

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СТОИМОСТИ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ИСКУССТВА

С.В. Горев

Сергей Владимирович Горев (ORCID 0000-0002-4370-9533)

Ивановский государственный химико-технологический университет, пр. Шереметевский, 7, Иваново, 153000, Россия

E-mail: 89160030090@mail.ru

Статья посвящена изучению существующих методов и алгоритмов искусственного интеллекта, в том числе для определения стоимости произведений искусства. Описаны методы не только машинного обучения (индуктивное, дедуктивное), но и искусственного интеллекта, такие как экспертные системы, рассуждения на основе прецедентов, нейронные сети, эволюционные вычисления, байесовские сети, нечеткие системы, семантическая сеть. Рассмотрены алгоритмы принятия решений искусственным интеллектом (наивный байесовский классификатор, метод ансамблей, метод опорных векторов, дерево принятия решений, логическая регрессия, метод наименьших квадратов). Показано, что искусственный интеллект тесно взаимосвязан с жизнью людей, в коммерческих целях, а также активно используется при создании и оценке произведений искусства. Установлено, что, несмотря на быстро развивающиеся технологии, существует довольно большой пласт работ в области поиска новых решений для улучшения использования методов и алгоритмов искусственного интеллекта. Выявлена целесообразность применения при определении стоимости произведений искусства при использовании машинного обучения алгоритм «случайный лес», так как этот алгоритм строит деревья решений, раз за разом исправляя ошибки предыдущего дерева, в итоге качество полученных предсказаний намного выше в сравнении с использованием алгоритма «дерево решений». В исследованиях, проведенные в рамках определения стоимости произведений искусства получены самые различные результаты, как для отличающихся друг от друга методик, так и для методик, использующих одни и те же алгоритмы, так и для систем, основывающихся на одном и том же алгоритме, что, в свою очередь, подтверждает необходимость дальнейших исследований данной области.

Ключевые слова: искусственный интеллект, произведение искусства, нейронная сеть, машинное обучение, наблюдения, алгоритм, метод, оценка, сети.

METHODS AND ALGORITHMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ART WORK VALUATION

S.V. Gorev

Sergey V. Gorev (ORCID 0000-0002-4370-9533)

Ivanovo State University of Chemical and Technology, 7, Sheremetevsky Avenue, Ivanovo, 153000, Russia

E-mail: 89160030090@mail.ru

The article is devoted to the study of existing methods and algorithms of artificial intelligence, including for determining the art work valuation. The methods of not only machine learning (inductive, deductive), but also artificial intelligence are described, such as: expert systems, case-based reasoning, neural networks, evolutionary computing, bayesian networks, fuzzy systems, semantic network. The authors consider an artificial intelligence algorithms (naive bayesian classifier, ensemble method, support vector machine, decision tree, logical regression, least squares method). It is shown that artificial intelligence is closely inter-related with people's lives, for commercial purposes, and is also actively used in the creation and art work evaluation. It is established there is a fairly large work layer in the field of finding new solutions to improve the artificial intelligence method and algorithm use, despite the rapidly developing technologies. The expediency of using the "random forest" algorithm in determining the art using machine learning work valuation

has been revealed, since this algorithm builds decision trees, correcting the previous tree errors over and over again, as a result, the prediction quality obtained is much higher compared to using the "Decision Tree" algorithm. In the studies conducted within the framework of determining the art work valuation, a result variety have been obtained, both for methods that differ from each other, and for methods using the same algorithms, and for systems based on the same algorithm, which, in turn, confirms the need for further research in this area.

Keywords: Artificial intelligence, art work, neural network, machine learning, observations, algorithm, method, estimation, networks.

Для цитирования:

Горев С.В. Исследование методов и алгоритмов искусственного интеллекта при определении стоимости произведений искусства. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2022. № 04(54). С.21-28. DOI: 10.6060/ivecofin.2022544.622

For citation:

Gorev S.V. Methods and algorithms of artificial intelligence in the art work valuation. *Ivecofin*. 2022. N04(54). С.21-28. DOI: 10.6060/ivecofin.2022544.622 (in Russian)

ВВЕДЕНИЕ

Роль и значение искусственного интеллекта в нашей жизни в достаточной степени недооценена и многим, может показаться, это чем-то из области фантастики, на сколько часто пользуемся искусственным разумом: виртуальные помощники (Алиса, Siri, Kortana и др.), видеоигры, автомобили с искусственным интеллектом, маркетинг, новостные порталы, видеонаблюдение, умный дом, искусство и пр.

