

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

НЕПРЕРЫВНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Направление подготовки (специальность):

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Образовательная программа

Искусственный интеллект и компьютерные науки

очная форма обучения

Составитель:

ГЛЫЗИН СЕРГЕЙ ДМИТРИЕВИЧ,
Д.Ф.-М.Н., ПРОФЕССОР Ф-ТА ИВТ
ЯРГУ ИМ. П.Г. ДЕМИДОВА

г. Ярославль

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. С.Д. Глызин, А.Ю. Колесов Метод квазинормальных форм. Яросл. гос. ун-т. – Ярославль: ЯрГУ, 2011. 104 с.
2. Методы качественной теории в нелинейной динамике / Л. П. Шильников, А. Л. Шильников, Д. В. Тураев, Л. Чуа. Ч. 2 (пер. с англ. В. А. Осотовой ; под науч. ред. Д. В. Тураева, А. Л. Шильникова), М., Регулярная и хаотическая динамика, 2009, 546с
3. Глызин, С. Д., Релаксационные автоколебания в нейронных системах [Электронный ресурс] : учеб.пособие для студентов, обучающихся по специальности Прикладная математика и информатика / С. Д. Глызин, А. Ю. Колесов; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2013, 219с

Дополнительная литература:

1. Глазков, Д. В., Уравнения динамики лазера : учеб.пособие для вузов / Д. В. Глазков, И. С. Кащенко ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2012, 127с

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу. Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно ") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет (http://lib.uni Yar.ac.ru/opac/bk_login.php) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uni Yar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность»

(http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень информационных справочных систем (при необходимости)

1. Через библиотеку ЯрГУ осуществляется доступ к диссертационным исследованиям, а также зарубежным базам данных (в периоды, когда доступ предоставляется библиотеке безвозмездно их владельцами).
2. Поисковые системы представлены в виде Yandex, Google, Rambler и т.д.

Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая программное обеспечение

При проведении лекционных и лабораторных занятий по курсу используется разработанный на кафедре математического моделирования и кафедре компьютерных сетей специальный программный комплекс Tracer3, предназначенный для иллюстрации и исследования систем обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений с запаздывающим аргументом. Программа Tracer3 позволяет численно решать достаточно широкий класс систем обыкновенных дифференциальных уравнений, отображений и уравнений с запаздываниями. Условно программу можно разбить на три основные алгоритмические части: компилятор математических выражений, построитель фазовых портретов и вычислитель ляпуновских показателей.

Доступ к Гибриднему вычислительному кластеру Международной научно-исследовательской лаборатории "Дискретная и вычислительная геометрия" имени Б.Н.Делоне

Для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации, для разработки документов, презентаций, для работы с электронными таблицами программы OfficeStd 2013 RUS OLP NL Acdmc 021-10232, LibreOffice (свободное), издательская система LaTeX;

Для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

Учебно-методические указания и рекомендации к изучению тем лекционных и практических занятий, самостоятельной работе студентов

Содержание дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Название темы с кратким содержанием
---------------------------------	-------------------------------------

