

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

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Современная компьютерная графика

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Искусственный интеллект

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 Современная компьютерная графика относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
<p><i>ПК-10: Способен конвертировать результаты научно-исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта в области компьютерной графики и моделирования живых и технических систем</i></p> <p><i>(КГуМ), и обратно: способен обеспечить ИТ-проект необходимым исследованием и опытно-конструкторскими работами</i></p>	<p><i>ПК-10.1: Знает методы планирования в проектах малого и среднего уровня сложности в области ИТ</i></p> <p><i>ПК-10.2: Умеет проводить мониторинг и управление работами проекта в проектах малого и среднего уровня сложности в области ИТ</i></p> <p><i>ПК-10.3: Имеет практический опыт управления изменениями в проектах малого и среднего уровня сложности в области ИТ</i></p>	<p><i>ПК-10.1: ЗНАЕТ методы анализа и обработки изображений и видео, включая роль и место современных программных средств в ИТ-проектах и их научной проработке.</i></p> <p><i>ПК-10.2: УМЕЕТ применять на практике методы анализа изображений и видео в ИТ-проектах и их научной проработке.</i></p> <p><i>ПК-10.3: ВЛАДЕЕТ навыками использования современных библиотек анализа изображений и видео, прежде всего OpenCV, в ИТ-проектах и их научной проработке.</i></p>	<p><i>Практическое задание</i></p> <p><i>Тест</i></p>	<p><i>Экзамен:</i></p> <p><i>Контрольные вопросы</i></p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	58
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение. Компьютерная графика в системе современной науки и технологий. Современные открытые библиотеки и системы.	5	2	1	3	2
Архитектура современных графических процессоров (GPU) для графики и вычислений. Вычисления общего назначения на GPU.	12	4	2	6	6
Научная и инженерная визуализация. Алгоритмы объемной визуализации (VR)	14	4	2	6	8
Сегментация 3D данных. Реконструкция поверхностей. Сеточные методы моделирования поверхностей и тел	11	2	1	3	8
Методы подразбиения для сглаживания кривых и поверхностей при визуализации	15	6	3	9	6
Трассировка лучей в реальном времени. Ускоряющие структуры	11	2	1	3	8
Методы и алгоритмы моделирования глобального освещения.	13	4	2	6	7
Оптимизация вычислений в расчете глобального освещения 3D сцен	18	6	3	9	9
Отложенный рендеринг и современные методы трассировки лучей в реальном времени	7	2	1	3	4
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	144	32	16	50	58

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Компьютерная графика в системе современной науки и технологий. Современные открытые библиотеки и системы.
2. Архитектура современных графических процессоров (GPU) для графики и вычислений. Вычисления общего назначения на GPU.
3. Научная и инженерная визуализация. Алгоритмы объемной визуализации (VR).
4. Сегментация 3D данных. Реконструкция поверхностей. Сеточные методы моделирования

поверхностей и тел.

5. Методы подразбиения для сглаживания кривых и поверхностей при визуализации
6. Трассировка лучей в реальном времени. Ускоряющие структуры
7. Методы и алгоритмы моделирования глобального освещения.
8. Оптимизация вычислений в расчете глобального освещения 3D сцен.
9. Отложенный рендеринг и современные методы трассировки лучей в реальном времени.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Турлапов В.Е. «Компьютерная графика ДО», <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=804>.

Иные учебно-методические материалы:

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 текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-10:

1) «Оптимизация вычислений глобального освещения 3D сцен»: Реализация метода равномерных сеток (kd-деревьев, SAH), для оптимизации вычислений в визуализации глобального освещения 3D сцен.

- a. История развития методов глобального освещения.
- b. Ускоряющие структуры. Kd-деревья.
- c. Ускоряющие структуры. BVH-деревья.

2) «Методы и алгоритмы моделирования глобального освещения»: Трассировка лучей/путей на CPU или GPU.

- a. Генерация случайного направления на сфере.
- b. Энергетический подход. Основы фотометрии.
- c. Взаимодействие света с поверхностью. BRDF (ДФОС) и ее свойства.
- d. Уравнение визуализации. Площадная и полусферическая форма.
- e. Стохастическая трассировка пути. Прямое и вторичное освещение.

f. Метод фотонных карт.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Работа выполнена в полном объеме и в срок, результаты работы алгоритма корректные на тестовых примерах, результаты работы представлены преподавателю.
не зачтено	Работа не выполнена или выполнена не в полном объеме (программа работает некорректно на тестовых примерах, результаты работы не представлены преподавателю).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенций ПК-10:

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

1) волновая 2) световая 3) спектральная 4) энергетическая

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

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

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Работа выполнена в полном объеме и в срок, результаты работы алгоритма корректные на тестовых примерах, результаты работы представлены преподавателю.
не зачтено	Работа не выполнена или выполнена не в полном объеме (программа работает некорректно на тестовых примерах, результаты работы не представлены преподавателю).

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.	Уровень знаний ниже минимальных требований.	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний в объеме, соответствующему	Уровень знаний в объеме, соответствующему	Уровень знаний в объеме, соответствующему	Уровень знаний в объеме, превышающему

	Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Имели место грубые ошибки	знаний. Допущено много негрубых ошибок	ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	ющем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	ующем программе подготовк и. Ошибок нет.	м 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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами .	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-10

1. Сеточные методы моделирования поверхностей и тел.
 - Сплаины и методы подразбиения кривых и поверхностей.
2. Методы и алгоритмы моделирования глобального освещения.
 - Энергетический подход. Основы фотометрии.
 - Взаимодействие света с поверхностью. BRDF (ДФОС) и ее свойства.
 - Геометрия моделей затенения.
3. Методы и алгоритмы моделирования глобального освещения.
 - Уравнение визуализации. Площадная и полусферическая форма.
 - Стохастическая трассировка пути. Прямое и вторичное освещение.
4. Методы и алгоритмы моделирования глобального освещения.
 - Метод фотонных карт.
 - Генерация случайного направления на сфере.
5. Трассировка лучей в реальном времени Оптимизация вычислений в визуализации глобального освещения 3D сцен.
 - Трассировка лучей как основа расчета глобального освещения. Алгоритм пересечения луча с треугольником. Различия между трассировкой лучей и путей. История развития методов глобального освещения.
6. Трассировка лучей в реальном времени Оптимизация вычислений в визуализации глобального освещения 3D сцен.
 - Ускоряющие структуры. Kd-деревья.
 - Ускоряющие структуры. BVH-деревья.
7. Методы анимации сцен и персонажей.
 - Основные принципы и методы анимации сцен и персонажей.
 - Скелетная анимация.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.

Оценка	Критерии оценивания
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Алгоритмические основы современной компьютерной графики / Куликов А.И., Овчинникова Т.Э. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=662740&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Малявко А. А. Параллельное программирование на основе технологий openmp, cuda, opencl, mpi : учебное пособие / А. А. Малявко. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 135 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-14116-0. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=847643&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- 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/>

Программное обеспечение:

- 1) MS Windows 8/10, установленная на персональном компьютере обучающегося
- 2) MS Visual Studio Express или MS Visual Studio Express для Web (<https://www.microsoft.com/ru-ru/SoftMicrosoft/>)
– 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 (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Турлапов Вадим Евгеньевич, доктор технических наук, доцент.

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

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.