На сегодняшний день масштаб применения искусственного интеллекта в полной мере недооценён, а в скором будущем человечество не сможет обходиться без него. Путь в развитие и применения искусственного интеллекта в жизни человечества больше, чем технические вещи, он начинает включать в себя цивилизационные вещи: что мы можем себе позволить, что мы можем себе разрешить.

В начале 2021 г. в авторитетном американском журнале была опубликована статья об исследовании роли искусственного интеллекта в области культуры. Исследование провел профессор Университета Колорадо Харши Гангадхарбатлы и заключалось в следующем: респондентов попросили угадать какую из картин создал человек, а какую искусственный интеллект. Итоги исследования были таковы: 75% респондентов не угадали, что это создал человек, а не искусственный интеллект.

Важным методологическим принципом при определении стоимости произведений искусства, должно быть непредвзятое отношение к исследуемому предмету. Отсекая несхожесть элементов в произведении, можно выйти на истину, то есть искусственный интеллект с этим превосходно справится, по сравнению с экспертом, который должен оставаться не только на уровне

академических знаний, но и быть на определённой этической высоте, что не всегда бывает.

Рынок произведений искусства является важной частью национальной экономики. Существует несколько моделей и методов, используемых в различных странах для оценки имущества, основанный на базе искусственного интеллекта, в том числе сети искусственных нейронов.

АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Существующие технологии развития искусственного интеллекта выходят за рамки осознанности в область фантастики и уже сейчас можно с уверенностью сказать, что наша жизнь будет существенно зависеть от того на сколько, эффективно будут взаимодействовать человек и искусственный интеллект.

Художники создают автономных роботов для совместной работы, снабжают алгоритмы данными и обучают машины создавать новые визуальные произведения. Они работают с компьютерными программами, которые имитируют человеческий разум, создавая нескончаемый поток уникальных произведений искусства. Искусственный интеллект стал желанным партнером в художественном творчестве.

Создавая произведения искусства, художники, используют искусственный интеллект, понимая взаимосвязь между случайностью и контролем, разрабатывая новые концепции и визуальные эффекты. Это можно уже встретить на обложках поп-альбомов, украшающих стены традиционных художественных галерей и расширяющих наше представление о компьютерном искусстве. Системы искусственного интеллекта могут научиться сочинять оригинальную музыку в стиле Элвиса Пресли, создавать картины, как если бы они были уникальными для Караваджо, или даже создавать кинофильмы и

анимацию в сотрудничестве с художником. Более того, помощники с искусственным интеллектом также могут помочь реставраторам воссоздать давно утраченные исторические шедевры искусства, анализируя произведения искусства и изучая уникальный стиль любого когда-либо жившего художника.

Искусственный интеллект - это область компьютерных наук, которая фокусируется на создании машин, имитирующих человеческий интеллект или даже имитирующих человеческий мозг с помощью набора алгоритмов. Искусственный интеллект может создавать новые произведения с помощью машинного обучения, используя различные самообучающиеся алгоритмы, которые извлекают знания из данных. Искусство искусственного интеллекта - это результат сотрудничества между художником и системой искусственного интеллекта, но уровень автономии может значительно варьироваться, и результат в значительной степени зависит от качества данных, на которых учится искусственный интеллект.

Чтобы создавать произведения искусства, созданные искусственным интеллектом, художники используют искусственный интеллект в качестве творческого инструмента и работают с алгоритмами, устанавливая определенные правила, с помощью которых машины анализируют тысячи изображений, чтобы понять конкретный процесс создания, например, определенный стиль или эстетику. Затем алгоритмы генерируют новые формы, очертания, фигуры и узоры для создания новых работ. Помимо машин, художники по искусственному интеллекту также сотрудничают с креативными программистами, статистиками, компьютерщиками и нейробиологами, создавая машины, которые раздвигают границы человеческого творчества.

Методами машинного обучения искусственного интеллекта являются:

- индуктивное обучение, то есть получение эмпирических данных, выявление закономерностей, алгоритмов действия в каждой подобной ситуации;

- дедуктивное обучение, то есть формализация данных, полученных людьми различными способами, и внесением их в базу данных.

