

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра прикладной математики и информатики

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
информационных технологий и  
автоматизированных систем  
\_\_\_\_\_ Л.Д. Павлова  
подпись  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы оптимизации

01.03.02 «Прикладная математика и информатика»  
(направленность (профиль): «Прикладная математика и информатика»)

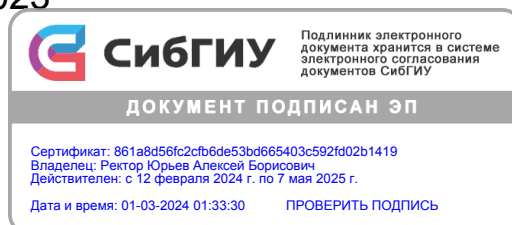
Квалификация выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2023

Новокузнецк  
2023



## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

- изучение обучающимся основных понятий и методов линейного и выпуклого программирования, оптимизации в условиях неопределённости постановки задачи, вариационных задач управления системами;
- формирование математических навыков обучающегося умениями, необходимыми для анализа и моделирования объектов профессиональной деятельности;
- стимулирование у обучающегося стремления к постоянному углублению своих математических знаний.

Задачами учебной дисциплины являются:

- формирование у обучающихся знаний, умений и навыков решения основных и двойственных задач линейного программирования, постановки и решения задач выпуклого программирования, теории игр, модели управляемой системы с критерием оптимальности в форме интегрального функционала;
- пополнение фундаментальных математических знаний, необходимых для формирования профессиональных компетенций;
- выработка у обучающихся умений применять методы математического программирования, теории игр и вариационных постановок задач управления динамическими системами в исследовательской деятельности.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

- Математика;
- Специальные главы математики;
- Теория вероятностей и математическая статистика;
- Численные методы решения инженерных задач.

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

- Вариационное исчисление;
- Теория прогнозирования;
- Имитационное моделирование.

### 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

#### – Профессиональные компетенции

| Наименование категории (группы) ПК | Код и наименование ПК  | Код и наименование индикатора достижения ПК  | Планируемые результаты обучения   |
|------------------------------------|--|--|---|
|                                    | ПК-2:<br>Способен проводить аналитические исследования с применением технологии больших данных в соответствии с требованиями заказчика | ПК-2.1 Выбирает методы и инструментальные средства анализа больших данных для проведения аналитических работ | <p>– знать: понятия и задачи теории оптимизации, стратегии и критерии эффективности действий субъекта операции.</p> <p>– уметь: выбрать стратегии в условиях частичной неопределённости задачи оптимизации, применять критерии Лапласа, Вальда, Сэвиджа, Гурвица при проведении аналитических работ .</p> <p>– владеть: навыками реализации принципа Беллмана для построения динамической модели управляемой системы.</p> |
|                                    |  | ПК-2.2 Разрабатывает, выполняет поверку и оценку используемых моделей больших данных                         | <p>– знать: геометрические и симплекс-методы решения основной и двойственной задач линейного программирования, методы решения задач оптимального управления динамической системой .</p> <p>– уметь: использовать симплекс-метод решения задач линейного программирования, ставить и решать транспортную задачу,</p>   |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | использовать методы нахождения глобального экстремума функции, применять принцип максимума Понтрягина в вариационных методах оптимизации .<br>– владеть: методами постановки и решения задач линейного программирования, выпуклого программирования, вариационных задач – в объёме, позволяющем получать новые результаты в аналитических исследованиях . |
|--|--|--|---|

#### 4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

#### Объем учебной дисциплины

| Семестр / курс                                |                        | <b>ИТОГО</b> | <b>5 семестр</b> | <b>6 семестр</b> |
|---|------------------------|--------------|------------------|------------------|
| Форма промежуточной аттестации                |                        |              | экзамен          | экзамен          |
| Трудоёмкость                                  | <i>академ. час.</i>    | <b>288</b>   | <b>108</b>       | <b>180</b>       |
|   | <i>зачетных единиц</i> | <b>8</b>     | <b>3</b>         | <b>5</b>         |
| Лекции, <i>академ. час.</i>                   |                        | <b>48</b>    | <b>16</b>        | <b>32</b>        |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | <b>0</b>         | <b>0</b>         |
| Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>      |                        | <b>0</b>     | <b>0</b>         | <b>0</b>         |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | <b>0</b>         | <b>0</b>         |
| Практические занятия, <i>академ. час.</i>     |                        | <b>64</b>    | <b>16</b>        | <b>48</b>        |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | <b>0</b>         | <b>0</b>         |
| Курсовая работа / проект, <i>академ. час.</i> |                        | <b>0</b>     | <b>0</b>         | <b>0</b>         |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | <b>0</b>         | <b>0</b>         |
| Консультации, <i>академ. час.</i>             |                        | <b>0</b>     | <b>0</b>         | <b>0</b>         |

