МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Вычислительная и прикладная математика»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Математическая статистика для систем искусственного интеллекта»

Направление подготовки
09.03.04 «Программная инженерия»

Направленность (профиль) подготовки
«Программная инженерия систем искусственного интеллекта»

Уровень подготовки – бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Срок обучения – 4 года

Рязань

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов и процедур, предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций и индикаторов их достижения, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний обучающихся проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация проводятся с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся, организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков обучающихся на практических занятиях по результатам выполнения и защиты обучающимися индивидуальных заданий, по результатам выполнения контрольных работ и тестов, по результатам проверки качества конспектов лекций и иных материалов.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используется устные и письменные ответы студентов на индивидуальные вопросы, письменное тестирование по теоретическим разделам курса, реферат. Дополнительным средством оценки знаний и умений студентов является отчет о выполнении практических заданий и его защита.

По итогам курса обучающиеся сдают экзамен. Форма проведения – устный ответ с письменным подкреплением по утвержденным билетам, сформулированным с учетом содержания дисциплины. В билет для экзамена включается два теоретических вопроса и задача. В процессе подготовки к устному ответу студент должен составить в письменном виде план ответа.

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ПК-3 (индикатор ПК-3.2, ПК-3.3), ПК-5 (индикатор ПК-5.1, ПК-5.2), ПК-8 (индикатор ПК-8.1, ПК-8.2), ПК-11 (индикатор ПК-11.2).

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

– формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов);

– приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, самостоятельная работа студентов);

– закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе решения конкретных задач на занятиях, выполнения индивидуальных заданий на практических занятиях и их защиты, а также в процессе сдачи экзамена.

2 ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ШКАЛЫ ОЦЕНИВАНИЯ

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

– базовый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;

– продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенций по завершении освоения дисциплины;

– экспертный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенций и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на экспертном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний умений и навыков – на базовом уровне. При освоении менее 40% приведенных знаний, умений и навыков компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлено различными видами оценочных средств.

Оценке сформированности в рамках данной дисциплины подлежат компетенции/индикаторы:

Показатели достижения планируемых результатов обучения и критерии их оценивания на разных уровнях формирования компетенций приведены в таблице 1.

Таблица 1. Индикаторы достижения компетенции

Компетенция: код по ФГОС 3++, формулировка	**Индикаторы**	**Этап**	**Наименование оценочного средства**
ПК-3 (09.03.04 Программная инженерия систем искусственного интеллекта) Способен применять современную теоретическую математику для разработки новых алгоритмов и формулирования перспективных задач ИИ	**ПК-3.2** Применяет аппарат теории вероятностей, матстатистики, математической логики и теории информации для формулирования и анализа задач искусственного интеллекта	1	Экзамен
	ПК-3.3 Применяет аппарат теории вероятностей для исследования методов и моделей машинного обучения	1	Экзамен
ПК-5 Способен применять байесовский подход для построения вероятностных моделей, анализа неопределенности и создания адаптивных систем ИИ (MF-2)	**ПК-5.1** Использует теорему Байеса и её следствия, понимает отличия байесовской статистики от частотного подхода		Экзамен
	ПК-5.2 Применяет байесовские методы оценивания и байесовские интервалы для решения задач статистики и построения моделей		Экзамен

Компетенция: код по ФГОС 3++, формулировка	Индикаторы	Этап	Наименование оценочного средства
ПК-8 (09.03.04 Программная инженерия систем искусственного интеллекта) Способен осуществлять поиск, сбор, очистку и предварительный анализ данных	**ПК-8.1** Обосновывает способы и вариан-ты применения методов предвари-тельного анализа данных в задачах ИИ, включая их математическое (алгоритмическое) преобразование и адаптацию к специфике задачи		Экзамен
	ПК-8.2 Применяет методы анализа данных для проверки разведочных гипотез и подготовки данных к применению современных методов ИИ		Экзамен
ПК-11 (09.03.04 Программная инженерия систем искусственного интеллекта) Способен применять фундаментальные принципы и методы машинного обучения включая подготовку данных, оценку качества моделей и работу с признаками (ML-2)	**ПК-11.2** Применяет методы предварительной обработки данных и работы с признаками	1	Экзамен

Преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям. Кроме того, преподавателем учитываются ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле:

– контрольные опросы;

– задания для практических занятий.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

– предельных теорем и идентификации неизвестных параметров, определения размеров обучающих выборок;

– основных понятий, используемых при проверке статистических гипотез (простая и сложная гипотезы, параметрическая и непараметрическая гипотезы);

– основной и альтернативной гипотезы, критериев проверки гипотез , ошибок первого и второго рода;

– общих принципов построения статистических критериев;

наличие **умений**:

– определять размеры обучающих выборок;

– осуществлять проверку гипотез и анализ зависимостей;

- формулировать утверждения о законе распределения соответствующей статистики;

обладание навыками**:**

– предварительной обработки результатов эксперимента;

– построения статистических критериев.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения практических работ:

41%-60% правильных ответов соответствует базовому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;

61%-80% правильных ответов соответствует продвинутому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;

81%-100% правильных ответов соответствует эспертному уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования.

Сформированность уровня компетенций не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен, оцениваемый по принятой в ФГБОУ ВО «РГРТУ» системе: «Отлично», «Хорошо», «Удовлетворительно» и «Неудовлетворительно».

Критерии оценивания промежуточной аттестации представлены в таблице.

Шкала оценивания	Критерии оценивания
Отлично	**оценки «Отлично»** заслуживает обучающийся, продемонстрировавший полное знание материала изученной дисциплины, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; выполнивший все практические задания; показавший систематический характер знаний по дисциплине, ответивший на все вопросы билета, возможно, допустивший погрешности, но быстро устранивший ошибки после указания преподавателя.
Хорошо	**оценки «Хорошо»** заслуживает обучающийся способный: • продемонстрировать достаточно полное знание материала, включая знание основных теоретических понятий; • достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; • делать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу; • ответить на все вопросы билета и на дополнительные вопросы, но с элементами погрешности и неполноты в ответах; • выполнить все практические задания, предусмотренные программой, но с элементами погрешности и неполноты; применить необходимые знания для их устранения упущений в ответах под руководством преподавателя.
Удовлетворительно	**оценки «Удовлетворительно»** заслуживает обучающийся способный: • продемонстрировать знание основной части изученного материала, включая знание основных теоретических понятий; • внятно и без существенных ошибок излагать материал; • делать выводы по излагаемому материалу; • отвечать на все вопросы билета, но с элементами погрешности и неполноты в ответах; • выполнить основные практические задания, предусмотренные программой, но с элементами погрешности и неполноты; • понимать замечания преподавателя и проявлять способность к устранению упущений.
Неудовлетворительно	**оценки «Неудовлетворительно»** заслуживает обучающийся, не выполнивший практические задания, продемонстрировавший серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисци-

	плины, не ответивший на все вопросы билета и дополнительные вопросы. Оценка «Неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «Неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.)

3 ПАСПОРТ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	**Код контролируемой компетенции**	**Наименование оценочного средства**
Расчёт ключевых статистических характеристик	ПК-3.2, ПК-3.3 ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-8.1, ПК-8.2 ПК-11.2	Экзамен
Оценивание параметров распределений: метод моментов и метод максимального правдоподобия. Бутстрэп и доверительные интервалы	ПК-3.2, ПК-3.3 ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-8.1, ПК-8.2	Экзамен
Проверка статистических гипотез. Критерии согласия и сравнение выборок	ПК-3.2, ПК-3.3 ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-8.1, ПК-8.2 ПК-11.2	Экзамен
Корреляционный анализ и регрессия	ПК-3.2, ПК-3.3 ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-8.1, ПК-8.2 ПК-11.2	Экзамен
Применение методов математической статистики для анализа моделей машинного обучения	ПК-3.2, ПК-3.3 ПК-8.1, ПК-8.2 ПК-11.2	Экзамен
EM-алгоритм и кластеризация	ПК-3.2, ПК-3.3 ПК-8.1, ПК-8.2	Экзамен
Байесовский подход и апостериорные оценки	ПК-3.2, ПК-3.3 ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-8.1, ПК-8.2 ПК-11.2	Экзамен
Байесовские методы в машинном обучении	ПК-3.2, ПК-3.3 ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-8.1, ПК-8.2 ПК-11.2	Экзамен

4. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

4.1 Типовые вопросы для практических занятий

1. Какие основные структуры данных предоставляет библиотека pandas и в чем их принципиальные отличия? Какая структура наиболее подходит для работы с табличными данными в задачах искусственного интеллекта?
2. Для чего используется метод describe() в pandas и какие статистические характеристики он возвращает по умолчанию? Как можно настроить этот метод для получения дополнительных статистик?
3. Как проверить наличие пропущенных значений в DataFrame и определить их процентное соотношение в каждом столбце? Как визуализировать распределение пропущенных данных?
4. В чем принципиальная разница между методами dropna() и fillna()? В ка-ких случаях предпочтительнее использовать каждый из этих методов при подготовке данных для обучения моделей ИИ?
5. Какие преимущества предоставляет библиотека seaborn по сравнению с matplotlib при визуальном анализе данных? Приведите примеры задач, где использование seaborn будет наиболее эффективным.
6. Какие стратегии обработки пропущенных значений существуют и в каких случаях их следует применять? Как обработка пропусков влияет на качество моделей искусственного интеллекта?
7. Как фильтровать данные по сложным условиям с использованием булевой индексации? Приведите пример фильтрации с комбинацией трех и более условий и объясните, почему необходимо заключать каждое условие в скобки.
8. Когда возникает необходимость преобразовывать типы данных и как это влияет на последующий анализ и построение моделей? Почему непра-вильный тип данных может привести к ошибочным выводам в задачах ИИ?
9. Как создать сводную таблицу для анализа данных по категориальным признакам с использованием метода pivot_table()? Какие агрегирующие функции можно использовать и как их комбинировать для получения комплексных характеристик?
10. В чем разница между методами groupby() и pivot_table()? В каких сцена-риях анализа данных предпочтительнее использовать каждый из этих методов?
11. Как эффективно сохранить результаты анализа для дальнейшего использования в проектах искусственного интеллекта? Сравните преимущества и недостатки различных форматов сохранения данных (CSV, Excel, Parquet, Pickle).
12. Как документировать этапы обработки данных для обеспечения воспроизводимости анализа? Какие элементы должны обязательно присутствовать в документации обработки данных для проектов ИИ?
13. Как определить, какие признаки могут быть полезны для последующего анализа и построения моделей машинного обучения? Как создание новых признаков (feature engineering) влияет на качество моделей ИИ?
14. Какие проблемы могут возникнуть при неправильной обработке данных и как их избежать? Приведите примеры критических ошибок на этапе предобработки данных, которые могут сделать модель ИИ полностью неработоспособной.
15. Почему важно сохранять метаданные об этапах обработки данных в проектах искусственного интеллекта? Как метаданные помогают при обновлении моделей и повторном запуске анализа на новых данных?
16. В чем принципиальная разница между генеральной совокупностью и вы-боркой в контексте вычисления статистических характеристик? Как это влияет на формулы дисперсии и стандартного отклонения?

17. Почему среднее арифметическое может быть ненадежной характеристи-кой для асимметричных распределений? Приведите пример из области искусственного интеллекта, где использование среднего может привести к ошибочным выводам.
18. Как коэффициент вариации помогает сравнивать изменчивость признаков с разными единицами измерения? Приведите пример, когда использование стандартного отклонения без учета среднего значения приведет к неверным выводам.
19. Что означает отрицательный коэффициент асимметрии и как это влияет на интерпретацию данных? Приведите пример распределения с отрица-тельной асимметрией в контексте анализа данных для систем ИИ.
20. Как математически связаны дисперсия и стандартное отклонение? Почему в статистическом анализе часто используют обе эти меры, а не только одну?
21. Как по комбинации статистических характеристик (среднее, медиана, асимметрия, эксцесс) определить форму распределения? Приведите примеры интерпретации для трех различных типов распределений.
22. В каких случаях предпочтительнее использовать медиану вместо среднего значения при подготовке данных для обучения моделей искусственного интеллекта? Приведите конкретные примеры задач ИИ, где это критически важно.
23. Как высокий положительный эксцесс влияет на интерпретацию данных и выбор методов анализа в задачах машинного обучения? Какие проблемы могут возникнуть при игнорировании высокого эксцесса?
24. Почему стандартное отклонение измеряется в тех же единицах, что и ис-ходные данные, и как это помогает в анализе данных для систем ИИ? Приведите пример, где использование стандартного отклонения вместо дисперсии упрощает интерпретацию результатов.
25. Как соотношение межквартильного размаха и стандартного отклонения помогает оценить форму распределения? Какие выводы можно сделать, если IQR значительно меньше, чем 1.35s (где s — стандартное отклонение)?
26. Как определить наличие выбросов с использованием комбинации статистических характеристик (а не только визуальных методов)? Приведите алгоритм выявления выбросов на основе числовых характеристик.
27. Какие статистические характеристики наиболее устойчивы к наличию выбросов и почему? Приведите пример задачи ИИ, где использование устойчивых характеристик критически важно для качества модели.
28. Как интерпретировать высокий коэффициент вариации (более 50%) в контексте задач искусственного интеллекта? Какие шаги следует предпринять при обнаружении признака с высоким коэффициентом вариации?
29. Почему важно учитывать асимметрию данных при подготовке к построению моделей машинного обучения? Как асимметрия влияет на работу конкретных алгоритмов (например, линейной регрессии, дерева решений, нейронных сетей)?
30. Как преобразование данных (например, логарифмическое) влияет на статистические характеристики? Приведите пример, когда такое преобразование улучшит работу модели ИИ, и объясните, как изменятся основные статистические характеристики после преобразования.
31. В чем разница между абсолютными и относительными мерами вариации и когда следует использовать каждую из них при анализе данных для систем искусственного интеллекта? Приведите пример, когда использование относительной меры даст более информативный результат, чем абсолютная мера.
32. Как математически определяется оптимальное количество интервалов в гистограмме по правилу Фридмана-Диакониса? Как эта формула учитывает межквартильный размах и размер выборки? Приведите пример расчета для конкретного набора данных.

33. Как вычисляются элементы boxplot и как они связаны с квантилями распределения? Объясните, почему усы boxplot обычно ограничены значениями Q_1-1.5×IQR и Q_3+1.5×IQR, а не всем диапазоном данных.
34. В чем математическое различие между гистограммой и KDE-графиком? Как функция ядра в KDE связана с оценкой плотности распределения? Приведите формулу KDE и объясните, как ширина окна влияет на результат.
35. Как по визуальному представлению определить наличие нескольких мод в распределении? Какие типы графиков наиболее информативны для выявления мультимодальности и почему? Приведите пример данных из области ИИ, где мультимодальность имеет практическое значение.
36. Почему при построении гистограммы важно учитывать ширину интервалов, а не только их количество? Как неправильный выбор ширины интервалов может привести к неверной интерпретации данных в задачах искусственного интеллекта?
37. Как по расположению медианы внутри ящика boxplot определить направление асимметрии распределения? Как соотношение длины усов связано с асимметрией? Приведите пример интерпретации boxplot для данных о времени отклика системы ИИ.
38. Как интерпретировать “усы” в boxplot и что означают точки за пределами усов с точки зрения теории вероятностей? Какие статистические предположения лежат в основе определения выбросов с помощью boxplot? Как эти предположения могут нарушаться в реальных данных?
39. Как по KDE-графику оценить степень асимметрии распределения? Как соотношение позиций моды, медианы и среднего значения на KDE-графике помогает определить тип асимметрии? Приведите пример, когда неправильная интерпретация асимметрии может привести к ошибкам в системе ИИ.
40. Какие визуальные признаки на гистограмме и KDE-графике указывают на наличие выбросов в данных? Как визуальное обнаружение выбросов дополняет численные методы их выявления? Приведите пример задачи ИИ, где игнорирование выбросов может привести к критическим ошибкам.
41. Как по комбинации гистограммы и Q-Q plot определить, соответствует ли распределение нормальному закону? Какие отклонения от нормальности можно выявить с помощью этих графиков и как они влияют на выбор статистических методов в задачах машинного обучения?
42. Как выбрать оптимальное количество интервалов для гистограммы при анализе данных с сильной асимметрией? Какие эмпирические правила следует учитывать и как проверить, что выбранный параметр действительно оптимален? Приведите пример из практики анализа данных в системах ИИ.
43. Какие типы графиков наиболее эффективны для сравнения распределений нескольких переменных в многомерном анализе? В каких случаях предпочтительнее использовать pair plot, а в каких — тепловую карту корреляции? Как визуализировать взаимосвязи между категориальными и числовыми признаками?
44. Как визуально определить, является ли распределение нормальным, и какие графические методы для этого использовать? Как интерпретировать отклонения от нормальности в контексте подготовки данных для нейронных сетей? Приведите пример, когда нормальность распределения критически важна для работы алгоритма ИИ.
45. Почему визуальный анализ необходим даже при наличии числовых характеристик, и как он дополняет статистический анализ? Приведите пример, когда численные характеристики скрывают важные особенности данных, которые можно обнаружить только с помощью визуализации. Как эта особенность влияет на разработку систем искусственного интеллекта?
46. Как оформить графики для презентации результатов анализа перед технической и нетехнической аудиторией? Какие элементы визуализации критически важны для разработ-

