

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета  Д.В.Панфилов
«__» __ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Вероятностные модели»

Направление подготовки 09.04.03 Прикладная информатика

Профиль «Технологии искусственного интеллекта»

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2020

Автор программы

 / Головинский П.А.

Заведующий кафедрой
Инноватики и строительной
физики

 / Суровцев И.С.

Руководитель ОПОП

 / Головинский П.А.

Воронеж 20__

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Освоение теоретических основ и практического применения вероятностных методов технологий искусственного интеллекта.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Получение базовых знаний распределений вероятностей, случайных процессов, марковских цепей и байесовского вывода. Обучение практическим навыкам работы со скрытыми марковскими моделями и сетями доверия в прикладных задачах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Вероятностные модели» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Вероятностные модели» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий

ПК-3 - Способен управлять моделью сервисов и персоналом, осуществляющим предоставление сервисов.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-1	Знать основные методы и алгоритмы работы нейронных сетей на основе вероятностного подхода
	Уметь подобрать тип нейронной сети, соответствующий решаемой проблеме
	Владеть навыками использования и создания вероятностных нейронных сетей
ПК-3	Знать возможности применения вероятностных нейронных сетей для создания сервисов
	Уметь составлять схемы применения и планы реализации вероятностных нейронных сетей
	Владеть методами оценки и управления работой сервисов с использованием вероятностных нейронных сетей

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Вероятностные модели» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	108	108
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Вероятность	Понятие и свойства вероятности. Случайные величины. Распределения вероятности непрерывной величины. Моменты. Условная вероятность. Теорема Байеса. Распределения Гаусса и Больцмана.	4	2	18	24
2	Энтропия	Понятие энтропии. Информация. Теорема Шеннона об эффективном кодировании. Энтропия непрерывной переменной. Принцип максимума энтропии. Регрессия.	4	2	18	24
3	Взаимная информация	Определение взаимной информации. Взаимная информация непрерывных случайных величин. Дивергенция Кульбака-Лейблера. Декомпозиция Пифагора.	4	2	18	24
4	Цепи Маркова	Вероятности переходов. Случайные процессы. Марковские процессы. Эргодичность. Сходимость к стационарным распределениям. Марковский процесс принятия решения. Непрерывная марковская цепь. Скрытая марковская модель.	2	4	18	24
5	Статистические алгоритмы	Алгоритм Метрополиса. Моделирование отжига. Машина Больцмана.	2	4	18	24
6	Логистические сети доверия	Байесовская кластеризация. Байесовские сети доверия. Свойства сетей доверия. Обучение в сигмоидальных сетях. Распознавание образов.	2	4	18	24
Итого			18	18	108	144

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
УК-1	знать (основные методы и алгоритмы работы нейронных сетей на основе вероятностного подхода)	Практические занятия	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь (подобрать тип нейронной сети, соответствующий решаемой проблеме)	Практические занятия	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть (навыками использования и создания вероятностных нейронных)	Практические занятия	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	знать (возможности применения вероятностных нейронных сетей для создания сервисов)	Практические занятия	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь (составлять схемы применения и планы реализации вероятностных нейронных сетей)	Практические занятия	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть (методами оценки и управления работой сервисов с использованием вероятностных нейронных сетей)	Практические занятия	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.

УК-1	знать (основные методы и алгоритмы работы нейронных сетей на основе вероятностного подхода)	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь (подобрать тип нейронной сети, соответствующий решаемой проблеме)	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть (навыками использования и создания вероятностных нейронных)	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать (возможности применения вероятностных нейронных сетей для создания сервисов)	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь (составлять схемы применения и планы реализации вероятностных нейронных сетей)	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть (методами оценки и управления работой сервисов с использованием вероятностных нейронных сетей)	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Вероятность.

А) Произвольная положительная величина.

Б) Величина в интервале $[0,1]$.

В) Величина, отличная от нуля.

2. Случайная величина.

А) Одна из нескольких величин.

Б) Численное значение, сопровождающее случайное событие.

В) Численное выражение вероятности события.

