

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

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Л. В. Гензе

Рабочая программа дисциплины

Численные методы оптимизации

по направлению подготовки / специальности

02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:
Вычислительная математика и компьютерное моделирование

Форма обучения

Очная

Квалификация

**Математик. Преподаватель / Математик. Вычислитель /
Исследователь в области математики и компьютерных наук**

Год приема

2024, 2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Л.В. Гензе

Председатель УМК

Е.Г. Тарасов

Томск – 2024

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук и механики в профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ООПК-1.1 Знает типовые постановки задач математики и механики, классические методы решения, теоретические основы методов и границы их применимости

ООПК-1.2 Способен адаптировать известные математические методы для решения поставленной задачи в области математики и механики

ООПК-1.3 Способен провести решение поставленной задачи в области математики и механики с использованием полученных фундаментальных знаний и получить результат

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить базовые знания по теории и методам решения некоторых классов экстремальных задач.

– Научиться применять на практике полученные теоретические знания для численного решения задач оптимизации на ЭВМ.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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

Шестой семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

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

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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. Постановка задачи оптимизации.

Задача безусловной оптимизации. Необходимые и достаточные условия локальной оптимальности в задачах безусловной оптимизации. Задача условной оптимизации. Классификация задач математического программирования.

Тема 2. Элементы выпуклого анализа.

Выпуклые множества и выпуклые функции. Дифференциальные критерии выпуклости. Экстремальные свойства выпуклых функций.

Тема 3. Начальные сведения о численных методах оптимизации.

Классификация численных методов оптимизации. Понятие сходимости методов оптимизации: поточечная, функциональная, по градиенту. Общая схема методов спуска. Необходимый и достаточный признаки направления убывания функции. Правила выбора длины шага вдоль выбранного направления.

Тема 4. Методы линейного поиска функции одной переменной

Теорема о сокращении интервала неопределенности. Метод дихотомического поиска. Метод золотого сечения.

Тема 5. Методы нулевого порядка.

Методы случайного поиска: метод поиска с возвратом при неудачном шаге, метод наилучшей пробы. Методы координатного спуска: циклический покоординатный спуск, метод конфигураций. Сходимость метода координатного спуска для дифференцируемой, ограниченной снизу функции.

Тема 6. Методы первого порядка.

Методы градиентного спуска. Сходимость метода градиентного спуска для ограниченной снизу функции. Оценка скорости сходимости метода градиентного спуска для сильновыпуклой функции. Оценка скорости сходимости метода скорейшего спуска для сильновыпуклой функции. Методы сопряженных градиентов. Оценка скорости сходимости метода для квадратичной функции. Варианты метода сопряженных градиентов: Флетчера-Ривза, Полака-Рибьера, Дениэла. Сходимость методов и оценка скорости сходимости для не квадратичной функции.

Тема 7. Методы второго порядка.

Метод Ньютона. Метод Марквардта. Метод Ньютона с регулировкой шага. Оценка скорости сходимости метода Ньютона. Квазиньютоновские методы. Сходимость квазиньютоновских методов.

Тема 8. Методы условной оптимизации.

Понятие штрафной функции. Вспомогательная задача со штрафом. Метод внешних штрафов. Сходимость метода штрафных функций. Методы поиска условного глобального экстремума: метод дифференциальной эволюции, алгоритм «стаи серых волков».

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проверки выполнения индивидуальных заданий на практических занятиях и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в шестом семестре проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей: двух теоретических вопросов и задачи. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «IDo» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=13897>

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

План практических занятий по дисциплине:

Исследование функций на выпуклость. (2 часа)

Алгоритмы линейного поиска минимума функции одной переменной. (4 часа)

Решение задач безусловной оптимизации: методы нулевого порядка (4 часа), методы 1 и 2 порядков (10 часов).

Решение задач условной оптимизации. (8 часов)

Обработка полученных результатов, написание отчета по выполненным индивидуальным заданиям. (4 часа)

г) Все индивидуальные задания подобраны так, чтобы максимально стимулировать психологическую установку студентов на формирование связи между математической теорией и ее практическим применением. На практических занятиях обучающийся разрабатывает алгоритмы решения поставленных задач предложенными методами, составляет программы на языке программирования C++ или Python, тестирует программы и анализирует полученные результаты. Отчет по заданию включает: постановку задачи, описание численных методов для решения поставленной задачи, программы для проведения расчетов, результаты проведенных расчетов.

