

ISSN: 1991-3400

World of Technique of Cinema (WTC)

# Мир Кино ТЕХНИКИ

ЯНВАРЬ-МАРТ | 2019-1(13)|

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ | филиал «НИКФИ» АО «ТПО «КиноСтудия им. М. Горького» | ООО «ИПП «КУНА» | Подписанной индекс: 81923 в каталоге Роспечати | Scientific and Technical Journal | branch «Cinema and Photo Research Institute» JSC «Gorky Film Studio» | IPP «CUNA» | Ltd. | The subscription index 81923 in the catalog of Rospechat |



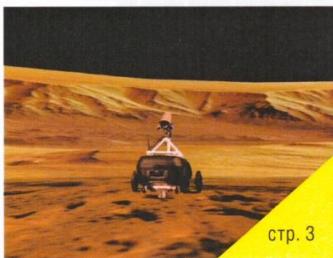
ТЕХНОЛОГИИ  
ТРЁХМЕРНОЙ  
ВИЗУАЛИЗАЦИИ  
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕРРИТОРИАЛЬНО-  
РАСПРЕДЕЛЁННЫМИ  
РОБОТИЗИРОВАННЫМИ  
УСТРОЙСТВАМИ

ГАРМОНИЧЕСКИЕ  
КИНОФОРМНЫЕ  
МИКРОСТРУКТУРЫ  
В ДИФРАКЦИОННОЙ  
ОПТИКЕ  
И ГОЛОГРАФИИ

КИНОПАНОРАМА.  
ЗАБЫТЫЙ ЮБИЛЕЙ

ТЕХНОЛОГИИ  
ЦИФРОВОГО ИСКУССТВА

## 2019-1(13) СОДЕРЖАНИЕ



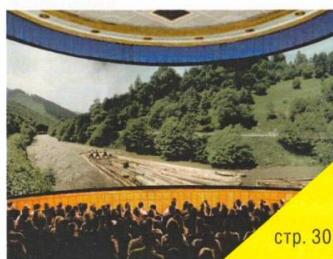
стр. 3



стр. 8



стр. 20



стр. 30

### Технологии

В.П. Андреев, В.Н. Карбанов, С.В. Кувшинов, *kuvshinovs58@mail.ru*,

В.Е. Пряничников, К.В. Харин

**Технологии трёхмерной визуализации для моделирования управления территориально-распределёнными мобильными роботизированными устройствами**

3

Н.К. Трубочкина, *ntrubochkina@hse.ru***Технологии цифрового искусства**

8

О.Н. Раев, *ncenter@list.ru***Особенности записи внеосевых точек изображения при продольном смещении оптического изображения, формируемого объективом, относительно светочувствительного слоя**

15

### Доклады

В.Н. Костин, *valankon@mail.ru*, А.Н. Сологубов**Акустические системы пространственного поля (АСПП)**

20

Г.И. Грейсух, *subscribing\_2002@mail.ru*, С.А. Степанов, А.И. Антонов,  
В.А. Данилов, Б.А. Усиевич**Гармонические киноформные микроструктуры  
в дифракционной оптике и голограмии**

24

### Страницы истории кино

Н.А. Майоров, *hengutmay@mail.ru*, *cinemafirst.ru***Кинопанорама. Забытый юбилей**

30

### Требования для публикации научных статей в журнале «МИР ТЕХНИКИ КИНО»

- Статья представляется на электронном носителе, либо по почте *Kevin@paradiz.ru*, объёмом не более 40 000 знаков.
- Рисунки должны быть отдельно в JPG или TIF с разрешением не менее 300 dpi.
- Статьи должны содержать (на русском и английском языках):
  - название;
  - аннотацию (краткую);
  - ключевые слова.
- С авторами заключается лицензионное соглашение на публикацию.
- Плата с аспирантов за публикацию не взимается.

Электронная версия [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Подписной индекс РОСПЕЧАТЬ: № 81923

Научно-технический журнал «Мир Техники Кино»  
Выходит 4 раза в год  
Издатель: ООО «ИПП «КУНА»  
Учредители: Филиал «НИКФИ» АО «ТПО «Киностудия им. М. Горького», ООО «ИПП «КУНА»

Руководитель проекта: Костылев Олег Юрьевич  
Главный редактор:  
Индлин Юрий Александрович, к.т.н.  
Выпускающий редактор:  
Захарова Тамара Владимировна  
Арт-директор, оформление обложки:  
Шишков Владимир Геннадьевич  
Вёрстка и дизайн: Луговая Мария Васильевна  
Корректор: Сайкина Наталья Владимировна

Члены редакции:  
Овчакис Ю.Н., д.т.н., Московский Политехнический Университет, РФ  
Вишняков Г.Н., проф., д.т.н., ФГУП «ВНИИОФИ», г. Москва, РФ  
Тихомирова Г.В., проф., д.т.н., СПбГИКИт, г. Санкт-Петербург, РФ  
Сакварелидзе М.А., д.х.н., ВГИК, г. Москва, РФ  
Винокур А.И., д.т.н., Московский Политехнический Университет, РФ  
Перегудов А.Ф., к.т.н., ВГТРК, г. Санкт-Петербург, РФ  
Березин О.С., «Невадильм», г. Санкт-Петербург, РФ  
Барский И.Д., к.т.н., ВГИК, г. Москва, РФ  
Одиноков С.Б., д.т.н., МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, РФ  
Раев О.Н., к.т.н., ВГИК, г. Москва, РФ  
Волков А.С., к.т.н., Министерство культуры РФ

Отпечатано в ООО «ИПП «КУНА»  
Объём 5 п.л. Заказ № 150708.  
Тираж 999 экземпляров.

