

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник учебно-методических материалов

для направления подготовки: 01.03.02 – Прикладная математика и информатика

Благовещенск 2017 г.

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
факультета математики и информатики
Амурского государственного
университета*

Составитель: Масловская А.Г.

Математическое и компьютерное моделирование: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 01.03.02 – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017.

Рассмотрен на заседании кафедры математического анализа и моделирования
07.09.2017, протокол № 1.

© Амурский государственный университет, 2017
© Кафедра математического анализа и моделирования, 2017
© Масловская А.Г., составление

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Краткое изложение лекционного материала	5
2 Методические рекомендации (указания) к лабораторным работам	15
3 Методические рекомендации (указания) к курсовой работе	19
4 Методические указания для самостоятельной работы студентов	22

ВВЕДЕНИЕ

Сборник учебно-методических материалов по дисциплине «Математическое и компьютерное моделирование» включает в себя краткое изложение программного (лекционного) материала, методические рекомендации (указания) к лабораторным работам, методические рекомендации (указания) к выполнению курсовой работы и методические указания для самостоятельной работы студентов.

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Каждому студенту в начале семестра выдается дорожная карта освоения дисциплины, содержащая: тематический план лекционных, лабораторных занятий, их объем в часах, дневник выполнения плана освоения предмета, требования к оформлению и представлению к защите лабораторных работ, структура балльно-рейтинговой оценки по дисциплине.

Тематический план лекционных занятий представлен в таблице.

Таблица 1 – Темы лекционных занятий

№	Тема
6 семестр	
1	Введение. Современное состояние теории математического и компьютерного моделирования
2	Свойства моделей и цели моделирования. Классификация математических моделей
3	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Принципы, этапы и методы построения моделей
4	Простейшие математические модели и основные принципы моделирования
5	Модели нечетких систем.
6	Детерминированные модели. Математические модели микроэкономики
7	Детерминированные модели. Математические модели макроэкономики
7 семестр	
8	Стохастические модели. Моделирование случайных величин и случайных событий
9	Моделирование в условиях неопределенности. Марковские случайные процессы.
10	Моделирование систем массового обслуживания
11	Моделирование с использованием имитационного подхода. Введение в теорию фракталов.
12	Введение в теорию перколяции
13	Клеточные автоматы

Студенты очной формы обучения обязаны присутствовать на занятиях и выполнять все предусмотренные учебно-методическим комплексом дисциплины формы учебной работы; проходить текущий и промежуточный контроль.

Каждая лекция содержит необходимый объем теоретического материала, изучение которого предусмотрено федеральным государственным образовательным стандартом направления, а также некоторые дополнительные главы, необходимые для дальнейшего изучения дисциплин направления «Прикладная математика и информатика». В дополнение к лекционному материалу, студентам рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу согласно перечню, приведенному в рабочей программе.

Студенты в рамках аудиторных занятий должны, в целом, владеть понятийным аппаратом, основанном на ранее изученных дисциплинах, воспринимать теоретический материал основного содержания лекции, видеть причинно-логические связи в лекции, понимать схему решения примеров, приводимых в лекции. Для освоения темы каждой лекции на более глубоком уровне требуется дополнительная работа с теоретическим материалом в форме прочтения и изучения основной и дополнительной литературы, самостоятельной работы с лекцией.

Тема № 1.

Название темы: «Введение. Современное состояние теории математического и компьютерного моделирования».

План лекции.

Предмет теории моделирования. Сущность математической модели (ММ). Достоинства теории и эксперимента. Методология ММ. Этапы становления методологии математического и компьютерного моделирования.

Моделирование как метод научного познания. Вычислительный эксперимент.

Состояние и перспективы развития математического моделирования. Перспективы развития методов и средств моделирования систем в свете новых информационных технологий.

Цели, задачи: Ввести студентов в дисциплину «Математическое и компьютерное моделирование», обозначить структуру курса, содержание лабораторного практикума по основным разделам дисциплины, озвучить междисциплинарные связи, правила организации аудиторной и самостоятельной работы студентов, дать методические рекомендации по изучению дисциплины, указать список основной и дополнительной литературы, рекомендуемой студентам, ознакомить студентов с формами текущего и итогового контроля по дисциплине.

Ключевые вопросы: 1) Обозначьте области применения математического и компьютерного моделирования? 2) В каких случаях прибегают к построению моделей и проведению вычислительных экспериментов? 3) Расскажите об основных этапах развития теории математического моделирования. 4) Приведите примеры классических математических моделей, известных Вам.

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, 10.4, 10.5, 10.7, 10.8.

Выводы по теме: Технические, экологические, экономические и иные системы, изучаемые современной наукой, больше не поддаются исследованию (в нужной полноте и точности) обычными теоретическими методами. Прямой натуральный эксперимент над ними долог, дорог, часто либо опасен, либо невозможен, цена ошибок и просчетов очень высока, поэтому ММ является неизбежной составляющей научно-технического прогресса.

Тема № 2

Название темы: «Свойства моделей и цели моделирования. Классификация математических моделей».

План лекции. Место моделирования среди методов познания. Методология. Понятие «метод». Классификация методов научного познания. Определение модели. Роль аналогии и гипотезы в моделировании. Свойства моделей. Неполнота модели. Адекватность модели. Простота модели. Потенциальность модели. Цели моделирования.

Классификация моделей систем. Материальное, идеальное, когнитивное, концептуальное и формальное моделирование. Классификационные признаки: сложность объектов моделирования, оператор модели, параметры модели, цели моделирования, методы реализации.

Классификация по степени неопределенности. Классификация по степени абстрагирования от оригинала. Классификация по методам реализации.

Цели, задачи: дать обучающимся целостные и взаимосвязанные знания по теме «Свойства моделей и цели моделирования. Классификация математических моделей», обеспечить творческую работу студентов совместно с преподавателем.

Ключевые вопросы: 1) Какое место занимает теория моделирования среди других методов научного познания? 2) Дайте определение модели? 3) Каким общим свойством обладают все математические модели? 4) Какие типичные цели преследуют исследователи при использовании средств и методов математического моделирования?

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, 10.4, 10.5-10.8.

