|  |
| --- |
| ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ |
| КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ |

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине

**Нейросетевые методы обработки данных с использованием Python**

**ПАСПОРТ**

**фонда оценочных средств**

**по дисциплине «Нейросетевые методы обработки данных с использованием Python»**

(наименование дисциплины)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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** |
| 2 |  | 4 | 144 | 15 | 0 | 15 | 78 | 0 | Э |
| ИТОГО | 0 | 4 | 144 | 15 | 0 | 15 | 78 | 0 |  |

Группа: М20-201, М20-204

**Модели контролируемых компетенций**

В результате освоения дисциплины у выпускника формируются следующие компетенции:

ОПК-1 - способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики

ОПК-2 - способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач

ОПК-3 - способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности

ПК-2 - способен к разработке и внедрению наукоемкого программного обеспечения, способствующего решению передовых задач науки и техники на основе современных математических методов и алгоритмов

ПК-4.1 - способен проводить обработку и интеллектуальный анализ данных с использованием математического аппарата и современных цифровых технологий.

**В результате освоения дисциплины студент должен:**

**Знать:**

|  |  |
| --- | --- |
| **З-1** | Математические модели нейронных сетей. |
| **З-2** | Методы обучения нейронных сетей. |
| **З-3** | Особенности применения нейронных сетей для решения прикладных задач. |

**Уметь:**

|  |  |
| --- | --- |
| **У-1** | Проектировать архитектуры нейронных сетей для решения прикладных задач обработки данных. |
| **У-2** | Применять методы обучения нейронных сетей. |
| **У-3** | Разрабатывать нейросетевые модели и оценивать их качество. |

**Владеть:**

|  |  |
| --- | --- |
| **В-1** | Программными средствами для построения нейросетевых моделей. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Компетенции** | **Знания (знать)** | **Умения (уметь)** | **Навыки (владеть)** |
| ОПК-1 | З-1, З-2, З-3 | У-1 |  |
| ОПК-2 | З-1, З-2, З-3 | У-1, У-2, У-3 | В-1 |
| ОПК-3 | З-1, З-2, З-3 | У-1, У-2, У-3 | В-1 |
| ПК-2 | З-1, З-2, З-3 | У-1, У-2, У-3 | В-1 |
| ПК-4.1 | З-1, З-2, З-3 | У-1, У-2, У-3 | В-1 |

**Программа оценивания контролируемых компетенций**

Формирование у студентов компетенций контролируется в течение всего времени освоения дисциплины в рамках:

* текущего контроля;
* рубежного контроля;
* промежуточного контроля.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п.** | **Наименование раздела учебной дисциплины** | **Неде-ли** | **Лек-ции, час.** | **Практ. зан./ семи-нары, час.** | **Лаб. рабо-ты, час.** | **Обязат. текущий контроль (форма\*, неделя)** | **Аттеста-ция раздела (форма\*, неделя)** | **Макси-мальный балл за раздел \*\*** | **Компетенции по разделам, проверяемые при текущем и рубежном контроле** | **Компетенции, проверяемые на зач. /экз.** |
| 2 семестр | | | | | | | | | | |
| 1 | Математическое описание и архитектуры нейронных сетей. Методы обучения нейронных сетей. | 1-8 | 8 | 0 | 6 | к.р-7 | КИ, 8 | 25 | ОПК-1  ОПК-2  ОПК-3  ПК-2  ПК-4.1 |  |
| 2 | Применение нейронных сетей для решения прикладных задач обработки данных | 9-15 | 15 | 0 | 9 | ДЗ-11 | КИ, 15 | 35 | ОПК-1  ОПК-2  ОПК-3  ПК-2  ПК-4.1 |  |
|  | Экзамен |  |  |  |  |  | Э | 40 |  | ОПК-1  ОПК-2  ОПК-3  ПК-2  ПК-4.1 |
|  | Итого за 1 семестр |  |  |  |  |  |  | 100 |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Семинарские занятия* | **Компетенции по темам, проверяемые при текущем контроле** | **Виды тек. контроля по проверке компетенций** | **Компетенции по темам, проверяемые на зач. /экз.** |
| 1 - 2 | Математическая модель и функциональные свойства технического нейрона | ОПК-1  ОПК-2  ОПК-3  ПК-2  ПК-4.1 | Кр-7  КИ, 8 | ОПК-1  ОПК-2  ОПК-3  ПК-2  ПК-4.1 |
| 3 - 4 | Сеть Хемминга |
| 5 - 6 | Реализация булевых функций на нейронных сетях |
| 7 - 8 | Классификация данных на нейронных сетях |
| 9 - 10 | Многослойные нейронные сети | ДЗ-11  КИ, 15 |
| 11 - 12 | Генетические алгоритмы |
| 13 - 14 | Сеть Хопфилда |
| 15 - 16 | Самоорганизующиеся сети Кохонена |

