

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 18.11.2025 12:28:10
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Методы оптимизации" по направлению подготовки (специальности)
"Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Информационно-управленческие
технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 1



ПОТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
/ В.Е. Федоров
25.11.2021 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Методы оптимизации

Направление подготовки (специальность)

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)

Информационно-управленческие технологии

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год набора 2021

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля) принята:

Ученым советом факультета (института, филиала): Математический факультет

Протокол заседания № 3 « 24 » 06 2021 г.

Председатель Ученого совета
математического факультета  Е.А. Сбродова

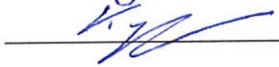
Секретарь Ученого совета
математического факультета  С.А. Никитина

Рабочая программа дисциплины (модуля) одобрена и рекомендована кафедрой

Теории управления и оптимизации

Протокол заседания № 20 от 17.06.2021

Заведующий кафедрой  Ухоботов В.И.

Автор (составитель)  к.ф.-м.н., доцент, Кудрявцев К.Н.

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора
ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «05» декабря 2018 г. № 678-1**

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья

Рабочая программа дисциплины "Методы оптимизации" по направлению подготовки (специальности) "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Информационно-управленческие технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»		стр. 4
1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ		
Методы оптимизации – это дисциплина, посвященная изучению вопросов нахождения аналитического и численного решения экстремальных задач. Методы оптимизации находят широкое применение в математике, механике, экономике и других областях знаний.		
Цель дисциплины «Методы оптимизации» состоит в выработке у студентов навыков формализации задач, возникающих в различных предметных областях, овладение студентами теоретическими знаниями и навыками применения конкретных методов оптимизации, освоение студентами алгоритмов, реализующих конкретные оптимизационные методы.		
Задачи:		
1) Формирование навыков анализа оптимизационных задач (определения типа задачи и возможных методов и алгоритмов ее решения);		
2) Изучение методов решения гладких задач оптимизации как при наличии ограничений, так и без ограничений;		
3) Получение навыков аналитического решения различных экстремальных задач;		
4) Формирование навыков численной реализации методов и алгоритмов решения экстремальных задач.		
Изучение данной дисциплины позволит студентам получить навыки как аналитического, так и численного решения задач оптимизации, достаточно часто встречающихся в приложениях.		
Результаты обучения по дисциплине направлены на достижения индикаторов соответствующих компетенций ОПК-2, ОПК-3:		
ОПК-2.1. Имеет представление о существующих базовых математических методах и системах программирования, применяемых для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач		
ОПК-2.2. Демонстрирует умение применять математические методы и системы программирования для решения прикладных задач		
ОПК-2.3. Имеет навыки разработки и применения алгоритмических и программных решений		
ОПК-3.1. Имеет представление об известных математических моделях, применяемых для решения задач в области профессиональной деятельности		
ОПК-3.2. Демонстрирует умения применять и модифицировать математические модели для решения прикладных задач		
ОПК-3.3. Имеет практический опыт применения и выполнения модификаций математических моделей для решения прикладных задач		
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП		
Цикл (раздел) ОПОП:	Б1.О.10	
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:		
Изучение данной дисциплины базируется на знаниях следующих дисциплин:		
Математический анализ		
Алгебра		
Геометрия		
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:		
Вариационное исчисление и оптимальное управление		
Теория игр и исследование операций		
Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты		
Научно-исследовательская работа		
Линейные задачи управления и дифференциальные игры		
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)		
ОПК-2: Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач		
Знать:		
Для достижения ОПК-2.1: Иметь представление о существующих базовых математических методах и системах программирования,		

Рабочая программа дисциплины "Методы оптимизации" по направлению подготовки (специальности) "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Информационно-управленческие технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 5
применяемых для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач методов оптимизации	
Уметь:	
Для достижения ОПК-2.2: Демонстрировать умение применять математические методы и системы программирования для решения прикладных задач оптимизации	
Владеть:	
Для достижения ОПК-2.3: Владеть навыками разработки и применения алгоритмических и программных решений методов оптимизации	

