|  |
| --- |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное  учреждение высшего образования  Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова |

Физический факультет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**(межфакультетского учебного курса)**

**От Леонардо до нейронных сетей. Визуализация потоков в естественных науках и живописи**

**From Leonardo to neural networks. Visualization of flows in natural sciences and painting**

*наименование дисциплины*

**Уровень высшего образования:** бакалавриат, магистратура, специалитет

**Направление подготовки:** все направления

*(код и название направления)*

**Профиль (направленность) ОПОП:** все

*(название направленности)*

Форма обучения: очная

**Автор:** д.ф-м.н, профессор, Знаменская И.А.

к.ф-м- н., научный сотрудник, Дорощенко И.А.

Москва 2023

**1. Цель освоения дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины:**

**Дисциплина направлена на формирование у студента компетенций:**

**– владение методологией научных исследований в естественных и гуманитарных науках с применением методов искусственного интеллекта;**

**– умение, используя междисциплинарные системные связи наук, самостоятельно выделять и решать основные проблемы с целью планирования устойчивого развития;**

**– владение системой современных знаний в области научной визуализации в объёме, необходимом для успешной профессиональной деятельности и возможности образования в течение всей жизни.**

**2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:**

**Дисциплина «От Леонардо до нейронных сетей. Визуализация потоков в естественных науках и живописи.» относится к вариативной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования по всем направлениям бакалавриата и магистратуры МГУ имени М.В. Ломоносова.**

**Период – 1 (один) семестр обучения.**

**3. Объем дисциплины составляет:**

**Объем дисциплины – 1 з.е. / 36 часов, из которых 24 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (24 часов – занятия лекционного типа), 12 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.**

**Вид промежуточной аттестации – зачет.**

**4. Тематический план: структура дисциплины по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в соответствии с учебным планом)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование**  **разделов и тем дисциплины,**  **Форма промежуточной**  **аттестации по дисциплине** | **Номинальные трудозатраты**  **обучающегося** | | | **Всего академических часов** | **Форма текущего контроля успеваемости[[1]](#footnote-1) \*** |
| **Контактная работа  (работа во взаимодействии с преподавателем)**  **Виды контактной работы, академические часы** | | **Самостоя-тельная**  **работа**  **обучаю-**  **щегося,**  **академи-**  **ческие**  **часы** |
| **Занятия**  **лекционного**  **типа** | **Занятия**  **семинарского**  **типа / (в**  **интерактивной форме)** |
| Тема 1. История развития методов и технологий визуализации потоков от рисунков до цифры. | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 2. Оптические явления, используемые при визуализации потоков. Методы визуализации движущихся прозрачных сред Большие данные. | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 3. Компьютерное зрение, машинное обучение, нейронные сети. | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 4. Реконструкция и визуализации потоков с рисунков Леонардо на основе численного моделирования | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 5. Изображения потоков в живописи и естественных науках. Параметры, примеры. | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 6. Построение 2D изображений потоков с помощью нейросетей. | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 7. 3D анимации потоков с помощью нейросетей. | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 8. Использование методов компьютерного зрения в анализе потоков. | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 9. Упрощенные уравнения движения среды – наука и имитация в визуализации потоков. | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 10. Распознавание изображений с помощью машинного обучения. | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 11. Нейронная передача стиля (NST) популярных художников. | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 12. Демонстрационные занятия (примеры использования ИИ) | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Промежуточная аттестация:  **Зачет** |  |  |  |  | ПК, КО, П |
| **Итого** | **24** | **-** | **12** | **36** |  |

**5. Содержание разделов, тем дисциплины: краткое содержание дисциплины (темы** **межфакультетского учебного курса):**

**Раздел I.**

**Фундаментальные понятия, явления и принципы**

1. История развития методов и технологий визуализации потоков от рисунков до цифры. Изображения в живописи и естественных науках.
2. Элементы структуры потоков в механике, физике, в астрономии, медицине, биологии. Течения в атмосфере, реках, каналах, трубах, капиллярах, сосудах.

**Раздел II.**

**Основы методов и технологий визуализации потоков**

3. Компьютерное зрение, машинное обучение, нейронные сети. Основные понятия. Машинное зрение, глубокое обучение, искусственный интеллект при анализе изображений и анимаций.

4. Нейронные сети. ПО, примеры использования при анализе больших данных в анализе потоков. Применение в живописи и анализе изображений потоков.

5. Методы и технологий визуализации потоков: от рисунков до высокоскоростных камер с программным обеспечением. Конкуренция технологий и живописи за релистичное изображение движения с 19 века до наших дней.

**Раздел III.**

**Численное моделирование и визуализация результатов.**

6. Численное моделирование и визуализация движения потоков жидкости, газа. Основные рассчитываемые и визуализируемые параметры в двумерном и трехмерном представлении. Построение 2D изображений потоков с помощью нейросетей. 3D анимации потоков с помощью нейросетей.

7. Реконструкция и трехмерная визуализации потоков на рисунках Леонардо да Винчи на основе численного моделирования. Упрощенные уравнения движения среды – наука и имитация в визуализации потоков

**Раздел IV.**

**Применение оптических методов для визуализации потоков прозрачных сред.**

8. Свет как электромагнитная волна. Видимый свет в шкала электромагнитных волн. Свойства света, позволяющие визуализировать объекты и потоки. Преломление рефракция, рассеяние, поглощение света. Цифровые методы визуализации движущихся прозрачных сред и их физическая основа.

9.Оптические приборы, используемые для получения и регистрации изображений в микро и в мегамире. Использование методов компьютерного зрения в анализе потоков. Распознавание изображений с помощью машинного обучения.

