**Приложение 2**

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 |

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совет ННГУ

протокол от

«11» мая 2021 г. № 2

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| **Линейное программирование** |

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| **Бакалавриат** |

Направление подготовки

|  |
| --- |
| **01.03.02 Прикладная математика и информатика** |

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| **Системный анализ, исследование операций и управление** |

Форма обучения

|  |
| --- |
| **Очно-заочная** |

Нижний Новгород

2021

**1. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина Б1.B.04, Линейное программирование относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, формируемой участниками образовательных отношений.

1. **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** |
| ***ПК-13.***  *Способен участвовать в исследовании математических моделей в естественных науках и технике* | ***ПК-13.1.*** *Знает методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике* | ***Знать:***  ***-****основные понятия теории ЛП: политоп, полиэдр, система неравенств, допустимая база, симплекс метод, метод Фурье, метод эллипсоидов, метод внутренней точки, прямая задача ЛП, двойственная задача ЛП, лексикографический симплекс метод, правило Бленда;*  *-основные теоремы теории ЛП: теорема двойственности, теорема дополняющей нежесткости.* | *Собеседование* |
| ***ПК-13.2.*** *Знает математические методы обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований* | ***Знать:***  *сложность симплекс метода и его вариаций, метода эллипсоидов и методов внутренней точки.* | *Собеседование* |
| ***ПК-13.3.*** *Умеет корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей, умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач и классических задач естествознания в практической деятельности* | ***Уметь:***  *применять и разрабатывать пакеты программ для решения и моделирования задач ЛП.* | *Задачи* |
| ***ПК-13.4.*** *Владеет навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований* | ***Владеть:***  *навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований* | *Задачи* |

**3. Структура и содержание дисциплины**

**3.1. Трудоемкость дисциплины**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Очная форма обучения** |
| **Общая трудоемкость** | **\_3\_ ЗЕТ** |
| **Часов по учебному плану** | **108** |
| **в том числе** |  |
| **аудиторные занятия (контактная**  **работа):**  **- занятия лекционного типа**  **- занятия семинарского типа**  **- текущий контроль (КСР)** | **33**  **32**  **0**  **1** |
| **самостоятельная работа** | **75** |
| **Промежуточная аттестация – зачет** | **зачет** |

**3.2. Содержание дисциплины**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,**  **форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **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** |  |
| Очная | Очная | Очная | Очная |  | Очная | Очная |
| Введение в теорию выпуклых множеств и выпуклой оптимизации. | **16** | **4** |  |  |  | **4** | **12** |
| Введение в теорию линейных неравенств. | **16** | **4** |  |  |  | **4** | **12** |
| Задача линейного программирования и симплекс метод. | **32** | **12** |  |  |  | **12** | **20** |
| Двойственность в линейном программировании. | **20** | **8** |  |  |  | **8** | **12** |
| Введение в целочисленное программирование. | **23** | **4** |  |  |  | **4** | **19** |
| Текущий контроль (КСР) | **1** |  |  |  |  | **1** |  |
| Промежуточная аттестация – зачет |  |  |  |  |  |  |  |
| Итого | **108** | **32** |  |  |  | **33** | **75** |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета.

**4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

* Выполнение домашних практических заданий.
* Чтение справочной, методической и научной литературы.
* Подготовка научных докладов.

1. Карманов В. Г. Математическое программирование. — Наука, 1986. — 288 с. (60 экз.)

2. Абрамов Л. М., Капустин В. Ф - Математическое программирование : [учеб.

пособие для вузов по специальности «Экон. кибернетика»]. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.

- 328 с.. (25 экз)

3. Калихман И.Л. Сборник задач по математическому программированию. – М.:

Высшая школа, 1975. (82 экз.)

4. Шевченко В.Н., Золотых Н.Ю. Линейное и целочисленное линейное

программирование. – Нижний Новгород: изд-во ННГУ, 2005. Режим доступа

: <http://www.uic.unn.ru/~zny/lp/Materials/book/lp2005_SomePages.pdf>

5. Курс по линейному программированию на лекториуме, автор Бабенко М. Режим доступа <https://www.lektorium.tv/course/22810>

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

1. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю**),

включающий:

* 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 | | | | |
| Знания | 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 ошибки. | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| Умения | Отсутствие минималь­ных умений. Невозмож­ность оценить наличие умений вследствие отказа обучающего­ся от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки. | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущест­венными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| Навыки | 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** | Удовлетворительный уровень подготовки, владение теоретическим материалом, студент стремится применить творческий подход к решению стандартных задач. Студент посещал практические занятия, активно на них работал. |
| **Не зачтено** | Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы на вопросы, не может реагировать на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий. |

