

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Балахнинский филиал ННГУ

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Теория систем и системный анализ

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
09.03.03 - Прикладная информатика

---

Направленность образовательной программы  
Прикладная информатика в управлении производством

---

Форма обучения  
очная

---

г. Балахна

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.16 Теория систем и системный анализ относится к обязательной части образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1: Демонстрирует знание принципов сбора, отбора и обобщения информации, базирующихся на системном подходе УК-1.2: Демонстрирует умение соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности УК-1.3: Демонстрирует наличие практического опыта работы с информационными источниками, опыта научного поиска и представления научных результатов	УК-1.1: Знать какие математические методы можно использовать для анализа и управления экономическими системами.  УК-1.2: Уметь использовать полученные знания для осуществления анализа экономических объектов и управленческих ситуаций.  УК-1.3: Владеть навыками принятия оптимальных решений, основанных на использовании экономико-математических методов.	Тест Задачи	Экзамен: Контрольные вопросы
ОПК-6: Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	ОПК-6.1: Демонстрирует знание основ теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного	ОПК-6.1: Знать основы теории систем и системного анализа, экономико-математического моделирования, линейного программирования, теории двойственности.  ОПК-6.2: Уметь применять методы теории	Отчет по лабораторным работам Тест	Экзамен: Контрольные вопросы

	<p>моделирования ОПК-6.2: Применяет методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений, анализа информационных потоков, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем и технологий ОПК-6.3: Имеет практический опыт выполнения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий</p>	<p>систем и системного анализа, экономико-математического моделирования для автоматизации задач принятия решений в экономико-управленческой сфере.  ОПК-6.3: Владеть навыками построения математических моделей и анализа эффективности функционирования экономических и информационных систем.</p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	48
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>26</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося,

	0 Ф 0	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего 0 Ф 0	часы 0 Ф 0
		0 Ф 0	0 Ф 0		
Тема 1. Системный подход к задачам принятия решений	21	6	8	14	7
Тема 2. Моделирование экономических систем с помощью линейных математических моделей	23	8	12	20	3
Тема 3. Теория двойственности в линейном программировании	21	6	10	16	5
Тема 4. Послеоптимизационный анализ задач линейного программирования	21	6	10	16	5
Тема 5. Задачи линейного программирования транспортного типа	20	6	8	14	6
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	48	82	26

### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1 Системный подход к задачам принятия решений

Тема 2 Моделирование экономических систем с помощью линейных математических моделей

Тема 3 Теория двойственности в линейном программировании

Тема 4 Послеоптимизационный анализ задач линейного программирования

Тема 5 Задачи линейного программирования транспортного типа

Практические занятия и лабораторные работы организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий /лабораторных работ в форме практической подготовки отводится 32/16 очная и 16/8 очно-заочная часов.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, приведённым в пункте 5.

Основные виды самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой;
- изучение категориального аппарата дисциплины;
- самостоятельное изучение тем дисциплины;
- подготовка докладов-презентаций;
- подготовка к экзамену;
- работа в библиотеке;

изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет.

Работа с основной и дополнительной литературой

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к научным монографиям и материалам периодических изданий. Работа с литературой предусматривает конспектирование наиболее актуальных и познавательных материалов. Это не только мобилизует внимание, но и способствует более глубокому осмыслению материала, его лучшему запоминанию, а также позволяет студентам проводить систематизацию и сравнительный анализ изучаемой информации. Таким образом, конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, которая требует от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций. Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую литературу для учебной и научной работы, уметь обращаться с предметными каталогами и библиографическим справочником библиотеки.

Изучение категориального аппарата дисциплины

Изучение и осмысление основных категорий дисциплины требует проработки лекционного материала, выполнения практических заданий, изучение словарей, энциклопедий, справочников.

Индивидуальная самостоятельная работа студента направлена на овладение и грамотное применение терминологии по изучаемой дисциплине.

Самостоятельное изучение тем дисциплины

Особое место отводится самостоятельной проработке студентами отдельных разделов и тем изучаемой дисциплины. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, умений и навыков, всестороннего овладения способами и приемами профессиональной деятельности.

