ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ

ОДОБРЕНО  
  
протокол № 18 / 03   
  
от « 31 » мая 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

|  |  |
| --- | --- |
| Направление подготовки (специальность) | 09.03.04 Программная инженерия |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Семестр** | **Интерактив** | **Трудоемкость, кред.** | **Общий объем курса, час.** | **Лекции, час.** | **Практич. занятия, час.** | **Лаборат. работы, час.** | **СРС, час.** | **КСР, час.** | **Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП** |
| 6 |  | 3 | 108 | 30 | 30 | 15 | 33 | 0 | З |
| ИТОГО | 0 | 3 | 108 | 30 | 30 | 15 | 33 | 0 |  |

Группа: Б18-504, Б18-514

АННОТАЦИЯ

В курсе лекций излагаются основы теории искусственных нейронных сетей и области их практического применения при решении инженерных задач.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью учебного курса «Введение в теорию нейронных сетей» является ознакомление будущих специалистов с современными математическими и алгоритмическими подходами к построению систем, обучающихся или самообучающихся по располагаемой выборке данных. К их числу относятся искусственные нейронные сети, которые строятся на простейших вычислительных элементах – искусственных нейронах и основаны на принципе адаптации к обучающим примерам.

В курсе лекций излагаются основы теории искусственных нейронных сетей и области их практического применения при решении инженерных задач:

- аппроксимация функций многих переменных,

- распознавание образов (классификация данных),

- кластеризации данных,

- восстановление утраченных или искаженных фрагментов данных с использованием принципа ассоциативной памяти,

- дискретной оптимизации и др.

Учебный курс «Введение в теорию нейронных сетей» ставит также своей целью освоение студентами практических приемов обучения нейронных сетей, выбора их архитектуры и оценки качества функционирования. Выполняемые студентами лабораторные работы позволят получить практический опыт по созданию и экспериментальному исследованию свойств нейронных сетей применительно к различным прикладным задачам обработки данных.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Введение в теорию нейронных сетей» относится к общенаучному циклу образовательной программы и является курсом, изучаемым студентом по выбору.

Дисциплина требует от слушателя общематематической подготовки по математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям, а также по теории вероятностей и математической статистике.

В свою очередь, дисциплина является полезной и в некоторых случаях необходимой при выполнении студентами курсовых проектов по построению кибернетических систем.

Дисциплина формирует систему базовых понятий, необходимых для специалиста в области прикладной математики и информатики, способствует освоению широко используемых современных математических подходов для решения практических задач моделирования систем и обработки данных.

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-4 – Способен участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью

ПК-11 – способность к формализации в своей предметной области с учетом ограничений используемых методов исследования

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п** | **Наименование раздела учебной дисциплины** | **Недели** | **Лекции, час.** | **Практ. занятия / семинары, час.** | **Лабораторные работы, час.** | **Обязат. текущий контроль (форма\*, неделя)** | **Аттестация раздела (форма\*, неделя)** | **Максимальный балл за раздел\*\*** |
|  | *6 Семестр* |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Математическое описание и архитектуры нейронных сетей. Распознавание образов на нейронных сетях | 1-8 | 16 | 16 | 6 | Т-3,Т-5,КР-7 | КИ-8 | 25 |
| 2 | Многослойный персептрон. Сеть Хопфилда. Самоорганизующаяся карта Кохонена | 9-16 | 14 | 14 | 9 | Т-9,ДЗ-10,КР-11,Т-12,КР-15 | КИ-15 | 35 |
|  | *Итого за 6 Семестр* |  | 30 | 30 | 15 |  |  | 60 |
|  | **Контрольные мероприятия за 6 Семестр** |  |  |  |  |  | З | 40 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