Свидетельство о регистрации  
СМИ-ПИ № ФС77-65712 от 13 мая 2016 года.

Перепечатка материалов осуществляется только с  
разрешения редакции, ссылка на журнал обязательна.  
Редакция не неёт ответственности за достоверность  
сведений о рекламе и объявлении.  
Мнение редакции и рецензентов не всегда совпадает  
с точкой зрения авторов статей.

[www.mtk-magazine.ru](http://www.mtk-magazine.ru), e-mail: *kevin@paradiz.ru*  
телефон (факс): +7 (495) 795-02-99, 795-02-97



# ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ИСКУССТВА



Н.К. Трубочкина д.т.н., [ntrubochkina@hse.ru](mailto:ntrubochkina@hse.ru), Национальный исследовательский университет Высшая Школа Экономики, РФ

## Аннотация

*В качестве новых инструментов цифрового художника в статье рассмотрены следующие цифровые технологии создания изображений: создание абстрактных изображений с помощью нейросети без входного изображения, на основе психо-эмоционального состояния художника; создание изображений с помощью нейросети – стилизатора, на входе которой есть базовое изображение и файл стилизации (картина художника, файл текстуры, другое изображение); технология программной стилизации и обработки изображений, и технология фрактальной визуализации. Разработанные технологии и описанные алгоритмы могут быть полезны цифровым художникам таких творческих направлений как: дизайн, графика, живопись, архитектура, кинематограф, VR, световые инсталляции.*

**Ключевые слова:** цифровое искусство, технология, нейросеть, стилизатор, базовое изображение, программная стилизация, фрактальная визуализация, дизайн, графика, живопись, архитектура, кинематограф, VR, световые инсталляции.

## ■ Введение

Компьютерное, или **цифровое искусство** – направление в искусстве, основанное на использовании информационных технологий, результатом которого являются художественные произведения в цифровой форме [1]. Это искусство возникло как реализация потребности в «новой свежей крови» для традиционных искусств, работающих в рамках своих привычных технологий. Любой объект или явление, не развивающееся, постепенно деградирует, становится скучным, ненужным, его забывают, и чтобы выжить, ему необходимо обновление. А обновление искусств – в новых технологиях, новых формах, подходах, принципах и поступатах.

## TECHNOLOGIES OF DIGITAL ART

N. Trubochkina, Dst, [ntrubochkina@hse.ru](mailto:ntrubochkina@hse.ru), National Research University Higher School of Economics, Russia

## Abstract

*As a digital artist's tools, the following digital imaging technologies were considered in the article: creating abstract images using a neural network without an input image, base don't he artist's psycho-emotional state; creation of images using a neural network - a stylist, at the entrance of which there is a base image and a stylization file (artist's picture, texture file, another image); technology of soft ware stylization of image processing and technology of fractal visualization. The developed technologies and the described algorithms can be useful for digital artists of such creative areas as: design, graphics, painting, architecture, cinema, VR, light installations.*

**Keywords:** digital art, technology, neural network, stylist, base image, soft ware stylization, fractal visualization, design, graphics, painting, architecture, cinema, VR, light installations.

Традиционные визуальные искусства: живопись, графика, дизайн, архитектура, кино – именно сейчас переживают этап обновления, связанный с новыми цифровыми технологиями, и, как следствие, с появлением новых для традиционных искусств форм визуализации.

## Обзор предметной области

Исторически визуальные искусства дополнялись новыми технологиями и формами примерно в такой последовательности.

Сначала появилась цифровая фотография [2], затем цифровое кино [3] и компьютерная графика [4] (рис. 1), потом 3D графика [5,6] и кино [7], стереоизображе-

ния и кино [8,9], голограммические изображения и кино [10,11,12,13] (рис. 2,3), виртуальная [14] (рис.4) реальность (VR), световые и смешанные инсталляции.

