

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 30.09.2023 14:35:25
Уникальный программный ключ: ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Утверждаю:

Руководитель ООП:

С.М. Дудаков

«августа» 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

09.03.03 Прикладная информатика

Профиль подготовки

«Прикладная информатика в мехатронике»

Для студентов 2 курса

Очная форма

Составитель: к.ф.-м.н. Рябова О.А.

Тверь, 2021

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является изложение основных сведений о методах оптимизации.

Задачами освоения дисциплины являются:

- освоение фундаментальных понятий методов оптимизации;
- умение применять методы оптимизации при решении самых различных в содержательном смысле задач в области экономики, системного анализа, исследования операций и др.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Данная дисциплина относится к разделу «Математический» обязательной части Блока 1.

Для изучения этой дисциплины необходимы базовые знания, полученные в результате изучения курсов математического анализа, алгебры, навыки разработки алгоритмов и программ. Освоение данной дисциплины необходимо для изучаемых в дальнейшем дисциплин, использующих математический аппарат.

Данная дисциплина необходима для изучения дисциплины «Оптимизационные задачи управляемых процессов в экономике».

3. Объем дисциплины:

Объем дисциплины: 6 зачетных единицы, 216 академических часов, в том числе:

контактная аудиторная работа: лекции 48 часов, в т.ч. практическая подготовка 24 часа; лабораторные работы 48 часов, в т.ч. практическая подготовка 48 часов;

контактная внеаудиторная работа: контроль самостоятельной работы ___ -- ___, в том числе курсовая работа ___ -- ___;

самостоятельная работа: 110 часов, в том числе контроль 36 часов.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|--|--|
| <p>ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования</p> | <p>ОПК-6.1 Знает основы методов оптимизации и исследования операций ОПК-6.2 Применяет методы математического моделирования для автоматизации задач принятия решений, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем и технологий ОПК-6.3 Владеет навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий</p> |
| <p>ОПК-7 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения</p> | <p>ОПК-7.1 Знает основные языки программирования, операционные системы и оболочки, современные программные среды разработки информационных систем и технологий ОПК-7.2 Применяет языки программирования, современные программные среды разработки информационных систем и технологий для автоматизации бизнес-процессов, решения прикладных задач различных классов ОПК-7.3 Владеет навыками программирования, отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач</p> |

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Экзамен - 4 семестр

6. Язык преподавания русский.

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

| Учебная программа – наименование разделов и тем | Всего о (час.) | Контактная работа (час.) | | | | Самос тоятель ная работ а, в том числе Контр оль (час.) | |
|---|----------------------|--------------------------|--|----------------------------|---|--|---|
| | | Лекции | | Лаборатор ные работы | | | Контро ль самост оятель ной работы (в том числе курсов ая работа) |
| | | всего | в т.ч. прак - тиче с-кая подг отов ка | всего | в т.ч. пра к- тич ес- кая под гот овк а | | |
| Введение. | 10 | 2 | | – | | – | 8 |
| Безусловная оптимизация, условия оптимальности. | 42 | 10 | 5 | 8 | 8 | – | 24 |
| Численные методы безусловной минимизации. | 90 | 18 | 9 | 22 | 22 | – | 40 |
| Численные методы условного экстремума. | 48 | 10 | 5 | 14 | 14 | – | 24 |
| Задачи выпуклого программирования. | 26 | 8 | 4 | 4 | 4 | – | 14 |
| ИТОГО | 216 | 48 | 24 | 48 | 48 | – | 110 |

III. Образовательные технологии

| Учебная программа – наименование разделов и тем <i>(в строгом соответствии с разделом II РПД)</i> | Вид занятия | Образовательные технологии |
|---|-------------|--|
| Введение | Лекции | 1. Изложение теоретического материала |

| | | |
|--|-----------------------------|--|
| Безусловная оптимизация, условия оптимальности | Лекции, лабораторные работы | 1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач 3. Выполнение РГР |
| Численные методы безусловной минимизации | Лекции, лабораторные работы | 1. Изложение теоретического материала 2. Выполнение РГР |
| Численные методы условного экстремума | Лекции, лабораторные работы | 1. Изложение теоретического материала 2. Выполнение РГР |
| Задачи выпуклого программирования | Лекции, лабораторные работы | 1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач |

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании лекций, лабораторных занятий и различных форм самостоятельной работы студентов. В процессе освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии, способы и методы формирования компетенций: традиционные лекции, лабораторные работы. Дисциплина предусматривает выполнение контрольных работ, расчетно-графических работ.