Изучение вопросов определенной темы направлено на более глубокое усвоение основных категорий, совершенствование навыка анализа теоретического и эмпирического материала.

Подготовка докладов-презентаций

Написание докладов и подготовка презентации позволяет студентам глубже изучить темы курса, самостоятельно освоить изучаемый материал, пользуясь учебными пособиями и научными работами. Тема реферата может назначаться преподавателем или инициироваться студентом.

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проходит в виде экзамена и предусматривает оценку. Условием успешного прохождения промежуточной аттестации является систематическая работа студента в течение семестра. В этом случае подготовка к экзамену является систематизацией всех полученных знаний по данной дисциплине.

Рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к экзамену, а также использовать в процессе обучения программу, учебно-методический комплекс, другие методические материалы.

Желательно спланировать трехкратный просмотр материала перед экзаменом. Во-первых, внимательное чтение с осмыслением, подчеркиванием и составлением краткого плана ответа. Во-вторых, повторная проработка наиболее сложных вопросов. В-третьих, быстрый просмотр материала или планов ответов для его систематизации в памяти.

Самостоятельная работа в библиотеке

Важным аспектом самостоятельной подготовки студентов является работа с библиотечным фондом.

Это работа предполагает различные варианты повышения профессионального уровня студентов:

- а) получение книг для подробного изучения в течение семестра на научном абонементе;
- б) изучение книг, журналов, газет - в читальном зале;
- в) возможность поиска необходимого материала посредством электронного каталога;
- г) получение необходимых сведений об источниках информации у сотрудников библиотеки.

Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам. Необходимо помнить об оформлении ссылок на Интернет-источники.

Для повышения эффективности самостоятельной работы студентов преподавателю целесообразно использовать следующие виды деятельности:

- консультации,
- выдача заданий на самостоятельную работу,
- информационное обеспечение обучения,
- контроль качества самостоятельной работы студентов.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в соответствующем разделе РПД.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции УК-1:**

1. Система – это:

а. многоуровневая конструкция из взаимодействующих элементов, объединяемых в подсистемы нескольких уровней для достижения единой цели функционирования (целевой функции)

б. элементы и связи между ними

2. Процесс расчленения системы (объекта) на элементы (подсистемы) по заданным характеристическим признакам – это:

а. композиция

б. декомпозиция

с. анализ

d. синтез

3. Модель – это:

a. копия оригинала

b. подобие оригинала

c. аналог (образ) оригинала, но построенный средствами и методами отличными от оригинала

4. Экономико-математическая модель – это:

a. математическое представление экономической системы (объектов, задачи, явлений, процессов и т. п.)

b. качественный анализ и интуитивное представление объектов, задач, явлений, процессов экономической системы и ее параметров

c. эвристическое описание экономической системы (объектов, задачи, явлений, процессов и т. п.)

5. Метод – это:

a. подходы, пути и способы постановки и решения той или иной задачи в различных областях человеческой деятельности

b. описание особенностей задачи (проблемы) и условий ее решения

c. требования к условиям решения той или иной задачи

6. Выберите неверное утверждение:

a. Полностью автоматизировать решение задачи

b. Частично автоматизировать решение задачи

7. Создавать варианты решения задачи

8. Использование информационных систем для частично структурированных задач позволяет:

a. ЭММ позволяют сделать вывод о поведении объекта в будущем

b. ЭММ позволяют управлять объектом

c. ЭММ позволяют выявить оптимальный способ действия

d. ММ позволяют выявить и формально описать связи между переменными, которые характеризуют исследования