Наименование раздела	Название темы с кратким содержанием
Введение	<p>Тема 1. Введение</p> <p>Математическое моделирование крупных прикладных задач. Решение энергетической проблемы и программа управляемого термоядерного синтеза (УТС). Возникновение Вселенной. Большой взрыв и обратные задачи. Проблема турбулентности. Сценарии перехода от ламинарных к турбулентным режимам. Технологические задачи. Обработка металлов. Вычислительный эксперимент. Модель, алгоритм, программа. Их взаимосвязь. Необходимость построения иерархии упрощенных моделей при анализе сложных задач. Возникновение междисциплинарных подходов. Кибернетика. Следующий этап – необходимость управлять на основе знания, на основе более глубокого понимания нелинейных процессов. Мягкое и жесткое моделирование. Теория диссипативных структур. Синергетика. Общие свойства открытых нелинейных диссипативных систем вдали от точки бифуркации. Парадокс Дарвина. Колебательные химические реакции. Возникновение "Nonlinear Science". Синтез различных направлений исследований. Единство мира в единстве математических моделей. возникающих в разных областях исследований.</p>
Линейные математические модели	<p>Тема 2. Линейные математические модели</p> <p>Цель лекции показать, что мы теряем, переходя к нелинейным моделям, какого аппарата мы лишаемся. Широкая область применимости линейных моделей. Детально разработанный математический аппарат. Его основа – принцип суперпозиции. Он дает возможность свести сложную задачу к набору простых. Корректность по Адамару задач математической физики. Понятие корректности разностной схемы. Решение параболических уравнений методом разделения переменных.</p>
Простейшие нелинейные уравнения	<p>Тема 3. Простейшие нелинейные уравнения</p> <p>Исторический экскурс. Анализ дифференциальных уравнений в XIX веке. Одна модель химической кинетики. Фазовое пространство, фазовая кривая и интегральная кривая. Асимптотическое поведение решений. Особые точки. Устойчивые и неустойчивые точки. I-й метод Ляпунова. Уравнение радиоактивного распада. Рост народонаселения. Закон Мальтуса. Вспомогательные линейные уравнения, отражающие поведение системы в окрестности особой точки. Программа исследований А.Пуанкаре. Качественный анализ дифференциальных уравнений. Глобальный и локальный анализ. Возникновение теории нормальных форм и топологии.</p>
Элементы теории бифуркаций	<p>Тема 4. Элементы теории бифуркаций</p> <p>Задача Эйлера об изгибе колонны. Достаточное условие устойчивости особой точки. Достаточное условие неустойчивости. Поведение решений в окрестности точки бифуркации и простейшие модельные уравнения, описывающие их. Точки поворота. Надкритические и подкритические бифуркации. Бифуркация типа "обмен устойчивостью". Прогиб неидеальной колонны. Теория несовершенств. Эффект «хлопка» и его использование в технике. Резонансное возбуждение как способ управления сложными системами. Роль флуктуаций в окрестности точки бифуркации. Принцип «упорядоченности через флуктуации». Одна математическая модель социологии. Роль бифуркаций в теории эволюции.</p>
Локальный анализ и грубость динамических систем	<p>Тема 5. Локальный анализ и грубость динамических систем</p> <p>Грубость системы. Идея типичности при моделировании различных процессов. Возможность привести данную систему к эталонной. Машина катастроф и качалки. Гистерезис. Бистабильность. Кривая кратных корней. Анализ качалок и множества других моделей, в</p>

Наименование раздела	Название темы с кратким содержанием
	которых происходят катастрофы, сводится к изучению двухпараметрического семейства функций. Огибающие и каустики. Другие задачи теории особенностей. Связь с рядами Тейлора.
Простейшие катастрофы	<p>Тема 6. Простейшие катастрофы</p> <p>Отображения плоскости. Простейшие катастрофы. Складка и сборка. Исследовательская программа Р. Тома, связанная с анализом катастроф. Катастрофы в прикладных задачах. Модель гении — маньяки. Задачи продолжения по параметрам. Модель тюремных бунтов. Другие математические модели психологии. Проблемы измерения. Пороговый характер процесса – важная черта нелинейных явлений. Одна экологическая система. Примеры более сложных катастроф. Приложения теории катастроф к оптике и теории рассеяния. Проблема выделения параметров порядка. Связь теории катастроф со вторым методом Ляпунова.</p>
Качественный анализ системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений	<p>Тема 7. Качественный анализ системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений</p> <p>Задача о колебании численности популяций. Модель типа Лотки — Вольтерра. Типы особых точек. Фокус, центр, седло, узел. Фазовые кривые в окрестности особых точек. "Наивное" определение аттрактора. Топология и динамические системы. Индекс особой точки. Теорема Пуанкаре. Примеры других топологических инвариантов. Простейшие задачи топологии. Гамильтоновы и диссипативные системы. Теорема об изменении фазового объема. Системы Морса – Смейла. Особые точки в n-мерном пространстве. Грубость динамических систем на плоскости.</p>
Автоколебания. бифуркация Андронова - Хопфа	<p>Тема 8. Автоколебания. бифуркация Андронова – Хопфа</p> <p>Колебательные химические реакции. Модель брюсселятора. Условие устойчивости предельного цикла. Модель Ван - дер - Поля. Возникновение теории колебаний. Возникновение предельных циклов при изменении параметров. Нормальная форма, описывающая эту бифуркацию. Плоскость Пуанкаре. Бифуркация Андронова – Хопфа в задачах гидродинамики. Течение Куэтта – Тейлора. Бифуркации предельных циклов. Рождение инвариантных торов. Бифуркация Андронова – Хопфа и проблема перехода от ламинарного течения к турбулентному. Сценарий Хопфа – Ландау.</p>
Фракталы	<p>Тема 9. Фракталы</p> <p>Проблема измерения. Задача об измерении береговой линии Великобритании. Неограниченный рост длины при увеличении точности измерений. Построение объекта с аналогичными свойствами. Остров Коха. Канторово множество. Несчетность. Неэффективность стандартных количественных характеристик (лебеговой меры). Хаусдорфова размерность. Другие парадоксальные множества. Непрерывная функция, не имеющая производной (пример Вейерштрасса). Дьявольская лестница, кривая Пеано. Броуновское движение. Недифференцируемость траектории частицы. Физика атмосферы, теория фазовых переходов. Необходимость учета большого интервала масштабов.</p>
Простейшие системы с дискретным временем	<p>Тема 10. Простейшие системы с дискретным временем</p> <p>Простейшая модель экологии, учитывающая внутривидовый отбор - логистическое отображение. Циклы. Устойчивые и неустойчивые циклы. Геометрическая интерпретация. Лестница Ламерея. Критерий устойчивости цикла. Бифуркация удвоения периода. Каскад бифуркаций удвоения. Универсальные постоянные Фейгенбаума. Порядок Шарковского. Сценарий возникновения хаоса.</p>

