

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Проректор по учебной работе

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Прикладная линейная алгебра
по направлению:	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
профиль подготовки:	Телекоммуникационные сети и системы
	Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий
	кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: И.В. Горючкина, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем передачи информации и анализа данных 20.04.2020

Аннотация

Курс “Прикладная линейная алгебра” направлен на ознакомление студентов третьего курса со стандартными задачами вычислительной линейной алгебры (ВЛА) и, связанными с ними алгоритмами, оценками погрешностей вычислений и теоремами линейной алгебры. Эти задачи относятся к трем темам: решение линейных алгебраических систем с невырожденной квадратной матрицей (метод LU разложения, метод Холецкого), линейная задача наименьших квадратов (методы, связанные с вычислением QR разложения, сингулярные разложения), и сингулярные задачи (итерационные методы вычисления собственного значения, разложения Шура). В процессе обучения студентам даются маленькие теоретические задания, а также практические задания на программирование.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Дать представление об основных алгоритмах вычислительной алгебры и их обоснования.

Задачи дисциплины

- обучить студентов основным алгоритмам вычислительной линейной алгебры вместе с их строгим математическим обоснованием;
- научить оценивать достоинства и недостатки алгоритмов при решении задачи с точки зрения их точности и затратности;
- научить реализовывать эти алгоритмы в пакете Matlab.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные и прикладные научные знания в области естественных наук
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.2 Владеет навыками реализации новых принципов и методов исследования в современных инфокоммуникационных системах и сетях

ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций при поиске научно-технической информации в своей профессиональной деятельности
--	---

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные задачи, алгоритмы и теоремы вычислительной линейной алгебры.

уметь:

- применять алгоритмы вычислительной линейной алгебры;
- оценивать сложность и погрешность алгоритмов;
- реализовывать алгоритмы с помощью пакета Matlab.

владеть:

- навыком отыскания оптимального пути решения задачи;
- навыками оценки необходимых затрат машинного времени для решения поставленной задачи.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение.		2		1
2	Итеративные методы для решения линейных систем.		4		2
3	Линейные системы общего вида.		4		2
4	Линейные системы специального вида.		2		1
5	Метод наименьших квадратов.		4		2
6	Методы Крыловского типа.		4		2
7	Несимметричная проблема собственных значений.		4		2
8	Предобуславливание.		4		2
9	Симметричная проблема собственных значений.		2		1
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Введение.

Типичные задачи вычислительной линейной алгебры. Матричный анализ. Теория возмущений и числа обусловленности. Вычисления с конечной точностью. Анализ сложности алгоритмов. Краткий обзор программных библиотек (BLAS, LAPACK).

2. Итеративные методы для решения линейных систем.

Необходимость итеративных методов. Стандартные итерации. Метод сопряженных градиентов. Связь с методом Ланцоша. GMRES.

3. Линейные системы общего вида.

Треугольные системы. LU-разложение. Анализ ошибок округления. Улучшения алгоритма.

4. Линейные системы специального вида.

Симметричные положительно определенные матрицы. Симметричные неопределенные матрицы. Ленточные матрицы. Разреженные матрицы. LDMT и LDLT разложения.

5. Метод наименьших квадратов.

Ортогональные матрицы. Матрицы Хаус-холдера и Гивенса. QR-разложение. SVD-разложение. Сравнение эффективности методов.

6. Методы Крыловского типа.

Крыловские подпространства. Метод Арнольди. Метод Ланцоша для эрмитовых матриц. Сходимость процесса Ланцоша. Сходимость процесса Арнольди. Практическая реализация метода Ланцоша в неточной арифметике. Библиотека ARPACK.

7. Несимметричная проблема собственных значений.

Свойства и разложения. Хессенбергова форма и форма Шура. Теория возмущений. Степенной метод. Обратный метод. Устойчивый QR метод. QR метод с неявными сдвигами. Сравнение производительности и точности методов.

8. Предобуславливание.

Необходимость предобуславливания при решении линейных систем и задач на собственные значения. ILU и IC предобуславливатели. Обращение и сдвиг. Полиномиальное предобуславливание. Метод Давидсона.

