

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением президиума
Ученого совета ННГУ
от 14.12.2021 г.
протокол № 4

**Рабочая программа дисциплины
Work program of the course**

**Методы оптимизации
Optimization method**

Уровень высшего образования

Level of higher education

бакалавриат

bachelor's degree program

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

Training direction / speciality

02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

02.03.02 Fundamental Computer Science and Information Technology

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Orientation of educational program

Общий профиль

General profile

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

form of study

очная

full-time

Нижегород, 2022 год

Nizhni Novgorod, 2022

21. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.19 «Методы оптимизации» относится к обязательной части ООП по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». Дисциплина читается студентам 4 курса в 7 семестре, 4 зачетных единицы, 144 часов, экзамен.

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД |
|------------|--|---|
| 1 | Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть | Дисциплина Б1.О.19 «Методы оптимизации» относится к обязательной части ООП направления подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». |

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства |
|--|--|--|----------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине** | |
| ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности | ОПК-1.1. Знает основные положения и концепции в области математических и естественных наук, базовые теории и основную терминологию. ОПК-1.2. Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты. ОПК-1.3. Имеет практический опыт работы с решением стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности. | Знает, как применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук при решении практических задач | Собеседование, тестовые задания |
| ПК-1. Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам | ПК-1.1. Знает методы обработки и интерпретации данных научных исследований. ПК-1.2. Умеет собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований. ПК-1.3. Имеет практический опыт сбора, обработки и интерпретации данных научных исследований. | Знает методы обработки современных научных исследований и умеет их применять при решении практических задач в области математики и (или) естественных наук | Собеседование, тестовые задания |

3. Структура и содержание дисциплины

3

3.1. Трудоемкость дисциплины

| | Очная форма обучения |
|--|----------------------|
| Общая трудоемкость | 4 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 144 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | 50 |
| - занятия лекционного типа | 16 |
| - занятия семинарского типа | |
| - занятия лабораторного типа | 32 |
| - текущий контроль (КСР) | 2 |
| самостоятельная работа | 58 |
| Промежуточная аттестация – экзамен | 36 |

3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | В том числе | | | | |
|--|--------------|---|---------------------------|----------------------------|-----------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| Тема 1 Введение: постановки задач нелинейного математического программирования, многокритериальные задачи. Динамическое программирование. Introduction: formulation of nonlinear mathematical programming problems, multicriteria problems. Dynamic programming. | 30 | 4 | | 8 | 12 | 12 |
| Тема 2. Элементы выпуклого анализа. Теория условий оптимальности. Elements of convex analysis. The theory of optimality conditions. | 25 | 3 | | 6 | 9 | 12 |
| Тема 3. Численные методы безусловной локальной оптимизации. Numerical methods of unconditional optimization of the local | 25 | 3 | | 6 | 9 | 12 |
| Тема 4. Методы учета функциональных ограничений в локальной оптимизации. Methods of accounting for functional constraints in local optimization. | 27 | 3 | | 6 | 9 | 11 |
| Тема 5. Численные методы многоэкстремальной оптимизации. Numerical methods for multiextremal optimization | 28 | 3 | | 6 | 9 | 11 |
| Текущий контроль (КСР) | 2 | | | | 2 | |
| Промежуточная аттестация - экзамен | 7 | | | | | |
| Итого | 144 | 16 | | 32 | 50 | 58 |

4 Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов лабораторного тип

Промежуточная аттестация проходит в форме экзамена

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

- проработка теоретического материала лекционных занятий;
- подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|--|---|
| | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
| | Не зачтено | | Зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |

| | | | | | | | |
|---------------|--|---|--|---|---|---|--|
| | | | объеме. | недочетами. | | объеме. | |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами. | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. |

Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|------------|---------------------|--|
| зачтено | Превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно» |
| | Отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| | Очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| | Хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» |
| | Удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| не зачтено | Неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| | Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы

| вопросы | Код формируемой компетенции |
|---|-----------------------------|
| 1. Предмет дисциплины. Классификация задач оптимизации, различные трактовки понятия решения. Задачи векторной и скалярной оптимизации. The subject of the discipline. Classification of optimization problems, various interpretations of the concept of solutions | ОПК-1 |
| 2. Математические модели задач динамического программирования с дискретным временем. Mathematical models of dynamic programming problems with discrete time. The Bellman principle in the form of a necessary and sufficient | ОПК-1 |