.

**Раздел V.**

**Искусственный интеллект в изображениях потоков.**

1. Картины, созданные искусственным интеллектом. Применение ИИ в различных направлениях, связанных с изобразительным искусством.
2. Нейронная передача стиля (NST) популярных художников.

**12.Демонстрационные занятия (6 часов)**

Наиболее заинтересованные слушатели МФК смогут провести некоторые простейшие практические работы по использованию Python для цифрового анализа изображений потоков (классификация, распознавание структур, сегментация и др.).

**6. Перечень вопросов для подготовки к зачету.**

1. Определить и описать предлагаемое изображение (картины), сфотографировав его и используя программы ИИ.
2. Перечислить свойства света, благодаря которым мы можем увидеть потоки газа жидкости плазмы.
3. Какие программы ИИ есть в телефоне
4. Длина волны видимого света.
5. Изображение какого параметра регистрирует тепловизор.
6. Как называются уравнения описывающие движения сплошной среды (жидкость газ)
7. Какие программы ИИ позволяют выделить элементы изображения
8. В каких известных картинах допущены неточности изображений жидкости.
9. Что такое турбулентность, и кто впервые ее описал и изобразил.
10. Какие параметры визуализируется на изображениях потока газа в эксперименте и в численном моделировании.
11. Что такое ударная волна и как ее увидеть
12. ИИ в прогнозировании движения потоков в геофизике и метеорологии.
13. Схема CNN (сверточной нейронной сети)
14. С какой скоростью и экспозицией можно снять поток телефоном/цифровой камерой
15. Какие элементы в высокоскоростном потоке газа может распознать ИИ
16. Что такое нейросеть.
17. Основные компоненты компьютерного зрения.
18. Сделать фото любого потока жидкости и стилизовать изображение под Ван Гога.
19. Заменят ли нейросети художников?
20. Преимущества и недостатки изобразительных ИИ-алгоритмов
21. Что такое нейронная передача стиля (NST)
22. Какие методы используются при визуализации потоков жидкости газа плазмы.
23. Применение ИИ в различных направлениях, связанных с изобразительным искусством.

**7. Ресурсное обеспечение: перечень основной и дополнительной литературы**

**Основная литература:**

1. Волков К.Н., “Визуализация данных физического и математического моделирования в газовой динамике” Москва : Физматлит, 2018. - 356 с.
2. Рейнхард Клетте: Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы. 2019. 506 с. ISBN: 978-5-97060-702-2.
3. Знаменская И.А. Методы панорамной визуализации и цифрового анализа теплофизических полей. Обзор. Научная визуализация, 2021, т. 13, 3. DOI: 10.26583/sv.13.3.13.
4. Ван-Дайк М. Альбом течений жидкости и газа. М., Мир, 1986
5. Соколова Е.И. Искусственный интеллект и искусство.   
   [Научные труды Санкт-Петербургской академии художеств](https://elibrary.ru/contents.asp?id=48000049). 2021. [№ 59](https://elibrary.ru/contents.asp?id=48000049&selid=48000065). С. 242-247.
6. М.Н. Афасижев. Изобразительное искусство и наука. Москва. ГИИ. 2002.
7. Himanshu Singh. Practical Machine Learning and Image Processing. Apress. 2019.  
   ISBN: 978-1-4842-4149-3.
8. Da Vinci's observation of turbulence: A French-Italian study aiming at numerically reproducing the physics behind one of his drawings, 500 years later. *Physics of Fluids* 33, 115122 (2021)

**Дополнительная литература:**

1. Э.Гомбрих. Тени в западном искусстве. Издательство Альпина нон-фикшн. [2019](https://www.bookvoed.ru/books?yearMin=2019&yearMax=2019) г., 88 с. 3000 экз.
2. Результаты количественного анализа высокоскоростной теневой съемки течений в ударной трубе при помощи машинного зрения и обучения / И. А. Знаменская, И. А. Дорощенко, Н. Н. Сысоев, Д. И. Татаренкова // Доклады Академии наук. — 2021. — Т. 497, № 1. — С. 16–20.
3. G. S. Settles. Schlieren and Shadowgraph Techniques. Visualizing Phenomena in Transparent Media. 2001. P. 376. ISBN: 978-3-540-66155-9
4. Sandipan Dey. Hands-On Image Processing with Python. Pact Publishing. 2019. ISBN-10: 1789343739.
5. OpenCV: OpenCV-Python Tutorials. Электронный ресурс: <https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html>
6. High-speed flow structures detection and tracking in multiple shadow images with matching to cfd using convolutional neural networks / I. A. Doroshchenko, I. A. Znamenskaya, N. N. Sysoev, A. E. Lutsky // Научная визуализация. — 2022. — Vol. 14, no. 4. — P. 1–11. [ [DOI](http://dx.doi.org/10.26583/sv.14.4.01) ]

.

**8. Преподаватели дисциплины:**

Преподаватели физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова (кафедра молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества):

Знаменская Ирина Александровна (ответственный лектор), д.ф.-м.н., профессор;

Дорощенко Игорь Александрович, к.ф.-м.н., научный сотрудник.

1. Формы текущего контроля успеваемости – это: проверка конспектов лекций и первоисточников (статьи, монографии, учебника, книги и пр.) (ПК); контрольный (устный / письменный) опрос (КО); презентация доклада, выступления, реферата (П); Формы текущего контроля успеваемости по некоторым темам дисциплины сопровождаются устными индивидуальными выступлениями (В) и групповой дискуссией (обсуждение противоречивых, проблемных тем и вопросов) обучающихся (Д). [↑](#footnote-ref-1)