чиков моделей ИИ, а какие — для руководства компании? Приведите примеры адаптации одной и той же визуализации для разных аудиторий в контексте проекта ИИ.
47. Как определить, что ширина окна в KDE выбрана неправильно, и какие последствия это может иметь для анализа данных? Как проверить, что обнаруженные моды на KDE-графике не являются артефактами из-за неправильного выбора параметров? Приведите пример из практики, где неправильная интерпретация KDE привела к ошибочным выводам в системе ИИ.
48. Какие основные характеристики определяют нормальное распределение и как они интерпретируются в контексте реальных данных?
49. В чем принципиальная разница между дискретными и непрерывными распределениями? Приведите по два примера задач в системах искусственного интеллекта для каждого типа распределения.
50. Как параметры экспоненциального распределения связаны со средним временем между событиями? Приведите пример применения в системах ИИ, где эта связь важна.
51. Почему нормальное распределение играет особую роль в теории вероятностей и статистике? Как эта роль проявляется в алгоритмах искусственного интеллекта?
52. Как влияет размер выборки на точность визуального представления распределения? Приведите пример, когда маленькая выборка может привести к неверным выводам в задаче ИИ.
53. В чем преимущества ядерной оценки плотности (KDE) по сравнению с гистограммой при визуализации плотности вероятности? В каких случаях ис-пользование KDE может быть нецелесообразным?
54. Как выбрать подходящее количество интервалов для гистограммы? Опишите как минимум два метода и объясните, как они учитывают особенности данных.
55. Как проверить, соответствует ли сгенерированная выборка заявленному распределению? Опишите комбинацию визуальных и статистических методов проверки.
56. Как сгенерировать выборку из нормального распределения с заданными математическим ожиданием μ и дисперсией σ^2? Как эта задача решается для экспоненциального распределения?
57. Как изменить параметры нормального распределения, чтобы увеличить его асимметрию? А для логнормального распределения?
58. Как визуально определить по графику, является ли распределение бимо-дальным? Какие статистические методы можно использовать для подтвержде-ния бимодальности?
59. Какие распределения подходят для моделирования времени до отказа оборудования в системе мониторинга ИИ и почему? Укажите не менее двух распределений и обоснуйте их выбор.
60. В чем принципиальная разница между слабым и сильным законом больших чисел? Объясните, как эта разница проявляется в практических приложениях в системах искусственного интеллекта.
61. Почему закон больших чисел не работает для распределения Коши? Какие свойства распределения Коши нарушают условия применения закона больших чисел, и как это может проявляться в реальных данных ИИ-систем?
62. Как дисперсия распределения влияет на скорость сходимости по закону больших чисел? Приведите математическое обоснование и объясните, почему распределения с высокой дисперсией требуют большего объема данных для достижения той же точности оценки.
63. Почему центральная предельная теорема важна для статистического вы-вода в системах искусственного интеллекта? Опишите, как ЦПТ позволяет ис-пользовать нормальную статистику даже когда исходные данные имеют ненормальное распределение.
64. Как закон больших чисел связан с необходимостью большого объема данных в машинном обучении? Приведите конкретные примеры из практики ИИ, где недостаточный объем данных приводит к проблемам, связанным с нарушением условий ЗБЧ.

65. В каких случаях сходимость по закону больших чисел может быть осо-бенно медленной? Опишите характеристики распределений, для которых требуется значительно больший объем данных для достижения приемлемой точности оценок, и приведите примеры таких распределений в реальных задачах ИИ.
66. Как центральная предельная теорема помогает в построении доверитель-ных интервалов для метрик качества моделей машинного обучения? Опишите шаги построения доверительного интервала с использованием ЦПТ и объясните, почему это важно для сравнения производительности различных моделей.
67. Почему для распределений с тяжёлыми хвостами требуется гораздо больший объем данных для достижения сходимости? Объясните, как тяжелые хвосты влияют на стабильность оценок и приведите примеры задач ИИ, где игнорирование этого факта может привести к серьёзным ошибкам в принятии решений.
68. Как оценить необходимый объем данных для достижения заданной точности оценки среднего в системе A/B-тестирования? Опишите шаги расчёта с учётом предварительной оценки дисперсии и объясните, как проверить адекватность полученной оценки на практике.
69. Как визуально определить по графику, достигнута ли сходимость по закону больших чисел? Опишите характерные признаки на графике зависимости выборочного среднего от объёма выборки, которые указывают на стабилизацию оценки, и объясните, как избежать ложных выводов о сходимости.
70. Как проверить, соответствует ли распределение суммы (или среднего) нормальному распределению в контексте центральной предельной теоремы? Опишите комбинацию визуальных методов и статистических тестов, которые можно использовать для этой проверки, и объясните, как интерпретировать их результаты.
71. Какие статистические тесты и методы можно использовать для проверки сходимости выборочных характеристик к теоретическим значениям? Опишите преимущества и ограничения каждого метода и объясните, в каких ситуациях какой метод предпочтительнее применять при анализе данных в системах искусственного интеллекта.
72. Как формально определяется эмпирическая функция распределения (ECDF) и в чем принципиальное отличие ECDF от теоретической функции распределения? Объясните, как теорема Гливенко-Кантелли связывает эти два понятия и какое практическое значение имеет эта связь в системах искусственного интеллекта.

4.2 Типовые вопросы для самостоятельной работы

1. Что показывает характер и направление отклонения от прямой линии на QQ-plot? Опишите, как различные типы отклонений (S-образная кривая, выпуклая/вогнутая форма, локальные отклонения) отражают конкретные свойства распределения и как это знание может быть использовано при анализе данных в ИИ.
2. В чем заключаются основные преимущества QQ-plot по сравнению с ги-стограммой при сравнении распределений? Объясните, почему QQ-plot более информативен для выявления различий в “хвостах” распределения и как это критично важно для задач, связанных с анализом редких событий в системах искусственного интеллекта.
3. Как математически связаны критерий Колмогорова-Смирнова и эмпири-ческая функция распределения? Опишите, как статистика К-С измеряет рассто-яние между распределениями и почему это расстояние выражается именно че-рез ECDF, а не через плотность распределения.
4. Как интерпретировать S-образную кривую на QQ-plot в контексте реаль-ных данных? Опишите, какие свойства распределения вызывают такую форму отклонения и приведите пример из практики ИИ, где понимание этой интерпретации помогло бы улучшить качество модели (например, в системе обнаружения мошенничества или прогнозирования спроса).

5. В каких практических ситуациях использование QQ-plot предпочтитель-нее формальных статистических тестов для сравнения распределений? Объяс-ните, почему при больших объемах данных статистические тесты могут пока-зывать статистически значимые, но практически незначимые различия, и как визуальный анализ с помощью QQ-plot помогает избежать этой проблемы.
6. Как комплексно проверить, соответствует ли распределение остатков ре-грессионной модели нормальному закону? Опишите последовательность шагов, включающую как визуальные методы (QQ-plot, гистограмма), так и статистические тесты, и объясните, как интерпретировать несоответствия в разных частях распределения остатков.
7. Почему важно проверять распределение признаков перед применением методов машинного обучения? Приведите конкретные примеры алгоритмов, производительность которых сильно зависит от формы распределения призна-ков, и объясните, как неправильное распределение может привести к снижению качества модели и ошибочным выводам.
8. Как определить, является ли отклонение на QQ-plot статистически значимым, а не просто результатом случайных колебаний? Опишите, как можно использовать бутстрэп-методы для построения доверительных интервалов на QQ-plot и как интерпретировать эти интервалы для принятия решения о соответствии распределения.
9. Какие методы преобразования данных можно использовать для приведе-ния распределения к нормальному виду, и как выбрать наиболее подходящее преобразование для конкретных данных? Опишите преимущества и ограничения логарифмического преобразования, преобразования Бокса-Кокса и других методов, и объясните, как проверить эффективность преобразования.
10. Как визуально и количественно определить наличие тяжёлых хвостов в распределении? Опишите, какие графические методы (QQ-plot, логарифмический масштаб) и численные характеристики (коэффициент эксцесса, отношение 99-го процентиля к стандартному отклонению) можно использовать для диагностики тяжёлых хвостов, и почему это важно в задачах ИИ.
11. Как проверить соответствие распределения экспоненциальному закону в контексте реальных данных? Опишите комбинацию визуальных методов (QQ-plot против экспоненциального распределения) и статистических тестов, которые следует использовать, и объясните, как интерпретировать результаты, учитывая возможные отклонения в “хвостах” распределения.
12. Что такое нулевая гипотеза и как она формулируется в различных задачах? Объясните, как формулируется нулевая гипотеза при проверке нормальности распределения, сравнении двух выборок и анализе зависимости между переменными. Приведите примеры из области ИИ, например, при оценке качества новой версии рекомендательной системы.
13. Чем отличается p-value от уровня значимости и как их соотносить при принятии решения? Опишите, почему p-value не является вероятностью того, что нулевая гипотеза верна. Объясните, как интерпретировать ситуацию, когда p-value = 0.06 при уровне значимости $\alpha = 0.05$, особенно в контексте принятия решений в критически важных системах ИИ.
14. Как интерпретировать ситуацию, когда разные критерии согласия дают противоречивые результаты? Приведите пример, когда тест Шапиро-Уилка отвергает нормальность, а критерий Колмогорова-Смирнова не отвергает её. Объясните, какие фак-торы могут влиять на такое расхождение и как принимать решение в та-ких случаях при анализе данных в системах искусственного интеллекта.
15. Почему критерий хи-квадрат нельзя применять напрямую к непрерывным данным? Объясните математические основы этого ограничения и опишите, как правильно подготовить непрерывные данные для применения критерия хи-квадрат. Приведите пример задачи в ИИ, где это знание может быть критически важным.
16. Каковы преимущества и недостатки критерия Шапиро-Уилка по сравнению с критерием Колмогорова-Смирнова? Сравните эти критерии по мощности, чувствительности к

различным типам отклонений от нормальности, зависимости от объёма выборки. Объясните, в каких сценариях разработки систем ИИ предпочтительнее использовать каждый из этих критериев.

17. Как определить, является ли отклонение от нормальности критическим для применения параметрических методов? Опишите практический подход, который учитывает не только статистическую значимость отклонения, но и его величину. Приведите пример из машинного обучения, где небольшое отклонение от нормальности не критично благодаря центральной предельной теореме.

