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 совета ННГУ

протокол от

«20» апреля 2021 г. № 1

**Рабочая программа дисциплины**

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

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| **Бакалавриа**т |

Направление подготовки

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

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| **Прикладная математика и информатика (общий профиль)** |

Квалификация

|  |
| --- |
| **Бакалавр** |

Форма обучения

|  |
| --- |
| **очная** |

Нижний Новгород

2018

**1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ варианта** | **Место дисциплины в учебном плане образовательной программы** | **Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД** |
| 1 | Блок 1. Дисциплины (модули) вариативная часть | Дисциплина Б1.В.03 «Линейное программирование» относится к вариативной части ОПОП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика  |

Дисциплина Б1.В.03 «Линейное программирование» является дисциплиной вариативной части ОПОП, обязательна для освоения на 3 году обучения в 5 семестре. Трудоемкость составляет 2 зачетные единицы.

**Целями освоения дисциплины** является формирование у студентов общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки 01.03.02. – Прикладная математика и информатика (общий профиль). Содержание дисциплины направлено на освоение понятий и результатов линейного программирования; формирование умений и навыков в решении задач; развитие навыков в постановке и решении практических задач.

В результате освоения дисциплины студенты должны

**Знать**: постановку задачи линейного программирования, постановку классической транспортной задачи, постановку задач целочисленного линейного программирования, прямой и двойственный симплекс-метод для решения задачи линейного программирования, метод потенциалов для решения транспортной задачи, теорему двойственности.

 **Уметь:** решать задачи линейного программирования прямым и двойственным симплекс-методом; решать транспортную задачу линейного программирования методом потенциалов; для данной задачи линейного программирования строить двойственнную задачу и использовать связь между задачами для отыскания оптимального решения.

**Иметь** навыки в постановке и решении практических задач, сводящихся к задачм линейного программирования.

**2. Планируемые результаты обучения по дисциплине,** соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

|  |  |
| --- | --- |
| *Формируемые компетенции*(код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции) | *Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций* |
| ОПК-1способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой | *З1 (ОПК-1)* **знания:**знания основных понятий и результатов линейного программирования*У1 (ОПК-1)* **умения и навыки:** умения решать основные задачи линейного программирования*В1 (ОПК-1)* **владение:** владение опытом использования аппарата линейного программирования при решении практических задач |
| ПК-2способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат | *З1 (ПК-2)* **знания:**знание основных методов линейного программирования*У1 (ПК-2)* **умения и навыки:** умение использовать основные методы линейного программирования при решении практических задач*В1 (ПК-2)* **владение: владение опытом** использования основных методов линейного программирования при решении практических задач |

**3. Структура и содержание дисциплины** «Линейное программирование»

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 ч., из которых 33 ч. составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (16 ч. занятий лекционного типа, 16 ч. занятий семинарского типа, 1 час – мероприятия промежуточной аттестации). 39 ч. составляет самостоятельная работа обучающегося.

**Содержание дисциплины**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *№**п/п* | *Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,**форма промежуточной аттестации по дисциплине* | *Часов* |
| *Всего* | *В том числе* |
| *Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**из них* | *Самостоятельная работа обучающегося* |
| *Занятия лекционного типа* | *Занятия семинарского типа* | *Занятия лабораторного типа* | *Всего* |
| *Очная* | *Очная* | *Очная* | *Очная* | *Очная* |
| 1. | **Задача линейного программирования.** Формулировка задачи линейного программирования. Примеры практических задач. Каноническая и стандартная задачи линейного программирования. Сведения задач из одной формы к другой. Геометрический метод решения задач линейного программирования. | 8 | 2 | 2 |  | 4 | 4 |
| 2. | **Симплекс-метод в прямой форме.** Симплексная таблица. Строчечный симплекс-метод. Нахождение начального опорного вектора. Борьба с зацикливанием. Правило Бленда. Лексикографический метод. | 20 | 4 | 4 |  | 8 | 12 |
| 3. | **Двойственность в линейном программировании.** Формулировки прямой и двойственной задачи. Теорема двойственности. Условия дополняющей нежесткости. Лемма Фаркаша и ее варианты. Связь с методом множителей Лагранжа. Замечание о сложности задачи линейного программирования. Двойственный симплекс-метод.  | 19 | 4 | 4 |  | 8 | 11 |
| 4. | **Классическая транспортная задача.** Формулировка транспортной задачи. Задача о назначениях. Вполне унимодулярные матрицы. Целочисленность опорных векторов транспортной задачи. Способы получения исходного опорного вектора (метод северо-западного угла, метод минимального элемента).  | 12 | 3 | 3 |  | 6 | 6 |
| 5. | **Геометрия линейного программирования.** Выпуклое множество. Выпуклая оболочка. Полиэдр, политоп. Полиэдральный конус. Два способа описания полиэдров. Геометрическая интерпретация симплекс-метода. | 12 | 3 | 3 |  | 6 | 6 |
|  | **В т.ч. текущий контроль** | 2 |  | 2 |  |  |  |
|  | **Промежуточная аттестация:** *зачет* |  |  |  |  |  |  |

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий семинарского и практического типа, групповых или индивидуальных консультаций. Промежуточная аттестация осуществляется на зачете.

