

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет бизнеса и менеджмента

Курсовая работа на тему
«Обзор технологий, используемых в цифровых произведениях
искусства (2015-2019г.)»
образовательная программа «Бизнес-информатика»

Выполнила
Студентка группы ББИ1805
Волкова Елена Андреевна

Научный руководитель:
Определёнов Владимир Викторович

Москва 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИСКУССТВЕ	5
ОБЩЕДОСТУПНЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ	5
<i>Музыкальные редакторы</i>	<i>5</i>
<i>Визуальные редакторы</i>	<i>6</i>
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	10
РОБОТЫ.....	13
НЕЙРОСЕТИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ.....	15
ГЛАВА 2. ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ (GAN)	16
ПРИНЦИП РАБОТЫ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ	16
ГДЕ ПРИМЕНЯЮТСЯ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ?	17
ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ХУДОЖНИКА.....	20
<i>Арт-группа Obvious.....</i>	<i>20</i>
<i>Креативно-состязательные сети (CAN)</i>	<i>23</i>
ГЛАВА 3. ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОГО ИСКУССТВА.....	29
ЦИФРОВОЕ ИСКУССТВО – ЭТО ИСКУССТВО?.....	29
РЫНОК ЦИФРОВОГО ИСКУССТВА	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	34
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ	34

ВВЕДЕНИЕ

Искусство имеет свойство постоянно перерождаться. Более того, одним из ключевых признаков именно современного искусства является обновление и разрушение предложенных ранее принципов.

Художники конца XIX и начала XX веков полностью деконструировали предшествующее понимание об искусстве, будь то живопись, литература, музыка или же танец. Логичным будет предположить, что XXI век тоже принесет подобный революционный переворот в историю мировой культуры. Конечно, начало цифрового искусства лежит еще в середине XX века, но именно в последние годы оно становится серьезным игроком в художественной сфере. Привлечение искусственного интеллекта показывает, что это отнюдь не пробный период для художников, как реализм для Пикассо, а именно одно из главных направлений.

Каждое произведение цифрового искусства – само по себе является научной работой, так как художниками проводятся значимые исследования в области информационных технологий, что способствует общему развитию сферы. Результатом такого исследования может являться изобретение новой технологии или же существенное улучшение старой.

Актуальность данного исследования заключается в том, что тема цифрового искусства волнует специалистов и художественное общество в целом. Искусство, как и большинство сфер нашей жизни, за последние годы подверглось тотальной цифровизации. Таким вопросом, как «может ли компьютер заменить художника» задаются многие. Следовательно, чтобы получить некоторый хотя бы приблизительный ответ или же прогноз на будущее требуется некоторый обзор и анализ цифрового искусства, а также рассмотрение возможного развития.

Степень изученности темы. Так как цифровое искусство – сравнительно молодое направление, оно изучено довольно поверхностно; существует только небольшое количество работ и статей, которые лишь вкратце обозревают это направление.

Целью данной курсовой работы является обзор и анализ технологий, использовавшихся в цифровых произведениях искусства в период с 2015 по 2019 год. К достижению этой цели приводит выполнение следующих задач:

- Составить классификацию технологий, использующихся цифровыми художниками в указанный выше период и рассмотреть каждую;
- Выявить самые важные и многообещающие технологии в данной сфере;

- Составить прогноз будущего сферы цифрового искусства и примерное направление работы художников;
- Понять, является ли данная область искусства перспективной для рынка искусства и общества в целом.

Предметом исследования выступает творческая деятельность и ее продукт современных цифровых художников.

Структура работы. Данная работа состоит из трёх глав, которые соответствуют поставленным целям и задачам. Первая глава заключается в попытке классификации и кратком обзоре технологий современного цифрового искусства. Вторая глава посвящена подробному рассмотрению самых важных технологий по мнению автора данной работы (генеративно-состязательные сети). Третья глава отведена под составление некоего прогноза на будущее современного цифрового искусства и его жизнестойкость в условиях современного рынка искусства.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИСКУССТВЕ

Понятие цифрового искусства в связи со стремительно развивающимися технологиями с каждым годом становится все шире. Этот термин на сегодняшний день включает в себя все произведения, созданные с помощью цифровых технологий. Иногда учитывают также произведения, которые используют цифровые технологии в процессе презентации. Таким образом, под это определение попадает бесконечное множество представителей искусства (и не только искусства). Для того чтобы получить какое-то четкое представление об этой сфере, стоит распределить работы художников по возможным категориям технологий, которыми они пользуются. В данной работе предлагается следующая классификация:

- 1) Общеизвестные профессиональные программы;
- 2) Аддитивные технологии;
- 3) Роботы;
- 4) Нейросети и искусственный интеллект.

Общеизвестные профессиональные программы

С появлением персональных компьютеров и смартфонов любая задача, регулярно выполняемая человеком, так или иначе имеет реализацию в виде приложения. Это могут быть привычные всем нам соцсети и мессенджеры, нужные для общения, приложения новостных порталов или же не столь повседневные вещи, как продукты «1С Предприятие» для компаний разного типа, а также Microsoft Teams и Zoom, вдруг ставшие незаменимыми в период пандемии. Поэтому неудивительно, что программное обеспечение появилось и в художественной среде. Рассмотрим некоторые отрасли искусства, где применяются различные программы.

Музыкальные редакторы

Музыкальная индустрия на сегодня – это отрасль, которая повсеместно использует различное программное обеспечение. Работа любой

звукозаписывающей студии функционирует с помощью профессиональных приложений. Система, используемая для создания музыки, называется цифровая звуковая рабочая станция, коротко DAW (Digital Audio Workstation). Когда подобные системы только появились, это были комплексы массивного оборудования, звуковой платы (позволяющей обрабатывать звук) и аудио редактора, тогда как сейчас аббревиатурой DAW часто обозначают исключительно программное обеспечение, то есть аудио редактор. На рынке присутствует огромное количество вариаций музыкального редактора, варьирующихся от бесплатных пользовательских приложений в смартфоне, до профессиональных программ с тысячами функций. Один из самых известных примеров DAW – это GarageBand, продукт фирмы Apple. Интересно, что GarageBand задумывался Стивом Джобсом как бесплатная программа, которая упростит молодым исполнителям вход в музыкальную индустрию. Именно поэтому она имеет на рынке статус «любительской».

По мнению специалистов ведущими программами для редактирования аудиофайлов считаются Logic Pro, Ableton Live и Pro Tools. Logic Pro – еще одна DAW от Apple, которую отмечают за высокое качество микширования (объединение звуков в один аудиофайл) и в общем гибкий рабочий процесс. Этим аудио редактором пользуются нидерландский продюсер Армин Ван Бьюрен, французский ди-джей и продюсер Дэвид Гетта, лауреат Грэмми американский продюсер Грег Кёрстин, британский исполнитель и продюсер Эд Ширан. Ableton Live отличается возможностью живого исполнения и подходит для электронной танцевальной музыки. Pro Tools предпочитают для продюсирования акустической музыки и создания саундтреков¹.

Визуальные редакторы

Первые программы, целью которых было редактирование цифровых изображений, появились еще в 90-х, поэтому сейчас эту технологию нельзя назвать новой, несмотря на всевозможные улучшения и обновления, произошедшие за последнее время. Тем не менее она все еще остается популярной среди пользователей. Стоит отметить, что всех пользователей подобных приложений можно подразделить на две группы: художников-

¹ Best Music Production Software – Digital Audio Workstations // The Wire Realm URL: <https://www.wirerealm.com/guides/best-music-production-software-daw> (дата обращения: 1 Июнь 2020).

иллюстраторов и фотографов. В первую группу входят люди, использующие графический редактор для создания рисунков, принтов, иллюстраций и других произведений. Большинство пользователей используют приложения для создания иллюстраций, которые в последствии размещаются в журналах, книгах, а также на сайтах и т.д., то есть в коммерческих целях.

Конечно, на сегодняшний день существует множество графических редакторов, но самыми популярными остаются Photoshop и Adobe Illustrator, созданные компанией Adobe Systems. Эти программы работают с растровыми изображениями, хотя в приложении присутствует некоторое количество векторных инструментов.

Известный художник, использующий графический редактор в своей работе – шведский фотограф Эрик Йоханссен. Одна из его работ представлена ниже (рисунок 1).



Рисунок 1: работа Йоханссена "Просыпайся!"