ОПК-3: Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности
Знать:
Для достижения ОПК-3.1: Иметь представление об известных математических моделях, применяемых для решения задач в области профессиональной деятельности
Уметь:
Для достижения ОПК-3.2: Демонстрировать умения применять и модифицировать математические модели для решения прикладных задач
Владеть:
Для достижения ОПК-3.3: Иметь практический опыт применения и выполнения модификаций математических моделей для решения прикладных задач

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1 Знать:	
3.1.1	Основные типы экстремальных задач и методы их решения; основные методы сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований в области оптимизации.
3.2 Уметь:	
3.2.1	Применять методы оптимизации для решения прикладных задач; использовать полученные теоретические знания в самостоятельных исследованиях;
3.2.2	содержательно интерпретировать полученные результаты, делать выводы и практические рекомендации; реализовать метод оптимизации для поставленной прикладной задачи с использованием современного прикладного программного обеспечения.
3.3 Владеть:	
3.3.1	Владеть навыками решения экстремальных задач с использованием современного математического аппарата; навыками решения задач оптимизации с использованием современного прикладного программного обеспечения; навыками применения известных методов оптимизации для решения поставленной задач.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 144 в том числе : аудиторные занятия : 72 самостоятельная работа : 45 часов на контроль : 27	Виды контроля в семестрах: экзамены 5

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Кварт	Часов	Литература
	Раздел 1. 1. Основные понятия математического программирования			
1.1	Постановка задачи оптимизации. Понятие локального и глобального минимумов. Классификация задач оптимизации. Примеры задач оптимизации. Теоремы о существовании решения задач оптимизации /Лек/	5	2	Л1.2Л2.1
1.2	Основные понятия математического программирования /Ср/	5	5	Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4
	Раздел 2. 2. Выпуклые множества			

Рабочая программа дисциплины "Методы оптимизации" по направлению подготовки (специальности) "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Информационно-управленческие технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 6
2.1	<p>Определение выпуклого множества. Теоремы о выпуклости пересечения и суммы выпуклых множеств с произвольными коэффициентами. Выпуклая комбинация точек. Теорема о выпуклой комбинации точек выпуклого множества. Выпуклая оболочка множества. Теорема о выпуклой оболочке множества. Критерий выпуклости множества. Теорема о замыкании и внутренности выпуклого множества. Понятие разделяющей гиперплоскости. Теорема о разделяющей гиперплоскости. Понятие опорной гиперплоскости. Теорема о существовании опорной гиперплоскости к выпуклому множеству. Теорема об отделимости выпуклых множеств.</p> <p>/Лек/</p>	5	6	Л1.1 Л1.2
2.2	Изучение свойств выпуклых множеств, решение задач /Пр/	5	2	Л1.1 Л1.2
2.3	Выпуклые множества /Ср/	5	5	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 3. 3. Выпуклые функции				
3.1	<p>Понятие выпуклой функции. Необходимое и достаточное условие выпуклости функций. Теорема о выпуклости суммы выпуклых функций с неотрицательными коэффициентами. Неравенство Йенсена (критерий выпуклости функции). Теорема о максимуме выпуклых функций. Теоремы о суперпозиции выпуклых функций. Теорема о непрерывности выпуклых функций (формулировка) и ее следствия. Критерий выпуклости дифференцируемых функций. Критерий выпуклости дважды непрерывно дифференцируемых функций. Теоремы о свойствах множества точек минимума выпуклой функции.</p> <p>/Лек/</p>	5	4	Л1.1 Л1.2Л2.2
3.2	Изучение свойств выпуклых функций, решение задач /Пр/	5	2	Л1.1 Л1.2Л2.2
3.3	Контрольная работа /Пр/	5	1	Л1.1 Л1.2Л2.2
3.4	Выпуклые функции /Ср/	5	5	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 4. 4. Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах безусловной оптимизации				
4.1	<p>Понятие направления убывания функции. Лемма о направлении убывания дифференцируемых функций. Понятие возможного направления. Теорема о необходимых условиях минимума в терминах направлений. Теоремы о дифференциальных условиях оптимальности в задачах минимизации на выпуклых множествах. Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах безусловной оптимизации.</p> <p>/Лек/</p>	5	4	Л1.1 Л1.2Л2.2
4.2	Знакомство с необходимыми и достаточными условиями оптимальности в задачах безусловной оптимизации, решение задач /Пр/	5	1	Л1.1 Л1.2Л2.2
4.3	Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах безусловной оптимизации /Ср/	5	5	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 5. 5. Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах условной оптимизации.				
5.1	<p>Теоремы о дифференциальных условиях оптимальности функции на многомерном параллелепипеде и на множестве векторов с неотрицательными компонентами. Функция Лагранжа. Теорема Каруша-Джона (формулировка). Теорема Каруша-Джона с выделением множества о простой структуры.</p> <p>/Лек/</p>	5	4	Л1.1 Л1.2Л2.2