**4. Образовательные технологии**

Используются активные и интерактивные образовательные технологии в форме лекций и практических занятий.

Лекционные занятия в основном проводятся в форме лекции-информации. Лекция-информация ориентирована на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению (на самой лекции, и в ходе самостоятельной работы) и запоминанию. На семинарских занятиях проводится разбор решения задач, обсуждаются домашние задания, проверяется проверка знания теоретического материала, полученного на лекциях.

В течение семестра студенты выполняют 3 контрольных работы (как правило, домашних).

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

Ниже приводятся виды самостоятельной работы студентов, порядок их выполнения и контроля, приводится учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы по ее отдельным видам и разделам дисциплины.

**Виды самостоятельной работы студентов:**

* проработка теоретического материала лекционных занятий;
* подготовка домашних заданий к практическим занятиям;
* подготовка и выполнение письменных контрольных работ;
* подготовка к промежуточной аттестации в форме зачета

5.1. Проработка теоретического материала лекционных занятий

Выполняется самостоятельно с использованием лекционных материалов и материалов, разобранных в литературе (список обязательной и дополнительной литературы приводится).

Контроль выполняется в форме проведения экспресс-опросов по понятиям, фактам, формулировкам, выполняемых на лекции. Экспресс-опрос оценивается оценками «Зачтено» – «Не зачтено».

5.2. Подготовка домашних заданий к практическим занятиям

Домашние задания выдаются на практических занятиях.

Проверка выполнения домашних заданий проводится в начале каждого занятия. Используется две формы контроля:

– выборочная проверка выполнения заданий у двух-трех человек из группы;

– проверка в форме коллективного обсуждения у доски результатов выполнения отдельных заданий одним или двумя студентами.

5.3. Подготовка к выполнению письменных контрольных работ

В течение учебного семестра проводится три домашние контрольные работы.

Для подготовки к контрольным работам рекомендуется повторно прочитать теоретические разделы в задачнике, просмотреть полезные разделы в соответствующих источниках из списка рекомендованной литературы, а также самостоятельно решать несколько задач по теме контрольной работы из указанного задачника.

5.4. Подготовка к промежуточной аттестации в форме зачета

В качестве методических материалов при подготовке к зачету рекомендуется использовать собственные конспекты лекций и источники, рекомендованные в списке литературы раздела 7.

**6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

**Оценивание уровня сформированности компетенции** ОПК-1

Уровню сформированности компетенции ОПК-1 дается экспертная оценка преподавателем. Оценка не исчисляется в баллах, а носит качественный характер. Уровень сформированности компетенции ОПК-1 можно охарактеризовать терминами: «недостаточный», «низкий», «умеренный», «достаточный», «высокий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Показатели обучения, характеризующие ОПК-1 — способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой* | *Показатели уровня формирования компетенции* | *Характеристика уровня формирования компетенции* |
| *З1 (ОПК-1)* **знания:**знания основных понятий и результатов линейного программирования*У1 (ОПК-1)* **умения и навыки:** умения решать основные задачи линейного программирования*В1 (ОПК-1)* **владение:** владение опытом использования аппарата линейного программирования при решении практических задач | Отсутствие знаний базового материала, отсутствие способности решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией. | Недостаточный |
| Наличие грубых ошибок в основном материале,наличие грубых ошибок при решении стандартных задач,отсутствие основных навыков, предусмотренных данной компетенцией | Низкий |
| Знаниеосновных понятий, фактов и методов, но со значительным количеством ошибок не грубого характера. Демонстрация умений на уровне У1 с рядом негрубых ошибок. Владение теоретическим материалом и стандартными методами В1 с непринципиальными ошибками | Умеренный |
| Знаниеосновных понятий, фактов и методов предметной области с рядом погрешностей. Демонстрация умений У1 с незначительными погрешностями, владения материалом В1 с рядом небольшими погрешностей | Достаточный |
| Знание З1 по всем разделам без ошибок и погрешностей. Демонстрация умений У1. Владение материалом В1. | Высокий |