18. Какие факторы влияют на мощность критериев согласия? Объясните, как объем выборки, величина отклонения от предполагаемого распределения и тип критерия влияют на вероятность обнаружения несоответствия. Приведите пример, как низкая мощность критерия может привести к ошибочному применению параметрических методов в системе ИИ.

19. Как интерпретировать очень маленькое p-value при большом объёме выборки? Объясните, почему при больших объёмах данных (типичных для систем ИИ) даже незначительные отклонения могут давать p-value близкие к нулю. Как в таких случаях определить, является ли отклонение практически значимым? Приведите пример из анализа пользовательских данных.

20. Почему при проверке нормальности важно учитывать не только p-value, но и визуальные методы? Опишите, какие типы отклонений от нормальности могут быть упущены при анализе только p-value. Приведите пример, когда визуальный анализ (Q-Q plot) выявляет проблему, которую формальный тест не обнаруживает, и объясните, как это может повлиять на выбор алгоритма машинного обучения.

21. Как проверить гипотезу о принадлежности выборки другому типу распределения (не нормальному)? Опишите пошаговый метод проверки гипотезы о том, что данные следуют, например, экспоненциальному или логнормальному распределению. Приведите пример из практики ИИ, где знание истинного распределения критически важно для построения адекватной модели (например, время отклика системы, распределение ошибок модели).

22. В каких случаях предпочтителен t-критерий, а в каких — критерий Манна-Уитни? Объясните, как выбор критерия зависит от объёма выборки, формы распределения данных и наличия выбросов. Приведите пример из практики ИИ, когда использование неправильного критерия может привести к ошибочным выводам при сравнении моделей.

23. Как проверить равенство дисперсий перед применением двухвыборочного t-теста? Опишите критерии Левене и Бартлетта, их преимущества и недостатки. Объясните, как интерпретировать результаты этих тестов и какое решение принимать в случае их противоречивых результатов. Приведите пример, когда неравенство дисперсий критично для принятия решения в системе ИИ.

24. Что означает “практическая значимость” по сравнению со “статистической значимостью”? Приведите пример из разработки систем ИИ, где различие статистически значимо, но не имеет практической ценности. Объясните, как оценить практическую значимость в контексте бизнес-метрик и пользовательского опыта.

25. Как интерпретировать результат, когда p-value близок к порогу значимости (например, 0.049)? Объясните, почему p-value = 0.049 не означает, что результат “почти значимый”, а p-value = 0.051 — “почти незначимый”. Опишите, как следует принимать решения в таких пограничных случаях при разработке критически важных систем ИИ.

26. Почему при множественных сравнениях необходимо корректировать уровень значимости? Объясните математические основы проблемы множественных сравнений и приведите пример из практики ИИ, где игнорирование этой проблемы может привести к катастрофическим последствиям. Сравните методы коррекции (Бонферрони, Холм, Бенджамини-Хохберг) и объясните, в ка-ких сценариях каждый из них предпочтителен.

27. Как определить, достаточно ли объем выборки для надежного применения статистических критериев? Опишите метод power analysis и приведите пример расчета необходи-

мого объема выборки для обнаружения различия определенной величины. Объясните, как эта информация может быть использована при планировании A/B тестов в системах ИИ.
28. Какие визуальные методы можно использовать для предварительной оценки различий между выборками? Перечислите и опишите графические методы (boxplot, KDE, Q-Q plot и др.) и объясните, какие аспекты различий они помогают выявить. Приве-дите пример, как визуальный анализ может предотвратить применение неподходящего статистического критерия.
29. Как интерпретировать ситуацию, когда параметрический и непара-метрический критерии дают противоположные результаты? Опишите пошаговый подход к анализу такой ситуации, включая проверку условий применимости критериев и оценку влияния выбросов. Приведите пример из практики ИИ, когда такое расхождение может возникнуть и как его разрешить.
30. Как оценить величину эффекта при сравнении выборок, кроме статистической значимости? Объясните концепцию размера эффекта и опишите меры (коэффициент Кобба, U-статистика, коэффициент фи и др.). Приведите пример из разработки систем ИИ, как интерпретировать величину эффекта в контексте бизнес-метрик и пользовательского опыта.
31. Как проверить гипотезу о различии долей для категориальных данных? Опишите методы проверки различия долей (z-тест для пропорций, точный тест Фишера, критерий хи-квадрат) и условия их применения. Приведите пример из A/B тестирования систем ИИ, как правильно проверить, что конверсия в новой версии интерфейса действительно выше.
32. В чем разница между корреляцией и причинно-следственной связью? Объясните, почему высокая корреляция между количеством взаимодействий пользователя с приложением и его удовлетворённостью не означает, что увеличение взаимодействий автоматически повысит удовлетворённость. Приведите пример из практики ИИ, когда корреляция была ошибочно интерпретирована как причинно-следственная связь.
33. Почему высокая корреляция не гарантирует хорошего качества регрессионной модели? Опишите ситуации, когда высокая корреляция сопровождается плохим качеством регрессионной модели. Приведите пример, как нелинейная зависимость может иметь высокую корреляцию Пирсона, но плохо аппроксимироваться линейной моделью.
34. Как интерпретировать отрицательный коэффициент детерминации R^2? Объясните математические и практические причины появления отрицательного R^2. Приведите пример из разработки систем ИИ, когда использование неподходящей модели привело к отрицательному R^2 и как это повлияло на принятие решений.
35. Что такое мультиколлинеарность и как она влияет на интерпретацию регрессионных коэффициентов? Опишите, как мультиколлинеарность возникает в данных ИИ и какие проблемы она создаёт при интерпретации модели. Приведите пример из рекомендательных систем, где мультиколлинеарность затрудняет определение вклада отдельных признаков.
36. Каковы преимущества полиномиальной регрессии перед другими нелинейными моделями? Сравните полиномиальную регрессию с другими методами моделирования нелинейных зависимостей (деревья решений, нейронные сети). Объясните, в каких сценариях разработки систем ИИ предпочтительнее использовать полиномиальную регрессию.
37. Как определить, является ли зависимость между переменными линейной? Опишите пошаговый подход к проверке линейности зависимости, включая визуальные методы и статистические тесты. Приведите пример из анализа пользовательских данных, как вы определили, что зависимость между переменными нелинейна.
38. Какие методы можно использовать для борьбы с переобучением в регрессионных моделях? Перечислите и опишите методы борьбы с переобучением, их преимущества и недостатки. Объясните, как выбор метода зависит от объёма данных и сложности задачи в контексте систем ИИ.
39. Как интерпретировать регрессионные коэффициенты в контексте предметной области? Приведите пример интерпретации коэффициентов регрессионной модели для прогно-

зирования цен на недвижимость. Объясните, как эти интерпретации могут быть использованы при принятии бизнес-решений в системе ИИ для риэлтерских агентств.
40. Почему при использовании полиномиальных признаков важно масштабирование? Объясните математические основы необходимости масштабирования при использовании полиномиальных признаков. Приведите пример, как отсутствие масштабирования влияет на обучение модели с регуляризацией в задаче прогнозирования временных рядов.
41. Как оценить статистическую значимость регрессионных коэффициентов? Опишите методы проверки значимости коэффициентов регрессии и их интерпретацию. Приведите пример из A/B тестирования систем ИИ, как проверка значимости коэффициентов помогла определить эффективность новых функций.
42. В чем принципиальная разница между precision и recall, и в каких задачах каждая из этих метрик более важна? Приведите по два примера задач, где критично важно оптимизировать каждую из этих метрик.
43. Почему accuracy может быть ненадёжной метрикой для несбалансированных данных? Приведите математический пример, когда accuracy высокая, но модель фактически бесполезна из-за дисбаланса классов.
44. Как интерпретировать площадь под ROC-кривой (AUC)? Что означают значения AUC, равные 0.5, 0.7, 0.9 и 1.0 с точки зрения способности модели различать классы?
45. В чем принципиальная разница между ROC-кривой и PR-кривой (Precision-Recall), и когда предпочтительнее использовать каждую из них? Объясните, почему PR-кривая более информативна для сильно несбалансированных данных.
46. Что такое матрица ошибок и как её элементы (TP, FP, TN, FN) связаны с основными метриками качества классификации? Выведите формулы для precision, recall и F1-score через элементы матрицы ошибок.
47. Как математически связаны между собой precision, recall и F1-score? Почему для F1-score используется гармоническое среднее, а не арифметическое? Приведите пример, когда использование арифметического среднего было бы некорректным.
48. Как определить, достаточно ли большой объём данных для надёжной оценки метрик? Предложите метод оценки, основанный на анализе зависимости ширины доверительного интервала от размера выборки.
49. Как интерпретировать ситуацию, когда AUC близок к 1, но precision низкий? В каких сценариях это может происходить и как это влияет на выбор модели для реальной задачи?
50. Почему при сравнении моделей важно учитывать не только средние значения метрик, но и их разброс (стандартное отклонение)? Приведите пример, когда модель с более низким средним значением метрики может быть предпочтительнее из-за меньшей вариабельности.
51. Как влияет несбалансированность классов на различные метрики качества? Количественно оцените, как изменятся accuracy, precision, recall и F1-score при увеличении дисбаланса с 50:50 до 95:5.
52. Как определить оптимальный порог классификации для конкретной задачи, если известны различные стоимости ошибок (стоимость FN в k раз больше стоимости FP)? Предложите формулу для расчёта оптимального порога.
53. Как проверить статистическую значимость улучшения метрики после изменения модели? Опишите пошагово, как провести бутстрэп-анализ для проверки гипотезы о том, что улучшение метрики не является случайным.
54. В чем принципиальная разница между статистической и практической значимостью различий моделей? Приведите пример, когда различие статистически значимо, но не имеет практической ценности, и наоборот.
55. Почему при сравнении более чем двух моделей необходимо корректировать уровень значимости? Математически обоснуйте, как растёт вероятность ошибки первого рода при увеличении числа попарных сравнений.

