

# О методах исследования цифровых копий художественных произведений для определения их индивидуальных особенностей

Славных В.А., Сергеев А.П., Филимонов В.В.

УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина  
[s.nika@list.ru](mailto:s.nika@list.ru), [alexanderpsergeev@gmail.com](mailto:alexanderpsergeev@gmail.com), [fvv1408@list.ru](mailto:fvv1408@list.ru)

**Аннотация.** Работа посвящена обзору отечественных исследований и патентных разработок в области определения индивидуальных особенностей художественного произведения. Систематизированы характерные признаки авторских стилей, выделяемые различными исследователями и представлены методы определения указанных признаков. Обзор опубликованных работ показал, что данная тема недостаточно представлена в отечественной литературе. Большинство исследований посвящено решению задачи идентификации автора.

**Ключевые слова:** цифровое изображение, атрибуция, классификация, идентификация автора, признаки авторского стиля, экспертиза.

## 1 Введение

Индивидуальное своеобразие художника формируется в процессе его профессиональной деятельности и выражается в неповторимости его произведения. Среди множества критериев творчества одним из главных является способность отражения индивидуальных позиций и передача мыслей и отношений к реальности.

Установление авторства произведений искусства является актуальной проблемой. Во-первых, она возникает во время аукционных торгов, при определении стоимости произведения искусства. Во-вторых, при работе с музейными коллекциями. В-третьих, существует большой пласт художественных произведений, авторство которых еще не установлено. Актуальным также остается вопрос о большом количестве копий произведений искусства.

Важной задачей является систематизация произведений искусства и организация цифровых баз данных музейных коллекций, архивов и библиотек в Интернете. Подобная деятельность необходима для поиска новой информации о ранее неизвестном произведении и сличения с цифровой копией уже атрибутированных работ предполагаемого автора. Деятельность, направленную на выявление соответствия произведения искусства заявленным атрибутам называют «экспертизой».

Экспертиза произведений искусства решает задачи, которые мы предлагаем разделить на технико-технологические и искусствоведческие.

**Технико-технологические задачи** - установление состояния сохранности объекта и предполагаемая стоимость реставрации, техники и технологии исполнения представленной работы, ее возраста и рыночной стоимости.

Технико-технологическая экспертиза использует современные физические, химические и физико-химические методы анализа материалов, из которых состоит картина, иногда требующие изъятия пробы. Полное технологическое исследование произведений искусства имеет необходимость использования, технически хорошо оснащенной лаборатории, высококвалифицированного персонала, а также наличие сравнительного материала, достаточно высокую стоимость и по этой причине не всегда целесообразно.

**Искусствоведческие задачи** - определение авторства художественного произведения, принадлежности художественному направлению, стилю или школе, поиск влияний и связей между художниками, культурной или исторической ценности произведения.

Искусствоведческая экспертиза использует сравнительно-исторический, формальный, иконологический, семиотический методы анализа формы, композиции, технических приемов.

К экспертизе привлекаются специалисты в соответствующей области деятельности. Оценка экспертной комиссии зависит от квалификации и знаний каждого члена группы. Только специалисты могут обеспечить полноту исследования и надежность выводов. В связи с чем, важной задачей представляется изучение и развитие новых компьютерных методов бесконтактного исследования произведений искусства для целей атрибуции.

**Цель работы:** обзор исследований и патентных разработок в области атрибуции произведений искусства по их цифровым копиям.

## **2 Отечественные работы по исследованию цифровых копий художественных произведений**

Мурашов Д.М., Березин А.В., Иванова Е.Ю. [1-2] (Москва, Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Государственный Исторический музей) предложили описание фактуры картин на основе характеристик хребтов полутоновых изображений мазков и локальных признаков структурного тензора на изображении фрагмента. «Гистограмма формируется по значениям составляющих градиента уровней полутонов в точках, расположенных на хребтах информативных фрагментов» [1].