Рабочая программа дисциплины "Методы оптимизации" по направлению подготовки (специальности) "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Информационно-управленческие технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 7
5.2	Знакомство с необходимыми и достаточными условиями оптимальности в задачах условной оптимизации, решение задач /Пр/	5	3	Л1.1 Л1.2Л2.2
5.3	Контрольная работа /Пр/	5	1	
5.4	Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах условной оптимизации /Ср/	5	5	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 6. 6. Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах выпуклого программирования				
6.1	Условие регулярности Слейтера. Теорема Куна-Таккера. /Лек/	5	4	Л1.1 Л1.2Л2.2
6.2	Знакомство с необходимыми и достаточными условиями оптимальности в задачах выпуклого программирования, решение задач /Пр/	5	3	Л1.1 Л1.2Л2.2
6.3	Контрольная работа /Пр/	5	1	
6.4	Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах выпуклого программирования /Ср/	5	5	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 7. 7. Численные методы одномерной оптимизации				
7.1	Изучение методов и алгоритмов методы одномерной оптимизации, особенностей их применения, решение задач /Пр/	5	1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3
7.2	Получение навыков программной реализации методов одномерной оптимизации, проведение численных экспериментов, защита отчетов /Лаб/	5	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3
7.3	Численные методы одномерной оптимизации /Ср/	5	5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 8. 8. Численные методы безусловной оптимизации				
8.1	Понятие минимизирующей последовательности. Сходимость методов минимизации, виды сходимости. Скорость сходимости. Способы выбора шага по направлению. Градиентные методы решения задач безусловной оптимизации. Теоремы о сходимости. Понятие плохо обусловленной (овражной) функции. Особенности градиентных методов. Метод Ньютона решения задач безусловной оптимизации. Теорема о сходимости. Релаксационный метод Ньютона. Квазиньютоновские методы оптимизации. Метод сопряженных градиентов. /Лек/	5	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3
8.2	Изучение методов и алгоритмов методы безусловной оптимизации, особенностей их применения, решение задач /Пр/	5	1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3
8.3	Получение навыков программной реализации методов безусловной оптимизации, проведение численных экспериментов, защита отчетов /Лаб/	5	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3
8.4	Численные методы безусловной оптимизации /Ср/	5	5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 9. 9. Численные методы условной оптимизации				
9.1	Метод проекции градиента. Теорема о сходимости метода. Особенности метода. Метод условного градиента. Методы штрафных и барьерных функций решения задач условной оптимизации. /Лек/	5	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3
9.2	Изучение методов и алгоритмов методы условной оптимизации, особенностей их применения, решение задач /Пр/	5	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3
9.3	Получение навыков программной реализации методов условной оптимизации, проведение численных экспериментов, защита отчетов /Лаб/	5	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3
9.4	Численные методы условной оптимизации /Ср/	5	5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
9.5	/Экзамен/	5	27	

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Фонд оценочных средств представляет собой комплекс контрольных работ и лабораторных работ, содержащих задания и вопросы для контроля знаний, позволяющие оценить регулярную работу студента, направленную на формирование компетенций и достижение планируемых результатов обучения.

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Лабораторная работа № 1

Тема: «Численные методы одномерной минимизации»

Методы одномерной минимизации предназначены для поиска минимума функции одной переменной с заданной точностью. Процедура поиска минимума функции включает в себя два этапа:

- 1) поиск отрезка, содержащего точку минимума;
- 2) поиск точки минимума на отрезке.