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического

ОПК-6.1 Знает основы методов оптимизации и исследования операций

1. Исследование операций – научный подход к решению задач организационного управления.

2. Задачи оптимизации. Краткая классификация.

3. Минимизация функции одной переменной. Основные определения.

Способ проведения – устный.

Критерии оценивания:

Дан правильный развернутый ответ – 2 балла;

Ответ содержит неточности – 1 балл.

ОПК-6.2 Применяет методы математического моделирования для автоматизации задач принятия решений, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем и технологий

1. Постановка задачи стратегии поиска.

2. Сформулировать необходимое условие экстремума в задачах безусловной оптимизации.

Способ проведения – письменный.

Критерии оценивания:

Дан правильный развернутый ответ – 2 балла;

Ответ содержит неточности – 1 балл.

ОПК-6.3 Владеет навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий

1. Численными методами безусловной оптимизации найти экстремум функций:

а) ~~$f(x_1, x_2) = 4x_1^2 - 4x_2^2$~~ ;

б) ~~$f(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2$~~ .

2. Численными методами решить задачу

~~$f(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2 - 5x_1$~~

Способ проведения – письменный.

Критерии оценивания:

Дан правильный развернутый ответ – 2 балла;

Ответ содержит неточности – 1 балл.

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

ОПК-7.1 Знает основные языки программирования, операционные системы и оболочки, современные программные среды разработки информационных систем и технологий

1. Найти точку минимума функции методом золотого сечения $f(x) = x^2 + 3x(\lg(x) - 1)$ на отрезке $[0,5;1]$ при $\varepsilon=0,05$.

2. Найти минимум функции методом Ньютона $f(x) = (x_2 - x_1^2)^2 + (1 - x_1)^2$;

начальное значение $x^0 = (0; 0)^T$.

Способ проведения – устный.

Критерии оценивания:

Дан правильный развернутый ответ – 2 балла;

Ответ содержит неточности – 1 балл.

ОПК-7.2 Применяет языки программирования, современные программные среды разработки информационных систем и технологий для автоматизации бизнес-процессов, решения прикладных задач различных классов

1. Найти точку минимума функции $f(x)=x^4+2x^2+4x+1$ на отрезке $[-1;0]$ при $\varepsilon=0,1$.

2. Найти минимум функции методом наискорейшего спуска

$f(x)=x_1^3-x_1x_2+x_2^2-2x_1+3x_2-4$; $x^0=(0;0)^T$

Способ проведения – устный.

Критерии оценивания:

Дан правильный развернутый ответ – 2 балла;

Ответ содержит неточности – 1 балл.

ОПК-7.3 Владеет навыками программирования, отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач

1. Написать программу для реализации метода наискорейшего градиентного спуска.

2. Реализовать алгоритм метода штрафных функций. Изучить зависимость скорости работы (числа вычислений функции N) от заданного значения точности ε . Исследовать, как зависит работа рассматриваемого алгоритма от выбора начального приближения.

Способ проведения – устный.

Критерии оценивания:

Дан правильный развернутый ответ – 2 балла;

Ответ содержит неточности – 1 балл.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

1. Пантелеев, А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 512 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=67460
2. Пантелеев А.В. Методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Пантелеев А.В., Летова Т.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос, 2011.— 424 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9093.html>

б) Дополнительная литература:

1. Гладких Б.А. Методы оптимизации и исследование операций для бакалавров информатики: учебное пособие / Б.А. Гладких. – Томск: Издательство "НТЛ", 2011. – Ч. 2. Нелинейное и динамическое программирование. – 264 с. – ISBN 978-5-89503-483-5; То же [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=200917>
2. Гладких Б.А. Методы оптимизации и исследование операций для бакалавров информатики : учебное пособие / Б.А. Гладких. - Томск : Издательство "НТЛ", 2009. - Ч. 1. Введение в исследование операций. Линейное программирование. - 200 с. - ISBN 978-5-89503-410-1 ; То же [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=200774>

2) Программное обеспечение

а) ПО в компьютерном классе № 249:

Перечень программного обеспечения (со свободными лицензиями): Adobe Acrobat Reader DC, Google Chrome, Kaspersky Endpoint Security для Windows, ONLYOFFICE Desktop Editors 7.1 (x64), Python 3.10.7, R for Windows 3.6.1, RStudio Desktop, Visual Studio Community 2022, VLC media player,

Unreal Commander v3.57x64

- б) Свободно распространяемое программное обеспечение
- 3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы
- 4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
 - 1. Электронно-библиотечная система IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru>
 - 2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» <http://biblioclub.ru>
 - 3. Научная библиотека ТвГУ <http://library.tversu.ru>

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Важной составляющей данного раздела РПД являются требования к рейтинг-контролю с указанием баллов, распределенных между модулями и видами работы обучающихся.