Процесс работы Йоханссена довольно кропотлив и сложен: произведения создаются на основе не сгенерированных компьютером изображений или цифровых иллюстраций, а исключительно из комбинаций его собственных фотографий. Поэтому процесс создания одного такого

изображения довольно ресурсозатратен и длителен: сначала проходят фотосъемки, где Йоханссен должен сделать как можно больше изображений, а после трудоемкий процесс пост-продакшена, когда фотограф с помощью Photoshop соединяет фотографии в одну². Из-за трудоемкости процесса Йоханссен создает за год не более 8 произведений (не считая работы на заказ). Интересно, что общественность называет художника сюрреалистом XXI века, тогда как сам Йоханссен именует свои работы фотоманипуляцией.

Названные выше редакторы используются только для создания 2D иллюстраций и редактирования фотографий. Существуют, конечно, графические редакторы, позволяющие создавать 3D изображения.

Одна из самых известных программ – Cinema 4D. Этим приложением, к примеру, пользуется немецкий дизайнер Корнелиус Даммрих. Каждая работа Даммриха занимает у него около 7 месяцев вследствие огромного количества деталей и присущего автору гиперреализма. Представленная ниже работа «6088 год нашей эры» (см. Рисунок 2), выполненная в множестве приложениях, а именно: Cinema 4D R18, Octane, Fusion 360, Marvelous Designer, Substance Designer и DAZ3D – заняла у художника целый год работ³.

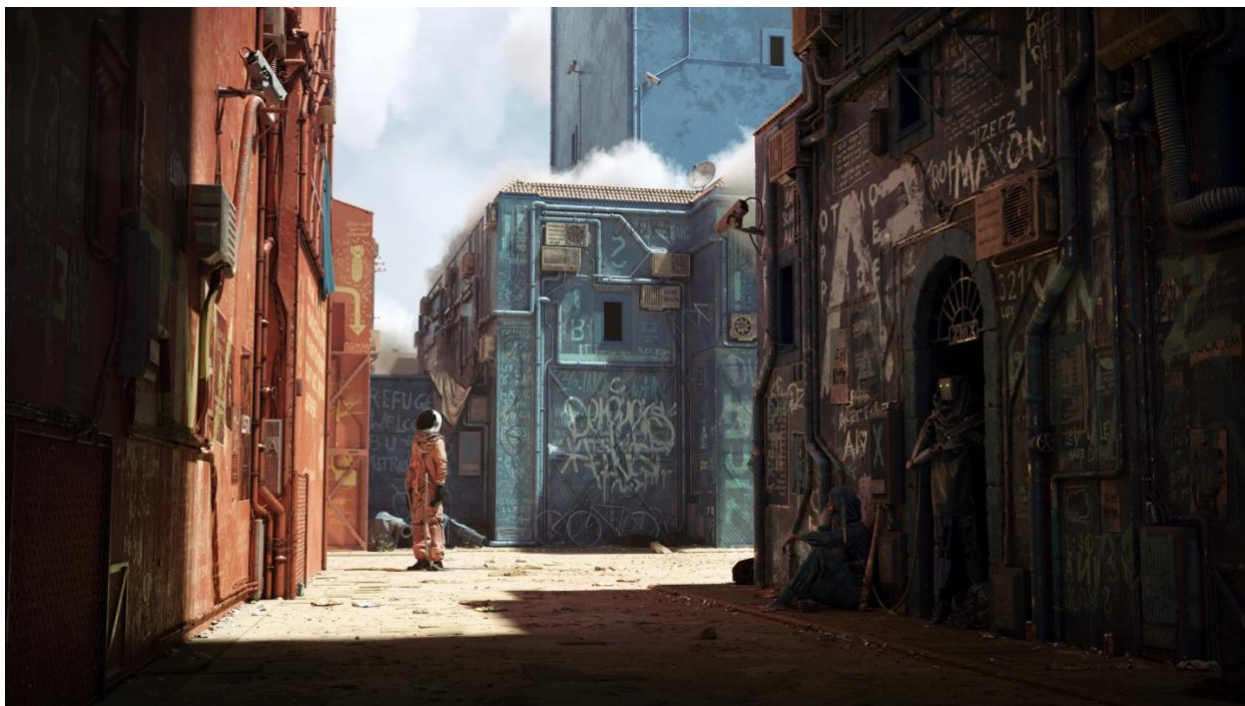


Рисунок 2: Корнелиус Даммрих, "6088AD"

² Erik Johansson URL: <https://www.erikjo.com/work/wake-up> (дата обращения: 17 Май 2020).

³ Cornelius Dammrich URL: <https://corneliusdammrich.com> (дата обращения: 29 Май 2020).

Сегодня 3D изображения широко распространены в дизайне. Пример этому – австралийский художник и дизайнер Дэвид Маклод. С помощью компьютерной графики он создает абстрактные геометрические формы. Подобная технология обычно называется CGI (Computer generated imagery) иллюстрация. В основном его работы служат рекламной компанией для крупных фирм. Маклод работал с такими известными компаниями, как Nike, Dolby, Wacom, Diesel и другими. Ниже представлена созданная им иллюстрация из цикла «Флора и фауна», соответственно названию, вдохновленная природными мотивами.



Рисунок 3: Дэвид Маклод, из серии «Флора и фауна»

Стоит также упомянуть, что трёхмерная графика используется для создания мультипликационных фильмов, а также спецэффектов в фантастических фильмах. Кропотливый процесс анимации не только занимает у специалистов длительное время, но и требует целый набор различного программного обеспечения. К примеру, известная анимационная студия компании Disney для моделирования персонажей использует приложение Autodesk Maya, для скульптурирования (sculpting – буквально процесс наложения массы подобно глине в реальной скульптуре на «каркас», то есть цифровую модель) – Pixologic Zbrush, а для визуальных эффектов – Side Effects Houdini. Для финального рендеринга Disney использует программу собственной разработки Hyperion, которая вошла в использование с анимационной картины «Город героев»⁴.

4 Hyperion // Disney Animation Studios URL:
<https://www.disneyanimation.com/technology/innovations/hyperion> (дата обращения: 23 Май 2020).

Присутствие виртуальной и дополненной реальностей в цифровом искусстве также требует специализированного программного обеспечения. К примеру, известное приложение для создания видеоигр Unity 3D является одной из лучших сред для разработки виртуальной реальности. А приложение Google Tilt Brush, выпущенное в 2016 году, было специально разработано для рисования в виртуальной реальности.

Аддитивные технологии

Аддитивное производство (Additive Manufacturing) – это термин, использующийся для обозначения технологий, благодаря которым создаются 3D объекты путем наложения материала слой за слоем (причем любого материала: пластика, металла, бетона, и, возможно, однажды живых клеток). Существует достаточно много разных аддитивных технологий, но процесс, в сущности, всегда один: создание 3D модели, производство путем послойного наложения материала и корректирование (полировка, удаление стержня и т.д.)⁵.

Аддитивные технологии сегодня широко используются в качестве элемента визуализации проектов в дизайне, архитектуре и строительстве, воздушной и автомобильной промышленности, стоматологии и во многом другом. Пожалуй, самая амбициозная цель аддитивных технологий – производство органов человека для трансплантации; на данный момент ученые смогли создать, к примеру, искусственную кожу и ухо, успешно трансплантированное девочке с проблемами слуха⁶. Как положительное следствие, аддитивные технологии используются и в искусстве, а именно в скульптуре.

Ник и Роб Картеры – британский дуэт художников. Они начали использовать аддитивные технологии в своем творчестве еще в 2012 году с тридцатисантиметрового чёрного бронзового тюльпана, взятого с ботанической иллюстрации нидерландской художницы Юдит Лейстер (1609-1660), за которым последовали знаменитые бронзовые подсолнухи, которые, как и тюльпан, представляли из себя объемную бронзовую копию натюрморта

⁵ What is Additive Manufacturing? // Additive Manufacturing URL: <https://additivemanufacturing.com/basics/> (дата обращения: 10 Май 2020).

⁶ 8 Very Promising Bioprinting Projects // 3Dnatives URL: <https://www.3dnatives.com/en/bioprinting-projects-3d-printed-organs-070420205/> (дата обращения: 10 Май 2020).

Винсента Ван Гога. В 2017 году Картеры создали инсталляцию под названием «Бронзовая дубовая роща» (рисунок 4). Под довольно величественным названием скрывается скульптурная композиция, включающая в себя 9 бронзовых дубовых пней, расположенных в кругу и будто бы заменяющих ритуальные камни в языческих кромлехах. Как и предшествующим им скульптурам художественного дуэта, эскизом для бронзовых пней также послужила работа голландского художника, гравюра Якоба де Гейна II (1565-1629)⁷. Процесс создания скульптур разделялся на несколько этапов: сначала по гравюре создавалась цифровая модель пня, далее базовую полиуретановую форму печатали на 3D принтере, а поверхность моделировали из воска, после этого создавался силиконовый слепок, на основе которой отливали бронзовую скульптуру. Конечно, сейчас уже существуют 3D принтеры, которые печатают из бронзовой нити, но используются они в основном для таких небольших предметов, как бижутерия, но не для массивных скульптур.