Выводы по теме: Понимание свойств математических моделей, целей, преследуемых при построении и реализации математических моделей, а также класса используемых моделей позволяют глубоко и всесторонне изучить объект исследования.

Тема № 3

Название темы: «Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Принципы, этапы и методы построения моделей».

План лекции. Этапы вычислительного эксперимента. Технологией создания математических моделей. Триада «модель – алгоритм – программа». Принципы построения математических моделей.

Обследование объекта моделирования. Заказчик и исполнитель. Содержательная постановка задачи моделирования. Тщательное обследование объекта моделирования; сбор и проверка имеющихся экспериментальных данных об объектах-аналогах; аналитический обзор литературных источников, анализ и сравнение между собой построенных ранее моделей данного объекта; анализ и обобщение всего накопленного материала, разработка общего плана создания математической модели. Техническое задание на проектирование и разработку модели.

Концептуальная постановка задачи моделирования. Совокупность гипотез относительно свойств и поведения объекта моделирования.

Математическая постановка задачи моделирования. Оператор модели, классы моделей, наиболее распространенные типы задач (задача с начальными условиями, краевая, задача, задачи на собственные значения). Ряд обязательных проверок: контроль размерностей, контроль порядков, контроль характера зависимостей, контроль экстремальных ситуаций, контроль граничных условий, контроль физического смысла. контроль математической замкнутости. Понятие корректной математической модели.

Выбор и обоснование выбора метода решения задачи. Группы методов: аналитические, графические и численные. Три основных составляющих возникающей погрешности при численном решении исходной задач.

Принципы построения моделей (принципы организации материи: неживая, живая, мыслящая).

Методы построения вычислительного алгоритма. Реализация моделей в виде программы для ЭВМ. Этапы процесса создания программного обеспечения (составление технического задания на разработку пакета программ программного обеспечения; проектирование структуры программного комплекса; кодирование алгоритма; тестирование и отладка; сопровождение и эксплуатация).

Проверка адекватности модели. Понятие адекватности и верификации данных. Цели, которые преследуются при проверке адекватности. Причины появления неадекватности.

Практическое использование построенной модели и анализ результатов моделирования. Возможности всестороннего анализа результатов моделирования.

Цели, задачи: глубокое разъяснение и системное изложение учебного материала по теме «Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Принципы, этапы и методы построения моделей».

Ключевые вопросы: 1) Какие этапы вычислительного эксперимента являются обязательными при математическом моделировании? 2) Назовите основные особенности работ, которые сопровождают каждый этап построения и реализации модели. 3) Сформулируйте понятие корректной математической модели. 4) Какая модель называется адекватной? 5) Какие требования предъявляются к программным реализациям математических моделей?

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, 10.3, 10.5, 10.7, 10.8.

Выводы по теме: Качественное проектирование и реализация всех этапов вычислительного эксперимента является основой и залогом успеха исследования объекта методами математического моделирования.

Тема № 4

Название темы: «Простейшие математические модели и основные принципы математического моделирования».

План лекции. Фундаментальные законы природы. Законы сохранения энергии. Пример: экспертиза по баллистике. Закон сохранения материи. Пример: модель радиоактивного распада. Закон сохранения импульса. Пример: модель движения ракеты.

Вариационные принципы. Принцип Ферма.

Применение аналогий при построении моделей. Модель Мальтуса.

Иерархический подход к получению моделей. Модель многоступенчатой ракеты.

Нелинейность математических моделей. Модель Ферхюльста.

Цели, задачи: системное изложение теоретических и практических аспектов темы «Простейшие математические модели и основные принципы математического моделирования».

Ключевые вопросы: 1) Назовите классические математические модели, при построении которых учтены фундаментальные законы природы. 2) В каком случае применяют вариационные принципы? 3) В чем суть принципа аналогий? 4) Назовите недостаток модели Мальтуса. 5) В чем заключается иерархический принцип моделирования? 6) В каком смысле модель Ферхюльста «улучшает» модель Мальтуса?

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, 10.4, 10.5, 10.7, 10.8.

Выводы по теме: Процесс построения моделей может быть условно разбит на следующие этапы. Конструирование модели начинается со словесно-смыслового описания объекта или явления. Данный этап можно назвать формулировкой предмодели. Следующий этап – завершение идеализации объекта. Отбрасываются все факторы и эффекты, которые представляются не самыми существенными для его поведения. После выполнения первых двух этапов можно переходить к выбору или формулировке закона (вариационного принципа, аналогии и т. п.), которому подчиняется объект, и его записи в математической форме. При необходимости используются дополнительные сведения об объекте, также записываемые математически. Завершает формулировку модели ее «оснащение». Построенная модель изучается всеми доступными исследователю методами, в том числе со взаимной проверкой различных подходов. В результате исследования модели не только достигается поставленная цель, но и должна быть установлена всеми возможными способами (сравнением с практикой, сопоставлением с другими подходами) ее адекватность. Неадекватная модель может дать результат, сколь угодно отличающийся от истинного, и должна быть либо отброшена, либо соответствующим образом модифицирована.

Тема № 5

Название темы: «Модели нечетких систем».

План лекции. Нечеткие множества и лингвистические переменные. Функция принадлежности. Нечеткая логика. Примеры. Нечеткость и вероятность: сравнение подходов математическом моделировании.

Нечеткие отношения. Нечеткие системы. Пример.

Математические модели нечетких систем. Выбор функции принадлежности. Нечеткая импликация. Нечеткие выводы. Правила вывода. Введение нечеткости (фаззификация). Логический вывод. Агрегирование. Приведение к четкости.

Алгоритмы нечеткого вывода: алгоритм Мамдани, алгоритм Сугено.

Нечеткое моделирование с использованием инструментальных средств пакета Fuzzy Logic Toolbox Matlab.

Цели, задачи: формирование устойчивых знаний и умений работы с аппаратом нечеткой логики и принципами моделирования нечетких систем.

Ключевые вопросы: 1) В чем состоит отличие использования подходов нечеткого моделирования и стохастического моделирования? 2) Что понимают под лингвистической переменной? 3) Назовите способы задания функции принадлежности. 4) Что есть нечеткая система?. 4) Назовите основные этапы моделирования нечеткой системы.

