

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
прикладной математики и
информатики
А.М. Райгородский**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Научная визуализация
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра системного программирования
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: В.А. Семенов, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры системного программирования 06.05.2024

Аннотация

Дисциплина "Научная визуализация" представляет собой изучение методов и инструментов визуализации данных и результатов научных исследований. В ходе изучения этой дисциплины студенты углубляют свои знания в области визуализации информации, графического представления данных, а также осваивают навыки создания эффективных и информативных визуализаций.

Студенты изучают основные принципы визуализации данных, включая выбор типов графиков, диаграмм и других средств визуализации для различных типов данных и задач исследования. Особое внимание уделяется использованию специализированных программных инструментов для создания визуализаций, а также анализу и интерпретации полученных результатов.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- освоение студентами фундаментальных знаний в области визуализации и связанных с ней разделах компьютерной графики и вычислительной геометрии. Особое внимание в курсе уделяется базовым принципам визуализации, особенностям постановок задач, возникающих в разных предметных областях, а также важнейшим вычислительным методам и алгоритмам, применяемым при их решении. Лабораторные работы имеют своей целью закрепление приобретенных теоретических знаний в результате применения современных средств визуализации для решения ряда актуальных прикладных задач.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области визуализации, как единого научного направления, адресуемого к проблемам визуального представления, анализа и интерпретации информации, и имеющего важное методологическое значение как для подготовки специалистов в области современных информационных технологий, так и для поддержки разнообразных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов основам компьютерной графики и вычислительной геометрии;
- обучение студентов методам визуализации, применяемым в разных предметных областях, в том числе, в математическом моделировании, программной инженерии, управлении проектами;
- формирование теоретических подходов к визуализации и практических навыков использования современных средств и технологий визуализации для проведения исследований в рамках выпускных работ на степень магистра.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области информатики и вычислительной техники	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания и новые научные принципы и методы исследований в области информатики и вычислительной техники
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области информатики и вычислительной техники и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке

проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль средств визуализации в научных исследованиях, технике, образовании, медицине, бизнесе;
- связь курса визуализации со смежными дисциплинами компьютерной графики, вычислительной геометрии, распознавания образов, машинного зрения, анимации, промышленного дизайна, математического и информационного моделирования, визуального программирования;
- методы визуализации и связанные с ними базовые алгоритмы компьютерной графики и вычислительной геометрии;
- современные средства и технологии визуализации.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические знания в области визуализации;
- представить панораму универсальных и специальных методов визуализации;
- выбрать методы и сценарии визуализации, адекватные предметной области и исследуемой проблеме;
- эффективно применять средства визуализации для решения прикладных задач.

владеть:

- современными средствами и технологиями визуализации;
- навыками использования систем визуализации общего назначения в научных и инженерных расчетах;
- навыками использования систем визуализации информации;
- навыками применения систем визуального программирования;
- навыками применения систем 4D-моделирования в управлении проектами.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Визуализация информации.	4	4		4
2	Визуализация научных и инженерных расчетов.	4	4		4
3	Методы вычислительной геометрии.	4	4		4
4	Методы компьютерной графики.	3	4		4
5	Моделирование визуальных сцен.	4	4		4
6	Основы и приложения визуализации.	4	5		5
7	Современные технологии и системы визуализации.	7	5		5
Итого часов		30	30		30
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.
--------------------	--------------------

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Визуализация информации.

Психофизические и эмоциональные аспекты восприятия изображений и сцен. Выразительность техник визуализации. Ориентация на категории пользователей и их задачи. Логическая компоновка визуальных элементов и зонирование. Приемы акцентирования.

Принятые правила и особенности использования различных типов визуальных элементов: таблиц, линейных графиков, столбчатых гистограмм, круговых диаграмм, точечных графиков, карт. Использование инструментальных панелей: спидометров, термометров, семафоров, строк уведомлений. Графическое оформление с использованием цвета, шрифтов, линий. Методы автоматической компоновки графов и диаграмм по спецификациям.

2. Визуализация научных и инженерных расчетов.

Предобработка данных. Методы интерполяции, фильтрации, сглаживания, сжатия данных.

Методы визуализации скалярных полей. Визуализация функций, заданных неявно. Линии уровня и области превышения уровня. Методы маркированных квадратов, кубов, тетраэдров. Непосредственное отображение объемных данных. Управление цветом и прозрачностью. Трассировка лучей в скалярном поле.