Наименование раздела	Название темы с кратким содержанием
Динамический хаос	<p>Тема 11. Динамический хаос</p> <p>Типы аттракторов одномерных отображений. Инвариантная мера. Хаотические аттракторы и шумящие циклы. Прохождение частиц через вещество. Метод Монте – Карло. Моделирование процесса, связанное с его имитацией. Гипотеза С. Уолфрема о том, что имитация является единственным способом анализа большого класса нелинейных систем. Чувствительность к начальным данным. Показатели Ляпунова, характеризующие разбегание или стремление друг к другу близких траекторий. Проблема предсказуемости. Эффект бабочки. Другой сценарий возникновения хаоса. Тангенциальная бифуркация. Перемежаемость. Сценарий Помо — Манневиля. Чувствительность по отношению к параметрам. Возникновение вероятностных свойств при анализе детерминированных процессов.</p>
Простейшие нелинейные волны	<p>Тема 12. Простейшие нелинейные волны</p> <p>Вывод уравнения переноса из закона сохранения вещества. Линейное уравнение переноса. Автомодельные решения. Связь с уравнениями гидродинамики. Ударные волны. Введение вязкости. Уравнение Бюргерса. Обобщенные решения уравнения переноса. Условия на разрыве. Различные типы ударных волн. Роль вычислительного эксперимента в исследовании этих задач. Построение разностных схем для нелинейных уравнений переноса как проблема вычислительной физики.</p>
Автоволновые процессы	<p>Тема 13. Автоволновые процессы</p> <p>Задача о распространении гена. Моделирование эпидемии. Уравнение Колмогорова - Петровского – Пискунова Набор автомодельных решений. Асимптотическое поведение при . Теоремы сравнения для нелинейных параболических уравнений. Новая роль автомодельных решений, как асимптотического описания процесса. Задача о распространении нервного импульса. Система Ходжкина – Хаксли. Проблема моделирования сердечных аритмий. Волновые процессы в коре головного мозга. Возбудимые среды. Стадии возбуждения, активности, рефрактерности. Системы типа реакция – диффузия. Спиральные волны в возбудимых средах. Многовитковые спиральные волны. Двухчастотные режимы в возбудимых средах.</p>
Стационарные диссипативные структуры	<p>Тема 14. Стационарные диссипативные структуры</p> <p>Проблема морфогенеза. Модель Тьюринга. Системы типа реакция – диффузия. Термодинамическая ветвь. Дестабилизирующая роль диффузии. Неустойчивость Тьюринга. Диссипативные структуры в химической кинетике. Модель брасселятора. Применение асимптотических методов для построения профилей стационарных диссипативных структур.</p>
Синергетика и концепция параметров порядка	<p>Тема 15. Синергетика и концепция параметров порядка</p> <p>Проблема выделения параметров порядка при описании сложных систем и, в частности, при моделировании процессов в нелинейных средах. Простейшая схема выделения параметров порядка. Пример линейного уравнения теплопроводности. Типичная картина для нелинейных диссипативных систем. Самоорганизация. Подчинение короткоживущих мод долгоживущим. Адиабатическое исключение переменных. Применение метода Галеркина для построения упрощенных моделей. Ассоциативная память. Нейронные сети. Самоорганизация и выделение параметров порядка в нейронных сетях.</p>
Нестационарные диссипативные структуры	<p>Тема 16. Нестационарные диссипативные структуры</p> <p>Нестационарные диссипативные структуры. Базовая модель – модель</p>

Наименование раздела	Название темы с кратким содержанием
	тепловых структур. Локализация процессов. Резонансное возбуждение. Режимы с обострением и структуры в одной задаче науковедения. Обобщения модели (системы уравнений, многомерные задачи, архитектура сложных двумерных структур), численный анализ режимов с обострением, новые направления исследований (инвариантно - групповые методы, теоремы сравнения и т.д.).

Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины.