56. Каковы условия применимости теста Макнемара? В чем его ограничения по сравнению с другими тестами для сравнения моделей? Приведите пример задачи, где тест Макнемара будет предпочтительнее парного t-критерия.
57. В чем преимущества пермутационного теста по сравнению с параметрическими тестами? Приведите пример ситуации, когда пермутационный тест даст более точные результаты, чем парный t-критерий.
58. Как интерпретировать ситуацию, когда доверительные интервалы для метрик двух моделей перекрываются, но статистический тест показывает статистическую значимость различий? Объясните, почему это возможно с точки зрения статистики.
59. Почему при сравнении моделей важно учитывать не только метрики, но и статистическую значимость различий? Приведите пример, когда игнорирование статистической значимости может привести к выбору неоптимальной модели.
60. Как определить, достаточно ли фолдов в кросс-валидации для надёжного сравнения моделей? Предложите метод оценки, основанный на анализе стабильности p-value при увеличении числа фолдов.
61. Какие визуальные методы можно использовать для предварительной оценки различий между моделями перед применением формальных статистических тестов? Опишите, как по визуализации можно предварительно оценить, стоит ли проводить статистическое сравнение.
62. Как интерпретировать ситуацию, когда разные статистические тесты (например, парный t-критерий и тест Уилкоксона) дают противоречивые результаты? Предложите алгоритм действий в такой ситуации.
63. Как оценить величину эффекта при сравнении моделей, кроме статистической значимости? Предложите количественный метод оценки величины эффекта и объясните, как его интерпретировать в контексте выбора модели.
64. Как провести сравнение моделей при наличии несбалансированных данных? Опишите, какие метрики и статистические тесты следует использовать, и как интерпретировать результаты в этом случае.
65. Как учесть вычислительную сложность моделей при их статистическом сравнении? Предложите метод объединения метрики качества и вычислительной сложности в единую оценку для принятия решения о выборе модели.
66. Опишите пошагово, как определить необходимый размер выборки для A/B тестирования. Включите в описание все необходимые параметры, формулы для их расчёта и методы определения минимально обнаруживаемого эффекта (MDE) в зависимости от бизнес-контекста.
67. В чем принципиальная разница между доверительным интервалом и предсказательным интервалом? Приведите математические определения обоих интервалов и объясните, в каких сценариях следует использовать каждый из них при работе с моделями машинного обучения.
68. Почему важно учитывать неопределённость предсказаний в критически важных системах? Приведите три конкретных примера из разных областей (медицина, транспорт, финансы), где игнорирование неопределённости может привести к серьёзным последствиям, и объясните, как учёт неопределённости помогает минимизировать риски.
69. Какие методы оценки важности признаков наиболее устойчивы к шуму в данных? Сравните permutation importance, SHAP и встроенную важность по критериям устойчивости к шуму, наличию коррелирующих признаков и вычислительной сложности. Обоснуйте ваш выбор с теоретической точки зрения.
70. Как математически обнаружить и учесть дрейф данных в работающей ИИ-системе? Опишите как минимум два статистических метода обнаружения дрейфа, их математические основы, преимущества и ограничения. Объясните, как можно количественно оценить влияние дрейфа на качество модели.

71. Почему интерпретируемость модели важна в контексте статистического анализа? Объясните, как интерпретируемость помогает в проверке статистических гипотез, выявлении ошибок в данных и повышении доверия к результатам статистического анализа. Приведите пример, когда отсутствие интерпретируемости привело к ложным выводам.
72. Как адаптировать методы статистического анализа для онлайн-обучаемых моделей, где данные поступают потоком? Предложите модифицированный подход к расчёту доверительных интервалов и статистических тестов, учитывающий ограниченный размер окна данных и необходимость быстрого принятия решений.
73. Какие метрики следует использовать при сравнении моделей в условиях дрейфа данных? Предложите составную метрику, которая учитывает как точность модели, так и её стабильность при изменении данных. Обоснуйте выбор компонентов метрики и их веса.

4.3 Типовые вопросы к экзамену

1. Как оценить влияние изменения данных на статистическую значимость различий между моделями? Предложите методику, которая позволяет определить, является ли наблюдаемое ухудшение качества модели результатом дрейфа данных или случайным колебанием. Включите в методику расчёт мощности теста и анализ чувствительности к параметрам дрейфа.
2. Как учесть вычислительную стоимость при планировании A/B тестирования в условиях ограниченных ресурсов? Предложите оптимизационную модель, которая максимизирует ожидаемую прибыль от теста, учитывая затраты на обработку данных, время теста и ожидаемый эффект от внедрения лучшей модели.
3. Какие методы можно использовать для визуализации неопределённости предсказаний в интерфейсе для конечных пользователей? Предложите два подхода к визуализации неопределённости для разных типов пользователей (технические специалисты и конечные пользователи) и объясните, как эти подходы помогают в принятии решений.
4. Как интегрировать статистический анализ в CI/CD пайплайн для моделей машинного обучения? Опишите пошагово, какие статистические проверки должны выполняться на каждом этапе пайплайна (валидация данных, обучение модели, оценка качества, развёртывание), какие пороговые значения следует использовать для блокировки процесса и как обрабатывать ложные срабатывания проверок.
5. Какова математическая интерпретация “ответственности” в EM-алгоритме и как она связана с жёсткой кластеризацией?
6. Почему EM-алгоритм гарантирует монотонное увеличение правдоподобия на каждой итерации?
7. Какие проблемы могут возникнуть при использовании полных ковариационных матриц в многомерных данных?
8. В чем состоит компромисс между сложностью модели и качеством кластеризации в контексте смеси гауссиан?
9. Почему BIC обычно выбирает меньше кластеров, чем AIC, и как это связано с их математической формулой?
10. Как определить, что EM-алгоритм сошёлся к локальному оптимуму, а не к глобальному?
11. Какие методы можно использовать для инициализации параметров EM-алгоритма, чтобы избежать плохих локальных решений?
12. Как интерпретировать отрицательные значения индекса силуэта в контексте кластеризации?
13. Как оценить, что число выбранных кластеров слишком велико или слишком мало для конкретного набора данных?
14. Как модифицировать EM-алгоритм для работы с данными, содержащими выбросы?
15. В каких случаях GMM даёт существенное преимущество по сравнению с k-средними?

16. Почему инициализация через k-средние часто приводит к лучшим результатам в GMM?
17. Как влияет размерность данных на выбор между GMM и k-средними?
18. Почему в высокоразмерных пространствах часто используют диагональные ковариационные матрицы?
19. Какие ограничения имеет EM-алгоритм при работе с негауссовыми распределениями?
20. Как определить, что полученные кластеры имеют практическую значимость в предметной области?
21. Какие визуальные методы можно использовать для оценки качества кластеризации в многомерных данных?
22. Как интерпретировать ситуацию, когда метрики качества противоречат визуальной оценке кластеров?
23. Как адаптировать GMM для работы с категориальными данными?
24. Как оценить стабильность кластеров при небольших изменениях входных данных?
25. В чем заключается основная идея байесовского подхода к статистическому выводу?
26. Как формула Байеса интерпретируется в контексте обновления убеждений?
27. Что такое сопряжённое априорное распределение и какие преимущества оно даёт?
28. Чем MAP-оценка отличается от среднего апостериорного распределения?
29. Как интерпретировать байесовский доверительный интервал (Credible Interval)?
30. Почему апостериорное распределение становится уже при накоплении данных?
31. Какова логическая цепочка принятия решений в оптимальном Байесовском классификаторе?
32. Как влияет изменение априорных вероятностей на разделяющую поверхность?
33. В чем заключается принцип минимального риска в оптимальном Байесовском классификаторе?
34. Почему оптимальный Байесовский классификатор считается теоретически оптимальным?
35. Как интерпретировать апостериорные вероятности в контексте принятия решений?
36. Какие ограничения имеет оптимальный Байесовский классификатор в реальных задачах?
37. В чем заключается основное различие между параметрическими и непараметрическими методами оценки плотности?
38. Как выбор ширины окна влияет на оценку плотности в методе Парзена?
39. Почему метод k-ближайших соседей может быть предпочтительнее метода Парзена в некоторых случаях?
40. Как оценка плотности может быть использована для обнаружения аномалий в данных?
41. В чем заключается проблема выбора оптимальных параметров в непараметрических методах?
42. Какие преимущества имеют непараметрические методы оценки плотности в задачах ИИ?
43. В чем принципиальное отличие интерпретации вероятности в частотном и байесовском подходах?
44. Как математически формализуется метод максимального правдоподобия для нормального распределения?
45. Что такое сопряжённое априорное распределение и почему оно важно для байесовского вывода?
46. Как априорное распределение влияет на байесовскую оценку при малых объёмах данных?
47. Почему байесовский подход менее склонен к переобучению на малых выборках?
48. В чем разница между доверительным интервалом и апостериорным распределением?