3. Распределение вероятности непрерывной величины.
 - А) Разделение вероятностей на интервалы.
 - Б) Функция, указывающая на вероятность события, деленную на длину интервала случайной величины.
 - В) Разделение вероятностей на большие и малые значения.
4. Условная вероятность.
 - А) Вероятность при наложении ограничений на события.
 - Б) Вероятность некоторых выделенных событий.
 - В) Вероятность наступления одного события при условии, что другое событие уже произошло.
5. Распределение Гаусса.
 - А) Нормальное распределение.
 - Б) Треугольное распределение.
 - В) Равномерное распределение.
6. Распределение Больцмана в машинном обучении.
 - А) Распределение частиц по высоте.
 - Б) Экспоненциальное распределение по параметру «энергия сети».
 - В) Распределение сигналов по нейронам.
7. Понятие энтропии.
 - А) Беспорядок в расположении нейронных связей.
 - Б) Мера неопределенности состояния сложной системы.
 - В) Термодинамическая характеристика нейропроцессора.
8. Количество информации.
 - А) Произведение количества независимых символов в последовательных сообщениях.
 - Б) Аддитивная мера информации на основе логарифма возможного числа сообщений.
 - В) Количество символов в строке.
7. Вероятность одного из альтернативных независимых событий.
 - А) Равна сумме вероятностей событий.
 - Б) Равна произведению вероятностей событий.
 - В) Равна сумме квадратов вероятностей событий.
8. Принцип максимума энтропии.
 - А) Способ нахождения наиболее вероятного состояния сложной системы.
 - Б) Энтропия достигает максимального значения в конце процесса.
 - В) Энтропия растет со временем.
9. Взаимная информация.
 - А) Встречная передача информации.
 - Б) Количество информации, содержащееся в одной случайной величине относительно другой.
 - В) Передача информации от двух источников третьему.
10. Вероятность последовательных независимых событий.
 - А) Равна сумме вероятностей событий.
 - Б) Равна произведению вероятностей событий.
 - В) Равна частному вероятностей событий.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Взаимная информация непрерывных случайных величин.
 - А) Встречный поток аналоговых сигналов.
 - Б) Интегральная характеристика на основе плотностей распределений

вероятностей.

В) Разность между потоками случайных величин.

2. Дивергенция Кульбака-Лейблера.

А) Мера удалённости двух вероятностных распределений.

Б) Расходимость распределений.

В) Разность двух распределений.

3. Вероятность перехода.

А) Вероятность затраты определенного времени для перехода.

Б) Вероятность перехода из одного состояния системы в другое.

В) Вероятность наличия связи между нейронами в сети.

4. Эргодичность.

А) Свойство системы, означающее, что параметры системы в процессе ее эволюции не превышают заданных значений.

Б) Свойство системы, означающее, что каждая ее точка в процессе эволюции проходит вблизи любой другой точки системы.

В) Свойство системы, означающее, что точки системы находятся в определенной области конечного размера.

5. Сходимость к стационарным распределениям.

А) Распределение с течением времени перестает меняться.

Б) Распределение с течением времени стремится к одному из стандартных распределений.

В) Распределение стремится к нормальному.

6. Алгоритм Метрополиса.

А) Последовательность операторов, обеспечивающая нахождение экстремума функции.

Б) Моделирование случайных величин с заданным законом распределения методом отбора.

В) Метод создания случайной функции.

7. Моделирование отжига.

А) Расчет нагрева и охлаждения нейроничипа.

Б) Постепенное изменение распределения, имитирующее физическое изменение Температуры системы.

В) Моделирование лазерного записывания информации на диске.

8. Машина Больцмана.

А) Компьютер с определенной конфигурацией, названный в честь физика Больцмана.

Б) Класс статистических машин.

В) Нейронная сеть с алгоритмом имитации отжига.

9. Байесовские сети.

А) Сети Байеса.

Б) Графовая вероятностная модель.

В) Полносвязные сети.

10. Сети доверия.

А) Сети, определяющие надежность клиента.

Б) Байесовские сети.

В) Надежно работающие сети.

11. Сигмоидальные байесовские сети.

А) Сети с сигмоидальным расположением входов.

Б) Сети с сигмоидальной функцией вероятности активации нейронов.