|  |  |
| --- | --- |
| **Обозначение** | **Полное наименование** |
| Т | Тестирование |
| ДЗ | Домашнее задание |
| КИ | Контроль по итогам |
| З | Зачет |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|  | *6 Семестр* | 30 | 30 | 15 |
| **1-8** | **Математическое описание и архитектуры нейронных сетей. Распознавание образов на нейронных сетях** | 16 | 16 | 6 |
| 1 - 2 | **Математическое описание нейронной сети** Строение и функционирование естественного нейрона. Особенности функционирования естественного нейрона, положенные в основу математической модели технического нейрона. Математическая модель технического нейрона. Функция активации нейрона, примеры.  Математическая модель функционирования нейронной сети. Векторно-матричная запись системы уравнений. Сети прямого распространения, рекуррентные сети.  Стохастический нейрон. Вероятностная интерпретация функционирования нейронной сети с логистической функцией активации нейронов. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 4 | 4 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 3 - 4 | **Решение задачи распознавания образов на нейронных сетях** Постановка задачи классификации данных на нейронных сетях. Дискриминантная функция класса. Линейная дискриминантная функция. Решающее правило классификации данных для линейно разделимых классов. Нейросетевая реализация.  Реализация на нейронной сети булевых функций. Проблема "исключающего ИЛИ". Решение задачи "исключающего ИЛИ" на многослойном персептроне. Геометрическая интерпретация.  Классификатор Хемминга. Постановка задачи. Критерий принятия решения о принадлежности образа классу. Архитектура сети.  Реализация функции максимизации параметров с применением нейронной сети прямого распространения и рекуррентной нейронной сети. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 4 | 4 | 2 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 5 - 6 | **Персептрон** Элементарный персептрон. Математическая модель. Функциональная задача персептрона. Обучающая выборка. Критерий оптимальности настройки параметров. Геометрическая иллюстрация обработки данных персептроном.  Построение многослойного персептрона для решения задачи классификации объектов. Интерпретация с позиции разбиения пространства признаков гиперплоскостями. Графическая иллюстрация на примерах.  Правило Хебба обучения персептрона. Уравнение настройки синаптических коэффициентов. Правило Уидроу-Хоффа обучения персептрона.  Теорема Розенблатта о сходимости процедуры обучения персептрона. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 4 | 4 | 2 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 7 - 8 | **Классификация данных на нейронных сетях** Постановка задачи распознавания образов для случая n попарно линейно разделимых классов. Принцип нейросетевого решения. Архитектура сети.  Внутреннее представление классов при решении задачи классификации данных. Коды многогранников. Принцип построения нейросетевого классификатора с использованием внутренних кодов многогранников.  Постановка задачи распознавания образов для двух линейно неразделимых классов. Основной принцип нейросетевого решения задачи. Метод Мезарда и Надала ("черепичный" алгоритм).  Нейросетевое решение задачи распознавания образов при известных эталонных представителях классов. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 4 | 4 | 2 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| **9-16** | **Многослойный персептрон. Сеть Хопфилда. Самоорганизующаяся карта Кохонена** | 14 | 14 | 9 |