|   |            |    |    |
|---|------------|----|----|
| в форме практической подготовки             | <b>0</b>   | 0  | 0  |
| Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i> | <b>131</b> | 49 | 82 |
| в форме практической подготовки             | <b>0</b>   | 0  | 0  |
| Контроль, <i>академ. час.</i>               | <b>45</b>  | 27 | 18 |
| в форме практической подготовки             | <b>0</b>   | 0  | 0  |

## **Содержание учебной дисциплины**

Раздел 1 Линейное программирование;

Тема 1.1 Общая постановка задачи линейного программирования (Основные понятия. Примеры задач линейного программирования. Геометрическая интерпретация и графическое решение задачи линейного программирования);

Тема 1.2 Двойственные задачи линейного программирования (Постановка двойственных задач линейного программирования. Каноническая форма основной и двойственной задач. Первая теорема двойственности. Вторая теорема двойственности. Решения двойственных задач линейного программирования);

Тема 1.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования (Матричная реализация симплекс-метода. Геометрическая интерпретация симплексного метода. Симплексные таблицы. Метод искусственного базиса);

Тема 1.4 Транспортная задача (Понятие транспортной задачи. Закрытая и открытые модели транспортной задачи. Методы нахождения опорного и оптимального планов закрытой транспортной задачи);

Тема 1.5 Задача целочисленного линейного программирования (Решение задач целочисленного линейного программирования графическим методом. Решение задач целочисленного линейного программирования методом Гомори);

Раздел 2 Выпуклое программирование;

Тема 2.1 Выпуклость области в евклидовом пространстве и функции векторного аргумента (Выпуклое множество  $D$  в точечном евклидовом пространстве. Выпуклость функции векторного аргумента. Критерий выпуклости – матрица Гессе. Условия Сильвестра);

Тема 2.2 Глобальные и локальные экстремумы функции векторного аргумента (Необходимые условия экстремума для функций, не обладающих свойством выпуклости (теорема Каруша-Куна-Таккера). Условие дополняющей нежёсткости. Частные случаи теоремы: теорема Куна-Таккера, теорема Лагранжа);

Тема 2.3 Выпуклая задача линейного программирования (Выпуклость задачи и регулярность допустимой области: условия теоремы Каруша-Куна-Таккера не только необходимые, но и достаточные для существования точки глобального минимума функции.

Метод множителей Лагранжа решения задачи выпуклого программирования);

Тема 2.4 Достаточные условия регулярности допустимой области (Условие Слейтера, условие независимости градиентов. Геометрический смысл условий Каруша-Куна-Таккера в задачах выпуклого программирования);

Тема 2.5 Приближённое решение задач выпуклого программирования (Методы спуска. Приближённое решение задач выпуклого программирования градиентным методом);

Раздел 3 Теория игр как модель оптимизации стратегий;

Тема 3.1 Понятия и задачи теории оптимизации (Факторы, операция, стратегии, критерий эффективности действий субъекта операции);

Тема 3.2 Гарантирующая оптимальная стратегия (Гарантирующая оптимальная стратегия субъекта операции и операции в целом. Игра двух лиц: поиск чистых, вероятностных, смешанных стратегий);

Тема 3.3 Стратегии в условиях частичной неопределённости (Выбор стратегий в условиях частичной неопределённости задачи оптимизации - критерии Лапласа, Вальда, Сэвиджа, Гурвица в матричной формулировке);

Тема 3.4 Принцип Беллмана многошагового управления (Модели многошагового управления динамической системой, принцип Беллмана оптимизации управления и его реализация);

Раздел 4 Вариационные методы оптимизации;

Тема 4.1 Интегральные функционалы (Конструкции интегральных функционалов. Определение глобального минимума функционала. Сильная и слабая метрики в пространстве функций – аргументов функционала. Локальный экстремум функционала);

