

УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«07» марта 2024 г.
Протокол №1

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Математика в DS»**

Направление подготовки: 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Программа двух дипломов НИУ
ВШЭ и ЦУ «Искусственный интеллект»

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 2 года

Год набора: 2024

**Москва
2024**

Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)	3
2. Перечень планируемых результатов обучения.....	5
3. Тематический план.....	8
4. Содержание дисциплины (модуля).....	8
5. Учебно-методическое обеспечение	9
6. Материально-техническое обеспечение	10
7. Методические и оценочные материалы	12

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Математика в DS» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по специальности 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Искусственный интеллект», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 810 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Математика в DS» является ключевым для понимания алгоритмов машинного обучения, статистических методов и обработки данных, что позволяет эффективно анализировать и интерпретировать большие объемы информации. Математические концепции, такие как линейная алгебра, вероятность и статистика, формируют основу для разработки моделей, способствующих принятию обоснованных решений в различных областях.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки магистратуры по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Искусственный интеллект» и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений, как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) изучается на 1 или 2 курсе, в 1, 2, 3 или 4 семестре на выбор.

Цель изучения дисциплины (модуля): формирование глубоких знаний математических основ, необходимых для разработки, анализа и оптимизации алгоритмов машинного обучения и статистических моделей.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

— освоение знания основ линейной алгебры: матрицы, системы уравнений, ранги, векторные пространства, линейные отображения, билинейные формы, скалярные произведения, SVD;

— освоение знаний и развитие понимания по темам: производные и градиенты, интегралы на прямой и многомерные интегралы, матричные производные, условная оптимизация, преобразование Фурье, вероятностное пространство, случайные величины и их распределение, математическое ожидание, дисперсия, ковариация, условное математическое ожидание, сходимости случайных величин, основная модель математической статистики, PCA;

— приобретение умений решать системы уравнений и проводить матричные операции, вычислять ранг матрицы, производные и интегралы, градиенты функций многих переменных, градиент функции матричного аргумента, точки экстремума для функции лагранжа, преобразование Фурье от функции одной переменной, функцию распределения случайной величины, плотность для непрерывной случайной величины, математическое ожидание и дисперсию случайной величины, условное математическое ожидание;

— формирование умения находить матрицу линейного отображения в базисе, собственные значения и собственные векторы, матрицу билинейной формы, ортогональные дополнения, углы и расстояния между векторами в евклидовом пространстве, SVD, матрицу ковариации случайного вектора, PCA;

— освоение и развитие умений проводить ортогонализацию Грама-Шмидта, производить замену переменной в многомерном интеграле, применять ЦПТ, строить вероятностное пространство для заданного вероятностного эксперимента, проверять диагонализуемость оператора, независимость случайных величин, сходимости случайных величин, строить для эксперимента соответствующую модель статистики;

— формирование навыков и опыта работы с матрицами и решения задач линейной алгебры, анализа функций и методами оптимизации, построения и анализа вероятностных моделей.

2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
УК-6.	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1.	Знает основные методы самооценки и анализа своей деятельности, а также принципы управления временем и целеполагания
		УК-6.2.	Умеет ставить реалистичные и достижимые цели, определять приоритеты в своей деятельности, а также разрабатывать и внедрять планы по совершенствованию своих навыков и компетенций на основе полученной самооценки
		УК-6.3.	Имеет практический опыт применения методов самооценки в своей профессиональной деятельности, включая участие в тренингах, семинарах и проектах, направленных на развитие личной эффективности и профессионального роста
ОПК-2.	Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	ОПК-2.1.	Знает основные математические модели и методы, используемые в естественных науках, включая статистическое моделирование, дифференциальные уравнения и численные методы, а также современные подходы к исследованию и анализу данных
		ОПК-2.2.	Умеет разрабатывать и адаптировать математические модели для решения конкретных проблем в естественных

			науках, проводить их анализ и верификацию, а также интерпретировать полученные результаты в контексте научных исследований
		ОПК-2.3.	Имеет практический опыт создания и исследования математических моделей в рамках научных проектов или исследований, включая участие в публикациях, конференциях или коллаборациях, где были разработаны и апробированы новые концепции и методы
ПК-3.	Способен решать задачи профессиональной деятельности, формулировать результат, увидеть следствия полученного результата	ПК-3.1.	Знает основные принципы и методы решения задач профессиональной деятельности, а также способы формулирования и представления результатов, включая анализ последствий и их значимость в контексте проекта
		ПК-3.2.	Умеет применять математические и компьютерные методы для решения конкретных задач, формулировать четкие и обоснованные результаты, а также анализировать их последствия для дальнейших действий и решений
		ПК-3.3.	Имеет практический опыт в решении профессиональных задач, включая участие в проектах, где были получены результаты и проанализированы их следствия, что способствовало принятию обоснованных решений
ПК-4.	Способен публично представлять собственные и известные научные	ПК-4.1.	Знает основные принципы эффективного публичного выступления, методы

	результаты		визуализации данных и основные требования к научным презентациям, включая структуру и содержание
		ПК-4.2.	Умеет четко и логично формулировать свои научные результаты, адаптируя их для различных аудиторий, а также использовать визуальные средства для улучшения восприятия информации
		ПК-4.3.	Имеет практический опыт участия в научных конференциях, семинарах или других мероприятиях, где успешно представлял свои и известные научные результаты, получая обратную связь и взаимодействуя с аудиторией

