

Программа учебной дисциплины «Научная визуализация»

Утверждена

Академическим советом ООП
Протокол № от «__»____20__ г.

Автор	Семенов Виталий Адольфович
Число кредитов	6
Контактная работа (час.)	40
Самостоятельная работа (час.)	188
Курс	2
Формат изучения дисциплины	без использования онлайн курса

I. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ

Целью освоения дисциплины «Научная визуализация» является освоение студентами фундаментальных знаний в области визуализации, а также в связанных с ней разделах вычислительной геометрии и моделирования пространственно-трехмерных динамических сцен. Особое внимание в курсе уделяется базовым принципам визуализации, особенностям постановок задач, возникающих в разных предметных областях, а также эффективным вычислительным алгоритмам, применяемым при их решении. Практические занятия направлены на закрепление приобретенных теоретических знаний в результате применения современных программных средств визуализации для решения актуальных прикладных задач.

Задачами данного курса являются:

- формирование базовых знаний в области визуализации, как единого научного направления, охватывающего проблемы визуального представления, интерпретации и анализа данных, и имеющего важное методологическое значение как для подготовки специалистов в области современных информационных технологий, так и для поддержки разнообразных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов методам визуализации, применяемым в разных предметных областях, в том числе, в математическом моделировании, программной инженерии, управлении проектной деятельностью;
- формирование практических навыков применения современных средств и технологий визуализации для проведения исследований в рамках выпускных работ на степень магистра и в дальнейшей деятельности.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- фундаментальные понятия, принципы и метафоры визуализации;
- методы визуализации информации, научных и инженерных расчетов, программного обеспечения;
- основные задачи и методы вычислительной геометрии, связанные с приложениями визуализации.

уметь:

- определять методы визуализации, релевантные решаемым прикладным задачам и предметной области, и эффективно применять их;

- разрабатывать новые методы для визуализации информации, научных и инженерных расчетов, программного обеспечения;
- проектировать и реализовывать программные компоненты и приложения визуализации, в том числе с использованием методов вычислительной геометрии.

владеть:

- навыками в применении современных средств и технологий визуализации в разных предметных областях;
- навыками в разработке программных компонентов и приложений визуализации.

Изучение дисциплины «Научная визуализация» базируется на знаниях, полученных студентами при освоении учебных дисциплин:

- «Дискретная математика»;
- «Программирование»;
- «Информатика, математическая логика и теория алгоритмов»;
- «Построение и анализ алгоритмов».

II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Введение

Содержание и порядок прохождения дисциплины. Базовые понятия, принципы и цели визуализации. Визуализация информации, научных и инженерных расчетов, программного обеспечения.

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

Связь со смежными дисциплинами (компьютерной графикой и анимацией, математическим моделированием, вычислительной геометрией, визуальной аналитикой, дизайном, виртуальной и дополненной реальностью, распознаванием образов, машинным зрением, коллективной визуализацией, визуальным программированием).

История становления визуализации, как научной дисциплины, и современные тенденции применения в научных исследованиях, инженерии, образовании, медицине, бизнесе. Примеры приложений.

Тема 2. 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 и точечных графиков, столбчатых и круговых гистограмм, графиков распределений, радиальных диаграмм, диаграмм параллельных координат, графов, карт. Графическое оформление с использованием цвета, шрифтов, линий. Методы автоматической компоновки графов и диаграмм.

Визуальные средства планирования и управления проектами. Определение критических путей, ресурсное планирование, пространственно-временное моделирование. Диаграмма Ганта. диаграммы календарно-сетевое планирования, графики использования ресурсов, графики освоенных объемов. Современные технологии визуального планирования проектов.

Тема 3. 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 полей. Метод маркеров. Метод линий и трубок потока для стационарных течений. Метод треков частиц для нестационарных полей.

Визуализация тензорных полей. Эллиптические, кубические, цилиндрические глифы.

Системы научной визуализации общего назначения. Основные принципы и архитектуры систем. Примеры приложений и сценариев визуализации.

Тема 4. Визуализация программного обеспечения

Графические языки моделирования данных, процессов и систем UML, IDEF, BPMN, EXPRESS-G. Современные технологии программной инженерии, основанные на визуальных моделях.

История и назначение языка UML 2.0. Структурные диаграммы (диаграммы классов, компонентов, объектов, пакетов, профилей, композитная структурная диаграмма, диаграмма кооперации, диаграмма развертывания. Диаграммы поведения (диаграммы активностей, состояний, вариантов использования. Диаграммы взаимодействия (диаграмма коммуникации, последовательности, обзора взаимодействия, синхронизации).

Методы визуализации программного обеспечения в двухмерном и трехмерном пространстве.

Тема 5. Основы вычислительной геометрии

Задачи вычислительной геометрии и области ее применения. Базовые понятия. Классификация многоугольников. Методы определения ядра многоугольника.

Задачи о взаимном расположении объектов. Пересечение отрезков. Методы лучей и углов для определения принадлежности точки многоугольнику.