Максимальная сумма баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся экзаменом, по итогам семестра составляет 60 баллов (30 баллов - 1-й модуль и 30 баллов - 2-й модуль).

Обучающемуся, набравшему 40–54 балла, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в рейтинговой ведомости учета успеваемости и зачетной книжке может быть выставлена оценка «удовлетворительно».

Обучающемуся, набравшему 55–57 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 15 баллов и выставлена экзаменационная оценка «хорошо».

Обучающемуся, набравшему 58–60 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 27 баллов и выставлена экзаменационная оценка «отлично». В каких-либо иных случаях добавление премиальных баллов не допускается.

Обучающийся, набравший до 39 баллов включительно, сдает экзамен.

Распределение баллов по модулям устанавливается преподавателем и может корректироваться.

Задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Тема: Безусловная оптимизация. Условия оптимальности

1. Сформулировать необходимое условие экстремума в задачах безусловной оптимизации.
2. Решить полученную систему. Получить стационарные точки.
3. Применить достаточные условия для определения точек экстремума.

Примеры целевых функций:

$$\begin{aligned} & \min_{x,y} f(x,y) = x^2 + y^2 - 2x + 4y \\ & \min_{x,y} f(x,y) = x^2 + y^2 - 2x + 4y - 2xy \\ & \min_{x,y} f(x,y) = x^2 + y^2 - 2x + 4y - 2xy + 2x^2y \end{aligned}$$

Тема: Выпуклые множества. Выпуклые функции

1. Определить являются ли выпуклыми множества различной структуры.
2. Определить выпуклость функции на основе определения.
3. Определить выпуклость функций на основе необходимых и достаточных условий.

Примеры множеств, функций:

1. Выпукло ли множество

$$\min_{x,y} f(x,y) = x^2 + y^2 - 2x + 4y$$

2. Будет ли выпукла суперпозиция двух функций

$$\min_{x,y} f(x,y) = x^2 + y^2 - 2x + 4y - 2xy$$

3. Указать множество, для которых $f(x)$ выпукло

$$\min_{x,y} f(x,y) = x^2 + y^2 - 2x + 4y - 2xy + 2x^2y$$

Тема: Решение задач на условный экстремум на основе необходимых и достаточных условий оптимальности

1. В задаче на условный экстремум записать функцию Лагранжа.
2. Получить систему для определения стационарных точек на основе необходимых условий.

3. Сформулировать достаточные условия, идентифицировать полученные стационарные точки.

Примеры задач:

1. ~~$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 \rightarrow \min$~~

$$x_1 + x_2 = 4; \quad x_2 + x_3 = 4$$

2. ~~$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 \rightarrow \min$~~

$$\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3} = 1$$

3. ~~$x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min$~~

$$x_1^2 + x_2^2 = 5$$

Примеры расчетно-графических работ:

Тема: Численные методы безусловной минимизации

1. Привести теоретическое обоснование наискорейшего спуска
2. Разработать алгоритм и программу метода.
3. Привести тестовый пример.
4. Получить решение нескольких задач с использованием разработанной программы.
5. Оформить отчет по работе.

Тема: Методы переменной метрики.

1. Стратегия метода Дэвидона-Флетчера-Пауэлла.
2. Алгоритм метода и его обоснование.
3. Сходимость метода для квадратичной функции.
4. Тестовый пример решения безусловной минимизации квадратичной функции.
5. Программная реализация метода.
6. Анализ результатов. Выводы.
7. Оформление отчета по работе.