**Соответствие оценочных средств видам контроля**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вид контроля** | **Наименование оценочного средства (способ оценки: устно/ письменно /комп. технолог.)** |
| Кр | Контрольная работа |
| ДЗ | Отчет по результатам выполнения домашней работы |
| Защита домашней работы (устно) |
| КИ | Контроль по итогам выполнения (интегральная оценка без проведения дополнительного контроля) |
| Э | Вопросы к экзамену |

**Методика оценки результатов сдачи экзамена**

по курсу ««Нейросетевые методы обработки данных с использованием Python»»

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ, с учётом характера будущей практической деятельности выпускника.

**«ОТЛИЧНО»** (36-40 баллов) - студент владеет знаниями предмета в соответствии с рабочей программой, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопросы билета.

**«ХОРОШО»** (28-36 баллов) - студент владеет знаниями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценный ответы на вопросы билета.

**«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** (24-28 баллов) - студент владеет основным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов.

**«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** (ниже 24 баллов) - студент не освоил обязательного минимума знаний предмета; не способен ответить на вопрос билета даже при дополнительных наводящих вопросах экзаменатора.

**Итоговая оценка по курсу выставляется в соответствии**

**со следующей таблицей:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Сумма баллов по дисциплине** | **Оценка по 4-х бальной шкале** | **Зачет** | **Оценка (ECTS)** | **Градация** |
| 90 - 100 | 5 (отлично) | Зачтено | А | Отлично |
| 85 - 89 | 4 (хорошо) | В | Очень хорошо |
| 75 - 84 | С | Хорошо |
| 70 - 74 | D | Удовлетворительно |
| 65 - 69 | 3 (удовлетворительно) |
| 60 - 64 | E | Посредственно |
| Ниже 60 | 2 (неудовлетворительно) | Не зачтено | F | Неудовлетворительно |

**Вариант контрольной работы по дисциплине**

**«Нейросетевые методы обработки данных с использованием Python»**

1. Логическая функция трёх переменных принимает ложные значения (0) только на следующих наборах аргументов:

.

Приведите пример реализации данной логической функции на нейронной сети с бинарными нейронами. Укажите значения синаптических коэффициентов и смещений на схеме, а также активационные характеристики всех нейронов сети. Можно ли данную функцию реализовать на одном нейроне? Обоснуйте свой ответ. Каково функциональное назначение каждого слоя сети?

2. Для лечении гипертонической болезни фармацевтическая промышленность предлагает 35 различных препаратов. По характеру воздействия на организм человека (в том числе и нежелательного воздействия на другие органы) эти препараты могут быть сгруппированы в 5 классов. Каждый препарат характеризуется набором 7 свойств, которые позволяют отнести его к одному из указанных 5 классов. В таблице приведены типовые свойства препаратов каждого класса:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вектор свойств | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
| Класс 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Класс 2 | -1 | 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | 1 |
| Класс 3 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 |
| Класс 4 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| Класс 5 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 |

Постройте схему нейронной сети Хемминга, решающей задачу классификации препаратов, укажите все ее характеристики. а) Сколько нейронов должна содержать сеть Хемминга, классифицирующая вектор входных признаков объекта? б) Какое смещение имеют нейроны слоя Хемминга? Чем определяется его значение? в) Чему равно число нейронов сети Хемминга? г) Что вычисляет 2-й нейрон слоя Хемминга этой сети? д) Как выход этого нейрона используется для классификации? е) К какому классу сеть отнесёт препарат, характеризующийся вектором свойств (1,-1,1,1,-1,1,1)?