Построение выпуклой оболочки для множества точек на плоскости методом обхода Джарвиса и сканирования Грэхема.

Поиск пары ближайших точек как пример применения рекурсивной декомпозиции задачи (стратегии «разделяй и властвуй»).

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

Триангуляция монотонных и немонотонных многоугольников. Прямой “жадный” метод. Фронтальный метод. Триангуляция Делоне. Определение и основные свойства. Диаграммы Вороного. Двойственность задач.

Методы пространственного поиска. Регулярные и нерегулярные октавные структуры, k-d деревья, R-деревья, BSP-деревья, метрические структуры.

Задача о ближайших соседях. Методы определения столкновений в сценах. Иерархии ограничивающих объемов.

Задачи и методы планирования путей.

Тема 6. Моделирование сцен

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

III. ОЦЕНИВАНИЕ

Оценка по курсу состоит из оценки за выполнение лабораторных работ $O_{\text{лаб}}$ (40 баллов) оценки за итоговый устный экзамен (60 баллов). В диплом выставляется результирующая оценка по учебной дисциплине, которая формируется по следующей формуле:

$$O_{\text{результ}} = 0,1 * O_{\text{лаб}} + 0,1 * O_{\text{экз}}$$

Способ округления оценки – арифметический.

IV. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Базовые понятия, принципы и цели визуализации
2. Связь визуализации со смежными дисциплинами
3. Что такое конвейер визуализации?
4. Модели цвета. Понятия формы, ориентации, текстуры, глубины, перспективы, движения
5. Какие основные типы визуальных элементов используются в инфографике?
6. Принятые правила и особенности использования различных типов визуальных элементов.
7. Методы автоматической компоновки графов и диаграмм по спецификациям.
8. Какие визуальные средства применяются при планировании и управлении проектами?
9. Что такое визуальное планирование проектов?
10. Какие типы данных применяются при визуализации научных и инженерных расчетов?
11. Что такое воксельная модель и каким образом осуществляется управление цветом и прозрачностью?
12. В чем различия между граничным представлением геометрических объектов и конструктивным твердотельным?
13. Для чего предназначены методы предобработки научных и инженерных данных?
14. Какие методы применяются для визуализации скалярных полей?
15. Для решения каких задач применяются методы маркированных квадратов, кубов, тетраэдров? В чем их различия?
16. Непосредственное отображение объемных данных. Управление цветом и прозрачностью.

17. Какие методы применяются для визуализации векторных полей?
18. В каких случаях применяются методы маркеров, линий и трубок потока, треков частиц?
19. Каким образом осуществляется визуализация тензорных полей?
20. На каких принципах строятся системы научной визуализации общего назначения?
21. Что такое сценарии визуализации?
22. Какие графические языки используются для моделирования данных, процессов и систем?
23. Технологии программной инженерии, основанные на визуальных моделях. История и назначение языка UML 2.0.
24. Какие структурные диаграммы применяются в языке UML.
25. В чем необходимость применения диаграмм поведения?
26. Назначение диаграмм взаимодействия. Виды структурных диаграмм языка UML.
27. Виды структурных диаграмм языка UML.
28. Основные методы визуализации программного обеспечения в двухмерном и трехмерном пространстве.
29. Задачи вычислительной геометрии и области ее применения.
30. Классификация многоугольников.
31. Задачи о взаимном расположении объектов.
32. Какие методы используются для определения принадлежности точки многоугольнику?
33. Что такое выпуклая оболочка для множества точек? С помощью каких методов можно построить выпуклую оболочку?
34. Примеры конструктивного применения рекурсивной декомпозиции при решении задач вычислительной геометрии
35. Поиск пары ближайших точек как пример применения стратегии «разделяй и властвуй».
36. На каких принципах строится алгоритм заметающей прямой? Его применение для пересечения отрезков и объединения прямоугольников.
37. Какие методы применяются для триангуляции многоугольников?
38. Какие методы применяются для триангуляции монотонных многоугольников?
39. Триангуляция Делоне. Определение и основные свойства.
40. Диаграммы Вороного. В чем заключается двойственность задачи триангуляции Делоне и построения диаграммы Вороного?
41. Что такое поиск по пространственной области и поиск ближайших соседей? Для чего необходимы пространственные индексы?
42. Какие структуры применяются для пространственной индексации сцен?
43. Принципы построения k-d деревьев и R-деревьев. В чем достоинства регулярных октавных структур?
44. Что такое BSP-деревья? Каким образом они применяются для удаления невидимых линий и поверхностей?
45. Методы определения столкновений в сценах. Что такое иерархии ограничивающих объемов?
46. Задачи и основные методы планирования путей.
47. Технологии виртуальной и дополненной реальности. Языки моделирования сцен виртуальной реальности
48. Язык VRML97. Что такое дерево трансформаций? Что такое маршрутизация событий?
49. Репертуар геометрических примитивов, материалов, источников света, сенсоров, интерполяторов в языке VRML97.
50. Принципы разработки интерактивных динамических пространственно-трехмерных приложений на языке VRML97