9. Экономико-математическая модель межотраслевого баланса – это:

a. макроэкономическая, детерминированная, имитационная, матричная модель

- b. микроэкономическая, детерминированная, балансовая, регрессионная модель
  - c. макроэкономическая, детерминированная, балансовая, матричная модель
  - d. макроэкономическая, вероятностная, имитационная, матричная модель
10. Найти экстремум функции  $f(x)$  при выполнении ограничений  $R_i(x) = a_i$ ,  $\varphi(x) \leq b_j$ , наложенных на параметры функции – это задача:
- a. условной оптимизации
  - b. линейного программирования
  - c. безусловной оптимизации
  - d. нелинейного программирования
  - e. динамического программирования
11. Задача, включающая целевую функцию  $f$  и функции  $\Phi$ , входящие в ограничения, является задачей линейного программирования, если:
- a. все  $\Phi$  являются линейными функциями относительно своих аргументов, а функция  $f$  – нелинейна
  - b. функция  $f$  является линейной относительно своих аргументов, а функции  $\Phi$  – нелинейны
  - c. только часть функций  $\Phi$  и функция  $f$  являются линейными относительно своих аргументов
  - d. все  $\Phi$  и  $f$  являются линейными функциями относительно своих аргументов
12. Множество всех допустимых решений системы задачи линейного программирования является:
- a. Выпуклым
  - b. Вогнутым
  - c. одновременно выпуклым и вогнутым
13. Если задача линейного программирования имеет оптимальное решение, то целевая функция достигает нужного экстремального значения в одной из:
- a. внутренних точек многоугольника (многогранника) допустимых решений
  - b. точек многоугольника (многогранника) допустимых решений
  - c. вершин многоугольника (многогранника) допустимых решений

**5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:**

1. Программирование называется линейным, если:

- а) целевая функция является линейной
- б) целевая функция является линейной, ограничения являются линейными функциями
- в) целевая функция является нелинейной, ограничения являются линейными функциями
- г) целевая функция является линейной, ограничения являются нелинейными функциями.

2. В задаче линейного программирования требуется найти:

- а) значение целевой функции;
- б) значения переменных, удовлетворяющих системе ограничений;
- в) значения переменных, обеспечивающих max (min) целевой функции;
- г) неотрицательные значения переменных, которые обеспечивают экстремум целевой функции, удовлетворяя системе ограничений.

3.

Какой вид имеет целевая функция задачи линейного программирования?

- а)  $f(X) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$
- б)  $AX \leq(=, \geq) B$
- в)  $X \leq 0$
- г)  $X \geq 0$

4.

Какой вид имеют функциональные условия в матричном виде задачи линейного программирования?

- а)  $f(X) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$
- б)  $AX \leq(=, \geq) B$
- в)  $X \leq 0$
- г)  $X \geq 0$

5. Какой порядок записи математической модели задачи линейного программирования является правильным?

- а) Формулирование критерия оптимальности -ввод переменных -формулирование ограничений
- б) Ввод переменных -формулирование критерия оптимальности-формулирование ограничений
- в) Формулирование ограничений -ввод переменных -формулирование критерия оптимальности
- г) Ввод переменных -формулирование ограничений -формулирование критерия оптимальности

6. Если исходная задача линейного программирования имеет оптимальное решение, то задача двойственная к ней ...

а) имеет оптимальное решение б) может не иметь решения

в) может не иметь смысла

7. В задаче линейного программирования:  $F(x) = 3x_1 + 5x_2 + 7x_3 + 9x_4 - \max$  при ограничениях:

$$\begin{cases} 3x_1 + 5x_2 + 2x_3 + 4x_4 \leq 360 \\ 20x_1 + 14x_2 + 20x_3 + 30x_4 = 400 \\ 10x_1 + 14x_2 + 8x_3 + 12x_4 = 134 \\ 6x_1 + 9x_2 + 12x_3 + 3x_4 \geq 96 \end{cases}$$

$$x_j \geq 0; j = \overline{1, 4}$$

знаки двойственных оценок:

а)  $y_1 \geq 0; y_2 \geq 0; y_3 \geq 0; y_4 \geq 0;$

б)  $y_1 \geq 0; y_2 = 0; y_3 = 0; y_4 \geq 0;$

в)  $y_1 \geq 0; y_2$  и  $y_3$  любые по знаку;  $y_4 \geq 0;$  г)