3. Тематический план

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		<i>Очная форма</i>				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостоя тельная работа	
Лекции	Семинары (практичес кие занятия)					
1	Линейная алгебра	10	10		55	Домашние задания
2	Математический анализ	10	10		54	Домашние задания
3	Теория вероятностей	10	10		55	Домашние задания, Бонусное домашнее задание
	<i>Экзамен</i>			4		
	<i>Итого:</i>	<i>30</i>	<i>30</i>	<i>4</i>	<i>164</i>	
	<i>Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)</i>	<i>228</i>				
	<i>Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)</i>	<i>6</i>				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Линейная алгебра	Системы линейных уравнений, матрицы. Определители, характеристический многочлен, спектр. Векторные пространства и подпространства, ранги матриц. Линейные отображения их инварианты. Собственные значения и векторы. Билинейные и квадратичные формы. Сигнатура. Линейные многообразия и линейные классификаторы. Операторы в евклидовых пространствах. Сингулярное разложение (SVD).
2	Математический анализ	Пределы, производные, интегралы. Градиент, матрицы Якоби, нормы, матричные дифференцирования, интегралы. Оптимизационные задачи и лагранжиан. Преобразование Фурье.
3	Теория вероятностей	Вероятностное пространство, события и вероятностная мера. Условная вероятность. Случайные величины, распределения на прямой и их характеристики. Случайный вектор и многомерные распределения. Независимость случайных величин. Условные распределения и математические ожидания. Свертка распределений. Основная модель математической статистики. Оценки и их свойства. Виды сходимостей. Выборочные характеристики. Восстановление распределений. PCA и SVD. ЦПТ.

5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Сабитов, И. Х. Линейная алгебра и аналитическая геометрия : учебное пособие для вузов / И. Х. Сабитов, А. А. Михалев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 258 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08941-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/539950>.

2. Линейная алгебра и аналитическая геометрия : учебник и практикум для вузов / Е. Г. Плотникова, А. П. Иванов, В. В. Логинова, А. В. Морозова ; под редакцией Е. Г. Плотниковой. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 416 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18887-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/560611>.

3. Ильин, В. А. Математический анализ в 2 ч. Часть 1 в 2 кн. Книга 1 : учебник для вузов / В. А. Ильин, В. А. Садовничий, Б. Х. Сендов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 324 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07067-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562115>.

4. Ильин, В. А. Математический анализ в 2 ч. Часть 1 в 2 кн. Книга 2 : учебник для вузов / В. А. Ильин, В. А. Садовничий, Б. Х. Сендов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 315 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07069-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562116>.

5. Ильин, В. А. Математический анализ в 2 ч. Часть 2 : учебник для вузов / В. А. Ильин, В. А. Садовничий, Б. Х. Сендов. — 3-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 324 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09085-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/560316>.

6. Малугин, В. А. Теория вероятностей : учебник для вузов / В. А. Малугин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 266 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06964-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/563987>.

7. Энатская, Н. Ю. Теория вероятностей : учебник для вузов / Н. Ю. Энатская. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 204 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01338-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561149>.

Дополнительная литература:

1. Пахомова, Е. Г. Линейная алгебра и аналитическая геометрия. Сборник заданий : учебное пособие для вузов / Е. Г. Пахомова, С. В. Рожкова. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 110 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7541-3. — Текст :

электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/534429>.

2. Сборник задач по высшей математике в 4 ч. Часть 1 : учебник и практикум для вузов / под редакцией А. С. Поспелова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 355 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02075-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561747>.

3. Сборник задач по высшей математике в 4 ч. Часть 2 : учебное пособие для вузов / под редакцией А. С. Поспелова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 253 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7929-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561748>.

4. Сборник задач по высшей математике в 4 ч. Часть 3 : учебное пособие для вузов / под редакцией А. С. Поспелова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 395 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7930-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561745>.

5. Сборник задач по высшей математике в 4 ч. Часть 4 : учебное пособие для вузов / под редакцией А. С. Поспелова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 218 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7931-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561746>.

6. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. В 2-х томах. Т.1 / В. Феллер. — М.: Мир, 1984. — 528 с.

7. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. В 2-х томах. Т.2 / В. Феллер. — М.: Мир, 1984. — 738 с.

6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

— столами и стульями;

— компьютерной техникой;

— специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование»	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное
Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое
Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое

Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

7. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Математика в DS» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания и бонусное домашнее задание, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Участие в семинаре – активная работа студента на семинаре, его ответы на вопросы преподавателя и участие в дискуссии.

Для успешного участия в семинаре студентам рекомендуется заранее ознакомиться с темой обсуждения, прочитать необходимые материалы и подготовить вопросы. Важно активно слушать и вовлекаться в дискуссию, высказывая свои мнения и аргументируя их. При ответах на вопросы преподавателя стоит быть уверенным, четким и логичным, опираясь на изученный материал. Также полезно поддерживать диалог с однокурсниками, чтобы обогатить обсуждение и расширить свои знания.

Домашнее задание – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

Бонусное домашнее задание – домашнее задание на дополнительную оценку, доступное для выполнения по желанию студентов.

Выполнение бонусного домашнего задания позволяет студентам не только углубить свои знания, но и развить практические навыки работы с данными, а также улучшить накопительную оценку.