К основным методам искусственного интеллекта относятся:

- Экспертные системы (предиктивная система) - это совокупность знаний об определенной слабо структурированной и трудноформируемой узкой предметной области, которые могут предлагать и объяснять пользователю разумные решения. В состав экспертной системы входят база знаний, механизм логического

вывода и подсистема объяснений;

- Рассуждения на основе прецедентов - метод решения проблемы, возникающей в процессе принятия решения, заключается в нахождении схожей ситуации в прошлом и применении решения такой ситуации к данной проблемной ситуации. В этом методе основными проблемами являются определение текущей проблемной ситуации и поиск схожих ситуаций в прошлом, а также использование прошлого опыта для решения текущих проблем;
- Нейронные сети - по своей сути они являются группой искусственных нейронов, связанных между собой определенным образом. Кроме того, следует отметить, что в настоящее время существует множество зарекомендовавших себя архитектур построения сетей (Перцептрон Розенблатта; Сеть Кохонена; Сиамская нейронная сеть; Сверточная нейронная сеть; Сеть встречного распространения);
- Эволюционные вычисления - основаны на принципах генетики и эволюции в природе, когда из набора кандидатов (популяций) получаются путем скрещивания или мутации. По этому принципу отбираются лучшие, наиболее приспособленные для решения задачи. Исследования эволюционных алгоритмов являются одним из возможных эвристических методов решения много модальных проблем (имеющих несколько локальных экстремумов) оптимизационных задач большого размера осуществляется путем сочетания случайных и детерминированных элементов точно так же, как это происходит в живой природе;
- Байесовские сети (графическая модель, представляющая переменные и их вероятностные взаимосвязи. Состоит сеть из узлов и стрелок, связывающих родительский узел с дочерним узлом (родительский узел - переменная, которая непосредственно влияет на другую дочернюю переменную). Теории и сети Байеса широко используются благодаря интуитивной понятности и использованию программного обеспечения. Сети Байеса применяются в разных областях: медицинской диагностике, модерации изображений, генетике, распознавании речи и современных поисковых системах. Они могут находить применение в любой области, где требуется установление неизвестных переменных посредством использования структурных связей и данных.);
- Нечеткие системы (управления является системой управления на основе нечеткой логики, которая анализирует аналоговые входные значения с точки зрения логических переменных, которые принимают непрерывные значения меж-

ду 0 и 1. Методы математической теории нечетких множеств позволяют описывать неопределенные понятия и знания, оперируя этими знаниями. Нечеткая логика позволяет эффективно использовать средства отображения, неопределенности и неточности реального мира;

- Семантическая сеть – это информационная модель субъекта имеет вид ориентированного графа. Вершины графа соответствуют объектам предметной области, а дуги (ребра) определяют отношения между ними. Объектами могут быть: понятия, события, свойства, процессы. Таким образом, семантическая сеть является одним из способов представления знаний. Основным представлением семантической сети является граф).

Задача установления соответствия между аспектами человеческого интеллекта и искусственного интеллекта является важнейшей задачей на сегодняшний день. В рамках этого можно выделить три основных типа искусственного интеллекта: слабый (narrow), то есть который решает одну конкретную узкую задачу; сильный (narrow) - схож с человеческим интеллектом и способен рассуждать; супер-искусственный интеллект (super AI) - значительно превосходит когнитивные способности человека.

Можно сформулировать ряд областей применения искусственного интеллекта, в которых классические информационные системы показывают значительно худшие результаты:

- машинное зрение (распознавание образов, биометрия, сегментация изображений и видео, интерпретация объектов, дополненная и виртуальная реальность, системы управления процессами);
- обработка естественного языка (извлечение информации, формирование ответов на естественном языке, анализ текстов, диалоговые системы);
- обработка аудио (дополнительные эффекты, генерация аудио, распознавание речи);
- творческий искусственный интеллект (игровой искусственный интеллект, нейронный перенос стиля, генеративно-состязательная сеть, креативные состязательные сети).

Важно, что некоторые задачи сейчас решает искусственный интеллект точнее, чем человек. Например, задача классификации изображений превысила 95%, что выше человеческого порога.

Далее опишем основные алгоритмы принятия решений искусственным интеллектом.

1. Наивный Байесовский классификатор - один из простейших методов. Используется в технологии сканирования и распознавания лиц/сетчатки глаза/отпечатка пальца, в разделении рабочих писем и спама и т.д.

Формула Байеса:

$$P(A/B) = \frac{P(B/A)P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

где $P(A)$ – априорная вероятность гипотезы A (смысл такой терминологии см. ниже);

$P(A/B)$ – вероятность гипотезы A при наступлении события (апостериорная вероятность);

$P(B/A)$ – вероятность наступления события B при наступлении гипотезы A ;

$P(B)$ – полная вероятность наступления события B .