В) Сети с сигмоидальным преобразованием сигналов во входном слое.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Марковский процесс принятия решения.
 - А) Принятие решений на основе анализа марковского процесса.
 - Б) Марковская модель перехода с вознаграждениями при обучении.
 - В) Процесс, в котором решение зависит только от текущего состояния системы.
2. Непрерывная марковская цепь.
 - А) Цепь Маркова, постоянно функционирующая постоянно.
 - Б) Цепь Маркова с непрерывным набором состояний.
 - В) Цепь Маркова с непрерывными связями.
3. Скрытая марковская модель.
 - А) Марковская модель, недоступная прямому наблюдению.
 - Б) Статистическая модель, имитирующая работу процесса с неизвестными параметрами.
 - В) Марковская модель с неизвестными параметрами.
4. Математическое ожидание.
 - А) Наиболее вероятное значение величины.
 - Б) Среднее значение величины.
 - В) Рассчитанное значение ожидаемой величины.
5. Дисперсия.
 - А) Первый момент.
 - Б) Среднеквадратичное отклонение величины от среднего значения.
 - В) Третий момент.
6. Случайный процесс.
 - А) Процесс, в котором последовательные значения являются случайными числами.
 - Б) Один из случайно выбранных процессов.
 - В) Процесс, в котором время меняется случайным образом.
7. Теорема Байеса.
 - А) Определяет вероятность разветвляющихся последовательных процессов.
 - Б) Определяет вероятность исхода круговых испытаний.
 - В) Определяет вероятность события при условии, что произошло другое статистически зависимое с ним событие.
8. Байесовская кластеризация.
 - А) Кластеризация с учетом пересечения кластеров.
 - Б) Кластеризация на основе определения радиуса кластера.
 - В) Классификация на основе минимизации вероятности ошибки.
9. Байесовская регрессия.
 - А) Регрессия на основе масштабируемых функций.
 - Б) Регрессия на основе наибольшего правдоподобия.
 - В) Многомерная регрессия по базисным функциям.
10. Байесовское распознавание образов.
 - А) Распознавание байесовских типов данных.
 - Б) Распознавание на основе байесовского классификатора.
 - В) Распознавание взаимозависимых данных.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Перечень вопросов для экзамена

1. Понятие и свойства вероятности.
2. Случайные величины.
3. Распределения вероятности непрерывной величины.
4. Условная вероятность.
5. Распределение Гаусса.
6. Распределение Больцмана.

7. Понятие энтропии.
8. Информация.
7. Энтропия непрерывной переменной.
8. Принцип максимума энтропии.
9. Определение взаимной информации.
10. Взаимная информация непрерывных случайных величин.
11. Дивергенция Кульбака-Лейблера.
12. Вероятности переходов.
13. Эргодичность.
14. Сходимость к стационарным распределениям.
15. Алгоритм Метрополиса.
16. Моделирование отжига.
17. Машина Больцмана.
18. Байесовские сети доверия.
19. Свойства сетей доверия.
20. Обучение в сигмоидальных сетях.
21. Марковские процессы.
22. Марковский процесс принятия решения.
23. Непрерывная марковская цепь.
24. Скрытая марковская модель.
25. Математическое ожидание.
26. Дисперсия.
27. Случайный процесс.
28. Теорема Байеса.
29. Декомпозиция Пифагора.
30. Теорема Шеннона об эффективном кодировании.
31. Распознавание образов.
32. Регрессия.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 5 баллом, задача оценивается в 5 баллов (3 баллов верное решение и 2 балла за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Вероятность	УК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата,

			требования к курсовому проекту....
2	Энтропия	УК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Взаимная информация	УК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Цепи Маркова	УК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Статистические алгоритмы	УК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Логистические сети доверия	УК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Головинский П.А. Математические модели. Теоретическая физика и анализ сложных систем. От нелинейных колебаний до искусственных нейронов и сложных систем. Книга 2. М.: URSS, ISBN: 978-5-397-06001-1, 2017.
2. Головинский П.А., Суровцев И.С. Интеллектуальные информационные системы: теоретические основы и приложения. Воронеж: изд-во «Цифровая полиграфия», 2015.
2. Николенко С., Кадурич А., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб: Питер, ISBN: 978-5-496-02536-2, 2018.
5. Ян Гудфеллоу, Аарон Курвилль, Йошуа Бенджио. Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс, ISBN: 978-5-97060-618-6, 2018.
6. Хайкин С. Нейронные сети. М.: Вильямс, ISBN: 978-5-8459-2069-0, 2019.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Использование презентаций при проведении лекционных занятий.
2. Консультирование посредством электронной почты.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для использования презентаций при проведении лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные презентационным оборудованием (компьютер с ОС Windows и программой PowerPoint или Adobe Reader, мультимедийный проектор и экран).

Для обеспечения практических занятий требуется компьютерный класс с комплексом лицензионного программного обеспечения: пакетами Microsoft Office, Python.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Вероятностные модели» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета вероятностных моделей. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.