49. Как регуляризация в частотном подходе связана с априорным распределением в байесовском подходе?
50. Можете ли привести пример задачи, где байесовский подход имеет явное преимущество перед частотным подходом?
51. Какие типичные ошибки совершаются при интерпретации байесовских результатов?
52. Как выбор априорного распределения может повлиять на конечный результат модели обучения?
53. Каково математическое описание апостериорного распределения весов в байесовской линейной регрессии?
54. Как априорное распределение влияет на прогноз временного ряда?
55. Как визуализировать апостериорное распределение в задаче регрессии?
56. В чем разница между наивным Байесом и оптимальным байесовским классификатором?
57. Почему мультиномиальный наивный Байес часто работает лучше логистической регрессии на текстовых данных?
58. Почему байесовские методы устойчивы к шуму в данных?
59. Как байесовский подход обрабатывает пропущенные данные?
60. Какие преимущества байесовских методов наиболее важны для задач искусственного интеллекта?
61. Как оценить качество байесовской модели на тестовых данных?
62. В чем заключается компромисс между точностью и интерпретируемостью байесовских моделей?
63. Как математически формализуется компромисс смещения и дисперсии?
64. Что такое VC-размерность и как она связана с обобщающей способностью модели?
65. Как объем данных влияет на выбор метода выбора модели?
66. В чем разница между AIC и BIC, и когда какой критерий предпочтительнее использовать?
67. Как принцип MDL связан с байесовским подходом к выбору модели?
68. Почему AIC/BIC могут давать разные результаты при выборе оптимальной модели?
69. Как кросс-валидация помогает избежать переобучения при выборе модели?
70. Как регуляризация влияет на компромисс смещения и дисперсии?
71. Как теория Вапника-Червоненкиса объясняет необходимость регуляризации?
72. Какие методы выбора модели наиболее подходят для задач с малым объёмом данных?

4.4 Типовые задачи для практических занятий

Комплексная обработка данных

Задание: Выполните комплексную обработку данных, используя набор данных о чаевых из библиотеки seaborn.

Исходные данные:

Встроенная таблица tips из библиотеки seaborn, со-держащая информацию о счетах и чаевых в ресторане.

Требования к выполнению:

1. Загрузите набор данных tips из библиотеки seaborn с помощью команды sns.load_dataset('tips').
2. Проведите первичный анализ структуры данных:
   - o Определите размерность таблицы (количество строк и столбцов)
   - o Выведите первые 5 строк таблицы для ознакомления
   - o Проверьте типы данных для каждого столбца
   - o Определите, какие признаки являются числовыми, а какие катего-риальными
3. Обнаружьте и обработайте пропущенные значения:
   - o Проверьте наличие пропущенных значений во всех столбцах

o Если пропуски обнаружены, определите процент пропущенных значений для каждого признака

o Обработайте пропущенные значения, обосновав выбор стратегии (удаление или заполнение)

o Для числовых признаков обоснуйте выбор среднего, медианы или другого метода заполнения

4. Преобразуйте типы данных при необходимости:

o Проверьте, корректно ли определены типы данных для каждого признака

o Преобразуйте типы данных там, где это необходимо (например, преобразуйте категориальные признаки в тип category)

o Обоснуйте каждое преобразование с точки зрения последующего анализа

5. Создайте 2-3 новых информативных признака:

o Рассчитайте процент чаевых от общей суммы счета

o Создайте категориальный признак на основе размера группы (например, “маленькая”, “средняя”, “большая” компания)

o Придумайте и реализуйте еще один новый признак, который может быть полезен для анализа

o Обоснуйте выбор каждого нового признака и его потенциальную ценность для анализа данных

6. Сохраните результаты обработки и задокументируйте этапы:

o Сохраните обработанный DataFrame в файл формата CSV с именем processed_tips.csv

o Создайте текстовый файл processing_report.txt, содержащий:

 Краткое описание каждого этапа обработки

 Обоснование принятых решений

 Статистику по обработанным данным (количество строк до и после обработки, количество созданных признаков)

 Рекомендации по использованию обработанных данных в за-дачах искусственного интеллекта

Критерии оценки:

- Корректность выполнения всех этапов обработки данных
- Обоснованность принятых решений на каждом этапе
- Качество созданных новых признаков и их интерпретируемость
- Полнота документирования процесса обработки
- Соответствие сохраненных результатов требованиям

Анализ подмножеств данных

Задание: Проведите детальный анализ подмножеств данных о чаевых, выделив различные сегменты клиентов и проанализировав их поведение.

Исходные данные: Обработанный набор данных tips (который вы полу-чили в задании 1.3.1).

Требования к выполнению:

1. Выполните фильтрацию данных по условиям:

o Выделите подмножество данных, где процент чаевых превышает 20%

o Отфильтруйте данные для посещений в выходные дни (суббота и воскресенье)

o Сформируйте выборку для крупных компаний (размер группы 4 и более человек)

o Объедините условия и выделите подмножество: “крупные компании в выходные дни с высокими чаевыми (более 20%)”

2. Разделите данные на подгруппы с использованием groupby():

o Сгруппируйте данные по дням недели и времени суток

o Для каждой группы рассчитайте основные статистические характе-ристики: среднее, медиану, стандартное отклонение для суммы сче-та и процента чаевых

o Добавьте в анализ группировку по полу официанта и куряще-му/некурящему статусу клиента

o Определите, в какие дни и время суток наблюдается наибольшая вариация в размере чаевых

3. Создайте сводную таблицу с использованием метода pivot_table():

o Постройте таблицу, где строки — дни недели, столбцы — время суток, значения — средний процент чаевых

o Добавьте в сводную таблицу информацию о количестве наблюде-ний в каждой ячейке

o Расширьте таблицу, добавив в качестве третьего измерения пол официанта

o Визуализируйте сводную таблицу с помощью heatmap, выделив цветом наиболее выгодные комбинации

4. Интерпретируйте полученные результаты в контексте предметной обла-сти:

o Определите, в какие дни и время суток клиенты оставляют наибольшие чаевые

o Выявите зависимости между размером компании и процентом чае-вых

o Проанализируйте влияние пола официанта на размер чаевых

o Определите, есть ли статистически значимые различия в поведении курящих и некурящих клиентов

o Сформулируйте 3-5 практических рекомендаций для ресторана на основе вашего анализа

5. Подготовьте отчет по анализу:

o Создайте PDF-отчет, содержащий ключевые графики и таблицы

o В отчете должны быть представлены: сводная таблица, график рас-пределения чаевых по дням, boxplot для сравнения разных групп

o Добавьте интерпретацию каждого графика и таблицы

o Сформулируйте выводы о поведении клиентов и их предпочтениях

o Укажите, как эти выводы могут быть использованы при разработке системы рекомендаций для ресторана

Критерии оценки:

- Корректность фильтрации данных и создания подмножеств
- Полнота и разнообразие созданных группировок
- Качество построенной сводной таблицы и ее интерпретация
- Глубина анализа и обоснованность выводов
- Профессиональное оформление отчёта с визуализацией результатов

4.5 Типовые задачи для самостоятельной работы

Проведите экспериментальную проверку законов больших чисел и центральной предельной теоремы, следуя инструкции:

1. Выберите три различных распределения, включая одно с тяжёлыми хвостами:
   - Нормальное распределение с параметрами: $\mu = 12$, $\sigma = 4$
   - Экспоненциальное распределение с параметром: $\lambda = 0.3$
   - Логнормальное распределение (с тяжелыми хвостами) с параметра-ми: $\mu = 1.5$, $\sigma = 0.8$
2. Для каждого распределения выполните следующие шаги:
   - Сгенерируйте 50 выборок для каждого объема: 10, 50, 100, 500, 1000, 5000, 10000
   - Для каждой выборки рассчитайте выборочное среднее и выбороч-ную дисперсию
   - Рассчитайте относительную ошибку для среднего и дисперсии по сравнению с теоретическими значениями
3. Постройте графики сходимости:
   - График зависимости средней относительной ошибки выборочного среднего от объема выборки (в логарифмическом масштабе)
   - График зависимости средней относительной ошибки выборочной дисперсии от объема выборки (в логарифмическом масштабе)
   - Для каждого объема выборки постройте boxplot распределения выборочных средних
4. Проверьте выполнение центральной предельной теоремы:
   - Для каждого распределения и объемов выборки 5, 10, 30, 100 по-стройте гистограмму распределения выборочных средних
   - Наложите теоретическую нормальную плотность на эти гистограм-мы
   - Постройте QQ-plot для сравнения распределения выборочных средних с нормальным распределением
   - Для каждого случая примените тест Шапиро-Уилка для проверки нормальности распределения выборочных средних
5. Проведите количественный анализ скорости сходимости:
   - Оцените показатель степени в зависимости ошибки от объема вы-борки (должен быть близок к -0.5 для распределений с конечной дисперсией)
   - Определите объем выборки, при котором относительная ошибка среднего становится меньше 5% и 2%
   - Сравните полученные значения с теоретическими оценками
6. Подготовьте отчет, включающий:
   - Все построенные графики с подробными подписями и интерпрета-цией
   - Таблицы с рассчитанными показателями сходимости для каждого распределения
   - Сравнение скорости сходимости для разных распределений
   - Анализ того, как свойства распределения (асимметрия, тяжелые хвосты) влияют на скорость сходимости
   - Выводы о минимально необходимом объеме данных для надежной оценки параметров в зависимости от типа распределения
   - Рекомендации по применению полученных результатов в реальных задачах ИИ, например:
     - Как определить достаточный объем данных для A/B-тестирования в системе рекомендаций
     - Как оценить надежность метрик качества модели при ограни-ченном объеме тестовых данных
     - Как учитывать свойства распределения данных при проекти-ровании системы мониторинга

7. Дополнительное задание (по желанию):

o Смоделируйте реальный сценарий в системе ИИ, где критически важно учитывать скорость сходимости (например, анализ редких событий в системе обнаружения мошенничества)

o Обоснуйте выбор распределения для вашего сценария

o Покажите, как знание о скорости сходимости помогает в проекти-ровании системы и интерпретации результатов

4.6 Типовые задачи к экзамену

Базовое задание

В этом задании вы реализуете оптимальный Байесовский классификатор на синтетических данных, чтобы глубже понять его работу и оценить влияние различных факторов на качество классификации.

