МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор _____ В.П. Гергель

«____» _____ 2017 г.

Рабочая программа дисциплины

Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки
02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность образовательной программы
Общий профиль

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2017 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» (Б1.В.10) относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки». Дисциплина обязательна для освоения в 5 семестре.

Студенты к моменту освоения дисциплины «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» ознакомлены с основными теоретическими понятиями и прикладными знаниями, полученными в рамках изучения дисциплин «Аналитическая геометрия», «Фундаментальная и компьютерная алгебра» и «Языки и методы программирования». К моменту изучения дисциплины у студентов присутствуют устойчивые представления, касающиеся понятийного аппарата в области аналитической геометрии, линейной алгебры, математического анализа и объектно-ориентированного программирования. Студенты владеют навыками написания консольных приложений на C++ или другом языке объектно-ориентированного программирования.

Целями освоения дисциплины являются:

- овладение математическими основами теории построения изображений объектов средствами компьютерной техники, графической библиотеки языка программирования Java, а также алгоритмов и структур данных, работающих с геометрическими объектами
- получение практических навыков написания программ, использующих компьютерную графику и геометрическое моделирование.

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

Формируемые компетенции	**Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций**
ПК-1: способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области Базовый этап	З1 (ПК-1): Знать определения и основные свойства линейных, аффинных и проективных отображений, формулы наиболее важных отображений. З2 (ПК-1): Знать определения и основные свойства кривых Безье и сплайнов. З3 (ПК-1): Знать определения, основные свойства и алгоритм построения триангуляции Делоне и диаграммы Вороного. У1 (ПК-1): Уметь находить матрицы линейных и аффинных отображений. У2 (ПК-1): Уметь переводить мировые координаты двумерной фигуры в экранные. У3 (ПК-1): Уметь находить формулы кубического сплайна для данных краевых условий. В1 (ПК-1): Владеть навыками построения изображение трехмерного объекта на экране компьютера.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, всего 144 часа, из которых 67 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятий лекционного типа, 32 часа занятий семинарского типа, 3 мероприятия промежуточной аттестации), 77 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (в т.ч. включая 36 часов подготовки к экзамену).

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего	В том числе					
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Консультации	Всего	
1	Линейные и аффинные отображения, их матрицы. Аффинные комбинации и барицентрические координаты. Параллельные проекции. Проективные пространства, проективные отображения, их матрицы. Центральные проекции.	40	10	10			20	20
2	Объектно-ориентированное программирование в Java. Пиксельная и векторная графика в Java. Анимация и иерархическое моделирование.	24	6	6			12	12
3	Кривые Безье, полиномы Бернштейна. Кубические сплайны.	24	6	6			12	12
4	Рациональные кривые Безье. B-сплайны. Неравномерные рациональные B-сплайны (NURBS).	25	6	6			12	13
5.	Триангуляция Делоне и диаграммы Вороного. Алгоритм построения триангуляции Делоне.	28	4	4			8	20
	В т.ч. текущий контроль	2						
	Промежуточная аттестация - зачет, экзамен							

4. Образовательные технологии

Используются образовательные технологии в форме лекций и практических занятий.

Лекционные занятия в проводятся в форме лекции-информации и лекции-беседы. Студентам часто задаются вопросы, чтобы убедиться, что они следят за изложением. Также приветствуются вопросы студентов и небольшие обсуждения рассказываемого материала.

Некоторые темы, в первую очередь программирование графики в Java, рассказываются с использованием слайдов. Это избавляет студентов от необходимости копировать большой объем программного кода и позволяет им лучше следить за изложением. Слайды и конспекты лекций публикуются на сайте курса.

Практические занятия направлены на решение математических задач, а также на ознакомление с работой в интегрированной среде IntelliJ IDEA и написание программ на Java. При написании программ возможно разбиение студентов на пары, которые работают вместе.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

5.1. Виды самостоятельной работы студентов

- изучение литературы и проработка теоретического материала лекционных занятий;
- выполнение теоретических домашних заданий к научно-практическим занятиям;
- выполнение заданий по программированию, пользуясь заготовками программ, предоставленных преподавателем.

5.2. Методические указания для обучающихся

Список литературы и рекомендованные Интернет-ресурсы указаны в настоящей программе (раздел 7), а также на сайте курса.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,

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

Результаты обучения (знания, умения и навыки) в таблицах, приведённых ниже, взяты из таблицы компетенций в разделе 2.

