МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор _____ В.П. Гергель

«____ » _____ 2018г.

Рабочая программа дисциплины

Компьютерная графика

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки
02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки
Инженерия программного обеспечения

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2018

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Компьютерная графика» предназначена для студентов 2 курса бакалавриата (4 семестр), обучающихся по направлению «Прикладная математика и информатика, относится к вариативной части ОПОП (Б1.В.10). Студенты к моменту освоения дисциплины «Компьютерная графика» должны быть ознакомлены с основными теоретическими понятиями и прикладными знаниями, полученными в рамках изучения дисциплин: «Алгебра и геометрия», «Аналитическая геометрия», «Дискретная математика», «Архитектура ЭВМ», «Языки и методы программирования». При выполнении лабораторных заданий необходимо владение методами программирования на языке C++, желательно – на C#.

Целями освоения дисциплины являются:

- Овладение основными понятиями, методами и алгоритмами в области знаний «Компьютерная графика и визуализация» и, прежде всего, по основному курсу «Компьютерная графика» CS255 в соответствии с Международными рекомендациями Computing Curricula.
- Освоение современных технологий компьютерной графики и графических API, таких как GDI+ (MS .NET Framework), OpenGL, на базе знания теоретических основ компьютерной графики.
- Освоение основ межплатформенного программирования графических процессоров с помощью шейдерного языка GLSL.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций**
(ОПК-2, начальный этап) способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции,	**Знать:** З1(ОПК-2) знать базовые языки программирования, применяемые в компьютерной графике. З2(ОПК-2) знать базовые современные библиотеки, используемые при разработке программного обеспечения в области компьютерной графики. **Владеть:** В1(ОПК-2) способность понимать концепции и использовать на практике функциональные возможности следующих базовых технологий: 1. на уровне технической грамотности: a. архитектура графических процессоров 2. на уровне углубленных знаний:

сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий	а. компьютерная графика (КГ) и технологии мультимедиа; **Уметь:** У1(ОПК-2) профессионально разрабатывать и использовать программное обеспечение компьютерной графики У2(ОПК-2) проводить анализ и выбор современных технологий КГ в реализации информационной системы
(ПК-1, начальный этап) способность к ведению научно-исследовательской деятельности в области фундаментальной информатики и информационных технологий способность использовать современные инструментальные и вычислительные средства (ПК-1-4);	**Знать** З1(ПК-1-4) – знать теоретические основы методов и алгоритмов компьютерной графики. **Владеть**: В1(ПК-1-4) способность к разработке новых алгоритмических, методических и технологических решений в области компьютерной графики; В2(ПК-1-4) способность обрабатывать, интер-претировать и визуализировать данные современных научных исследований методами КГ **Уметь:** У1(ПК-1-4) проводить анализ и выбор алгоритмов КГ в сфере визуализации научных исследований

3. Структура и содержание дисциплины «Компьютерная графика»

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 65 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 32 часа занятия лабораторного типа, 1 час мероприятия промежуточной аттестации), 43 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине	**Всего (часы)**	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				СРС
		Занятия лекционного типа	**Занятия семинарского типа**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
Введение. Компьютерная графика в информационных	5	1		2	3	2

системах						
Теория цвета. Цвет и цветовые модели	6	2		2	4	2
Принципы программирования 2d-графики и графического интерфейса пользователя	4	0		2	2	2
Обработка изображений, фильтры	8	4		2	6	2
Параметрические полиномиальные кривые и поверхности	6	2		2	4	2
Базовые растровые алгоритмы	6	2		2	4	2
Основные алгоритмы вычислительной геометрии	7	3		2	5	2
Фракталы. Метод систем итеративных функций	3	0		0	0	3
Координатный метод в компьютерной графике	7	2		2	4	3
Графический 3d-конвейер и синтез изображений	7	2		2	4	3
Методы текстурирования	7	2		2	4	3
Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL	5	0		2	2	3
Методы и алгоритмы трехмерной графики. Реалистичная визуализация 3d-сцен	9	4		2	6	3
Удаление невидимых элементов. Тени. Оптимизация вычислений	7	2		2	4	3
Шейдеры в 3d-графике	7	2		2	4	3
Методы моделирования природных объектов и явлений с применением шейдеров	7	2		2	4	3
Научная визуализация	6	2		2	4	2
В т.ч. текущий контроль 2 ч.						
Промежуточная аттестация: зачет						

4. Образовательные технологии

Используются образовательные технологии в форме лекций и занятий семинарского типа (выполнение лабораторных работ). Занятия семинарского типа - одна из форм учебного занятия, направленная на развитие самостоятельности обучающихся и приобретение умений и навыков. Данные учебные занятия углубляют, расширяют, детализируют полученные на лекции знания. Такое занятие предполагает выполнение студентами по заданию и под руководством преподавателей нескольких домашних

практических работ. В рамках занятий изучаются синтаксисы языков, применяемых для программирования задач компьютерной графики, изучаются также библиотеки для 2D и 3D визуализации, со студентами обсуждаются возможные способы решения типовых учебных задач, проводится их сравнительный анализ. Основное внимание уделяется развитию у студентов навыков программирования и отладки, в том числе приложений для графических процессоров, обсуждаются типичные ошибки, методы их обнаружения и устранения, проверяются программы студентов, изучается текущий прогресс в обучении. Самостоятельная работа студентов в ходе всего учебного года предполагает выполнение ряда лабораторных работ. При этом в каждой лабораторной работе студенты проходят весь путь, начиная от постановки учебной задачи до сдачи преподавателю работающей программы и ответов на вопросы преподавателя. Успешная сдача лабораторных работ является основным критерием при постановке зачета по дисциплине. При выполнении лабораторных работ, при самостоятельной работе и подготовке к зачету студенты имеют доступ к материалам курса, размещенным на сайте e-learning.unn.ru, режим доступа - свободный.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

5.1. Виды самостоятельной работы студентов

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

Темы домашних лабораторных работ:

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»

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

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

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,

включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

Оценка уровня формирования компетенции ОПК-2:

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания (уровень, оценка, %)
Знать: З1(ОПК-2) знать базовые языки программирования, применяемые в компьютерной графике. З2(ОПК-2) знать базовые современные библиотеки, используемые при разработке программного обеспечения в области компьютерной графики. **Владеть:** В1(ОПК-2) способность понимать концепции и использовать на практике функциональные возможности следующих базовых технологий: 1. на уровне технической грамотности: a. архитектура графических процессоров 2. на уровне углубленных знаний: a. компьютерная графика (КГ) и технологии мультимедиа; **Уметь:** У1(ОПК-2) профессионально разрабатывать и использовать программное обеспечение компьютерной графики У2(ОПК-2) проводить анализ и выбор современных технологий КГ в реализации информационной системы	Отсутствие знаний основного теоретического материала. Отсутствие умений решения стандартных задач. Полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией.	Нулевой уровень, «плохо», 0-30%
	Наличие грубых ошибок в изложении основного теоретического материала. Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач. Наличие недостаточных навыков.	Недостаточный уровень, «неудовлетворительно», 31-50%
	Знание основного теоретического материала с рядом негрубых ошибок. Умение решать стандартные задачи с рядом негрубых ошибок. Наличие минимальных навыков.	Низкий уровень «удовлетворительно», 51-70 %
	Знание основного теоретического материала с рядом заметных погрешностей. Умение решать стандартные задачи с рядом заметных погрешностей. Наличие достаточных навыков.	Средний уровень, «хорошо», 71-85 %
	Знание основного теоретического материала с незначительными погрешностями. Умение решать стандартные задачи с незначительными погрешностями. Наличие достаточных навыков.	Уровень выше среднего, «очень хорошо», 86-90 %
	Знание основного теоретического материала без ошибок и погрешностей. Умение решать стандартные задачи без ошибок и погрешностей. Наличие полноценных навыков.	Высокий уровень, «отлично», 91-98 %
	Знание основного и	Очень высокий уровень,

	дополнительного теоретического материала без ошибок и погрешностей. Умение решать стандартные и нестандартные задачи без ошибок и погрешностей. Наличие полноценных навыков, творческий подход к разрешению нестандартных ситуаций.	«превосходно», 99-100 %

Оценка уровня формирования компетенции ПК-1:

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания (уровень, оценка, %)
Знать З1(ПК-1-4) – знать теоретические основы методов и алгоритмов компьютерной графики. **Владеть**: В1(ПК-1-4) способность к разработке новых алгоритмических, методических и технологических решений в области компьютерной графики; В2(ПК-1-4) способность обрабатывать, интерпретировать и визуализировать данные современных научных исследований методами КГ **Уметь:** У1(ПК-1-4) проводить анализ и выбор алгоритмов КГ в сфере визуализации научных исследований	Отсутствие знаний основного теоретического материала. Отсутствие умений решения стандартных задач. Полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией.	Нулевой уровень, «плохо», 0-30%
	Наличие грубых ошибок в изложении основного теоретического материала. Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач. Наличие недостаточных навыков.	Недостаточный уровень, «неудовлетворительно», 31-50%
	Знание основного теоретического материала с рядом негрубых ошибок. Умение решать стандартные задачи с рядом негрубых ошибок. Наличие минимальных навыков.	Низкий уровень «удовлетворительно», 51-70 %
	Знание основного теоретического материала с рядом заметных погрешностей. Умение решать стандартные задачи с рядом заметных погрешностей. Наличие достаточных навыков.	Средний уровень, «хорошо», 71-85 %
	Знание основного теоретического материала с незначительными погрешностями. Умение решать стандартные задачи с незначительными погрешностями. Наличие достаточных навыков.	Уровень выше среднего, «очень хорошо», 86-90 %
	Знание основного теоретического материала без ошибок и погрешностей. Умение решать стандартные задачи без ошибок и погрешностей. Наличие полноценных навыков.	Высокий уровень, «отлично», 91-98 %
	Знание основного и дополнительного теоретического	Очень высокий уровень, «превосходно»,