Самостоятельная работа – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными

материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Математика в DS»

Оценивание уровня учебных достижений обучающихся по дисциплине (модулю) осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме **экзамена**, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину (модуль). Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
9	Отлично	
8	Отлично	
7	Хорошо	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
5	Удовлетворительно	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	
3	Не сдан	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	
1	Не сдан	

Дисциплина (модуль) «Математика в DS» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Накопительная оценка			
Домашние задания	60%	13	Набор задач по темам недели
Бонусное домашнее задание*		1	Домашнее задание на дополнительную оценку, доступное для выполнения по желанию студентов
Промежуточная аттестация			
Экзамен	40%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

* При условии выполнения бонусного домашнего задания накопительная оценка рассчитывается по формуле: « $0,9 \times$ среднее за домашние задания + $0,1 \times$ бонусное домашнее задание».

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Математика в DS»:
« $0,6 \times$ накопительная оценка + $0,4 \times$ экзамен».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание: Системы линейных уравнений и матрицы

1. Найти общее решение и одно частное решение системы линейных уравнений, используя метод Гаусса:

$$\begin{cases} -3x_1 + 6x_2 + 2x_3 - 5x_4 = -6, \\ 2x_1 - 4x_2 + 2x_4 = 4, \\ 3x_1 - 6x_2 - x_3 + 4x_4 = 6 \end{cases}$$

2. Исследовать систему и найти общее решение в зависимости от значения параметра λ :

$$\begin{cases} (1 + \lambda)x_1 + x_2 + x_3 = 1, \\ x_1 + (1 + \lambda)x_2 + x_3 = \lambda, \\ x_1 + x_2 + (1 + \lambda)x_3 = \lambda^2 \end{cases}$$

3. Пусть матрица $A \in M_{5,6}(\mathbb{R})$ имеет вид

$$\begin{pmatrix} 1 & x & 1 & 1 & x & 1 \\ x & 1 & x & x & 1 & x \\ x & 1 & 1 & 1 & 1 & x \\ 1 & x & 1 & 1 & x & 1 \\ 1 & 1 & x & x & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Для системы $Ay = 0$, где $y \in \mathbb{R}^6$, найти количество главных переменных для каждого значения $x \in \mathbb{R}$.

4. Вычислить выражение:

$$\left(\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 5 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 & -1 \\ -5 & 2 \end{pmatrix} \right)^{10}$$

(Указание: попробуйте посчитать вторую степень и выполнять умножение не слева направо, а в каком-нибудь другом порядке, чтобы заметить интересные закономерности).

5. Пусть матрица $J(\lambda) \in M_n(\mathbb{R})$ имеет следующий вид¹

$$\begin{pmatrix} \lambda & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \lambda & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \lambda \end{pmatrix}$$

Доказать, что для любого k верна формула

$$J(\lambda)^k = \begin{pmatrix} \lambda^k & C_k^1 \lambda^{k-1} & C_k^2 \lambda^{k-2} & \dots & C_k^{n-1} \lambda^{k-n+1} \\ 0 & \lambda^k & C_k^1 \lambda^{k-1} & \dots & C_k^{n-2} \lambda^{k-n+2} \\ 0 & 0 & \lambda^k & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & C_k^1 \lambda^{k-1} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \lambda^k \end{pmatrix}$$

где $C_k^n = \frac{k!}{n!(k-n)!}$, а $n! = 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot n$. (Указание: тут можно либо воспользоваться свойствами биномиальных коэффициентов и индукцией по k , либо подумать в сторону бинома Ньютона).

6. Пусть $A \in M_n(\mathbb{R})$ такая, что $A^m = 0$ для некоторого m . Показать, что $E + A$ и $E - A$ обратимы, где $E \in M_n(\mathbb{R})$ – единичная матрица. (Указание: воспользуйтесь 6 эквивалентными свойствами невырожденности).²

¹Такая матрица называется Жордановой клеткой.

²Для этих матриц можно явно указать выражения для обратных матриц, для этого попробуйте подумать в сторону геометрической прогрессии, это может вам угадать ответ.

Домашнее задание: Векторные пространства и ранги

1. Даны векторы

$$a_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}, a_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, a_3 = \begin{pmatrix} 3 \\ 8 \\ 11 \end{pmatrix}, a_4 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}, a_5 = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Среди этих векторов найти базис их линейной оболочки и выразить все оставшиеся вектора через базисные.

2. Найдите базис векторного пространства $U = \{y \in \mathbb{R}^5 \mid Ay = 0\}$, где

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 0 & 7 \\ 1 & 2 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

3. Определите можно ли из системы векторов

$$v_1 = \begin{pmatrix} -4 \\ -5 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}, v_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}, v_3 = \begin{pmatrix} 5 \\ 5 \\ 3 \\ -2 \end{pmatrix}, v_4 = \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \\ -2 \\ -3 \end{pmatrix}$$

выбрать ФСР для системы линейных уравнений

$$\begin{cases} x_1 - x_3 + 2x_4 & = 0 \\ x_2 - 2x_3 + 3x_4 & = 0 \\ 2x_1 - 2x_2 + 2x_3 - 2x_4 & = 0 \end{cases}$$

4. Являются ли функции $1, \sin(x), \sin^2(x), \dots, \sin^n(x)$ линейно зависимыми?
5. Пусть $\mathbb{R}[x]_n$ – множество всех многочленов с вещественными коэффициентами степени не больше n . Показать, что системы

$$\{1, x, x^2, \dots, x^n\} \text{ и } \{1, x - a, (x - a)^2, \dots, (x - a)^n\}, \text{ где } a \in \mathbb{R}$$

являются базисами в $\mathbb{R}[x]_n$ и найти матрицы перехода от первого базиса ко второму и от второго к первому.