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

**5.2.1. Контрольные вопросы**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Вопросы*** | ***Код формируемой компетенции*** |
| 1. Сформулируйте определения выпуклого множества, выпуклой функции, выпуклой оболочки. Сформулируйте теорему о минимальном выпуклом множестве, содержащем заданный набор точек. Приведите примеры. | ПК-13 |
| 2. Докажите, что множество решений системы линейных неравенств является выпуклым множеством. Дайте определения стандартной и канонической формам систем линейных неравенств. | ПК-13 |
| 3. Опишите алгоритм симплекс метода. Дайте определение симплекс таблицы. Сформулируйте условие допустимости, неограниченности и оптимальности симплекс таблицы. | ПК-13 |
| 4. Опишите метод искусственного базиса. | ПК-13 |
| 5. Сформулируйте проблему зацикливания. Приведите алгоритм лексикографического симплекс метода и алгоритм симплекс метода с правилом Бленда. | ПК-13 |
| 6. Сформулируйте правила построения двойственных программ. Приведите теорему двойственности в слабом и сильном вариантах. | ПК-13 |
| 7. Приведите теорему дополняющей нежесткости в слабом и сильном вариантах. | ПК-13 |
| 8. Сформулируйте лемму Фаркаша в нескольких вариантах. | ПК-13 |
| 9. Приведите примеры задач целочисленного программирования. Что можно сказать о сложности этих задач и общей задачи целочисленного программирования. | ПК-3 |
| 10. Дайте определение унимодулярных матриц. Почему задача целочисленного программирования с унимодулярной матрицей эквивалентна задаче линейного программирования. | ПК-3 |
| 11. Приведите и докажите критерий унимодулярности. | ПК-3 |
| 12. Сформулируйте транспортную задачу. Сформулируйте и докажите критерий совместности транспортной задачи. Приведите алгоритм решения. | ПК-3 |
| 13. Приведите пример Кли и Минти задачи, на которой симплекс метод работает экспоненциальное время. | ПК-3 |
| 14. Сформулируйте теорему о среднем времени работы симплекс метода. | ПК-3 |
| 15. Сформулируйте алгоритм метода эллипсоидов. | ПК-3 |
| 16. Приведите примеры задач, сводимых к задачам линейного программирования. | ПК-13 |
| 17. Приведите примеры задач, сводимых к задачам целочисленного линейного программирования. | ПК-13 |
| 18. Приведите примеры прикладных задач, которые могут быть сформулированы как задачи линейного или целочисленного линейного программирования. | ПК-13 |

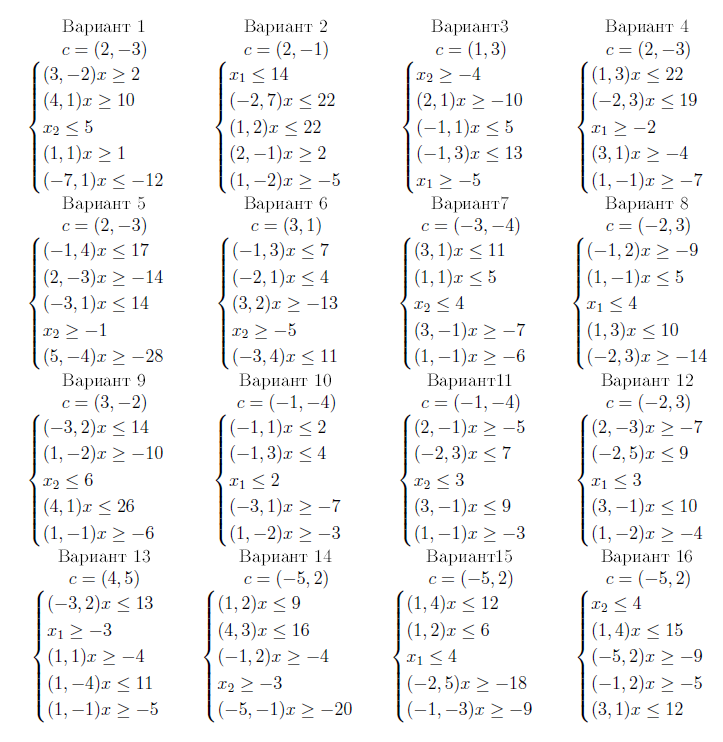
**5.2.2. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-13**

1. Докажите, что линейные полупространства, линейные пространства, эллипсоиды полиэдры и политопы являются выпуклыми множествами.
2. Докажите, что функция x^T A x является выпуклой функцией, где A есть симметричная, неотрицательно определенная матрица.
3. Постройте представления политопа в виде выпуклой оболочки точек, заданного системой неравенств.
4. Постройте представления политопа в виде системы линейных неравенств, заданного в виде выпуклой оболочки точек.
5. Представьте задачу о минимальном вершинном покрытии некоторого графа G в виде задачи целочисленного линейного программирования.
6. Представьте задачу о максимальном независимом множестве некоторого графа G в виде задачи целочисленного линейного программирования.
7. Представьте задачу о диете в виде задачи линейного программирования.
8. Представьте транспортную задачу в виде задачи линейного программирования.
9. Представьте задачу о 3-раскраске некоторого графа G в виде задачи целочисленного линейного программирования.

**5.2.4. Пример задания, выносимого на зачет для оценки компетенции «ПК-13»**

Решите следующие задачи двумерного линейного программирования cx → max:

Задание 1

Задание 2

1. Представьте задачу о минимальном вершинном покрытии некоторого графа G в виде задачи целочисленного линейного программирования.

**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**а**) Основная литература:

1. Карманов В. Г. Математическое программирование. — Наука, 1986. — 288 с. (60 экз.)

б) Дополнительная литература:

1. Абрамов Л. М., Капустин В. Ф - Математическое программирование : [учеб.

пособие для вузов по специальности «Экон. кибернетика»]. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.

- 328 с.. (25 экз)

2. Калихман И.Л. Сборник задач по математическому программированию. – М.:

Высшая школа, 1975. (82 экз.)

в) интернет-ресурсы

1. Шевченко В.Н., Золотых Н.Ю. Линейное и целочисленное линейное

программирование. – Нижний Новгород: изд-во ННГУ, 2005. Режим доступа

: <http://www.uic.unn.ru/~zny/lp/Materials/book/lp2005_SomePages.pdf>

2. Курс по линейному программированию на лекториуме, автор Бабенко М. Режим доступа <https://www.lektorium.tv/course/22810>

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные партами, стульями, учебной доской, мелом.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций ООП ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор (ы): к.ф.-м.н., доц. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Грибанов Д.В.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой: д.ф.м.н., проф \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Кузнецов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 02.06.2021 года, протокол № 8.