д) Самостоятельная работа включает в себя: освоение лекционного курса, практическое выполнение заданий, подготовку к экзамену. Для выполнения самостоятельной работы обеспечивается доступ к информационным ресурсам курса:

- материалы лекций;
- список вопросов для самостоятельной проверки знаний и подготовки к экзамену;
- список литературы, включающий учебники и книги по изучаемым в курсе вопросам.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Карманов В.Г. Математическое программирование: Учебное пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 263 с.

– Сухарев А.Г, Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации: Учебное пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 367 с.

– Измаилов А.Ф., Солодов М.В. Численные методы оптимизации: Учебное пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 304 с.

– Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н. Методы оптимизации: учебное пособие. – М.: ИНФРА – М, 2013. – 269 с.

– Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2015. – 511 с.

– Лесин В. В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2016. – 340с.

- Базара М., Шетти К. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. – М.: Мир, 1982.- 583 с.
- Пантелеев А. В., Метлицкая Д. В., Алешина Е.А. Методы глобальной оптимизации. Метаэвристические стратегии и алгоритмы // М.: Вузовская книга. 2013. - 244 с.

б) дополнительная литература:

- Пшеничный Б.Н., Данилин Ю.М. Численные методы в экстремальных задачах. – М.: Наука, 1975. – 320 с.
- Алексеев В.М., Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи: Учебное пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005 – 256 с.
- Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Оптимизация. Теория. Примеры. Задачи. – М.: Эдиториал УРСС, 2010. – 335 с.
- Гончаров В.А. Методы оптимизации: Учебное пособие. – М.: Изд-во Юрайт. Высшее образование, 2010. – 191 с.
- Частикова В.А., Жерлицын С.А. Исследование алгоритма серых волков // Научные труды КубГТУ, № 16, 2016. – С. 136-142.
- Пантелеев А. В., Скавинская Д. В., Алешина Е.А. Метаэвристические алгоритмы поиска оптимального программного управления // М.: ИНФА-М, 2024. - 396 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>
- Портал естественных наук <http://e-science.sources.ru/>
- Сайт обучающих курсов ведущих вузов мира <http://www.coursera.org/>
- Сайт открытых курсов MIT <https://ocw.mit.edu/index.htm>
- ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
- Научная библиотека ТГУ <http://www.lib.tsu.ru/>
- Научная электронная библиотека <http://elibrary.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 On-eNote, 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.).

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>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

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.

Оснащение аудиторий 314, 316, 319:

интерактивный набор (доска InterWrite, экран, 2 проектора EPSON) 16 компьютеров;

свободное и лицензионное программное обеспечение: операционные системы: Microsoft Windows 10; офисные и издательские пакеты: Microsoft Office 2013, MikTeX+TeXstudio, Libre Office; средства разработки приложений и СУБД: Microsoft Visual Studio 2015, Delphi 2006 (для работы с базами данных - Borland Database Engine, Database Desktop), Lazarus, PascalABC.NET, Intel Fortran Compiler 2015 (Parallel Studio), CUDA Toolkit 10.2, IDE CodeBlocks, MinGW compilers (C, C++, Fortran), Qtcreator, cmake, python3 (anaconda3), Visual Studio Code, R-lang, node.js, Pycharm, free pascal;

математические пакеты: PTC Mathcad 15, Mathematica 8, Maple 15, Matlab R2015; пакеты математической и графической обработки данных: Golden Software Grapher, Golden Software Surfer;

пакеты для решения задач вычислительной гидродинамики: Ansys 17.2, Fluent 6.3 + Gambit;

утилиты для получения удаленного доступа Winscp, Putty, Xming;

утилиты 7zip, Adobe Acrobat Reader, DjVu Reader, Far manager, Mozilla Firefox, Notepad++.

15. Информация о разработчиках

Лаева Валентина Ивановна, кафедра вычислительной математики и компьютерного моделирования ММФ ТГУ, старший преподаватель.