

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила
Канта»
Высшая школа компьютерных наук и прикладной математики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Компьютерная графика»

Шифр: 01.03.02

Направление подготовки: «Прикладная математика и информатика»

Профиль: «Искусственный интеллект и анализ данных»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Калининград
2023

Лист согласования

Составители:

1. Верещагин Сергей Дмитриевич, к. ф.-м.н., доцент
2. Верещагин Михаил Дмитриевич, к. ф.-м.н., доцент
3. Мищук Богдан Ростиславович, к. ф.-м.н., доцент

Рабочая программа утверждена на заседании
Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 4 от «24» января 2023 г.

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий»

Профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Юров

Руководитель ОПОП ВО

Е.П. Ставицкая

Содержание

1. Наименование дисциплины «Компьютерная графика».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Компьютерная графика».

Целью курса «Компьютерная графика» - изучение современных программных моделей как инструмента для решения научно-исследовательских и практических задач в профессиональной области.

В курсе дается широкий обзор основных понятий компьютерной графики и обработки изображений. Рассматриваются разделы двумерной (2D) и трехмерной (3D) графики.

Разделы обработки и представления изображений включают: теорию цвета, квантование, псевдотонирование, растровое преобразование линий и многоугольников. Разделы трехмерной графики включают: преобразования на плоскости и в пространстве, представление кривых и поверхностей, анимацию, моделирование и видовые преобразования, алгоритмы удаления невидимых поверхностей, модели отражения и алгоритмы освещения. Вторая часть курса строится на базе пакета OpenGL.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-9. Способен создавать и внедрять одну или несколько сквозных цифровых субтехнологий искусственного интеллекта	ПК-9.1. Участвует в реализации проектов в области сквозной цифровой субтехнологии «Компьютерное зрение»	Знать основные современные математические модели и алгоритмы компьютерной графики Знать основные алгоритмы компьютерной графики реального времени Уметь разрабатывать алгоритмы и программные системы для синтеза изображений Уметь разрабатывать системы реального времени визуализации 3D сцен Владеть навыками реализации алгоритмов компьютерной графики с использованием основных технологий программирования на центральном процессоре: C/C++, Ada или Rust Владеть навыками реализации алгоритмов компьютерной графики реального времени на графических процессорах с использованием современных технологий программирования OpenGL3 и Vulkan

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

«Компьютерная графика» представляет собой дисциплину Части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.02.02), дисциплина по выбору, направления подготовки бакалавриата 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Искусственный интеллект и анализ данных».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Предмет компьютерной графики. Преобразования на плоскости и в пространстве. Кватернионы.	Три задачи компьютерной графики: синтез изображений, обработка изображений и распознавание образов. Применение методов линейной алгебры для преобразования трехмерных объектов в пространстве. Правосторонняя и левосторонние системы координат. Задание положения и ориентации твердого тела в пространстве. Углы Эйлера. Применение кватернионов и их преимущества перед углами Эйлера.

2.	Свет и цвет в компьютерной графике. Удаление невидимых линий и поверхностей.	Рассматривается физическая природа света и компьютерные модели представления цвета (RGB, CMYK, HSB). Ставится задача удаления невидимых линий и поверхностей. Рассматриваются алгоритмы художника, отсечения нелицевых граней, буфера глубины, двоичного разбиения пространства. Рассматриваются модели фонового, диффузного и зеркального освещения и методы закраски по Гуро и по Фонгу.
3.	Полигональная графика. Библиотека OpenGL.	Полигональная графика – метод синтеза изображений в интерактивных приложениях, таких как игры и системы виртуальной реальности. Способы задания трехмерных объектов на основе треугольных сеток. Модель графического конвейера и применение библиотеки OpenGL. Модель освещения в OpenGL.
4.	Программирование графических процессоров. Язык программирования шейдеров GLSL.	Обзор архитектуры основных графических процессоров. Особенности языков программирования для графических процессоров на примере языка шейдеров OpenGL (GLSL). Определение вершинных и пиксельных шейдеров. Взаимодействие между программой на OpenGL и шейдерами. Передача параметров между вершинным и пиксельным шейдером. Простые примеры шейдеров.
5.	Программирование визуальных эффектов с применением графических процессоров	Рассматриваются вопросы применения графических процессоров для реализации попиксельного освещения, имитации рельефа, волн, облаков и некоторых других специальных эффектов. Рассматриваются алгоритмы построения теней для сложных объектов с возможностью самозатенения. Дается обзор методов ускорения рендеринга с применением графических процессоров.
6.	Методы синтеза реалистичных изображений. Трассировка лучей	Обзор методов синтеза реалистичных изображений: трассировка лучей, излучательность, фотонные карты. Основные алгоритмы трассировки лучей. Решение задачи нахождения пересечения луча с основными классами геометрических объектов. Методы увеличения производительности метода трассировки лучей.
7.	Геометрическое моделирование. Линии и поверхности высших порядков	Определение и основные свойства кривых Безье и B-сплайнов. Рациональные B-сплайны и B-сплайновые поверхности. Понятие узлового вектора. Открытые и периодические узловые вектора. Построения трехмерных объектов на основе сплайновых

		кривых методом протяжки и как тел вращения.
8.	Задачи и алгоритмы научной визуализации.	Рассматриваются основные алгоритмы научной визуализации двумерных и трехмерных скалярных и векторных динамических данных: графики, маркеры, цветовые карты, линии уровня и линии поверхностей.

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Предмет компьютерной графики. Преобразования на плоскости и в пространстве. Кватернионы.	Лекция 1. Применение методов линейной алгебры для преобразования трехмерных объектов в пространстве. Лекция 2. Кватернионы
2.	Свет и цвет в компьютерной графике. Удаление невидимых линий и поверхностей.	Лекция 3. Физическая природа света и компьютерные модели представления цвета Лекция 4. Модели фонового, диффузного и зеркального освещения и методы закраски по Гуро и по Фонгу.
3.	Полигональная графика. Библиотека OpenGL.	Лекция 5. Полигональная графика Лекция 6. Способы задания трехмерных объектов на основе треугольных сеток. Лекция 7. Модель графического конвейера и применение библиотеки OpenGL. Лекция 8. Модель освещения в OpenGL.
4.	Программирование графических процессоров. Язык программирования шейдеров GLSL.	Лекция 9. Обзор архитектуры основных графических процессоров. Лекция 10. Язык программирования шейдеров GLSL.
5.	Программирование визуальных эффектов с применением графических процессоров	Лекция 11. Применение графических процессоров для реализации попиксельного освещения Лекция 12. Методы ускорения рендеринга с применением графических процессоров.
6.	Методы синтеза реалистичных изображений. Трассировка лучей	Лекция 13. Методы синтеза реалистичных изображений: трассировка лучей, излучательность, фотонные карты. Лекция 14. Основные алгоритмы трассировки лучей.
7.	Геометрическое моделирование. Линии и поверхности высших порядков	Лекция 15. Определение и основные свойства кривых Безье и В-сплайнов.

		Лекция 16. Построения трехмерных объектов на основе сплайновых кривых методом протяжки и как тел вращения.
9.	Задачи и алгоритмы научной визуализации.	Лекция 17-19. Рассматриваются основные алгоритмы научной визуализации двумерных и трехмерных скалярных и векторных динамических данных

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тематика практических занятий совпадает с тематикой лекций.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Предмет компьютерной графики. Преобразования на плоскости и в пространстве. Кватернионы.	ПК-9.1.	решение задач
Свет и цвет в компьютерной графике. Удаление невидимых линий и поверхностей.	ПК-9.1.	решение задач
Полигональная графика. Библиотека OpenGL.	ПК-9.1.	решение задач
Программирование графических процессоров.	ПК-9.1.	решение задач

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Язык программирования шейдеров GLSL.		
Программирование визуальных эффектов с применением графических процессоров	ПК-9.1.	решение задач
Методы синтеза реалистичных изображений. Трассировка лучей	ПК-9.1.	решение задач
Геометрическое моделирование. Линии и поверхности высших порядков	ПК-9.1.	решение задач
Задачи и алгоритмы научной визуализации.	ПК-9.1.	решение задач

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем оценки результатов выполнения заданий практических (семинарских) занятий, самостоятельной работы, предусмотренных учебным планом и посещения занятий/активность на занятиях.

В качестве оценочных средств текущего контроля успеваемости предусмотрены:

выполнение заданий на практических (семинарски) занятиях

Примерные практические задания.

- 1) Реализовать визуализацию (рендеринг) 3D сцены при помощи алгоритма трассировки лучей.
- 2) Реализовать анимацию и визуализацию 3D сцены содержащей воду (одежду или другой объект физической симуляции) при помощи алгоритма растеризации и современных средств программирования графического конвейера (OpenGL3 или Vulkan).

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы к зачету

1. Три задачи компьютерной графики: синтез изображений, обработка изображений и распознавание образов.
2. Применение методов линейной алгебры для преобразования трехмерных объектов в пространстве.

3. Правосторонняя и левосторонние системы координат. Задание положения и ориентации твердого тела в пространстве. Углы Эйлера.
4. Применение кватернионов и их преимущества перед углами Эйлера.
5. Физическая природа света и компьютерные модели представления цвета (RGB, CMYK, HSB). Задача удаления невидимых линий и поверхностей. Алгоритмы художника, отсечения нелицевых граней, буфера глубины, двоичного разбиения пространства.
6. Модели фонового, диффузного и зеркального освещения и методы закраски по Гуро и по Фонгу.
7. Полигональная графика – метод синтеза изображений в интерактивных приложениях, таких как игры и системы виртуальной реальности. Способы задания трехмерных объектов на основе треугольных сеток. Модель графического конвейера и применение библиотеки OpenGL. Модель освещения в OpenGL.
8. Обзор архитектуры основных графических процессоров. Особенности языков программирования для графических процессоров на примере языка шейдеров OpenGL (GLSL).
9. Определение вершинных и пиксельных шейдеров. Взаимодействие между программой на OpenGL и шейдерами. Передача параметров между вершинным и пиксельным шейдером. Простые примеры шейдеров.
10. Вопросы применения графических процессоров для реализации попиксельного освещения, имитации рельефа, волн, облаков и некоторых других специальных эффектов.
11. Алгоритмы построения теней для сложных объектов с возможностью самозатенения. Дается обзор методов ускорения рендеринга с применением графических процессоров.
12. Методы синтеза реалистичных изображений: трассировка лучей, излучательность, фотонные карты. Основные алгоритмы трассировки лучей.
13. Решение задачи нахождения пересечения луча с основными классами геометрических объектов. Методы увеличения производительности метода трассировки лучей.
14. Определение и основные свойства кривых Безье и B-сплайнов. Рациональные B-сплайны и B-сплайновые поверхности. Понятие узлового вектора. Открытые и периодические узловые вектора. Построения трехмерных объектов на основе сплайновых кривых методом протяжки и как тел вращения.
15. Основные алгоритмы научной визуализации двумерных и трехмерных скалярных и векторных динамических данных: графики, маркеры, цветовые карты, линии уровня и линии поверхностей.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)

Повышенны й	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большой степени самостоятель ности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетвори тельный (достаточны й)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетвор ительно		55-70
Недостаточн ый	Отсутствие удовлетворительного уровня	признаков	неудовлетв орительно	не зачтено	Менее 55

10. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Ткаченко, Г. И. Компьютерная графика: Учебное пособие / Ткаченко Г.И. - Таганрог: Южный федеральный университет, 2016. - 94 с.: ISBN 978-5-9275-2201-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/996346> (дата обращения: 06.03.2023). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Немцова, Т. И. Компьютерная графика и web-дизайн : учебное пособие / Т.И. Немцова, Т.В. Казанкова, А.В. Шнякин ; под ред. Л.Г. Гагариной. — Москва : ФОРУМ :

ИНФРА-М, 2022. — 400 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-8199-0703-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1865592> (дата обращения: 06.03.2023). – Режим доступа: по подписке.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
- ЭБС Консультант студента
- ПРОСПЕКТ ЭБС
- ЭБС ZNANIUM.COM
- ЭБС IBOOKS.RU
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта – www.lms3.kantiana.ru, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- корпоративная платформа webinar.ru;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО: Microsoft Windows 7, Microsoft Office Standart 2010, антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.
- СУБД PostgreSQL (Свободное ПО, лицензия - Freeware).
- MongoDB (Свободное ПО, лицензия - Freeware).

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.