

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра дискретной математики и  
информационных технологий

**РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ И ПРОБЛЕМА АТТРИБУЦИИ В  
ЖИВОПИСНЫХ ПОЛОТНАХ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 421 группы  
специальности 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
факультета компьютерных наук и информационных технологий  
Токарева Кирилла Владимировича

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_

Ю.А. Бродская

подпись, дата

Заведующий кафедрой

к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Л.Б. Тяпаев

подпись, дата

Саратов 2018

**Введение.** Теория распознавания образов в настоящее время становится одним из значимых разделов информационных технологий и кибернетики. Также данная теория является важным инструментом в ходе научных исследований и в различных сферах человеческой деятельности. Владение методами распознавания образов необходимо для специалистов в области прикладной информатики, который осуществляет анализ и обработку результатов экспериментов.

Атрибуция художественных произведений - один из важнейших моментов в жизни этих самых произведений и всего что их сопровождает. От имени картины, от имени художника, от даты рождения произведения зависит ее ценность и судьба. Это относится к любым произведениям искусства, не только к картинам, о которых будет сказано позже. С помощью различных методов атрибуции можно установить подлинность картины, автора, и даже дату создания картины. Как пример – исследователи из США и Нидерландов создали алгоритм, который способен узнавать авторов картины по особенностям их штрихов[1].

Целью данной дипломной работы является обзор методов распознавания образов и атрибуции в изобразительном искусстве, а так же программы для распознавания стилей и направлений в живописи.

В главе 1 «Теоретические аспекты распознавания образов» – это обзор по распознаванию образов. В ней рассматриваются основные понятия, связанные с задачей распознавания образов, а так же методы распознавания образов и их сравнительный анализ.

В главе 2 «Атрибуция в изобразительном искусстве и задача распознавания образов» содержится формальная и содержательная постановка задачи, а так же рассматриваются методы атрибуции в живописи. Описаны методы инфракрасной рефлектографии, анализ в ультрафиолетовом излучении, рентгено-флюоресцентный анализ, инфракрасная спектроскопия с Фурье-преобразованием, метод отбора микропроб, а так же исследования под микроскопом.

В главе 3 «Нейронные сети» даются основные определения связанные с нейронными сетями, а так же список задач решаемых с применением нейронных сетей.

В главе 4 «Алгоритм и его реализация» описывается создание программы для распознавания образов в живописи. Она включает в себя подготовку изображений для обучения нейронной сети, описание процесса обучения модели, а так же оценку ее качества и классификацию картин с использованием обученной нейронной сети.

Необходимость в таком распознавании возникает в самых разных областях — от военного дела и систем безопасности до оцифровки аналоговых сигналов. Проблема распознавания образа приобрела выдающееся значение в условиях информационных перегрузок, когда человек не справляется с линейно-последовательным пониманием поступающих к нему сообщений, в результате чего его мозг переключается на режим одновременности восприятия и мышления, которому свойственно такое распознавание . Неслучайно, таким образом, проблема распознавания образа оказалась в поле междисциплинарных исследований - в том числе в связи с работой по созданию искусственного интеллекта, а создание технических систем распознавания образа привлекает к себе всё большее внимание.

**1 Теоретические аспекты распознавания образов.** Под распознаванием образов понимается решение задачи построения и применения различных операций над числовыми отображениями объектов. По итогам их решения отражаются отношения эквивалентности между данными объектами. Отношения эквивалентности показывают на принадлежность оцениваемых объектов к определенным классам, которые рассматриваются в качестве самостоятельных единиц.

**1.1 Методы распознавания образов.** Для распознавания образов можно применить метод перебора вида объекта под различными углами, масштабами, смещениями. Второй подход – найти контур объекта и исследовать его свойства, например связность, наличие углов и т.д. Еще один подход – использовать искусственные нейронные сети. Для реализации этого метода требуется представления большого количества образцов с известной классификацией. Не существует устоявшейся типологии методов распознавания образов. Одна из наиболее устоявшихся классификаций, в которой представлен академический обзор методов распознавания, выделяет следующие геометрические методы распознавания [2]:

- основанные на принципе деления;
- статистические;
- основанные на «потенциальных функциях»;
- вычисления оценок;
- основанные на исчислении высказываний, например использующие аппарат алгебры логики.

Представленная классификация основывается на различиях в формальных методах распознавания образов. Различают следующие основные способы классификации методов распознавания образов [3]:

- интенциональные методы, которые основаны на операциях с признаками;

- экстенциональные методы, которые основаны на операциях с объектами;
- алгоритмы вычисления оценок;
- коллективы решающих правил;
- «Евклидово пространство»

**2 Атрибуция в изобразительном искусстве.** Атрибуция – установление авторства, времени и места создания художественного произведения. Опирается на анализ стиля, иконографии, сюжета, техники, на результаты физических и химических исследований и т. д. Существуют следующие методы атрибуции:

- Инфракрасная рефлектография.

Этот метод позволяет специалистам увидеть различные варианты работы художника на холсте, его прорисовки, правки в композиции перед завершением картины.

- Анализ в ультрафиолетовом излучении.

Ультрафиолетовые лучи позволяют экспертам определить старение лаковой пленки - более свежий лак в ультрафиолете выглядит темнее. Это означает, что позднейшие наслоения лака будут отличаться от первоначального слоя по цветовому тону. Это справедливо и для ретушированных участков в сравнении со слоями оригинальной краски.

- Рентгено-флюоресцентный анализ.

Основан на записи и последующем анализе спектра, полученного путем воздействия на исследуемый материал рентгеновского излучения [4]. Результат такого анализа - установление использованных в работе пигментов (в основном неорганических)

- Инфракрасная спектроскопия с Фурье-преобразованием (FTIR).