К методам поиска точки минимума на заданном отрезке относятся:

- 1) метод дихотомии (метод деления отрезка пополам);
- 2) метод Фибоначчи;
- 3) метод золотого сечения.

Целью данной лабораторной работы является изучение возможностей и особенностей методов одномерной минимизации.

При выполнении лабораторной работы необходимо выполнить следующие действия.

1. Реализовать один из методов одномерной минимизации (в соответствии с вариантом) с использованием одной из систем программирования (по выбору студента) или в MS Excel.
 2. Сформировать тестовый набор, включающий не менее четырех задач минимизации, включающих:
 - 1) минимизацию непрерывной унимодальной функции на отрезке, достигающей минимума во внутренней точке отрезка;
 - 2) минимизацию непрерывной унимодальной функции на отрезке, достигающей минимума на одном из концов отрезка;
 - 3) минимизацию разрывной унимодальной функции на отрезке;
 - 4) минимизацию функции, имеющей более одного локального минимума на отрезке.
 3. Провести численные эксперименты на тестовом наборе функций, показывающую работоспособность программной реализации метода.
 4. Оформить отчет
- Вопросы для самопроверки
1. Дайте определение глобального и локального минимума функции. Приведите примеры функций одной переменной:
 - 1) не имеющих локальных минимумов;
 - 2) имеющих один локальный минимум, не являющийся глобальным;
 - 3) имеющих несколько локальных минимумов и один из них глобальный.
 2. Каковы необходимые и достаточные условия экстремума функции одной переменной на отрезке?
 3. Когда применяются численные методы одномерной оптимизации? В чем их преимущества и недостатки по сравнению с аналитическими методами?
 4. Опишите алгоритм поиска отрезка, содержащего точку минимума.
 5. Дайте определение унимодальной функции. Приведите примеры унимодальных на отрезке функций, непрерывных, разрывных, достигающих минимального значения во внутренней точке отрезка и на его концах.
 6. Опишите схему метода дихотомии.
 7. Во сколько раз на очередной итерации уменьшается длина отрезка, содержащего минимум, в методе дихотомии?
 8. Для какого класса функций метод дихотомии предназначен (каковы условия его сходимости)?
 9. Каковы достоинства и недостатки метода дихотомии?
 10. Какие числа называются числами Фибоначчи?
 11. Опишите схему метода Фибоначчи.
 12. Почему при сжатии отрезка в методе Фибоначчи одна из внутренних точек может быть использована на следующей итерации?
 13. Во сколько раз на очередной итерации уменьшается длина отрезка, содержащего минимум, в методе Фибоначчи? Каков критерий останова и почему?
 14. Для какого класса функций метод Фибоначчи предназначен (каковы условия его сходимости)?
 15. Каковы достоинства и недостатки метода Фибоначчи?
 16. Опишите схему метода золотого сечения.
 17. Чему равен параметр золотого сечения и почему?
 18. Во сколько раз на очередной итерации уменьшается длина отрезка, содержащего минимум, в методе золотого сечения?

19. Почему при сжатии отрезка в методе золотого сечения одна из внутренних точек может быть использована на следующей итерации?
20. Для какого класса функций предназначен метод золотого сечения (каковы условия его сходимости)?
21. Каковы достоинства и недостатки метода золотого сечения?
22. Как связаны между собой числа Фибоначчи и параметр золотого сечения?

Лабораторная работа № 2

Тема: «Численные методы безусловной минимизации»

Методы безусловной минимизации предназначены для поиска минимума функции многих переменных с заданной точностью на всем пространстве (без ограничений).

Процедура поиска минимума функции, как правило, включает в себя следующие этапы:

- 3) построение направления спуска (движения) из текущей точки в соответствии с алгоритмом;
- 4) выбор следующей точки в заданном направлении;
- 5) проверка выполнения критерия останова.

К методам безусловной минимизации относятся:

- 1) метод наискорейшего спуска;
- 2) градиентный метод с выбором шага по правилу Армихо;
- 3) градиентный метод с выбором шага по правилу Голдстейна;
- 4) метод сопряженных градиентов (Флетчера-Ривза);
- 5) метод сопряженных градиентов (Полака-Рибьера);
- 6) квазиньютоновский метод (метод Бройдена);
- 7) квазиньютоновский метод (метод Давидона-Флетчера-Пауэлла);
- 8) релаксационный метод Ньютона.

