

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.И. Чуприс



Регистрационный № УД-1045 / уч.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕРИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 80 09 Прикладная математика и информатика

Профилизации:

Алгоритмы и системы обработки больших данных

Аналитическая логистика

Компьютерный анализ данных

Математическая кибернетика

2019 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 80 09-2019 и учебных планов G31-072/уч., G31-073/уч., G31-074/уч., G31-075/уч. от 11.04.2019 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Васильков Д.М. – доцент кафедры «Биомедицинской информатики» Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Бенедиктович В.И. – ведущий научный сотрудник Института математики НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук;

Метельский Ю.М. – доцент кафедры математической кибернетики БГУ, кандидат физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой биомедицинской информатики
(протокол № 15 от 16 мая 2019 года);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 28 июня 2019 года)

Заведующий кафедрой
биомедицинской информатики



Ю.Л. Орлович



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

В программу учебной дисциплины «Вычислительная геометрия и геометрическое моделирование» включены разделы, содержащие описание базовых алгоритмов векторной графики, вычислительной геометрии и геометрического моделирования. Изучение дисциплины позволяет получить знания, необходимые для успешной работы в области САПР и информационных технологий.

Цель учебной дисциплины – предоставление студентам магистратуры знаний, позволяющих самостоятельно разрабатывать программные приложения и вычислительные компоненты, позволяющие эффективно решать задачи вычислительной геометрии и создавать сложные геометрические модели.

Задачи учебной дисциплины:

1. Изучение основ теории устойчивых геометрических вычислений.
2. Ознакомление с основными подходами к решению задач вычислительной геометрии, детальное изучение базовых алгоритмов вычислительной геометрии и методов 3D-реконструкции.
3. Приобретение навыков разработки высокопроизводительных вычислительных компонент графических приложений.

Учебная дисциплина относится к государственному компоненту и входит в модуль «Алгоритмические аспекты компьютерных наук».

Программа составлена с учетом межпредметных связей с учебными дисциплинами. Основой для изучения учебной дисциплины являются учебные дисциплины I ступени высшего образования «Дискретная математика и математическая логика», «Теория алгоритмов», «Вычислительные методы алгебры», «Методы численного анализа» и «Математический анализ». Знания, полученные в учебной дисциплине,

Освоение учебной дисциплины «Вычислительная геометрия и геометрическое моделирование» должно обеспечить формирование следующих универсальных и углубленных профессиональных компетенций:

УК-1. Быть способным применять методы научного познания (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.) в самостоятельной исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи.

УПК-4. Оценивать эффективность алгоритмов решения прикладных задач.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- устойчивые методы вычисления геометрических предикатов;
- эффективные алгоритмы геометрического поиска на плоскости;
- эффективные алгоритмы нахождения пересечения объектов на плоскости;
- эффективные алгоритмы построения выпуклой оболочки множества точек на плоскости и решения задач геометрической близости;
- алгоритмы вычисления геометрических проекций трехмерных объектов;
- базовые алгоритмы 3D-реконструкции;
- методы решения задач геометрической близости;
- методы моделирования составных кривых и поверхностей различной степени гладкости.

уметь:

- разрабатывать эффективные алгоритмы решения геометрических задач;
- разрабатывать вычислительные и графические компоненты САПР и игровых графических приложений.

владеть:

- навыками решения задач вычислительной геометрии;
- знаниями методов геометрического моделирования.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается во 2-ом семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Вычислительная геометрия и геометрическое моделирование» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 96 часов, в том числе 40 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 20 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Вычислительные и алгоритмические основы

Тема 1.1 Асимптотически оптимальные алгоритмы

Примеры задач вычислительной геометрии, асимптотическая оценка трудоемкости алгоритмов, типичные размеры задач.

Тема 1.2 Вычислительная устойчивость

Геометрические предикаты: положение точки относительно направленной прямой, положение точки относительно окружности. Модели устойчивых вычислений: целочисленная, точная и адаптивная арифметика. Предикаты Шевчука.

Раздел 2. Геометрический поиск

Тема 2.1 Региональный поиск

Уникальные и массовые запросы. Подсчет и перечисление элементов. Нижние оценки. Метод сетки, квадродерево, 2-d-дерево, их адаптивные варианты.

Тема 2.2 Алгоритмы локализации

Нижние оценки. Алгоритмы локализации точки относительно выпуклой области и на планарном разбиении.

Раздел 3. Пересечения

Тема 3.1 Пересечение выпуклых многоугольников

Нижние оценки, алгоритм заметания плоскости, выпуклые отсечения.

Тема 3.2 Пересечение отрезков

Нижние оценки, пересечение ортогональных и произвольных отрезков, идентификация пересечения отрезков.