6. Найти ранг следующей матрицы при различных значениях параметра λ :

$$\begin{pmatrix} 7 - \lambda & -12 & 6 \\ 10 & -19 - \lambda & 10 \\ 12 & -24 & 13 - \lambda \end{pmatrix}$$

7. Пусть A и B – квадратные матрицы одного размера. Доказать, что

$$\text{rk} \begin{pmatrix} A & AB \\ B & B + B^2 \end{pmatrix} = \text{rk} A + \text{rk} B$$

Домашнее задание: Билинейные формы и Евклидовы пространства

Общая информация:

- Напомню, что стандартным скалярным произведением на \mathbb{R}^n называется $(x, y) = x^t y$.
- Через $\mathbb{R}[x]_{\leq n}$ обозначается пространство многочленов степени не более n , то есть $\mathbb{R}[x]_{\leq n} = \{a_0 + a_1 x + \dots + a_n x^n \mid a_i \in \mathbb{R}\}$.

Задачи:

1. В пространстве \mathbb{R}^4 задана билинейная форма

$$\beta(x, y) = 2x_2 y_1 + x_4 y_4$$

По ней построили квадратичную форму $Q: \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}$. После этого Q ограничили на подпространство $V = \{x \in \mathbb{R}^4 \mid x_1 - 3x_2 - 3x_3 + x_4 = 0\}$. Найдите сигнатуру Q и сигнатуру ограничения Q на V .

2. Рассмотрим евклидово пространство $\mathbb{R}[x]_{\leq 3}$ со скалярным произведением $(f, g) = \int_{-1}^1 f(x)g(x) dx$. Методом Грама-Шмидта ортогонализируйте базис $1, x, x^2, x^3$.
3. Найти длины сторон, внутренние углы и площадь треугольника ABC в пространстве \mathbb{R}^5 со стандартным скалярным произведением, где

$$A = \begin{pmatrix} 2 \\ 4 \\ 2 \\ 4 \\ 2 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 6 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \\ 6 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 5 \\ 7 \\ 5 \\ 7 \\ 2 \end{pmatrix}$$

4. Пусть $U \subseteq \mathbb{R}^4$ – векторное подпространство заданное следующим образом $U = \langle v_1, v_2, v_3, v_4 \rangle$, где

$$v_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 4 \\ 3 \end{pmatrix}, \quad v_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 5 \\ 5 \\ 8 \end{pmatrix}, \quad v_3 = \begin{pmatrix} -2 \\ 6 \\ -2 \\ 24 \end{pmatrix}, \quad v_4 = \begin{pmatrix} 2 \\ -4 \\ 3 \\ -19 \end{pmatrix}$$

Задайте это подпространство в виде $U = \{y \in \mathbb{R}^4 \mid Ay = 0\}$ для некоторой матрицы $A \in M_{m,4}(\mathbb{R})$. (Подумайте с чего эта задача дается на тему про скалярные произведения).

5. Существует ли скалярное произведение на пространстве матриц $n \times n$ ($n > 1$), относительно которого матрица из всех единиц была бы ортогональна любой верхнетреугольной матрице? (Указание: билинейные формы можно задавать в разных базисах.)

Домашнее задание: Пределы

1. Найти предел

(a) $\lim_{x \rightarrow a} \left(\frac{\sin x}{\sin a} \right)^{\frac{1}{x-a}}$

(b) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\ln(1+x^2)}{\sin(\cos x - 1)}$

2. Даны два семейства кривых на плоскости

$$y^2 = 4a(a - x) \quad (a > 0) \quad \text{и} \quad y^2 = 4b(b + x) \quad (b > 0)$$

Покажите, что в любой точке пересечения любой кривой из первого семейства с любой кривой из второго семейства касательные этих кривых перпендикулярны.

3. Исследовать на экстремумы (то есть на локальные минимумы и максимумы) $y = (x + 1)^{10}e^{-x}$.

4. Посчитайте неопределенный интеграл

(a) $\int \left(1 - \frac{1}{x^2}\right) \sqrt{x} \sqrt{x} dx$

(b) $\int \sin^3 x dx$

5. Посчитайте определенный интеграл $\int_1^2 x \ln x dx$

6. Найдите предел

$$\lim_{x \rightarrow 0} x \int_x^1 \frac{\cos t}{t^2} dt$$

Домашнее задание: Оптимизационная задача

1. Найти методом функции Лагранж условные критические точки функции $z = xy + \frac{4}{x} + \frac{9}{y}$ с областью определения $x > 0$ и $y > 0$,

(a) при условии, что $xy = 1$.

(b) при условии, что $xy \leq 1$.

(c) при условии, что $xy \geq 1$.

2. Найти методом функции Лагранж условные критические точки функции $z = \frac{1}{1+(x+y)^2}$ при условии $xy = 0$.

3. Пусть $f: [-\pi, \pi] \rightarrow \mathbb{R}$ задана по правилу $f(x) = x$. Будем рассматривать f как элемент $L_2[-\pi, \pi]$, со скалярным произведением $(g, h) = \int_{-\pi}^{\pi} g(x)h(x) dx$.

(a) Покажите, что f ортогонально функциям $\cos(kx)$ при $k \in \mathbb{Z}$ и $k \geq 0$.