2. Метод ансамблей (рис.1). В основе него лежит Байесовское усреднение, то есть с помощью данного метода можно выявить пересечение вероятностей исходов, далее усредняет это значение, исключает дисперсию значений, одновременно контролируя поиск решения проблемы в рамках заданных условий. Это метод позволяет найти оптимальное решение проблемы, при котором будет затрачено наименьшее количество ресурсов, а результат будет максимально удовлетворять условиям задачи.

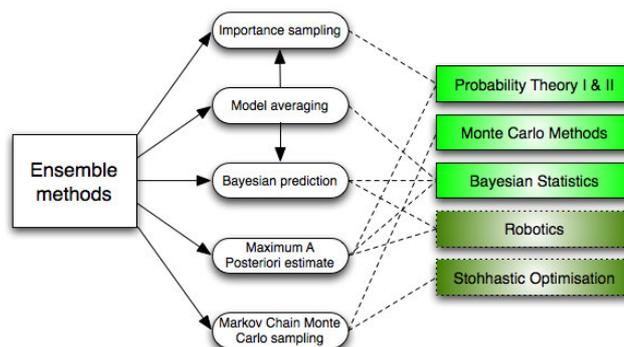


Рисунок 1. Метод ансамблей
Figure 1. The ensemble method

3. Метод опорных векторов (рис. 2) – по сути это алгоритмы для классификации и регрессионного анализа. Используется данный метод в распознавании определенных свойств объекта по фотографии и другим параметрам (пол, цвет одежды, и т.д.), а также в генетике – в сплайсинге ДНК.
4. Дерево принятия решений – на основе этой модели работают большинство простейших технологий с использованием искусственного интеллекта. Модель содержит следующие элементы: проблему, способы решений, последствия для каждого способа, вероятность наступления последствий, затраты ресурсов и конечный итог.
5. Логическая регрессия (рис. 3) – мощный искусственный интеллект, способный принимать самостоятельные решения, по сути данный метод представляет собой метод прогнозирования наступления некоторого события

при нескольких переменных. Данный метод используется в сейсмологии и метеорологии, в кредитовании, в маркетинге и т.д.

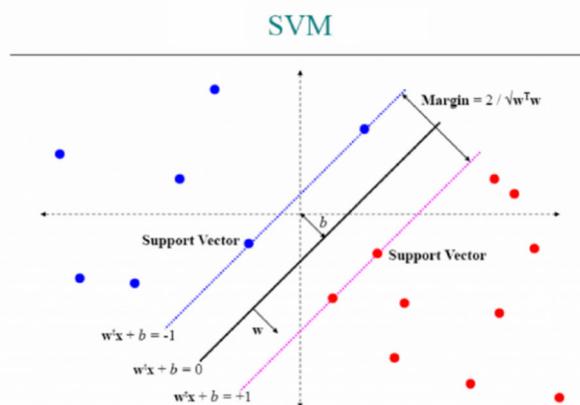


Рисунок 2. Метод опорных векторов
Figure 2. The support vector method

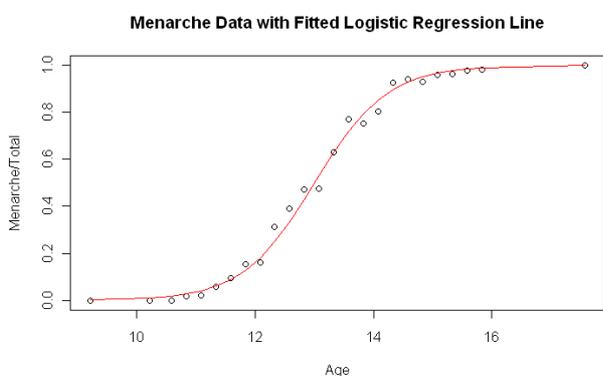


Рисунок 3. Данные о Менархе с подогазированной линией логистической регрессии
Figure 3. Menarche Data with Fitted Logistic Regression Line

Метод наименьших квадратов (рис.4) – это метод, который не решает проблемы, но с помощью него можно определить погрешности решения для каждого вышеперечисленного метода.