V. РЕСУРСЫ

5.1 Основная литература

1. М. Ласло, Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++. Москва. “БИНОМ”, 1997.
2. В.А. Семенов. Открытая система для математического моделирования и научной визуализации. Учебно-методическое пособие. М.: МФТИ, 2005.
http://www.ispras.ru/courses/scientific_visualization
3. М. Lima. Information Visualization Manifesto. 2009.
<http://www.visualcomplexity.com/vc/blog/?p=644> http://www.vmethods.ru/2010/05/blog-post_18.html
4. A periodic table of visualization methods. http://www.visual-literacy.org/periodic_table/periodic_table.html
5. В.Д. Колычев. Программная реализация визуальных моделей управления проектами.
<https://science-education.ru/ru/article/view?id=13219>
6. Э. Эйнджел. Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL, 2 изд.: Пер. с англ. — М.: Изд. “Вильямс”, 2001. Глава 5. Визуализация с.205-246. Глава 12. Визуализация данных научных исследований с. 493-522.
7. Дж. Рамбо, М. Блаха. UML 2.0 Объектно-ориентированное моделирование и разработка, 2-е издание. «Питер», 2007.
8. В.А. Золотов, В.А. Семенов. Современные методы поиска и индексации многомерных данных в приложениях моделирования больших динамических сцен. // Труды Института системного программирования РАН том 24 / Под ред. В.П. Иванникова – М.: ИСП РАН, 2013, ISSN 2220-6426, с. 381-416.
9. Казаков К.А., Семенов В.А. Обзор современных методов планирования движения. // Труды Института системного программирования РАН: том 28, вып. 4 / Под ред. В.П. Иванникова - М.: ИСП РАН, 2016, с. 241-294.
10. О. Аврамова. Язык VRML. Практическое руководство.— М.: Диалог-МИФИ, 2000.

5.2 Дополнительная литература

1. В.Н. Шуткин. История визуализации. http://www.ispras.ru/courses/scientific_visualization
2. В.И. Гонахчан. Компьютерная визуализация. http://www.ispras.ru/courses/scientific_visualization
3. Data is beautiful: 10 of the best data visualization examples from history to today.
<https://www.tableau.com/learn/articles/best-beautiful-data-visualization-examples> <https://awdee.ru/10-best-data-visualizations>
4. H. Senay, E. Ignatus, Rules and Principles of Scientific Data Visualization, Tech. Report, George Washington University, Department of Electrical Engineering and Computer Science, 1999.
<https://www.siggraph.org/education/materials/HyperVis/percept/visrules.htm>
5. Правила визуализации. <http://infographer.ru/tag/pravila-vizualizacii>
6. В.Н. Касьянов, В.А. Евстигнеев. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
7. В.А. Семенов, А.С. Аничкин, С.В. Морозов, О.А. Тарлапан, В.А. Золотов. Комплексный метод составления расписаний для сложных промышленных программ с учетом пространственно-временных ограничений. // Труды Института системного программирования РАН том 26, 2014, выпуск 1 / Под ред. В.П. Иванникова – М.: ИСП РАН, 2014, ISSN 2220-6426, с. 457-482.
8. Е. Ю. Ечкина, С. Б. Базаров, И. Н. Иновенков «Визуализация в научных исследованиях. Учебное пособие». М.: МАКС ПРЕСС, 2006.
9. Кулябов Д.С., Королькова А.В. Введение в формальные методы описания бизнес-процессов: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008.
10. Дж. Арлоу, Н. Айла. UML 2 и Унифицированный процесс, 2-е издание Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование. Санкт-Петербург, «Символ» 2007, с.

11. В.Ю. Романов., И.В. Шульга У. Инструментарий для визуализации программного обеспечения в трехмерном пространстве. International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 3, no. 8, 2015.
12. В.Ю. Романов. Визуализация программных метрик при описании архитектуры программного обеспечения. <https://cyberleninka.ru/article/n/vizualizatsiya-programmnyh-metrik-pri-opisanii-arhitektury-programmnogo-obespecheniya.pdf>.
13. Ф.Препарата, М.Шеймос. Вычислительная геометрия. Введение. М.:Мир, 1989.
14. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание. — Пер. с англ. — М.; СПб.; Киев: Издательский дом «Вильямс», 2011.
15. А.В. Скворцов. Триангуляция Делоне и ее применение. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2002.
16. Mark de Berg, Otfried Cheong, Mark van Kreveld, Mark Overmars. Computational Geometry. Algorithms and Applications. Springer, 3d Edition, 2008.
17. Hanan Samet, Foundations of Multidimensional and Metric Data Structures. Morgan Kaufmann publishers, 2011.
18. М. Авдеев. Учебник по VRML 97. <http://citforum.ru/internet/vrml97>
19. Стандарт VRML ISO/IEC 14772. <http://www.web3d.org/standards>

5.3 Программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Условия доступа
1.	Microsoft Windows 7 Professional RUS Microsoft Windows 10 Microsoft Windows 8.1 Professional RUS	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
2.	Microsoft Office Professional Plus 2010	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>

5.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.