| 9 | **Многослойная нейронная сеть** Многослойная нейронная сеть (МНС). Математическая модель. Постановка задачи обучения. Обучающая выборка, критерий оптимальности настройки синаптических коэффициентов. Области практического применения МНС.  Обучение однослойной нейронной сети с непрерывной функцией активации нейронов. Уравнение настройки синаптических коэффициентов. Инициализация синаптических коэффициентов.  Метод обратного распространения ошибки для обучения многослойной нейронной сети. Постановка задачи и вывод системы уравнений. Мнемоническое правило построения схемы обратного распространения ошибки. Структурная схема. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 2 | 2 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 10 | **Организация процесса обучения многослойной нейронной сети** Масштабирование входных/выходных данных. Проблема переобучения сети. Явление «паралича сети» в процессе обучения.  Критерий останова процесса обучения. Деструктивный и конструктивный методы выбора архитектуры многослойной нейронной сети. Метод Эша (конструктивный подход). Модификация критерия для контрастирования значений синаптических коэффициентов и упрощения структуры сети (деструктивный подход). | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 2 | 2 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 11 | **Генетические алгоритмы для обучения нейронных сетей** Общая характеристика генетических алгоритмов. Основные особенности в сравнении с классическими методами оптимизации. Генетические операторы. Применение генетических алгоритмов для обучения многослойных нейронных сетей заданной архитектуры.  Рекомендации по организации эволюционного процесса для бинарных кодов параметров.  Понятие схемы. Теорема о "выживаемости" схем.  Генетические алгоритмы для действительных переменных (непрерывных параметров). Способы реализации генетических операторов. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 2 | 2 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 12 | **Решение прикладных задач на многослойных нейронных сетях** Решение задачи аппроксимации непрерывной функции одной и многих переменных на многослойных нейронных сетях. Графическая иллюстрация.  Решение задачи прогноза временных рядов на многослойных нейронных сетях. Постановка задачи. Формирование обучающей выборки. Критерий оптимальности настройки сети.  Решение задачи классификации данных на многослойных нейронных сетях. Постановка задачи. Формирование обучающей выборки. Критерий оптимальности настройки сети. Логическое преобразование выхода МНС для принятия решения о принадлежности образа классу. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 2 | 2 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 13 | **Сеть Хопфилда. Ассоциативная память** Математическое описание сети Хопфилда. Свойства матрицы синаптических связей. Синхронное и асинхронное функционирование. Бинарные и биполярные нейроны.  Энергетический функционал сети Хопфилда. Теорема о конечности переходного процесса в сети Хопфилда. Свойство энергетического функционала сети Хопфилда в состоянии устойчивого равновесия.  Анализ устойчивых состояний сети Хопфилда, построенной на выборке данных, содержащей P (P =/= 1) образцов. Оценка объема "памяти" сети Хопфилда.  Кластеризация данных на сети Хопфилда. Применение сети Хопфилда как классификатора данных.  Применение сети Хопфилда для решения задачи коммивояжера. Математическая формализация задачи. Метод расчета синаптических коэффициентов. Энергетический функционал и принцип его максимизации. Применение стохастической активационной характеристики нейронов. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 2 | 1 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 14 - 16 | **Сеть и карта Кохонена** Слой Кохонена. Математическая модель. Принцип самообучения. Кластеризация данных.  Организация процедуры самообучения. «Мертвые» нейроны. Специальный алгоритм, препятствующий возникновению «мертвых» нейронов. Выбор параметра скорости самообучения.  Топографическая карта Кохонена. Математическое описание. Алгоритм обучения. «Окраска» карты Кохонена. Примеры применения.  Сеть встречного распространения. Функциональное назначение слоя Гроссберга. Правило обучения слоя Гроссберга. Особенности процесса обучения. Примеры практического применения. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 4 | 4 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |

Сокращенные наименования онлайн опций:

|  |  |
| --- | --- |
| **Обозначение** | **Полное наименование** |
| ЭК | Электронный курс |
| ПМ | Полнотекстовый материал |
| ПЛ | Полнотекстовые лекции |
| ВМ | Видео-материалы |
| АМ | Аудио-материалы |
| Прз | Презентации |
| Т | Тесты |
| ЭСМ | Электронные справочные материалы |
| ИС | Интерактивный сайт |

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

|  |  |
| --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** |
|  | *6 Семестр* |
| 1 - 8 | **Математическое описание и архитектуры нейронных сетей. Распознавание образов на нейронных сетях** Математическое описание и архитектуры нейронных сетей. Распознавание образов на нейронных сетях |
| 9 - 16 | **Многослойный персептрон. Сеть Хопфилда.** Многослойный персептрон. Сеть Хопфилда.  Самоорганизующаяся карта Кохонена |

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

|  |  |
| --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** |
|  | *6 Семестр* |
| 1 - 2 | **Математическая модель и функциональные свойства технического нейрона** Математическая модель и функциональные свойства технического нейрона |
| 3 - 4 | **Сеть Хемминга** Сеть Хемминга |
| 5 - 6 | **Реализация булевых функций на нейронных сетях** Реализация булевых функций на нейронных сетях |
| 7 - 8 | **Классификация данных на нейронных сетях** Классификация данных на нейронных сетях |
| 9 - 10 | **Многослойные нейронные сети** Многослойные нейронные сети |
| 11 - 12 | **Генетические алгоритмы**  Генетические алгоритмы |
| 13 - 14 | **Сеть Хопфилда** Сеть Хопфилда |
| 15 - 16 | **Самоорганизующиеся сети Кохонена** Самоорганизующиеся сети Кохонена |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся по классической системе чтения лекций и проведения практических занятий.

Несколько тем курса студенты осваивают самостоятельно, используя предоставленные методические материалы. Контроль самостоятельной работы и освоения изученной темы проводится на семинарском занятии. В процессе контрольного опроса (КО) каждый слушатель должен ответить на вопросы преподавателя или провести краткие расчеты по предложенным задачам. Результаты контрольного опроса магистрантов оцениваются в баллах.

Для получения навыков аналитических расчетов магистрантам еженедельно выдаются задачи для самостоятельной домашней работы. Результаты решения задач контролируются в аудитории на практических занятиях.

В течение семестра проводятся 4 контрольные работы по всем разделам курса.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ФОНДУ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ В РАМКАХ РЕАЛИЗУЕМОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В качестве оценочного средства используется 100 балльная семестровая система, учитывающая посещаемость занятий, активность (выполнение домашних заданий, ответы на вопросы), выполнение контрольных работ по разделам курса.

Самостоятельная работа студента включает:

1. Повторение теоретического материала и подготовка к контрольным работам.

2. Выполнение домашнего задания.

3. Решение задач по темам курса.

4. Самостоятельное освоение отдельных теоретических вопросов.

Вопросы к контрольной работе 1

1. Математическая модель технического нейрона. Типы активационных характеристик, примеры. Особенности модели технического нейрона, связанные с функционированием биологического нейрона.

2. Рекуррентная нейронная сеть. Математическая модель. Векторно-матричная форма записи. Пример. Режимы функционирования: синхронный, асинхронный.

3. Использование расширенных матриц синаптических коэффициентов (по входам и обратным связям) и расширенного вектора входных переменных для математического описания функционирования рекуррентной нейронной сети.

4. Постановка задачи обучения нейронной сети. Структура и состав обучающей выборки. Критерий точности обучения. Состав обучаемых параметров. Уравнение настройки обучаемых параметров.

5. Процесс обучения нейронной сети: уравнение обучения, время функционирования сети и время обучения, генерализация данных и валидация сети, "переобучение" сети, тестирование нейронной сети, инициализация настраиваемых синаптических коэффициентов.

6. Функция s(x1, x2), реализуемая техническим нейроном с двумя входами. Графическая иллюстрация для разных активационных характеристик нейрона.

7. Постановка задачи распознавания образов с помощью сети Хемминга. Исходные данные для решения задачи. Принцип, положенный в основу построения сети Хемминга. Структура сети Хемминга.

8. Сеть Хемминга. Математическое описание. Формулировка и решение оптимизационной задачи для выбора синаптических коэффициентов.

9. Реализация функции max(x1, x2,…,xn) на нейронной сети прямого распространения. Активационные характеристики нейронов в структуре сети. Ограничения на входные сигналы. Реализация выходов сети MAXNET прямого распространения, используемых в сети Хемминга.

10. Рекуррентная сеть MAXNET. Математическая модель, режим функционирования. Ограничения на входные сигналы, момент съема выходного сигнала. Доказательство соответствия рекуррентной сети MAXNET поставленной математической задаче.