Примеры целевых функций:

$$f(x) = \sin(x) - \cos(x);$$

$$f(x, y) = x^2 + y^2 - 4x - 6y;$$

$$f(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2.$$

Список вопросов к экзамену

1. Роль и место оптимизационных методов при решении теоретических и практических задач в различных областях науки, народного хозяйства.
2. Исследование операций – научный подход к решению задач организационного управления.
3. Классификация методов.
4. Безусловная оптимизации, условия оптимальности.
Постановка задачи. Основные определения.
Условия оптимальности для функции одной переменной.
Условия оптимальности для функции многих переменных.
5. Методы нулевого порядка для функций одной переменной.
Постановка задачи стратегии поиска.
6. Метод деления отрезка пополам.
7. Метод золотого сечения.
8. Метод Фибоначчи.
9. Метод квадратичной интерполяции.
10. Методы нулевого порядка для функций многих переменных.
Постановка задачи. Общие принципы построения численных методов.
11. Метод циклического покоординатного спуска.
12. Метод Пауэлла.
13. Методы первого порядка для функции многих переменных.
14. Метод наискорейшего спуска.
15. Метод сопряженных градиентов для квадратичных функций.
16. Метод Флетчера-Ривса.

- 17 Методы второго порядка для функции многих переменных. Метод Ньютона
- 18 Методы переменной метрики.
- 19 Численные методы поиска условного экстремума.
Условная оптимизация. Условие оптимальности.
Принципы построения численных методов условного экстремума.
Методы последовательной безусловной минимизации.
- 20 Метод штрафов.
- 21 Метод барьерных функций.
- 22 Некоторые элементы выпуклого анализа. Выпуклые множества, функции. Свойства. Постановка задачи ВП.
- 23 Существование седловой точки функции Лагранжа в задаче ВП. Связь седловой точки с решением задачи ВП.
- 24 Общая характеристика моделей динамического программирования. Области применения.
- 25 Решения многошаговых задач оптимизации методом динамического программирования. Принцип оптимальности.
- 26 Рассмотрение простейшей модели управления запасами с нелинейной целевой функцией. Формулировка задачи динамического программирования.

Требования к рейтинг-контролю

1. Посещение лекций – 10 баллов (I модуль – 5, II модуль – 5).
2. Контрольные работы – 10 баллов (I модуль – 5, II модуль – 5).
3. РГР – 40 баллов (I модуль – 20, II модуль – 20).

VII. Материально-техническое обеспечение

Для аудиторной работы.

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Учебная аудитория № 20 | Набор учебной мебели, |
|------------------------|-----------------------|

| | |
|---|---|
| (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35) | экран, проектор. |
| Учебная аудитория № 7 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35) | Набор учебной мебели, экран, проектор. |

Для самостоятельной работы.

| | |
|--|---|
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся: Компьютерный класс факультета ПМиК № 249 <i>170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35</i> | Набор учебной мебели, компьютер, проектор. |
|--|---|

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

| № п.п. | Обновленный раздел рабочей программы дисциплины | Описание внесенных изменений | Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения |
|--------|--|---|---|
| 1. | 3. Объем дисциплины | Выделение часов на практическую подготовку | От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета |
| 2. | II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий | Выделение часов на практическую подготовку | От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета |
| 3. | 3. Объем дисциплины. II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества | Изменения в учебные планы и обновление рабочих программ практик, рабочих программ дисциплин в части включения часов | Решение научно-методического совета (протокол №1 от 09.09.2020 г.). |

| | | | |
|----|--|---|--|
| | академических часов и видов учебных занятий | практической подготовки. | |
| 4. | 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы | Изменения в учебные планы и в рабочие программы дисциплин, формирующих новые/измененные компетенции в соответствии с приказом Минобрнауки России от 26.11.2020 г. №1456. | Решение научно-методического совета (протокол №6 от 02.06.2021 г.) |
| 5. | 3. Объем дисциплины. II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий | Изменения в учебные планы и обновление рабочих программ дисциплин в части изменения аудиторных часов. | От 30.12.2021 года, протокол № 7 заседание ученого совета факультета |
| 6 | I. Аннотация. IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации | Изменения в учебные планы и в рабочие программы дисциплин, формирующих новые/ измененные компетенции в соответствии с приказом Минобрнауки России от 26.11.2020 г. № 1456 | Протокол № 7 заседания ученого совета от 30.12.2021 года |
| 7 | V. Учебно-методическое и информационное обеспечение, необходимое для проведения практики 2) Программное обеспечение | Внесены изменения в программное обеспечение | От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета |
| 8 | VII. Материально-техническое | Внесены изменения в материально- | От 29.09.2022 года, протокол № 2 |

| | | | |
|--|-------------|---|------------------------------|
| | обеспечение | техническое обеспечение аудиторий | ученого совета факультета |
|--|-------------|---|------------------------------|