Рисунок 4: "Бронзовая дубовая роща" в Кенсингтонских садах

Британский художник Мэттью Пламмер-Фернандес – скульптор, использующий данную технологию. Для этого он проектирует 3D модель в формате STL (один из форматов для 3D печати) и после создает свои

⁷ Bronze oak grove // Rob and Nick URL: <http://www.robandnick.com/m1101-bronze-oak-grove> (дата обращения: 6 Июнь 2020).

⁸ Bronze oak grove // Factum Arte URL: <https://www.factum-arte.com/pag/883/bronze-oak-grove> (дата обращения: 6 Июнь 2020).

скульптуры с помощью моделирования методом осаждения расплавленной нити (Fused Deposition Modelling). Материалом для создания скульптуры служит термопластиковая нить, которая, проходя через головку, нагревается и попадает на платформу; когда принтер начинает создавать второй слой, первый к этому времени уже готов. Одна из работ Пламмера-Фернандеза – Token Homes – скульптура, полностью созданная с помощью этой технологии, которая представляет собой цепь из 400 миниатюрных домов (рисунок 5). Каждый из этих домов можно купить и стать кем-то подобно инвестору, который вложил деньги в недвижимость; со временем скульптура станет дорожать и, соответственно, доля каждого «акционера» поднимется в стоимости. Таким образом, Пламмер-Фернандез заостряет внимание на жилищной проблеме в Великобритании (покупка недвижимости инвесторами и, как следствие, низкое предложение и высокая цена на рынке для тех, кто ищет жилье)¹⁰.



Рисунок 5: скульптура Token Homes на улице Йорка

9FDM // 3D Format URL: <http://www.3d-format.ru/technologies/fdm/> (дата обращения: 17 Май 2020).

10 Token Homes: The sculpture that sums up the housing crisis // BBC URL: <https://www.bbc.com/news/entertainment-arts-45669550> (дата обращения: 17 Май 2020).

Роботы

Использование роботов в искусстве началось задолго до рождения цифрового искусства. Важно понимать, что примитивные модели робота появились задолго до XX века. Еще в «Иллиаде» Гомера рассказывалось, как Гефест создал подобие автоматона. В Древнем Египте, существовали статуи-механизмы, конечностями которых могли управлять жрецы. В 300 году до нашей эры китайские ремесленники создали автоматический оркестр для императора. Появление часовое ремесло также является частью присутствия роботов в искусстве. Вторую половину XIX века специалисты и вовсе называют золотым веком автоматов. Не стоит забывать и про кинетическое искусство, родившееся во Франции в середине XX века¹¹. Поэтому, говоря о роботах в цифровом искусстве, важно понимать, что далеко не все роботизированное искусство – цифровое. На сегодняшний день существует много художников, которые создают свои произведения посредством роботов.

Один из представителей цифрового роботизированного искусства – американский художник и, соответственно, специалист в сфере робототехники Пиндар Ван Арман. Самый первый робот Ван Армана был способен только на создание лишь примитивных и схематичных рисунков, последний же использует искусственный интеллект для создания оригинальных произведений. В основном для своих работ художник использует готовые фотографии или же изображения, но в отдельных проектах робот сам может выбрать свою натуру из, к примеру, поступающего видеоизображения. Процесс машины заключается в сокращении различия оригинального и создающегося изображений, поэтому робот обычно начинает с самых темных (по цвету) мест. Он также постоянно контролирует получающееся изображение и, следовательно, может остановиться в любой момент. Интересно, что смотря на готовые работы и не зная метод их создания, невозможно отличить их от созданных человеком. На данный момент Пиндар Ван Арман работает над пятым в своей карьере роботом¹².

¹¹ Historical automata // Contemporary automata URL: <http://www.contemporaryautomata.com/history.html> (дата обращения: 6 Июнь 2020).

¹² Watch a robot paint incredible pieces of art // Business Insider URL: <https://www.businessinsider.com/pindar-van-armans-robot-can-paint-2016-2#thats-what-led-him-to-build-the-robot-which-can-also-use-artificial-intelligence-to-complete-a-painting-on-its-own-5> (дата обращения: 6 Июнь 2020).



Рисунок 6: работа Ван Армана

Нейросети и искусственный интеллект

Пожалуй, самой контroversионной темой в цифровом искусстве является использование искусственного интеллекта. Данное явление поднимает множество вопросов у таких специалистов как философов, юристов и, несомненно, самих художников.

В рассмотрении этой темы автору данной работы хотелось бы посвятить главу на более глубокое и детальное рассмотрение самой интересной на её взгляд технологии, использующейся цифровыми художниками в данный период.

ГЛАВА 2. ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ (GAN)

Принцип работы генеративно-сопоставительных сетей

Одной из самых распространенных технологий, применяемых цифровыми художниками, являются генеративно-сопоставительные сети (Generative Adversarial Nets — GAN). Впервые этот метод был описан Иэном Гудфеллоу в его статье 2014 года «Генеративно-сопоставительные сети»¹³.

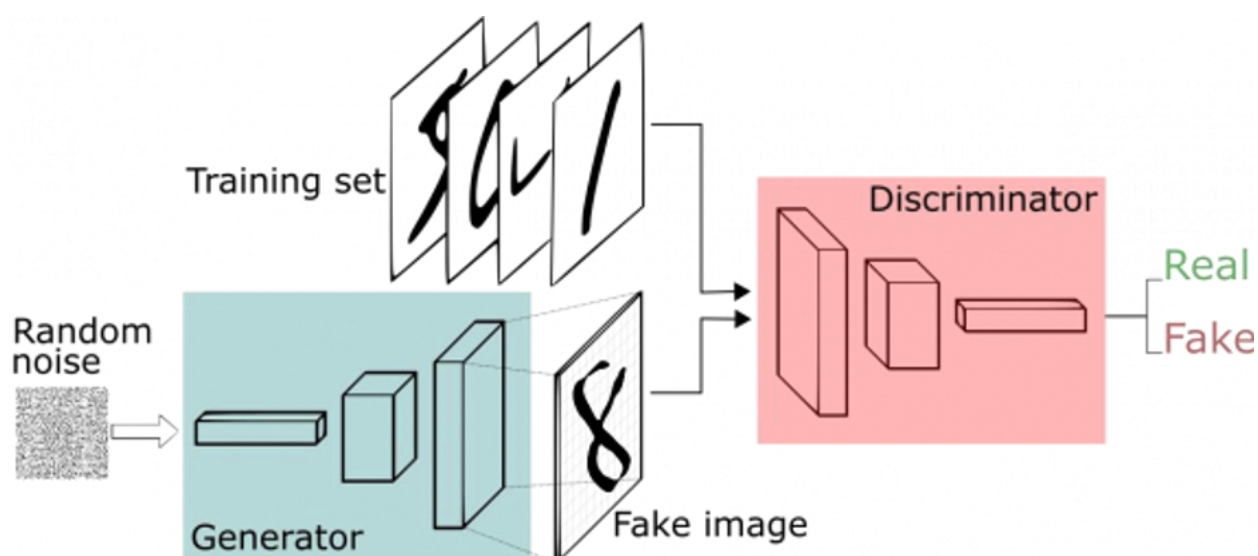


Рисунок 7: Схема представленная Иэном Гудфеллоу

Принцип этой технологии заключается в том, что она состоит из двух – генеративной и дискриминативной – сетей, обучающихся одновременно и, как понятно из названия, «сопоставляющихся» друг с другом. Говоря абстрактно, задача первой, также называемой генератором, создает какие-то образцы, вторая же, дискриминатор, на выходе выдает вероятность того, что образец получен из тренировочной выборки, а не сгенерирован первой сетью. Целью этой модели является обучение генератора создавать такие образцы, которые дискриминатор будет ошибочно принимать за настоящие, вследствие чего повысится значение вероятности, выдаваемое им.

