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)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

_____ В.П. Гергель
«____»_____2019

Рабочая программа дисциплины

Компьютерная графика виртуальной реальности (Вычислительная геометрия)
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
Бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Инженерия программного обеспечения
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

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

Нижний Новгород

2019 год

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
__ _____ 2019 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2019-2020 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
__ _____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.
Б1.В.ДВ.06.01 Компьютерная графика виртуальной реальности (Вычислительная геометрия)

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-2.: Способен проектировать программное обеспечение	**ПК-2.1**: Знает типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения **ПК-2.2**: Знает методы и средства проектирования программного обеспечения **ПК-2.3.**: Знает методы и средства проектирования баз данных	Знать теоретические основы методов и алгоритмов вычислительной геометрии, обеспечивающие понимание и развитие современных ИТ.	*Собеседование, тестирование*
	ПК-2.4.: Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны	Уметь анализировать требования и разрабатывать варианты реализации информационной системы с точки зрения применения вычислительной геометрии; Уметь использовать современные	*Задача*

	проектирования программного обеспечения **ПК-2.5.**: Умеет применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных	открытые библиотеки и технологии вычислительной геометрии Уметь разрабатывать новые модели, алгоритмические, методические и технологические решения на основе вычислительной геометрии; Уметь обрабатывать, интерпретировать и визуализировать данные современных научных исследований, используя средства вычислительной геометрии Уметь эффективно применять известные алгоритмы вычислительной геометрии при решении конкретных проектно-технических задач;	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	**3 ЗЕТ**
Часов по учебному плану	**108**
в том числе	
контактная работа: **- занятия лекционного типа** **- занятия лабораторного типа** **- текущий контроль (КСР)**	**50** **16** **32** **2**
самостоятельная работа	**22**
Промежуточная аттестация – экзамен	**36**

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 работы	Всего	
1. Открытые системы и библиотеки вычислительной геометрии, сегментации, научной визуализации. 1.1.Обеспечение вычислительной геометрии и геометрического моделирования 1.2. Обеспечение сегментации 1.3. Обеспечение научной визуализации	10	2		4	6	4
2. Алгоритмы вычислительной геометрии 2.1.Геометрические микрозадачи: близость; векторное произведение; пересечение двух отрезков 2.2.Точки в прямоугольнике 2.3.Построение касательных точечного множества 2.4.Локализация точки в многоугольнике 2.5.Локализация точки в плоском графе 2.6.Пересечение отрезков 2.7.Выпуклая оболочка. Алгоритм Джарвиса 2.8.Выпуклая оболочка. Алгоритм Грэхема. Модифицированный Грэхема 2.9.Аппроксимация выпуклой оболочки	16	4		8	12	4
3.Триангуляция. 3.1.Триангуляция. Количественные оценки. Триангуляция Делоне и Диаграмма Вороного, двойственность 3.2.Триангуляция Делоне: пошаговый алгоритм. 3.3.Триангуляция монотонных полигонов. Преобразование полигона в монотонный методом сканирующей прямой 3.4.Диаграмма Вороного. Алгоритм Форчуна	10	2		4	6	4
4. Барицентрические координаты 4.1.Деление отрезка в заданном отношении. Барицентрические координаты на прямой и на плоскости 4.2.Замечательные точки в треугольнике. Точки пересечения: медиан (центр тяжести); биссектрис (центр вписанной окружности); высот (ортоцентр); срединных перпендикуляров (центр описанной окружности) 4.3.Барицентрическое уравнение прямой	16	4		8	12	4

4.4.Барицентрические координаты в пространстве 4.5.Применение барицентрических координат. Основные теоремы.						
5. Моделирование поверхностей. Метод криволинейных PN треугольников	7	1		2	3	4
6. Элементы проективной геометрии 6.1.Однородные координаты на прямой и на плоскости. Прямые на проективной плоскости 6.2.Принцип двойственности на проективной плоскости. 6.3.Конфигурации Дезарга на плоскости и в пространстве. 6.4.Аффинные и проективные преобразования плоскости. Проективное преобразование квадрата. Неподвижные точки и прямые. 6.5.Проективное пространство. Аффинные и проективные преобразования пространства. 6.6.Сложное отношение четырех точек. Инварианты. Арифметизация прямой. Проективные и перспективные ряды и пучки. 6.7.Гармоническое отношение. Гармонические свойства четырехугольника и четырехсторонника	11	3		6	9	2
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация –экзамен	36					
Итого	108	16		32	50	22

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях лабораторного типа.
Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Проработка материала лекций и выполнение домашней части лабораторных работ на следующие темы:

1) Знакомство с библиотекой CGAL на примере задачи построения выпуклой оболочки методом Джарвиса
2) Знакомство с алгоритмом Грэхема в среде CGAL. Реализация алгоритма Грэхема на языке C#.
3) Триангуляция множества точек на плоскости в среде библиотеки CGAL
4) Диаграмма Вороного и ее построение в среде библиотеки CGAL
5) Реализация алгоритма разбиения произвольного полигона на монотонные полигоны методом заметающей прямой с трудоемкостью O(N·*log*N) на языке C# (C++)

6) Реализация алгоритма триангуляции монотонного полигона за O(N) на языке C# (C++)
7) Реализация алгоритма построения двумерной диаграммы Вороного методом Форчуна (Fortune) трудоемкостью O(N·*log*N) на языке C# (C++)
8) Реализация алгоритма тестированиия пересечения прямой с треугольником в барицентрических координатах на языке C# (C++)
9) Реализация уровней детализации поверхности криволинейного PN-треугольника