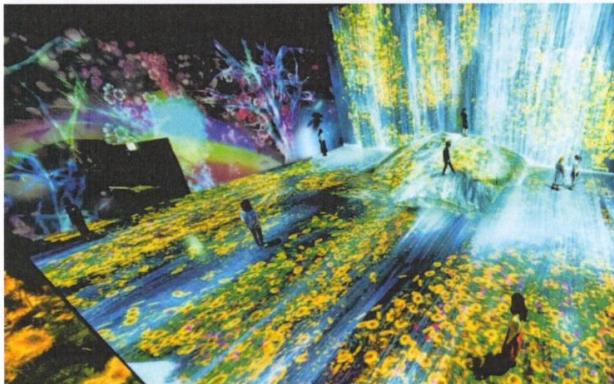


Рис. 1. В Токио представлена самая крупная цифровая выставка [6], 2018 год

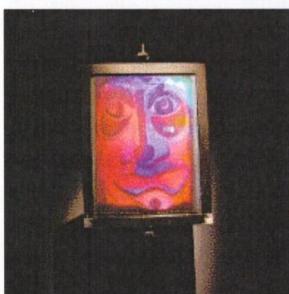


Рис. 2. Голограммическое визуальное искусство [9], 2014 год



Рис. 3. В.Г. Комар, НИКФИ, 2010 год. Цветной голограммический экран [10]



Рис. 4. Без дополнительных устройств для глаз восприятие виртуального искусства невозможно [14], 2018 год

Последние достижения в области художественной голограммии [11] связаны с созданием оптоклонов для ультрареалистичных полноцветных голограмм. Создаваемые ими изображения объектов практически неотличимы от самих оригиналов. Эту технологию разработали на основе комплексных исследований, включаяющих в себя новые фотoreгистрирующие среды, новые оптические компоненты лазерных RGB-систем и специальные светодиодные устройства с управляемым спектром. Результатами таких научно-исследовательских работ стали: голограммические фотопластины со стабильно высокими качественными показателями; мобильные

голограммические камеры, приспособленные для работы непосредственно в музеиных помещениях; возможность индивидуальной настройки осветителей для каждого создаваемого оптоклона.

VR-искусство в настоящее время по большей части представляет собой перенос привычных художественных произведений в виртуальную реальность. Например, это VR-кинематограф или VR-живопись, т.е. отчасти «виар» служит лишь инструментом для других видов искусств [14]. Отличительная черта VR-живописи – это чаще всего трёхмерность изображения, анимация, а также дополнительные эффекты, например, музыкальный ряд, помогающий ещё сильнее прочувствовать красоту того или иного произведения искусства.

Недавно в искусстве, как новые инструменты, начали применяться нейросети и искусственный интеллект, с помощью которых стали обрабатывать изображения и видео. Программисты начали писать программы, обрабатывающие изображения по их собственным алгоритмам на основании поставленной ими же самими задачи.

Математика (фрактальная) также внесла свой вклад в создание таких направлений, как математическая (фрактальная) графика, живопись, кино и архитектура.

Рассмотрим новые направления и инструменты визуализации (с помощью искусственного интеллекта (нейросети), программистские и математические) более подробно.

### Цифровые технологии для создания изображений

Использовать компьютер при создании изображения можно по-разному: можно просто рисовать на компьютере, можно использовать различные нейросети, а можно программировать, решая различные задачи традиционного художника.

### Нейросети, как новые инструменты цифрового художника

Существует несколько типов нейросетей для визуализации. Они могут решать различные задачи:

1. Нейросеть-синтезатор может синтезировать абстрактные изображения с учётом психо-эмоционального состояния цифрового художника [15] (рис. 5).

2. Нейросеть-стилизатор может стилизовать базовое изображение. Базовыми изображениями могут быть файлы: фото, модифицированных на компьютере фото, компьютерных рисунков, отсканированных «ручных» рисунков, фракталы, модифицированные фракталы. Короче, любой графический файл. Именно базовый файл определяет содержание художественного произведения. Стилизующим изображением может быть любое другое



Рис. 5. Синтез нейросетью абстрактных изображений. Результаты работы креативной состязательной нейросети (CAN) [15,16]

изображение, например, картина известного или неизвестного художника (рис. 6). Именно стилизующее изображение будет задавать стиль базовому изображению. Если вы хотите создать свой стиль, нужно разработать файл этого стилизующего изображения.

3. Нейросеть-постобработчик может масштабировать (увеличивать) и корректировать (убирать «шум») полученных изображений.

#### Нейросеть – синтезатор

Уже есть нейросети, имитирующие создание абстрактных изображений, однако трудно утверждать, что произведения искусственного интеллекта имеют хотя бы какую-нибудь самостоятельную эстетическую ценность [15,16]. На (рис. 5а,б) изображены результаты работы такой нейросети-синтезатора.



Рис. 6. Пример использования нейросети при создании стилизованного изображения:  
а – исходное изображение (база); б – художественный стиль (картина) или текстура мазков художника; в – результат стилизации нейросетью

В области живописи второй тип нейросетей – нейросети-стилизаторы умеют применять стили различных известных художников к любым изображениям – рисункам или фотографиям. Однако, если в результате такой обработки и возникает что-то эстетически значимое, «соавтором» такого «произведения искусства» всё равно является человек. Рассмотрим подробнее, как работают нейросети-стилизаторы.