Размер кисти художника (толщина волоса, ширина кисти) вычисляется на основе значения модуля волнового вектора, который определяет пространственный период волны в направлении ее распространения. Данные для исследования формируются по информативным фрагментам изображений без предварительной сегментации отдельных мазков кисти. Для сравнения информативных фрагментов применяется теоретико-информационная мера различия на основе дивергенции Кульбака-Лейблера - меры удаленности друг от друга двух вероятностных распределений. Данные исследования показали, что значения исследуемого признака фрагментов картин разных авторов различаются в пять раз больше, чем значения признака на картинах одного автора. Описанная методика была протестирована на изображениях портретов, написанных в XVIII–XIX вв. [1].

Иваненко Ю.М., и др. [3] выдвинули гипотезу: живописное произведение обладает внутренней динамикой, которая характеризуется соотношением детерминированности и хаотичности. Исследователи выявили, что полутоновые изображения отличаются конечностью размерности аттрактора. На основе отсчетов

яркости реального изображения были выбраны специальные переменные для построения многомерного фазового пространства, в котором производился анализ динамики исследуемого изображения путем вычисления интегральной корреляционной функции аттрактора. Исследователи установили, что значения размерности аттрактора отражают вид изображения: «полиграфическая копия» произведения искусства, фотографическое изображение лица, фрагменты скульптурного изображения, зафиксированные с помощью видеокамеры, модельные изображения различных объектов, сгенерированные на компьютере, в соответствии с разработанной шкалой сложности изображений. Определенная зависимость размерности аттрактора от числа фазовых переменных позволяет произвести идентификацию индивидуального творческого почерка художника [3].

Новиков Г.И. [4] (Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН) предложил для идентификации автора художественных произведений использовать колориметрические измерения «контраста цветового насыщения», (противопоставление ярких, насыщенных и блеклых, затемненных цветов), зависящего от пропорций и равновесности композиции, присущего конкретным авторам. Исследователь предложил вычислять соотношение основных и дополнительных цветов на основе сопоставления цвета картины в разных точках по отношению к нейтральному серому фону. Вывод был основан на рассмотрении колориметрических измерений объектов русской и западноевропейской живописи второй половины XIX и начала XX веков.

Костюков Ю.В. [5] (Краснодарский краевой художественный музей им. Ф.А. Коваленко) предлагает осуществлять отбор характерных признаков для исследования художественного произведения, статистическими методами, которые позволят выявить тесноту связи между признаками и выделить наиболее идентификационно значимые. Он предложил устанавливать факт наличия взаимосвязи между признаками и ее значимости на основе критерия хи – квадрат. Описанная методика была протестирована при анализе декорировки столовой и чайной посуды завода Гарднера конца XVIII – последней трети XIX вв. В результате исследования Костюков Ю.В. установил, что на изделиях завода Гарднера наиболее тесно связаны между собой признаки «тема» и «форма» декора. Зная значение одного из них, можно с определенной вероятностью предсказать значение другого [5].

### **3 Отечественные патенты на изобретения**

Хачатрян А.Х. [6] (ООО «Научно-исследовательский институт экспертизы произведений искусств и архитектуры») описывает три запатентованных технологии бесконтактного неразрушающего анализа произведений искусства:

- «Способ бесконтактного неразрушающего анализа художественных полотен и других произведений искусства по их цифровым копиям для определения индивидуального рисунка рельефа и углублений поверхностных и внутренних слоев» [7].
- «Способ опосредованного неразрушающего исследования художественных полотен, монументального и других произведений искусства для выявления их скрытых индивидуальных особенностей (варианты), способ определения подлинности и/или авторства художественного или других произведений искусства» [8].

- «Способ защиты художественного полотна и других произведений искусства от подделки, а также определения их авторства» [9].

Цифровая копия обрабатывается в графическом редакторе (увеличение масштаба, затемнение до появления углублений и контуров, осветление до более четкого проявления рельефа, обработка при помощи инструмента «контурная резкость» до получения максимально четких контуров). При этом каждая отдельно взятая цифровая копия художественного произведения разделяется на слои и сохраняется в отдельные файлы, как часть исследуемого произведения искусства. Каждая из них обрабатывается отдельно; количество слоев конкретного произведения зависит от индивидуального характера каждого из них, а каждый изученный слой рассматривается как отдельное исследование. Далее эксперт зрительно анализирует полученные копии художественного полотна [6].

