

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Н. Здрок

02 июля 2021 г.

Регистрационный № УД – 10027/уч.

АЛГОРИТМЫ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Учебная программа Белорусского государственного университета
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 80 09 Прикладная информатика и информатика
Профилизация: Интеллектуальные системы

2021 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 09-2019 и учебного плана G31-128/уч. от 01.04.2020 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

О.Л. Коновалов, доцент кафедры информационных систем управления факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, кандидат технических наук.

РЕЦЕНЗЕНТ:

А.А. Дудкин, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией идентификации систем ОИПИ НАН Беларуси.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой информационных систем управления
(протокол № 13 от 31.05.2021 года);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 7 от 30.06.2021 года)

Заведующий кафедрой
информационных систем управления



В.В. Краснопрошин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Учебная дисциплина “Алгоритмы 3D моделирования” знакомит студентов магистратуры с современными технологиями создания, хранения и управления цифровыми моделями трехмерных объектов.

Цель учебной дисциплины – формирование у магистрантов навыков анализа и построения трехмерных цифровых моделей, работы с современными библиотеками и пакетами 3D моделирования.

Задачи учебной дисциплины

1. Формирование у слушателей понимания сущности различных видов трехмерных моделей (симплициальная, полиэдральная, конечно-элементная, граничных поверхностей) и алгоритмических процессов, лежащих в основе их создания и анализа.
2. В рамках симплициального способа представления геометрии, ознакомление слушателей с базовыми понятиями комбинаторной топологии: симплициальные комплексы; полиэдры; связность и однородность; классификация двумерных симплициальных поверхностей.
3. В рамках полиэдрального представления, рассмотрение задач «нормализации» геометрии.
4. Изучить базовые понятия дифференциальной геометрии (неявное и параметрическое представление; кривизна; минимальные поверхности).
5. Изучить технологии конструктивного задания кривых и поверхностей в виде сплайн представлений. Рассматриваются различные виды сплайн представлений: Безье и В-сплайн поверхности, Безье триангуляции, пповерхности Грегори и т.п.
6. Изучить алгоритмы вычислительной геометрии, используемые в 3D моделировании. В частности, рассматриваются алгоритмы построения пересечения отрезков методом «заметающей прямой», алгоритмы триангуляции, алгоритмы построения выпуклой оболочки, алгоритм построения диаграмм Воронова, триангуляций Долоне т.п.
7. Изучить современные программные средства 3-х мерного моделирования (библиотеки и пакеты). Рассмотреть примеры практического использования CAD систем на примере ядра ACIS.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра). Учебная дисциплина входит в **модуль** "Методы анализа данных" компонента учреждения высшего образования и относится к дисциплинам по выбору студента.

Программа составлена с учетом межпредметных **связей** с учебными дисциплинами. Основой для изучения учебной дисциплины являются следующие учебные дисциплины первой ступени высшего образования: «Нейросе-

тевая обработка данных», «Программирование» и дисциплина второй ступени высшего образования «Модели и методы искусственного интеллекта».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Алгоритмы 3D моделирования» должно обеспечить формирование следующих специализированных компетенций:

специализированные компетенции:

СК-19. Применять современные технологии визуализации данных.

СК-20. Уметь использовать современное методическое обеспечение профессиональной деятельности в области анализа данных и управления качеством программного обеспечения.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать: существующие способы представления трехмерных объектов; базовые понятия и определения комбинаторной топологии; базовые понятия дифференциальной геометрии; способы сплайн представления пространственных кривых и поверхностей; базовые алгоритмы вычислительной геометрии; алгоритмы построения диаграмм Воронова и триангуляций Делоне;

уметь: строить конечно-элементные покрытия тел и поверхностей; анализировать топологическую структуру симплициальных комплексов; оценивать вычислительную сложность геометрических задач.

владеть: современными программными средствами 3-х мерного моделирования (библиотеки и пакеты).

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 3 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Алгоритмы 3D моделирования» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 198 часов, в том числе 60 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, практические занятия – 20 часов, семинарские занятия – 20 ч (ДО).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел I. Математические основы 3D моделирования

Тема 1.1. Введение. Трехмерное компьютерное моделирование. Предмет, история, области применения дисциплины. Современные CAD\CAM\CAE системы. Трехмерная WEB графика.

Тема 1.2. Базовые понятия комбинаторной геометрии и вычислительной топологии. Симплициальные комплексы. Полиэдры. Связность и однородность. Разбиения. Теорема о классификации симплициальных многообразий.