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.2, 10.8-10.9.

Выводы по теме: Нечеткий подход наиболее применим для решения таких проблем, в которых неопределенность характеризуется отсутствием хорошо определенных критериев, позволяющих однозначно судить о принадлежности элементов тому или иному классу.

Тема № 6

Название темы: «Детерминированные модели. Математические модели микроэкономики».

План лекции. Примеры статических и динамических моделей, реализуемых: уравнениями линейных и нелинейных уравнений и их систем, решение задач обработки экспериментальных данных, реализация моделей, описываемых ОДУ (задачами Коши и краевыми задачами), а также уравнениями в частных производных. Примеры физических, экономических, социальных систем.

Классификация динамических моделей экономики.

Модели естественного роста. Задача о кредитовании. Инфляция и правило величины 70. Модель выпуска дефицитной продукции. Модель выбытия фондов. Рост производства с учетом инвестиций. Модели естественного роста с учетом насыщения.

Дифференциальные модели спроса. Подходы к построению функции спроса. Кривые Торнквиста.

Статическая модель однопродуктовой фирмы. Производственная функция. Модель общего равновесия. Влияние налогов на предпринимательскую активность: кривая Лаффера.

Динамическая модель однопродуктовой фирмы.

Моделирование динамики рыночных цен. Паутинообразные модели рынка с запаздыванием спроса и предложения. Непрерывная модель динамики цены.

Оценка доходности ценных бумаг при погашении в конце срока. Моделирование доходности банковских операций.

Модели соперничества в экономике.

Цели, задачи: формирование ориентировочной основы для последующего усвоения и практического применения детерминированных моделей, освоение детерминированного подхода в моделировании на примере изучения экономико-математических моделей.

Ключевые вопросы: 1) В чем заключается основная особенность детерминированного класса моделей? 2) Каким математическим аппаратом оперируют детерминированные классы моделей? 3) Приведите пример экономико-математической модели, в математической постановке описываемой задачей Коши для ОДУ. 4) Приведите пример модели, в математической постановке описываемой краевой задачей для ОДУ. 5) Какие виды динамических моделей микроэкономики выделяют? 6) Назовите экономические приложения модели естественного роста с учетом насыщения. 7) С математической точки зрения как формулируется динамическая модель однопродуктовой фирмы? 8) В чем суть построения паутинообразных моделей рынка?

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, 10.4, 10.5, 10.7, 10.8, 10.10, 10.15.

Выводы по теме: Детерминированные модели представляют собой самый большой и хорошо изученный класс моделей. Многочисленные постановки прикладных задач, широкий спектр разработанных методик реализации и возможности современных пакетов прикладных программ дают исследователю гибкий и многофункциональный инструмент для построения, реализации и исследования детерминированных математических моделей. Динамические модели экономики, описывающие ее характеристики в развитии имеют широкие области применения, в частности, для решения задач планирования и прогнозирования экономических процессов.

Тема № 7

Название темы: «Детерминированные модели. Математические модели макроэкономики».

План лекции. Основные модели макроэкономических процессов: классический подход и кейнсианский подход. Математическая модель мультипликатора. Модель делового цикла Самуэльсона-Хикса. Модели долгосрочного прогнозирования

Цели, задачи: освоение детерминированного подхода в моделировании на примере изучения математических моделей макроэкономики.

Ключевые вопросы: 1) В чем суть и основное отличие классического подхода и кейнсианского подхода в моделировании макроэкономических процессов? 2) Для чего используется модель мультипликатора? 3) Каковы области применения модели Самуэльсона-Хикса?

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, 10.8, 10.15.

Выводы по теме: Математические модели макроэкономики в широком ряде случаев допускают математическую формализацию и могут быть реализованы на основе средств и методов математического и компьютерного моделирования.

7 семестр

Тема № 8

Название темы: «Стохастические модели. Моделирование случайных величин и случайных событий».

План лекции. Особенность стохастических моделей. Равномерно распределенные случайные числа. Генераторы псевдослучайных чисел. Машинная генерация псевдослучайных последовательностей; проверка и улучшение качества последовательностей; моделирование случайных воздействий. Организация случайных блужданий.

Методы Монте-Карло для решения различных задач. Идея, назначение и область применения метода Монте-Карло. Единичный жребий и формы его организации.

Модель броуновского движения. Организация случайных блужданий.

Цели, задачи: Формирование устойчивых знаний по теме «Стохастические модели. Моделирование случайных величин и случайных событий», мотивация студентов к самостоятельной работе по практическим вопросам применения данной темы.

Ключевые вопросы: 1) В каких практических случаях требуется применение стохастического подхода к построению математической модели? 2) В чем суть метода Монте-Карло? 3) Каким недостатком обладает метод Монте-Карло? 4) Приведите пример математической модели, реализуемой методом Монте-Карло.

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, 10.5-10.6, 10.8-10.9, 10.13, 10.14, 10.15.

Выводы по теме: Важным классом реализуемых на ЭВМ моделей являются стохастические модели, в которых реализация рассматриваемого процесса зависит от

случайных параметров. Выходные значения для таких моделей при заданном наборе входных данных можно предсказать только в вероятностном смысле.

Тема № 9

Название темы: «Моделирование в условиях неопределенности. Марковские случайные процессы».

План лекции. Марковские случайные процессы. Понятие о случайном процессе. Понятие о марковском случайном процессе. Процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Граф состояний.

Потоки событий. Интенсивность потока событий. Регулярный поток событий. Стационарный поток событий. Поток событий без последствия. Ординарный поток событий. Простейший или пуассоновский поток событий.

Элемент вероятности. Рекуррентный поток событий (поток Пальма).

Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний. Финальные вероятности состояний. Правила составления уравнений Колмогорова. Условия существования финальных вероятностей состояния. Пример.

Цели, задачи: рассмотреть базовые подходы к изучению Марковских случайных процессов, сформировать четкие знания у студентов по этой теме, нацелить на решение практических задач.

Ключевые вопросы: 1) Какой случайный процесс можно считать марковским? 2) Каким образом можно решить систему уравнений Колмогорова? 3) Объясните смысл финальных вероятностей состояний.

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, 10.6, 10.7, 10.8,10.9, 10.10.