Целью данной лабораторной работы является изучение возможностей и особенностей методов безусловной минимизации дифференцируемых функций.

При выполнении лабораторной работы необходимо выполнить следующие действия.

5. Реализовать один из методов безусловной минимизации функций двух переменных (в соответствии с вариантом) с использованием одной из систем программирования.
6. Провести численные эксперименты на тестовом наборе функций с целью определения возможностей исследуемого метода.
7. Оформить отчет.
8. Подготовить презентацию вместе со студентами рабочей группы с целью выяснения наиболее эффективного метода для каждого класса задач.

Вопросы для самопроверки

1. Какая последовательность называется релаксационной?
2. Какая последовательность называется минимизирующей?
3. Дайте определение сходимости метода оптимизации по функции
4. Дайте определение сходимости метода оптимизации по аргументу
5. Дайте определение сходимости метода оптимизации по градиенту
6. Следует ли их сходимости метода оптимизации по градиенту сходимости по функции?
7. Следует ли их сходимости метода оптимизации по аргументу сходимости по функции?
8. Какие существуют критерии останова метода оптимизации?
9. Что такое линия уровня функции?
10. Какая функция называется плохо обусловленной (овражной)?
11. Какая скорость сходимости называется линейной?
12. Какая скорость сходимости называется сверхлинейной?
13. Какая скорость сходимости называется квадратичной?
14. Опишите схему метода наискорейшего спуска
15. Каковы достоинства и недостатки метода наискорейшего спуска?
16. Опишите схему градиентного метода с выбором шага по правилу Армихо.
17. Каковы достоинства и недостатки градиентного метода с выбором шага по правилу Армихо?
18. Опишите схему градиентного метода с выбором шага по правилу Голдстейна
19. Каковы достоинства и недостатки градиентного метода с выбором шага по правилу Голдстейна?
20. Сформулируйте теорему о сходимости градиентных методов
21. Опишите общую схему метода сопряженных градиентов
22. За какое количество шагов сходится метод сопряженных градиентов для квадратичных функций?
23. Каковы достоинства и недостатки метода сопряженных градиентов?
24. В чем состоит квазиньютоновское условие?
25. Опишите общую схему квазиньютоновских методов
26. Что собой представляют формулы пересчета в квазиньютоновских методах?
27. За какое количество шагов сходятся квазиньютоновские методы для квадратичных функций?
28. Каковы достоинства и недостатки квазиньютоновских методов?
29. Опишите схему релаксационного метода Ньютона.

30. Какое направление называется ньютоновским?
31. За какое количество шагов сходится релаксационный метод Ньютона для квадратичных функций?
32. Каковы достоинства и недостатки релаксационного метода Ньютона?

Лабораторная работа № 3

Тема: «Численные методы условной минимизации»

Методы условной минимизации предназначены для поиска минимума функции многих переменных с заданной точностью при наличии ограничений.

К методам условной минимизации относятся:

- 1) метод проекции градиента;
- 2) метод штрафных функций;
- 3) метод барьерных функций.

Целью данной лабораторной работы является изучение возможностей и особенностей методов условной минимизации дифференцируемых функций.

При выполнении лабораторной работы необходимо выполнить следующие действия.

