

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Working programme of the discipline

Computer graphics

Higher education level

Bachelor degree

Area of study / speciality

02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology

Focus /specialization of the study programme

General Profile

Mode of study

full-time

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2024

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.07 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-4: Способен проектировать программное обеспечение	<p>ПК-4.1: Знает типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения</p> <p>ПК-4.2: Знает методы и средства проектирования программного обеспечения</p> <p>ПК-4.3: Знает методы и средства проектирования баз данных</p> <p>ПК-4.4: Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения</p> <p>ПК-4.5: Умеет применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных</p>	<p>ПК-4.1: Знают: базовые языки программирования, применяемые в компьютерной графике; базовые современные библиотеки (GDI+ и OpenGL), используемые при разработке программного обеспечения в области компьютерной графики; знают теоретические основы методов и алгоритмов компьютерной графики.</p> <p>ПК-4.2: Знает методы и средства проектирования ПО двумерной и трехмерной компьютерной графики.</p> <p>ПК-4.3: Поддерживаются другими дисциплинами.</p> <p>ПК-4.4: Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования ПО ИТ-систем: 1) Библиотеку GDI+ для обработки изображений и создания графических интерфейсов; 2) Графический конвейер GPU и библиотеку</p>	<p>Практическое задание</p> <p>Тест</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		OpenGL для синтеза изображений 3D-сцен. ПК-4.5: Поддерживаются другими дисциплинами.		
--	--	--	--	--

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	48
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	48
- КСР	2
самостоятельная работа	10
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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
	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	4	1	3	4	
Теория цвета. Цвет и цветовые модели. Модели RGB, CMYK, CIE XYZ, Lab, Luv, HSB, YIQ.	5	2	3	5	
Принципы программирования 2d-графики и графического интерфейса пользователя. Базовая библиотека классов и событий компьютерной	5	2	3	5	

графики для .NET					
Обработка изображений, фильтры: точечные; матричные, математической морфологии, Гаусса. Методы сегментации изображений.	8	3	3	6	2
Параметрические полиномиальные кривые и поверхности	5	3		3	2
Базовые растровые алгоритмы	6	3	3	6	
Геометрическая машина. Основные алгоритмы вычислительной геометрии	8	3	3	6	2
Понятие и алгоритмы триангуляции	8	3	3	6	2
Координатный метод в компьютерной 3D графике. Однородные координаты	6	3	3	6	
Графический 3d-конвейер. Понятие растеризации и синтез изображений	6	3	3	6	
Методы текстурирования в 3d-конвейере	6	3	3	6	
Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL	6	3	3	6	
Фотореалистичные методы 3D графики. Трассировка лучей.	6	3	3	6	
Глобальное освещение. Понятие. Основное уравнение освещенности	6	3	3	6	
Глобальное освещение. Метод фотонных карт	6	3	3	6	
Методы научной визуализации. Direct Volume Rendering	7	3	3	6	1
Открытая среда программирования 3D визуализации. Open3D (O3D)	8	4	3	7	1
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	48	48	98	10

Contents of sections and topics of the discipline

- 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. Сплаины
- 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. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)

5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

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	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 отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

						объеме	
<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

Scale of assessment for interim certification

Grade		Assessment criteria
pass	outstanding	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the programme.
	excellent	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent",
	very good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good",
	good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good",
	satisfactory	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level.
fail	unsatisfactory	At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level.
	poor	At least one competency has been developed at the "poor" level.

5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:

5.3.1 Model assignments (assessment tool - Control questions) to assess the development of the competency ПК-4

1. «Цветовые модели». Преобразование изображения из модели RGB в HSV
 - a. Какие средства были выбраны для реализации пользовательского интерфейса и почему?
 - b. Какие структуры данных были использованы для хранения изображения?
2. «Обработка изображений». Реализация простейших точечных и матричных фильтров, инструментов математической морфологии
 - a. Чем отличается точечный фильтр от матричного?
 - b. 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?
 - с. 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?
 - с. 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)

Assessment criteria (assessment tool — Control questions)

Grade	Assessment criteria
outstanding	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.
excellent	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
very good	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
good	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.
satisfactory	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
unsatisfactory	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.
poor	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>.
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 (БМК 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 li-brary, designed to take advantage of modern CPU capabilities for fast and precise calculations. <https://docs.o3de.org/docs/welcome-guide/features-intro/>

Используемое лицензионные 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 02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology.

Author(s): 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.