9. Симметричная проблема собственных значений.

Симметричный QR. SVD. Методы Якоби. Метод "разделяй и властвуй". Сравнение производительности и точности методов.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектор или плазменная панель), доска, ноутбук.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Линейная алгебра и некоторые ее приложения [Текст] : учебное пособие для вузов : доп. М-вом высш. и сред. спец. образов. СССР / Л. И. Головина .— М. : Наука, 1971 .— 288 с.

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

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

3. Saad Y. Numerical Methods for Large Scale Eigenvalue problems. 1992. – 358 p. [имеется в библиотечном фонде кафедры]

Дополнительная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

2. Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения. Мир, 2001. – 435 с.

3. Saad Y. Iterative Methods for Sparse Linear Systems. SIAM, 2003. – 528 с. [имеется в библиотечном фонде кафедры]

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://lib.mipt.ru> – электронная библиотека Физтеха.

2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».

3. <http://benran.ru> – библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы, методы доказательств.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
профиль подготовки:	Телекоммуникационные сети и системы Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	И.В. Горючкина, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные и прикладные научные знания в области естественных наук
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.2 Владеет навыками реализации новых принципов и методов исследования в современных инфокоммуникационных системах и сетях
ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций при поиске научно-технической информации в своей профессиональной деятельности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Прикладная линейная алгебра» обучающийся должен:

знать:

- основные задачи, алгоритмы и теоремы вычислительной линейной алгебры.

уметь:

- применять алгоритмы вычислительной линейной алгебры;
- оценивать сложность и погрешность алгоритмов;
- реализовывать алгоритмы с помощью пакета Matlab.

владеть:

- навыком отыскания оптимального пути решения задачи;
- навыками оценки необходимых затрат машинного времени для решения поставленной задачи.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого семинара или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Решение систем линейных уравнений методом гауссова исключения (LU-разложение).
2. Оценка чисел обусловленности линейных систем.
3. Системы с симметрической матрицей и ленточные системы. Разложение Холецкого.
4. Линейная задача наименьших квадратов. Методы отражений Хаусхолдера и вращений Гивенса. QR-разложение.
5. Линейная задача наименьших квадратов. Синглярное разложение.
6. Проблема отыскания собственных значений. Формы Хессенберга и Шура. Отыскание собственных векторов с помощью формы Шура.
7. Степенной метод и метод обратных итераций. Нахождение формы Шура методами ортогональных итераций и QR-итераций.
8. Отыскание собственных значений и собственных векторов симметричной матрицы: метод «разделяй и властвуй» и метод Якоби.
9. Нахождение сингулярного разложения с помощью алгоритмов нахождения собственных значений и собственных векторов симметричных матриц.
10. Системы с неявно заданной матрицей. Крыловские подпространства. Методы Арнольди и Ланцоша. Решение системы с помощью крыловских подпространств.
11. Итеративные методы.

Критерии оценивания

отлично(10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

отлично(9) выставляется студенту, показавшему свободное оперирование знаниями учебной программы дисциплины, выполнение заданий творческого характера.

отлично(8) выставляется студенту, показавшему владение программным учебным материалом с наличием несущественных ошибок в действиях, самостоятельно исправляемых учащимся.

хорошо(7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускается в ответе или в решении задач некоторые неточности.

хорошо(6) выставляется студенту, если он осознает воспроизведение программного учебного материала, в том числе и различной степени сложности, с несущественными ошибками, затруднения в применении отдельных навыков.

хорошо(5) выставляется студенту если теоретическое содержание освоено не полностью, некоторые практические навыки сформированы недостаточно, в некоторых случаях были допущены ошибки.

удовлетворительно(4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

удовлетворительно(3) выставляется студенту в случае большого количества недочетов и неправильных ответов, а также пассивной работе в ходе занятий, многие учебные задания не выполнены.

неудовлетворительно(2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

неудовлетворительно(1) выставляется студенту, который не освоил теоретическое и практическое содержание курса, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

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

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.