$y_1 \geq 0; y_2 \leq 0; y_3 \leq 0; y_4 \geq 0;$

8. Для исходной задачи линейного программирования  $Z = 2x_1 + 7x_2 + 4x_3 - \max$

$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 - x_3 \geq 14 \\ 5x_1 + 6x_2 + 5x_3 \leq 40 \end{cases}$$

$$x_2 \geq 0$$

двойственная задача имеет вид:

$$f(\bar{y}) = -14y_1 + 40y_2 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} 2y_1 + 5y_2 = 2 \\ -3y_1 + 6y_2 \geq 7 \\ y_1 + 5y_2 = 0 \end{cases}$$

а)  $y_1 \geq 0; y_2 \geq 0;$

б)

$$f(\bar{y}) = 14y_1 + 40y_2 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} 2y_1 + 5y_2 \geq 2 \\ 3y_1 + 6y_2 \geq 7 \\ y_1 + 5y_2 \geq 4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_1 + 5y_2 \geq 4 \\ y_2 \geq 0; \end{cases}$$

в)

$$f(y) = 14y_1 + 40y_2 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} 2y_1 + 5y_2 \geq 2 \\ -3y_1 + 6y_2 \geq 7 \\ y_1 + 5y_2 \geq 4 \\ y_1 \geq 0; y_2 \geq 0; \end{cases}$$

г) нет правильного ответа

9. Область допустимых решений D есть геометрическая фигура, являющаяся:

а) Четырехугольником

б) Пятиугольником

в) Шестиугольником

г) Треугольником

10. Число переменных у двойственной задачи равно...

а) 1

б) 2

в) 3

г) 4

11. Целевая функция двойственной задачи будет...

а) На минимум

б) Постоянной

г) Любой

д) На максимум

12. Все переменные двойственной задачи будут а) Положительными

б) Отрицательными

в) Нулевыми

г) Любыми

## Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	96-100% правильных ответов
отлично	86-95% правильных ответов
очень хорошо	81-85% правильных ответов
хорошо	66-80% правильных ответов
удовлетворительно	56-65% правильных ответов
неудовлетворительно	46-55% правильных ответов
плохо	45% и меньше правильных ответов

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции УК-1:

#### Задание 1

Для производства тканей четырех артикулов используется два вида сырья - синтетическая и шерстяная пряжа. Запасы сырья составляют 40 и 30 кг соответственно. Нормы затрат каждого сырья на единицу продукции даны в таблице

Артикул Сырье	1	2	3	4
Синтетическая пряжа (кг/м)	2	1	1	0
Шерстяная пряжа (кг/м)	1	1	3	1

Цены единицы продукции составляют 4, 3, 6, 1 тыс. руб/м соответственно.

1. Построить математическую модель и определить план производства, максимизирующий суммарный доход.
2. Построить двойственную задачу, найти ее решение. Дать экономическую интерпретацию задачи и ее оптимального решения.
3. Оценить целесообразность закупки шерстяной пряжи по цене 1.5 тыс. руб./кг. Если закупка целесообразна, то в каких объемах?

#### Задание 2

Семья из 10 человек обеспечивает потребность в витаминах А, В, С закупкой абрикосов и яблок по цене соответственно 90 и 30 руб. за кг. Содержание витаминов в продуктах (в миллиграммах на килограмм продукта) указано в таблице

Витамины Продукт	А	В	С
Абрикосы	1	1	2
Яблоки	0	1	1

Ежедневная потребность в витаминах составляет 0.2, 0.5 и 0.8 мг соответственно.

1. Построить математическую модель и определить план закупок продуктов наименьшей стоимости.
2. Построить двойственную задачу, найти ее решение. Дать экономическую интерпретацию задачи и ее оптимального решения.
3. Определить изменение плана закупок и его стоимости, если потребность в витаминах изменяется с 0.2, 0.5, 0.8 до 0.4, 0.6, 1.1 мг соответственно.