Раздел 4. Выпуклые оболочки

Тема 4.1 Простейшие алгоритмы

Нижние оценки. Алгоритм Джарвиса, оценки в среднем. Быстрое построение выпуклой оболочки.

Тема 4.2 Оптимальные алгоритмы

Алгоритм Грэхема, алгоритм типа «разделяй и властвуй» и объединение выпуклых оболочек.

Тема 4.3 Варианты задач

Динамическое построение выпуклой оболочки. Аппроксимация выпуклой оболочки. Выпуклая оболочка простого многоугольника.

Раздел 5. Задачи геометрической близости

Тема 5.1 Основные определения

Формулировка задач геометрической близости, нижние оценки. Определение и свойства диаграммы Вороного.

Тема 5.2 Алгоритмы построения диаграммы Вороного

Алгоритм Форчуна, алгоритм типа «разделяй и властвуй». Решение задач геометрической близости с помощью диаграммы Вороного.

Тема 5.3 Триангуляция

Определение, свойства и алгоритмы построения триангуляции Делоне. Триангуляция минимального веса. Методы генерации триангуляционной сети. Алгоритмы 3D-реконструкции.

Раздел 6. Элементы векторной графики

Тема 6.1 Геометрические преобразования

Виды геометрических преобразований, однородные координаты, композиция 2-мерных преобразований, 3-мерные преобразования, свойства матрицы поворота.

Тема 6.4 Плоские геометрические проекции

Виды и свойства параллельных и центральных проекций, математическое описание параллельных и центральных проекций. Вычисление параллельных и центральных проекций.

Раздел 7. Кривые и поверхности в пространстве

Тема 7.1 Пространственные кривые

Параметрическое представление пространственных кривых. Вычисление векторов касательных. Алгоритм де Кастильо, кривые Безье в форме Бернштейна. Свойства кривых Безье. Кривые в форме Эрмита.

Тема 7.2 Сплайны

Сплайновые кривые в форме Безье. Условия C^1 - и C^2 -непрерывности. Методы построения кубических интерполяционных сплайнов. B -сплайны.

Тема 7.3 Моделирование поверхностей

Билинейные поверхности. Алгоритм де Кастильо для построения поверхности Безье. Поверхности Безье в форме Бернштейна. Линейные и кубические поверхности Кунса.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Вычислительные и алгоритмические основы	2			2			
1.1	Асимптотически оптимальные алгоритмы	1			1			Устный опрос
1.2	Вычислительная устойчивость	1			1			Отчет о выполнении домашних лабораторных заданий.
2.	Геометрический поиск	2			4			
2.1	Региональный поиск.	1			2			Устный опрос
2.2	Алгоритмы локализации.	1			2			Отчет о выполнении домашних лабораторных заданий.
3.	Пересечение отрезков	2			2			
3.1	Пересечение выпуклых многоугольников	1			1			Устный опрос
3.2	Пересечение отрезков	1			1			Отчет о выполнении домашних лабораторных заданий.
4.	Выпуклые оболочки	3			3			
4.1	Простейшие алгоритмы.	1			1			Устный опрос
4.2	Оптимальные алгоритмы.	2			2			Контрольная работа № 1
5.	Задачи геометрической близости	4			4			
5.1.	Основные определения.	1						Устный опрос
5.2.	Алгоритмы построения диаграммы Вороного.	2						Устный опрос
5.3.	Триангуляции.	1			4			Коллоквиум

6.	Элементы векторной графики	2			2		
6.1.	Геометрические преобразования.	1					Отчет о выполнении домашних лабораторных заданий
6.2.	Плоские геометрические проекции.	1			2		Контрольная работа № 2
7.	Кривые и поверхности в пространстве	5			3		
7.1.	Пространственные кривые.	2			1		Устный опрос
7.2.	Сплайны.	1			1		Отчет о выполнении домашних лабораторных заданий
7.3.	Моделирование поверхностей.	2			1		Контрольная работа №3
	ИТОГО	20			20		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Васильков Д.М. Геометрическое моделирование и компьютерная графика. Вычислительные и алгоритмические основы. – Мн.: БГУ, 2011. – 202 с.
2. De Berg M., Cheong O etc. Computational geometry. – Springer, 2008. – 386 p.
3. Farin G. Curves and surfaces in CAGD. Elsevier, 2002. – 520 p.