Тема 4.2 Производная и дифференциал (первая вариация) функционала (Необходимое условие экстремума функционала – равенство нулю его первой вариации на экстремалях. Задача экстремума интегрального функционала с неподвижными концами кривой);

Тема 4.3 Перевод вариационной задачи в задачу Эйлера (Перевод вариационной задачи в задачу для дифференциального уравнения Эйлера. Частные случаи уравнения Эйлера. Регулярные задачи. Необходимое условие экстремума функционала в форме Лагранжа для регулярных задач. Гладкость экстремалей этих задач);

Тема 4.4 Необходимые условия экстремумов других типов (Необходимые условия экстремумов других типов интегральных функционалов - уравнения Эйлера-Пуассона, Эйлера-Остроградского. Разрешимость задач для них);

Тема 4.5 Достаточные условия экстремума функционала (Достаточные условия экстремума функционала в виде неравенств.

Экстремумы интегральных функционалов относительно кривых со скользящими концами. Вариационные задачи на условный экстремум. Изопериметрическая задача. Задача Лежандра);

Раздел 5 Оптимизация управления системами;

Тема 5.1 Динамическая модель управляемой системы (Построение динамической модели управляемой системы - вектор состояния, вектор управления, цель управления, критерий оптимальности в форме интегрального функционала);

Тема 5.2 Необходимое условие оптимальности (Функция Гамильтона. Решение сопряженной системы. Необходимое условие оптимальности в форме принципа максимума Понтрягина);

Тема 5.3 Траектории линейной системы в выпуклом многограннике (Траектории, удовлетворяющие условию общего положения - принципу максимума Понтрягина для функции Гамильтона как достаточному условию оптимальности управления; равенство нулю функции Гамильтона выполняется автоматически);

Тема 5.4 Линии переключения управляющих решений (Построение линий переключения управляющих решений. Задача синтеза оптимальных управлений);

Тема 5.5 Распространение принципа максимума на нестандартные задачи управления (Смешанные ограничения на управление и фазовые координаты. Постоянные управляющие параметры. Требования к функциональному виду управления. Запаздывания в фазовых координатах. Задачи в дискретном времени);

Раздел 6 Гарантирующее планирование в условиях неопределенности;

Тема 6.1 Формализация проблемы гарантирующего управления (Основные понятия проблемы гарантирующего управления. Принцип гарантированного результата);

Тема 6.2 Методы построения оптимальных гарантирующих планов (Сведение к задаче математического программирования. Сведение к максимуму без ограничений методом Лагранжа. Сравнение с идеальным управлением);

Тема 6.3 Гарантирующее планирование для динамических систем в непрерывном времени (Сведение к задаче оптимального управления без возмущений. Решение результирующей задачи. Численное построение допустимых гарантирующих планов);

Тема 6.4 Гарантирующее пошаговое управление для динамических систем в дискретном времени (Сочетание метода динамического программирования с принципом гарантированного результата).

## 5 Перечень тем лекций

| № раздела / темы | Темы лекций | Трудоемкость, <i>академ. час</i> |
|------------------|-------------|----------------------------------|
|------------------|-------------|----------------------------------|

| <b>дисциплины</b> |   | <b>всего</b> | <b>в форме<br/>практической<br/>подготовки</b> |
|-------------------|---|--------------|--|
| Раздел 1.         | Линейное программирование   |              |  |
| Тема 1.1.         | Постановка задачи линейного программирования                                | 1            |  |
| Тема 1.2.         | Двойственные задачи линейного программирования                              | 2            |  |
| Тема 1.3.         | Симплексный метод решения задач линейного программирования                  | 2            |  |
| Тема 1.4.         | Транспортная задача   | 2            |  |
| Тема 1.5.         | Задача целочисленного линейного программирования                            | 1            |  |
| Раздел 2.         | Выпуклое программирование   |              |  |
| Тема 2.1.         | Выпуклость области в евклидовом пространстве и функции векторного аргумента | 2            |  |
| Тема 2.2.         | Глобальные и локальные экстремумы функции векторного аргумента              | 2            |  |
| Тема 2.3.         | Выпуклая задача линейного программирования                                  | 2            |  |
| Тема 2.4.         | Достаточные условия регулярности допустимой области                         | 1            |  |
| Тема 2.5.         | Приближённое решение задач выпуклого программирования                       | 1            |  |
| Раздел 3.         | Теория игр как модель оптимизации стратегий                                 |              |  |
| Тема 3.1.         | Понятия и задачи теории оптимизации   | 1            |  |
| Тема 3.2.         | Гарантирующая оптимальная стратегия   | 2            |  |
| Тема 3.3.         | Стратегии в условиях частичной неопределённости                             | 2            |  |
| Тема 3.4.         | Принцип Беллмана оптимизации управления                                     | 2            |  |
| Раздел 4.         | Вариационные методы оптимизации   |              |  |
| Тема 4.1.         | Интегральные функционалы  | 1            |  |
| Тема 4.2.         | Производная и   | 2            |  |