Рассмотрим генеративно-сопоставительную сеть Гудфеллоу с математической точки зрения. Модель G (то есть генератор) получает на вход случайный шум (случайную информацию). Обозначим этот шум переменной

¹³ Goodfellow Ian J. и др. Generative Adversarial Networks // arXiv. - 2014 г.. - arXiv:1406.2661 (дата обращения: 3 декабрь 2019).

z , тогда функция генератора примет следующий вид: $G(z)$. Точно таким же способом можем обозначить функцию дискриминатора $D(x)$, где в качестве x выступит $G(z)$, так как именно результат генератора поступает на дискриминатор. Обучение генератора сводится к максимизации результата $D(G(z))$. Интересно, что целью генератора является максимизация не собственной работы, а второй, дискриминативной сети. В итоге генеративная сеть стремится обучиться на любые входные данные генерировать такое значение, которое на входе в дискриминативную сеть приведет к максимально возможной вероятности.

В то же время мы пытаемся минимизировать значение $1 - D(G(z))$, то есть уменьшить вероятность того, что дискриминатор догадается о поддельности образца. Выходит так, что каждому шагу обучения дискриминатора соответствуют один шаг генератора, а также два шага самого дискриминатора: один с результатом генератора, а второй с образцом из тренировочной выборки.

Эти упрощённые рассуждения в конечном итоге приведут к следующей формуле:

$$\min_G \max_D V(D, G) = E_x [\log D(x)] + E_z [\log (1 - D(G(z)))]$$

Для лучшего понимания стоит привести пример из жизни. Пожалуй, самой частой аналогией, используемой для объяснения работы описанного выше алгоритма, является взаимодействие фальшивомонетчика и банкира. Фальшивомонетчиком в данном сценарии будет являться генератор, а банкиром, соответственно – дискриминатор. Цель деятельности фальшивомонетчика – создать такие купюры, которые даже самый опытный специалист не сможет отличить от настоящих. Банкир же как раз будет стремиться обнаружить поддельные. Стоит упомянуть, что вследствие отсутствия какого-либо опыта, первые попытки фальшивомонетчика будут обладать абсолютно низким качеством. С ходом времени и повышением способностей, его попытки будут улучшаться, пока, наконец, не обманут банкира. Вспомним, что сети эти именно состязательные: победителем данной игры в итоге окажется фальшивомонетчик, то есть генератор.

Где применяются генеративно-состязательные сети?

Генеративно-состязательные сети — это сравнительно молодая технология, а действительно стоящие внимания результаты начали появляться только в 2016 году, так что еще нельзя точно сказать, где они могут оказаться полезными. Но все же изучение и попытки применения ведутся в большом количестве областей. В принципе, генеративно-состязательные сети могут работать с любым видом данных, но в основном, конечно, программисты работают с изображениями.

Во-первых, это генерация изображений: исследователи из компании NVIDIA в 2017 году натренировали генеративно-состязательную сеть до такого уровня развития, что она без труда может сгенерировать лицо человека, которое сложно отличить от натурального¹⁴ (рисунок 8).



Рисунок 8: сгенерированные лица знаменитостей

Целью их работы была генерация именно высококачественных изображений (конечные результаты имеют разрешение 1024x1024 пикселей). Исследовательская команда добилась такого результата благодаря оригинальности своего подхода: они тренировали генеративно-состязательную сеть, начав с низкого разрешения (всего 4x4 пикселя) и постепенно улучшая его. Интересно, что они работали с тренировочным сетом CelebA, состоящим из портретов знаменитостей, а если посмотреть на рисунок 8, то можно заметить, что лица кажутся знакомыми (так как так или иначе фотографии знаменитостей часто встречаются в различных медиа). Таким образом можно генерировать не просто изображения, но и видео. В будущем

¹⁴ Karras Tero и др. Progressive Growing of GANs for Improved Quality, Stability, and Variation // arXiv. - 2017 г.. - arXiv:1710.10196 (дата обращения: 26 Апрель 2020).

это может стать экономически более выгодным инструментом для создания рекламы, который существенно может сократить расходы.

Во-вторых, это, конечно же, изменение существующих изображений. Image-to-image translation – это задача, которая заключается в изменении изображения на основе второго. Возвращаясь к теме человеческих лиц, StarGAN¹⁵ успешно справляется с ней: взяв портрет знаменитости из сета CelebA, генеративно состязательная сеть может дать ему любое выражение (к примеру, радость, злость, угрюмость и т.д.). StarGAN учит выражения лица с помощью сета RaFD, в котором представлены портреты разных настроений.

Задачу Image-to-Image translation также решает генеративно-состязательная сеть под названием CycleGAN, созданная также в 2017 году¹⁶. На изображении 2 видно, что эта сеть может преобразовать фотографию лошади в зебру или же, взяв фотографию пейзажа, создать новую «картину» Моне или Ван Гога. У CycleGAN существует множество применений: например, художник Марио Клингеманн раскрасил черно-белые фотографии (чем, конечно, никого не удивишь, не считая того, что они, несомненно, приобрели его отличительный художественный стиль), а специалист в области нейросетей Джек Кларк преобразил старые карты Вавилона, Иерусалима и Лондона в современные спутниковые Google Maps карты.

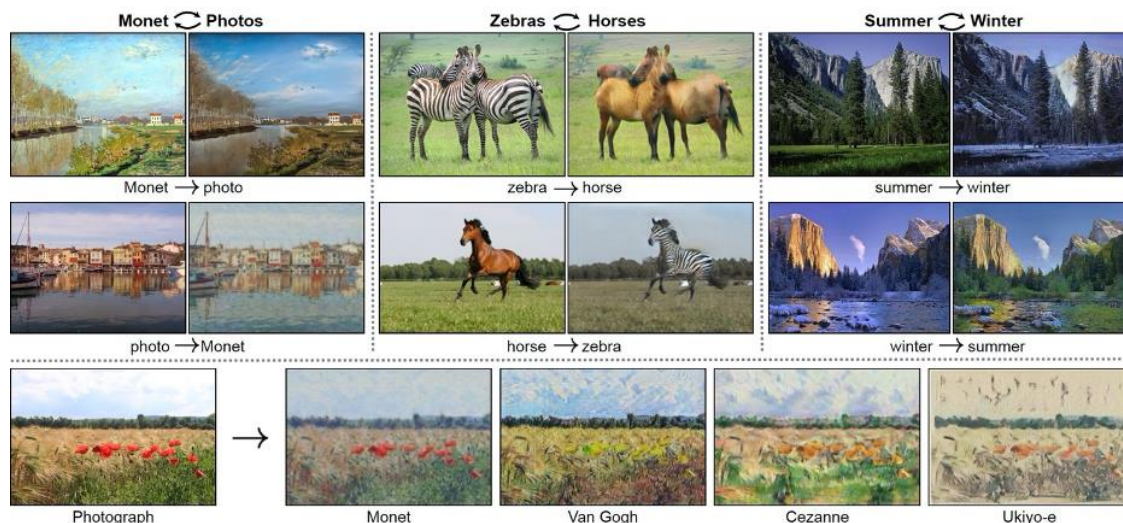


Рисунок 9: примеры результатов CycleGAN

Одно из самых интересных использований генеративно-состязательных сетей связано с генерацией окружающей среды. Недавний прогресс в области

¹⁵ Choi Minje и др. StarGAN: Unified Generative Adversarial Networks for Multi-Domain Image-to-Image Translation // arXiv. - 2018 г.. - arXiv:1711.09020v3 (дата обращения: 26 Апрель 2020).

¹⁶ Zhu Jun-Yan и др. Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks // arXiv. - 2018 г.. - arXiv:1703.10593 (дата обращения: 26 Апрель 2020).

семантической сегментации (вручную этот процесс для одного изображения займет более 90 минут по данным Cityscapes dataset) позволил автоматически создавать сегментированные карты изображений. Благодаря использованию этих сегментированных карт генеративно-состязательная сеть может создать фотореалистичное видео окружающей среды, что описано в статье «Video-to-Video Synthesis»¹⁷. В статье «Semantic-aware Grad-GAN for Virtual-to-Real Urban Scene Adaption»¹⁸ 2017 года показано использование этого метода (сеть называется Grad-GAN) для адаптации виртуального мира в реальный. Grad-GAN способна превратить кадр из известной видеоигры Grand Theft Auto V (GTA V), среда которой основана на городе Лос-Анджелес, в изображение реальной городской среды. Обратной адаптации (то есть рендеринг видеоизображений из реальных в виртуальные) пока нет в научной литературе, но присутствуют научно-популярные статьи о том, что использование генеративно-состязательных сетей – не самое оптимальное решение для этой задачи¹⁹. Но, как уже было сказано ранее, данная технология все еще остается новой, и пока не стоит отбрасывать этот вариант.