(b) Найдите разложение $f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \sin(kx)$ посчитав коэффициенты Фурье a_k .

(c) Найдите длины векторов $\|f\|_2$ и $\|a_k\|_2$. Зная эти длины, найдите сумму ряда $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2}$.

Домашнее задание: Случайные величины

1. Пусть ξ – случайная величина такая, что $P(\xi = -1) = \frac{1}{4}$ и $P(\xi = 2) = \frac{1}{4}$ и для любых точек $a, b \in [0, 1]$ с условием $a < b$ верно $P(\xi \in [a, b]) = \frac{b-a}{2}$. Нарисуйте график функции распределения $F_\xi(x) = P(\xi \leq x)$. Найдите математическое ожидание и дисперсию ξ .
2. В лотерее на 1% билетов выпадет выигрыш в 200 рублей, на 0.01% билетов выпадает выигрыш в 1000 рублей, а остальные билеты без выигрыша. Найдите средний выигрыш в этой лотерее (в расчете на один билет), то есть среднее арифметическое выигрышей всех билетов. Подумайте, как это сформулировать в терминах случайных величин и математического ожидания.
3. В ряд расположены m предметов. Случайно выбираются k предметов, $k < m$. Случайная величина X равна количеству таких предметов i , что i выбран, а все его соседи не выбраны. Найдите математическое ожидание X .
4. В равностороннем треугольнике ABC площади 1 выбираем точку M . Найти математическое ожидание площади ABM .
5. Найти математическое ожидание и дисперсию величины ξ с плотностью $p(x) = \frac{1}{2\alpha} e^{-\frac{|x-a|}{\alpha}}$.
6. Пусть $P_\xi(x) = P(\xi = x)$ и $F_\xi(x) = P(\xi \leq x)$.
 - (a) Показать, что для $a > 0$ и $-\infty < b < \infty$

$$P_{a\xi+b}(x) = P_\xi\left(\frac{x-b}{a}\right) \quad \text{и} \quad F_{a\xi+b}(x) = F_\xi\left(\frac{x-b}{a}\right)$$

- (b) Найдите функцию распределения $F_{\xi^2}(y)$ (выразите ее через F_ξ и P_ξ).

Домашнее задание: Условное математическое ожидание и характеристические функции

1. Пусть ξ, η – независимые случайные величины имеющие показательное распределение, то есть

$$p_\xi(x) = p_\eta(x) = \lambda e^{-\lambda x} \theta(x)$$

где

$$\theta(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

Найти следующие плотности

$$p_{\xi, \xi+\eta}(x, y) \quad \text{и} \quad p_{\xi|\xi+\eta=z}(x)$$

Важно: для совместной плотности укажите область в которой она равна нулю.

2. Используя характеристические функции и их свойства, найти распределение суммы двух независимых нормальных случайных величин с параметрами (a_1, σ_1^2) и (a_2, σ_2^2) .
3. Пусть ξ и η независимые случайные величины с распределением $\mathcal{N}(0, 1)$. Найти плотность величины $\chi = \xi^2 + \eta^2$.
4. Случайные величины X и Y независимы. X имеет распределение Лапласа с плотностью $\frac{1}{2}e^{-|x|}$, а Y – равномерное на отрезке $[1, 2]$.
 - (a) Найдите плотность распределения случайной величины $-2Y$.
 - (b) Найдите плотность распределения случайной величины $X - 2Y$.
5. Игрок приходит в казино с k монетами. Каждый кон он выигрывает с вероятностью p и получает одну монету и проигрывает с вероятностью $q = 1 - p$ и отдает одну монету. Игра заканчивается если игрок потеряет все монеты или если он наберет предельную сумму выигрыша N . Найдите среднюю продолжительность игры в зависимости от k .

Бонусное домашнее задание

Линейная алгебра

1. В пространстве \mathbb{R}^3 со стандартным скалярным произведением $(x, y) = x^T y$ заданы векторы

$$v_1 = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ -2 \end{pmatrix}, v_2 = \begin{pmatrix} -2 \\ -3 \\ 2 \end{pmatrix}, v_3 = \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Для семейства v_1, v_2, v_3 построили двойственное семейство w_1, w_2, w_3 удовлетворяющее свойствам

$$(w_i, v_j) = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

Найдите во сколько раз объем параллелепипеда на векторах v_1, v_2, v_3 больше объема параллелепипеда на векторах w_1, w_2, w_3 .

2. Найти SVD разложение для матрицы

$$A = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 1 & 3 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -2 & 2 & -1 & -3 \end{pmatrix}$$

Математический анализ

1. Разложите в ряд Фурье функцию

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad x \in [-\pi, \pi]$$

и пользуясь этим разложением найдите сумму ряда

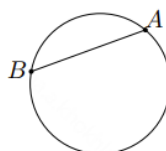
$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k-1}}{2k-1}$$

2. Пусть $\mathbb{P}_n(\mathbb{R})$ – множество квадратных симметричных матриц размера n с положительными собственными значениями. Пусть $P \in \mathbb{P}_m(\mathbb{R})$ и $Q \in \mathbb{P}_n(\mathbb{R})$. И пусть $X_1, \dots, X_d \in M_{m \times n}(\mathbb{R})$ – фиксированные матрицы. Найдите уравнения, задающие критические точки для следующей функции

$$\varphi(P, Q) = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d \operatorname{tr}(X_i^T P X_i Q) - m \ln \det(P) - n \ln \det(Q)$$

Теория вероятности

1. На плоскости нарисована окружность радиуса один. На ней равномерно и независимо выбирают две точки A и B . Найдите среднее расстояние между точками A и B .