3. Постройте нейросетевой классификатор на **биполярных** нейронах для классов, представленных на рисунке. Укажите синаптические коэффициенты и смещения **всех** нейронов.



4. Для архитектуры сети, построенной в п.3, провести 1 такт обучения простым градиентным методом с параметром α = 0.1 для обучающего примера (0.2, 0.5; 0), считая, что начальное значение всех коэффициентов и смещений сети равно 0.1, функция активации всех нейронов – гиперболический тангенс.

**Комплект материалов для домашнего задания по дисциплине**

**«Нейросетевые методы обработки данных с использованием Python»**

I. Исходные данные

*1.1.Описание исходных данных*

Привести описание исходных данных, ссылку на источник, число признаков, описание и типы признаков (вещественные, целочисленные, категориальные и т.д.), объём выборки, особенности данных (наличие пропусков, повторов, противоречий или другие особенности). Сформулировать решаемую задачу, определить тип задачи (регрессия / классификация), указать входные и выходные переменные.

*1.2.Визуальный анализ исходных данных*

*а) Гистограммы распределения и диаграммы Box-and-Whisker*

Построить гистограммы распределения и диаграммы Box-and-Whisker (для отдельных признаков при большом их числе), сделать выводы (о характере распределений признаков, наличии выбросов и т.п.).

*б) Корреляционная матрица признаков*

Визуализировать корреляционную матрицу признаков (использовать heatmap), сделать выводы.

*в) Диаграммы рассеяния*

Построить диаграммы рассеяния для отдельных пар признаков, сделать выводы.

*1.3.Выводы*

Сделать выводы по результатам предварительного визуального анализа исходных данных.

II. Предобработка данных

*2.1. Очистка данных*

*а) Обнаружение и устранение дубликатов*

Описать используемые способы обнаружения дубликатов в данных, устранить дубликаты, сделать выводы по результатам.

*б) Обнаружение и устранение выбросов*

Описать используемые способы обнаружения выбросов в данных, устранить выбросы, сделать выводы по результатам.

*в) Пропущенные значения*

Описать используемый способ решения проблемы пропущенных значений в данных, сделать выводы по результатам.

*г) Визуальный анализ очищенных данных*

По очищенным данным построить гистограммы распределения и диаграммы Box-and-Whisker (для отдельных признаков) и диаграммы рассеяния для отдельных пар признаков. Сравнить диаграммы с построенными в п. 1.2.

*д) Выводы*

Сделать выводы по результатам очистки и визуального анализа очищенных данных.

*2.2. Преобразование данных*

*а) Преобразование входов*

Описать используемый способ преобразования входных переменных и его параметры, привести обоснование выбранного способа преобразования.

*б) Преобразование выходов*

Описать используемый способ преобразования выходных переменных и его параметры, привести обоснование выбранного способа преобразования.

*в) Визуальный анализ преобразованных данных*

По преобразованным данным построить гистограммы распределения и диаграммы Box-and-Whisker (для отдельных признаков) и диаграммы рассеяния для отдельных пар признаков. Сравнить диаграммы с построенными в п. 2.1 г).

*2.3.Выводы*

Сделать выводы о результатах предобработки данных.

III. Формирование признаков

*3.1. Сокращение числа признаков*

При исключении отдельных признаков привести обоснование либо обоснование нецелесообразности исключения признаков из рассмотрения.

*3.2. Конструирование новых признаков*

Предложить способ формирования новых признаков из исходных переменных, предположительно важных для решения поставленной задачи.

*3.3. Выводы*

Сделать выводы по результатам формирования признаков.

