

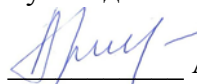


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

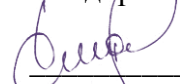
«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

 Артемьева И.Л.

«Утверждаю»

И.о. директора департамента

 Смагин С.В.
« 20 » июня 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Алгебраические методы в задачах сжатия, обработки и передачи информации

Направление подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

(Перспективные методы искусственного интеллекта в сетях передачи и обработки данных)

Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3
лекции 36 час.
практические занятия 36 час.
лабораторные работы 0 час.
всего часов аудиторной нагрузки 72 час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену 27 час.
контрольные работы (количество) не предусмотрены
курсовая работа/курсовой проект не предусмотрены
зачет не предусмотрен
экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 10.01.2018 № 13 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа составлена на основе разработанной и утвержденной Ученым советом факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (протокол № 7 от «29» сентября 2021 г.) РПД «Алгебраические методы в задачах сжатия, обработки и передачи информации».

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ, протокол № 6.1а от «17» июня 2022 г.

И.о. директора департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ
к.т.н. Смагин С.В.

Составитель (ли): профессор департамента ПИИИ ИМиКТ ДВФУ д.т.н. Артемьева И.Л., Матвеев С.А. к.ф.-м.н., доцент, факультет ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова

Владивосток
2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от «_____» _____ 200 г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от «_____» _____ 200 г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа дисциплины разработана при участии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» в рамках Соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю «искусственный интеллект», а также Программы развития «Образовательного комплекса по Искусственному Интеллекту» МГУ имени М.В. Ломоносова на период 2021-2024 гг. от 27 сентября 2021 г.

Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: изучение алгебраических методов в задачах сжатия, обработки и передачи информации для разработки и совершенствования методов, и алгоритмов при решении комплекса задач предметной области; формирование умений и навыков практической разработки архитектуры комплексных систем искусственного интеллекта.

Задачи:

1. определение связи теории графов и линейной алгебры;
2. ознакомление с тензорными разложениями и сжатием многомерных данных;
3. развитие у обучающихся умений проводить сравнительный анализ и осуществлять выбор инструментальных средств для решения задач машинного обучения;
4. развитие у обучающихся умений руководить выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта.

Изучение дисциплины базируется на освоении знаний о принципах работы операционных систем, традиционных компьютерных сетей, программно-конфигурируемых компьютерных сетей.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологический	ПК-8 Способен руководить проектами по созданию комплексных систем	ПК-8.1 Руководит разработкой архитектуры комплексных систем искусственного интеллекта

	искусственного интеллекта	ПК-8.2 Осуществляет руководство созданием комплексных систем искусственного интеллекта с применением новых методов и алгоритмов машинного обучения
Производственно-технологический	ПК-9 Способен руководить проектами по созданию, поддержке и использованию системы искусственного интеллекта на основе нейросетевых моделей и методов	ПК-9.1 Руководит работами по оценке и выбору моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения поставленной задачи

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-8.1 Руководит разработкой архитектуры комплексных систем искусственного интеллекта	<i>Знает</i> возможности современных инструментальных средств и систем программирования для решения задач машинного обучения. <i>Умеет</i> проводить сравнительный анализ и осуществлять выбор инструментальных средств для решения задач машинного обучения. <i>Владеет</i> навыками руководства разработкой архитектуры комплексных систем искусственного интеллекта
ПК-8.2 Осуществляет руководство созданием комплексных систем искусственного интеллекта с применением новых методов и алгоритмов машинного обучения	<i>Знает</i> функциональность современных инструментальных средств и систем программирования в области создания моделей и методов машинного обучения; принципы построения систем искусственного интеллекта, методы и подходы к планированию и реализации проектов по созданию систем искусственного интеллекта. <i>Умеет</i> применять современные инструментальные средства и системы программирования для разработки новых методов и моделей машинного обучения; руководить выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта. <i>Владеет</i> навыками руководства выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта
ПК-9.1 Руководит работами по оценке и выбору моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения поставленной задачи	<i>Знает</i> функциональность современных инструментальных средств и систем программирования в области создания моделей искусственных нейронных сетей <i>Умеет</i> проводить оценку и выбор моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения задач машинного обучения; применять современные инструментальные средства и системы программирования для разработки и обучения моделей искусственных нейронных сетей <i>Владеет</i> навыками применения современных инструментальных средств и систем программирования для разработки и обучения моделей искусственных нейронных сетей

1. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 144 академических часа, в том числе 72 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (36 академических часов занятий лекционного типа, 36 академических часов занятий практического типа) и 72 академических часа на самостоятельную работу обучающихся (включая 27 часов на подготовку к экзамену).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР:	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
в том числе контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Контроль из часов на СР	Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		
1	Тема 1. Необходимые понятия и факты линейной алгебры	3	6		6		12	27	Экзамен
2	Тема 2. Связь теории графов и линейной алгебры	3	6		6		12		
3	Тема 3. Тензорные разложения и сжатие многомерных данных. Основные свойства	3	8		8		16		
4	Тема 4. Популяционная динамика и образование сетевых сообществ	3	8		8		16		
5	Тема 5. Идентификация параметров моделей передачи информации	3	8		8		16		
6	Промежуточная аттестация (экзамен)	3					27		
	Итого:		36		36		72		

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1. Необходимые понятия и факты линейной алгебры	Напоминание о некоторых понятиях линейной алгебры: ранг матрицы, собственные значения, нормальные матрицы, эрмитовы матрицы, ортогональные матрицы, нормы и метрики, сингулярное разложение матрицы, линейная задача наименьших квадратов, библиотека numpy
2.	Тема 2. Связь теории графов и	Пересчёт количества маршрутов через степень

	линейной алгебры	матрицы, работа с циклами, переход от матрицы инцидентности к матрице связности, задача ранжирования и алгоритм PageRank, форматы хранения разреженных матриц (ijk, CSR), реализация вычислительных процедур на языке Python
3.	Тема 3. Тензорные разложения и сжатие многомерных данных. Основные свойства	Разложения с разделенными переменными и их связь с малоранговыми тензорными разложениями. Каноническое тензорное разложение, разложение в формате тензорного произведения. Примеры тензоров с известными значениями рангов различных тензорных разложений. Пояснения взаимосвязей между различными видами тензорных разложений.
4.	Тема 4. Популяционная динамика и образование сетевых сообществ	Описание процесса возникновения сетевых связей в сообществах, дискретный стохастический вид, переход в ОДУ через предельный переход, анализ сложности решения полученного класса ОДУ, циркулянтные матрицы, Теплицевы матрицы, быстрое преобразование Фурье, быстрый алгоритм вычисления правой части модельной системы роста кластеров/сообществ с использованием малоранговых матричных разложений и FFT, стохастический алгоритм имитационного моделирования процесса роста кластеров/сообществ, критическое время перехода при образовании сверхсвязного кластера
5.	Тема 5. Идентификация параметров моделей передачи информации	Разложение сигнала в ряд Вольтерра, сложность идентификации параметров модели, сжатие информации и поиск разреженных решений, дискретные задачи оптимизации, жадные алгоритмы решения дискретных задач оптимизации, методы глобальной оптимизации – метод имитации отжига, глобальная оптимизация на основе тензорных произведений, безградиентная оптимизация методами Розенброка и Нелдера-Мида.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия

Практическое занятие 1. Необходимые понятия и факты линейной алгебры.

1. Ранг матрицы
2. Собственные значения
3. Нормальные матрицы
4. Эрмитовы матрицы
5. Ортогональные матрицы
6. Нормы и метрики
7. Сингулярное разложение матрицы
8. Линейная задача наименьших квадратов
9. Библиотека numpy.

Практическое занятие 2. Связь теории графов и линейной алгебры.

1. Пересчёт количества маршрутов через степень матрицы
2. Работа с циклами
3. Переход от матрицы инцидентности к матрице связности
4. Задача ранжирования и алгоритм Pagerank
5. Форматы хранения разреженных матриц (ijk, CSR)
6. Реализация вычислительных процедур на языке Python.

Практическое занятие 3. Тензорные разложения и сжатие многомерных данных. Основные свойства.

1. Разложения с разделенными переменными и их связь с малоранговыми тензорными разложениями.
2. Каноническое тензорное разложение, разложение в формате тензорного произведения.
3. Примеры тензоров с известными значениями рангов различных тензорных разложений.
4. Пояснения взаимосвязей между различными видами тензорных разложений.

Практическое занятие 4. Популяционная динамика и образование сетевых сообществ.

