

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

Компьютерная графика
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
Бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
01.03.02 Прикладная математика и информатика
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Прикладная математика и информатика (общий профиль)
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Код дисциплины Б1.В.04.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.04 «Компьютерная графика» относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», формируемой участниками образовательных отношений.

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	
ПК-6. Способен изучать и применять программное обеспечение, проводить расчётные работы и выполнять обработку результатов исследований	<i>ПК-6.1. Знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований</i>	<i>Знать теоретические основы компьютерной графики, основные методы, алгоритмы, базовые структуры данных, средства программирования задач компьютерной графики.</i>	<i>Собеседование Тестовые задания</i>
	<i>ПК-6.2. Умеет самостоятельно проводить расчётные работы, выбирать и применять современные программные комплексы, пакеты прикладных программ</i>	<i>Уметь разрабатывать математические модели и алгоритмы для решения задач компьютерной графики;</i>	<i>Задания</i>

	<i>и автоматизированные системы, обрабатывать и анализировать полученные результаты</i>		
	<i>ПК-6.3. Имеет практический опыт применения современного программного обеспечения для решения прикладных задач</i>	<i>Уметь использовать дополнительные пакеты, средства и библиотеки компьютерной графики при программировании;</i>	<i>Задания</i>

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):	49
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	0
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	23
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	1	1	0		1	0
Теория цвета. Цвет и цветовые модели	1	0	1		1	0
Принципы программирования 2d-графики и графического интерфейса пользователя	2	1	1		2	0
Обработка изображений, фильтры	7	2	1		3	4
Параметрические полиномиальные кривые и поверхности	6	2	0		2	4
Базовые растровые алгоритмы	2	2	0		2	0
Основные алгоритмы вычислительной геометрии	7	2	1		3	4
Фракталы. Метод систем итеративных функций	7	2	1		3	4
Координатный метод в компьютерной графике	3	2	1		3	0
Графический 3d-конвейер и синтез изображений	3	2	1		3	0
Методы текстурирования	3	2	1		3	0
Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL	3	2	1		3	0
Методы и алгоритмы трехмерной графики. Реалистичная визуализация 3d-сцен	3	2	1		3	0
Удаление невидимых элементов. Тени. Оптимизация вычислений	4	2	2		4	0
Шейдеры в 3d-графике	4	2	2		4	0
Методы моделирования природных объектов и явлений с применением шейдеров	7	3	1		4	3
Научная визуализация	8	3	1		4	4
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	72	32	16		49	23

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: освоение современных технологий компьютерной графики и графических API, таких как GDI+ (Framework), OpenGL или MS DirectX, на базе знания теоретических основ компьютерной графики, освоение основ программирования графических процессоров с помощью шейдерных языков (GLSL и/или HLSL).

На проведение практических занятий (семинарские занятия) в форме практической подготовки отводится 16 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: разработка, отладка, проверка работоспособности, модификация программного обеспечения на основе анализа математических моделей различных естественнонаучных, информационных процессов;
- компетенций - ПК-6: Способен изучать и применять программное обеспечение, проводить расчётные работы и выполнять обработку результатов 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).

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

Виды самостоятельной работы студентов:

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Компьютерная графика» включает выполнение домашних практических заданий, подготовку к тестированию, собеседованию и выполнению заданий на зачете.

Темы домашних практических заданий:

- 1) «Цветовые модели». Преобразование изображения из модели RGB в HSV
- 2) «Обработка изображений». Реализация точечных и матричных фильтров, инструментов математической морфологии.
- 3) «Моделирование и визуализация трехмерных полигональных сцен с помощью OpenGL. Текстурирование простых объектов»
- 4) «Трассировка лучей на графическом процессоре с использованием GLSL»

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.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

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	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 незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозмож-	При решении стандартных задач не продемонстрир	Продемонстрированы основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения,	Продемонстрированы все основные умения,

	ность оценить наличие умений вследствие отказа обучающего- ся от ответа	ированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	решены все основные задачи с отдельными несущест- венным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможнос- ть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего- ся от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр- ированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальны й набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонст- рированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстри- рованы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр- ированы навыки при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр- ирован творческий подход к решению нестандартн ых 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

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Компьютерная графика в информационных системах. Классификация	ПК-6

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

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-6

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 ПК-6

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

- 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?
 - в. Какие ограничения накладываются на ядро свертки (матричный фильтр)?
 - г. 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?

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

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 ННГУ.

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>)

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор: д.т.н., проф. кафедры МОСТ В.Е. Турлапов

ассистент кафедры МОСТ А.А. Гетманская

Рецензент: д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева Ломакина Л.С.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н. Р.Г. Стронгин

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 1 декабря 2021 года, протокол № 2.