#### Нейросеть-стилизатор. Объяснение алгоритма

**Алгоритм** стилизует изображения с использованием CNN (свёрточной нейронной сети) [17]. Нейронная сеть обучается заранее, и при стилизации изображений её дальнейшее обучение не проводится. Подробное описание алгоритма дано в [18].

Не вдаваясь в подробности: математику и программирование, суть работы алгоритма нейросети-стилизатора можно объяснить с помощью рис. 6 и 7:

- сначала нейросеть с каждым вычисляемым слоем упрощает оба изображения (и базовое, и стилизующее), убирая мелкие детали, выявляя существенные признаки, по сути, сводя их к крупноблоковым «векторным» изображениям (рис. 7а,б);

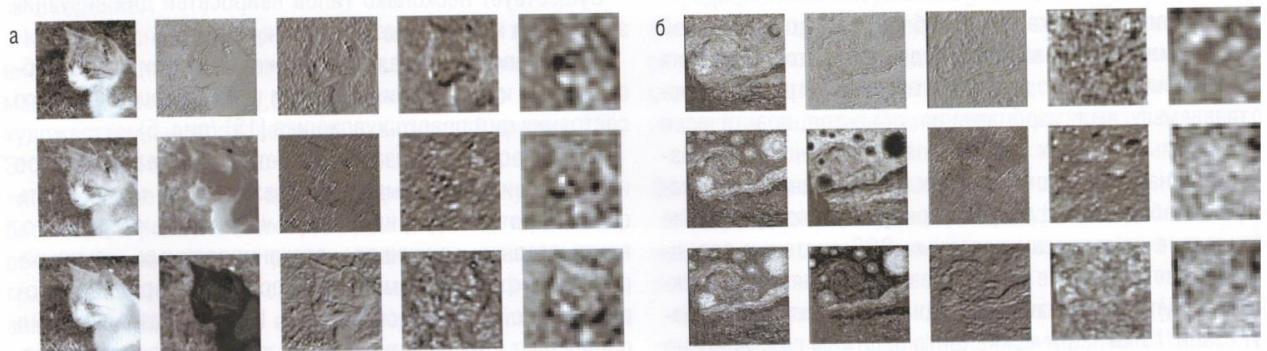


Рис. 7. Этапы представлений нейросетью-стилизатором базового (а) и стилевого (б) изображений

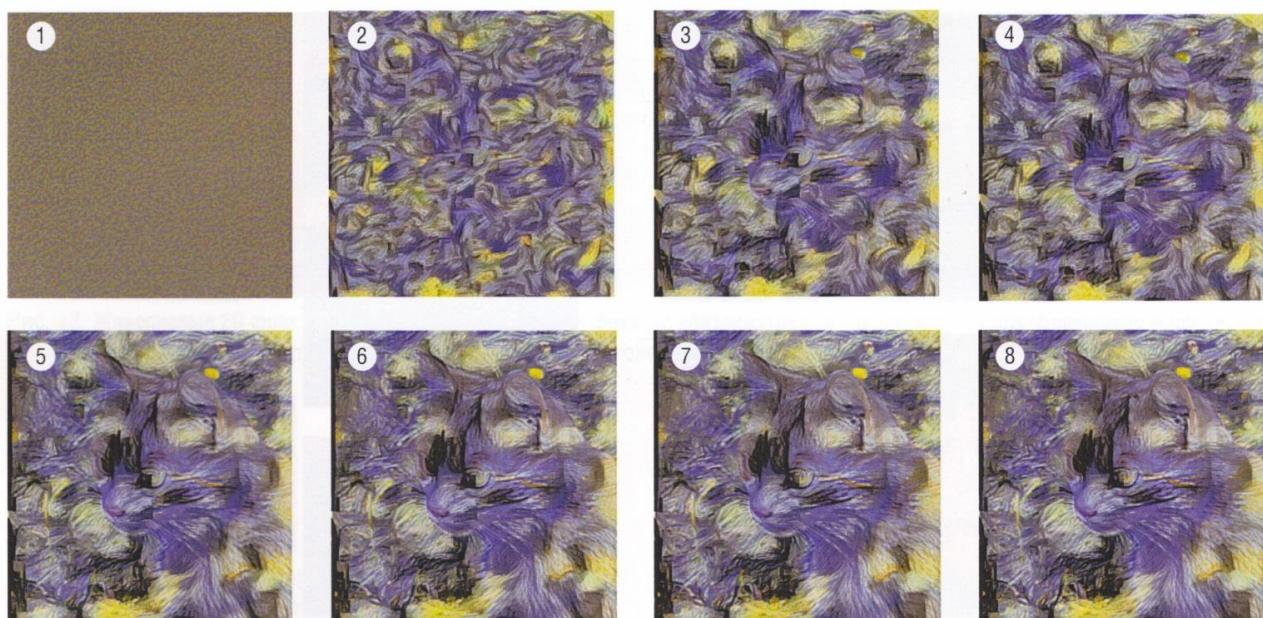


Рис. 8. Пошаговая визуализация совмещений базового и стилизующего изображений

• затем, в обратном порядке до некоторого слоя, результаты для базового и стилизующего изображений «матрично» суммируются (как бы полупрозрачные изображения слоёв накладываются друг на друга). В результате чего новое изображение имеет признаки и базового, и стилевого. От того, на каком промежуточном скрытом слое нейросети остановить наложение, получается различная степень детализации результирующего изображения.