Задание:

1. Сгенерируйте синтетические данные для двух классов, где каждый класс следует двумерному нормальному распределению:

o Класс 0: среднее [2.0, 2.0], ковариационная матрица [[1.0, 0.5], [0.5, 1.0]]

o Класс 1: среднее [5.0, 5.0], ковариационная матрица [[1.0, -0.5], [-0.5, 1.0]]

o Сгенерируйте 100 образцов для каждого класса

2. Реализуйте оптимальный Байесовский классификатор:

o Оцените параметры распределений для каждого класса по обучаю-щей выборке

o Реализуйте функцию для вычисления апостериорных вероятностей p(t|x)

o Определите разделяющую поверхность как точки, где p(t=0|x) = p(t=1|x)

3. Визуализируйте:

o Синтетические данные с разметкой классов

o Апостериорные вероятности p(t=0|x) и p(t=1|x) в виде цветовых карт

o Разделяющую поверхность

o Доверительные интервалы для апостериорных вероятностей (например, зоны с p(t=1|x) > 0.9)

4. Постройте матрицу ошибок и вычислите метрики качества:

o Точность (Accuracy)

o Точность (Precision) и полноту (Recall) для каждого класса

o AUC-ROC

5. Проанализируйте влияние объема данных на качество классификации:

o Повторите эксперимент с разным объемом обучающих данных (20, 50, 100, 200 образцов на класс)

o Постройте график зависимости точности от объема данных

o Определите, при каком объеме данных ошибка перестает значи-тельно уменьшаться

Требования к выполнению:

• Код должен быть структурирован и содержать комментарии

• Все графики должны иметь подписи осей, заголовки и легенду

• Должен быть выполнен анализ влияния объема данных на качество клас-сификации

• Отчет должен содержать интерпретацию полученных результатов в кон-тексте теоретических ожиданий

Дополнительные рекомендации:

• При вычислении апостериорных вероятностей не забудьте нормировать результаты, чтобы их сумма равнялась 1

• Для визуализации разделяющей поверхности используйте методы кон-турного построения

• При анализе влияния объема данных усредните результаты по нескольким запускам для уменьшения случайной вариации

Продвинутое задание

В этом задании вы расширите анализ, применив оптимальный Байесов-ский классификатор к многомерным данным и исследовав его поведение в сложных сценариях.

Задание:

1. Реализуйте оптимальный Байесовский классификатор для многомерных данных (5-10 признаков):
   - o Сгенерируйте синтетические данные с заданными средними и кова-риационными матрицами
   - o Реализуйте оценку параметров и вычисление апостериорных веро-ятностей в многомерном пространстве
   - o Создайте функцию для автоматической оценки качества классифи-кации
2. Примените методы понижения размерности:
   - o Реализуйте PCA для проецирования данных в двумерное пространство
   - o Визуализируйте данные и разделяющую поверхность в этом под-пространстве
   - o Сравните качество классификации в полноразмерном пространстве и в пространстве пониженной размерности
3. Проведите анализ влияния коррелированных признаков:
   - o Добавьте в данные несколько сильно коррелированных признаков
   - o Проанализируйте, как это влияет на качество классификации
   - o Исследуйте, можно ли улучшить результаты путем отбора призна-ков
4. Исследуйте устойчивость к шуму:
   - o Добавьте в данные гауссовский шум с разной дисперсией
   - o Проанализируйте, как шум влияет на апостериорные вероятности и качество классификации
   - o Определите, при каком уровне шума классификатор перестает да-вать удовлетворительные результаты
5. Сравните с наивным Байесовским классификатором:
   - o Реализуйте наивный Байесовский классификатор (предполагающий независимость признаков)
   - o Проведите сравнительный анализ по различным метрикам качества
   - o Сформулируйте рекомендации по выбору между оптимальным и наивным Байесовским классификатором в зависимости от характе-ристик данных

Требования к выполнению:

- Реализуйте модульную структуру кода, позволяющую легко менять параметры экспериментов
- Создайте интерактивные визуализации (например, с использованием matplotlib.widgets или plotly), позволяющие исследовать влияние различных факторов
- Проведите количественный анализ устойчивости классификатора к шуму и коррелированным признакам
- В отчете обоснуйте, в каких сценариях оптимальный Байесовский клас-сификатор имеет значительное преимущество перед наивным вариантом

Дополнительные рекомендации:

- При работе с многомерными данными используйте методы кросс-валидации для более надежной оценки качества
- Исследуйте влияние мультиколлинеарности на оценку ковариационных матриц и предложите способы ее преодоления
- Рассмотрите случай, когда ковариационные матрицы классов близки к вырожденным, и предложите регуляризационные подходы

4.7 Перечень тем лабораторных работ (16 часов)

ЛР1. Расчёт ключевых статистических характеристик (4 часа)

1) Решение задач на расчёт ключевых статистических характеристик.
2) Самостоятельное задание.
3) Практическое задание.
4) Решение задач с использованием Python: и библиотек pandas, numpy, matplotlib, pyplot, seaborn

Студент должен изучить ключевые статистические характеристики и освоить методы их расчёта, получить навык использования надлежащих программных средств для реализации расчётов.

Результатом решения задачи станет способность студента применять полученные знания и умения для определения и вычисления статистических характеристик в нестандартных реальных ситуациях.

ЛР2. Оценивание параметров распределений: метод моментов и метод максимального правдоподобия. Бутстрэп и доверительные интервалы (4 часа)

1) Оценивание параметров распределений: метод моментов и метод максимального правдоподобия.
2) Практический блок: метод моментов.
3) Практический блок: Бутстрэп и доверительные интервалы.
4) Самостоятельные задания.

Студент должен изучить параметры основных распределений и освоить методы их оценки, получить навык использования надлежащих программных средств для получения оценок.

Результатом решения задачи станет способность студента применять полученные знания и умения для определения и оценки параметров распределений в нестандартных реальных ситуациях

ЛР3. Проверка статистических гипотез. Критерии согласия и сравнение выборок (4 часа)

1) Практический блок 1: Подготовка и генерация данных. Импорт библиотек. Генерация выборок. Визуализация выборок. Базовые статистики.
2) Практические задания 1 и 2.
3) Практический блок 2: Критерии согласия с теоретическим распределением. Проверка на нормальность. Визуализация ECDF (Empirical CDF).
4) Практическое задание (самостоятельно). Задание 1. Анализ реальных данных (уровень: базовый). Задание 2. Оптимизация датасета (уровень: продвинутый). Задание 3. A/B тестирование модели (уровень: экспертный). Задание 4. Творческая задача (уровень: исследовательский).

Студент должен изучить постановку задачи и методы проверки статистических гипотез, получить навык использования надлежащих программных средств для решения задачи проверки статистических гипотез.

Результатом решения задачи станет способность студента применять полученные знания и умения для постановки и решения задачи проверки статистических гипотез в нестандартных реальных ситуациях

ЛР4. Корреляционный анализ и регрессия (4 часа)

1) Практический блок: Корреляционный анализ
2) Практический блок: Построение линейной регрессии. Практический блок: Полиномиальная регрессия

Студент должен изучить понятия и методы решения задач, связанных с корреляционным анализом и регрессией, получить навык использования надлежащих программных средств для решения задач корреляционного анализа.

Результатом решения задачи станет способность студента применять полученные знания и умения для постановки и решения задачи корреляционного анализа, выбора вида и оценки параметров регрессии в нестандартных реальных ситуациях.

4.8 Перечень тем практических занятий (16 часов)

Пр1. Применение методов математической статистики для анализа моделей машинного обучения (4 часа)

1) Практический блок 1: Подготовка данных и обучение моделей в Python. Импорт необходимых библиотек. Загрузка и предварительный анализ данных. Разделение на обучающую и тестовую выборки. Обучение моделей.
2) Практический блок 2: Расчёт и интерпретация метрик. Получение предсказаний моделей. Построение и анализ матрицы ошибок. Расчёт основных метрик. Построение ROC-кривой и PR-кривой. Глубокий анализ метрик.
3) Практический блок 3: Кросс-валидация и доверительные интервалы.
4) Практический блок 4: Статистическое сравнение моделей.
5) Практический блок 5: Самостоятельные задания.
6) Задание 1. Сравнение с моделью SVM.
7) Задание 2. Бутстрэп-оценка точности.
8) Задание 3. A/B тестирование моделей.
9) Задание 4. Анализ важности признаков и их влияния на метрики

Студент должен изучить понятия и методы решения ключевых задач оценки качества моделей: метрики: accuracy, precision, recall, F1, ROC-AUC; расчёт доверительных интервалов; сравнение моделей. Accuracy (Точность). Precision (Точность положительного предсказания). Recall (Полнота). F1-score., матрица ошибок и ROC-анализ. Методы оценки стабильности.