	материала без ошибок и погрешностей. Умение решать стандартные и нестандартные задачи без ошибок и погрешностей. Наличие полноценных навыков, творческий подход к разрешению нестандартных ситуаций.	99-100 %

6.2. Описание шкал оценивания

Для оценивания результатов учебной деятельности студентов при изучении дисциплины «Компьютерная графика» используется балльная система оценки учебной работы студентов. По результатам итоговой аттестации проставляются оценки «Зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «удовлетворительно» и выше) и «Не зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «плохо» и «неудовлетворительно»).

Результаты работы студентов оцениваются непрерывно в ходе семестра. При этом оценка сформированности компетенций ОПК-2 и ПК-1 в части «уметь» и «владеть» оценивается по результатам выполнения лабораторных работ. В семестре студент должен выполнить не менее трех лабораторных работ и пройти собеседование по проделанной работе. Оценка сформированности компетенции ПК-1 в части «знать» определяется в результате собеседования по заранее подготовленным вопросам к зачету. Текущий контроль формирования компетенций ОПК-2 в части «знать» проводится с помощью автоматического тестирования на сайте e-learning.unn.ru (https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=804).

Оценка	**Уровень подготовки**
Зачтено	Указаны минимальные требования для получения оценки «зачтено». Не хуже, чем минимально достаточный уровень подготовки. Обучаемый в значительной части отвечает на все вопросы, ошибки не носят грубого характера. В ходе семестра были сданы три лабораторные работы и пройдено собеседование по этим работам. Освоение материала на уровне не менее 50%.
Не зачтено	Подготовка не достаточна и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы, так и на наводящие и дополнительные вопросы. Как правило, имеет задолженности по практикуму. Освоение материала на уровне менее 50%.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- тестирование;
- индивидуальное собеседование;
- устные и письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- лабораторные работы, включающие постановку одной сложной учебной задачи в виде краткой формулировки действий, которые следует выполнить, и описания результата, который нужно получить.
- индивидуальное собеседование по результатам лабораторной работы

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

Для оценивания **текущих результатов** обучения в виде знаний проводятся онлайн тестирования в системе e-learning (https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=804) по темам «Теория цвета и обработка изображений», «OpenGL» и «Шейдерное программирование и алгоритм трассировки лучей» по 20 вопросов на 30 минут.

Итоговый тест состоит из 35 вопросов на 40 минут и содержит в себе вопросы из всех трех тем, выбираемые случайным образом из банка вопросов.

6.4.1 Примеры вопросов итогового автоматизированного тестирования для оценки результатов формирования ПК1 и ОПК-2 в виде знаний З1(ПК1) и З1, З2(ОПК2)

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

6.4.2 Список вопросов для оценки сформированности ОПК-2, ПК-1 при индивидуальном собеседовании на зачете

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

20. Визуализация в реальном времени и использование шейдерных языков в 3d-графике
21. Методы моделирования природных объектов и явлений с применением шейдеров
22. Научная изуализация и метод Volume Rendering.

6.4.3 Темы заданий (лабораторных работ) и примеры вопросов для индивидуального собеседования по итогам их выполнения при текущем контроле ОПК-2, ПК-1 в части «Уметь», «Владеть»:

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?
    c. Какие ограничения накладываются на ядро матричного фильтра?
    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 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?

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ от 13.02.2014.
http://www.unn.ru/pages/general/norm-acts/attest_stud%202014.pdf

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

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)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1) Компьютерная графика. Алгоритмические основы растровой графики (лекция по фильтрации изображений, предполагает регистрацию на сайте ИНТУИТ). http://www.intuit.ru/department/graphics/rastrgraph/8
2) Курс "Введение в компьютерное зрение" 2015 (ВМК МГУ) https://www.youtube.com/playlist?list=PLbwKcm5vdiSZGvD9tL4bxj9zXlGfgWstZ
3) Труды конференций Графикон http://www.graphicon.ru/
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) Martin Christen. Ray Tracing on GPU. http://www.clockworkcoders.com/oglsl/rt

8) Fast 3D triangle-box overlap testing.
http://www.cs.lth.se/home/Tomas_Akenine_Moller/pubs/tribox.pdf

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет». Компьютерный класс с доступом в интернет для проведения тестирования и демонстрации результатов домашних лабораторных работ. Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках и на кафедре математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий.

В компьютерном классе установлена операционная система Windows (лицензия), Microsoft Visual Studio (лицензия), 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 и ОПОП по направлению подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Авторы В.Е. Турлапов, А.А.Белокаменская

Заведующий кафедрой_____ Р.Г. Стронгин

Программа одобрена методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от 20 июня 2018 года, протокол № 10