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				
Знания	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 ошибки.	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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
Умения	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	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с	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 несущест-венным недочетами, выполнены все задания в полном	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задач

			объеме.	недочетами.		объеме.	и. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие владения материалом. 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 недочетами.	Продемонст-рированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 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

№ п/п	Текст вопроса	Код компетенции (согласно РПД)
Открытые системы и библиотеки вычислительной геометрии, сегментации, научной визуализации		
1	Обеспечение вычислительной геометрии и геометрического моделирования	ПК-2
2	Обеспечение сегментации	ПК-2
3	Обеспечение научной визуализации	ПК-2
Базовые алгоритмы вычислительной геометрии		
4	Геометрические микрозадачи: близость; векторное произведение; пересечение двух отрезков	ПК-2
5	Точки в прямоугольнике	ПК-2
6	Построение касательных точечного множества	ПК-2
7	Локализация точки в многоугольнике	ПК-2
8	Локализация точки в плоском графе	ПК-2
9	Пересечение отрезков	ПК-2
10	Выпуклая оболочка. Алгоритм Джарвиса	ПК-2
11	Выпуклая оболочка. Алгоритм Грэхема. Модифицированный алгоритм Грэхема	ПК-2
12	Аппроксимация выпуклой оболочки	ПК-2
Триангуляция		
13	Триангуляция. Количественные оценки. Триангуляция Делоне и Диаграмма Вороного, двойственность	ПК-2
14	Триангуляция Делоне: пошаговый алгоритм	ПК-2
15	Триангуляция монотонных полигонов. Преобразование произвольного полигона в ряд монотонных методом сканирующей прямой	ПК-2
16	Диаграмма Вороного. Алгоритм Форчуна	ПК-2
Барицентрические координаты		
17	Деление отрезка в заданном отношении. Барицентрические координаты на прямой и на плоскости	ПК-2
18	Замечательные точки в треугольнике. Точки пересечения: медиан (центр тяжести); биссектрис (центр вписанной окружности); высот (ортоцентр); срединных перпендикуляров (центр описанной окружности)	ПК-2
19	Барицентрическое уравнение прямой	ПК-2
20	Барицентрические координаты в пространстве	ПК-2
21	Применение барицентрических координат. Основные теоремы	ПК-2
Моделирование поверхностей		
22	Метод криволинейных PN-треугольников	ПК-2
Элементы проективной геометрии		
23	Однородные координаты на прямой и на плоскости.	ПК-2

	Прямые на проективной плоскости	
24	Принцип двойственности на проективной плоскости. Конфигурации Дезарга на плоскости и в пространстве	ПК-2
25	Аффинные и проективные преобразования плоскости. Проективное преобразование квадрата. Неподвижные точки и прямые	ПК-2
26	Проективное пространство. Аффинные и проективные преобразования пространства	ПК-2
27	Сложное отношение четырех точек. Инварианты. Арифметизация прямой. Проективные и перспективные ряды и пучки	ПК-2
28	Гармоническое отношение. Гармонические свойства четырехугольника и четырехсторонника	ПК-2

5.2.2. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

Вычислительная геометрия. Основные алгоритмы

1. Тип вопроса: одиночный выбор

Выберите правильный вариант утверждения:

Ядро звездчатого полигона для выпуклого полигона -

a) не существует
b) совпадает с центром полигона
c) совпадает с самим полигоном

2. Тип вопроса: одиночный выбор

За какое время можно декомпозировать на монотонные части произвольный полигон, имеющий n вершин.

Варианты ответа:

a) $O(n^3)$
b) $O(n^2)$
c) $O(n \cdot \log n)$
d) $O(n)$
e) $O(1)$

Темы задач (лабораторных работ) для текущего контроля ПК-2:

1. Знакомство с библиотекой CGAL на примере задачи построения выпуклой оболочки методом Джарвиса
    a. Какие средства были выбраны для реализации пользовательского интерфейса и почему?
    b. Содержание алгоритма Джарвиса.
    c. Экстремальные случаи трудоемкости алгоритма.
2. Знакомство с алгоритмом Грэхема в среде CGAL. Реализация алгоритма Грэхема на языке C#.

a. Содержание алгоритма Грэхема.
b. Оценка трудоемкости алгоритма. Роль сортировки в общей трудоемкости алгоритма.
c. Возможности ускорения алгоритма Грэхема

3. Триангуляция множества точек на плоскости в среде библиотеки CGAL
   a. Определение и содержание жадного алгоритма триангуляции Делоне.
   b. Возможности библиотеки CGAL в построении триангуляций Делоне.
   c. Трудоемкость триангуляции Делоне в различных алгоритмах.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1) Шульц М.М. Аналитическая и вычислительная геометрия. /Учебное пособие. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегор. гос. ун-та, 2010. – 123 с. (100 экз.)
2) С.Копелиович, С.Мельников, О.Пестов. Базовые и "продвинутые" алгоритмы для школьников (http://www.intuit.ru/studies/courses/998/312/info)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1) А.Иванов, Д.Ильютко, Г.Носовский, А.Тужилин, А.Фоменко. Практикум по компьютерной геометрии (в среде Mathematica) http://www.intuit.ru/studies/courses/645/501/info
2) CGAL - The Computational Geometry Algorithms Library, Voronoi Diagrams: www.cgal.org, http://doc.cgal.org/latest/Manual/packages.html#PartVoronoiDiagrams

7.Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: операционная система Windows (лицензия), Microsoft Visual Studio (лицензия), Microsoft Office (лицензия).

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 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор В.Е. Турлапов

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой_____ Р.Г. Стронгин