1. Реализовать один из методов решения задачи условной минимизации для функций двух переменных (в соответствии с вариантом) с использованием одной из систем программирования.
2. Сформировать тестовый набор, включающий не менее трех задач минимизации дифференцируемой функции двух переменных при наличии ограничений (количество ограничений – не менее двух), включающих:
 - 1) задачу минимизацию функции, достигающей минимума во внутренней точке множества X ;
 - 2) задачу минимизацию функции, достигающей минимума на границе множества X (множество X ограничено);
 - 3) задачу минимизацию функции, достигающей минимума на границе множества X (множество X неограниченно).
3. Провести численные эксперименты на тестовом наборе функций с целью определения возможностей исследуемого метода.
4. Оформить отчет.
5. Подготовить презентацию о результатах работы.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение проекции точки на множество.
2. Какова схема метода проекции градиента?
3. Сформулируйте условия сходимости метода проекции градиента.
4. В каких случаях целесообразно использовать метод проекции градиента?
5. Какая функция называется штрафной?
6. Приведите примеры штрафных функций.
7. Опишите схему метода штрафных функций.
8. Сформулируйте теорему о сходимости метода штрафных функций.
9. Каковы плюсы и минусы метода штрафных функций?
10. Какая функция называется барьерной?
11. Приведите примеры барьерных функций.
12. Опишите схему метода барьерных функций.
13. Сформулируйте теорему о сходимости метода барьерных функций.
14. Каковы плюсы и минусы метода барьерных функций?

Образцы контрольных работ представлены в фонде оценочных средств

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

1. Постановка задачи оптимизации. Понятие локального и глобального минимумов. Классификация задач оптимизации. Примеры задач оптимизации. Теорема о существовании решения задач оптимизации (формулировка).
2. Определение выпуклого множества. Теоремы о выпуклости пересечения и суммы выпуклых множеств с произвольными коэффициентами.
3. Выпуклая комбинация точек. Теорема о выпуклой комбинации точек выпуклого множества.
4. Лемма о выпуклости множества всех выпуклых комбинаций точек произвольного множества.
5. Выпуклая оболочка множества. Теорема о выпуклой оболочке множества. Критерий выпуклости множества.
6. Теорема о замыкании и внутренности выпуклого множества.
7. Понятие разделяющей гиперплоскости. Теорема о разделяющей гиперплоскости.
8. Понятие опорной гиперплоскости. Теорема о существовании опорной гиперплоскости к выпуклому множеству.
9. Теорема об отделимости выпуклых множеств.
10. Понятие выпуклой функции. Необходимое и достаточное условие выпуклости функций.
11. Теорема о выпуклости суммы выпуклых функций с неотрицательными коэффициентами.
12. Неравенство Йенсена (критерий выпуклости функции). Теорема о максимуме выпуклых функций.

Теоремы о суперпозиции выпуклых функций.

13. Теорема о непрерывности выпуклых функций (формулировка) и ее следствия.

14. Критерий выпуклости дифференцируемых функций. Критерий выпуклости дважды непрерывно дифференцируемых функций.

15. Теоремы о свойствах множества точек минимума выпуклой функции.

16. Понятие направления убывания функции. Лемма о направлении убывании дифференцируемых функций.

17. Понятие возможного направления. Теорема о необходимых условиях минимума в терминах направлений.

18. Теоремы о дифференциальных условиях оптимальности в задачах минимизации на выпуклых множествах.

19. Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах безусловной оптимизации.

20. Теоремы о дифференциальных условиях оптимальности функции на многомерном параллелепипеде и на множестве векторов с неотрицательными компонентами.

21. Функция Лагранжа. Теорема Каруша-Джона (формулировка). Теорема Каруша-Джона с выделением множества о простой структуры.

22. Условие регулярности Слейтера. Теорема Куна-Таккера.

23. Основная схема численных методов безусловной оптимизации. Критерии остановки. Понятие сходимости метода.

Скорость сходимости. Классификация методов оптимизации.

24. Способы выбора шага по направлению.

25. Градиентные методы решения задач безусловной оптимизации. Теоремы о сходимости. Понятие плохо обусловленной (овражной) функции. Особенности градиентных методов.

26. Метод Ньютона решения задач безусловной оптимизации. Теорема о сходимости. Релаксационный метод Ньютона.

27. Квазиньютоновские методы оптимизации.

28. Методы одномерной оптимизации (метод дихотомии, метод Фибоначчи, метод золотого сечения).

29. Метод сопряженных градиентов.

30. Метод проекции градиента. Теорема о сходимости метода. Особенности метода.

31. Метод условного градиента.

32. Методы штрафных и барьерных функций решения задач условной оптимизации.