Этот метод применяется экспертами для установления органических красителей, неорганических пигментов (не выявленных при рентгено-флюоресцентном анализе), а также лаков, типа связующего, его возраста, степени полимеризации (старения) масла.

- Метод отбора микропроб.

Данные получают в виде инфракрасных спектров исследуемого образца. Спектр представляет собой ряд полос, которые соответствуют химическим связям между атомами или группами атомов в молекуле. Полученные спектры сравниваются с эталонами из базы спектров известных материалов и, таким образом, проводится идентификация объекта и интерпретация полученных данных.

- Оптическая и цифровая микроскопия.

Метод, который дает информацию о методике построения слоев в картине, а также о том, подвергалась ли работа последующей правке, переписи или реставрации. Особое внимание уделяют подписи. Анализ полотна под микроскопом позволяет определить дату ее воспроизведения с точностью до нескольких десятилетий.

**3 Нейронные сети.** Нейросеть – это обучаемая система. Она действует не только в соответствии с заданным алгоритмом и формулами, но и на основании прошлого опыта. Нейронные сети нашли свое применение в различных сферах. Самыми распространенными применениями нейронных сетей является:

- 1) Классификация.
- 2) Предсказание.
- 3) Распознавание.

Теперь, чтобы понять, как же работают нейронные сети, давайте взглянем на ее составляющие и их параметры.

Нейрон – это вычислительная единица, которая получает входные данные, производит над ними простые вычисления и передает их далее. Они делятся на 3 основных типа: входной (синий), скрытый (красный) и выходной (зеленый). Это изображено на рисунке 2. В случае если нейронная сеть состоит из множества нейронов, вводят термин слоя. Синапсом называется связь между нейронами. У синапсов есть 1 параметр – вес.

Благодаря весу, входная информация изменяется, когда передается от одного нейрона к другому.

**4 Алгоритм и его реализация.** Реализация нейронной сети для распознавания образов разбита на следующие подзадачи:

- 1) Подготовка изображений.
- 2) Обучение нейронной сети.
- 3) Оценка качества модели.
- 4) Классификация по обученной модели.

**4.1 Подготовка изображений.** Был написан скрипт, для предварительной обработки изображений, чтобы по ним обучать нейросеть. Полный код можно посмотреть в приложении А. На вход программа получает изображение, у него обрезается рамка. Пример работы скрипта можно посмотреть на рисунках 6 и 7.

**4.2 Обучение нейронной сети.** В общем смысле под обучением понимают последовательное предъявление образа на вход нейронной сети, из обучающего набора, затем полученный ответ сравнивается с желаемым выходом. Для обучения нейронной сети использовался алгоритм обратного распространения ошибки. Данный алгоритм является первым и основным практически применимым для обучения многослойных нейронных сетей. В качестве метода минимизации ошибки используется метод градиентного спуска. В качестве функции активации может использоваться любая непрерывно дифференцируемая монотонная функция. В нашем случае функция Relu [5]. Активированное состояние нейрона вычисляется по формуле (3). Полный листинг программы с комментариями представлен в приложении Б.

**4.3 Оценка качества модели.** Подготовив модель, необходимо адекватно оценить ее качество, для этого использовалось 40 случайных изображений из обучающей выборки. Чтобы оценить качество модели необходимо посчитать следующие параметры:

1) Точность (англ. precision) показывает отношение верно угаданных объектов класса ко всем объектам, которые мы определили как объекты класса. Данный параметр вычисляется по формуле (4).

2) Полнота (англ. recall) показывает отношение верно угаданных объектов класса ко всем представителям этого класса. Данный параметр вычисляется по формуле (5).

3) Также существует F-мера (англ. F1 score) — среднее гармонической точности и полноты. F- мера вычисляется по формуле (6). Результаты оценки качества модели представлен на рисунке 11. Полный листинг программы представлен в приложении В.

**4.4 Классификация изображений.** Это конечный этап работы программы. На вход подается работа одного из авторов. В качестве результата получаем процентную классификацию полученного изображения по двум классам. Примеры классификации работ можно посмотреть на рисунках 12 – 15. Полный листинг программы представлен в приложении Г.

**Заключение.** В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- 1) Приведены определения основных понятий связанных с задачей распознавания образов.
- 2) Рассмотрена классификация методов распознавания образов.
- 3) Описаны методы атрибуции в живописи.
- 4) Описана роль искусственного интеллекта при распознавании образов.
- 5) Реализована нейронная сеть для определения образов в предложенной предметной области (живописи).

Полученную модель классификации изображений можно применять в задачах, где требуется провести классификацию картин по их авторам.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Нейросеть научилась определять художника по штрихам [Электронный ресурс]: сайт. URL: <https://nplus1.ru/news/2017/11/21/art> (дата обращения 10.06.2018) Загл. с экрана. Яз. Рус.
- 2 Качановский, Ю. П. Предобработка данных для обучения нейронной сети/ Ю. П. Качановский, Е. А. Коротков // Фундаментальные исследования. – 2011. – №12. – С. 117-120.
- 3 Alexe, V. Measuring the objectness of image windows [Text] / В. Alexe, Т. Deselaers, V. Ferrari // Transactions on pattern analysis machine intelligence. – 2012. – Vol. 34. – pp. 2189-2202.
- 4 Национальный научно-исследовательский институт экспертизы и оценки объектов истории культуры [Электронный ресурс]: сайт. URL: <https://is.gd/32MjOV> (дата обращения 05.04.2018) Загл. с экрана. Яз. Рус.
- 5 Ключевые рекомендации по глубокому обучению (Часть 2) [Электронный ресурс]: сайт. URL: <https://is.gd/mvNrOK> (Дата обращения 20.04.2018) Загл. с экрана. Яз. Рус.