

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Компьютерная графика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 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
ПК-5: Способен проектировать программное обеспечение	ПК-5.1: Знает типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения ПК-5.2: Знает методы и средства проектирования программного обеспечения ПК-5.3: Знает методы и средства проектирования баз данных ПК-5.4: Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения ПК-5.5: Умеет применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных	ПК-5.1: Знает типовые решения, открытые библиотеки программ, коммерческое ПО, шаблоны и классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения в компьютерной графике, в том числе с применением GPU (графических процессоров). ПК-5.2: Знает методы и средства проектирования ПО компьютерной графики. ПК-5.3: - ПК-5.4: - ПК-5.5: Умеет применять существующее открытое ПО и типовые решения проектирования ПО компьютерной графики.	Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-6: Способен изучать и применять программное обеспечение, проводить	ПК-6.1: Знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и	ПК-6.1: Знает теоретические основы компьютерной графики, основные методы, алгоритмы, базовые структуры данных,	Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы Тест

расчётные работы и выполнять обработку результатов исследований	автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований ПК-6.2: Умеет самостоятельно проводить расчётные работы, выбирать и применять современные программные комплексы, пакеты прикладных программ и автоматизированные системы, обрабатывать и анализировать полученные результаты ПК-6.3: Имеет практический опыт применения современного программного обеспечения для решения прикладных задач	средства программирования задач компьютерной графики. ПК-6.2: Умеет разрабатывать математические модели и алгоритмы для решения задач компьютерной графики; ПК-6.3: Умеет использовать дополнительные пакеты, средства и библиотеки компьютерной графики при программировании;		
---	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

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

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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные	Всего	

			работы), часы		
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 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	0	2	4
Базовые растровые алгоритмы	7	2	1	3	4
Геометрическая машина. Основные алгоритмы вычислительной геометрии	7	2	1	3	4
Понятие и алгоритмы триангуляции	3	2	1	3	
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 визуализации. Open3D (O3D)	8	3	1	4	4
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	16	49	23

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. Методы сегментации изображений.
- 5) Параметрические полиномиальные кривые и поверхности. Сплайны
- 6) Базовые растровые алгоритмы
- 7) Геометрическая машина. Основные алгоритмы вычислительной геометрии
- 8) Понятие и алгоритмы триангуляции
- 9) Координатный метод в компьютерной 3D графике. Однородные координаты

- 10) Графический 3d-конвейер. Понятие растеризации и синтез изображений
- 11) Методы текстурирования в 3d-конвейере
- 12) Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL
- 13) Фотореалистичные методы 3D графики. Трассировка лучей.
- 14) Глобальное освещение. Понятие. Основное уравнение освещенности
- 15) Глобальное освещение. Метод фотонных карт
- 16) Методы научной визуализации. Direct Volume Rendering
- 17) Открытая среда программирования 3D визуализации. Open3D (O3D)

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:

- электронный курс "«Компьютерная графика»" (<https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=804>).

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-5:

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.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

1. Программная реализация преобразований из одной цветовой модели в другую с отдельной визуализацией каналов.
2. Программная реализация методов обработки изображений
 - а. Точечные фильтры
 - б. Матричные фильтры
 - с. Фильтры математической морфологии
 - д. Фильтры специальных эффектов
3. Программная реализация визуализации трехмерных медицинских данных.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть практических заданий, возможно с незначительными

Оценка	Критерии оценивания
	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 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	обучающегося от ответа		некоторым и недочетами	и недочетами	недочетов	ошибок и недочетов	
--	---------------------------	--	------------------------------	-----------------	-----------	-----------------------	--

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-5

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)?

- d. 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 ускоряющие 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. Открытая среда программирования 3D визуализации. Open3D (O3D)

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-6

- 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. Аффинные и выпуклые комбинации точек. Сплаины Эрмита, Кэтмула-Рома, Безье, B-сплайны.
- 7) Базовые растровые алгоритмы

- 8) Основные алгоритмы вычислительной геометрии. Геометрическая машина
- 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

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.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Тип – одиночный выбор.

Восприятие цвета глазом человека обеспечивают специальные клетки

- Нейроны
- Колбочки
- Астроциты
- Палочки
- Малиновый

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

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. Open3DLab - independent site that means to provide a place for artists to share resources for use in modern 3D tools. <https://open3dlab.com/>
2. Труды конференций Графикон <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
7. Fast 3D triangle-box overlap testing.
http://www.cs.lth.se/home/Tomas_Akenine_Moller/pubs/tribox.pdf
<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=804>
8. 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/>

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
<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
Гетманская Александра Александровна.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.