11. Общая характеристика сети Хемминга. Назначение сети. Описание входных/выходных сигналов. Архитектура сети, значения синаптических коэффициентов и смещений нейронов.

12. Иллюстрация построения и функционирования сети Хемминга на практическом примере. Архитектура сети, значения синаптических коэффициентов и смещений нейронов, структурная схема.

13. Реализация элементарных булевых функций AND, OR, NOT на нейронах с бинарной активационной характеристикой.

14. Реализация элементарных булевых функций AND, OR, NOT на нейронах с биполярной активационной характеристикой.

15. Проблема XOR. Невозможность реализации булевой функции XOR на одном нейроне. Реализация функции XOR на двух и трех бинарных (биполярных) нейронах (схемы).

16. Реализация произвольной булевой функции на многослойной нейронной сети с жесткими активационными характеристиками нейронов. Доказательство достаточности двух слоев для реализации произвольной булевой функции. Функциональные задачи первого и второго слоев. Принцип настройки синаптических коэффициентов. Пример.

17. Постановка задачи распознавания образов. Свойство разделимости классов. Необходимость обеспечения свойства "усиленной" разделимости классов.

18. Понятие дискриминантных функций классов. Уравнение границы между двумя классами с использованием понятия дискриминантной функции. Линейные дискриминантные функции классов. Элементарный персептрон.

19. Постановка задачи обучения элементарного персептрона. Уравнение функционирования, обобщенные векторные переменные. Условие разделимости классов (математическая формализация). Обучающая выборка. Режим обучения.

20. Правило Хебба обучения элементарного персептрона, правило Уидроу-Хоффа: уравнения обучения и сравнительная характеристика методов.

21. Теорема Розенблатта. Формулировка теоремы и интерпретация ее условий (без доказательства теоремы).

22. Общая постановка задачи распознавания образов для случая n попарно линейно разделимых классов. Принцип нейросетевого решения. Архитектура сети. Демонстрация на примере. Правило обучения нейронов первого слоя, обучающая выборка.

23. Общая постановка задачи распознавания образов для случая n попарно линейно разделимых классов. Принцип нейросетевого решения. Архитектура сети. Демонстрация на примере. Настройка синаптических коэффициентов нейронов второго слоя. Логические функции, реализуемые нейронами 2-го слоя.

24. Внутреннее представление классов при решении задачи классификации данных. Коды многогранников. Полнота представления классов кодами многогранников. Геометрическая иллюстрация. Принцип построения нейросетевого классификатора с использованием внутренних кодов многогранников.

25. Постановка задачи распознавания образов для двух линейно неразделимых классов. Основной принцип нейросетевого решения задачи. Метод Мезарда и Надала построения нейронной сети на биполярных нейронах для решения задачи распознавания образов (общая идея метода). Архитектура нейронной сети.

26. Метод Мезарда и Надала построения нейронной сети на биполярных нейронах для решения задачи распознавания образов ("черепичный" алгоритм). Способ обучения нейронов сети (правило обучения, обучающая выборка). Критерий останова процесса роста сети.

27. Метод Мезарда и Надала построения нейронной сети на биполярных нейронах для решения задачи распознавания образов. Иллюстрация метода на примере двумерного вектора признаков (с представлением архитектуры сети, соответствующей приведенному примеру расположения классов в плоскости). Обоснование конечности процесса роста числа нейронов.

28. Нейросетевое решение задачи распознавания образов при известных эталонных представителях классов. Архитектура сети. Активационная характеристика нейронов. Принцип расчета синаптических коэффициентов. Геометрическая иллюстрация на примере вектора признаков размерности 2.

Вопросы к контрольной работе 2

1. Математическая модель многослойной нейронной сети. Уравнение функционирования i-го нейрона слоя q, диапазоны изменения индексов. Активационные характеристики нейронов в слоях.

Основные типы прикладных задач, решаемых с помощью многослойной нейронной сети (МНС). Состав и способ построения обучающих выборок. Пример.

2. Постановка задачи обучения многослойной нейронной сети. Критерий точности обучения. Уравнение настройки обучаемых параметров простым градиентным методом. Доказательство невозрастания критерия при настройке параметров нейросети простым градиентным методом и непрерывном времени обучения.

3. Применение простого градиентного метода для настройки синаптических коэффициентов многослойной нейронной сети. Уравнение обучения в дискретном времени. Вычислительная сложность реализации процесса обучения при использовании классического способа оценивания производных. Вывод выражения для градиента с использованием понятия двойственных переменных (без вывода системы уравнений для самих двойственных переменных). Иллюстрация принципа обучения на общей схеме (без детализации).

4. Методы обучения нейронных сетей. Простой градиентый метод. Градиентный метод с моментом. Влияние момента на сходимость процедуры обучения. Сравнение с простым градиентным методом.

5. Методы обучения нейронных сетей. Градиентный метод с адаптивной настройкой параметра скорости обучения (правила delta-delta и delta-bar-delta). Параметры метода. Преимущества по сравнению с простым градиентным методом.

6. Метод обратного распространения ошибки для обучения однослойной нейронной сети. Постановка задачи и вывод основных выражений. Демонстрация на примере.

7. Метод обратного распространения ошибки для обучения многослойной нейронной сети. Постановка задачи и вывод уравнений для двойственных переменных.

8. Организация процесса обучения многослойной нейронной сети простым градиентным методом: уравнение обучения, ограничения при выборе начальных значений обучаемых параметров, "паралич" сети, валидация сети, критерий останова процесса обучения.

9. Выбор архитектуры многослойной нейронной сети при решении прикладных задач: деструктивный и конструктивный подходы. Критерии для деструкции сети. Модификации критерия настройки синаптических коэффициентов, облегчающие решение задачи деструкции сети.

10. Конструктивный подход к выбору архитектуры многослойной нейронной сети. Метод Эша.

11. Обоснование возможности воспроизведения произвольной непрерывной функции одной переменной на двухслойной нейронной сети. Активационные характеристики нейронов первого и второго слоев. Иллюстрация на рисунке.

12. Обоснование достаточности трехслойной нейронной сети для воспроизведения произвольной непрерывной функции многих переменных. Иллюстрация функциональных преобразований нейронов каждого из трех слоев на рисунках.

13. Понятие ассоциативной памяти. Принцип реализации ассоциативной памяти в сети Хопфилда. Математическое описание функционирования сети Хопфилда на биполярных нейронах. Физическая интерпретация. Свойства матрицы синаптических связей. Синхронное и асинхронное функционирование.

14. Энергетический функционал сети Хопфилда на биполярных нейронах. Теорема о конечности переходного процесса в сети Хопфилда. Свойство энергетического функционала сети Хопфилда в состоянии устойчивого равновесия.

15. Математическое описание функционирования сети Хопфилда на бинарных нейронах. Формулы для вычисления синаптических коэффициентов и смещений. Энергетический функционал.

16. Анализ устойчивых состояний сети Хопфилда, построенной на выборке данных, содержащей единственный образец. Помехоустойчивость сети.

17. Статистический анализ устойчивых состояний сети Хопфилда, построенной на выборке данных, содержащей P ( P  1 ) образцов. Оценка объема "памяти" сети Хопфилда.

18. Типы аттракторов сети Хопфилда. Применение сети Хопфилда для решения задачи кластеризации данных. Пример.

19. Применение сети Хопфилда для решения задачи классификации данных. Иллюстрация на примере.

20. Стохастический нейрон. Математическая модель. Пример применения.