6.4. Критерии оценивания

В ходе изучения дисциплины «Методы оптимизации» студент должен выполнить 3 контрольных работы, каждая из которых оценивается (максимально) в 12 баллов; 3 лабораторные работы, каждая из которых оценивается (максимально) в 12 баллов (содержание и качество выполненного исследования – максимум 6 баллов, оформление отчета и его презентация – максимум 3 балла, ответы на вопросы по контролю знаний – максимум 3 балла). Нарушение сроков без уважительной причины влечет за собой снижение баллов за лабораторную работу на 1 балл за каждую неделю задержки.

Письменная работа на экзамене оценивается в 20 баллов.

Качество и содержание проведенного исследования при выполнении лабораторной работы:

Качество выполненной лабораторной работы оценивается в баллах от 0 до 12. Для получения максимального количества баллов необходимо выполнить все задания по лабораторной работе без ошибок в установленные сроки. Частичное выполнение заданий или допущенные ошибки при их выполнении приводят к снижению оценки (количества баллов) за лабораторную работу.

Оформление отчета лабораторной работы:

Отчет по лабораторной работе и его презентация должны быть оформлены в соответствии с требованиями по оформлению отчетов, указанных в методических указаниях к лабораторным работам, максимальное количество баллов (3 балла) студент получает, если структура отчета и правила его оформления не нарушены. Отклонения от установленных требований приводит к снижению оценки за оформление.

Ответы на вопросы по проверке знаний:

При защите отчетов каждому студенту предлагается ответить на 3 вопроса из списка вопросов по контролю знаний по теме лабораторной работы. Ответ на каждый вопрос оценивается в 1 балл: студент получает 1 балл, если ответ верный; 0 баллов, если ответа на поставленный вопрос нет или при ответе на вопрос допущены ошибки.

Критерий оценки контрольных работ:

Полностью и правильно выполненная контрольная работа оценивается в 12 баллов. Частичное выполнение заданий или допущенные ошибки при их выполнении приводят к снижению количества баллов за контрольную работу. За каждую арифметическую ошибку снимается 1 балл. За задание, в решении которого содержатся грубые ошибки, ставится 0 баллов.

Рабочая программа дисциплины "Методы оптимизации" по направлению подготовки (специальности) "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Информационно-управленческие технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 12
---	---------

Критерий выставления оценки за экзамен:

студент получает «отлично», если он набрал 91 балл и более; «хорошо», если студент набрал 70 баллов и более, но менее 91 балла, «удовлетворительно», если студент набрал 50 баллов и более, но менее 70 баллов и «неудовлетворительно», если студент набрал менее 50 баллов.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Ашманов С. А., Тимохов А. В.	Теория оптимизации в задачах и упражнениях (http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=3799)	Санкт-Петербург : Лань, 2012	ЭБС
Л1.2	Васильев Ф. П.	Методы оптимизации: учебник (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63313)	Москва : МЦНМО, 2011	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Лесин В. В., Лисовец Ю. П.	Основы методов оптимизации (http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=86017)	Санкт-Петербург : Лань, 2016	ЭБС
Л2.2	Нестеров Ю. Е.	Введение в выпуклую оптимизацию: монография (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63254)	Москва : МЦНМО, 2010	ЭБС
Л2.3	Крутиков В. Н.	Методы оптимизации: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232682)	Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2011	ЭБС

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp
Э2	Math-Net.Ru [Электронный ресурс] : общероссийский математический портал / Математический ин-т им. В. А. Стеклова РАН. – Москва, [б. г.]. – Режим доступа: http://www.mathnet.ru/ , свободный
Э3	Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. – URL: http://znanium.com/
Э4	Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. – URL: http://e.lanbook.com/

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Connect Acrobat

MS Office365

LMS Moodle

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

Национальная электронная библиотека (НЭБ) (<https://rusneb.ru/>) Национальная электронная библиотека (НЭБ) : объединенный электронный каталог фондов российских библиотек : сайт. – URL: <http://нэб.рф>. – Режим доступа: из читальных залов библиотеки ЧелГУ. – Текст : электронный.