|               |   |           |          |
|---------------|---|-----------|----------|
|               | дифференциал функционала  |           |          |
| Тема 4.3.     | Перевод вариационной задачи в задачу Эйлера                                     | 2         |          |
| Тема 4.4.     | Необходимые условия экстремумов других типов                                    | 2         |          |
| Тема 4.5.     | Достаточные условия экстремума функционала                                      | 2         |          |
| Раздел 5.     | Оптимизация управления системами  |           |          |
| Тема 5.1.     | Динамическая модель управляемой системы   | 1         |          |
| Тема 5.2.     | Необходимое условие оптимальности   | 2         |          |
| Тема 5.3.     | Траектории линейной системы в выпуклом многограннике                            | 2         |          |
| Тема 5.4.     | Линии переключения управляющих решений  | 2         |          |
| Тема 5.5.     | Распространение принципа максимума на нестандартные задачи управления           | 2         |          |
| Раздел 6.     | Гарантирующее планирование в условиях неопределенности                          |           |          |
| Тема 6.1.     | Формализация проблемы гарантирующего управления                                 | 1         |          |
| Тема 6.2.     | Методы построения оптимальных гарантирующих планов                              | 2         |          |
| Тема 6.3.     | Гарантирующее планирование для динамических систем в непрерывном времени        | 2         |          |
| Тема 6.4.     | Гарантирующее пошаговое управление для динамических систем в дискретном времени | 2         |          |
| <b>Итого:</b> |   | <b>48</b> | <b>0</b> |

## 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

| № раздела / темы дисциплины | Темы практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, <i>академ. час</i> |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                             |                                       | всего                            | в форме практической подготовки |
| Раздел 1.                   | Линейное программирование             |                                  |                                 |
| Тема 1.1.                   | Формализация задачи                   | 1                                |                                 |

|           |  |   |  |
|-----------|--|---|--|
|           | линейного программирования. Геометрические методы решения задачи линейного программирования  |   |  |
| Тема 1.2. | Двойственные задачи линейного программирования   | 1 |  |
| Тема 1.3. | Прямой симплекс-метод для задачи максимизации. Двухфазный симплекс-метод   | 2 |  |
| Тема 1.4. | Методы нахождения начального опорного плана транспортной задачи. Методы нахождения оптимального плана закрытой транспортной задачи | 2 |  |
| Тема 1.5. | Задача о назначениях: венгерский метод. Решение задач целочисленного линейного программирования методом Гомори                     | 2 |  |
| Раздел 2. | Выпуклое программирование  |   |  |
| Тема 2.1. | Выпуклость множеств в евклидовом пространстве  | 1 |  |
| Тема 2.2. | Выпуклость функции векторного аргумента  | 1 |  |
| Тема 2.3. | Выпуклая задача линейного программирования   | 2 |  |
| Тема 2.4. | Достаточные условия регулярности допустимой области  | 2 |  |
| Тема 2.5. | Приближённое решение задач выпуклого программирования  | 2 |  |
| Раздел 3. | Теория игр как модель оптимизации стратегий  |   |  |
| Тема 3.1. | Сведение матричной игры к задаче линейного программирования  | 4 |  |
| Тема 3.2. | Гарантирующая оптимальная стратегия  | 4 |  |
| Тема 3.3. | Стратегии в условиях частичной неопределённости  | 2 |  |
| Тема 3.4. | Модели многошагового управления динамической системой. Принцип   | 2 |  |