IV. Построение и исследование нейросетевых моделей

*4.1. Параметры архитектуры и обучения многослойной нейронной сети*

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Функция потерь |  |
| Число входов сети |  |
| Число выходов сети |  |
| Число скрытых слоев сети\* |  |
| Число и АХ нейронов 1-го скрытого слоя\* |  |
| Число и АХ нейронов 2-го скрытого слоя\* |  |
| Число и АХ нейронов 3-го скрытого слоя\* |  |
| АХ нейронов выходного слоя |  |
| Кросс-валидация | Holdout (60/30/10) |
| Объёмы обучающей / валидационной / тестовой выборок | / / |
| Режим обучения\* |  |
| Метод инициализации весов | метод Хавьера |
| Критерий останова |  |
| Ранний останов | да |

\* Определяется вариантом задания.

*4.2. Исследование простого градиентного метода обучения*

*а) Исследование влияния параметра скорости обучения на качество обучения*

Построить графики зависимости ошибки сети на обучающей, валидационной и тестовой выборках от времени обучения (кривые обучения) при различных значениях параметра скорости обучения α (значения указать в таблице ниже).

**Указание**: обучение каждый раз начинать из одной и той же начальной точки.

*б) Заполнить таблицу по результатам обучения*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Скорость обучения, α | Число эпох обучения | Ошибка на обучающей выборке, *Eобуч* | Ошибка на тестовой выборке, *Eтест* |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |

**Указание**: все ошибки указываются для обученной сети.

*в) Выводы*

Сделать выводы о влиянии параметра скорости обучения на качество обучения.

**Вопросы к экзамену по дисциплине**

**«Нейросетевые методы обработки данных с использованием Python»**

Билет включает два вопроса.

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

**Тема 1. Многослойная нейронная сеть**

1. Математическая модель искусственного нейрона. Активационные характеристики нейронов. Жесткие и мягкие характеристики. Стохастический нейрон. Нейронные сети прямого распространения. Математическая модель многослойной нейронной сети.
2. Data-driven и model-based подходы к построению моделей. Универсальная аппроксимационная теорема. Нейронная сеть как универсальный аппроскиматор. Типы задач, решаемых с помощью нейронных сетей. Задачи классификации и регрессии.
3. Функция потерь. Виды функций потерь. Теоретический и эмпирический риск. Принцип минимизации эмпирического риска. Постановка задачи обучения многослойной нейронной сети.
4. Постановка задачи регрессии. Нейронная сеть как регрессионная модель. Сравнение нейронной сети с другими классами регрессионных моделей. Связь обучения нейронной сети и метода наименьших квадратов. Использование квадратичной функции в качестве функции потерь.
5. Постановка задачи бинарной классификации данных. Статистическая модель классов. Оценивание параметров модели. Метод максимального правдоподобия. Связь обучения нейронной сети и метода максимального правдоподобия. Использование бинарной кросс-энтропии в качестве функции потерь.
6. Постановка задачи многоклассовой классификации данных. Статистическая модель классов. Оценивание параметров модели. Softmax-функция активации. Метод максимального правдоподобия. Связь обучения нейронной сети и метода максимального правдоподобия. Использование категориальной кросс-энтропии в качестве функции потерь.
7. Обучение нейронной сети как задача оптимизации. Оптимизируемые переменные и целевая функция. Обучение нейронной сети, состоящей из одного нейрона. Расчёт градиента критерия обучения. Сравнение процесса обучения при использовании различных функций потерь (квадратичной функции потерь и бинарной кросс-энтропии).
8. Обучение нейронной сети как задача оптимизации. Оптимизируемые переменные и целевая функция. Обучение однослойной нейронной сети. Расчёт градиента критерия обучения. Производные функции потерь по выходам сети (для квадратичной функции потерь, бинарной и категориальной кросс-энтропии).
9. Обучение многослойной нейронной сети. Метод обратного распространения ошибки. Уравнения обратного распространения (без вывода). Двойственные потенциалы нейронов. Сеть обратного распространения.

