

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования**

«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

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

Рабочая программа дисциплины
Основы компьютерной графики

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки (специальность)
020402 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Искусственный интеллект

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2023

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина ФТД.04 «Основы компьютерной графики» относится к факультативным дисциплинам направления подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», направленность «Искусственный интеллект». Дисциплина преподается во 1 семестре.

№ Варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	ФТД. Факультативы	Дисциплина ФТД.04 «Основы компьютерной графики» является факультативом в ООП направления подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

1. 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	
ОПК-3. Способен проводить анализ математических моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования.	ОПК-3.1. Знает методы теории алгоритмов, методы системного и прикладного программирования, основные положения и концепции в области математических, информационных и имитационных моделей,	Знает основные методы и открытые библиотеки программ компьютерной графики для работы в области информационных технологий.	Собеседование Тестовые задания
	ОПК-3.2. Умеет создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования.	Умеет создавать свои прикладные программы и использовать открытые библиотеки программ компьютерной графики для решения прикладных задач.	Задания лабораторной практики
	ОПК-3.3. Владеет методами математического моделирования, создания инновационных методов решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования.	Владеет методами решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования на основе двумерных и трехмерных графических информационных технологий	Задания лабораторной практики

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	65
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- занятия лабораторного типа	-
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	7
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная
Введение. Компьютерная графика в информационных системах	2	2	0		2	0
Теория цвета. Цвет и цветовые модели	5	3	2		5	0
Обработка изображений, фильтры	12	4	6		10	2
Параметрические полиномиальные кривые и поверхности	6	4	0		4	2
Основные алгоритмы вычислительной геометрии	4	2	0		2	2
Координатный метод в компьютерной графике	6	4	2		6	0
Графический 3d-конвейер и синтез изображений	3	3	0		3	0
Методы текстурирования	4	2	2		4	0
Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL	4	0	4		4	0
Научная визуализация	4	3	6		9	1
Методы и алгоритмы трехмерной графики. Реалистичная визуализация 3d-сцен	11	3	8		11	0
Шейдеры в 3d-графике	4	2	2		4	0
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	72	32	32		65	7

Практические занятия (семинарские занятия) 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: разработку программы для конвертации цветов между цветовыми моделями; разработку программы для применения различных фильтров к изображениям; разработку программы для визуализации простых объектов.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: Разработка, тестирование, оптимизация программного обеспечения (ПО). Разработка технической документации на продукцию в сфере ИТ.
- компетенций – ОПК-3: Способен проводить анализ математических моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования. (ОПК-3.3: Владеет методами математического моделирования, создания инновационных методов решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования).

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде работы с рекомендованной обязательной и дополнительной литературой, подготовке к лекциям, подготовке к выполнению лабораторных работ и зачету/экзамену. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2. Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов:

Литература для самостоятельного изучения представлена в пункте 7. Для самоконтроля у студента имеется возможность удаленного тестирования по дистанционному лекционному курсу «Компьютерная графика» (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=804>).

Самостоятельная работа может происходить как в читальном зале библиотеки, так и в домашних условиях.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, 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
	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.