|           |  |   |  |
|-----------|--|---|--|
|           | Беллмана оптимизации управления  |   |  |
| Раздел 4. | Вариационные методы оптимизации  |   |  |
| Тема 4.1. | Задачи локального экстремума интегрального функционала с неподвижными концами кривой                       | 2 |  |
| Тема 4.2. | Производная и дифференциал функционала   | 2 |  |
| Тема 4.3. | Приведение задачи локального экстремума функционала к задаче для дифференциального уравнения Эйлера        | 2 |  |
| Тема 4.4. | Задачи на условный экстремум с конечными связями. Задачи на условный экстремум с дифференциальными связями | 2 |  |
| Тема 4.5. | Изопериметрическая задача. Задача Лежандра   | 4 |  |
| Раздел 5. | Оптимизация управления системами   |   |  |
| Тема 5.1. | Динамическая модель управляемой системы  | 4 |  |
| Тема 5.2. | Необходимое условие оптимальности  | 4 |  |
| Тема 5.3. | Траектории линейной системы в выпуклом многограннике   | 2 |  |
| Тема 5.4. | Линии переключения управляющих решений   | 2 |  |
| Раздел 6. | Гарантирующее планирование в условиях неопределенности   |   |  |
| Тема 6.1. | Формализация проблемы гарантирующего управления  | 4 |  |
| Тема 6.2. | Методы построения оптимальных гарантирующих планов   | 4 |  |
| Тема 6.3. | Гарантирующее планирование для динамических систем в непрерывном времени                                   | 2 |  |
| Тема 6.4. | Гарантирующее пошаговое управление для   | 2 |  |

|               |  |           |          |
|---------------|--|-----------|----------|
|               | динамических систем в дискретном времени |           |          |
| <b>Итого:</b> |  | <b>64</b> | <b>0</b> |

### 7 Перечень тем лабораторных работ

| № раздела / темы дисциплины | Темы лабораторных работ | Трудоемкость, <i>академ. час</i> |                                 |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                             |                         | всего                            | в форме практической подготовки |
|                             | <i>Отсутствуют</i>      |                                  |                                 |
| <b>Итого:</b>               |                         | <b>0</b>                         | <b>0</b>                        |

### 8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

| № раздела / темы дисциплины | Темы курсовых работ (проектов) | Трудоемкость, <i>академ. час</i> |                                 |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                             |                                | всего                            | в форме практической подготовки |
|                             | <i>Отсутствуют</i>             |                                  |                                 |
| <b>Итого:</b>               |                                | <b>0</b>                         | <b>0</b>                        |

### 9 Виды самостоятельной работы

| № раздела / темы дисциплины | Виды самостоятельной работы  | Трудоемкость, <i>академ. час</i> |                                 |
|-----------------------------|--|----------------------------------|---------------------------------|
|                             |  | всего                            | в форме практической подготовки |
| Раздел 1.                   | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Прохождение тестирования. | 20                               |                                 |
| Раздел 2.                   | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Прохождение тестирования. | 29                               |                                 |
| Раздел 3.                   | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Прохождение тестирования. | 20                               |                                 |
| Раздел 4.                   | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Прохождение тестирования. | 20                               |                                 |

|               |  |            |          |
|---------------|--|------------|----------|
| Раздел 5.     | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Прохождение тестирования. | 20         |          |
| Раздел 6.     | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Прохождение тестирования. | 22         |          |
| Контроль      | Подготовка к экзамену (5 семестр)  | 27         |          |
| Контроль      | Подготовка к экзамену (6 семестр)  | 18         |          |
| <b>Итого:</b> |  | <b>176</b> | <b>0</b> |

## 10 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

### а) литература:

1 Токарев, В. В. Методы оптимизации : учебное пособие для вузов / В. В. Токарев. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 440 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-04712-7. – URL: <https://urait.ru/bcode/514986> (дата обращения: 02.04.2023);

2 Палий, И. А. Линейное программирование : учебное пособие для вузов / И. А. Палий. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 175 с. – ISBN 978-5-534-04716-5. – URL: <https://urait.ru/bcode/514977> (дата обращения: 02.04.2023);

3 Методы оптимизации : учебник и практикум для вузов / Ф. П. Васильев, М. М. Потапов, Б. А. Будак, Л. А. Артемьева ; под редакцией Ф. П. Васильева. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 375 с. – ISBN 978-5-9916-6157-7. – URL: <https://urait.ru/bcode/511303> (дата обращения: 02.04.2023);