Тема № 10

Название темы: «Моделирование систем массового обслуживания».

План лекции. Моделирование систем массового обслуживания. Задачи теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания. Каналы обслуживания. Предмет теории массового обслуживания. СМО с отказами. СМО с очередью. Дисциплина обслуживания. Обслуживание с приоритетом. Многофазное обслуживание. Оптимизация работы СМО.

Схема гибели и размножения. Граф состояний для схемы гибели и размножения. Выражение общих формул для финальных вероятностей состояний схемы гибели и размножения. Формула Литтла. Среднее число заявок $L_{\text{сист}}$, находящихся в системе массового обслуживания (т. е. обслуживаемых или стоящих в очереди), и среднее время пребывания заявки в системе $W_{\text{сист}}$. среднее время пребывания заявки в очереди $W_{\text{оч}}$ и среднее число заявок в очереди $L_{\text{оч}}$.

Моделирование систем массового обслуживания. Простейшие системы массового обслуживания и их характеристики.

n -Канальная СМО с отказами (задача Эрланга). Граф состояний. Финальные вероятности для модели. Вероятность того, что пришедшая заявка получит отказ. Пропускная способность СМО. Абсолютная пропускная способность СМО. Среднее число занятых каналов.

Одноканальная СМО с неограниченной очередью. Граф состояний. Финальные вероятности для модели. Среднее число заявок в системе, среднее время пребывания заявки в системе, среднее число заявок в очереди, среднее время пребывания заявки в очереди, вероятность того, что канал занят (степень загрузки канала).

n -Канальная СМО с неограниченной очередью. Граф состояний. Финальные вероятности для модели. Среднее число занятых каналов. Среднее число заявок в системе, среднее время пребывания заявки в системе, среднее число заявок в очереди, среднее время пребывания заявки в очереди.

Одноканальная СМО с ограниченной очередью. Граф состояний. Финальные вероятности для модели. Вероятность отказа, абсолютная пропускная способность, вероятность того, что канал занят, средняя длина очереди, среднее число заявок в СМО, среднее время ожидания в очереди, среднее время пребывания заявки в СМО.

Цели, задачи: рассмотреть базовые подходы к построению моделей систем массового обслуживания, сформировать четкие знания у студентов по этой теме, нацелить на решение практических задач.

Ключевые вопросы: 1) В чем заключается особенность схемы гибели и размножения? 2) Какой смысл имеют формулы Литтла в теории СМО? 3) Какие характеристики СМО подлежат изучению при рассмотрении n -канальной СМО с отказами? 4) Какие характеристики СМО подлежат изучению при рассмотрении n -канальной СМО с очередью?

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, 10.4, 10.8, 10.9.

Выводы по теме: Задачей теории массового обслуживания является построение математических моделей, связывающих данные условия работы СМО (число каналов, их производительность, правила работы, характер потока заявок) с интересующими характеристиками – показателями эффективности СМО, описывающими способность справляться с потоком заявок. В качестве таких показателей например могут быть: среднее число заявок, обслуживаемых СМО в единицу времени, среднее число занятых каналов, среднее число заявок в очереди и среднее время ожидания и т.д. Матанализ работы СМО значительно облегчается, если случайный процесс этой работы – марковский.

Тема № 11

Название темы: «Моделирование с использованием имитационного подхода. Введение в теорию фракталов».

План лекции. Введение в теорию самоорганизации. Синергетика. Фракталы как математический аппарат теории самоорганизации.

Определение фрактала. Историческая справка. Классификация по степени неопределенности. Геометрические фракталы. Математические монстры в истории математики. Кривая-генератор. Примеры. Применение двухинвариантных преобразований сжатия-отражения. Стохастические фракталы. Алгебраические фракталы. Фракталы Жюлиа и Мандельброта.

Способы определения фрактальной размерности. Размерность самоподобия. Размерность по Хаусдорфу-Безиковичу.

Применение теории фракталов для моделирования самоподобных абстрактных и природных структур. Биология и медицина. «Спрятанные» измерения. Физика. Астрономическая физика. Телекоммуникации. Применение в компьютерных системах: графика и дизайн. Информационное пространство и фракталы. Литература. Применение теории фракталов в экономике. Технический анализ финансовых рынков.

Демонстрация научно-популярного фильма «Размерности» компании NOVA.

Цели, задачи: формирование базовых знаний у студентов и системное изложение учебного материала по теме «Моделирование с использованием имитационного подхода. Введение в теорию фракталов».

Ключевые вопросы: 1) Каковы исторические предпосылки развития теории фракталов? 2) Дайте понятие «фрактал» 3) В чем заключаются алгоритмические особенности построения геометрических фракталов? Стохастических фракталов? Алгебраических-фракталов? 4) Как реализовать в программной среде фрактал Мандельброта? 5) Назовите области практического применения фрактальной теории.

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, интернет-ресурсы.

Выводы по теме: Теория фракталов – яркий пример развития нового направления науки, в равной мере основанного как на достижениях в весьма абстрактных областях математики, так и на новом взгляде на давно известный эмпирический материал, который до создания адекватных моделей не поддавался даже научному описанию и интерпретации. Может быть, в определенный период времени, увлечение фракталами было даже слишком бурным и попытки все объяснять с помощью теории фракталов были неоправданными. Однако современная научная практика приобрела гибкий и мощный аналитический инструментарий в лице теории фракталов, позволяющий вскрыть огромные неиспользуемые ранее резервы и применить их в области различных приложений.

Тема № 12

Название темы: «Введение в теорию перколяции».

План лекции. Введение в теории перколяции. Краткая историческая справка. Ячейка. Ячеистая область. Кластер. Случайная и коррелированная перколяция. Соединяющий кластер. Порог перколяции. Пример: модель диэлектрического пробоя.

Решеточные задачи: задача узлов и задача связей. Изучение свойств соединяющего кластера.

Характеристики: среднее число кластеров размера s ; полное число ячеек; распределение среднего размера кластеров; полное число занятых ячеек; количество занятых ячеек, принадлежащих кластерам размера s ; вероятность того, что случайно выбранный занятый узел принадлежит кластеру размера s ; средний размер кластера; вероятность того, что случайно выбранная занятая ячейка принадлежит стягивающему кластеру; радиус-вектор центра масс кластера, радиус циркуляции для единственного кластера, состоящего из s -ячеек; длина корреляции.

Остов кластера. Мертвые концы. Красные связи. Скелет кластера. Эластичный остов. Оболочка или внешний периметр. Полный периметр. Континуальная перколяция.

Критические показатели и масштабная инвариантность.

Алгоритм Хошена-Копельмана – алгоритм маркировки кластеров. Пример реализации алгоритма. Скейлинговые соотношения.

Цели, задачи: формирование фундаментальных и прикладных знаний по использованию теории перколяции в математическом моделировании.

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, интернет-ресурсы.

Ключевые вопросы: 1) С какими объектами работает теория перколяции? 2) В чем связь теории перколяции и теории фракталов? 3) Приведите пример – физический аналог перколяционного процесса. 4) В чем суть алгоритма маркировки кластеров? 5) Как найти соединяющий кластер с помощью алгоритма Хошена-Копельмана?

Выводы по теме:

В настоящее время перколяционные процессы рассматриваются математиками, физиками, химиками, программистами, инженерами. Оказалось, что перколяция является удобной моделью для описания широкого класса явлений, которые принято называть критическими. С другой стороны, задача оказалась весьма интересной и с точки зрения чистой математики. Большинство результатов теории перколяции получено в результате компьютерного моделирования. При этом приходится проводить многие тысячи компьютерных испытаний на больших объектах, что потребовало разработки эффективных алгоритмов. Выяснилось, что теория перколяции имеет точки соприкосновения с рядом новых и перспективных направлений науки, например, перколяционные процессы могут приводить к самоорганизации и образованию структур, объекты, которые образуются при перколяции, являются фракталами. Несмотря на то, что в теории перколяции получен ряд строгих результатов, а в ее применении достигнуты значительные успехи, она находится еще в процессе становления, многое еще предстоит понять, доказать, применить.

Тема № 13

Название темы: «Клеточные автоматы».

План лекции. Введение. Автомат. Клеточный автомат. Клеточное пространство. Краткая историческая справка.

Примеры клеточных автоматов. Области применения клеточных автоматов.

Классификация клеточных автоматов.

Игра-клеточный автомат «жизнь». Выживание. Гибель. Рождение. Примеры стационарных структур, реализующихся в игре «Жизнь». Примеры периодических структур (2-циклы), реализующихся в игре «Жизнь».

Игра «Аква-Тор» – наглядный пример применения клеточных автоматов в биологии.

Линейный автомат.

Клеточный автомат, моделирующий движение толпы.

Ссылки на литературные источники: Рекомендуемая литература по списку, представленному в рабочей программе: 10.1-10.2, интернет-ресурсы.

Ключевые вопросы: 1) Является ли клеточный автомат частным случаем конечного автомата? 2) Назовите области применения теории клеточных автоматов? 3) Какие особенности реализации имеет игра «жизнь»?-для моделирования каких объектов и процессов можно применить подобный клеточный автомат?

Выводы по теме: клеточные автоматы нашли и находят широкое применение во многих сферах человеческой деятельности, многие задачи которых стало возможным решить только с помощью компьютера.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

В таблице 2 приведена форма дневника выполнения плана практикума (выполнения лабораторных работ).

Таблица 2 – Дневник выполнения плана освоения дисциплины (включает тематику лабораторных работ, содержание и объем в часах)

Тематика		Акад. час.	Кол-во баллов	Отметка о зачете работы
6 учебный семестр				
1	Лабораторная работа № 1 «Разработка интерфейса пользователя в ППП Matlab»			
2	Лабораторная работа № 2 «Статические модели. Обработка экспериментальных данных»			
3	Лабораторная работа № 3 «Детерминированные динамические модели, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями»			
4	Лабораторная работа № 4 «Детерминированные модели, описываемые уравнениями с частными производными»			
5	Лабораторная работа № 5 «Нечеткие модели систем. Работа с пакетом Fuzzy Logic Toolbox»			
6	Лабораторная работа № 6 «Экономические приложения задач математического программирования»			
7	Лабораторная работа № 7 «Оценка доходности облигаций и банковских операций»			
8	Лабораторная работа № 8 «Модель определения оптимальной ставки налога»			
9	Лабораторная работа № 9 «Детерминированные нелинейные динамические модели: модели соперничества в экономике»			
Посещение занятий				
7 учебный семестр				
10	Лабораторная работа № 10 «Моделирование случайных блужданий методом Монте-Карло»			
11	Лабораторная работа № 11 «Марковские процессы»			
12	Лабораторная работа № 12 «Системы массового обслуживания»			

Тематика		Акад. час.	Кол-во баллов	Отметка о зачете работы
13	Лабораторная работа № 13 «Модели фракталов»			
14	Лабораторная работа № 14 «Перколяция»			
15	Лабораторная работа № 15 «Клеточные автоматы»			
16	Лабораторная работа № 10 «Моделирование случайных блужданий методом Монте-Карло»			
Посещение занятий				

Лабораторные работы направлены на закрепление теоретического материала на практическом уровне и предусматривают реализацию математических моделей систем по вариантам индивидуальных заданий. Допускается работа в подгруппах, состоящих из 2 студентов, с выполнением одного варианта. Отчет в этом случае оформляется каждым студентом отдельно. Опрос проводится независимо от личного вклада в результат выполнения работы. Для выполнения лабораторной работы необходимо освоить теоретические основы соответствующего раздела, составить блок-схему реализации задачи, выполнить программную реализацию, протестировать задачу на примере, для которого известно аналитическое решение, оценить погрешность результата, оформить отчет по работе.

При возникновении проблемных ситуаций в ходе решения практических задач (неясен алгоритм, непонятна ошибка программной среды при реализации метода, появились затруднения, связанные с тестированием алгоритма и пр.) или освоения теоретического материала преподавателем приветствуется любой диалог или дискуссия (возможно, с участием других студентов), направленные на решение проблемы, при необходимости отведения дополнительного и/или индивидуального времени – в рамках консультаций во внеаудиторное время.