Визуализация векторных и тензорных полей. Метод маркеров. Метод линий и трубок потока для стационарных течений. Метод треков частиц для нестационарных полей.

3. Методы вычислительной геометрии.

Классификация многоугольников. Методы определения ядра многоугольника.

Задачи о взаимном расположении объектов. Пересечение отрезков. Методы лучей и углов принадлежности точки многоугольнику. Задача о ближайших соседях.

Построение выпуклой оболочки множества точек методом “заворачивания подарка” и обхода Грэхема.

Триангуляция монотонных и немонотонных многоугольников. Прямой “жадный” метод, Фронтальный метод. Триангуляция Делоне, диаграммы Вороного.

Алгоритм заматающей прямой, его применение для пересечения отрезков и объединения прямоугольников.

Методы пространственного поиска. Октальные структуры, K-d деревья, R-деревья, BSP-деревья, метрические структуры.

Методы определения пространственных коллизий в сценах. Иерархии ограничивающих объемов. Задачи и методы планирования путей.

4. Методы компьютерной графики.

Алгоритмы ЦДА и Берзенхема для вычерчивания отрезка и окружности.

Алгоритм отсечения Цируса-Бека для множества отрезков. Алгоритм отсечения Сазерленда-Кохена для многоугольников.

Заполнение сплошных областей методами сканирования и распространения.

Удаление невидимых граней методами Робертса, Аппеля, упорядочивания, Z-буффера.

5. Моделирование визуальных сцен.

Понятия цвета, формы, ориентации, текстуры, глубины, перспективы, движения. Введение в теорию цвета. Диаграмма хроматичности. Модели цвета RGB, CMY, HSV. Гамма коррекция. Граничное и конструктивное твердотельное представление геометрических объектов. Кривые и поверхности, заданные аналитически и аппроксимациями. Регулярные и нерегулярные сетки. Скалярные, векторные, тензорные поля. Маркеры, палитры, шкалы. Форматы изображений JPEG, TIFF, GIF, PNG, AVI, MPEG.

6. Основы и приложения визуализации.

Базовые понятия, принципы и цели визуализации. Визуализация информации, научных и инженерных расчетов, программного обеспечения как основные направления.

Метафоры и критерии содержательной визуализации. Понятие конвейера визуализации как композиции трансформаций прикладных данных.

Связь со смежными дисциплинами (компьютерной графикой, вычислительной геометрией, дизайном, распознаванием образов, машинным зрением, анимацией, промышленным дизайном, визуальным программированием, информационным моделированием).

Обзор истории развития визуализации, как прикладной научной дисциплины, и современные тенденции применения в научных исследованиях, технике, образовании, медицине, бизнесе. Примеры приложений.

7. Современные технологии и системы визуализации.

Программные интерфейсы и библиотеки для разработки графических приложений OpenGL, DirectX, ACIS, WebGL, HTML5.

Системы научной визуализации общего назначения AVS, IRIS Explorer, IBM Data Explorer, OpenMV. Основные принципы и архитектуры систем. Примеры приложений и сценариев визуализации.

Технологии виртуальной реальности. Языки моделирования сцен виртуальной реальности VRML97/X3D. Дерево трансформаций. Репертуар геометрических примитивов, материалов, источников света, сенсоров, интерполяторов. Механизм маршрутизации событий. Примеры интерактивной динамической пространственно-трехмерной визуализации.

Современные системы управления проектами MS Project, Primavera, Synchro. Диаграмма Ганта. Технологии пространственно-временного моделирования и планирования проектов.