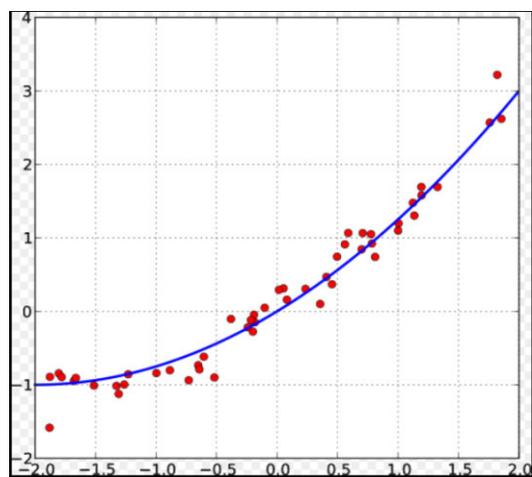


Рисунок 4. Метод наименьших квадратов
Figure 4. Least squares method

Алгоритмы и методы искусственного интеллекта, используемые при определении стоимости произведений, постоянно совершенствуются, однако, и среди существующих методов сложно найти объективное и достоверное сравнение их эффективности и результатных показателей.

Разработка способная дать информацию потенциальному покупателю или заинтересованному лицу о стоимости объекта посредством предоставления карты аналогов (если таковые будут) с индексом инвестиционной привлекательности, где индекс – показатель, формирующийся на основе сравнения предсказанной цены объекта с ценой объекта, которую предлагает продавец, поскольку такое сочетание использования средств визуализации и алгоритмов искусственного интеллекта в сфере оценки произведений искусства пока отсутствует.

Стоит также отметить, что ускорение принятия решения при реализации произведений искусства за счет ускоренного получения качественного стоимостного анализа ведет к позитивному влиянию на движение денежных потоков и, как следствие, на экономику региона и страны в целом.

Ключевым моментом в разработке программного обеспечения является процесс достижения оптимальных характеристик алгоритма машинного обучения для построения высокоточной прогностической модели при условии недостаточности информации.

Корреляционный анализ характеристик объектов (материал изготовления картины, используемые красители, сохранность, размер полотна, временная поправка на дату работы, «имя художника (рейтинг имени)», художественная ценность и впечатления от работы, техника исполнения и композиция, рыночная «раскрутка» или привлекательность картины), анализ алгоритмов искусственного интеллекта для выбора оптимального под решение задачи прогнозирования цен на произведения искусства, подбор параметров алгоритма машинного обучения для достижения наилучших результатов.

Как описано выше, искусственный интеллект как система включает в себя множество подсистем. В исследовании используется раздел искусственного интеллекта, называемый машинным обучением. Машинное обучение, в свою очередь, включает в себя следующие подсистемы: классическое обучение, нейросети и глубокое обучение, обучение с подкреплением и ансамблевые методы. Одним из предложений по оценке стоимости произведений искусства предлагается рассмотреть классическое обучение с учителем, то есть на вход алгоритму подаются

данные, на которых он учится выявлять взаимосвязи между характеристиками объекта и строит прогностическую модель, которая, в свою очередь, в дальнейшем используется для предсказания цены объекта. Для решения поставленной задачи используется алгоритм регрессии, который способен предсказать дискретное значение. Одним из существенных затруднений для подобного исследования - это наличие стоимостной базы данных произведений искусства, в которой будет содержаться информация, включающая основные ценообразующие характеристики, находящихся в продаже или проданных за последние 15-20 лет. Чем больше данных в базе, тем выше точность предсказания, при этом существуют и другие факторы, влияющие на предсказание цены. Это характеристики объекта. Благодаря наличию разнообразных входных данных, машине проще обучиться и выявить закономерности, соответственно и точнее результат.

После загрузки базы данных в среду разработки необходимо будет произвести обработку (произвести сортировку на несколько баз данных: от максимально заполненной информация по параметрам, до частично заполненной информации) этих данных для последующего изучения.

На следующем этапе необходимо произвести оценку данных на наличие точек наблюдения, удаленных от других наблюдений, то есть выбросы (стоимостные и параметрические). Для оценки выбросов предлагается использовать нормальное распределение данных, т.е. распределение Гаусса.

Следующим шагом работы с данными – это нормализация их, то есть приведение к виду, способному быть воспринятым программным обеспечением. Выбор ценообразующих факторов значительно влияет на итоговый результат, поэтому занимает, как правило, больше времени, чем само обучение модели. Оценка характеристик предлагается проводить на основе корреляционной матрицы.

Определяем факторы, которые оказывают существенное влияние на стоимость и незначительное. Стоит отметить, что могут быть факторы, которые имеют незначительную оценку корреляции и оказать влияние на точность итоговой модели, как в лучшую сторону, так и в худшую. Для этого необходимо построить модель и вычислить коэффициент детерминации.