Правила выполнения и оформления лабораторных их работ

Лабораторная работа выполняется отдельно каждым студентом строго в соответствии с выданным преподавателем заданием и вариантом. Оформлять работу следует четко и аккуратно в отдельной тетради, придерживаясь основных правил оформления отчетных работ:

- 1) лист задания (содержит предложенное задание);
- 2) раздел, содержащий теоретические основы соответствующей главы курса, включая подробный алгоритм основного метода и краткую теорию;
- 3) раздел, содержащий описание программной реализации (распечатка листинга и результатов);
- 4) раздел, содержащий анализ результатов и проверку адекватности реализации модели.

Сроки сдачи работ ограничены отведенным на выполнение практикума аудиторным временем –36 акад. час. лабораторных работ в каждом семестре.

Рекомендуется выполнять и сдавать на проверку отчеты по лабораторным работам по мере изложения лекционного материала и выдачи заданий преподавателем.

Полные тексты лабораторных работ по дисциплине «Математическое и компьютерное моделирование» выдаются студентам в электронном виде в начале каждого учебного семестра. Лабораторные работы в печатном виде выдается на каждом занятии.

Дополнительно для работы студентам предлагается воспользоваться учебными пособиями 10.10-10.15, приведенными в списке литературы рабочей программы.

Пособия размещены в открытом доступе на сайте Амурского государственного университета. Они также выдаются студентам в электронном виде в начале учебного семестра.

Рейтинговая система оценки знаний

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и для промежуточной аттестации: балльно-рейтинговая система оценки знаний учащихся. Рейтинговая оценка знаний студентов проводится в соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов АмГУ. Текущий контроль включает в себя проверку лабораторных работ, промежуточный контроль – итоговое тестирование, зачет (6 семестр) и экзамен (7 семестр).

Фонд тестовых заданий содержит 4 варианта по 10 заданий (6 семестр) и 20 заданий (7 семестр), всего – два комплекта для проведения тестирования в первом и втором учебном семестрах. На выполнение теста отводится 2 акад. час. занятий. Каждое правильно выполненное задание включается в зачет баллов по тесту. Студенты, имеющие пропуск по уважительной причине, могут переписать тест в рамках времени, отведенного на консультацию по дисциплине.

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения лабораторных занятий посредством устного опроса по контрольным вопросам соответствующего раздела, а также проверки отчетов по лабораторным работам. Каждый вид работ, включая посещение лекционных, лабораторных занятий, оценивается определенным количеством баллов. Промежуточная аттестация студентов выставляется посредством перевода текущей рейтинговой оценки в оценку по пятибалльной шкале.

Лабораторные работы предусматривают выполнение индивидуальных заданий по соответствующим темам курса и сопряжены с прохождением лабораторного практикума. Студентам выдаются методические указания к выполнению работ, включающие краткую теорию, примеры разобранных задач и программных реализаций, контрольные вопросы и индивидуальные задания. При выполнении работ по данному курсу студенты должны продемонстрировать умение реализовывать математические модели с использованием возможностей математических прикладных программ.

Критерии оценки лабораторных работ. Каждая работа оценивается, в зависимости от сложности, до 10 баллов. Студент получает максимальное количество баллов за лабораторную работу, если студент владеет теоретическим материалом по соответствующему разделу курса, отвечает на дополнительные вопросы, ориентируется в междисциплинарных связях данной дисциплины с другими предметами, компьютерная реализация модели соответствует заданию, задание выполнено в полном объеме, результаты адекватны, работа оформлена в соответствии с указанными в дневнике требованиями. При невыполнении отдельных подзаданий работы – до 20 % оценка снижается на 1-2 балла, до 40 % – на 3-4 балла. Если студент не владеет теоретическим материалом, не отвечает на дополнительные вопросы или не выполнил существенную часть работы (выполнил только 60 % заданий) – лабораторная работа не зачитывается и студент продолжает подготовку. Ему рекомендуется посетить еженедельно проводимые консультационные занятия.

В случае несвоевременной сдачи лабораторной работы, каждая работа оценивается меньшим кол-вом баллов (– 1 или – 2 балла).

Кейс-задания. В качестве альтернативного (тесту) варианта промежуточного контроля предусмотрены кейс-задания, которые включают задания практикума и предназначены для контроля усвоения отдельных модулей дисциплины. Для выполнения кейсов требуется доступ к ЭВМ с установленным пакетом Matlab. Кейс включает несколько заданий, на выполнение которых отводится 2 акад. час.

Для выполнения кейса необходимо владеть основами методологии математического моделирования, уметь классифицировать математическую модель, формулировать

математическую постановку задачи моделирования, понимать на основе каких принципов она построена, какими методами можно ее реализовать, какими средствами ППП ее можно реализовать, знать способы проверки адекватности результатов моделирования.

Промежуточный контроль осуществляется после успешного прохождения студентами текущего и промежуточного контроля в виде контрольного тестирования, зачета (6 семестр) и экзамена (7 семестр).

Зачет сдается в конце 6 учебного семестра. Форма сдачи экзамена – письменная. Необходимым условием допуска на зачет является сдача всех лабораторных работ. Билет на зачете содержит два теоретических вопроса. Зачет проходит в письменной форме с последующей индивидуальной беседой преподавателя со студентом. На письменную работу над билетом отводится 2 акад. часа.

Экзамен сдается в конце 7 учебного семестра. Форма сдачи экзамена – письменная. Необходимым условием допуска на экзамен является сдача всех лабораторных работ. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и три блиц-задачи различной степени сложности. Экзамен проходит в письменной форме с последующей индивидуальной беседой преподавателя с экзаменуемым. На письменную работу над билетом отводится 2 акад. часа. До начала экзамена преподаватель озвучивает и отображает на доске шкалу перевода баллов в традиционную пятибалльную оценку. При изложении ответа на вопрос студент должен дать развернутый ответ на оба вопроса в билете. Студент должен продемонстрировать ориентацию в материале, глубину знаний, междисциплинарные связи, владение специальными знаниями согласно программному материалу.