**Оценивание уровня сформированности компетенции** ПК-2

Уровню сформированности компетенции ПК-2 дается экспертная оценка преподавателем. Оценка не исчисляется в баллах, а носит качественный характер. Уровень сформированности компетенции ПК-2 можно охарактеризовать терминами: «недостаточный», «низкий», «умеренный», «достаточный», «высокий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Показатели обучения, характеризующие ПК-2**способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат* | *Показатели уровня формирования компетенции* | *Характеристика уровня формирования компетенции* |
| *З1 (ПК-2)* **знания:**знание основных методов линейного программирования*У1 (ПК-2)* **умения и навыки:** умение использовать основные методы линейного программирования при решении практических задач*В1 (ПК-2)* **владение: владение опытом** использования основных методов линейного программирования при решении практических задач | Отсутствие знаний базового материала, отсутствие способности решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией. | Недостаточный |
| Наличие грубых ошибок в основном материале,наличие грубых ошибок при решении стандартных задач,отсутствие основных навыков, предусмотренных данной компетенцией | Низкий |
| Знаниеосновных понятий, фактов и методов, но со значительным количеством ошибок не грубого характера. Демонстрация умений на уровне У1 с рядом негрубых ошибок. Владение теоретическим материалом и стандартными методами В1 с непринципиальными ошибками | Умеренный |
| Знаниеосновных понятий, фактов и методов предметной области с рядом погрешностей. Демонстрация умений У1 с незначительными погрешностями, владения материалом В1 с рядом небольшими погрешностей | Достаточный |
| Знание З1 по всем разделам без ошибок и погрешностей. Демонстрация умений У1. Владение материалом В1. | Высокий |

**6.2. Описание шкал оценивания**

Ниже в форме таблицы приведена шкала оценивания при промежуточной аттестации в форме устного экзамена.

|  |  |
| --- | --- |
| Зачтено | выполнены задания контрольных работ за семестр, студент владеет теоретическим материалом |
| Незачтено | не выполнены задания контрольных работ за семестр, студент не владеет теоретическим материалом |

**6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций**

**Технологии оценивания результатов обучения в виде знаний и отдельных умений**

* Индивидуальное собеседование по билетам (проводится в рамках зачета, результат оценивается по семибалльной шкале) – для проверки З1, У1 (ОПК1), З1, У1 (ПК2).

**Технологии оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

* Письменные контрольные работы – для проверки У1, В1 (ОПК1), У1, В1 (ПК2).
* Проведение типовых доказательств по билету (применяется на зачете) – для проверки У1 (ПК2).

**6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.**

**Типовые задания для контрольных работ**

*Контрольная работа №* 1

1. Решить ЗЛП max{*cx*: *Ax* = *b*, *x* ≥ 0}.



1. Записать условия двойственной ЗЛП. По решению прямой ЗЛП найти решение двойственной ЗЛП.

*Контрольная работа №* 2

Составить двойственную задачу для ЗЛП



при ограничениях

****

Доказать, что вектор (0, –30, 0, 0, 4) является оптимальным и найти оптимальный вектор двойственной ЗЛП.

*Контрольная работа №* 3

Методом потенциалов решить транспортную задачу



где



**Список теоретических вопросов**

1. Формулировка задачи линейного программирования.
2. Каноническая и стандартная задачи линейного программирования. Сведения задач из одной формы к другой.
3. Задача максимизации прибыли.
4. Задача минимизации расходов.
5. Задача о диете.
6. Геометрический метод решения задач линейного программирования.
7. Симплекс-метод в прямой форме.
8. Нахождение начального опорного вектора. Метод искусственного базиса.
9. Борьба с зацикливанием. Правило Бленда.
10. Борьба с зацикливанием. Лексикографический метод.
11. Формулировки прямой и двойственной задачи для задачи в канонической форме, в стандартной форме, общей ЗЛП.
12. Теорема двойственности.
13. Условия дополняющей нежесткости.
14. Лемма Фаркаша и ее варианты. Связь с методом множителей Лагранжа.
15. Сложность решения ЗЛП.
16. Идея метода эллипсоидов.
17. Двойственный симплекс-метод.
18. Содержание и математическая постановка классической транспортной задачи.
19. Содержание и математическая постановка задачи о назначениях.
20. Вполне унимодулярные матрицы. Свойство опорных векторов ЗЛП с вполне унимодулярными матрицами ограничений.
21. Целочисленность опорных векторов транспортной задачи.
22. Способы получения исходного опорного вектора транспортной задачи (метод северо-западного угла, метод минимального элемента).
23. Выпуклое множество. Выпуклая оболочка. Полиэдр, политоп. Полиэдральный конус.
24. Геометрическая интерпретация симплекс-метода.

**6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД, URL:

<http://www.unn.ru/site/images/docs/obrazov-org/Formi_stroki_kontrolya_13.02.2014.pdf>

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

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

а) Основная литература:

1. Шевченко В.Н., Золотых Н.Ю. Линейное и целочисленное линейное программирование. – Нижний Новгород: изд-во ННГУ, 2005. <http://www.uic.unn.ru/~zny/lp/Materials/book/lp2005_SomePages.pdf>

б) Дополнительная литература:

1. Юрьева А. А. Математическое программирование. М.: Лань, 2014. <https://e.lanbook.com/book/68470>
2. Линейное и нелинейное программирование: учеб. для ун-тов и экон. ин-тов. - Киев: Вища школа, 1975. - 371 с. (59 экз).

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ. Наличие рекомендованной литературы.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор д.ф.-м.н., доц. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Золотых Н.Ю.

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

Зав кафедрой АГиДМ, д.ф.м.н., проф. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Кузнецов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 24.02.2021 года, протокол № 5.