При создании и обучении прогностической модели в исследовании используется алгоритм регрессии. Анализ алгоритмов искусственного интеллекта проведен на основе изучения результатов решения задач прогнозирования цен, имеющихся в свободном доступе в сети Интернет.

Поставленную задачу можно решить, используя разные алгоритмы регрессии. От выбора алгоритма зависят точность предсказания, скорость работы и размер модели. Однако стоит отметить, что если исходная база данных содержит мало информации по объему или по качеству, то даже правильно подобранный алгоритм не сможет справиться с задачей.

Предлагается использовать ансамблевую модель одного из алгоритма: «Дерево решений», «Случайный лес», «Линейная регрессия», «Ridge регрессия», «Lasso регрессия» и «Полиномиальная регрессия», так как эти модели сегодня используют повсеместно из-за своей эффективности и скорости. Эта модель подходит для всего, где используется классическое обучение, но точность выше, чем у отдельных методов. Алгоритм «Случайный лес» строит деревья решений, раз за разом исправляя ошибки предыдущего дерева, в итоге качество полученных предсказаний намного выше в сравнении с использованием алгоритма «Дерево решений».

В дальнейшем предлагается проведение анализа точности предложенных алгоритмов и оценить их с помощью коэффициента детерминации (R-квадрат), медианного абсолютного отклонения (MAD) и средней абсолютной ошибки (MAPE).

Для объективного сравнения различных методов и алгоритмов определения стоимости произведений искусства необходимо использовать единую методику проверки и аналогичную выборку. В области оценки важен факт воспроизводимости результата оценки, согласно описанному алгоритму, то есть пользователь результатов оценки может воспроизвести тот же алгоритм действий и на тех же исходных данных и получит максимально близкий результат. Парадокс заключается в том, что если один будет использовать искусственный интеллект, а второй нет, то результаты могут быть различны. Чтобы подтвердить или опровергнуть данное утверждение требуется дополнительное исследование в данной области, которое будет рассмотрено в следующих публикациях.

Во множестве исследований, проведенных в рамках решения данной задачи в течение нескольких десятилетий, получены самые различные результаты, как для отличающихся друг от друга методик, так и для методик, использующих одни и те же алгоритмы, так и для систем, основывающихся на одном и том же алгоритме.

Новаторская система искусственного интеллекта, созданная швейцарской компанией Art Recognition, попала в заголовки газет в 2021 г., подтвердив подлинность спорного произведения искусства, предположительно со-

зданного Питером Полом Рубенсом, и предположив, что картина «Самсон и Далила» (ок. 1609) в Лондонской национальной галерее на самом деле не принадлежит Рубенсу.

Анализируя различные особенности работы, такие как мазки кисти и узоры, технология искусственного интеллекта не нуждается в изучении краски, бумаги или доступе к оригиналу работы. Он может определить подлинность только с помощью цифровой фотографии, не исследуя невидимые слои произведения с помощью традиционных методов аутентификации, таких как микроскопия, рентгеновская технология или инфракрасная рефлектография.

Несмотря на то, что создатели технологии признают, что процесс не всегда совершенен, и утверждают, что обнаруживают подделки с точностью более 90 процентов, искусственный интеллект, похоже, понимает секреты художественного гения лучше, чем многие эксперты-искусствоведы, а тем самым сможет с высокой степени достоверности определить стоимость произведения искусства.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Существует много дискуссий по поводу того, что искусственный интеллект используется активно в творчестве. Так как усложняется тем, что подавляющее большинство не могут отличить произведение человека от произведения машины. Кроме исследования, которое приведено в статье, существует множество подтверждений данному факту. По опросу, в котором участвовало до полутора тысяч респондентов, создателей алгоритма DeepVach, выяснилось, что люди с

трудом могут различать хоралы, сочиненные Бахом, и созданные DeepVach и это неудивительно.

На сегодняшний день искусственный интеллект достиг такого совершенства, что мы не можем с высокой степенью вероятности определить кто эту картину написал. Да, можно с уверенностью сказать, что на первоначальном этапе именно человек подготовил набор данных для обучения и именно он оптимизировал гиперпараметры, сделал выбор лучших вещей из несколько тысяч, сгенерированных нейросетью.

Итак, мы не можем определить – кто это нарисовал или создал. В процессе работы над нейросетью главное, что на «входе» человек подобрал базу данных для обучения. Именно человек оптимизировал гиперпараметры, сделал выбор лучшего из многих работ, которые сформировала нейросеть. По сути, именно человек может выставить произведение искусства на продажу, тем самым окончательно закрепляя за ним художественную ценность.