Генеративно-состязательные сети как инструмент художника

Арт-группа Obvious

Возможно, самое главное использование генеративно-состязательных сетей на сегодняшний момент – это их применение в работах цифровых художников. Визитной карточкой генеративно-состязательных сетей в современном искусстве можно считать портрет Эдмонда де Белами. Это работа французской арт-группы Obvious, состоящей из молодых программистов Пьера Фотреля, Хьюго Каселля-Дюпре и Готье Вернира. Их арт-проект состоит из 11 портретов выдуманной семьи де Белами, каждый из которых выдержан в духе классической европейской живописи (рисунок 10).

¹⁷ Wang Ting-Chun и др. Video-to-Video Synthesis // arXiv. - 2018 г.. - arXiv:1808.06601v2 (дата обращения: 30 Апрель 2020).

¹⁸ Li Peilun и др. Semantic-aware Grad-GAN for Virtual-to-Real Urban Scene Adaption // arXiv. - 2018 г.. - arXiv:1801.01726v2 (дата обращения: 30 Апрель 2020).

¹⁹ This AI could be used to generate GTA 6 graphics // towards data science URL: <https://towardsdatascience.com/this-ai-could-be-used-to-generate-gta-6-graphics-71299b0dfc09> (дата обращения: 30 Апрель 2020 г.).

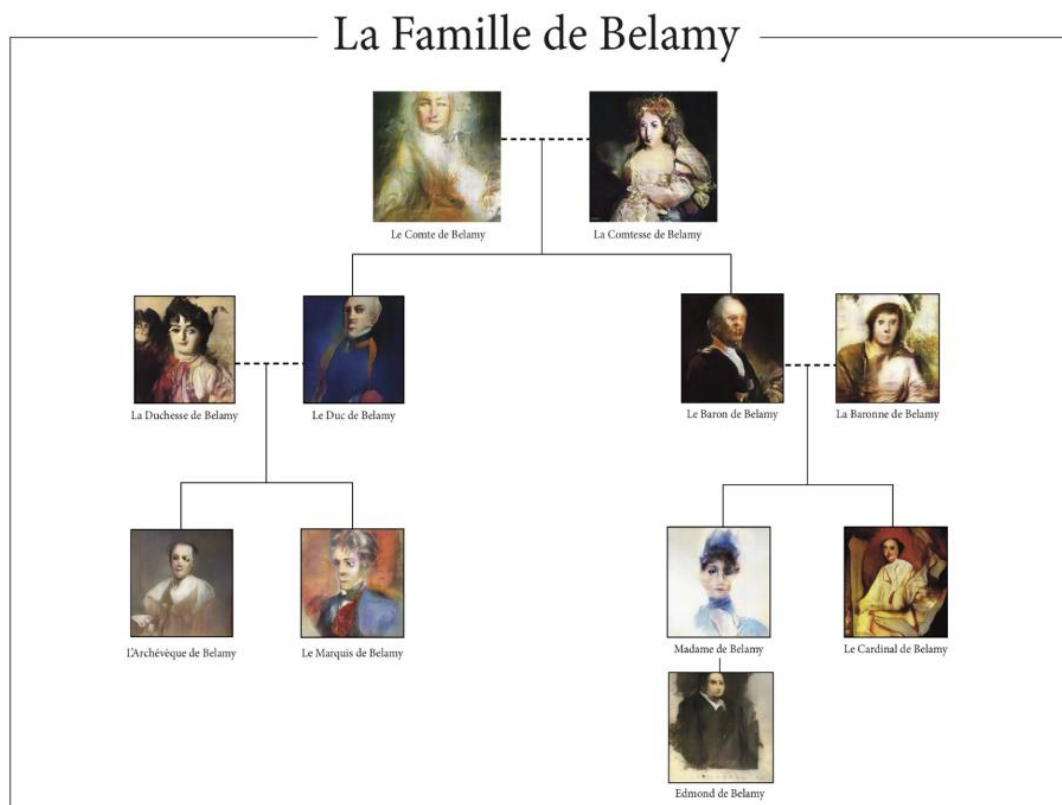


Рисунок 10: "Фамильное древо" де Белами

Интересно, что фамилия Белами была придумана как дань создателю генеративно-состязательных сетей Иэну Гудфеллоу («Goodfellow» и «bel ami» – буквально «хороший друг» с английского и французского соответственно). Фамильное древо на схеме можно интерпретировать как восприятие истории европейского художественного искусства искусственным интеллектом. Каждый из портретов в чем-то уникален, так как предполагается, что они принадлежат к разным временным периодам. Генеративно-состязательная сеть в процессе обучения тренировалась на выборке из 15 000 портретов, написанных европейскими художниками с XIV по XX века. На выходе получались портреты возможно не самого лучшего качества с академической точки зрения, которые печатали на холсте и вставляли в позолоченную раму. В правом нижнем углу вместо привычной зрителю подписи художника стояла уже знакомая читателю формула. Первый проект художественного коллектива Obvious был принят с энтузиазмом со стороны мира искусства. Аукционный дом Кристис решил поэкспериментировать и проверить как публика отреагирует на работу, которая открывает собой абсолютно новый рынок искусства. Для участия был выбран портрет Эдмунда де Белами (рисунок 11), стоимость которого эксперты оценивали в 7-10 тысяч долларов. В итоге портрет был продан за 432500 долларов.

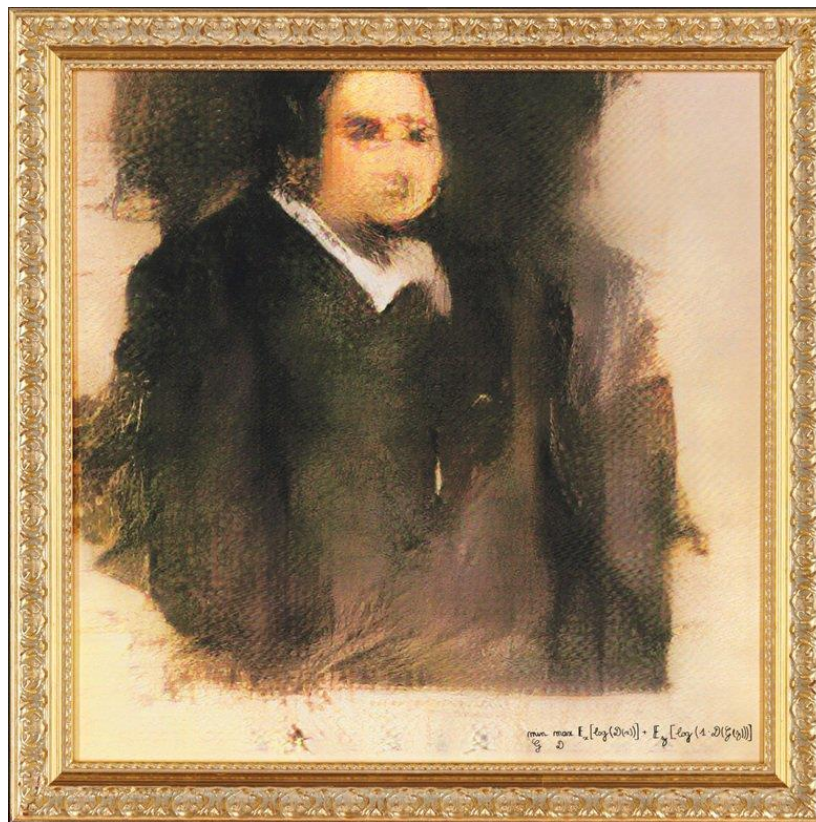


Рисунок 11: Портрет Эдмунда де Белами

Конечно, арт-группу Obvious сложно назвать просто художниками. Специфика сферы заключается в том, что использование искусственного интеллекта автоматически делает художника исследователем. Участники художественного коллектива в своем манифесте²⁰ утверждают, что искусство – идеальное поле для экспериментов над искусственным интеллектом, в качестве медиума оно может помочь выявить какие-то недостатки и решить их. Почему это так? Во-первых, цифровое искусство в большинстве своем дает какие-то конечные результаты, из которых можно делать выводы относительно работы используемого инструмента (в данном случае генеративно-состязательных сетей); во-вторых, множество людей имеют к нему отношение (или хотя бы мнение), следовательно результаты волнуют многих; в-третьих, искусство всегда подлежит дискуссии, порождающей новые и важные идеи; наконец, оно бесплатно: современные технологии позволяют художнику создать произведение, имея исключительно собственный компьютер.

²⁰ Manifesto // Obvious Art URL: <http://obvious-art.com/wp-content/uploads/2020/04/MANIFESTO-V2.pdf> (дата обращения: 12 Декабрь 2019).