Тема 1.3. Базовые понятия дифференциальной геометрии. Понятие параметрической кривой. Канонические координаты. Кривизна. Непараметрическая кривая. Сплайн кривые. Параметрические и непараметрические поверхности. Кривизна поверхности. Гаусова и средняя кривизна поверхности. Минимальные поверхности.

Тема 1.4. Сплайн поверхности. Безье и В-сплайн поверхности. Деформация сплайн поверхностей. Тримминг сплайн поверхностей.

Тема 1.5. Конструктивные поверхности. Безье треугольники. Поверхности Кунса. Поверхности Грегори.

Раздел II. Алгоритмические основы 3-х мерного моделирования

Тема 2.1. Алгоритмы вычислительной геометрии. Алгоритм «заметающей прямой», алгоритмы триангуляции, алгоритм построения выпуклой оболочки.

Тема 2.2. Алгоритмы тесселяции. Алгоритмы построения диаграммы Воронова и триангуляции Делоне.

Тема 2.3. Алгоритмы генерации трехмерных объектов. CSG-представление трехмерных объектов, В-гер представление, тесселяция, алгоритмы построения тетраэдральных и сеточных покрытий.

Раздел III. Современные программные средства 3-х мерного моделирования

Тема 3.1. Современные CAD\CAE системы. Обзор современных CAD\CAE систем. Типовой набор функциональности и типовые сценарии работы. Обменные форматы. IGES формат.

Тема 3.2. Библиотеки вычислительной геометрии. Обзор основной функциональности CGAL библиотеки. Типовые структуры. Примеры использования. Обзор ядра ACIS. Понятие AIDE -схемы. Типовые методы создания объектов. Булевы операции над объектами. Примеры использования.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением электронных средств обучения (ДО)

№п/п	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	
1	2	3	4	5	6
1	Математические основы 3-х мерного моделирования	10	10	10 (ДО)	
1.1	Введение. Трехмерное компьютерное моделирование. Предмет, история, области применения дисциплины. Современные CAD\CAM\CAE системы. Трехмерная WEB графика.	2	2	2(ДО)	Устный опрос.
1.2	Базовые понятия комбинаторной геометрии и вычислительной топологии. Симплициальные комплексы. Полиэдры. Связность и однородность. Разбиения. Теорема о классификации двумерных симплициальных многообразий	2	2	2(ДО)	
1.3	Базовые понятия дифференциальной геометрии. Понятие параметрической кривой и поверхности. Кривизна. Гаусова и средняя кривизна поверхности. Минимальные поверхности.	2	2	2(ДО)	Устный опрос.
1.4	Сплайн поверхности. Безье и В-сплайн поверхности. Деформация сплайн поверхностей. Тримминг сплайн поверхностей.	2	2	2(ДО)	Устный опрос.

1.5	Конструктивные поверхности. Безье треугольники. Поверхности Кунса. Поверхности Грегори.	2	2	2(ДО)	Устный опрос.
2	Алгоритмические основы 3-х мерного моделирования	6	6	6 (ДО)	
2.1	Алгоритмы вычислительной геометрии. Алгоритм «заметающей прямой», алгоритмы триангуляции, алгоритм построения выпуклой оболочки.	2	2	2(ДО)	Контрольная работа №2. Построения DCEL. Контрольная работа №3. Построение диаграмма дальней точки. отчёт по практическим работам (создание CSG-модели)
2.2	Алгоритмы тесселяции. Алгоритмы построения диаграммы Воронова и триангуляции Долоне.	2	2	2(ДО)	
2.3.	Алгоритмы генерации трехмерных объектов. CSG-представление трехмерных объектов, В-гер представление, тесселяция, алгоритмы построения тетраэдральных и сеточных покрытий.	2	2	2(ДО)	
3	Современные программные средства 3-х мерного моделирования	4	4	4 (ДО)	
3.1	Современные CAD\CAE системы. Обзор современных CAD\CAE систем. Типовой набор функциональности и типовые сценарии работы. Обменные форматы. IGES формат.	2	2	2(ДО)	отчёт по практическим работам (создание sweep-модели) отчёт по практическим работам (создание blend-модели)
3.2	Библиотеки вычислительной геометрии. Обзор основной функциональности CGAL библиотеки. Типовые структуры. Примеры использования. Обзор ядра ACIS.	2	2	2(ДО)	
ВСЕГО		20	20	20 (ДО)	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Яковлев Е.И. Вычислительная топология. Учебник. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ. 2005. 214 с.
2. Рыбников К. А., Введение в комбинаторный анализ, М., 1972.
3. Шарипов Р. А. Курс дифференциальной геометрии, - БашГУ, Уфа, 1996
4. Jonathan Corney and Theodore Lim MODELING WITH ACIS Saxe-Coburg Publications, hardback: 388 pages.
5. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение— М.: Мир, 1989. — 478 с
6. Ласло М. Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++. — М.: БИНОМ, 1997. — 304 с
7. Сковорцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. — Томск: Издательство Томского университета, 2002. — 128 с
8. Boissonnat, Jean-Daniel; Chazal, Frédéric; Yvinec, Mariette (2018). Geometric and Topological Inference. Cambridge Texts in Applied Mathematics. Cambridge University Press.