Современные системы визуального программирования. Языки информационного моделирования UML, EXPRESS-G, IDEF и их роль в программной инженерии на основе моделей.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лекций: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Д.Роджерс. Алгоритмические основы машинной графики. - М.:Мир, 1989.
2. Е.В. Шикин, А.В. Боресков. Компьютерная графика. - М.: "Диалог МИФИ", 1997.
3. Ю. Тихомиров, Программирование трехмерной графики, - Спб.: BHV, 1998.
4. М. Ласло, Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++. - Москва: "БИНОМ", 1997.
5. Ф.Препарата, М.Шеймос. Вычислительная геометрия. Введение. - М.: Мир, 1989.
6. Hanan Samet, Foundations of Multidimensional and Metric Data Structures. Morgan Kaufmann publishers, 2011.
7. Семенов В.А. Открытая система для математического моделирования и научной визуализации. Учебно-методическое пособие. - М.: МФТИ, 2005.
8. Е. Ю. Ечкина, С. Б. Базаров, И. Н. Иновенков «Визуализация в научных исследованиях. Учебное пособие». - М.: МАКС ПРЕСС, 2006.
9. Н. Senay, E. Ignatus, Rules and Principles of Scientific Data Visualization, Tech. Report, George Washington University, Department of Electrical Engineering and Computer Science, February 1999.
10. В.Н. Касьянов, В.А. Евстигнеев. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003.

Дополнительная литература

1. Э. Эйнджел. Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL, 2 изд.: Пер. с англ. — М.: Изд. "Вильямс", 2001.
2. W. Brodlie, J. R. Gallop, A. J. Grant, J. Haswell, W. T. Hewitt, S. Larkin, C. C. Lilley, H. Morphet, A. Townend, J. Wood, H. Wright, Review of Visualization Systems Advisory Group on Computer Graphics. Technical Report 1999, www.agocg.org/cd/reports/visual/vissyst/DOGBOO_2.HTMK
3. О. Авраамова. Язык VRML. Практическое руководство. — М.: Диалог-МИФИ, 2000.
4. Дж. Шмюллер. Освой самостоятельно UML. - М.: Вильямс, 2005.
5. У. Боггс, М. Боггс. UML и Rational Rose — М.: ЛОРИ, 2001.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

www.ispras.ru/~3D.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Информационные ресурсы: Доступные через Internet научные и научно-технические журналы по компьютерной графике, материалы, публикации.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы, методы доказательств.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- выполнение лабораторных работ, для осознания связей между теорией и практическими навыками;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки: Прикладная математика и информатика
Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики
кафедра системного программирования
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: В.А. Семенов, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области информатики и вычислительной техники	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания и новые научные принципы и методы исследований в области информатики и вычислительной техники
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области информатики и вычислительной техники и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Научная визуализация» обучающийся должен:

знать:

- место и роль средств визуализации в научных исследованиях, технике, образовании, медицине, бизнесе;
- связь курса визуализации со смежными дисциплинами компьютерной графики, вычислительной геометрии, распознавания образов, машинного зрения, анимации, промышленного дизайна, математического и информационного моделирования, визуального программирования;
- методы визуализации и связанные с ними базовые алгоритмы компьютерной графики и вычислительной геометрии;
- современные средства и технологии визуализации.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические знания в области визуализации;
- представить панораму универсальных и специальных методов визуализации;
- выбрать методы и сценарии визуализации, адекватные предметной области и исследуемой проблеме;
- эффективно применять средства визуализации для решения прикладных задач.

владеть:

- современными средствами и технологиями визуализации;
- навыками использования систем визуализации общего назначения в научных и инженерных расчетах;
- навыками использования систем визуализации информации;
- навыками применения систем визуального программирования;
- навыками применения систем 4D-моделирования в управлении проектами.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к дифференцированному зачёту:

1. Базовые понятия, принципы и цели визуализации.
2. Конвейер визуализации.
3. Связь визуализации со смежными дисциплинами.
4. Модели цвета. Понятия формы, ориентации, текстуры, глубины, перспективы, движения.
5. Граничное и конструктивное твердотельное представление геометрических объектов.
6. Кривые и поверхности. Регулярные и нерегулярные сетки. Скалярные, векторные, тензорные поля. Маркеры, палитры, шкалы.
7. Форматы изображений JPEG, TIFF, GIF, PNG, AVI, MPEG.
8. Алгоритмы ЦДА и Берзенхема для вычерчивания отрезка и окружности.
9. Заполнение сплошных областей методами сканирования и распространения.
10. Алгоритм отсечения Цируса-Бека для множества отрезков.
11. Алгоритм отсечения Сазерленда-Кохена для многоугольников.
12. Удаление невидимых граней методами Робертса, Аппеля, упорядочивания, Z-буфера.
13. Применение BSP-деревьев для удаления невидимых граней.
14. Классификация многоугольников. Методы определения ядра многоугольника.
15. Построение выпуклой оболочки методом “заворачивания подарка” и обхода Грэхема.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.