Результатом решения задачи станет способность студента применять полученные знания и умения для постановки и решения задачи анализа моделей машинного обучения в нестандартных реальных ситуациях**.**

Пр2. EM-алгоритм и кластеризация (4 часа)

1) Практический блок 1: Подготовка данных
2) Практический блок 2: Реализация EM-алгоритма.
3) 4. Практический блок 3: Сравнение с k-средними.
4) Практический блок 4: Анализ влияния начальных параметров.
5) Практический блок 5: Работа с реальными данными.

Студент должен изучить понятия и методы решения задач, связанных с поиском оценок максимального правдоподобия параметров вероятностных моделей, в случае, когда модель зависит от некоторых скрытых переменных.

Результатом решения задачи станет способность студента в нестандартных реальных ситуациях применять полученные знания и умения для постановки и решения задачи поиска оценки максимального правдоподобия параметров вероятностной модели, в случае, когда модель зависит от скрытых переменных.

Пр3. Байесовский подход и апостериорные оценки (4 часа)

Студент должен изучить основные понятия и методы применения байесовского подхода. Сопряжённые априоры. Точечные и интервальные оценки: 1) MAP (Maximum A Posteriori); 2) среднее апостериорного распределения; 3) доверительный интервал (Credible Interval). Визуализация эволюции убеждений.

Результатом решения задачи станет готовность студента к изучению байесовских методов в машинном обучении

Пр4. Байесовские методы в машинном обучении (4 часа)

Студент должен изучить основные понятия и методы решения задач, связанных с байесовским и частотным подходами, сформировать навык применения байесовских методов в реальных задачах.

Результатом решения задачи станет способность студента в нестандартных реальных ситуациях применять полученные знания и умения для постановки и решения следующих задач:

Анализ устойчивости к малым данным.

Построение байесовской линейной регрессии.

Прогнозирование временных рядов.
Классификация текстовых данных.
Оценка устойчивости к шуму и пропускам.
Выбор модели и регуляризация.

4.9. Порядок реализации лабораторных и практических занятий

Занятия проводятся по следующей типовой схеме:

1) открывается соответствующее теме методическое пособие (пособия перечислены ниже);

2) изучается первая глава пособия, содержащая базовые теоретические сведения по изучаемой теме; разбираются поясняющие примеры, выполняются самостоятельные задания, даются ответы на контрольные вопросы.

3) изучаются последующие главы пособия, ориентирование на формирование умений и навыков решения тематических задач; разбираются поясняющие примеры, выполняются самостоятельные задания, даются ответы на контрольные вопросы.

***Занятие* 1, (4 часа). Расчёт ключевых статистических характеристик**

Используется методическое пособие «Описательная статистика и визуальный анализ данных: учебное пособие по дисциплине «Математическая статистика для систем искусственного интеллекта» / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. им. В.Ф.Уткина; Сост.: В.В. Белов, В.А. Анохин. Рязань, 2025. 106 с. [Электронный ресурс] URL: https://elib.rsreu.ru/ebs/download/4137»

Предметы изучения:

Библиотека, DataFrame, анализ, Python, CSV-файлы, Parquet, гистограмма, визуализация, обработка пропусков, группировка данных, преобразование типов, лучшие практики документирования, статистические характеристики, меры центральной тенденции, интерпретация характеристик

***Занятие* 2, (4 часа). Оценивание параметров распределений: метод максимального правдоподобия. Бутстрэп и доверительные интервалы.**

Используется методическое пособие «Моделирование случайных величин и эксперименты над основными распределениями: учебное пособие по дисциплине «Математическая статистика для систем искусственного интеллекта» / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. им. В.Ф.Уткина; Сост.: В.В. Белов, В.А. Анохин. Рязань, 2025. 112 с. [Электронный ресурс] URL: https://elib.rsreu.ru/ebs/download/4138»

Предметы изучения:

Моделирование случайных величин, вероятностные распределения, генерация случайных чисел, закон больших чисел, центральная предельная теорема, эмпирическая функция распределения (ECDF), QQ-plot, критерий Колмогорова-Смирнова, визуализация распределений, Python, статистическая проверка гипотез, анализ данных, сходимость распределений, бутстрэп-метод, доверительные интервалы

***Занятие* 3, (4 часа). Проверка статистических гипотез. Критерии согласия и сравнение выборок.**

Используется методическое пособие «Проверка статистических гипотез и корреляционный анализ: учебное пособие по дисциплине «Математическая статистика для систем искусственного интеллекта» / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. им. В.Ф.Уткина; Сост.: В.В. Белов, В.А. Анохин. Рязань, 2025. 59 с. [Электронный ресурс] URL: https://elib.rsreu.ru/ebs/download/4139»

Предметы изучения:

Проверка статистических гипотез, корреляционный анализ, регрессионный анализ, критерии согласия, t-критерий Стьюдента, критерий Манна-Уитни, критерий хи-квадрат, множественная проверка гипотез.

***Занятие* 4, (4 часа). Корреляционный анализ и регрессия.**

Используется методическое пособие «Проверка статистических гипотез и корреляционный анализ: учебное пособие по дисциплине «Математическая статистика для систем искусственного интеллекта» / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. им. В.Ф.Уткина; Сост.: В.В. Белов, В.А. Анохин. Рязань, 2025. 59 с. [Электронный ресурс] URL: https://elib.rsreu.ru/ebs/download/4139»

Предметы изучения:

Коэффициент корреляции Пирсона, коэффициент корреляции Спирмена, линейная регрессия, полиномиальная регрессия, переобучение, регуляризация, искусственный интеллект, машинное обучение, анализ данных.

***Занятие* 5, (4 часа). Применение методов математической статистики для анализа моделей машинного обучения.**

Используется методическое пособие «Статистический анализ результатов моделей машинного обучения: учебное пособие по дисциплине «Математическая статистика для систем искусственного интеллекта» / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. им. В.Ф.Уткина; Сост.: В.В. Белов, В.А. Анохин. Рязань, 2025. 84 с. [Электронный ресурс] URL: https://elib.rsreu.ru/ebs/download/4140

Предметы изучения:

Статистический анализ, оценка качества моделей, метрики классификации, accuracy, precision, recall, F1-мера, ROC-кривая, PR-кривая, кросс-валидация, доверительные интервалы, бутстрэп, тест Макнемара, парный t-критерий, тест Уилкоксона, A/B тестирование, важность признаков, интерпретируемость моделей, оценка неопределенности, надежность ИИ-систем.

***Занятие* 6, (4 часа). EM-алгоритм и кластеризация.**

Используется методическое пособие «EM-алгоритм и кластеризация: учебное пособие по дисциплине «Математическая статистика для систем искусственного интеллекта» / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. им. В.Ф.Уткина; Сост.: В.В. Белов, В.А. Анохин. Рязань, 2025. 85 с. [Электронный ресурс] URL: https://elib.rsreu.ru/ebs/download/4141»

Предметы изучения:

EM-алгоритм, кластеризация, смесь гауссиан, Gaussian Mixture Model (GMM), k-средние, инициализация параметров, сходимость алгоритма, оценка качества кластеризации, многомерные данные, визуализация результатов, машинное обучение, искусственный интеллект

***Занятие* 7, (4 часа). Байесовский подход и апостериорные оценки.**

Используется методическое пособие «Байесовский подход и апостериорные оценки: учебное пособие по дисциплине «Математическая статистика для систем искусственного интеллекта» / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. им. В.Ф.Уткина; Сост.: В.В. Белов, В.А. Анохин. Рязань, 2025. 81 с. [Электронный ресурс] URL: https://elib.rsreu.ru/ebs/download/4142»

Предметы изучения:

Байесовский подход, апостериорные оценки, априорное распределение, функция правдоподобия, MAP-оценка, сопряженные распределения, бета-распределение, нормальное распределение, оптимальный байесовский классификатор, оценка плотности распределения, метод Парзена, метод k-ближайших соседей, параметрические и непараметрические методы, машинное обучение, неопределенность, вероятностные модели

***Занятие* 8, (4 часа). Байесовские методы в машинном обучении**

Используется методическое пособие «Байесовские методы в машинном обучении: учебное пособие по дисциплине «Математическая статистика для систем искусственного интеллекта» / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. им. В.Ф.Уткина; Сост.: В.В. Белов, В.А. Анохин. Рязань, 2025. 104 с. [Электронный ресурс] URL: https://elib.rsreu.ru/ebs/download/4143»

Предметы изучения:

Байесовский подход vs частотный подход, метод максимального правдоподобия (MLE), априорное распределение, апостериорное распределение, MAP-оценка, доверительные интервалы, оценка неопределенности, информационные критерии AIC и BIC, принцип минимальной длины описания (MDL), кросс-валидация, VC-теория, VC-размерность, регуляризация L1 и L2

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Овечкин Геннадий Владимирович, Заведующий кафедрой ВПМ	**07.10.26** 00:09 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Овечкин Геннадий Владимирович, Заведующий кафедрой ВПМ	**07.10.26** 00:09 (MSK)	Простая подпись