2. Игральная кость последовательно переключается с одной грани на любую другую из четырех соседних. Это делается равномерно и независимо от предыдущих действий. В начале кость находилась числом «6» вверх. Рассмотрим вероятность

$$p(t) = P(\text{«На } t\text{-ом шаге кость находится гранью «6» вверх»})$$

Найдите предел $p(t)$ при $t \rightarrow \infty$.

Примерный перечень вопросов к экзамену

Линейная алгебра

1. Найти общее решение и одно частное решение системы линейных уравнений, используя метод Гаусса:

$$\begin{cases} -3x_1 + 6x_2 + 2x_3 - 5x_4 = -6, \\ 2x_1 - 4x_2 + 2x_4 = 4, \\ 3x_1 - 6x_2 - x_3 + 4x_4 = 6 \end{cases}$$

2. Для матрицы

$$\begin{pmatrix} x & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & x & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & x & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & x & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & x \end{pmatrix}$$

Найдите ее ранг при всех возможных значениях $x \in \mathbb{R}$.

3. Посчитайте характеристический многочлен матрицы

$$\begin{pmatrix} -1 & 5 & 4 \\ 3 & -2 & 0 \\ -1 & 3 & 6 \end{pmatrix}$$

4. Найдите обратную матрицу

$$\begin{pmatrix} -2 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

5. Даны векторы

$$a_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}, a_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, a_3 = \begin{pmatrix} 3 \\ 8 \\ 11 \end{pmatrix}, a_4 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}, a_5 = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Среди этих векторов найти базис их линейной оболочки и выразить все оставшиеся вектора через базисные.

6. Найдите базис векторного пространства $U = \{y \in \mathbb{R}^5 \mid Ay = 0\}$, где

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 0 & 7 \\ 1 & 2 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

7. Пусть $\phi: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$ – линейное отображение, заданное в стандартном базисе матрицей $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 \\ -1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$. Пусть

$$f_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, f_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}, f_3 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} \text{ вектора в } \mathbb{R}^3, \quad g_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}, g_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ вектора в } \mathbb{R}^2$$

Найти матрицу отображения ϕ в базисах f_1, f_2, f_3 и g_1, g_2 .

8. Найти собственные значения и собственные векторы линейных операторов, заданных в некотором базисе матрицами: (а) $\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -4 & 4 & 0 \\ -2 & 1 & 2 \end{pmatrix}$, (б) $\begin{pmatrix} 4 & -5 & 2 \\ 5 & -7 & 3 \\ 6 & -9 & 4 \end{pmatrix}$. Можно ли эти матрицы диагонализировать в каком-нибудь базисе?

9. Найдите сигнатуру следующей квадратичной формы:

$$Q(x, y, z) = 5x^2 - 6xy - 10xz - 8y^2 + 6yz + 5z^2$$

10. Рассмотрим евклидово пространство $\mathbb{R}[x]_{\leq 3}$ со скалярным произведением $(f, g) = \int_{-1}^1 f(x)g(x) dx$. Методом Грама-Шмидта ортогонализируйте базис $1, x, x^2, x^3$.

11. «Решите» систему методом наименьших квадратов

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 2 & 7 & -3 & 6 \\ 1 & -1 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & -1 & 0 \\ 2 & -2 & 3 & -9 \end{array} \right)$$

12. Найти сингулярное разложение следующих матриц

$$(a) \begin{pmatrix} 5 & 1 & 8 \\ 7 & 5 & 4 \end{pmatrix}, \quad (b) \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Математический анализ

1. Исследовать на экстремумы (то есть на локальные минимумы и максимумы) $y = (x + 1)^{10}e^{-x}$.

2. Посчитайте определенный интеграл $\int_1^2 x \ln x dx$

3. Исследовать на экстремумы (то есть на локальные минимумы и максимумы)

$$z = xy + \frac{50}{x} + \frac{20}{y} \quad x > 0, y > 0$$

4. Пусть $x_1, \dots, x_d \in \mathbb{R}^n$ – набор векторов и $U \subseteq M_n(\mathbb{R})$ – множество матриц с положительным определителем. Рассмотрим функцию

$$\varphi: U \rightarrow \mathbb{R} \quad \text{по правилу} \quad A \mapsto \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d (Ax_i, x_i) - \ln \det A$$

где $(x, y) = x^t y$ – стандартное скалярное произведение. Найдите градиент φ в точке A . (Указание: воспользуйтесь фактом, что $x^T Ay = \text{tr}(x^T Ay)$.)

5. Найти методом функции Лагранж условные критические точки функции $z = xy + \frac{4}{x} + \frac{9}{y}$ с областью определения $x > 0$ и $y > 0$,

(а) при условии, что $xy = 1$.

(б) при условии, что $xy \leq 1$.

(с) при условии, что $xy \geq 1$.

6. Пусть $f: [-\pi, \pi] \rightarrow \mathbb{R}$ задана по правилу $f(x) = x$. Будем рассматривать f как элемент $L_2[-\pi, \pi]$, со скалярным произведением $(g, h) = \int_{-\pi}^{\pi} g(x)h(x) dx$.

(а) Покажите, что f ортогонально функциям $\cos(kx)$ при $k \in \mathbb{Z}$ и $k \geq 0$.