4 Гончаров, В. А. Методы оптимизации : учебное пособие для вузов / В. А. Гончаров. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 191 с. – ISBN 978-5-9916-3642-1. – URL: <https://urait.ru/bcode/530446> (дата обращения: 02.04.2023);

5 Сухарев, А. Г. Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 367 с. – ISBN 978-5-9916-3859-3. – URL: <https://urait.ru/bcode/507818> (дата обращения: 02.04.2023);

6 Кудрявцев, К. Я. Методы оптимизации : учебное пособие для вузов / К. Я. Кудрявцев, А. М. Прудников. – 2-е изд. – Москва :

Издательство Юрайт, 2022. – 140 с. – ISBN 978-5-534-08523-5. – URL: <https://urait.ru/bcode/494520> (дата обращения: 02.04.2023);

7 Кочегурова, Е. А. Теория и методы оптимизации : учебное пособие для вузов / Е. А. Кочегурова. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 133 с. – ISBN 978-5-534-10090-7. – URL: <https://urait.ru/bcode/490136> (дата обращения: 02.04.2023).

#### **б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

2 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Инженерно-технические науки»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 – ]. – URL: <http://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

3 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа: по подписке;

4 Национальная электронная библиотека (НЭБ) : информационная система / ФГБУ «РГБ». – Москва, [2015 – ]. – URL: <http://rusneb.ru>. – Режим доступа: по подписке;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 – ]. – URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 – ]. – URL: <https://biblioclub.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: <http://www.biblioclub.ru>;

7 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 – ]. – URL: <http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: <https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp>;

8 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://eivis.ru>. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 – ]. – URL: <http://libr.sibsiu.ru>. – URL: <https://libr.sibsiu.ru>.

#### **в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

- Adobe Acrobat Reader;
- Kaspersky Endpoint Security;
- Mathcad;

- Maxima;
- Microsoft Office;
- Microsoft Windows;
- WinRAR.

**г) базы данных и информационно-справочные системы:**

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

## **11 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию для выполнения курсовых работ;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

Составитель(и):

директор института Павлова Лариса Дмитриевна (кафедра прикладной математики и информатики).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

## Приложение

### Аннотация

**рабочей программы дисциплины «Методы оптимизации»**

**по направлению подготовки (специальности)**

**01.03.02 «Прикладная математика и информатика»  
(направленность (профиль): «Прикладная математика и  
информатика»)**

**форма обучения – Очная форма**

### **1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

Целями учебной дисциплины являются:

- изучение обучающимся основных понятий и методов линейного и выпуклого программирования, оптимизации в условиях неопределённости постановки задачи, вариационных задач управления системами;
- формирование математических навыков обучающегося умениями, необходимыми для анализа и моделирования объектов профессиональной деятельности;
- стимулирование у обучающегося стремления к постоянному углублению своих математических знаний.

Задачами учебной дисциплины являются:

- формирование у обучающихся знаний, умений и навыков решения основных и двойственных задач линейного программирования, постановки и решения задач выпуклого программирования, теории игр, модели управляемой системы с критерием оптимальности в форме интегрального функционала;
- пополнение фундаментальных математических знаний, необходимых для формирования профессиональных компетенций;
- выработка у обучающихся умений применять методы математического программирования, теории игр и вариационных постановок задач управления динамическими системами в исследовательской деятельности.

### **2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)**

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

- Математика;



- Специальные главы математики;
- Теория вероятностей и математическая статистика;
- Численные методы решения инженерных задач.

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

- Вариационное исчисление;
- Теория прогнозирования;
- Имитационное моделирование.

### 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

#### – Профессиональные компетенции

| Наименование категории (группы) ПК | Код и наименование ПК  | Код и наименование индикатора достижения ПК  | Планируемые результаты обучения  |
|------------------------------------|--|--|--|
|                                    | ПК-2:<br>Способен проводить аналитические исследования с применением технологии больших данных в соответствии с требованиями заказчика | ПК-2.1 Выбирает методы и инструментальные средства анализа больших данных для проведения аналитических работ | <ul style="list-style-type: none"> <li>– знать: понятия и задачи теории оптимизации, стратегии и критерии эффективности действий субъекта операции.</li> <li>– уметь: выбрать стратегии в условиях частичной неопределённости задачи оптимизации, применять критерии Лапласа, Вальда, Сэвиджа, Гурвица при проведении аналитических работ .</li> <li>– владеть: навыками реализации принципа Беллмана для построения динамической модели управляемой системы.</li> </ul> |
|                                    |  | ПК-2.2 Разрабатывает, выполняет поверку и оценку используемых моделей больших данных                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– знать: геометрические и симплекс-методы решения основной и двойственной задач линейного программирования, методы решения задач оптимального управления</li> </ul>   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>динамической системой .</p> <p>– уметь: использовать симплекс-метод решения задач линейного программирования, ставить и решать транспортную задачу, использовать методы нахождения глобального экстремума функции, применять принцип максимума Понтрягина в вариационных методах оптимизации .</p> <p>– владеть: методами постановки и решения задач линейного программирования, выпуклого программирования, вариационных задач – в объеме, позволяющем получать новые результаты в аналитических исследованиях .</p> |
|--|--|--|--|

