

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 27.08.2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Компьютерная графика

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
01.03.02 - Прикладная математика и информатика

---

Направленность образовательной программы  
Математическое моделирование и искусственный интеллект

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина ФТД.04 Компьютерная графика является факультативом в образовательной программе.

## 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
ПК-1: Способен решать актуальные задачи прикладной математики и информатики	<p>ПК-1.1: Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и естественных наук и информационных технологий для решения актуальных задач прикладной математики и информатики</p> <p>ПК-1.2: Умеет применять базовые знания математических и естественных наук и информационных технологий для решения актуальных задач прикладной математики и информатики</p> <p>ПК-1.3: Имеет практический опыт решения актуальных задач прикладной математики и информатики</p>	<p>ПК-1.1: Знает основные понятия, методы и алгоритмы компьютерной графики; цветовые модели, принципы построения 2D- и 3D-графики, методы обработки и сегментации изображений, базовые растровые алгоритмы, основы вычислительной геометрии, графического 3D-конвейера, текстурирования, трассировки лучей и научной визуализации</p> <p>ПК-1.2: Умеет применять базовые знания математики, информатики и информационных технологий для решения задач компьютерной графики, обработки изображений, построения графических объектов, выполнения геометрических преобразований и разработки простых графических приложений.</p> <p>ПК-1.3: Владеет практическими навыками решения прикладных задач компьютерной графики с использованием алгоритмов обработки изображений, 2D-</p>	Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы Тест

		и 3D-визуализации, вычислительной геометрии и программных средств графического моделирования.		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>16</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>23</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

#### 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	
0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
Введение. Структурная классификация Компьютерной графики в широком смысле. Visual Computing. Открытые ресурсы для проектирования и использования ПО графических систем. Примеры	2	1	1	2	
Теория цвета. Цвет и цветовые модели. Модели RGB, CMYK, CIE XYZ, Lab, Luv, HSB, YIQ.	2	1	1	2	
Принципы программирования 2d-графики и графического интерфейса пользователя. Базовая библиотека классов и событий компьютерной графики для .NET	2	1	1	2	
Обработка изображений, фильтры: точечные; матричные, математической морфологии, Гаусса. Методы сегментации изображений.	7	2	1	3	4
Параметрические полиномиальные кривые и поверхности. Сплайны	6	2		2	4

Базовые растровые алгоритмы	3	2	1	3	
Геометрическая машина. Основные алгоритмы вычислительной геометрии	7	2	1	3	4
Понятие и алгоритмы триангуляции	7	2	1	3	4
Координатный метод в компьютерной 3D графике. Однородные координаты	3	2	1	3	
Графический 3d-конвейер. Понятие растеризации и синтез изображений	3	2	1	3	
Методы текстурирования в 3d-конвейере	3	2	1	3	
Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL	3	2	1	3	
Фотореалистичные методы 3D графики. Трассировка лучей.	3	2	1	3	
Глобальное освещение. Понятие. Основное уравнение освещенности	3	2	1	3	
Глобальное освещение. Метод фотонных карт	3	2	1	3	
Методы научной визуализации. Direct Volume Rendering	6	2	1	3	3
Открытая среда программирования 3D игр. Open3D Engine (O3DE)	8	3	1	4	4
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	16	49	23

### Содержание разделов и тем дисциплины

Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины «Компьютерная графика» удовлетворяет компетенции ПК-1 и заключается в формировании у обучающихся теоретических знаний и практических умений в области компьютерной графики, обработки изображений, построения 2D- и 3D-графических объектов, применения алгоритмов вычислительной геометрии, графического 3D-конвейера, методов визуализации и программных средств разработки графических систем.

Задачи

- 1) Изучить теоретические основы дисциплины «Компьютерная графика».
- 2) Обеспечить формирование компетенции ПК-1 в соответствии с требованиями образовательной программы.
- 3) Сформировать практические умения работы с графическими алгоритмами и средствами визуализации.