(б) Найдите разложение $f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \sin(kx)$ посчитав коэффициенты Фурье a_k .

(с) Найдите длины векторов $\|f\|_2$ и $\|a_k\|_2$. Зная эти длины, найдите сумму ряда $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2}$.

Теория вероятности

1. В некотором прекрасном городе «Икс» население выросло аж до 10 человек. По этому прекрасному случаю в нем открылся парк аттракционов, где можно попрыгать на батуте. Оказалось, что батут обязательно рвется, если на нем находится 5 человек, в случае 4 человек он рвется с вероятностью 0,8, в случае 3 человек с вероятностью 0,6, в случае 2 человек с вероятностью 0,4, в случае 1 человека с вероятностью 0,2 и производитель гарантирует, что их надежные и качественные батуты сами по себе не рвутся. Несмотря на праздничное событие, жители города «Икс» очень заняты, каждый из них может прийти в парк с вероятностью 0,5. Узнайте, какова вероятность того, что уже в первый день бизнес с батутом накроется.
2. В мешке лежит три шара: два черных и один белый. Мы производим следующие действия: вытаскиваем шар, записываем его цвет и обратно кладем шар другого цвета. Такие действия проделываются три раза. Рассматривая такой эксперимент как случайный, опишите вероятностное пространство (Ω, P) , то есть пространство элементарных исходов Ω и вероятностную меру $P: 2^\Omega \rightarrow [0, 1]$ на нем. Какова вероятность получить белый шар на третьем шаге?
3. Пусть ξ – случайная величина такая, что $P(\xi = -1) = \frac{1}{4}$ и $P(\xi = 2) = \frac{1}{4}$ и для любых точек $a, b \in [0, 1]$ с условием $a < b$ верно $P(\xi \in [a, b]) = \frac{b-a}{2}$. Нарисуйте график функции распределения $F_\xi(x) = P(\xi \leq x)$. Найдите математическое ожидание и дисперсию ξ .
4. Пусть $P_\xi(x) = P(\xi = x)$ и $F_\xi(x) = P(\xi \leq x)$.

(а) Показать, что для $a > 0$ и $-\infty < b < \infty$

$$P_{a\xi+b}(x) = P_\xi\left(\frac{x-b}{a}\right) \quad \text{и} \quad F_{a\xi+b}(x) = F_\xi\left(\frac{x-b}{a}\right)$$

(б) Найдите функцию распределения $F_{\xi^2}(y)$ (выразите ее через F_ξ и P_ξ).

5. Пусть (ξ, η) – нормальный вектор с математическим ожиданием $0 \in \mathbb{R}^2$ и матрицей ковариации $\Sigma = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$. Найдите плотности для его координат ξ и η . В этой задаче надо использовать следующий факт

$$\int_{\mathbb{R}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = \sqrt{2\pi}$$

6. Пусть ξ_1, \dots, ξ_n – независимые одинаково распределенные непрерывные случайные величин с плотностью $p(x)$. Найдите плотность случайных величин: $\max(\xi_1, \dots, \xi_n)$ и $\min(\xi_1, \dots, \xi_n)$.
7. Пусть ξ, η – независимые случайные величины имеющие показательное распределение, то есть

$$p_\xi(x) = p_\eta(x) = \lambda e^{-\lambda x} \theta(x)$$

где

$$\theta(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

Найти следующие плотности

$$p_{\xi, \xi+\eta}(x, y) \quad \text{и} \quad p_{\xi|\xi+\eta=z}(x)$$

Важно: для совместной плотности укажите область в которой она равна нулю.

8. Пусть ξ и η независимые случайные величины с распределением $\mathcal{N}(0, 1)$. Найти плотность величины $\chi = \xi^2 + \eta^2$.
9. Пусть $\xi_n \xrightarrow{P} \xi$ и $\eta_n \xrightarrow{P} \eta$. Покажите, что $\xi_n + \eta_n \xrightarrow{P} \xi + \eta$
10. Пусть $\Omega = [0, 1]$ и вероятность P – это длина. Рассмотрим последовательность случайных величин ξ_n на Ω заданную следующим образом

$$\xi_{2k+1}(x) = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{k}\right)x + \frac{3}{8} + \frac{1}{2k} \quad \text{и} \quad \xi_{2k}(x) = \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{4}\right)x + \frac{5}{8} - \frac{1}{2k}$$

- (а) Покажите, что эта последовательность сходится по распределению и найдите предельное распределение.
- (б) Покажите, что эта последовательность не сходится ни в каком другом виде сходимости.