Перечень дополнительной литературы

4. Шикин Е.В., Боресков А.В. Компьютерная графика. – М. : Издательство Юрайт, 2016.
5. Адамс М., Роджерс А. Математические основы машинной графики. - М., Мир, 2001

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для диагностики компетенций в рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы:

1. Устная форма: выборочный устный опрос, собеседование, коллоквиум.
2. Письменная форма: контрольные работы, отчеты по домашним лабораторным заданиям.
3. Устно-письменная форма: отчеты по практическим упражнениям с их устной защитой, оценивание на основе проектного метода.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Вычислительная геометрия и геометрическое моделирование» учебным планом предусмотрен экзамен.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в рейтинговую оценку:

- работа на лабораторных занятиях – 50 %;
- контрольные работы – 30 %;
- коллоквиум – 20 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационной оценки – 60 %.

Примерная тематика лабораторных занятий

Занятие № 1. Геометрически примитивы и операции над ними.

Занятие № 2. Повышение точности геометрических вычислений. Знакомство с устойчивыми геометрическими предикатами.

Занятие № 3. Региональный поиск, асимптотически оптимальные алгоритмы.

Занятие № 4. Локализация точки, обработка вырожденных случаев, устойчивые вычисления.

Занятие № 5. Оптимальные алгоритмы нахождения пересечений отрезков.

Занятие № 6. Выпуклые оболочки.

Занятие № 7. Задачи геометрической близости.

Занятие № 8. Построение проекций трехмерных объектов.

Занятие № 9. Пространственные кривые в форме Безье. Сплайны.

Занятие № 10. Поверхности Безье.

Рекомендуемая тематика контрольных работ и коллоквиума:

1. Контрольная работа № 1 «Алгоритмы нахождения пересечений, задачи геометрической близости».

2. Контрольная работа № 2 «Плоские геометрические проекции».

3. Контрольная работа № 3 «Моделирование поверхностей в пространстве».

4. Коллоквиум «Задачи геометрической близости».

Текущий контроль знаний проводится в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

При организации образовательного процесса большинства практических занятий используется практико-ориентированный подход, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности.

Также при организации образовательного процесса используются методы группового обучения, проектного обучения и учебной дискуссии. Студентам предлагается выполнить часть домашних заданий в форме проекта в группах до 4 человек. Задания предполагают предварительное обсуждение в форме мозгового штурма. Выполнение проекта предусматривает самостоятельную работу с научными и техническими источниками по теме курса, самостоятельный поиск и выбор способа решения задачи, составление плана и разделение задач между участниками группы. В конце курса предусмотрена устная защита домашнего проекта с критическим анализом идей, сгенерированных в ходе мозгового штурма, и ретроспективой выполненной работы.

Комбинация методов предполагает

- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- способ организации учебной деятельности студентов, развивающий актуальные для учебной и профессиональной деятельности навыки планирования, самоорганизации, сотрудничества и предполагающий создание собственного продукта;
- приобретение навыков для решения исследовательских, творческих, социальных, предпринимательских и коммуникационных задач.
- появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

**Методические рекомендации
по организации самостоятельной работы обучающихся,
кроме подготовки к экзамену, подготовка к зачету**

Для организации самостоятельной работы студентов магистратуры по учебной дисциплине следует использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, презентации лекций, методические указания к практическим занятиям, электронные версии домашних заданий, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в том числе вопросы для подготовки к зачёту, задания, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Уникальные и массовые запросы. Региональный поиск: подсчет точек.
2. Региональный поиск: перечисление точек, метод сетки.
3. Региональный поиск: перечисление точек, 2-d-дерево.
4. Региональный поиск: перечисление точек, квадратичное дерево.
5. Локализация точки на планарном разбиении. Метод полос.
6. Локализация точки методом детализации триангуляции.
7. Пересечение ортогональных отрезков. Нижние оценки.
8. Пересечение произвольных отрезков на плоскости.
9. Идентификация пересечения отрезков.
10. Построение выпуклой оболочки методом Грэхема.
11. Быстрый метод построения выпуклой оболочки.
12. Динамическое построение выпуклой оболочки.
13. Выпуклая оболочка простого многоугольника.
14. Диаграмма Вороного: свойства, нижние оценки.
15. Построение диаграммы Вороного: алгоритм «разделяй и властвуй».
16. Построение диаграммы Вороного: алгоритм Форчуна.
17. Решение задач геометрической близости с помощью диаграмм Вороного.
18. Триангуляция Делоне: свойства, алгоритмы построения.
19. Генерация треугольной сети. Алгоритм Руперта.
20. Вычисление матрицы поворота при вычислении проекций.
21. Нормирующее преобразование для вычисления проекций.
22. Кривые в форме Безье в форме Бернштейна. Алгоритм Кастельжо для кривых Безье.
23. Сплайны. Условия C^1 - и C^2 -непрерывности.
24. Поверхности в форме Безье. Алгоритм Кастельжо для поверхностей Безье.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Комбинаторные модели и алгоритмы	Дискретной математики и алгоритмики	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 15 от 16 мая 2019 года

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры биомедицинской информатики (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)