Аристотель считал, что в основе искусства лежит акт узнавания истинной природы вещей, при этом мастерство художника, проявляющееся в таком акте узнавания, доставляет нам удовольствие. Вопрос, на который сложно ответить: то, что выдает искусственный интеллект: новые композиции, написанные картины, результаты оценки, коллажи, конкретное решение из множества – является ли это чем-то новым или все же это последовательный алгоритмически выверенный выбор из множества?

*Авторы заявляют об отсутствии
конфликта интересов.*

The authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) № 230-ФЗ от 18.12.2006 https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/.
2. Федеральный закон РФ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» № 73-ФЗ от 25.06.2002. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/.
3. Федеральный закон «О культурных ценностях, перемещенных в Союз ССР в результате Второй мировой войны и находящихся на территории Российской Федерации» №64-ФЗ от 15.04.1998. <https://docs.cntd.ru/document/901705791>.
4. Основы законодательства Российской Федерации о культуре (утв. ВС РФ 09.10.1992 № 3612-1) (ред. от 30.04.2021). https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1870/.
5. Закон РФ «О вывозе и ввозе культурных ценностей» от № 4804-1 15.04.1993. <https://base.garant.ru/10101361/>.
6. **Боннер А.Т.** Фальшивки на антикварном рынке. *Законодательство*. 2006. № 8. С.65-68.
7. **Горев С.В.** Особенности проведения судебной экспертизы предметов искусства. *Сборник научных трудов вузов России «Проблемы экономики, финансов и управления*

REFERENCES

1. Civil Code of the Russian Federation (Part four) N 230-FL of 18.12.2006. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/. (in Russian).
2. Federal Law of the Russian Federation "On Objects of Cultural heritage (monuments of history and culture) of the peoples of the Russian Federation" N 73-FL of 25.06.2002. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/. (in Russian).
3. Federal Law "On Cultural Values Displaced to the USSR as a Result of World War II and Located on the Territory of the Russian Federation" N 64-FL of 15.04.1998. <https://docs.cntd.ru/document/901705791>. (in Russian).
4. Fundamentals of the legislation of the Russian Federation on culture (approved by the Supreme Court of the Russian Federation 09.10.1992 N 3612-1) https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1870/. (in Russian).
5. The Law of the Russian Federation "On the export and import of cultural values" N 4804-1 of 15.04.1993. <https://base.garant.ru/10101361/>. (in Russian).
6. **Bonner A. T.** Fakes on the antique market. *Legislation*. 2006. N 8. P.65-68. (in Russian).
7. **Gorev S.V.** Features of forensic examination of art objects. *Collection of scientific papers of Russian universities «Prob-*