Перечень дополнительной литературы

9. Delaunay Refinement Algorithms for Triangular Mesh Generation, Computational Geometry: Theory and Applications **22**(1–3):21–74, May 2002
10. François Labelle and Jonathan Richard Shewchuk, Isosurface Stuffing: Fast Tetrahedral Meshes with Good Dihedral Angles, ACM Transactions on Graphics **26**(3):57.1–57.10, August 2007. Special issue on Proceedings of SIGGRAPH 2007.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для диагностики результатов учебной деятельности в рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы:

1. Устная форма: устный опрос.
2. Письменная форма: контрольные работы.
3. Устно-письменная форма: отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Алгоритмы 3D моделирования» 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 ис-

пользование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в рейтинговую оценку (формирование оценки за текущую успеваемость):

- отчёты по практическим работам – 30 %;
- контрольная работа – 30 %;
- устный опрос – 40%.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки по текущей успеваемости составляет 30 %, экзаменационной оценки – 70 %.

Примерная тематика практических занятий

1. 2D триангуляция.
2. 3D триангуляция.
3. Сети Штейнера.
4. Классификации двумерных симплициальных многообразий.
5. Реберный список с двойными связями.
6. Построение Sweer-поверхностей.
7. Построение CGS моделей.
8. AutoDESK C# API.
9. Диаграммы Вороного.
10. Деревья Линдемаера.

Примерная тематика семинарских занятий

1. Трехмерная визуализация в WEB - TreeJS.
2. BIM - технологии.
3. IFC - классы.
4. ifcSQL – хранение трехмерной геометрии в реляционных базах.
5. REST API – для обмена графической информацией.
6. AutoDESK C# API – менеджер графических транзакций.
7. AutoDESK C# API – булевы операции над CSG объектами.
8. AutoDESK C# API – генерация loft-поверхностей.
9. IFC – визуализация в RINOCEROS.
10. WEBGL.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса большинства практических занятий используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает освоение содержания учебного материала через решение практических задач, а также приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов магистратуры по учебной дисциплине следует использовать информационно коммуникационные технологии:

Образовательный портал БГУ <https://edufpmi.bsu.by>,
Образовательный портал InsightRunner <https://acm.bsu.by>,
систему AnyTask <https://anytask.org/school/bsu>,

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 экзамену, задания, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Рекомендуемая тематика контрольных работ

- 1) Контрольная работа №1. Классификации двумерных симплициальных многообразий.
- 2) Контрольная работа №2. Построения DCEL.
- 3) Контрольная работа №3. Построение диаграмма дальней точки.

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

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Симплициальные комплексы. Полиэдры. Связность и однородность. Разбиения.

2. Теорема о классификации двумерных симплициальных многообразий.
3. Понятие параметрической кривой и поверхности. Кривизна. Гауссова и средняя кривизна поверхности. Минимальные поверхности.
4. Конструктивные поверхности. Безье и В-сплайн поверхности. Деформация поверхностей. Тримминг-поверхности.
5. Конструктивные поверхности. Безье треугольники. Поверхности Грегори.
6. Триангуляция Делоне.
7. CDT триангуляция.
8. Диаграммы Вороного. Алгоритм построения диаграмм Вороного.
9. Диаграммы Вороного высших порядков. Диаграмма дальней точки.
- 10.ППГЛ. Цепи. Алгоритм построения полного множества цепей.
- 11.Двусвязный реберный список. Алгоритм оверлея ППЛГ.
12. BREP представление твердотельной геометрии.

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)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на ____/____ учебный год

№№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры дискретной математики и алгоритмики (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)