1. Описание процесса возникновения сетевых связей в сообществах
2. Дискретный стохастический вид
3. Переход в ОДУ через предельный переход
4. Анализ сложности решения полученного класса ОДУ
5. Циркулянтные матрицы
6. Теплицевы матрицы
7. Быстрое преобразование Фурье
8. Быстрый алгоритм вычисления правой части модельной системы роста кластеров/сообществ с использованием малоранговых матричных разложений и FFT
9. Стохастический алгоритм имитационного моделирования процесса роста кластеров/сообществ
10. Критическое время перехода при образовании сверхсвязного кластера.

Практическое занятие 5. Идентификация параметров моделей передачи информации.

1. Разложение сигнала в ряд Вольтерра
2. Сложность идентификации параметров модели

3. Сжатие информации и поиск разреженных решений
4. Дискретные задачи оптимизации
5. Жадные алгоритмы решения дискретных задач оптимизации
6. Методы глобальной оптимизации – метод имитации отжига
7. Глобальная оптимизация на основе тензорных поездов
8. Безградиентная оптимизация методами Розенброка и Нелдера-Мида.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	в течение семестра	Работа с основной и дополнительной литературой, интернет-источниками. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к экзамену	72 часа	УО-1 Опрос (Собеседование); Экзамен
		ИТОГО	72 часа	

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью образовательного процесса и рассматривается как организационная форма обучения.

Самостоятельная работа по дисциплине осуществляется в виде внеаудиторных форм познавательной деятельности.

Самостоятельная работа включает в себя повторение теоретического и практического материала дисциплины, заслушиваемого и конспектируемого в ходе аудиторных занятий; изучение основной и дополнительной литературы, указанной в рабочей программе дисциплины, самоконтроль ответов на основные проблемные вопросы по темам занятий.

Результаты самостоятельной работы представляются в виде ответов на основные положения теоретического и практического материала дисциплины

по темам; собственных действий, осуществляемых в ходе подготовки к практическим занятиям.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Общие критерии оценки выполнения самостоятельной работы – правильность ответов на вопросы по темам теоретической части дисциплины, верность получаемых ответов в ходе опроса (собеседования), достижение правильного результата при осуществлении собственных действий.

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами (магистрантами) учебного материала;
- умения студента (магистранта) использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента (магистранта) активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.

Подготовка к практическому занятию

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем.

Работа с литературой.

Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-

библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при подготовке к практическим занятиям рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к зачету.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Методические указания к опросу (собеседованию).

УО-1 Опрос (Собеседование). В процессе опроса (собеседования) магистранту рекомендуется использовать изученные материалы и конспекты лекций. Во время опроса оценивается содержательность, правильность ответов на вопросы, нормативность высказывания обучающегося.

Оценивание опроса (собеседования) проводится по критериям:

- уровень оперирования научной терминологией;
- понимание информации, различие главного и второстепенного, сущности и деталей.

Критерии оценки (устный ответ)

100-85 баллов - «отлично», «зачтено» - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры.

85-76 - баллов - «хорошо», «зачтено» - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

75-61 - балл - «удовлетворительно», «зачтено» – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60-50 баллов - «неудовлетворительно» / «незачет» – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание проблематики изучаемой области.

5. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы/ темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация

1.	Темы: 1-5	ПК-8.1 Руководит разработкой архитектуры комплексных систем искусственного интеллекта	<p><i>Знает</i> возможности современных инструментальных средств и систем программирования для решения задач машинного обучения.</p> <p><i>Умеет</i> проводить сравнительный анализ и осуществлять выбор инструментальных средств для решения задач машинного обучения.</p> <p><i>Владеет</i> навыками руководства разработкой архитектуры комплексных систем искусственного интеллекта</p>	Работа на практическом занятии: УО-1 опрос (собеседование)	Экзамен
2.	Темы: 1-5	ПК-8.2 Осуществляет руководство созданием комплексных систем искусственного интеллекта с применением новых методов и алгоритмов машинного обучения	<p><i>Знает</i> функциональность современных инструментальных средств и систем программирования в области создания моделей и методов машинного обучения; принципы построения систем искусственного интеллекта, методы и подходы к планированию и реализации проектов по созданию систем искусственного интеллекта.</p> <p><i>Умеет</i> применять современные инструментальные средства и системы программирования для разработки новых методов и моделей машинного обучения; руководить выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта.</p> <p><i>Владеет</i> навыками руководства выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта</p>	Работа на практическом занятии: УО-1 опрос (собеседование)	Экзамен
3.	Темы: 1-5	ПК-9.1 Руководит работами по оценке и выбору моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения поставленной задачи	<p><i>Знает</i> функциональность современных инструментальных средств и систем программирования в области создания моделей искусственных нейронных сетей</p> <p><i>Умеет</i> проводить оценку и выбор моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения задач машинного обучения; применять современные инструментальные средства и системы программирования</p>	Работа на практическом занятии: УО-1 опрос (собеседование)	Экзамен