Итоговая оценка выставляется студенту с учетом общего рейтинга по дисциплине и набранных за семестр баллов, включая баллы за тестирование.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Курсовая работа выполняется по индивидуальной теме, предложенной преподавателем. Работа должна отвечать требованиям, предъявляемым к оформлению курсовых работ. Предложенная тематика может быть заменена на другую тему или модифицирована по согласованию с преподавателем.

Общее направление и тематика курсовой работы определяется индивидуально для каждого студента: студент выбирает либо тему, связанную с выполнением его научно-исследовательской работы и в перспективе связанной с выпускной квалификационной работой, либо выполняет курсовую работу по теме, предложенной преподавателем и связанную с математическим/компьютерным/имитационным моделированием некоторого предмета/процесса/явления.

Студентом должен быть определен объект для моделирования и анализа. Студент самостоятельно проводит этап обследования предметной области, определяет и формулирует исходные данные для постановки математической задачи моделирования. Исходя из целей и задач курсового проектирования по дисциплине рекомендуются следующие формулировки тем курсовых работ: «Разработка имитационной модели ... с использованием программного приложения ...», «Компьютерное моделирование ... в среде ...», «Математическое моделирование ... на основе ... метода ...», «Развитие метода ... для анализа/исследования/моделирования ...» и т.п.

Оформление курсовой работы должно строго соответствовать действующему на момент написания работы стандарту Амурского государственного университета. Курсовая работа представляется в полностью готовом виде: печатном (сшитом на скоросшиватель, в обложке) и электронном. Дополнительно с работой прилагаются специальные носители информации, содержащие программный продукт (тексты и исполняемые файлы) и презентацию, предназначенную для защиты курсовой работы.

Курсовая работа проходит две контрольные точки. Требования к текущему графику выполнения работ, контрольным срокам, представлению отдельных этапов и допуску к защите озвучиваются руководителем курсовой работы в рабочем порядке. Нормоконтролером по курсовой работе назначается руководитель курсовой работы, имя которого также указывается на титульном листе.

В окончательном виде (с подписью нормоконтролера на титульном листе) работа предоставляется руководителю в строго установленные деканатом сроки. Студент считается допущенным к устной защите курсовой работы, если он успешно прошел контрольные точки и имеет неотрицательную рецензию на курсовую работу, форма которой представлена в методическом пособии.

Критерии оценки курсовой работы, которыми руководствуется преподаватель при составлении рецензии и при оценке работы в целом, указаны в таблице.

1 Качество содержательной части		
1.1	Исследование предметной области (полнота изложения, корректность и непротиворечивость информации, оригинальность изложения, систематизация информации, оформление справочника задач)	10
1.2	Этапы проектирования (функциональное наполнение, потенциальность модели, соответствие методологии моделирования, включение в курсовую работу альтернативных подходов и расширение диапазона использования инструментальных средств)	20
1.3	Представление результатов (соответствие результатов поставленным задачам, качество и многоаспектность исследования, оригинальность)	20
Оценка в баллах		50

2 Качество представления результатов и оформления пояснительной записки		
2.1	Предметная область	5
2.2	Этапы проектирования	10
2.3	Анализ результатов	10
Оценка в баллах		25
3 Факт выполнения календарного плана – предоставление курсовой работы для промежуточного контроля		
3.1	Первая контрольная точка	5
3.2	Вторая контрольная точка	5
Оценка в баллах		10
4 Устный доклад и презентация		
3.3	Уровень представления результатов работы	5
3.4	Качество оформления презентационного материала	5
3.5	Ответы на дополнительные вопросы	5
Оценка в баллах		15

Студентам рекомендуется заблаговременно ознакомиться с этим перечнем. Используется балльная система оценки по четырем основным направлениям: качество содержательной части курсовой работы, качество представления результатов и оформления пояснительной записки, факт выполнения календарного плана – предоставление курсовой работы для промежуточного контроля, устный доклад и презентация.

Перечень примерных тем курсовых работ представлен в рабочей программе по дисциплине. Этот же перечень выдается студентам в начале учебного семестра.

Структура курсовой работы и правила ее оформления регламентируются действующим в вузе локальным нормативным актом (СТО АмГУ «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)»), который представлен в открытом доступе на сайте университета.

Структурные элементы курсовой работы:

- титульный лист;**
- задание;**
- реферат;**
- содержание;**
- нормативные ссылки;
- определения, обозначения и сокращения;
- введение;**
- основная часть работы;**
- заключение;**
- библиографический список;**
- приложения.

Обязательные структурные элементы выделены жирным шрифтом.

Во введении студент должен обязательно описать актуальность работы, сделать акцент на степень изученности и разработанности тематики, сформулировать объект и предмет исследования, цель и задачи. Можно указать структуру работы.

Как правило, основная часть курсовой работы должна включать три тематические главы. Первая из которых представляет литературный обзор по проблематике исследования. Вторая глава является методической, в ней отражен теоретический базис аналитических или численных методов, используемых для решения прикладной задачи и/или описаны средства и возможности специализированных прикладных программ, которые используются для решения поставленных задач. Третья глава транслирует

оригинальные результаты, включающие методически правильно оформленные этапы проведенного моделирования (вычислительного эксперимент): содержательная постановка задачи, концептуальная постановка задачи, математическая постановка задачи и контроль ее корректности, метод и алгоритм, программная реализация, вычислительный эксперимент и анализ результатов моделирования. При отклонении от рекомендуемой структуры в плане оформления студент так или иначе должен отразить все указанные составляющие курсовой работы (обзор, методика, оригинальный результат).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В рамках самостоятельной работы студентам предлагается подготовка с выполнению и сдаче лабораторных работ, в также подготовка к тестированию. Перед началом подготовки рекомендуется повторить материал лекции по конкретной теме, ознакомиться с содержанием теоретической части пособия, ответить на контрольные вопросы. Далее необходимо воспроизвести тестовые примеры, программная реализация которых представлена в пособии (или тексте лабораторной работы), и решение задач средствами ППП Matlab. После этого можно приступать к выполнению задания согласно индивидуальному варианту.