«Суммирование» (наложение) слоёв базового и стилизующего изображений из различных слоёв нейросети продемонстрировано на рис. 8. В рассматриваемом примере в качестве базового изображения был файл фотографии кота, а в качестве стилизующего изображения – картина Ван Гога.

В качестве как базового, так и стилизующего изображений могут быть не только фотографии, но и чёрно-белые и цветные рисунки, компьютерная графика, в том числе и 3D, фракталы и смешанные изображения из всех видов цифровой визуализации. А это огромное количество стилевых вариантов – «непаханная земля» для цифрового художника.

В качестве второго примера творческого поиска (а иногда и творческого «хулиганства») можно продемонстрировать эксперимент, когда за базовое изображение был взят компьютерный рисунок автора (рис. 9а), а стилизующим изображением – фрактал (рис. 9б). Нейросеть-стилизатор после вычислений выдала результат, показанный на рис. 9в.

Рассмотрим третью технологию создания изображения, основанную на модификации изображения с помощью программной обработки, имитирующей работу традиционного художника.

#### Технология программной обработки изображений

Для этой технологии, как и для нейросети-стилизатора, должно существовать некоторое базовое изображение. В

качестве базового (первоначального) изображения было взято изображение (рис. 10а), полученное в результате наложения слоёв с изображениями (рис. 9а и рис. 9б) и обесцвечиванием в верхнем слое некоторых частей изображения (рис. 9б).



Рис. 9. Эксперимент для нейросети-стилизатора: а – базовое изображение – компьютерная графика; б – стилизующее изображение – фрактал; в – новое изображение, полученное с помощью нейросети-стилизатора

Далее цифровым художником в программе выбирается уже разработанный программистом стиль живописи художника (поэтапность создания картины (первичный слой, грубая проработка крупной кистью изображения, проработка средними кистями и проработка мелкими кистями и сами кисти)). И программа запускается на счёт.

На рис. 10 представлены результаты компьютерного «письма» картины на различных этапах работы программы: а – исходное изображение, б – результат программирования «прохода» крупными кистями (рис. 11а), в – результат программирования «прохода» средними кистями (рис. 11б), г – результат программирования «прохода» мелкими кистями (рис. 11в), д – «ручная» работа с цветом, материалами – выдавливание и



Рис. 10. Этапы программирования картины в стиле художника

процарапывание масляной краски, «проявление» холста (рис. 11д), е – работа с дополнительными эффектами (проявление теней, освещение и затемнение различных программных слоёв, и т.д.).

На рис. 11 показаны кисти (а – крупные, б – средние и в – мелкие), применённые в эксперименте (рис. 10). На рис. 11г – при увеличении продемонстрировано «проявление» живописного холста, на рис. 11д – выдавливание и процарапывание масляной краски, работа с цветом и проявление теней, освещение и затемнение различных программных слоёв.

На рис. 12 показаны результаты программирования в других стилях: 12а – портрет в старинном стиле, 12б – портрет в стиле Климта, 12в – портрет в стиле Кандинского.

Как видно, третья рассматриваемая цифровая технология может быть применена как к результатам работы нейросетей-стилизаторов, так и к изображениям, полученным любым другим способом, главное, чтобы эта картинка была представлена графическим файлом.

### Технология фрактальной визуализации

В цифровых визуальных технологиях, помимо нейросетевых и программистских технологий, есть математические, а точнее, фрактальные технологии создания изображений, над которыми автор работает много лет [19-24]. Эксперименты проводятся как для статических, так и для динамических (для арт-видео и кино) изображений.

Результаты первых экспериментов сводились к созданию фракталов и мультифракталов, вычисление которых давало 2D изображение, хоть сколько-нибудь похожее на некоторый существующий в реальности образ. Так были получены первые живописные 2D фракталы, изображён-

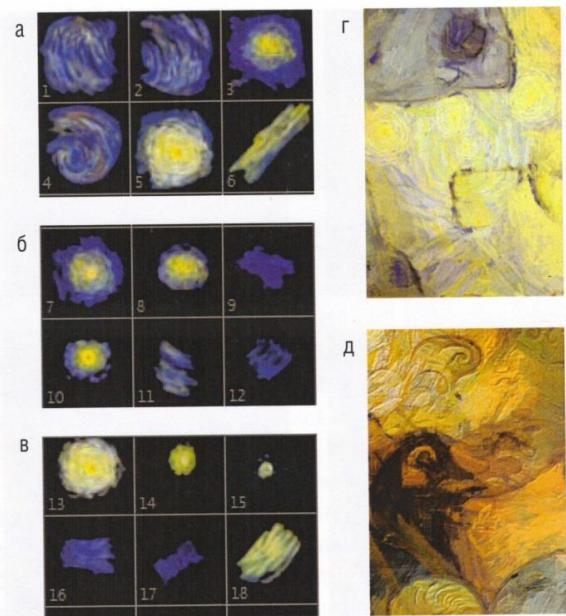


Рис. 11. Кисти стиля, холст и объёмный мазок кистей:  
а – крупные кисти, б – средние кисти, в – мелкие кисти,  
г – «прорисовка» холста, д – создание 3D объёма у  
мазков картины