#### 4 Объем учебной дисциплины

| Семестр / курс                                |                        | <b>ИТОГО</b> | <b>5 семестр</b> | <b>6 семестр</b> |
|---|------------------------|--------------|------------------|------------------|
| Форма промежуточной аттестации                |                        |              | экзамен          | экзамен          |
| Трудоёмкость                                  | <i>академ. час.</i>    | <b>288</b>   | 108              | 180              |
|   | <i>зачетных единиц</i> | <b>8</b>     | 3                | 5                |
| Лекции, <i>академ. час.</i>                   |                        | <b>48</b>    | 16               | 32               |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | 0                | 0                |
| Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>      |                        | <b>0</b>     | 0                | 0                |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | 0                | 0                |
| Практические занятия, <i>академ. час.</i>     |                        | <b>64</b>    | 16               | 48               |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | 0                | 0                |
| Курсовая работа / проект, <i>академ. час.</i> |                        | <b>0</b>     | 0                | 0                |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | 0                | 0                |
| Консультации, <i>академ. час.</i>             |                        | <b>0</b>     | 0                | 0                |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | 0                | 0                |
| Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>   |                        | <b>131</b>   | 49               | 82               |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | 0                | 0                |
| Контроль, <i>академ. час.</i>                 |                        | <b>45</b>    | 27               | 18               |
| в форме практической подготовки               |                        | <b>0</b>     | 0                | 0                |

## **5 Краткое содержание учебной дисциплины**

В структуре учебной дисциплины выделяются следующие основные разделы (темы):

Раздел 1 Линейное программирование;

Тема 1.1 Общая постановка задачи линейного программирования (Основные понятия. Примеры задач линейного программирования. Геометрическая интерпретация и графическое решение задачи линейного программирования);

Тема 1.2 Двойственные задачи линейного программирования (Постановка двойственных задач линейного программирования. Каноническая форма основной и двойственной задач. Первая теорема двойственности. Вторая теорема двойственности. Решения двойственных задач линейного программирования);

Тема 1.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования (Матричная реализация симплекс-метода. Геометрическая интерпретация симплексного метода. Симплексные таблицы. Метод искусственного базиса);

Тема 1.4 Транспортная задача (Понятие транспортной задачи. Закрытая и открытые модели транспортной задачи. Методы нахождения опорного и оптимального планов закрытой транспортной задачи);

Тема 1.5 Задача целочисленного линейного программирования (Решение задач целочисленного линейного программирования графическим методом. Решение задач целочисленного линейного программирования методом Гомори);

Раздел 2 Выпуклое программирование;

Тема 2.1 Выпуклость области в евклидовом пространстве и функции векторного аргумента (Выпуклое множество  $D$  в точечном евклидовом пространстве. Выпуклость функции векторного аргумента. Критерий выпуклости – матрица Гессе. Условия Сильвестра);

Тема 2.2 Глобальные и локальные экстремумы функции векторного аргумента (Необходимые условия экстремума для функций, не обладающих свойством выпуклости (теорема Каруша-Куна-Таккера). Условие дополняющей нежёсткости. Частные случаи теоремы: теорема Куна-Таккера, теорема Лагранжа);

Тема 2.3 Выпуклая задача линейного программирования (Выпуклость задачи и регулярность допустимой области: условия теоремы Каруша-Куна-Таккера не только необходимые, но и достаточные для существования точки глобального минимума функции. Метод множителей Лагранжа решения задачи выпуклого программирования);

Тема 2.4 Достаточные условия регулярности допустимой области (Условие Слейтера, условие независимости градиентов.

