

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан



Л. В. Гензе

« 28 » 06 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Вычислительная линейная алгебра

по направлению подготовки

02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки :

Основы научно-исследовательской деятельности в области математики и компьютерных наук

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.3.02

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП



Л. В. Гензе

Председатель УМК



Е. А. Тарасов

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-7 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 7.1 Владеет навыками использования основных языков программирования для решения задач науки и техники.

ИОПК 7.2 Демонстрирует умение отбора среди существующих математических методов, наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи, в том числе с применением современных вычислительных систем.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат вычислительной линейной алгебры.

– Получить навыки реализации, оптимизации и распараллеливания матричных алгоритмов на современной вычислительной технике.

– Освоить методы вычислительной линейной алгебры, подбирая и сочетая их при анализе и решении конкретных теоретических и прикладных задач.

– Научиться применять понятийный аппарат для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Пятый семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: программирование, алгебра, математический анализ.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 32 ч.

-практические занятия: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Векторные и матричные алгоритмы

Введение. Векторные и матричные алгоритмы. Реализация алгоритма умножения матриц большой размерности. Учет структуры матриц. Реализация алгоритмов обработки матриц со специальной структурой. Блочные матрицы и алгоритмы. Реализация алгоритма блочного умножения матриц.

Тема 2. LU-разложение.

Треугольные системы. Прямая и обратная подстановки. Матрицы преобразования Гаусса. LU-разложение. Перестановочные матрицы. Выбор ведущего элемента. Положительно определенные системы. Метод Холессокого.

Тема 3. Ортогонализация и метод наименьших квадратов

Матрицы Хаусхолдера и Гивенса. QR-разложение. Решение задачи наименьших квадратов.

Тема 4. Итерационные методы решения СЛАУ.

Метод Якоби. Метод Зейделя. Метод наименьших квадратов. Метод сопряженных градиентов.

Тема 5. Параллельные матричные вычисления на многопроцессорной вычислительной технике.

Распараллеливание матричных алгоритмов для систем с общей и распределенной памятью.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения индивидуальных заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в пятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос и две задачи. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Операции над матрицами и векторами. Вычисление скалярных произведений. Операций $saхру$ и $gaхру$. Модификация внешним произведением.

2. Алгоритмы умножения матриц.

3. Ленточные матрицы. Хранение и умножение на вектор ленточных матриц.

4. Симметричные матрицы. Хранение и умножение на вектор симметричных матриц.

5. Матрицы преобразования Гаусса. LU-разложение. Выбор главного элемента.

6. Постановка задачи наименьших квадратов. Ортогональные матрицы вращения.

7. Ортогональные матрицы отражения. QR-разложение и решение задачи наименьших квадратов.

8. Итерационные методы Якоби и Зейделя. Метод наискорейшего спуска.

9. Операция $gaхру$ на распределенной памяти.

10. Операция $gaхру$ на общей памяти.

Примеры задач:

1. С помощью метода наименьших квадратов найти квадратичную аппроксимацию для данных

| | | | | | | | |
|-------|-------|--------|------|------|--------|------|--------|
| t_i | -1.00 | -0.75 | -0.5 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.75 |
| y_i | 1.00 | 0.8125 | 0.75 | 1.00 | 1.3125 | 1.75 | 2.3125 |

2. Найти линейное приближение по методу наименьших квадратов для данных с помощью базиса $\varphi_1(t) = 50$, $\varphi_2(t) = t - 1065$.

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| t_i | 1000 | 1050 | 1060 | 1080 | 1110 | 1130 |
| y_i | 6010 | 6153 | 6421 | 6399 | 6726 | 6701 |

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

При ответе на вопросы оценивается полнота и точность ответа, логичность и аргументированность изложения материала, умения использовать в ответе фактический материал. Итоговая оценка выставляется с учетом суммы оценок за выполнение индивидуальных работ и оценки зачета.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=31740>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Саад Ю. Итерационные методы для разреженных линейных систем : в 2 т. Т. 1 / Юсеф Саад ; пер. с англ. Х. Д. Икрамова. – 2-е изд. – М. : Изд-во Московского университета, 2013. – 321 с.

– Старченко А. В. Методы параллельных вычислений : [учебник] / А. В. Старченко, В. Н. Берцун ; Том. гос. ун-т. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2013. – 224 с. <http://math.tsu.ru/sites/default/files/mmf2/e-resources/parallel%20comp%20meth.pdf>

– Практикум по методам параллельных вычислений : [учебник] / А. В. Старченко, Е. А. Данилкин, В. И. Лаева, С. А. Проханов ; под ред. А. В. Старченко ; Томский гос. ун-т ; Суперкомпьютерный консорциум ун-тов России. – М. : Изд-во Московского университета, 2010. – 199 с. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000421177>

– Гергель В. П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных много-ядерных систем : [учебник] / В. П. Гергель ; Б-ка Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского ; Суперкомпьютерный консорциум ун-тов России. – М. : Физматлит [и др.], 2010. – 539 с.

– Высокопроизводительные вычисления на кластерах. Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2008. – 198 с. <http://math.tsu.ru/sites/default/files/mmf2/e-resources/parallel.pdf>

б) дополнительная литература:

– Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. М: Мир, 1999. 548 с.

– Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения. Пер. с англ. М: Мир, 2001. 430 с.

– Уоткинс Д. Основы матричных вычислений. Пер. с англ. М.: БИНОМ. Лабораторные занятия, 2006. 664 с.

– Хокни, Джесхоуп. Параллельные ЭВМ. М.: Радио и связь, 1986.

– Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. М.: Мир, 1991.

– Фадеева В.Н., Фадеев Д.К. Параллельные вычисления в линейной алгебре.

– Воеводин В.В. Математические модели и методы в параллельных процессах.

– Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Нижний Новгород: ННГУ, 2002. 122с.

– Воеводин В.В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. -СПб: БХВ - Петербург, 2002. -608 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– <http://parallel.ru/>

– <http://www.netlib.org/blas/>

- <https://software.intel.com/en-us/intel-mkl>
- Массовый открытый онлайн-курс «Введение в параллельное программирование с использованием OpenMP и MPI» <https://www.coursera.org/learn/parallelnoye-programmirovaniye>
- <http://top500.org>
- <http://top50.supercomputers.ru>

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
 - putty (дистрибутив putty) <https://www.putty.org/>
 - winscp (дистрибутив winscp) <https://winscp.net/eng/download.php>
- б) информационные справочные системы:
- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

14. Материально-техническое обеспечение

- Аудитории для проведения занятий лекционного типа.
- Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.
- Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.
- Доступ на вычислительный кластер ТГУ Cyberia.

15. Информация о разработчиках

Данилкин Евгений Александрович, кандидат физико-математических наук, кафедры вычислительной математики и компьютерного моделирования ММФ ТГУ, доцент.