**Тема 2. Методы обучения нейронных сетей**

1. Методы обучения нейронных сетей. Простой градиентный метод и метод наискорейшего спуска. Скорость обучения. Критерий останова. Особенности, преимущества и недостатки методов. Сравнение методов.
2. Методы обучения нейронных сетей. Градиентный метод с моментом и метод Нестерова. Скорость обучения и параметр момента. Критерий останова. Особенности, преимущества и недостатки методов. Сравнение методов.
3. Методы обучения нейронных сетей. Метод сопряженных градиентов. Формулы Флетчера-Ривса и Полака-Райбера. Критерий останова. Особенности, преимущества и недостатки методов. Сравнение с простым градиентным методом и методом наискорейшего спуска.
4. Методы обучения с адаптивным шагом. Методы AdaGrad и RMSProp. Параметры методов. Критерий останова. Особенности, преимущества и недостатки методов. Сравнение методов.
5. Методы обучения с адаптивным шагом. Методы AdaDelta и Adam. Параметры методов. Критерий останова. Особенности, преимущества и недостатки методов. Сравнение методов.
6. Методы обучения с адаптивным шагом. Метод RProp. Параметры метода. Критерий останова. Особенности, преимущества и недостатки метода. Сравнение с методами AdaGrad, RMSProp, AdaDelta и Adam.
7. Стохастический градиентный спуск. Использование мини-батчей. Параметры метода. Выбор размера мини-батча. Критерий останова. Особенности, преимущества и недостатки метода. Сравнение с простым градиентным методом.
8. Методы обучения 2-го порядка. Метод Ньютона-Рафсена. Особенности, преимущества и недостатки метода.
9. Методы обучения 2-го порядка. Квазиньютоновские методы. Метод Левенберга-Маркардта. Идея метода BFGS. Особенности, преимущества и недостатки методов.
10. Проблема инициализации синаптических коэффициентов нейронной сети. Распределения вероятностей, используемые при инициализации. Распространение информационного потока в нейронной сети. Сходящийся и расходящийся потоки. Необходимость нормализации входов сети.
11. Проблема инициализации синаптических коэффициентов нейронной сети. Распространение информационного потока в нейронной сети. Сходящийся и расходящийся потоки. Расчёт дисперсий выходов нейронов скрытых слоёв в прямом и обратном направлениях для сети с линейными активационными характеристиками. Проблема затухающего градиента. Метод Хавьера.

**Тема 3. Обобщение данных в нейронных сетях**

1. Обобщение данных в нейронных сетях. Недообучение и переобучение. Иллюстрации. Обучающая, валидационная и тестовая выборки. Математическое ожидание квадратичной функции потерь. Разложение bias-variance. Смещение и дисперсия откликов модели. Источники ошибок модели: причины и интерпретация. Связь со сложностью модели.
2. Проблема оценивания точности нейронной сети. Понятие обобщающей способности нейронной сети. Недообучение и переобучение. Иллюстрации. Обучающая, валидационная и тестовая выборки. Кросс-валидация модели. Методы кросс-валидации: Монте-Карло, k-fold, holdout, LOOCV. Стратификация при кросс-валидации. Внутренняя кросс-валидация.
3. Методы улучшения обобщающей способности нейронной сети. Методы регуляризации. *L*1 и *L*2-регуляризация весов сети. Сравнение методов. Регуляризованная ошибка сети. Градиент критерия обучения, особенности, иллюстрации.
4. Методы регуляризации. Ранний останов, аугментация данных, инъекция шума. Особенности, способы практической реализации.
5. Dropout-регуляризация скрытых слоёв нейронной сети. Dropout-слой. Обучение dropout-слоя. Обратное распространение ошибки через dropout-слой. Интерпретация dropout-регуляризации.
6. Проблема смещения информационного потока в нейронных сетях (internal covariate shift). Идея батч-нормализации скрытых слоёв нейронной сети. Обучение слоя батч-нормализации. Обратное распространение ошибки через слой батч-нормализации.