Рис. 12. Результаты программирования стилей: а – портрет в старинном стиле, б – портрет в стиле Климта, в – портрет в стиле Кандинского

ные на рис. 13: а – фрактал «Икона», б – фрактал «Автопортрет», в – фрактал «Пейзаж «Бирюзовое море»», г – фрактал «Пьеро», д – фрактал «Эльф», е – фрактал «Безголовое войско».

Другие фракталы можно увидеть на сайте автора [25].

После первых математических экспериментов с двумерными, плоскими фракталами всталась задача поиска 3D фракталов, опять же похожих на некоторые реальные объекты для картин, базовых файлов для нейросетей и фрактальных арт-видео и фильмов. В основу синтеза таких объектов лёг компьютерный фрактальный синтез на основе фрактала Мандельброта [26] в программе Mandelbulb3D [27].

Так, автором для фрактального экспериментального видео 2015 года «Память о войне» был найден мультифрактал (состоящий из нескольких фракталов), условно названный «Убитый город» (рис. 14а), а для фрактального фильма 2016 года «Второй полёт над Серой планетой» – мультифрактал «Серая Планета» (рис. 14б).



Рис. 13. Живописные 2D фракталы: а - фрактал «Икона», б - фрактал «Автопортрет», в - фрактал «Пейзаж «Бирюзовое море», г - фрактал «Пьеро», д - фрактал «Эльф», е - фрактал «Безголовое войско»



Рис. 14: а - исходный мультифрактал для фракタルного фильма «Память о войне» (Н. Трубочкина, 2015); б - мультифрактал для фракタルного фильма «Второй полёт над Серой планетой» (Н. Трубочкина, 2016)

Была разработана **методика синтеза 3D визуализаций фрактальных объектов с заданными свойствами для кинематографа**. Методика основана на разработке классов мультифракталов с определёнными свойствами. Автором были созданы мультифракталы, относящиеся к классам: ландшафты, города, дома, интерьеры, технические объекты, растения, животные. На рис. 15 показаны примеры классов ландшафты (а) и города (б).

Технология синтеза мультифрактала с заданным художественным образом достаточно сложна, так как требует не только умения работы в среде разработки мультифракталов Mandelbulb3D [26], но и знаний по фрактальной математике и, в принципе, это тема для отдельной статьи.

### Заключение

На основе обзора и анализа предметной области в качестве новых инструментов цифрового художника в статье предложены следующие цифровые технологии создания изображений:

- Создание абстрактных изображений с помощью нейросети без входного изображения, на основе психо-эмоционального состояния художника.
- Создание изображений с помощью нейросети – стилизатора, на входе которой есть базовое изображение и файл стилизации (картина художника, файл текстуры, другое изображение).
- Технология программной стилизации и обработки изображений.
- Технология фрактальной визуализации.

Описанные технологии и разработанные алгоритмы могут быть полезны цифровым художникам следующих творческих направлений: дизайн, графика, живопись, архитектура, кинематограф, VR, световые инсталляции. ■



Рис. 15. Сгенерированные мультифракталы, относящиеся к классам: а - ландшафты и б - города

### ЛИТЕРАТУРА

- <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE> – Определение цифрового искусства.
- [https://www.takefoto.ru/articles/teoriya\\_fotografii](https://www.takefoto.ru/articles/teoriya_fotografii) – Всё о цифровой фотографии.
- <http://lib.broadcasting.ru/articles2/Oborandteh/nikonorov> – Иван Никоноров. Цифровой кинематограф.
- Селезнёв А.Е. Компьютерная графика в создании художественного образа в современных произведениях искусства. Вестник Вятского государственного университета. 2011. С. 204–207.
- <http://www.cablook.com/design-art/iskusstvo-posle-interneta/> – Журнал «Искусство после Интернета».
- Искусство и технологии: в Токио представлена самая крупная цифровая выставка. <https://robo-hunter.com/news/iskusstvo-i-tehnologii-v-tokio-predstavlena-samaya-krupnaya-cifrovaya-vystavka12118@robo-hunter.com>
- Открываем 3D кинотеатр <https://sound-design.kiev.ua/a243668-otkryvaem-kinoteatr-shag.html>
- Иванов Б.Т. «Новый вид кино», Журнал «Природа» №5, 1941.
- Рожков С.Н. «Лавры Кино» Декабрь 2014 – Январь 2015, с. 75.
- Комар В.Г., Сон Д.Ю., Семин М.С., Майоров В.П., Сабо С.А., Беляев С.В., Балынский Л.М., Крутик М.И., Любич О.А., Котляр В.Л., Лапотенко В.Е.. Трёхмерная многоракурсная безочковая цветная телевизионная система с голограммическим экраном. «ВИДЕОСКАН». <http://videoscan.ru/page/689>.
- Голограммы. Новый инструмент искусства. <http://axiart.ru/hologram-magic-of-light/>
- Christina Krets. Когда голограммы войдут в повседневную жизнь, 2017, <https://vc.ru/future/26828-kogda-hologrammy-voydut-v-povsednevnuyu-zhizn>
- <https://eightbyten.pro/golograficheskoe-kino/> Голограммическое кино. Технологии будущего из прошлого.
- Mихеев Олег. Виртуальная реальность как новый вид искусства, 2018. <https://hype.ru/@id103/virtualnaya-realnost-kak-novyj-vid-iskusstva-lnyeq4>