			<p>для разработки и обучения моделей искусственных нейронных сетей</p> <p><i>Владеет</i> навыками применения современных инструментальных средств и систем программирования для разработки и обучения моделей искусственных нейронных сетей</p>		
--	--	--	---	--	--

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе 9.

6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Матвеев, С. А. Параллельная реализация быстрого метода решения уравнений агрегационно-фрагментационной кинетики типа уравнений Смолуховского. Вычислительные методы и программирование. 2015; 16(3):360-8.
2. Тыртышников, Е. Е. Основы алгебры, физматлит. 2017.

Дополнительная литература

1. Галкин, В. А. Анализ математических моделей: системы законов сохранения, уравнения Больцмана и Смолуховского, 2009.
2. Horn, Roger A., and Charles R. Johnson. Matrix analysis. Cambridge university press, 2012.
3. Oseledets, I. V. (2011). Tensor-train decomposition. SIAM Journal on Scientific Computing, 33(5), 2295-2317.
4. Харари, Фрэнк. Теория графов. Издательство "Мир", 1973.
5. Тыртышников, Е. Е. Матричный анализ и линейная алгебра. Учебное пособие. (2007).
6. Тыртышников, Е. Е. Методы численного анализа. (2007).
7. Документация библиотеки Intel MKL
8. Документация библиотеки Numpy
9. Документация библиотеки SALib

10. Kolda, T. G., & Bader, B. W. (2009). Tensor decompositions and applications. *SIAM review*, 51(3), 455-500.
11. Matveev SA, Smirnov AP, Tyrtysnikov EE. A fast numerical method for the Cauchy problem for the Smoluchowski equation. *Journal of Computational Physics*. 2015 Feb 1;282:23-32.
12. Krapivsky PL, Redner S, Ben-Naim E. A kinetic view of statistical physics. Cambridge University Press; 2010 Nov 18.
13. Ильин В.А., Ким Г.Д. Линейная алгебра и аналитическая геометрия. М.: Изд-во Моск. ун-та; 1998.
14. Тыртышников Е.Е. Методы численного анализа. Академия; 2007.
15. Kolda T.G., Bader B.W. Tensor decompositions and applications. *SIAM review*. 2009 Aug 5;51(3):455-500.
16. "Matveev S.A., Zheltkov D.A., Tyrtysnikov E.E., Smirnov A.P. Tensor train versus Monte Carlo for the multicomponent Smoluchowski coagulation equation. *Journal of Computational Physics*. 2016 Jul 1;316:164-79.
17. Brilliantov N.V., Pöschel T. Kinetic theory of granular gases. Oxford University Press; 2010 Nov 11.
18. Leyvraz F. Scaling theory and exactly solved models in the kinetics of irreversible aggregation. *Physics Reports*. 2003 Aug 31;383(2):95-212.
19. Эффективный численный метод численного решения математической модели переноса коагулирующих частиц / Р. Р. Загидулин, А. П. Смирнов, С. А. Матвеев, Е. Е. Тыртышников // Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика. — 2017. — Т. 41, № 4. — С. 28–34.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Программный пакет tpy: <https://github.com/oseledets/>
2. <http://elibrary.ru>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программное обеспечение для подготовки слайдов лекций MS Power Point
2. Программное обеспечение для создания и просмотра pdf-документов Adobe Reader
3. Издательская система LaTeX
4. Операционная система ALT Linux MATE Starterkit 9 лицензия GPL
5. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая

лицензия

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Портал Министерства образования и науки РФ <http://www.edu.ru>
2. Система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании» <http://www.ict.edu.ru>
3. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
4. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
5. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Основной формой работы при изучении дисциплины являются лекционные и практические занятия.

При организации учебной деятельности на лекционных занятиях широко используются как традиционные, так и современные электронные носители информации, а также возможности информационных и коммуникационных образовательных технологий.

Цели лекционных занятий:

- создать условия для углубления и систематизации знаний по дисциплине;
- научить студентов использовать полученные знания для решения задач профессионального характера.