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

5.2.1 Контрольные вопросы для собеседования на зачете

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Компьютерная графика в информационных системах. Классификация разделов компьютерной графики в широком смысле.	ОПК-3
2. Теория цвета. Цвет и цветовые модели. Классификация моделей и их использование в графических форматах.	ОПК-3
3. Принципы, API, классы и методы программирования 2d-графики и графического интерфейса пользователя для .NET Framework	ОПК-3
4. Обработка изображений, фильтры точечные и матричные, методы матморфологии в обработке изображений.	ОПК-3
5. Параметрические полиномиальные кривые и поверхности. Сплайны Безье и NURBS.	ОПК-3
6. Базовые растровые алгоритмы. Алгоритм Брезенхэма.	ОПК-3
7. Основные алгоритмы вычислительной геометрии	ОПК-3
8. Фракталы геометрические и алгебраические. Метод систем итеративных функций.	ОПК-3
9. Координатный метод в компьютерной графике. Однородные координаты. Структура матрицы преобразования. Классификация проекций.	ОПК-3
10. Перспективные проекции. Классификация. Геометрическая интерпретация коэффициентов матрицы.	ОПК-3
11. Математические основы захвата трехмерного движения объекта по плоским изображениям.	ОПК-3
12. Графический 3d-конвейер и синтез изображений. Архитектура вершинного и пиксельного (фрагментного) шейдеров. Шейдеры и графический конвейер.	ОПК-3
13. Методы текстурирования. Линейная, билинейная, трилинейная и анизотропная фильтрация. Bump-mapping и normal-mapping. Антиалиасинг.	ОПК-3
14. Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL (или DirectX: что изучалось)	ОПК-3
15. Локальные модели освещения. Понятия Lighting и Shading.	ОПК-3
16. Глобальное моделирование освещения. Основные понятия и подходы. Трассировка лучей. Излучательность (Radiosity). Метод фотонных карт (Photon-mapping).	ОПК-3
17. Методы и алгоритмы трехмерной графики. Реалистичная визуализация 3d-сцен	ОПК-3
18. Удаление невидимых элементов. Тени.	ОПК-3
19. Подходы к оптимизации вычислений в компьютерной графике	ОПК-3
20. Визуализация в реальном времени и использование шейдерных языков в 3d-графике	ОПК-3
21. Методы моделирования природных объектов и явлений с применением шейдеров	ОПК-3
22. Научная визуализация и метод Volume Rendering.	ОПК-3

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1. Тип – одиночный выбор.

Восприятие цвета глазом человека обеспечивают специальные клетки

- колбочки
- палочки
- нейроны

2. Тип – одиночный выбор.

Задача: Желтый при белом свете лист бумаги осветили синим цветом. Какой цвета листа мы при этом увидим?

- Синий
- Зеленый
- Красный
- Белый
- Черный
- Малиновый

3. Тип – одиночный выбор.

Задача: Желтый при белом свете лист бумаги осветили малиновым цветом (Magenta). Какой цвета листа мы при этом увидим?

- Синий
- Белый
- Красный
- Черный
- Малиновый

5.2.3. Типовые задания, выносимые на зачет, для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1. Раскройте сокращения цветовой модели CMYK (ответ: cyan, magenta, yellow, key)
2. Опишите цветовую модель LAB (ответ: Светлота-Lightness задана координатой L (изменяется от 0 до 100: от самого темного до самого светлого), хроматическая составляющая — двумя декартовыми координатами a и b. Первая обозначает положение цвета в диапазоне от зеленого до красного, вторая — от синего до желтого.)
3. Дайте определение бинарному изображению (ответ: кодируется двумя значениями 0 и 1, соответствующими черному и белому)

5.2.4. Вопросы для собеседования по лабораторному практикуму (ОПК-3)

- 1) «Цветовые модели». Преобразование изображения из модели RGB в HSV
 - а. Какие средства были выбраны для реализации пользовательского интерфейса и почему?
 - б. Какие структуры данных были использованы для хранения изображения?
- 2) «Обработка изображений». Реализация простейших точечных и матричных фильтров, инструментов математической морфологии
 - а. Чем отличается точечный фильтр от матричного?
 - б. От чего зависит производительность применения фильтра?
 - с. Какие ограничения накладываются на ядро свертки (матричный фильтр)?
 - д. Как можно обрабатывать граничные пиксели изображения в случае

матричного фильтра?

3) «Моделирование и визуализация трехмерных полигональных сцен с помощью OpenGL.

Текстурирование простых объектов»

- a. Диапазон значений текстурных координат?
- b. Как вычисляются текстурные координаты?
- c. Какие способы сглаживания текстур вы знаете?
- d. Что такое MIP текстурирование?
- e. Как с помощью текстуры создать иллюзию более сложной формы предмета? Технология bump mapping.