15. Нейросеть научили создавать оригинальные произведения искусства, 2017. <https://nplus1.ru/news/2017/07/05/creative-adversarial-network>
16. Ahmed Elgammal, Bingchen Liu, Mohamed Elhoseiny, Marian Mazzone. CAN: Creative Adversarial Networks, Generating «Art» by Learning About Stylesand Deviating from Style Norms. Cornell University, 2017. <https://arxiv.org/abs/1706.07068>
17. Deep Neural Network を使って画像を好きな画風に変換できるプログラムを Chainerで実装し、公開しました. <https://research.preferred.jp/2015/09/chainer-gogh/> (<https://github.com/mattyachainer-gogh> - ( код нейросети))
18. Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker, Matthias Bethge. A Neural Algorithm of Artistic Style. arXiv:1508.06576v2 [cs.CV] 2 Sep 2015 <https://arxiv.org/pdf/1508.06576.pdf>
19. Трубочкина Н.К. От фрактальных динамических арт-объектов к фрактальным фильмам / В кн.: Инновационные технологии в кинематографе и образовании. М.: ВГИК, 2016. С. 165–176.
20. Трубочкина Н.К. Технология создания полнометражных 2D и 3D фильмов с использованием фрактальных слоёв / Мир техники кино. 2016–4(10). С. 21–29.
21. Трубочкина Н.К., Кондратьев Н.В. Перспективы развития трёхмерного кино без очков с использованием фрактальной графики / В кн.: Инновационные технологии в кинематографе и образовании: II Международная научно-практическая конференция, Москва, 21–25 сентября 2015 г.: Материалы и доклады. – М.: ВГИК, 2015. М.: ВГИК, 2015. С. 60–69.
22. Трубочкина Н.К., Кондратьев Н.В. Создание фрактальных статических и динамических изображений для автостереоскопических систем. / Мир техники кино. 2015–3(9). С. 6–16.
23. Трубочкина Н.К., Лиховцева А.В. Технология фрактальной 3D визуализации. / В кн.: Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: VII Международная научно-практическая конференция, Москва, 23–25 апреля 2015 г.: Материалы и доклады. М.: ВГИК, 2015. Гл. 11. С. 99–113.
24. Трубочкина Н.К., Лиховцева А.В. Фрактальные графические образы – новые возможности для кино и телевидения / Мир техники кино. 2015–4(9). С. 10–17.
25. [http://nadin.miem.edu.ru/article\\_001\\_04.html](http://nadin.miem.edu.ru/article_001_04.html) статья о фракталах автора.
26. Бенуа Б. Мандельброт «Фракталы и хаос. Множество Мандельброта и другие чудеса» ISBN: 978-5-93972-772-3. 2009. Издательство: Регулярная и хаотическая динамика.
27. <http://www.fractalforums.com/index.php?action=downloads>- программа Mandelbuld3D.
28. <https://robo-hunter.com/news/iskusstvo-i-tehnologii-v-tokio-predstavlena-samaya-krupnaya-cifrovaya-vistavka12118/> © robo-hunter.com
29. Otkryvaem 3D kinoteatr <https://sound-design.kiev.ua/a243668-otkryvaem-kinoteatr-shag.html>
30. Ivanov B.T. «Novyj vid kino», ZHurnal «Priroda» №5, 1941.
31. Rozhkov S.N. «Lavry Kino» Dekabr' 2014 – YAnvar' 2015, s. 75.
32. V.G. Komar, D.YU. Son, M.S. Semin, V.P. Majorov, S.A. Sabo, S.V. Belyaev, L.M. Balyasnyj, M.I. Krutik, O.A. Lyubich, V.L. Kotlyar, V.E. Lapotenko. Trekhmernaya mnogorakursnaya bezochkovaya cvetnaya televizionnaya sistema s holograficheskim ekransom. "VIDEOSCAN". <http://videoscan.ru/page/689>
33. Gologrammy. Novyj instrument iskusstva. <http://axiart.ru/hologram-magic-of-light/>
34. Christina Krets. Kogda gologrammy vojdut v povsednevnuyu zhizn', 2017, <https://vc.ru/future/26828-kogda-gologrammy-vojdut-v-povsednevnuyu-zhizn>
35. <https://eightbyten.pro/gograficheskoe-kino/> Gograficheskoe kino. Tekhnologii budushchego iz proshloga.
36. Oleg Miheev. Virtual'naya real'nost' kak novyj vid iskusstva. 2018. <https://hype.ru/@id103/virtualnaya-realnost-kak-novyj-vid-iskusstva-innybeq4>