- К основным свойствам нейронных сетей не относится...
 - способность к обучению
 - способность к обобщению данных
 - безошибочная работа
 - абстрагирование от предметной области
- К типичным нейросетевым задачам не относится...
 - решение дифференциальных уравнений
 - распознавание изображений
 - реализация логических функций
 - кластеризация данных
- В человеческом мозге порядка _____ нейронов
 - одного миллиона
 - ста миллиардов
 - ста миллионов
 - десяти тысяч
- Важнейшая особенность биологических нейронов – их способность...
 - делиться
 - перемещаться в теле человека
 - генерировать электрохимический импульс
 - разрушаться с течением времени
- Синапс – это...
 - один из отделов головного мозга
 - место контакта одного биологического нейрона с другим
 - имя древнегреческого бога
 - производная синуса
- К основным нейросетевым технологиям не относят...
 - персептроны
 - сети Кохонена
 - сети Хопфилда
 - сети Эйнштейна
- Проблема исключающего ИЛИ заключается в том, что однослойный персептрон не может...
 - сделать выбор между двумя своими состояниями
 - реализовать логическую функцию XOR
 - прийти в устойчивое состояние
 - распознавать лица

8. Процедура обратного распространения ошибки – это алгоритм обучения
- а) однослойного персептрона
 - б) сети Хэмминга
 - в) многослойного персептрона
 - г) карт Кохонена
9. Нейрокомпьютер – это...
- а) один из видов цифрового компьютера
 - б) другое название головного мозга человека
 - в) устройство переработки информации на основе принципов работы естественных нейронных сетей
 - г) устройство сопряжения между головным мозгом и нейрочипом
10. Специализированная программа для имитации искусственных нейронных сетей на цифровом компьютере называется...
- д) нейрокомпьютер
 - е) нейропакет
 - ж) нейроинтерфейс
 - з) среда программирования

Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.

Набранное количество баллов 9-10 соответствует формированию проверяемых компетенций на высоком уровне, 7-8 баллов – на продвинутом уровне, 5-7 баллов – на пороговом уровне, менее 5 баллов – ниже порогового уровня.

Список вопросов к зачету

Зачет проводится в устной форме и выставляется по итогам ответов, данных студентом на два вопроса из списка вопросов. Список вопросов к зачету заранее доступен обучающимся.

1. Понятие и основные свойства нейронных сетей: способность к обучению, обобщение, абстрагирование. Достоинства и недостатки нейросетевых решений.
2. Приложения нейронных сетей в различных областях науки и техники. Типичные нейросетевые задачи.
3. История развития нейронных сетей.
4. Строение биологического нейрона.
5. Ионный транспорт в клеточной мембране. Мембранный потенциал.
6. Искусственный нейрон Мак-Каллока–Питтса.
7. Понятие активационной функции. Виды активационных функций.
8. Классификация нейронных сетей: по типу элементов, топологии, динамике.
9. Обучение нейронных сетей. Обучение с учителем и без учителя. Алгоритмы обучения. Правило Хэбба.
10. Однослойный персептрон: строение и функционирование. Персептронная представляемость.
11. Геометрическая интерпретация работы однослойного персептрона. Проблема исключающего ИЛИ.
12. Понятие линейной делимости для однослойного персептрона. Преодоление ограничения линейной делимости.
13. Обучение однослойного персептрона. Дельта-правило.
14. Многослойный персептрон: строение и функционирование. Возможности многослойного персептрона.

15. Обучение многослойного персептрона. Процедура обратного распространения ошибки.
16. Проблемы, связанные с обучением персептрона: паралич сети, локальные минимумы, размер шага, временная неустойчивость.
17. Понятие нейронной сети с обратными связями, ее динамика. Аттракторы.
18. Бинарная сеть Хопфилда: строение и функционирование.
19. Геометрическая интерпретация работы бинарной сети Хопфилда.
20. Устойчивость бинарной сети Хопфилда. Функция энергии.
21. Сеть Хопфилда и ассоциативная память. Распознавание изображений. Ложные образы (химеры). Емкость сети Хопфилда.
22. Обучение сети Хопфилда. Проблема локальных минимумов.
23. Непрерывная сеть Хопфилда.
24. Сеть Хопфилда и машина Больцмана. Система, имитирующая отжиг. Статистические сети Хопфилда.
25. Приложения сети Хопфилда: аналого-цифровой преобразователь.
26. Приложения сети Хопфилда: задача коммивояжера.
27. Задача классификации, методы ее решения.
28. Задача кластеризации, методы ее решения.
29. Сети Кохонена и их виды. Слой Кохонена.
30. Геометрическая интерпретация работы слоя Кохонена. Диаграмма Вороного-Дирихле.
31. Самоорганизующиеся карты Кохонена.
32. Обучение сети Кохонена.
33. Нейросетевое программное обеспечение: общий обзор и методика работы.
34. Нейропакеты.
35. Нейронные сети в аналитических, статистических и математических программных комплексах.
36. Понятие и архитектура нейрокомпьютера.