Конечно, в такой ситуации можно сказать, что создание искусства – лишь побочный положительный эффект исследуемой технологии. Но художественный коллектив изначально стремился к созданию изображения, которое могло бы считаться искусством; использование генеративно-сопоставительной сети для них – попытка превратить в жизнь свою идею о совместной работе художника и искусственного интеллекта, а также его постепенного проникновения во все сферы человеческой жизнедеятельности. К тому же искусство само по себе является исследованием креативности, поэтому разделять две эти сферы бессмысленно. Любой результат генеративно-сопоставительной сети окажется приемлемым в данном случае: само участие искусственного интеллекта в художественном процессе, его научность делают его оригинальным и, соответственно, заслуживающим должного искусству внимания.

Креативно-сопоставительные сети (CAN)

Одним из самых значительных исследований в области искусственного интеллекта в искусстве можно считать работу американского ученого Ахмеда Эльгаммала «CAN: Creative Adversarial Networks, Generating "Art" by Learning About Styles and Deviating from Style Norms»²¹. В своей статье исследователь предлагает очередную вариацию генеративно-сопоставительной сети, которую он называет соответственно: креативно-сопоставительная сеть (CAN). Базовый принцип её работы такой же как и у обычной генеративно-сопоставительной сети: генератор и дискриминатор, соревнующиеся между собой. Отличие заключается в том, что оригинальная сеть (GAN) ограничена в своей возможности генерировать креативные изображения, результат всегда будет соответствовать тренировочной подборке (как, к примеру, портрет Эдмунда Белами, описанный выше, основан на классических портретах). Ахмед Эльгаммаль модифицировал генеративно-сопоставительную сеть с целью создать уникальные и оригинальные изображения. Но для того, чтобы ознакомиться с принципами работы его системы, стоит определить, что подразумевается под понятием креативности (в особенности говоря об искусственном интеллекте). Для создания алгоритма, целью которого является генерация искусства, важно связать креативный процесс со всей базой

²¹ Elgammal Ahmed и др. CAN: Creative Adversarial Networks, Generating "Art" by Learning About Styles and Deviating from Style Norms // arXiv. - 2017 г.. - arXiv:706.07068 (дата обращения: 12 Декабрь 2019).

искусства, созданной людьми до настоящего момента. Это важно, так как обычный художник, или художник-человек, на протяжении не только своей творческой деятельности, но и всей жизни оказывается подвержен влиянию работ и идей других художников. Не совсем понятно, как же индивид использует все эти знания в своем художественном процессе. Ахмед Эльгаммал для своей модели использует теорию, предложенную ученым Колином Мартиндейлом еще в 1990 году²². Он предположил, что креативные художники стараются создать произведение, которое будет возбуждать нервную систему человека. Однако излишнее возбуждение может вызвать негативную реакцию у смотрящего, поэтому важно контролировать его интенсивность и пользоваться «принципом наименьших усилий» (путь наименьшего сопротивления). Важно также предусматривать, чтобы искусство не «входило в привычку» (Мартиндейл называет этот процесс *habituation*). Таким образом формируется условие, при котором художественному процессу будет сопутствовать постоянное изменение результата, не вызывающего негативных эмоций у смотрящего. Именно это понятие креативности искусства оказалось наиболее подходящим для создания креативно-генеративной сети. Итак, как же работает креативно-состязательная сеть? В данном случае появляются новые условия: изображение не просто должно быть похоже на реальное (то есть созданное человеком), оно также должно удовлетворять следующим пунктам:

- 1) изображение должно быть новым;
- 2) в то же время оно не должно быть слишком новым (принцип наименьших усилий);
- 3) стиль изображения не должен совпадать с уже существующими.

Как и в генеративно-состязательной сети, существуют две состязающиеся сети: генератор и дискриминатор. У дискриминатора в этой системе есть доступ к тренировочному множеству, состоящему из произведений искусства, у каждого из которых есть ярлык художественного стиля (к примеру, барокко, импрессионизм, кубизм и т.п.). С помощью этой выборки он учится отличать стили. Генератор, как и в первоначальной модели, создает изображение на основе случайного шума, но в креативно-состязательной сети он получает два сигнала, вместо одного (сигналом назовем результат работы дискриминатора). Первый сигнал уже знакомый читателю будет сообщать о том, насколько сгенерированный образец похож

²² Martindale Colin The clockwork muse: The predictability of artistic change. - New York : Basic Books, 1990.

на настоящее изображение (в этом случае – искусство настоящих художников). Второй сигнал является оценкой того, насколько хорошо дискриминатор может отличать разные художественные стили. Обычный генератор создаст изображение, которое дискриминатор примет за настоящий образец реального искусства, а также сможет отнести к какому-то конкретному стилю, тогда как креативный генератор же будет пытаться создать образцы, которые обманут дискриминатор. Во-первых, он внушит дискриминатору, что образец настоящий и, во-вторых, не даст ему определить конкретный стиль изображения. Два сигнала оказываются противоречащими друг другу, так как если первый будет успешен в рамках существующих стилей, второй же сигнал оштрафует его за это. Поэтому два этих сигнала должны в конечном итоге привести генератор к таким значениям, которые будут создавать изображения, похожие на настоящее искусство, но в то же время максимизировать неоднозначность их художественного стиля. На рисунке 12 ниже представлены самые высоко оцененные изображения CAN.



Рисунок 12: результаты CAN с высшей оценкой

В качестве тренировочного множества использовалась выборка WikiArt dataset, состоящая из 81449 произведений, созданная 1119 художниками с XV по XX века (всего 25 стилевых групп).

Конечно, креативно-состязательная сеть выполняет «условия креативности», заданные для модели. Мы действительно не можем отнести

результаты системы к каким-то конкретным художественным стилям, в лучшем случае мы можем только назвать их абстрактными; также у зрителя не получится выделить конкретный жанр изображения (натюрморт, портрет и т.д.). Но что, если данная модель просто не справляется со своей первоначальной задачей имитации реальных произведений искусства? В этом случае ни о какой креативности не идет и речи.

Ахмед Эльгаммал в своей статье приводит контраргумент к данной проблеме. Он приводит в пример результаты, которые дает креативно-состязательная сеть, в которой генератор не стремится запутать дискриминатор в определении стиля. То есть все полученные изображения легко отличимы по стилю. Результаты такой сети четко (на сколько это возможно на данном этапе развития технологии) различаются по жанрам. То есть мы получаем не просто абстрактные изображения, а достаточно понятные портреты, натюрморты и пейзажи (рисунок 13).



Рисунок 13: Классификация изображений по жанрам

Также в качестве доказательства приводится эксперимент с участием респондентов. Для анализа работы состязательной сети использовали несколько наборов изображений: сет абстрактного экспрессионизма, работы художников с Art Basel (выставка современного искусства) 2016 года, а также изображения, сгенерированные генеративно-состязательной сетью. Далее приведены некоторые наблюдения, замеченные в ходе эксперимента:

1) не считая выборки абстрактного экспрессионизма, образцы креативно-состязательной сети оказались наиболее похожими на настоящие (то есть превзошли выборку Art Basel);

2) респонденты также нашли их наиболее приятными (likeability) после абстрактного экспрессионизма;

3) изображения креативно-состязательной сети оказались самыми новыми, оригинальными (novelty);

4) этим изображениям были поставлены высшие оценки, как самым вдохновляющим, композиционно структурированным и осмысленным.

Все выводы, сделанные выше, только частично доказывают утверждение о креативности данной системы. Абстрактность креативно-состязательной сети может быть следствием того, что алгоритм не справляется с задачей; возможно, что, пытаясь не повторить уже существующий стиль, генератор выдает бессмысленный шум. Но также нельзя отрицать, что большинство опрошенных очень высоко оценило созданные изображения; они не только понравились им визуально, но и показались им осмысленными и вдохновляющими.

Несмотря на то, что произведения, созданные креативно-состязательной сетью, опрашиваемая группа предпочла настоящим изображениям, вероятность того, что она сможет выстоять критику общества искусства довольно низка. Даже неискушенную публику сложно поразить абстракцией, которая существует уже около 70 лет. Безымянные изображения, выставленные в музее, не привлекут зрителя ни своими визуальными преимуществами, ни громким именем художника-создателя. Но, ситуация кардинально меняется при упоминании участия искусственного интеллекта. Эта новая, еще неизведанная территория, определенно интересует сообщество, причем с разных сторон подхода (художественная, техническая, этическая, философская и юридическая составляющие вопроса являются важными дискуссионными темами).