Содержание разделов и тем дисциплины

- 1) Введение. Структурная классификация Компьютерной графики в широком смысле. Visual Computing. Открытые ресурсы для проектирования и использования ПО графических систем. Примеры
- 2) Теория цвета. Цвет и цветовые модели. Модели RGB, CMYK, CIE XYZ, Lab, Luv, HSB, YIQ.
- 3) Принципы программирования 2d-графики и графического интерфейса пользователя. Базовая библиотека классов и событий компьютерной графики для .NET
- 4) Обработка изображений, фильтры: точечные; матричные, математической морфологии, Гаусса.
- 5) Методы сегментации изображений. Метод Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM).
- 6) Параметрические полиномиальные кривые и поверхности. Сплаины
- 7) Базовые растровые алгоритмы
- 8) Геометрическая машина. Основные алгоритмы вычислительной геометрии
- 9) Понятие и алгоритмы триангуляции
- 10) Координатный метод в компьютерной 3D графике. Однородные координаты

- 11) Графический 3d-конвейер. Понятие растеризации и синтез изображений
- 12) Методы текстурирования в 3d-конвейере
- 13) Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL
- 14) Фотореалистичные методы 3D графики. Трассировка лучей.
- 15) Глобальное освещение. Понятие. Основное уравнение освещенности
- 16) Глобальное освещение. Метод фотонных карт
- 17) Методы научной визуализации. Direct Volume Rendering
- 18) Открытая среда программирования 3D визуализации. Open3D Engine (O3DE)

#### **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:

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

Иные учебно-методические материалы:

а) основная литература:

– Курс: Турлапов В.Е. «Компьютерная графика ДО» <https://elearning.unn.ru/course/view.php?id=804>.

– Курс: Александр Куликов, Тамара Овчинникова. Алгоритмические основы современной компьютерной графики, ИНТУИТ (<http://www.intuit.ru/studies/courses/70/70/info>)

– 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:

– Курс: Андрей Семенов. Программирование графических процессоров с использованием Direct3D и HLSL (<http://www.intuit.ru/studies/courses/1120/175/info>)

– Курс: Создание графических моделей с помощью Open Graphics Library(OpenGL). ИНТУИТ (<http://www.intuit.ru/studies/courses/2313/613/info>)

#### **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-1:**

1. Лабораторная работа по реализации трассировки лучей в сцене с различными преломляющими и диффузно- и зеркально-отражающими объектами (преломляющие объекты: сфера, куб, тетраэдр) в одном из вариантов:

- а) на основе базовых библиотек компьютерной графики .NET, OpenGL
- б) на основе использования открытой среды программирования 3D графики Open3D Engine.
2. Программная реализация преобразований из одной цветовой модели в другую с отдельной визуализацией изображений каналов
3. Программная реализация методов обработки изображений
- Точечные фильтры
  - Матричные фильтры
  - Фильтры математической морфологии
  - Фильтры специальных эффектов
4. Программная реализация визуализации трехмерных медицинских данных, используя OpenGL

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть практических заданий, возможно с незначительными недочетами. Результаты заданий представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнено менее половины практических заданий, есть существенные недочеты

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

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые	Продемонстрированы все основные умения. Решены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные

	вследствие отказа обучающегося от ответа	умения. Имели место грубые ошибки	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	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 некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	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-1

- 1) Visual Computing. Открытые ресурсы для проектирования и использования ПО графических систем.
- 2) Цвет и цветовые модели. Модели RGB, CMYK, CIE XYZ, Lab, Luv, HSB, YIQ.
- 3) Принципы программирования 2d-графики и графического интерфейса пользователя. Базовая библиотека классов и событий компьютерной графики для .NET
- 4) Нижний уровень систем геометрического моделирования. Структуры данных в геометрическом моделировании. Геометрическая машина.
- 5) Основные алгоритмы вычислительной геометрии. Методы триангуляции
- 6) Координатный метод в компьютерной 3D графике. Однородные координаты
- 7) Графический 3d-конвейер. Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL
- 8) Фотореалистичные методы 3D графики. Трассировка лучей. Ускоряющие структуры
- 9) Глобальное освещение. Метод фотонных карт
- 10) Метод научной визуализации Direct Volume Rendering
- 11) Открытая среда программирования 3D визуализации. Open3D (O3D)
- 12) Введение. Структурная классификация Компьютерной графики в широком смысле. Visual Computing. Открытые ресурсы для проектирования и использования ПО графических систем. Примеры
- 13) Теория цвета. Цвет и цветовые модели. Классификация моделей и их использование в графических форматах.
- 14) Принципы, API, классы и методы программирования 2d-графики и графического интерфейса пользователя для .NET Framework
- 15) Обработка изображений, фильтры точечные и матричные. Борьба с шумом. Методы матморфологии в обработке изображений.
- 16) Сегментация. Метод Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM).
- 17) Параметрические полиномиальные кривые и поверхности. Сплаины Безье и NURBS.
- 18) Основные алгоритмы вычислительной геометрии. Понятие геометрической машины
- 18) Координатный метод в компьютерной графике. Однородные координаты. Структура матрицы преобразования. Классификация проекций.
- 19) Классификация проекций. Перспективные проекции. Геометрическая интерпретация коэффициентов матрицы.
- 10) Математические основы захвата трехмерного движения объекта по плоским изображениям.
- 20) Графический 3d-конвейер и синтез изображений. Архитектура вершинного и пиксельного (фрагментного) шейдеров. Шейдеры и графический конвейер.
- 21) Методы текстурирования. Линейная, билинейная, трилинейная и анизотропная фильтрация. Vump-mapping и normal-mapping. Антиалиасинг.
- 22) Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL (или DirectX: что изучалось)
- 23) Локальные модели освещения. Понятия Lighting и Shading.