4) «Трассировка лучей на графическом процессоре с использованием GLSL»

- a. Какой шейдер должен выполнять основной алгоритм трассировки лучей и почему?
- b. Какие структуры данных обеспечивают трассировку лучей?
- c. Чем отличаются текстуры от буферов в GLSL?
- d. Какие особенности GLSL отражаются на реализации алгоритма трассировки лучей?
- e. Какова структура шейдерной программы?
- f. Чем отличаются алгоритмы пересечения луча с треугольником?

5.2.5. Задания лабораторного практикума (ОПК-3)

Практикум при изучении дисциплины «Основы компьютерной графики» включает выполнение практических заданий, подготовку к собеседованию и выполнению заданий на лабораторной практике и зачете.

Темы практических заданий:

- 1) «Цветовые модели». Преобразование изображения из модели RGB в HSV (Язык C#)
- 2) «Обработка изображений». Реализация точечных и матричных фильтров, инструментов математической морфологии (Язык C#, Python)
- 3) Визуализация 3D данных томографии (Язык C#)
- 4) или
- 5) «Моделирование и визуализация трехмерных полигональных сцен с помощью OpenGL. Текстурирование простых объектов» (Язык C#, Python)
- 6) «Трассировка лучей на графическом процессоре с использованием GLSL» (Язык C#, Python)

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- 1) Курс: Турлапов В.Е. «Компьютерная графика ДО» <https://e->

learning.unn.ru/course/view.php?id=804.

- 2) Курс: Александр Куликов, Тамара Овчинникова. Алгоритмические основы современной компьютерной графики, ИНТУИТ (<http://www.intuit.ru/studies/courses/70/70/info>)
- 3) Курс: Денис Боголепов, Вадим Турлапов. Компьютерная графика в инженерном анализе и научной визуализации, ИНТУИТ (<http://www.intuit.ru/studies/courses/587/443/info>)

б) дополнительная литература:

- 1) Курс: Андрей Семенов. Программирование графических процессоров с использованием Direct3D и HLSL (<http://www.intuit.ru/studies/courses/1120/175/info>)
- 2) Курс: Создание графических моделей с помощью Open Graphics Library(OpenGL). ИНТУИТ (<http://www.intuit.ru/studies/courses/2313/613/info>)
- 3) Компьютерная графика. Алгоритмические основы растровой графики (лекция по фильтрации изображений, предполагает регистрацию на сайте ИНТУИТ).
<http://www.intuit.ru/department/graphics/rastrgraph/8>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 1) Труды конференций Графикон <http://www.graphicon.ru/>
- 2) Курс "Введение в компьютерное зрение" 2015 (ВМК МГУ)
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLbwKcm5vdiSZGvD9tL4bxj9zXlGfgWstZ>
- 3) Библиотека OpenTK <https://github.com/opentk/opentk>
- 4) Спецификации OpenGL и GLSL <https://www.opengl.org/>
- 5) Timothy J. Purcell. Ray Tracing on a Stream Processor. 2004
http://graphics.stanford.edu/papers/tpurcell_thesis
- 6) Fast 3D triangle-box overlap testing.
http://www.cs.lth.se/home/Tomas_Akenine_Moller/pubs/tribox.pdf

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Используемое лицензионное программное обеспечение:

- Операционные системы семейства Microsoft Windows, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
- Среда разработки семейства Microsoft Visual Studio, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
- Библиотека OpenTK (open source) на сайте <https://opentk.github.io/> есть ссылка на

лицензию, предваряемая фразой: The Open Toolkit is distributed under the permissive MIT/X11 license and is absolutely free. [View license on GitHub](https://github.com/opentk/opentk/blob/master/Documentation/License.txt)
(<https://github.com/opentk/opentk/blob/master/Documentation/License.txt>)

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Автор (ы) д.ф.-м.н., проф. В.Е. Турлапов

Зам зав. кафедрой МОСТ И.Б.Мееров

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