Сам Ахмед Эльгаммаль скорее ученый, чем художник. Длительное исследование визуальных данных подвигло его на создание креативно-состязательной сети. Поэтому назвать изображения, созданные его сетью, искусством будет излишним. Но, как уже было сказано выше, эта работа является предвестником будущего искусства, в котором искусственный интеллект уже не будет чем-то неординарным. В каком-то смысле Ахмед Эльгаммаль – концептуалист, работы которого даже не обязательно претворять в жизнь, так как само существование идеи делает его искусством, если придерживаться философии концептуализма. Возможно, креативно-

состязательная сеть – инструмент, за который художники будущего возьмутся вместо своих кистей.

ГЛАВА 3. ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОГО ИСКУССТВА

Цифровое искусство – это искусство?

Итак, в первой главе был проведен обзор на инструменты, которые были использованы цифровыми художниками за период с 2015 по 2019 года. Читатель, как и автор данной статьи скорее всего задастся вопросами: «Что ожидает современное цифровое искусство? Ждет ли его перспективное будущее, или же оно станет пережитком истории искусств через полвека?» Чтобы ответить на данные вопросы, стоит проанализировать общественное отношение к цифровому искусству.

Так как большинство людей на самом деле понимают под термином цифровое искусство только графический дизайн, сначала стоит остановиться именно на этой суженной трактовке термина. В обществе сложилось мнение, что использование графического редактора для создания изображений лишает автора возможности называться «настоящим художником». В доказательство этому приводится низкий уровень прилагаемых усилий и отсутствие ощущения «прикосновения к прекрасному». Если искусством является только то, что в конечном счете оказывается в музее, то как цифровое искусство может быть настоящим? Далее автор работы хотела бы обозначить свою личную точку зрения. Во-первых, аргумент о потраченных на работу усилий и времени попросту ложный. Если читатель вспомнит о Корнелиусе Даммрихе, берлинском цифровом художнике, авторе «6088 лет до нашей эры», то сразу становится очевидно – цифровой формат его произведения только увеличил срок работы художника. По субъективному представлению автора данного текста использование красок (то есть традиционного метода) существенно бы уменьшило и упростило работу художника (которая заняла у Даммриха целый год). Да, возможно, это произведение никогда не окажется в галерее или же музее (что отнюдь не однозначно в современных выставочных реалиях; существует масса различных возможностей для выставления ее в музее), но постоянный интерес со стороны поклонников Даммриха и различных онлайн и офлайн изданий, освещающих его деятельность, дают художнику общественное признание, то есть выполняют функцию, которая была прерогативой музея в прошлом. Также стоит добавить, что сегодня каждый живущий ныне художник (от немецкого абстракциониста, пережившего Вторую мировую войну, Герхарда Рихтера, до молодой американки Сары Мейохас) имеет собственный вебсайт, что становится своего

рода личным музеем художника с открытым доступом. Если же вспомнить фотографа Эрика Йоханссена, то к его трудоемкому рабочему процессу стоит добавить тот факт, что фотограф часто выставляется в галереях (к примеру, Йоханссен привез в Россию свою выставку, которая проходила в центре фотографии братьев Люмьер). Стоит заметить, что подобная критика отсутствует в музыкальной и кинематографической сферах, что скорее всего связано с их изначальной технологичностью.

Подведя промежуточный итог, автор считает, что цифровое графическое искусство можно считать искусством. Стоит уточнить, что каждое цифровое изображение отнюдь не обязательно является искусством, как и не каждое традиционно созданное изображение. Цифровое произведение (как и обычное) должно соответствовать определенным критериям, чтобы именоваться искусством (какими же должны быть эти критерии – вопрос для искусствоведческой науки).

Более важный и менее изученный вопрос – это роль человека в создании искусства. Обладает ли человек монополией на эту сферу? Может ли робот или искусственный интеллект создать произведение искусства? Подобные рассуждения упираются в самое фундаментальное понятие культурной сферы жизни человека – понятие искусства. По словам Леонеля Моура, «Пуритане в отношении человеческой уникальности скажут, что только человек может создать искусство»²³. Сегодня искусственный интеллект более чем реален, а границы искусства так и не вернулись к состоянию «до Марселя Дюшана», то есть искусством может быть все. Искусство давно эволюционировало до такой стадии, где ему разрешено все. На сегодняшний день искусственный интеллект еще не достиг своего идеального состояния, то есть полной автономности, а потому он все еще остается инструментом в руках художника. Человек, то есть художник, есть незаменимая часть творческого процесса: именно он создает посредника, который будет производить искусство, одной его инновационной идеи будет достаточно, чтобы внести вклад в развитие культуры, уже не важно, каким будет «изображение на холсте».

Еще один важный вопрос, уже рассматриваемый ранее – это вопрос о креативности искусственного интеллекта/робота. Обладая некой самостоятельностью, можно предположить, что он уже обладает ограниченной креативностью. Так как конечный результат в большинстве случаев не может быть предугадан человеком, мы не можем отказать искусственному интеллекту в креативности. Самое сложное в данных

рассуждениях – предугадать будущую роль искусственного интеллекта в искусстве. Чтобы сформировать минимальное представление об этом, надо понимать роль искусственного интеллекта в обществе в целом. Вероятнее всего, роботы станут усовершенствованными и автономными механизмами, целью которых будет сокращение физического труда человека. Автору данной работы представляется два возможных противоположных друг другу сценария развития.

С одной стороны, можно предположить, что абсолютно все искусство станет цифровым, так как именно этот вариант ведет к сокращению каких-либо издержек, связанных с творческим процессом, если рассматривать его как производство. К тому же традиционное искусство, можно сказать, исчерпало себя как ремесло, то есть профессия художника, подобно типичному примеру машинисток, станет рудиментарной. То есть создание искусства станет работой роботов.

С другой стороны, цифровое искусство, как и многие другие направления в искусстве, может исчерпать себя и стать неинтересным как для художников, так и для публики.

Второй вариант, конечно, больше похож на утопию, тогда как первый – на антиутопию. Тогда логично предположить, что самым вероятным и наиболее оптимальным окажется некоторое упрощение первого. Искусство в основном перейдет в цифровой формат, но такое социальное явление как художник останется. Роботы будут работать либо под руководством художника, либо абсолютно самостоятельно, но в таком случае продуктом их деятельности окажется скорее дизайн.

Рынок цифрового искусства

Как было и в прошлом, многие художники работают на рекламу и дизайн (можно вспомнить советский агитационные плакаты или же французские рекламные постеры в стиле арт-нуво). Так и сегодня огромной популярностью пользуются специалисты, работающие в сфере графического дизайна. Большинство из них (как и все примеры, приведенные автором в первой главе) совмещают работу с собственными идеями и заказы от крупных компаний разного профиля. К тому же работа специалистов в данной сфере оказывается довольно выгодной: в США индустрия графического дизайна в 2019 году принесла доход в 15 миллиардов долларов, с 2015 имея стабильный прирост в

3,5%²⁴. Музыкальная индустрия сейчас повсеместно является цифровой и показатель ее прибыли в Северной Америке вырос на 11% с 2018 по 2019 года²⁵. Стоит отметить, что в киноиндустрии самыми прибыльными кинолентами оказываются именно фильмы с использованием цифровых технологий: по данным сайта Кинопоиск²⁶ самыми кассовыми фильмами на сегодняшний день являются последняя часть франшизы «Мстители», «Аватар», а также седьмая часть «Звездных войн» (хотя их отношение к искусству является темой многих дебатов).

Неоднозначно ситуация складывается именно на рынке искусства (изобразительное искусство, исключая графический дизайн). Конечно, если продуктом произведения художника является физический объект, то так или иначе он найдет своего покупателя (считая, что он обладает достаточным качеством и культурной значимостью). Случай, приведенный ранее во второй главе (портрет Эдмунда да Белами арт-группы Obvious был продан на аукционе Christie's за 432,5 тысячи долларов) может оказаться лишь недолговременным интересом к цифровому искусству и «модой на искусственный интеллект», но он показывает, что на подобное искусство есть спрос, по крайней мере, на данный момент. Но что, если объект существует исключительно в цифровых реалиях? К сожалению для цифровых художников, авторские права в интернете постоянно нарушаются.

Главная проблема цифрового искусства – его относительно простая дублируемость и свободное распространение в интернете. Покупатель не станет платить за работу, если она не является уникальной или ее можно бесплатно найти на просторах интернета. Новая модель защиты авторских права художников – использование блокчейна. К примеру, один из таких онлайн сервисов – R.A.R.E – позволяет цифровым художникам продавать свои работы в ограниченном количестве²⁷. Процесс заключается в загрузке работ на сайт, токенизации (присваивании токена, то есть какого-то идентификатора) и

24 Graphic Designers Industry in the US - Market Research Report // IBISworld URL: <https://www.ibisworld.com/united-states/market-research-reports/graphic-designers-industry/> (дата обращения: 7 Июнь 2020).