- 24) Методы и алгоритмы трехмерной графики. Реалистичная визуализация 3d-сцен. Трассировка лучей.
- 25) Моделирование глобального освещения. Основные понятия и подходы. Излучательность (Radiosity). Метод фотонных карт (Photon-mapping).
- 26) Научная визуализация. Интерполяция и постклассификация 3D скалярных полей. Математическая модель метода Direct Volume Rendering.
- 27) Современная криовизуализация (Cryo-Imaging) и проект Visible Human. Генерация 256-цветной палитры. Сегментация тканей по данным их палитры

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1

#### Вариант №1:

1. Тип – одиночный выбор.

Восприятие цвета глазом человека обеспечивают специальные клетки

- l. нейроны
- m. астроциты
- n. палочки
- o. колбочки

2. Тип – одиночный выбор.

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

- l. Синий
- m. Зеленый
- n. Красный
- o. Белый
- p. Черный
- q. Малиновый

3. Тип – одиночный выбор.

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

- l. Синий
- m. Белый
- n. Красный

- о. Черный
- р. Малиновый

4. Тип – одиночный выбор.

Как называются цвета в цветовой модели CIE XYZ?

- l. насыщенные
- m. перенасыщенные
- n. люминантные
- о. дополнительные

5. Тип – одиночный выбор.

Для модели CIE XYZ координаты x,у равны:  $x=0.2$ ,  $y=0.5$ . Чему равно z?

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Как минимум 80% правильных ответов в тесте
не зачтено	Менее 80% правильных ответов в тесте

### 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>.
2. Боресков А. В. Компьютерная графика : учебник и практикум / А. В. Боресков, Е. В. Шикин. - Москва : Юрайт, 2023. - 219 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-11630-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=847817&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Программирование графических процессоров с использованием Direct3D и HLSL / Семенов А.Б. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=663603&idb=0>.
2. Федотов Г. В. Компьютерная геометрия и графика : учебное пособие для спо / Федотов Г. В. - Санкт-Петербург : Лань, 2024. - 84 с. - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-507-48165-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=886918&idb=0>.
3. Никулин Е. А. Компьютерная графика. Оптическая визуализация : учебное пособие для вузов / Никулин Е. А. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 200 с. - Рекомендовано Ученым советом Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева в качестве учебного пособия для студентов направления подготовки «Информатика и

вычислительная техника». - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-507-47029-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=863288&idb=0>.

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

Интернет-ресурсы:

1) Open 3D Engine Features - Open 3D Engine: Engine backed with a high performance math library, designed to take advantage of modern CPU capabilities for fast and precise calculations.

<https://docs.o3de.org/docs/welcome-guide/features-intro/>

2) Труды конференций Графikon <http://www.graphicon.ru/>

3) Курс "Введение в компьютерное зрение" 2015 (ВМК МГУ)

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLbwKcm5vdiSZGvD9tL4bxj9zXlGfgWstZ>

4) Библиотека OpenTK <https://github.com/opentk/opentk>

5) Спецификации OpenGL и GLSL <https://www.opengl.org/>

6) Timothy J. Purcell. Ray Tracing on a Stream Processor. 2004

[http://graphics.stanford.edu/papers/tpurcell\\_thesis](http://graphics.stanford.edu/papers/tpurcell_thesis)

7) Fast 3D triangle-box overlap testing.

[http://www.cs.lth.se/home/Tomas\\_Akenine\\_Moller/pubs/tribox.pdf](http://www.cs.lth.se/home/Tomas_Akenine_Moller/pubs/tribox.pdf)

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=804>

Используемое лицензионное программное обеспечение:

1. Операционные системы семейства Microsoft Windows, лицензия по подписке Microsoft Imagine.

2. Среда разработки семейства Microsoft Visual Studio, лицензия по подписке Microsoft Imagine.

3. 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>)

4. Среда программирования компьютерной графики трехмерных сцен и игр Open3D Engine <https://docs.o3de.org/docs/welcome-guide/features-intro/>

## **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 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

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

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.06.2025, протокол № Протокол №11.