Лекционные и практические занятия проводятся в учебной группе.

Со стороны преподавателя студентам оказывается помощь в формировании навыков работы с литературой, анализа литературных источников.

Следует учитывать, что основной объем информации студент должен усвоить в ходе систематической самостоятельной работы с материалами, размещенными как на электронных, так и на традиционных носителях.

Для углубленного изучения материала курса дисциплины рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу.

Литературные источники доступны обучаемым в научной библиотеке (НБ) ДВФУ, а также в электронных библиотечных системах (ЭБС), с доступом по гиперссылкам — ЭБС издательства "Лань" (<http://e.lanbook.com/>), ЭБС Znanium.com НИЦ "ИНФРА-М" (<http://znanium.com/>), ЭБС IPRbooks

(<http://iprbookshop.ru/>) и другие ЭБС, используемые в ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>

Формами текущего контроля результатов работы студентов по дисциплине являются опрос (собеседование, работа на практических занятиях).

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется в форме экзамена в конце 3 семестра.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ДВФУ располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет.

Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения.
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D 733,733а.</p> <p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций,</p>	<p>Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 13)</p> <p>Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CСВА – 1 шт. Доска аудиторная, Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK с лицензионными программами</p>	<p>1С Предприятия8 (8.2), 7-Zip, ABBYY Lingvo12,Alice 3, Anaconda3,Autodesk,CodeBlocks,CorelDRAW X7,Dia,Directum4.8,DosBox-0.74,Farmanager,Firebird 2.5,FlameRobin,Foxit Reader,Free Pascal,Geany,Ghostscript,Git,Greenfoot,gsview,Inscapе0.91,Java,Java development Kit,Kaspersky,Lazarus,LibreOffice4.4,MatLab R2017b,Maxima 5.37.2,Microsoft Expression,Microsoft Office 2013,Microsoft Silverlight,Microsoft Silverlight 5SDK-русский,MicrosoftSistem Center,Microsoft Visial Studio 2012,MikTeX2.9,MySQL,NetBeans,Notepad++,Oracle VM VirtualBox,PascalABC.NET,PostgreSQL 9.4,PTC Mathcad,Putty,PyQt GPL v5.4.1 for Pythonv 3.4,Pyton2.7(3.4,3.6),QGIS Brighton,RStudio,SAM CoDeC Pack,SharePoint,Strawberry Perl,Tecnomatix,TeXnicCenter,TortoiseSVN,Unity2017.3.1f1,Veusz,Vim8.1,Visual Paradigm CE,Visual Studio2013,Windows Kits,Windows Phone SDK8.1,Xilinx Design ToolsAcrobat ReaderDC,AdobeBridge CS3,AdobeDeviceCentralCS3,Adobe ExtendScript Toolkit 2,Adobe Photoshpe CS3,DVD-студия Windows,GoogleChrome,Internet Explorer,ITMOproctor,Mozilla Firefox, Visual Studio Installer,Windows Media Center, WinSCP,</p>

текущего контроля и промежуточной аттестации	Microsoft Office 2013(13 шт.) и аудиовизуальными средствами проектор Panasonic DLPProjectorPT-D2110XE	
--	---	--

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

9. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме опроса (собеседования) на практических занятиях по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Для текущего контроля используется проведение опросов (собеседований) в рамках практических занятий. Прислушиваются и оцениваются ответы на вопросы.

Для дисциплины используются следующие оценочные средства:

1. Опрос (Собеседование) (УО-1)

Опрос (Собеседование) (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Перечень вопросов для проведения опроса (собеседования)

1. Методы ускорения получения малоранговых матричных разложений (matrix cross sampling, randomized svd)
2. Методы получения неотрицательных матричных разложений
3. Алгоритм Simrank в качестве альтернативы алгоритму Pagerank
4. Спектральная теория графов, какие характеристики графа можно получить из спектра матрицы связности
5. Метод ALS получения канонического тензорного разложения и его реализация
6. Использование малоранговых разложений для быстрых вычислений
7. Метод глобальной чувствительности Соболя на основе разложения ANOVA и альтернатива ему в виде представления ANCOVA
8. Ускорение вычислений и профилировка вычислительного кода в python: numba, cython, ctypes, pybind11
9. Получение разложения Таккера, связь разложения с математической статистикой
10. Тензорный поезд и рекуррентные нейронные сети
11. Идеология MUSCO (Multistage Compression) сжатия нейронных сетей с помощью тензорных разложений
12. Применение разреженного канонического разложения в задачах multidimensional digital pre-distortion
13. Применение малоранговых матричных и тензорных разложений при решении уравнений популяционного баланса
14. Малоранговые многомерные функции примеры и взаимосвязи между разложениями
15. Robust PCA через SVD

Методические указания к опросу (собеседованию).