Реферативная база по математике MathSciNet (<https://mathscinet.ams.org/mathscinet/>) Mathematical Reviews (MR) : реферативная база данных / American Mathematical Society. – URL: <http://www.ams.org/mathscinet/>. – Яз. рус., англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

<p>Рабочая программа дисциплины "Методы оптимизации" по направлению подготовки (специальности) "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Информационно-управленческие технологии ФГБОУ ВО «ЧелГУ»</p>	<p>стр. 13</p>
<p>Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью (подразумевается наличие стандартных рабочих (посадочных) мест) и техническими средствами обучения (переносное и / или стационарное мультимедийное оборудование: экран, ноутбук, проектор).</p>	
<p>Для обеспечения тематической иллюстрации занятий лекционного типа в образовательном процессе используются цифровые образовательные ресурсы (мультимедийные презентации по отдельным темам), различные формы наглядности (рисунки, таблицы, схемы и т.д).</p>	
<p>Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе.</p>	
<p>Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета</p>	

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

<p>Приступая к изучению дисциплины «Методы оптимизации» студент должен ясно представлять, что результат обучения зависит не только от работы преподавателей на лекциях и практических занятиях, но и о того, насколько добросовестно он сам подойдет к этому процессу.</p> <p>В самом начале учебного курса познакомьтесь со следующей учебно-методической документацией:</p> <p><input type="checkbox"/> программой дисциплины;</p> <p><input type="checkbox"/> перечнем знаний и умений, которыми студент должен владеть;</p> <p><input type="checkbox"/> контрольными мероприятиями;</p> <p><input type="checkbox"/> учебником, учебными пособиями по дисциплине, а также электронными ресурсами;</p> <p><input type="checkbox"/> перечнем вопросов по проверке знаний.</p> <p>Изучение данной дисциплины невозможно без освоения изучаемых статистических методов обработки данных на практике. Поэтому основное внимание следует уделить выполнению в срок предлагаемых лабораторных работ по дисциплине. Выполнение лабораторных работ предполагает проведение самостоятельного исследования, что требует как понимания особенностей применения методов оптимизации, так и навыков программирования.</p> <p>Практические занятия ставят целью помочь студенту освоить методы оптимизации, научиться получать аналитическое решение задач оптимизации, когда это возможно. Активное участие студента в обсуждении всех вопросов и решении задач на практическом занятии является залогом успеха при выполнении самостоятельного статистического исследования.</p> <p>При подготовке к защите отчетов по лабораторным работам необходимо:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) внимательно прочитать рекомендованную учебно-методическую литературу, относящуюся к данной теме; 2) ответить на вопросы по проверке знаний по данной теме. <p>К зачету необходимо готовиться целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине.</p> <p>В освоении дисциплины (модуля) инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации по предмету является важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.</p> <p>При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.</p> <p>Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимся по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.</p>

<h3>10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ</h3>
<p>Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и голо информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося.</p>

1. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения: портативный компьютер с вводом/выводом шрифтом Брайля с синтезатором речи «EIBraile-W14J G2»; ноутбуки с программной экранного доступа NVDA; электронные увеличители для удаленного просмотра; видеоувеличители портативные; тифлоплеер; цифровые диктофоны.

2. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями слуха: система свободного звукового поля со встроенной совместимостью с FM-устройствами; радиоклассы «Сонет-PCM» с передатчиком, заушным индуктором и индукционной петлей; система информационная для слабослышащих переносная «Исток» А2 со встроенным плеером – звуковым информатором; документ-камера; программируемые слуховые аппараты индивидуального пользования.

3. Ассистивные информационные технологии: программное обеспечение экранного доступа с синтезом речи NVDA; программы экранного увеличения; программы речевого синтеза для компьютеров и ноутбуков; программы речевого синтеза для мобильных устройств; экранная клавиатура; экранная лупа.

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации NVDA, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах, с помощью специальных технических и программных средств (рабочее место для незрячего пользователя с программным обеспечением экранного доступа с синтезом речи NVDA, рабочее место с компьютерным роллером и клавиатурой Clevy с большими кнопками и с разделяющей клавиши накладкой).

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме шрифтом Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий (Moodle, Adobe Connect Pro и пр.).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья используется индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации направлены на индивидуализацию обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей, обучающихся:

а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме шрифтом Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);

б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);

в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические

средства. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.