По мнению авторов, предложенные способы выявляют скрытые индивидуальные особенности композиции и характер художественного произведения, что позволяет определить их подлинность, послойно рассмотреть картины разных художников, обнаружить тайные знаки, раскрывающие замысел и обнаружить пустоты, полости и скрытые предметы в художественных произведениях [6].

Кастальская-Бороздина Н.К. [10] (Свято-Троице Сергиева Лавра) предлагает способ идентификации художественных произведений через сопоставление наборов зашифрованных данных фрагментов живописи по соответствующим цветам палитры произведения. Исследователь утверждает, что у каждого автора существует неповторимый набор исходных «полу(четверть) тоновых шкал колеров» [10] ожидаемых в любой его работе. Кастальская-Бороздина Н.К. предлагает идентификацию исследуемого объекта осуществлять на основе сравнения «выявленных уникальных признаков произведения живописи и оригинала по графическим зависимостям коэффициента гашения обертонов от суммарного колера, состоящего из красного, зеленого и синего цветов, вычисленным по самым темным, самым светлым и срединным колерам с учетом естественной аппаратной погрешности» [10]. Описанный способ был опробован на цифровых копиях таких художников как, Айвазовский И., Левитан И., Кустодиев Б., Поленов В.

Шольцен В. [11] предлагает способ определения автора художественного произведения по ее цифровой копии путем сравнения характеризующих признаков и деталей характеризующих признаков (точек, линий, групп точек или линий, узоров), полученных преобразованием Хафа.

#### **4 Характерные признаки авторских стилей**

Таким образом, на основе проведенного обзора можно выделить следующие характерные признаки авторских стилей и способы их вычисления, используемые различными исследователями.

##### **Фактура картины:**

Определяемая, гистограммой направлений хребтов полутоновых изображений мазков, формируемой на основе вторых частных производных от функции, описывающей полутоновый рельеф изображения по пространственным координатам и гистограммой локальной ориентации окрестностей на изображении фрагмента картины, формируемой на основе первых частных производных от функции, описывающей полутоновый рельеф изображения по пространственным координатам [2].

Получаемая, после обработки в графическом редакторе Adobe Photoshop или FS Viewer путем масштабирования, затемнения, осветления, увеличения контурной

резкости (настройка параметров эффекта резкости, радиуса пикселей, и порога уровней), яркости и контрастности. [8]

Получаемая, после обработки в графическом редакторе путем масштабирования, затемнения, осветления, увеличения контурной резкости (настройка параметров эффекта резкости, радиуса пикселей, и порога уровней) [9].

**Размер кисти, использовавшейся художником** – локальное волновое число, получаемое из изображения при использовании преобразования Рисса [1].

**Выразительные графические средства** (точки, группы точек, линии, группы линий, узоры), определяемые методом Хафа. Дополнительно устанавливаются опорные признаки, путем масштабирования, растяжения или сжатия, изменения или изгиба линии, изменения угла между двумя линиями соответствующего характеризующего признака [11].

**Цветовой контраст:**

**Яркость изображения**, определяемая зависимостью размерности аттрактора от числа фазовых переменных [3].

**Контраст цветового распространения**, зависящий от пропорций и равновесности композиций автора. Сопоставление цветов картины в разных точках по отношению к нейтральному серому фону. Количественные расчеты производятся исходя из установленных И. Гёте простых числовых выражений. Контраст цветового распространения подчинен гармонии равновесия отношения светлоты и дополнительных цветов. [4]

**Цвет**, получаемый после обработки в графическом редакторе Adobe Photoshop или FS Viewer путем масштабирования, затемнения, осветления [8].

**Цветовые пятна**, определяемые графической зависимостью коэффициента гашения обертон и суммарного колера, вычисленным по самым темным, самым светлым и средним колерам с учетом естественной аппаратной погрешности [10].

## 5 Выводы

В результате проведенного обзора были выявлены характерные признаки авторских стилей, выделяемые различными исследователями для целей атрибуции художественных произведений. Все признаки можно разделить на три основные группы: фактура картины, цветовой контраст, выразительные графические средства.