- производством». 2020. №47. С. 101-104.
8. **Горев С.В., Кутузова А.С.** Практический инструментарий для оценки стоимости предметов искусства. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2021. № 1 (47). С. 6-13. DOI: 10.6060/ivecofin.20214701.511.
 9. **Горев С.В., Кутузова А.С.** Анализ практики налогообложения сделок с предметами искусства. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2021. № 2 (48). С. 23-28. DOI: 10.6060/ivecofin.2021482.530.
 10. **Fukushima K., Miyake S.** Neocognitron: A Self-Organizing Neural Network Model for a Mechanism of Visual Pattern Recognition. *Competition and Cooperation in Neural Nets. Lecture Notes in Biomathematics. Vol. 45.* Berlin: Heidelberg Springer. 1982. P. 267–285.
 11. **Hochreiter S., Schmidhuber J.** Long Short-Term Memory. *Neural Computation. MIT Press Journals.* 1997. Vol. 9. N 8. P. 1735–1780.
 12. **Jordan M.I.** Serial Order: A Parallel Distributed Processing Approach: Tech. Rep. ICS Report 8604: Institute for Cognitive Science, University of California, San Diego, 1986.
 13. **LeCun Y.** Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition. *Neural Computation.* 1989. Vol. 1. N 4. P. 541–551.
 14. **McCulloch W.S., Pitts W.** A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics.* 1943. Vol. 5. N 4. P. 115–133.
 15. **Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.J.** Learning Internal Representations by Error Propagation. *Parallel Distributed Processing. Vol. 1.* USA: MIT Press. 1986.
 16. Половина всех произведений искусства на рынке - подделка. http://rupo.ru/rn/775/polowina_wseh_proizwedeniy_iskusstwa_na_rynke_-_poddel.html.
 17. **Mizgirev L., Galiaskarov E., Astrakhantseva I., Bobkov S., Astrakhantsev R.** Transfer learning for road-based location classification of non-residential property. *CEUR Workshop Proceedings.* Moscow: 2021. 03. EDN NQTBDE.
 18. **Astrakhantseva I., Kutuzova A., Astrakhantsev R.** Artificial Neural Networks in Inflation Forecasting at the Meso-Level. *SHS Web of Conferences: III International on New Industrialization and Digitalization (NID 2020).* Ekaterinburg: EDP Sciences. 2021. P. 02005. DOI: 10.1051/shsconf/20219302005. EDN HXSSQJ.
 19. **Astrakhantseva I.A., Astrakhantsev R.G., Mitin A.V.** Randomized C/C++ dynamic memory allocator. *Journal of Physics: Conference Series: 2.* Moscow. 2021. P. 012006. DOI: 10.1088/1742-6596/2001/1/012006. EDN POZQDG.
 20. **Bobkov S., Galiaskarov E., Astrakhantseva I.** The use of cellular automata systems for simulation of transfer processes in a non-uniform area. *CEUR Workshop Proceedings.* Moscow: 2021. 42. EDN WZKNHE.
 8. **Gorev S.V., Kutuzova A.S.** Practical tools for assessing the value of art objects. *Ivecofin.* 2021. N 1 (47). P. 6-13. DOI: 10.6060/ivecofin.20214701.511. (in Russian).
 9. **Gorev S.V., Kutuzova A.S.** Analysis of the practice of taxation of transactions with art objects. *Ivecofin.* 2021. N 2 (48). P. 23-28. DOI: 10.6060/ivecofin.2021482.530. (in Russian).
 10. **Fukushima K., Miyake S.** Neocognitron: A Self-Organizing Neural Network Model for a Mechanism of Visual Pattern Recognition. *Competition and Cooperation in Neural Nets. Lecture Notes in Biomathematics. Vol. 45.* Berlin: Heidelberg Springer. 1982. P. 267–285.
 11. **Hochreiter S., Schmidhuber J.** Long Short-Term Memory. *Neural Computation. MIT Press Journals.* 1997. Vol. 9. N 8. P. 1735–1780.
 12. **Jordan M.I.** Serial Order: A Parallel Distributed Processing Approach: Tech. Rep. ICS Report 8604: Institute for Cognitive Science, University of California, San Diego, 1986.
 13. **LeCun Y.** Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition. *Neural Computation.* 1989. Vol. 1. N 4. P. 541–551.
 14. **McCulloch W.S., Pitts W.** A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics.* 1943. Vol. 5. N 4. P. 115–133.
 15. **Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.J.** Learning Internal Representations by Error Propagation. *Parallel Distributed Processing. Vol. 1.* USA: MIT Press. 1986.
 16. Half of all works of art on the market are fake. http://rupo.ru/rn/775/polowina_wseh_proizwedeniy_iskusstwa_na_rynke_-_poddel.html. (in Russian).
 17. **Mizgirev L., Galiaskarov E., Astrakhantseva I., Bobkov S., Astrakhantsev R.** Transfer learning for road-based location classification of non-residential property. *CEUR Workshop Proceedings.* Moscow: 2021. 03. EDN NQTBDE.
 18. **Astrakhantseva I., Kutuzova A., Astrakhantsev R.** Artificial Neural Networks in Inflation Forecasting at the Meso-Level. *SHS Web of Conferences: III International on New Industrialization and Digitalization (NID 2020).* Ekaterinburg: EDP Sciences. 2021. P. 02005. DOI: 10.1051/shsconf/20219302005. EDN HXSSQJ.
 19. **Astrakhantseva I.A., Astrakhantsev R.G., Mitin A.V.** Randomized C/C++ dynamic memory allocator. *Journal of Physics: Conference Series: 2.* Moscow. 2021. P. 012006. DOI: 10.1088/1742-6596/2001/1/012006. EDN POZQDG.
 20. **Bobkov S., Galiaskarov E., Astrakhantseva I.** The use of cellular automata systems for simulation of transfer processes in a non-uniform area. *CEUR Workshop Proceedings.* Moscow: 2021. 42. EDN WZKNHE.

Поступила в редакцию 03.11.2022
 Принята к опубликованию 17.11.2022

Received 03.11.2022
 Accepted 17.11.2022