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1.	<p>Дана матрица</p> $A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 3 & 4 & 5 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$ <p>Вычислите определитель матрицы.</p>	12	ОПК-2
2.	Функция $f(x) = \sin(\ln(x))$. Чему равна её первая производная в точке $x = 1$?	1	УК-6
3.	Вектор $\mathbf{u} = (7, 24)$. Чему равна его L_2 -норма (евклидова)?	25	УК-6
4.	<p>Случайная величина X имеет распределение Бернулли с $p = 0.3$. Чему равна вероятность $P(X = 1)$?</p> <p>Введите ответ в виде число от 0 до 1.</p>	0.3/0,3	ОПК-2
5.	Даны точки $(1, 2)$ и $(4, 6)$. Вычислите Манхэттенское расстояние между ними (L_1 -метрику).	7	ОПК-2
6.	Найдите косинус угла между векторами $\mathbf{a} = (2, 1)$ и $\mathbf{b} = (1, -2)$.	0	ОПК-2
7.	<p>Случайная величина Y равномерно распределена на $[0, 10]$. Чему равна $P(Y < 5)$?</p> <p>Введите ответ в виде число от 0 до 1.</p>	0.5/0,5	ПК-3
8.	Матрица $C = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$. Чему равен след матрицы?	5	ПК-3
9.	Найдите ранг матрицы $D = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix}$.	2	ПК-3
10.	Найдите частную производную $\frac{\partial f}{\partial x}$ для $f(x, y) = x^2y + \sin(y)$ в точке $(x, y) = (-5, 2)$	-20	ПК-4
11.	<p>Дана функция:</p> $f(x) = 3x^4 - 2x^2 + 5x$ <p>Найдите вторую производную $f''(x)$ и вычислите её значение в точке $x = 1$.</p>	32	ПК-4

12.	Для функции: $f(x, y) = 2x^3 + 3y^2$ Найдите матрицу Гессе и запишите получившуюся диагональ в точке $(x, y) = (1, 1)$.	(12, 6)	ОПК-2
13.	Дана матрица: $B = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 4 \\ 0 & 4 & 3 \end{pmatrix}$ Найдите все собственные значения матрицы A . Запишите ответ через запятую по возрастанию собственных значений.	-1, 2, 7/ -1,2,7	УК-6
14.	Дана система уравнений: $\begin{cases} 3x + 2y - z = 1 \\ 2x - 2y + 4z = -2 \\ -x + 0.5y - z = 0 \end{cases}$ Решите систему уравнений методом Гаусса. Ответ выведите в форме значения вектора (x, y, z)	(1,-2,2)	УК-6
15.	Вычислите произведение матриц $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 7 & 8 \end{pmatrix}$. В качестве ответа запишите вектор-главную диагональ получившейся матрицы.	(19, 50)	ОПК-2
16.	Найдите обратную матрицу для $E = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 10 \end{pmatrix}$. В качестве ответа запишите вектор-главную диагональ получившейся матрицы.	(0.5, 0.1)/(0.5, 0.1)/(0.5, 0.1)/(0.5, 0.1)	ОПК-2
17.	Честная (равновероятная) монета подбрасывается 3 раза. Пусть I – индикатор события A : «выпало ровно два орла». Найдите математическое ожидание $E[I]$.	0.375/0,375	ОПК-2
18.	Для функции $f: R^2 \rightarrow R$ заданной по формуле $f(x, y) = \sin(xy) + x^2 \cos(y)$ найдите градиент в точке $(x, y) = (0, 1)$.	(1, 0)	ПК-3
19.	Какая из матриц является вырожденной? А) $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$ Б) $\begin{pmatrix} 2 & 4 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$ В) $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$	Б	ПК-3
20.	Расположите этапы вычисления градиента функции $f(x, y)$: А. Найти частные производные по x и y . Б. Записать функцию $f(x, y)$ в аналитическом виде. В. Объединить частные производные в вектор. Ответ запишите в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания, пример - ВБА	БАВ	ПК-3

21.	<p>Пусть V – вещественное линейное пространство. Отображение $(\cdot, \cdot) : V \times V \rightarrow \mathbb{R}$ называется скалярным произведением, если $\forall x, y, z \in V$ выполнено (выберите все верные аксиомы):</p> <p>А) $(x + y, x + y) = (x, y)$ Б) $(x, y) \geq 0$ $(x, y) = 0$ тогда и только тогда, когда $x = -y$ В) $(\alpha x, y) = \alpha(x, y), \forall \alpha \in \mathbb{R}$ Г) $(x, y) = (y, x)$ Д) $(x + y, z) = x + (y, z)$ Е) $(x + y, z) = (x, z) + (y, z)$ Ж) $\alpha(x, y) = (\alpha x, \alpha y), \forall \alpha \in \mathbb{R}$ З) $(x, x) \geq 0$ $(x, x) = 0$ тогда и только тогда, когда $x = 0$</p>	ВГЕЗ/ВГЗЕ/В ЕГЗ/ВЕЗГ/ВЗ ГЕ/ВЗЕГ/ГВЕ З/ГВЗЕ/ГЕВЗ/ ГЕЗВ/ГЗВЕ/Г ЗЕВ/ЕВГЗ/ЕВ ЗГ/ЕГВЗ/ЕГЗ В/ЕЗВГ/ЕЗГВ /ЗВГЕ/ЗВЕГ/З ГВЕ/ЗГЕВ/ЗЕ ВГ/ЗЕГВ	ПК-4
22.	<p>Для задачи оптимизации функции $z = xy + \frac{4}{x} + \frac{9}{y}$ с областью определения $x > 0$ и $y > 0$ при условии $xy = 1$, функция Лагранжа имеет вид</p> <p>А) $\mathcal{L} = xy + \frac{4}{x} + \frac{9}{y}$ Б) $\mathcal{L} = xy - 1 - \lambda \left(xy + \frac{4}{x} + \frac{9}{y} \right)$ В) $\mathcal{L} = xy + \frac{4}{x} + \frac{9}{y} + \lambda(xy - 1) - \alpha x - \beta y$ Г) $\mathcal{L} = \alpha \left(xy + \frac{4}{x} + \frac{9}{y} \right) - \lambda(xy - 1)$</p>	Г	ПК-4