Рассмотренные в настоящей работе исследования в области анализа цифровых копий произведений искусства направлены на определение авторства художественного произведения. Однако в области экспертизы художественных произведений остается еще целый ряд задач, которые можно решать: классификация стилей, жанров и периода создания, установление взаимовлияний и связей между художниками. Дальнейшие исследования могут быть направлены на развитие и апробацию бесконтактных методов анализа художественных произведений, которые недостаточно представлены в отечественной литературе, а также изучение опыта зарубежных исследователей.

В представленных работах не предложено описание технологии получения и критерии оценки качества, предъявляемые к цифровым копиям художественных произведений, в связи с чем, возникает вопрос об объективности результатов исследования изображений, имеющихся в сети Интернет.

Очевидно, что для успешного использования цифровых бесконтактных методов анализа художественных произведений необходимо наличие обширных баз оригинальных атрибутированных работ, а так же баз вычисленных данных для сравнения.

## Список литературы

1. Мурашов Д.М., Березин А.В., Иванова Е.Ю. Формирование признакового описания фактуры картин // Машинное обучение и анализ данных. 2013. Т. 1, № 6. С. 779–786.
2. Мурашов Д.М., Березин А.В., Иванова Е.Ю. Сравнение изображений картин по информативным фрагментам // Машинное обучение и анализ данных. 2014. Т. 1. № 8. С. 941–948.
3. Иваненко Ю.М., Макулов В.Б., Раскин А.Г., Трифонов М.И. Математическая формализация художественной ценности произведения искусства, их голографической копии и компьютерных изображений // Информационный бюллетень РФФИ, 5 (1997) Науки о человеке и обществе.
4. Новиков Г.И. Колориметрические исследования в живописи // Материалы IX Международной конференции «Прикладная оптика-2010», 18–22 октября 2010, Санкт-Петербург, С. 236–240.
5. Костюков Ю.В. Возможности применения вероятностно-статистического метода для оценки значимости признаков в идентификации произведений искусства // Теория и практика актуальных исследований (Материалы Международной научно-практической конференции, 17 апреля 2012).
6. Хачатрян А.Х. Исследование произведений монументального и изобразительного искусства с помощью нового изобретения, его роль и важность в мировой науке // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2013, № 4. С. 461–470.
7. Хачатрян А.Х., Симонян З.А., Хачатрян В.А. Способ бесконтактного неразрушающего анализа художественных полотен и других произведений искусства по их цифровым копиям для определения индивидуального рисунка рельефа и углублений поверхностных и внутренних слоев // Патент России № 2012157043, 10.07.2014.
8. Хачатрян А.Х., Симонян З.А., Хачатрян В.А. Способ опосредованного неразрушающего исследования художественных полотен, монументального или других произведений искусства для выявления их скрытых индивидуальных особенностей (варианты), способ определения подлинности и/или авторства художественного полотна, монументального или других произведений искусства // Патент России № 2012138269, 20.03.2014.
9. Хачатрян А.Х., Симонян З.А., Хачатрян В.А. Способ анализа художественных полотен и других произведений искусства для определения их авторства и/или защиты от подделки // Патент России № 2012118006, 10.11.2013.
10. Кастальская-Бороздина Н.К. Способ идентификации произведений живописи на предмет их авторства // Патент России № 2333613, 10.09.2008.
11. Шольцен В. Устройство и способ идентификации автора произведения искусства // Патент России № 2011149157, 27.06.2013.

## **About The Methods of Research Digital Copies Works of Art to Determine Their Specific Features**

Viktoriya Slavnykh, Alexander Sergeev, Viktor Filimonov

Ural Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin,  
[s.nika@list.ru](mailto:s.nika@list.ru), [alexanderpsergeev@gmail.com](mailto:alexanderpsergeev@gmail.com), [fvv1408@list.ru](mailto:fvv1408@list.ru)

**Abstract.** The work is devoted to the review of Russian studies and patents to determine the specific features of works of art. The article provides a classification the characteristic features of the author's style works of painting and are described methods for determining specified characteristics.

**Keywords:** digital image, image features, classification, attribution of paintings.