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знания З1 (ПК-1), З2 (ПК-1), З3 (ПК-1)	отсутствие знаний материала	наличие грубых ошибок в основном материале	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материалом с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительным материала без ошибок и погрешностей

Умения У1 (ПК-1), У2 (ПК-1) У3 (ПК-1)	отсутствие умений	практическое отсутствие умений	большие пробелы в умениях	умения с отдельными ошибками	умения с незначительными ошибками	умения без существенных ошибок	умения с полным отсутствием ошибок
Навыки В1 (ПК-1)	полное отсутствие навыков	отсутствие навыков обоснования решения большинства типов задач	наличие навыков обоснования решения только части задач с негрубыми ошибками	наличие навыков обоснования решения большинства задач с существенными погрешностями	наличие навыков обоснования решения большинства задач с несущественными погрешностями	владение навыками обоснования решения всех теоретических задач с несущественными погрешностями	владение навыками обоснования решения всех теоретических задач без погрешностей
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0–10%	11–30%	31–50%	51–70%	71–85%	86–99%	100%

6.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в виде зачета и экзамена, на которых определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет проводится в устной форме и заключается в решении задач, которые не были решены на контрольных работах в течении семестра. Также возможны дополнительные задачи. Перед началом зачета студенты должны сдать все программные проекты, которые задавались на дом.

Зачтено	Выполнены задания контрольных работ и домашние задания, связанные с написанием программ
Не зачтено	Не выполнены задания контрольных работ или домашние задания, связанные с написанием программ

Экзамен проводится в устной форме и заключается в ответе студентом на два теоретических вопроса курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент

должен дать краткий ответ.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий поход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях.
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждает теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях.
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий и в доказательствах теорем. Студент активно работал на практических занятиях.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий и в доказательствах теорем. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки в определениях и формулировках теорем, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий.

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

Для оценивания результатов обучения в виде <u>знаний</u> используются следующие процедуры и технологии:

- контрольные работы,
- экзамен.

Для оценивания результатов обучения в виде <u>умений</u> и <u>владений</u> используются следующие процедуры и технологии:

- проверка домашних заданий по программированию.

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

Экзаменационные вопросы (ПК-1)

1. Переход к новому базису: его матрица, связь между старыми и новыми координатами вектора. Матрица композиции переходов и обратного перехода.
2. Линейное отображение: его матрица, связь между координатами образа и прообраза. Матрица отображения в другом базисе. Матрица композиции отображений.
3. Точечные аффинные пространства. Координаты в аффинных пространствах. Переход к новому реперу, связь между старыми и новыми координатами точки.
4. Аффинные отображения, их действие на векторах. Сохранение координат при аффинных отображениях. Связь между координатами образа и прообраза.
5. Однородные координаты. Матрица перехода к новому реперу, матрица аффинного отображения и обратного отображения в однородных координатах.
6. Аффинные комбинации точек (барицентры), их независимость от выбора системы координат. Деление отрезка в данном отношении как нахождение аффинной комбинации.
7. Барицентрическая система координат. Связь между обычными и барицентрическими координатами. Инвариантность аффинных комбинаций точек при аффинных отображениях.
8. Простые аффинные отображения на плоскости и в пространстве: поворот вокруг начала (осей) координат, симметрия относительно осей координат (координатных плоскостей), масштабирование, наклон, параллельный перенос, проекция вдоль осей координат. Их матрицы, геометрический смысл коэффициентов матриц.
9. Представление аффинного преобразования в виде композиции простых преобразований с целью нахождения его матрицы, примеры.
10. Преобразование мировых координат в экранные, примеры.
11. Классификация и свойства параллельных проекций. Матрица косоугольной проекции.
12. Матрица ортогональной проекции. Изометрия, диметрия и триметрия.
13. Проективное пространство, порожденное векторным пространством. Расширенная плоскость. Проективная система координат, проективные отображения.
14. Центральная проекция как проективное отображение, его матрица и свойства.
15. Объектно-ориентированное программирование на Java: классы, объекты, поля, методы, конструкторы, статические поля и методы.
16. Наследование в Java: классы, абстрактные классы и интерфейсы. Примеры из пакета java.awt.geom. Использование подкласса JPanel для рисования.
17. Методы класса java.awt.Graphics для рисования, используемые в них координаты. Графический контекст.
18. Векторная графика в Java: пакет java.awt.geom, интерфейс java.awt.Shape, классы java.awt.Graphics2D, java.awt.geom.Path2D и java.awt.geom.AffineTransform.
19. Виды вложенных классов. Использование вложенных классов для получения ввода

от мыши и событий от таймера.

20. Полярные формы, их существование. Построение параметрических полиномиальных кривых с помощью алгоритма де Кастельжо.
21. Получение полиномов Бернштейна при вычислении полярных форм. Определение кривых Безье для заданного набора контрольных точек с помощью полиномов Бернштейна.
22. Свойства полиномов Бернштейна: график, начальная и конечная точки, неотрицательность на [0, 1], симметричность, равенство суммы единице.
23. Свойства кривых Безье: принадлежность выпуклой оболочке контрольных точек, рекурсивное свойство, инвариантность при аффинных отображениях.
24. Производная кривой Безье.
25. Увеличение степени кривой Безье.
26. Кубический сплайн. Вычисление производных в промежуточных узлах.
27. Кубический базис Эрмита. Матрицы перехода между этим базисом и кубическим базисом Бернштейна, а также стандартным (т.е. степенным) базисом.
28. Диаграмма Вороного для множества точек. Ячейка точки, её представление в виде пересечения полуплоскостей, выпуклость ячейки. Максимальное количество общих граней у двух ячеек. Характеризация вершин диаграммы Вороного.
29. Мотивация для триангуляции Делоне. Допустимые и оптимальные триангуляции. Характеризация допустимых триангуляций в терминах описанных окружностей.
30. Триангуляция Делоне, её допустимость и оптимальность в случае общего расположения точек.
31. Итеративный алгоритм построения триангуляции Делоне, его корректность.

Задачи для оценки сформированности знаний компетенции ПК-1

1. Найти матрицу поворота на угол α вокруг прямой, проходящей через начало координат, если она образует угол θ с плоскостью Oxy, а ее ортогональная проекция на эту плоскость образует угол φ с осью Ox.

2. Доказать алгебраически следующие факты.

1. Композиция симметрий относительно параллельных прямых есть параллельный перенос на вектор, перпендикулярный обеим прямым, длина которого есть удвоенное расстояние между прямыми.
2. Композиция симметрий относительно пересекающихся прямых есть поворот на удвоенный угол между прямыми вокруг точки пересечения прямых.

Для оценки сформированности умений и навыков компетенции ПК-1

1. Отношение высоты к ширине листа бумаги любого формата серии A (например, A4) равно $\sqrt{2} \approx 1{,}414$. Это позволяет в точности разместить две уменьшенные и повернутые на 90 градусов копии страницы на одной странице.

Найти матрицы этих аффинных отображениях по отношению к реперам, задающим систему координат на странице (начало координат находится в левом нижнем углу).

2. В мировой системе координат, где единицами измерения служат метры, задана фигура. Требуется изобразить ее в окне, имеющем высоту h пикселей, границу шириной p пикселей и разрешение r пикселей на сантиметр.

Изображение должно быть выполнено в масштабе m метров в одном сантиметре и располагаться в левом нижнем углу окна.

3. Краевые условия для нормализованного кубического сплайна заданы следующим образом:
$2f''_0(0) = f''_0(1)$ и $f''_{n-2}(0) = 2f''_{n-2}(1)$. Выписать систему уравнений в матричном виде на производные $p'_0, \ldots, p'_{n-1}$ в узлах сплайна для $n = 5$.

Используя заготовки, предоставленные преподавателем, написать следующие программы

1. Программа, рисующая заданное в мировых координатах изображение так, чтобы оно занимало всю ширину и/или высоту окна.

2. Программа, соединяющая точки на экране кубическим сплайном.

3. Программа, рисующая с помощью анимации вид из окна движущейся машины.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Макаров Е.М. Элементы двумерной графики в Java: учебно-методическое пособие. — Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. Рег. № 1491.17.06.
http://www.unn.ru/books/met_files/graphics-java.pdf
2. Шульц М.М. Аналитическая и вычислительная геометрия. — Нижний Новгород, 2010. 100 экз.
3. Кострикин А.И. Введение в алгебру. Ч. 2: линейная алгебра. — М.: Физматлит, 2001. 61 экз.

б) дополнительная литература:

1. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: введение. — М.: Мир, 1989. 10 экз.
2. Боресков А.В., Шикин Е.В. Компьютерная графика. — М.: Юрайт, 2017. — 219 с.
https://biblio-online.ru/book/D39797BE-488C-4EC5-AFE8-F60AE1B9C750

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Комплект разработчика Java
http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk9-downloads-3848520.html

Интегрированная среда разработки IntelliJ IDEA, Community Edition

https://www.jetbrains.com/idea/download/

Документация по библиотекам языка Java
https://docs.oracle.com/javase/9/docs/api/overview-summary.html#JavaSE

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет». Наличие рекомендованной литературы.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки».

Автор: Макаров Е.М.
Рецензент(ы) _____
Заведующий кафедрой: Кузнецов М.И.

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

от _____ года, протокол № _____.