Схема самостоятельной работы студентов, перечень тем, рекомендации по работе с литературой, рекомендации по подготовке к аттестации представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Структура самостоятельной работы студентов по дисциплине «Математическое и компьютерное моделирование»

№ темы	Форма (вид) самостоятельной работы	Рекомендация по работе с литературой
1	самостоятельная работа по теме лабораторной работы «Разработка интерфейса пользователя в ППП Matlab»	Подходы к разработке интерфейса в ППП рекомендуется рассмотреть с помощью методических пособий: 10.12-10.13. Лабораторная работа с демонстрационным примером реализации выдается в электронном виде и содержится в пособии 10.12.
2	самостоятельная работа по теме лабораторной работы «Статические модели. Обработка экспериментальных данных»	Изучение теоретических основ статического моделирования рекомендуется с использованием лекций по этой теме и литературных источников, указанных в перечне основной и дополнительной литературы рабочей программы 10.1, 10.3, 10.9, 10.15. Вопросы практической реализации методов рекомендуется рассматривать с помощью методических пособий: 10.10, 10.15. Лабораторная работа с демонстрационным примером реализации моделей выдается в электронном виде и содержится в пособии 10.10.
3	самостоятельная работа по теме лабораторной работы «Детерминированные динамические модели, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями»	Изучение теоретических основ детерминированного моделирования рекомендуется с использованием лекций по этой теме и литературных источников 10.1, 10.2, 10.3, 10.9, указанных в перечне основной и дополнительной литературы. Лабораторная работа с демонстрационным примером реализации моделей выдается в электронном виде.
4	самостоятельная работа по теме лабораторной работы «Нечеткие модели систем. Работа с пакетом Fuzzy Logic Toolbox»	Изучение теоретических нечеткого моделирования рекомендуется с использованием лекций по этой теме и литературных источников 10.1, 10.2 и ресурсов сети Интернет, указанных в перечне основной и дополнительной литературы. Лабораторная работа с демонстрационным примером реализации нечетких моделей в ППП Matlab выдается в электронном виде.
5	самостоятельная работа по темам лабораторных работ «Экономические приложения задач математического программирования», «Оценка доходности облигаций и банковских операций»	Изучение теоретических основ метода и алгоритма рекомендуется с использованием лекций по этой теме и литературных источников 10.1, 10.2, 10.9, указанных в перечне основной и дополнительной литературы. Лабораторная работа с демонстрационным примером реализации моделей выдается в электронном виде и содержится в пособии 10.15.

№ темы	Форма (вид) самостоятельной работы	Рекомендация по работе с литературой
6	самостоятельная работа по темам лабораторных работ «Модель определения оптимальной ставки налога», «Детерминированные нелинейные динамические модели: модели соперничества в экономике», подготовка к тестированию	Изучение теоретических основ метода и алгоритма рекомендуется с использованием лекций по этой теме и литературных источников 10.1, 10.2, ресурсы сети Интернет, указанных в перечне основной и дополнительной литературы. Лабораторная работа с демонстрационным примером реализации моделей выдается в электронном виде и содержится в пособии 10.15. Для подготовки к тестированию и зачету необходимо воспользоваться материалами лекций и литературой по списку в рабочей программе.
7	самостоятельная работа по теме лабораторной работы «Моделирование случайных блужданий методом Монте-Карло», самостоятельная работа по теме курсовой работы	Изучение теоретических основ метода Монте-Карло и алгоритма рекомендуется с использованием лекций по этой теме и литературных источников 10.1, 10.8, указанных в перечне основной и дополнительной литературы. Лабораторная работа с демонстрационным примером реализации моделей выдается в электронном виде и содержится в пособии 10.10. Для выбора темы курсовой работы рекомендуется воспользоваться перечнем примерных тем, провести детальный обзор литературы, рассмотреть вариант выбора темы, близкой к тематике выпускной квалификационной работы.
8	самостоятельная работа по теме лабораторной работы «Марковские процессы», самостоятельная работа по теме курсовой работы	Изучение теоретических основ марковских случайных процессов рекомендуется с использованием лекций по этой теме и литературных источников 10.1, 10.2, 10.8, указанных в перечне основной и дополнительной литературы. Лабораторная работа с демонстрационным примером реализации моделей выдается в электронном виде. Для литературного обзора по курсовой работе рекомендуется воспользоваться основной и обязательной литературой, ресурсами сети Интернет, периодическими научными, научными изданиями. Рекомендуется написать текст 1 обзорной главы курсовой работы.
9	самостоятельная работа по теме лабораторной работы «Системы массового обслуживания (СМО)», самостоятельная работа по теме курсовой работы	Изучение теории СМО рекомендуется с использованием лекций по этой теме и литературных источников 10.8-10.9, указанных в перечне дополнительной литературы. Лабораторная работа с демонстрационным примером реализации моделей выдается в электронном виде. Для написания курсовой работы рекомендуется воспользоваться основной и обязательной литературой, ресурсами сети Интернет, периодическими научными, научными изданиями. Рекомендуется использовать общенаучные и научно-научные методы научного познания: анализ синтез, обобщение, индукцию, дедукцию и написать текст 2 методической главы курсовой работы.
10	самостоятельная работа по теме лабораторной работы «Модели простейших фракталов», самостоятельная работа по теме курсовой работы	Изучение основ теории фракталов, перколяции и клеточных автоматов рекомендуется с использованием лекций по этой теме, литературных источников 10.1, 10.8 и ресурсов сети Интернет. Лабораторные работы с демонстрационными примерами реализации моделей выдаются в электронном виде.
11	самостоятельная работа по теме лабораторной работы «Перколяция», самостоятельная работа по теме курсовой работы	Рекомендуется выполнить этапы концептуального моделирования, построения математической модели,

№ темы	Форма (вид) самостоятельной работы	Рекомендация по работе с литературой
12	самостоятельная работа по теме лабораторной работы «Клеточные автоматы», самостоятельная работа по теме курсовой работы, подготовка к тестированию	проектирования алгоритма и структуры программного комплекса. Для выполнения программной части необходимо использовать знания и умения в соответствующих областях (формируются на предшествующих дисциплинах). Для методологической части работы – математического моделирования воспользоваться знаниями, полученными в рамках лекционного курса. Для подготовки к тестированию и зачету необходимо воспользоваться материалами лекций и литературой по списку в рабочей программе.

Масловская Анна Геннадьевна,
д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры математического анализа и моделирования