Геометрический смысл условий Каруша-Куна-Таккера в задачах выпуклого программирования);

Тема 2.5 Приближённое решение задач выпуклого программирования (Методы спуска. Приближённое решение задач выпуклого программирования градиентным методом);

Раздел 3 Теория игр как модель оптимизации стратегий;

Тема 3.1 Понятия и задачи теории оптимизации (Факторы, операция, стратегии, критерий эффективности действий субъекта операции);

Тема 3.2 Гарантирующая оптимальная стратегия (Гарантирующая оптимальная стратегия субъекта операции и операции в целом. Игра двух лиц: поиск чистых, вероятностных, смешанных стратегий);

Тема 3.3 Стратегии в условиях частичной неопределённости (Выбор стратегий в условиях частичной неопределённости задачи оптимизации - критерии Лапласа, Вальда, Сэвиджа, Гурвица в матричной формулировке);

Тема 3.4 Принцип Беллмана многошагового управления (Модели многошагового управления динамической системой, принцип Беллмана оптимизации управления и его реализация);

Раздел 4 Вариационные методы оптимизации;

Тема 4.1 Интегральные функционалы (Конструкции интегральных функционалов. Определение глобального минимума функционала. Сильная и слабая метрики в пространстве функций – аргументов функционала. Локальный экстремум функционала);

Тема 4.2 Производная и дифференциал (первая вариация) функционала (Необходимое условие экстремума функционала – равенство нулю его первой вариации на экстремалах. Задача экстремума интегрального функционала с неподвижными концами кривой);

Тема 4.3 Перевод вариационной задачи в задачу Эйлера (Перевод вариационной задачи в задачу для дифференциального уравнения Эйлера. Частные случаи уравнения Эйлера. Регулярные задачи. Необходимое условие экстремума функционала в форме Лагранжа для регулярных задач. Гладкость экстремалей этих задач);

Тема 4.4 Необходимые условия экстремумов других типов (Необходимые условия экстремумов других типов интегральных функционалов - уравнения Эйлера-Пуассона, Эйлера-Остроградского. Разрешимость задач для них);

Тема 4.5 Достаточные условия экстремума функционала (Достаточные условия экстремума функционала в виде неравенств. Экстремумы интегральных функционалов относительно кривых со скользящими концами. Вариационные задачи на условный экстремум. Изопериметрическая задача. Задача Лежандра);

Раздел 5 Оптимизация управления системами;

Тема 5.1 Динамическая модель управляемой системы (Построение динамической модели управляемой системы - вектор состояния, вектор управления, цель управления, критерий оптимальности в форме интегрального функционала);

Тема 5.2 Необходимое условие оптимальности (Функция Гамильтона. Решение сопряжённой системы. Необходимое условие оптимальности в форме принципа максимума Понтрягина);

Тема 5.3 Траектории линейной системы в выпуклом многограннике (Траектории, удовлетворяющие условию общего положения - принципу максимума Понтрягина для функции Гамильтона как достаточному условию оптимальности управления; равенство нулю функции Гамильтона выполняется автоматически);

Тема 5.4 Линии переключения управляющих решений (Построение линий переключения управляющих решений. Задача синтеза оптимальных управлений);

Тема 5.5 Распространение принципа максимума на нестандартные задачи управления (Смешанные ограничения на управление и фазовые координаты. Постоянные управляющие параметры. Требования к функциональному виду управления. Запаздывания в фазовых координатах. Задачи в дискретном времени);

Раздел 6 Гарантирующее планирование в условиях неопределенности;

Тема 6.1 Формализация проблемы гарантирующего управления (Основные понятия проблемы гарантирующего управления. Принцип гарантированного результата);

Тема 6.2 Методы построения оптимальных гарантирующих планов (Сведение к задаче математического программирования. Сведение к максимуму без ограничений методом Лагранжа. Сравнение с идеальным управлением);

Тема 6.3 Гарантирующее планирование для динамических систем в непрерывном времени (Сведение к задаче оптимального управления без возмущений. Решение результирующей задачи. Численное построение допустимых гарантирующих планов);

Тема 6.4 Гарантирующее пошаговое управление для динамических систем в дискретном времени (Сочетание метода динамического программирования с принципом гарантированного результата).

## **6 Составитель(и):**

директор института Павлова Лариса Дмитриевна (кафедра прикладной математики и информатики).