25 RIAA Releases 2019 Year-End Music Industry Revenue Report // RIAA URL: <https://www.riaa.com/reports/riaa-releases-2019-year-end-music-industry-revenue-report/> (дата обращения: 8 Июнь 2020).

26 Мир+США: Самые кассовые фильмы // Кинопоиск URL: <https://www.kinopoisk.ru/lists/box/total/> (дата обращения: 8 Июнь 2020).

27 'Digital Art' Framed And Collected On Blockchain // Forbes URL: <https://www.forbes.com/sites/michaelhaley/2020/01/30/digital-art-framed-and-collected-on-blockchain/#5dc026b48d90> (дата обращения: 7 Июнь 2020).

получении 60% прибыли от последующих перепродаж. Данный метод может решить проблему авторских прав на рынке цифрового искусства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, в данной работе был проведен обзор и анализ технологий, использовавшихся в цифровых произведениях искусства в период с 2015 по 2019 год. Были выделены следующие группы, составляющие цифровое искусство:

- Общедоступные профессиональные программы;
- Аддитивные технологии;
- Роботы;
- Нейросети и искусственный интеллект.

Также более подробно были рассмотрены принцип работы и применение генеративно-сопоставительных сетей, вследствие их стремительного развития и интереса со стороны ученых и художников.

В третьей главе автор данной работы выразила свое представление будущего рынка цифрового искусства. А именно стремительное развитие и увеличение влияния цифровых технологий в сфере искусства, их повсеместное использование художниками. Как следствие, нежелательное распространение цифровых произведений искусства для их авторов и возможное средство защиты, которое уже применяется в среде цифрового искусства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

- I. What is Digital Art? Definition and Scope of the New Media // Medium URL: <https://medium.com/digital-art-weekly/what-is-digital-art-definition-and-scope-of-the-new-media-f645058cfd78> (дата обращения: 5 Май 2020).
- II. Казанджий А. Цифровое искусство. Что это? // Цифровой океан. - 2020. - №1. - С. 95-96.
- III. Best Music Production Software – Digital Audio Workstations // The Wire Realm URL: <https://www.wirerealm.com/guides/best-music-production-software-daw> (дата обращения: 1 Июнь 2020).
- IV. Erik Johansson URL: <https://www.erikjo.com/work/wake-up> (дата обращения: 17 Май 2020).
- V. Конечная станция в небесах // Colta URL: <https://www.colta.ru/articles/art/21001-konechnaya-stantsiya-v-nebesah> (дата обращения: 15 Май 2020).
- VI. Cornelius Dammrich URL: <https://corneliusdammrich.com> (дата обращения: 29 Май 2020).
- VII. David McLeod URL: <http://davidmcleod.com/> (дата обращения: 17 Май 2020).
- VIII. What is Additive Manufacturing? // Additive Manufacturing URL: <https://additivemanufacturing.com/basics/> (дата обращения: 17 Май 2020).
- IX. Hyperion // Disney Animation Studios URL: <https://www.disneyanimation.com/technology/innovations/hyperion> (дата обращения: 23 Май 2020).
- X. FDM // 3D Format URL: <http://www.3d-format.ru/technologies/fdm/> (дата обращения: 17 Май 2020).
- XI. What is Additive Manufacturing? // Additive Manufacturing URL: <https://additivemanufacturing.com/basics/> (дата обращения: 10 Май 2020).
- XII. 8 Very Promising Bioprinting Projects // 3Dnatives URL: <https://www.3dnatives.com/en/bioprinting-projects-3d-printed-organs-070420205/> (дата обращения: 10 Май 2020 г).
- XIII. Bronze oak grove // Rob and Nick URL: <http://www.robandnick.com/rn1101-bronze-oak-grove> (дата обращения: 6 Июнь 2020).
- XIV. Bronze oak grove // Factum Arte URL: <https://www.factum-arte.com/pag/883/bronze-oak-grove> (дата обращения: 6 Июнь 2020).
- XV. Token Homes // Plummer Fernandez URL: <https://www.plummerfernandez.com/works/> (дата обращения: 17 Май 2020).
- XVI. Token Homes: The sculpture that sums up the housing crisis // BBC URL: <https://www.bbc.com/news/entertainment-arts-45669550> (дата обращения: 17 Май 2020).

- XVII. Historical automata // Contemporary automata URL: <http://www.contemporaryautomata.com/history.html> (дата обращения: 6 Июнь 2020).
- XVIII. Stephens Elizabeth и Heffernan Tara We Have Always Been Robots: The History of Robots and Art. - New York : Springer, 2016.
- XIX. Watch a robot paint incredible pieces of art // Business Insider URL: <https://www.businessinsider.com/pindar-van-armans-robot-can-paint-2016-2#thats-what-led-him-to-build-the-robot-which-can-also-use-artificial-intelligence-to-complete-a-painting-on-its-own-5> (дата обращения: 6 Июнь 2020).
- XX. BeBot // Leonel Moura URL: http://www.leonelmoura.com/bebot_works/ (дата обращения: 6 Июнь 2020).
- XXI. Leonel Moura // The New Art Fest URL: <http://thenewartfest.com/tnaf2017/participante/2017-leonel-moura/?lang=en> (дата обращения: 6 Июнь 2020).
- XXII. Moura Leonel Robot Art: An Interview with Leonel Moura [Интервью]. - 18 Июль 2018 г..
- XXIII. Goodfellow Ian J. и др. Generative Adversarial Networks // arXiv. - 2014 г.. - arXiv:1406.2661 (дата обращения: 3 декабрь 2019).
- XXIV. Karras Tero и др. Progressive Growing of GANs for Improved Quality, Stability, and Variation // arXiv. - 2017 г.. - arXiv:1710.10196 (дата обращения: 26 Апрель 2020).
- XXV. Choi Minje и др. StarGAN: Unified Generative Adversarial Networks for Multi-Domain Image-to-Image Translation // arXiv. - 2018 г.. - arXiv:1711.09020v3 (дата обращения: 26 Апрель 2020).
- XXVI. Zhu Jun-Yan и др. Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks // arXiv. - 2018 г.. - arXiv:1703.10593 (дата обращения: 26 Апрель 2020).
- XXVII. Wang Ting-Chun и др. Video-to-Video Synthesis // arXiv. - 2018 г.. - arXiv:1808.06601v2 (дата обращения: 30 Апрель 2020).
- XXVIII. Li Peilun и др. Semantic-aware Grad-GAN for Virtual-to-Real Urban Scene Adaption // arXiv. - 2018 г.. - arXiv:1801.01726v2 (дата обращения: 30 Апрель 2020).
- XXIX. This AI could be used to generate GTA 6 graphics // towards data science URL: <https://towardsdatascience.com/this-ai-could-be-used-to-generate-gta-6-graphics-71299b0dfc09> (дата обращения: 30 Апрель 2020 г.).

- XXX. Manifesto // Obvious Art URL: <http://obvious-art.com/wp-content/uploads/2020/04/MANIFESTO-V2.pdf> (дата обращения: 12 Декабрь 2019).
- XXXI. Elgammal Ahmed и др. CAN: Creative Adversarial Networks, Generating "Art" by Learning About Styles and Deviating from Style Norms // arXiv. - 2017 г.. - arXiv:706.07068 (дата обращения: 12 Декабрь 2019).
- XXXII. Martindale Colin The clockwork muse: The predictability of artistic change. - New York : Basic Books, 1990.
- XXXIII. Graphic Designers Industry in the US - Market Research Report // IBISworld URL: <https://www.ibisworld.com/united-states/market-research-reports/graphic-designers-industry/> (дата обращения: 7 Июнь 2020).
- XXXIV. Мир+США: Самые кассовые фильмы // Кинопоиск URL: <https://www.kinopoisk.ru/lists/box/total/> (дата обращения: 8 Июнь 2020).
- XXXV. RIAA Releases 2019 Year-End Music Industry Revenue Report // RIAA URL: <https://www.riaa.com/reports/riaa-releases-2019-year-end-music-industry-revenue-report/> (дата обращения: 8 Июнь 2020).
- XXXVI. What Brings Value to Digital Art? // Medium URL: <https://medium.com/digital-art-weekly/what-brings-value-to-digital-art-abbdc21117b> (дата обращения: 7 Июнь 2020).
- XXXVII. 'Digital Art' Framed And Collected On Blockchain // Forbes URL: <https://www.forbes.com/sites/michaelhaley/2020/01/30/digital-art-framed-and-collected-on-blockchain/#5dc026b48d90> (дата обращения: 7 Июнь 2020).