| | |
|---|-------|
| Condition | |
| 3. Элементы выпуклого анализа. Теория условий оптимальности. Elements of convex analysis. The theory of optimality conditions. | ОПК-1 |
| 4. Общая постановка задачи математического программирования. Целевая функция, функции ограничений, допустимая область. General statement of the problem of mathematical programming. The objective function, functions, limits, allowable area | ОПК-1 |
| 5. Понятия локального и глобального экстремумов. Геометрическое представление задачи: поверхность равного уровня, градиент и его свойства. Concepts of local and global extrema. Geometric representation of the problem: the surface of equal level, gradient and its properties | ОПК-1 |
| 6. Элементы выпуклого анализа (элементы теории выпуклых множеств и функций) Elements of convex analysis (elements of the theory of convex sets and functions) | ОПК-1 |
| 7. Выпуклое множество, проекция точки на множество, делимость точки множества. Свойства проекции точки, теоремы делимости. Выпуклые (вогнутые) функции, их свойства. A convex set, the projection of points on the set, the separability of points and sets. The properties of the projection of the point theorem, separability. | ОПК-1 |
| 8. Необходимые условия экстремума в гладкой задаче без ограничений (теорема Ферма) и задаче с ограничениями–равенствами (теорема Лагранжа), функция Лагранжа. Necessary extremum conditions in a smooth unbounded problem (Fermat's theorem) and the constraint–equality problem (Lagrange's theorem), the Lagrange function. | ОПК-1 |
| 9. Понятие метода поисковой оптимизации, модель задачи оптимизации. The concept of search engine optimization method, optimization problem model. | ПК-1 |
| 10. Принцип наилучшего гарантированного результата, оптимальность алгоритма. The principle of the best guaranteed result, the optimality of the algorithm. | ПК-1 |

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Понятие метода поисковой оптимизации, модель задачи оптимизации/ The concept of search engine optimization method, optimization problem model
2. Понятие численного метода оптимизации. Классификация методов. Пассивные и исследовательские алгоритмы. Методы второго, первого порядков, методы прямого поиска./ The concept of numerical optimization method. Classification of methods. Passive and research algorithms. Second-order, first-order methods, direct search methods.
3. Принцип наилучшего гарантированного результата, оптимальность алгоритма/ The principle of the best guaranteed result, the optimality of the algorithm.
4. Градиентные методы, метод Ньютона, их свойства. Метод прямого поиска Хука–Дживса. Другие методы. Gradient methods, Newton's method, their properties. The direct search method of Hooke–Jeeves and others.

5.2.3. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Методы учета функциональных ограничений в локальной оптимизации. Methods of accounting for functional constraints in local optimization
2. Классификация методов учета ограничений. Обзор методов сведения задачи с ограничениями к задачам без ограничений. Метод штрафных функций, его обоснование и свойства. Classification of methods of accounting for restrictions. An overview of methods for reducing restricted tasks to unlimited tasks. Method of penalty functions, its justification and properties.

3. Численные методы многоэкстремальной оптимизации/ Numerical methods for multiextremal optimization.
4. Проблемы многоэкстремальной оптимизации. Метод Пиявского в одномерных и многомерных задачах, его обоснование..
5. Поиск оптимальных путей на графах с векторными весами. Finding optimal paths on graphs with vector weights.
6. Использование условий оптимальности для численного решения задач математического программирования с использованием математических пакетов. / The use of optimality conditions for the numerical solution of mathematical programming problems using mathematical packages.
7. Исследование методов безусловной локальной оптимизации в программной лаборатории LocOpt./ A study of methods of unconstrained local optimization in the software lab LocOpt.
8. Исследование метода штрафов в программной лаборатории LocOpt./ The research method of fines in a software lab LocOpt.
9. Экспериментальное исследование методов многоэкстремальной оптимизации. / Experimental study of methods of multiextremal optimization.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. Учебное пособие – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Наука, 1988. (220 экз.)
2. Городецкий С.Ю., Гришагин В.А. Нелинейное программирование и многоэкстремальная оптимизация. Учебное пособие. Н.Новгород: изд-во ННГУ, 2007. – 489 с. (81 экз.)
3. Карманов В.Г. Математическое программирование. Учебное пособие. – М.: Физматлит, 1986 или 2008. (136 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. – М.: Мир, 1985. (45 экз.)
2. Сергеев Я.Д., Квасов Д.Е. Диагональные методы глобальной оптимизации. М.: Физматлит, ННГУ, 2008. (14 экз.)
3. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. 2-е издание. — М.: Наука, 2011. – Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>
4. Измаилов А.Ф., Солодов М.В. Численные методы оптимизации: Учеб. Пособие. 2-е переработанное издание – М.: Физматлит, 2008. – Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2010, 2016, URL: <https://e.lanbook.com>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Городецкий С.Ю. Лабораторный практикум по методам локальной оптимизации в программной системе LocOpt. Электронный ресурс: <http://www.unn.ru/e-library/aids.html?pscience=6&posdate=2007>.
2. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>
3. Для поддержки курса разработаны компьютерные программные лаборатории «OptWay» и «LocOpt», установленные в учебном компьютерном классе лаборатории «Динамика и оптимизация» кафедры ТУиДС (ауд. 220, корп.2). Кроме того, при проведении лабораторных работ используются математические пакеты общего назначения,

8 преимущественно MatCad v 14 или MatLab. Используемое программное обеспечение является лицензионным.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет». Имеются компьютерные классы для выполнения лабораторных работ на 12 рабочих мест с установленным лицензионным программным обеспечением нужной комплектации. Презентационное оборудование для проведения обсуждений и компьютерных демонстраций.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО /ОС ННГУ _____.

Автор (ы) _____ С.Н.Стребуляев

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой _____ В.А.Калинин

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 01.12.2021 года, протокол № 2.