21. Применение сети Хопфилда для решения задачи коммивояжера. Математическая формализация задачи. Иллюстрация решения задачи коммивояжера на двумерной квадратной клеточной решетке. Математическая модель нейронной сети Хопфилда при упорядочении нейронов на двумерной решетке (варианты бинарных и биполярных нейронов).

22. Энергетический функционал сети Хопфилда, используемой для решения задачи коммивояжера. Принцип построения критерия оптимальности при использовании сети Хопфилда для решения задачи коммивояжера. Содержание требований к матрице состояний сети Хопфилда в установившемся режиме.

23. Оптимизация функционала, используемого при решении задачи коммивояжера с помощью сети Хопфилда. Стохастическая сеть Хопфилда. Метод имитации отжига.

24. Задача кластеризации многомерных данных. Постановка задачи. Сеть Кохонена. Формальное описание функционирования, активационная характеристика. Показатель близости входного вектора признаков определенному кластеру.

25. Нормирование по длине вектора признаков (разные подходы). Самообучение нейронов слоя Кохонена. Уравнение самообучения (в скалярной и векторной формах). Графическая иллюстрация.

Особенности организации процесса самообучения. Способы инициализации синаптических коэффициентов. Метод устранения "мертвых" нейронов.

26. Карта Кохонена. Математическое описание функционирования. Способы оценки "расстояний" между нейронами на сетке их взаимного расположения. Графическая иллюстрация представления нейронов карты Кохонена в пространстве входных признаков.

"Окраска" нейронов карты Кохонена. Область практического применения, примеры.

27. Способ самообучения карты Кохонена. Требования к процедуре настройки синаптических коэффициентов нейронов. Уравнение самообучения.

Иллюстрация процессов самообучения и функционирования карты Кохонена в пространстве признаков входных объектов (образцов). Интерпретация синаптических коэффициентов обученных нейронов.

28. Сеть встречного распространения. Слой Гроссберга. Описание функционирования нейронов слоя Гроссберга. Примеры практического использования.

Обучение нейронов слоя Гроссберга. Исходные данные. Уравнение обучения (в скалярной и векторной формах).

29. Принципиальные особенности генетических алгоритмов по сравнению с другими методами оптимизации функции многих переменных. Сравнительный анализ. Бинарные генетические алгоритмы: принцип построения, хромосома, генетические операции, организация эволюционного процесса.

30. Применение генетического алгоритма для обучения нейронных сетей. Состав хромосомы, организация эволюционного процесса, способы реализации генетических операций, критерий останова. Пример.

31. Математические основы бинарных генетических алгоритмов. Основные понятия и определения. Формулировка и доказательство теоремы о выживаемости схем.

32. Генетические алгоритмы с непрерывными параметрами. Особенности реализации генетических операций.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ч-45 Применение искусственных нейронных сетей и системы остаточных классов в криптографии : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012

2. ЭИ К 75 Самоорганизующиеся карты : , Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2014

3. 004 М71 Лабораторный практикум по курсу "Введение в теорию нейронных сетей" : , О. А. Мишулина, А. Г. Трофимов, М. В. Щербинина, Москва: МИФИ, 2007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 004 Г67 Нейронные сети на персональном компьютере : , А.Н. Горбань, Д.А. Россиев, Новосибирск: Наука, 1996

2. 004 К84 Искусственные нейронные сети : теория и практика, В. В. Круглов, В. В. Борисов, М.: Горячая линия - Телеком, 2002

3. 004 М42 Нейронные сети. MATLAB 6 : , В. С. Медведев, В. Г. Потемкин, М.: Диалог-МИФИ, 2002

4. 004 Е41 Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе : Учеб. пособие, Ежов А.А., Шумский С.А., М.: МИФИ, 1998

5. 004 О-75 Нейронные сети для обработки информации : , С.Осовский, Москва: Финансы и статистика, 2004

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

-

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ (ФГОС) и учебным планом основной образовательной программы (программ).

Автор(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Трофимов Александр Геннадьевич, к.т.н. |  |