37. Nejroset' nauchilisozdavat' original'nye proizvedeniya iskusstva, 2017. <https://nplus1.ru/news/2017/07/05/creative-adversarial-network>
38. Ahmed Elgammal, Bingchen Liu, Mohamed Elhoseiny, Marian Mazzone. CAN: Creative Adversarial Networks, Generating «Art» by Learning About Stylesand Deviating from Style Norms. Cornell University, 2017. <https://arxiv.org/abs/1706.07068>
39. Deep Neural Network を使って画像を好きな画風に変換できるプログラムを Chainerで実装し、公開しました. <https://research.preferred.jp/2015/09/chainer-gogh/> (<https://github.com/mattyachainer-gogh> - ( код nejroseti))
40. Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker, Matthias Bethge. A Neural Algorithm of Artistic Style. arXiv:1508.06576v2 [cs.CV] 2 Sep 2015 <https://arxiv.org/pdf/1508.06576.pdf>
41. Trubochkina N.K. Ot fraktal'nyh dinamicheskikh art-ob'ektorov k fraktal'nym fil'mam / V kn.: Innovacionnye tekhnologii v kinematografie i obrazovanii. M.: VGIK, 2016. S. 165–176.
42. Trubochkina N.K. Tekhnologiya sozdaniya polnometrazhnyh 2D i 3D fil'mov s ispol'zovaniem fraktal'nyh sloyov / Mir tekhniki kino. 2016–4(10). S. 21–29.
43. Trubochkina N.K., Kondrat'ev N. V. Perspektivnye razvitiya tryohmernogo kino bez ochkov s ispol'zovaniem fraktal'noj grafiki / V kn.: Innovacionnye tekhnologii v kinematografie i obrazovanii: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Moskva, 21–25 sentyabrya 2015 g.: Materialy i doklady. – M.: VGIK, 2015. M.: VGIK, 2015. S. 60–69.
44. Trubochkina N.K., Kondrat'ev N.V. Sozdanie fraktal'nyh staticheskih i dinamicheskikh izobrazhenij dlya avtostereoskopicheskikh sistem. / Mir tekhniki kino. 2015–3(9). S. 6–16.
45. Trubochkina N.K., Lihovceva A.V. Tekhnologiya fraktal'noj 3D-vizualizacii. / V kn.: Zapis' i vosproizvedenie ob'yomnyh izobrazhenij v kinematografie i drugih oblastyah: VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Moskva, 23–25 aprelya 2015. Materialy i doklady. M.: VGIK, 2015. Gl. 11. S. 99–113.
46. Trubochkina N.K., Lihovceva A.V. Fraktal'nye graficheskie obrazy – novye vozmozhnosti dlya kino i televideniya / Mir tekhniki kino. 2015–4(9). S. 10–17.
47. [http://nadin.miem.edu.ru/article\\_001\\_04.html](http://nadin.miem.edu.ru/article_001_04.html) stat'i o fraktalah avtora.
48. Benua B. Mandel'brot «Fraktaly i haos. Mnozhestvo Mandel'borta i drugie chudesa» ISBN: 978-5-93972-772-3. 2009. Izdatel'stvo: Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika.
49. <http://www.fractalforums.com/index.php?action=downloads>- programma Mandelbuld3D.

## REFERENCES

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE> – Opredelenie cifrovogo iskusstva.
2. [https://www.takefoto.ru/articles/teoriya\\_fotografii\\_Vse\\_o\\_cifrovoj\\_fotografi](https://www.takefoto.ru/articles/teoriya_fotografii_Vse_o_cifrovoj_fotografi).
3. [http://lib.broadcasting.ru/articles/2/Oborandteh/nikanorov\\_Ivan\\_Nikanorov](http://lib.broadcasting.ru/articles/2/Oborandteh/nikanorov_Ivan_Nikanorov). Cifrovoj kinematograf.
4. Seleznev A.E. Komp'yuternaya grafika v sozdaniu hudozhestvennogo obraza v sovremenennyh proizvedeniyakh iskusstva. Vestnik Vyatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. S. 204–207.
5. [http://www.cablook.com/design-art/iskusstvo-posle-interneta\\_ZHurnal\\_«Iskusstvo posle Interneta»](http://www.cablook.com/design-art/iskusstvo-posle-interneta_ZHurnal_«Iskusstvo posle Interneta»).
6. Iskusstvo i tekhnologii: v Tokio predstavlena samaya krupnaya cifrovaya