // Всероссийский журнал научных публикаций. 2011. № 6. С. 5–6.
6. Иттен И. Основы цвета. URL: <http://www.snlp.org.ru/> (дата обращения: 22.11.19).
7. Кастальская-Бороздина Н. К. Способ исследования произведений живописи на предмет их подлинности и сохранности // PatentDB. Патент 2297725. URL: <https://patentdb.ru/patent/2297725> (дата обращения: 22.11.2019).
8. Кастальская-Бороздина Н. К. «Способ идентификации произведений живописи на предмет их авторства» [Электронный ресурс] PatentDB. Патент 2333613. URL: <https://patentdb.ru/patent/2333613> (дата обращения: 05.06.2022).

9. Кастальская-Бороздина Н. К. «Способ исследования и идентификации живописных произведений культуры» // PatentDB. Патент 2533319. URL: <https://patentdb.ru/patent/2533319> (дата обращения: 05.06.2022).
10. Козак Ю. Г. Детский портрет «Мальчик с ружьем» // Художественное наследие / РИО. ГосНИИР. М. : 2006. Вып. №23(53). 194 с. С. 111–116.
11. Кокошкин А. В., Коротков В. А., Коротков К. В., Новицхин Е. П. Применение методов цифровой обработки изображений для целей реставрации объектов изобразительного искусства // Журнал радиоэлектроники. 2018. Вып. 9. С. 1–16.
12. Лемытская Д. Е. Информационные технологии в реставрации архитектурного наследия : учебное пособие / Д. Е. Лемытская. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. 36 с.
13. Мурашов Д. М., Березин А. В., Иванова Е.Ю. Сравнение изображений картин по информативным фрагментам // Машинное обучение и анализ данных. Т. 1, № 8. 2014.
14. «Ночной дозор» восстановлен в оригинальном размере // Архив ([artchive.ru](https://artchive.ru/news/4678~Nochnoj_dozor_vosstanovlen_v_original'nom_razmere?ysclid=liw4zr5me8193485713)). URL: https://artchive.ru/news/4678~Nochnoj_dozor_vosstanovlen_v_original'nom_razmere?ysclid=liw4zr5me8193485713 (дата обращения: 20.06.2022).
15. Реставраторы вернули в Ассизи фрески Джотто и Чимабуэ // lenta.ru : [новостная лента]. URL: <https://lenta.ru/news/2006/04/06/assisi/> (дата обращения: 07.06.2022).
16. Самохин А. Восстание подлинников // Культура. Духовное пространство русской Евразии. 2015. Вып. 34. 12 с.
17. Фирсова О. Л., Шестопалова; Анисимова Т. И., Зотов А. В., Поневаж В. П., Чумаков П. Ф. Использование компьютерной технологии при реставрации живописи XIV в. церкви Успения на Волотовом поле // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. М. : Индрик, 2005. 304 с. С. 20–25.
18. A Day of Memory in Assisi // ItalianNotebook. URL: <http://www.italiannotebook.com/events/assisi-earthquake/> (дата обращения: 05.06.2022).
19. Asmus J. F, Bernstein R., Dave J. V, Myer H. J. Computer enhancement of the Mona Lisa // Perspectives in Computing. Vol. 7. P. 11–22 (1987).
20. Asmus J., Parfenov V. Characterization of Rembrandt self-portraits through digital-chiaroscuro statistics // Journal of Cultural Heritage. Vol. 38, July–August 2019, P. 167–173. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207418303716?via%3Dihub> (дата обращения: 20.11.2019).

21. Earthquake Restoration in Assisi and New Challenges in Emilia-Romagna. URL: <https://www.annesitaly.com/2012/06/11/earthquake-restoration-in-assisi-and-new-challenges-in-emilia-romagna/> (дата обращения: 05.06.2022).
22. Friedman T., Lurie D. J., Shalom A. Authentication of Rembrandt's Self-portraits through the use of facial aging analysis // The Israel Medicine Association Journal. 2012. Vol. 14. P. 591–594.
23. Jafarpour S., Polatkan G., Brevdo E., Hughes S., Brasoveanu A., Daubechies I. Stylistic analysis of paintings using wavelets and machine learning. P. 1220–1224 in 17th European signal processing conference (EUSIPCO 2009) (Glasgow, Scotland, 24–28 August 2009). IEEE (Piscataway, NJ), 2009.
24. Johnson C. R., Hendriks E., Berezhnoy I. J., Brevdo E., Hughes S. M., Daubechies I., Li J., Postma E., Wang J. Z. Image processing for artist identification computerized analysis of Vincent van Gogh's painting brushstrokes // IEEE Signal Process. 2008. N 25(4). P. 37–48.
25. Lyu S., Rockmore D., Farid H. Digital techniques for art authentication // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2004. Vol. 87. No. 7. P. 1062–1078.
26. Mandelbrot B. The fractal geometry of nature. New York. 1982.
27. Missing pieces of The Night Watch // Rijksmuseum. URL: <https://www.rijksmuseum.nl/en/stories/operation-night-watch/story/missing-pieces> (дата обращения: 05.06.2022).
28. Rembrandt's The Night Watch painting restored by AI // BBC. URL: <https://www.bbc.co.uk/news/technology-57588270> (дата обращения: 05.06.2022).
29. Trentelman K., Janssen K., Snickt G., van der Szafran Y., Woollett A. T., Dik J. Rembrandt's An Old Man in Military Costume: the underlying image re-examined // Applied Physics A (2015) 121:801–811. DOI: 10.1007/s00339-015-9426-3
30. Unveiling the invisible: mathematical methods for restoring and interpreting illuminated manuscripts Heritage science journal. URL: <https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-018-0216-z#Sec6> (дата обращения: 05.06.2022).



а



б



в



а



б



в

1. Базилика Святого Франциска в Ассизи.

Фреска Джотто «Св. Иероним»:

а – до землетрясения; б – после землетрясения;

в – после реставрации

2. Базилика Святого Франциска Ассизи.

Фреска Чимабуэ. Свод с изображением Евангелистов над алтарем,
(а – до землетрясения; б – после землетрясения;

в – после реставрации)



3. Часовня Оветари в Падуе. Фрагмент фрески Мантенни
после реставрации



а



б

4. Леонардо да Винчи. Фрагмент картины «Мона Лиза»:
а – оригинал произведения;
б – после компьютерной реставрации



5. Картина Уильяма Блейка «Покаяние Джейн Шор в церкви Святого Павла»:
– оригинал произведения;
– вид картины в результате применения метода CLAHE;
– результат комбинация методов CLAHE и DCPS)



а



б

6 Фрагмент картины «Мальчик с ружьем»:
а – до реставрации; б – после реставрации



7. Рембрандт. Пожилой мужчина в военной форме»:

а – оригинал произведения;

б – рентгеновское изображение другого,
более раннего, портрета на том же холсте