УО-1 Опрос (Собеседование). В процессе собеседования магистранту рекомендуется использовать изученные материалы и конспекты лекций. Во время собеседования оценивается содержательность, правильность ответов на вопросы, нормативность высказывания обучающегося.

Оценивание собеседования проводится по критериям:

- уровень оперирования научной терминологией;
- понимание информации, различие главного и второстепенного, сущности и деталей.

Критерии оценки (устный ответ)

100-85 баллов - «отлично», «зачтено» - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается

глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры.

85-76 - баллов - «хорошо», «зачтено» - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

75-61 - балл - «удовлетворительно», «зачтено» – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60-50 баллов - «неудовлетворительно» / «незачет» – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание проблематики изучаемой области.

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Экзамен принимается ведущим преподавателем. В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Института по учебной и воспитательной работе, директор департамента имеет право принять экзамен в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании департамента по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего экзамен, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамене, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на экзамене посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Института, руководителя ОПОП или директора департамента), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются к экзамену с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «Неудовлетворительно», «Удовлетворительно», «Хорошо» или «Отлично».

Вопросы к экзамену

1. Пересчёт количества маршрутов через степень матрицы, работа с циклами, переход от матрицы инцидентности к матрице связности, задача ранжирования и алгоритм PageRank, форматы хранения разреженных матриц (ijk, CSR).

2. Разложения с разделенными переменными и их связь с малоранговыми тензорными разложениями.

3. Каноническое тензорное разложение, разложение в формате тензорного произведения.

4. Примеры тензоров с известными значениями рангов различных тензорных разложений. Пояснения взаимосвязей между различными видами тензорных разложений.

5. Описание процесса возникновения сетевых связей в сообществах, дискретный стохастический вид, переход в ОДУ через предельный переход, анализ сложности решения полученного класса ОДУ, циркулянтные матрицы.

6. Теплицевы матрицы, быстрое преобразование Фурье, быстрый алгоритм вычисления правой части модельной системы роста кластеров/сообществ с использованием малоранговых матричных разложений и FFT.

7. Стохастический алгоритм имитационного моделирования процесса роста кластеров/сообществ, критическое время перехода при образовании сверхсвязного кластера

8. Разложение сигнала в ряд Вольтерра, сложность идентификации параметров модели, сжатие информации и поиск разреженных решений, дискретные задачи оптимизации.

9. Жадные алгоритмы решения дискретных задач оптимизации.

10. Методы глобальной оптимизации – метод имитации отжига.

11. Глобальная оптимизация на основе тензорных поездов.

12. Безградиентная оптимизация методами Розенброка и Нелдера-Мида.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
«отлично»	выставляется студенту, если даны полные и правильные ответы на все вопросы экзаменационного билета в соответствии с требованиями, предъявляемыми программой; содержание ответа изложено логично и последовательно; существенные фактические ошибки отсутствуют; ответ соответствует нормам русского литературного языка. Студент должен дать исчерпывающие и правильные ответы на уточняющие и дополнительные вопросы по теме вопросов билета.
«хорошо»	выставляется студенту в случае, когда содержание ответа, в основном, соответствует требованиям, предъявляемым к оценке «отлично», т. е. даны полные правильные ответы на вопросы экзаменационного билета с соблюдением логики изложения материала, но при ответе допущены небольшие ошибки и погрешности, не имеющие принципиального характера
«удовлетворительно»	выставляется студенту, не показавшему знания в полном объеме, допустившему ошибки и неточности при ответе на вопросы экзаменационного билета, продемонстрировавшему неумение логически выстроить материал ответа и сформулировать свою позицию. При этом хотя бы по одному из вопросов ошибки не должны иметь принципиального характера
«неудовлетворительно»	выставляется студенту, если он не дал ответа хотя бы на один вопрос экзаменационного билета; дал неверные, содержащие фактические ошибки, ответы на все вопросы; не смог ответить более, чем на половину дополнительных и уточняющих вопросов. Неудовлетворительная оценка выставляется выпускнику, отказавшемуся отвечать на вопросы билета

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения по дисциплине				
Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач