

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Современная компьютерная графика

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
090404 Программная инженерия

Направленность образовательной программы
Технологии цифровой трансформации

Форма обучения
очная

Нижегород
2023

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Б1.О.06, Современная компьютерная графика» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия» профиля подготовки «Технологии цифровой трансформации». Дисциплина преподается во 2 семестре. Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 час., экзамен.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина «Б1.О.06, Современная компьютерная графика» относится к обязательной части ООП направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

№ п/п	Код компетенции *	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства
1	ОПК-2	Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач;	ОПК-2.1. Знать современные интеллектуальные технологии для решения профессиональных задач;	Собеседование, тест
			ОПК-2.2. Уметь обосновывать выбор современных интеллектуальных технологий и программной среды при разработке оригинальных программных средств для решения профессиональных задач	Проект
			ОПК-2.3. Иметь навыки разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	Проект

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет

5 зачетных единиц, всего **180** час., из которых

50 час. составляет **контактная** работа обучающегося с преподавателем:

32 час. занятия лекционного типа,

16 час. занятия семинарского типа,

2 час. мероприятия промежуточной аттестации

130 час. составляет **самостоятельная** работа обучающегося (в т.ч. включая 36 час. подготовки к экзамену).

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Введение. Компьютерная графика в системе современной науки и технологий. Современные открытые библиотеки и системы.	17	4		2		6	15
Научная и инженерная визуализация. Алгоритмы объемной визуализации (VR)	17	4		2		6	15
Алгоритмы стерео-визуализации	9	2		1		3	10
Архитектура современных графических процессоров (GPU) для графики и вычислений. Вычисления общего назначения на GPU.	18	4		2		6	16
Сегментация 3D данных. Реконструкция поверхностей. Сеточные методы моделирования поверхностей и тел	18	4		2		6	16
Реконструкция поверхностей. Метод Marching Cubes. Структуризация и параметризация его результата. Сеточные методы моделирования поверхностей и тел. Edge Based и Face Based структуры	18	4		2		6	16

хранения сеточных данных. Упрощение сеток. Сплайны и методы подразбиения кривых и поверхностей							
Методы и алгоритмы моделирования глобального освещения.	18	4		2		6	16
Трассировка лучей в реальном времени. Оптимизация вычислений в визуализации глобального освещения 3D сцен	18	4		2		6	16
Методы анимации сцен и персонажей	9	2		1		3	10
В т.ч. текущий контроль	2						
Итого:	180	32	0	16		48	130
Промежуточная аттестация: <u>экзамен</u>							

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: изучение методических материалов, подготовку к вопросам для собеседования, выполнение заданий в форме проектов, выполнение тестовых заданий, заданий в форме вопросов к экзамену.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 16 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: создание и сопровождение архитектуры программных средств, разработка и тестирование программного обеспечения;
- компетенций – ОПК-2.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов подразделяется на следующие категории:

- Изучение лекционных материалов и учебной литературы (см. п. 6).
- Выполнение домашних практических заданий.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется открытый электронный онлайн-курс (Инженерная и компьютерная графика, <https://online.edu.ru/public/course?faces-redirect=true&cid=3803>), созданный в системе открытых онлайн-курсов российских вузов <https://online.edu.ru/>.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

	щегося от ответа						
--	---------------------	--	--	--	--	--	--

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Вопросы к экзамену

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
<p>1. Компьютерная графика в системе современной науки и технологий.</p> <p>a. Компьютерная графика в информационных системах. Классификация разделов компьютерной графики в широком смысле.</p> <p>b. Соотношение курсов Компьютерная графика и Современная компьютерная графика.</p> <p>c. Современные открытые библиотеки и системы: VTK, ITK, ParaView, CGAL, Open CASCADE, SALOME</p>	ОПК-2
<p>2. Научная и инженерная визуализация. Алгоритмы объемной визуализации.</p> <p>a. Метод Raycasting и прямая визуализация объема (Direct Volume Rendering). Достоинства лучевых методов. Процедура интерполяции и классификации при выборке из экспериментальных 3D данных, содержание и проблемы. Transfer Function.</p> <p>b. Математическая модель трассировки луча: интеграл объемного рендеринга и процедура численного интегрирования вдоль луча в модели с постклассификацией.</p> <p>c. Случайный сдвиг (jittering) стартовых позиций луча и метод количественной оценки качества визуализации. Рекомендованные частоты выборки</p>	ОПК-2
<p>3. Научная и инженерная визуализация. Алгоритмы объемной визуализации.</p> <p>a. Предынтегрированная визуализация и виртуальные выборки.</p> <p>b. Оптимизационные стратегии.</p> <p>c. Способы накопления цвета вдоль луча</p>	ОПК-2
<p>4. Алгоритмы стерео-визуализации.</p> <p>a. Содержание и математические модели создания стерео-изображений.</p> <p>b. Технологии разделения изображений между правым и левым глазом.</p> <p>c. Реализации цветового анаглифа.</p>	ОПК-2
<p>5. Архитектура современных графических процессоров (GPU) для графики и вычислений. Вычисления общего назначения на GPU.</p> <p>a. Базовые архитектуры вершинного и фрагментного шейдеров</p> <p>b. Сравнительная характеристика архитектуры G80 и современных графических процессоров Fermi и Kepler</p>	ОПК-2
6. Архитектура современных графических процессоров (GPU)	ОПК-2

<p>для графики и вычислений. Вычисления общего назначения на GPU.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Соотношение версий OpenGL, MS DirectX и поколений графических процессоров b. Сравнительная характеристика графических конвейеров от DirectX9 до DirectX11: от вершинного и фрагментного шейдеров к геометрическому и Hull Shader, Tesselator и Domain Shader. 	
<p>7. Сегментация 3D данных.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Методы сегментации 2D и 3D данных: кластеризация однородных областей; разрастания регионов; K-средних; Слияние/разделение областей (region merging/splitting); метод Canny 	ОПК-2
<p>8. Реконструкция поверхностей.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Метод Marching Cubes. Структуризация и параметризация его результата. 	ОПК-2
<p>9. Сеточные методы моделирования поверхностей и тел</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Edge Based и Face Based структуры хранения сеточных данных. Упрощение сеток. 	ОПК-2
<p>10. Сеточные методы моделирования поверхностей и тел</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Сплайны и методы подразбиения кривых и поверхностей. 	ОПК-2
<p>11. Методы и алгоритмы моделирования глобального освещения.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Энергетический подход. Основы фотометрии. b. Взаимодействие света с поверхностью. BRDF (ДФОС) и ее свойства. c. Геометрия моделей затенения 	ОПК-2
<p>12. Методы и алгоритмы моделирования глобального освещения.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Уравнение визуализации. Площадная и полусферическая форма. b. Стохастическая трассировка пути. Прямое и вторичное освещение. 	ОПК-2
<p>13. Методы и алгоритмы моделирования глобального освещения.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Метод фотонных карт. b. Генерация случайного направления на сфере 	ОПК-2
<p>14. Трассировка лучей в реальном времени Оптимизация вычислений в визуализации глобального освещения 3D сцен</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Трассировка лучей как основа расчета глобального освещения. Алгоритм пересечения луча с треугольником. Различия между трассировкой лучей и путей. История развития методов глобального 	ОПК-2

освещения	
15. Трассировка лучей в реальном времени Оптимизация вычислений в визуализации глобального освещения 3D сцен а. Ускоряющие структуры. Kd-деревья б. Ускоряющие структуры. BVH-деревья	ОПК-2
16. Методы анимации сцен и персонажей а. Основные принципы и методы анимации сцен и персонажей. б. Скелетная анимация.	ОПК-2

Типовые контрольные задания контроля сформированности компетенции

Примеры контрольных вопросов автоматизированного тестирования для оценивания результатов формирования компетенции ОПК2

Правильный вариант отмечен знаком «+» или подчеркиванием.

1. Тип – одиночный выбор.

Что означает термин Visual Computing?

- вычисления, обеспечивающие зрение роботов
- высокопроизводительные вычисления в области компьютерной графики в широком смысле
- высокопроизводительная обработка видеосъемки
- синтез изображений виртуальной реальности
- вычисления, связанные с человеко-машинным интерфейсом

2. Тип – одиночный выбор.

Какая группа методов современной компьютерной графики обеспечивает наибольшую реалистичность визуализации

- Методы растеризации
- Методы трассировки лучей
- Методы излучательности (Radiosity)
- Методы глобального освещения

3. Тип – одиночный выбор.

Медицинская 3D визуализация это:

- 3D визуализация трехмерных скалярных полей
- 3D визуализация полей высот

4. Для количественной оценки фотометрических величин во всем оптическом диапазоне служит ... система единиц

1) волновая 2) спектральная 3) энергетическая

5. Функция относительной спектральной чувствительности максимальна в ... области спектра

1) красной 2) зелёной 3) фиолетовой 4) ультрафиолетовой

Примеры вопросов для индивидуального собеседования

1. Компьютерная графика в системе современной науки и технологий.
 - a. Компьютерная графика в информационных системах. Классификация разделов компьютерной графики в широком смысле.
 - b. Соотношение курсов Компьютерная графика и Современная компьютерная графика.
 - c. Современные открытые библиотеки и системы: VTK, ITK, ParaView, CGAL, Open CASCADE, SALOME
2. Научная и инженерная визуализация. Алгоритмы объемной визуализации.
 - a. Метод Raycasting и прямая визуализация объема (Direct Volume Rendering). Достоинства лучевых методов. Процедура интерполяции и классификации при выборке из экспериментальных 3D данных, содержание и проблемы. Transfer Function.
 - b. Математическая модель трассировки луча: интеграл объемного рендеринга и процедура численного интегрирования вдоль луча в модели с постклассификацией.
 - c. Случайный сдвиг (jittering) стартовых позиций луча и метод количественной оценки качества визуализации. Рекомендованные частоты выборки
 - d. Предынтегрированная визуализация и виртуальные выборки.
 - e. Оптимизационные стратегии.
 - f. Способы накопления цвета вдоль луча
3. Алгоритмы стерео-визуализации.
 - a. Содержание и математические модели создания стерео-изображений.
 - b. Технологии разделения изображений между правым и левым глазом.
 - c. Реализации цветового анаглифа.

Пример темы проектов для текущего контроля

Раздел 1. Скалярные поля. Реконструкция. Задачи обработки 2D-3D данных томограммы

Исходные данные: 3D (2D) массив исследуемых величин short, integer или float. Заданы размеры воксельной сетки N_x , N_y , N_z и шаг h по x, y, z .

MPT томограммы можно взять в zip-файле !!_MRI-CANSER-bin.zip в материалах курса (<https://www.sites.google.com/site/turlapovveunn/advanced-computer-graphics-course>): 3 bin-файла и текстовое описание bin-формата. Во всех трех файлах в качестве исходных даны срезы в разных плоскостях: BRANIX-02 вид спереди - 99 слоев; CEREBRIX-01 вид сбоку - 175 слоев; CEREBRIX-02 вид сверху - 244 слоя. Выбор томограммы на Ваше усмотрение.

Комментарий по реализации простой цветной трансфер-функции (TF):

Для реализации простой цветной трансфер-функции (TF), соответствующей наблюдаемому диапазону (окну) плотностей $[a, b]$, цвета $\text{Color}(a)$, $\text{Color}(b)$ устанавливаются через стандартный диалог выбора цвета. Число цветов 2 и более. Для каждого цвета задается непрозрачность $\text{Alpha}(a)$, $\text{Alpha}(b)$,..., в диапазоне $[0, 1]$, по умолчанию равная 1. Для получения цвета, находящегося между каждой парой (например, Red-Yellow) соседних цветов, используется линейная интерполяция.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- 1) Куликов А., Овчинникова Т. Алгоритмические основы современной компьютерной графики: - <http://www.intuit.ru/studies/courses/70/70/info>
<https://e.lanbook.com/book/100562>

б) дополнительная литература:

- 1) Хейфец А.Л., Логиновский А.Н., Буторина И.В., Васильева В.Н. Инженерная 3D-компьютерная графика: учебник и практикум для академического бакалавриата- 3 изд., перераб. и доп. - М.: издательство Юрайт, 2017. – 602с.
<https://biblio-online.ru/viewer/inzhenernaya-3d-kompyuternaya-grafika-404452#page/1>
- 2) Малявко А.А. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA: учеб. пособие для академического бакалавриата - 2 изд., испр. и доп. - М.: издательство Юрайт, 2019. – 116с. <https://biblio-online.ru/viewer/parallelnoe-programmirovaniye-na-osnove-tehnologiy-openmp-mpi-cuda-438058#page/1>
- 3)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 1) Турлапов В.Е. «Компьютерная графика ДО»
<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=804>
 - 2) Боголепов Д., Турлапов В. Компьютерная графика в инженерном анализе и научной визуализации. – ИНТУИТ (<http://www.intuit.ru/studies/courses/587/443/info>)
 - 3) Ресурсы конференции SIGGRAPH (www.siggraph.org)
 - 4) Библиотека OpenTK <https://github.com/opentk/opentk>
 - 5) Спецификации OpenGL и GLSL <https://www.opengl.org/>
 - 6) Krivanec Jaroslav papers: <http://cgg.mff.cuni.cz/~jaroslav/papers/>
-
- 1) MS Windows 8|10, установленная на персональном компьютере обучающегося
 - 2) MS Visual Studio Express 2015 или MS Visual Studio Express 2015 для Web (<https://www.microsoft.com/ru-ru/SoftMicrosoft/vs2015Web.aspx>)
– бесплатная версия (на персональном компьютере обучающегося).
 - 3) OpenGL (www.opengl.org), лицензия BSD
 - 4) NVIDIA CUDA, актуальной версии (лицензия BSD)
 - 5) NVIDIA OptiX, актуальной версии (лицензия BSD)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, 3D принтером, комплексом "Видеостена", моноблоком, плазменной панелью, проектором высокого разрешения, серверной стойкой, экраном Projecta.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной

техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций ФГОС ВО по направлению 090404 Программная инженерия..

Автор: д.т.н., профессор кафедры МОСТ, Турлапов В.Е.

Рецензент: д.т.н., профессор кафедры ИАНИ Старостин Н.В.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н, проф. заведующий кафедрой МОСТ Стронгин Р.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.