### Задание 3

Целлюлозно-бумажный комбинат на берегу озера Байкал может работать по двум технологическим режимам. По первому в течение смены расходуется 100 м<sup>3</sup> древесины, производится 50 т целлюлозы, 60 ц лигнитов (материалы, используемые в химической промышленности) и сбрасывается в озеро 10 кг отравляющих веществ. По второму технологическому режиму за смену расходуется 120 м<sup>3</sup> древесины, производится 75 т целлюлозы, 30 ц лигнитов и сбрасывается в озеро 25 кг отравляющих веществ.

Годовой план производства составляет 15 тыс. т. целлюлозы и 1.2 тыс. т. лигнитов.

Предельно допустимые годовые нормы выброса отравляющих веществ составляют 5 тонн.

1. Построить математическую модель и определить время работы комбината по каждой технологии, обеспечивающее выполнение плана при минимальном расходе древесины.
2. Построить двойственную задачу, найти ее решение. Дать экономическую интерпретацию задачи и ее оптимального решения.
3. Определить, как изменяется оптимальное решение и значение критерия, если учесть ограничения на кислотные выбросы в атмосферу. За одну смену по первой технологии выбрасывается 1 кг, по второй – 3 кг кислотных выбросов. Предельно допустимые годовые нормы – 360 кг.

### Задание 4

Для производства двух типов деталей может быть использовано четыре технологии.

Количество производимых деталей за час времени работы по технологии указано в таблице.

Технология Деталь	1	2	3	4
I	1	1	0	1
II	2	0	1	1

План производства деталей составляет 50 и 60 деталей соответственно. Затраты на обеспечение часа работы по каждой технологии составляют 8, 3, 4 и 5 тыс. руб. соответственно.

1. Построить математическую модель и определить интенсивность (время) использования каждой технологии для выполнения плана с минимальными затратами.
2. Построить двойственную задачу, найти ее решение. Дать экономическую интерпретацию задачи и ее оптимального решения.
3. Построить область устойчивости двойственных оценок. Как изменяется решение и оптимальное значение критерия, если план по деталям первого типа возрастает на 20, второго – на 30 деталей?

#### Задание 5

В состав полиметаллических руд, добываемых на шахтах А и В входят свинец, цинк, медь.

Содержание цветных металлов (в кг/т) в руде шахт даны в таблице

Металл Шахта	Свинец	Цинк	Медь
А	3	1	1
В	1	3	1

Руда поступает на переработку с целью получения чистых цветных металлов. Затраты на добычу и переработку 1 т. руды составляют для шахты А 10 тыс. руб., для шахты В - 20 тыс. руб. Ежедневные нормы производства цветных металлов составляют 60, 60 и 40 кг соответственно.

1. Построить математическую модель и определить оптимальный дневной план добычи и переработки с точки зрения минимизации затрат.
2. Построить двойственную задачу, найти ее решение. Дать экономическую интерпретацию задачи и ее оптимального решения.
3. Как изменится план добычи и оптимальные затраты, если суточная норма производства меди возрастет на 10%, цинка - уменьшится на 15%?

#### Задание 6

Детали трех типов Д1, Д2, Д3 должны быть выпущены в количестве 100, 70, 80 соответственно. Детали могут производиться цехами Ц1, Ц2, Ц3, Ц4. Мощности цехов не позволяют произвести деталей больше 40, 110, 90 и 60 соответственно, причем детали Д2 не

могут производиться в цехе Ц4. Затраты на производство каждой детали заданы в таблице. Мощности четвертого цеха должны быть использованы полностью.

Определить план производства деталей из условия минимизации суммарных затрат.

Деталь Цех	Д1	Д2	Д3
Ц1	1	3	2
Ц2	2	5	3
Ц3	6	5	5
Ц4	4	–	4

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание основного и дополнительного материала
отлично	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание основного материала
очень хорошо	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание материала, допущено не более 2 неточностей не принципиального характера
хорошо	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, допущены неточности не принципиального характера, но обучающийся показывает систему знаний по теме своими ответами на поставленные вопросы
удовлетворительно	Задание выполнено не в полном объеме (решено более 50% поставленных задач), но обучающийся допускает ошибки, нарушена последовательность ответа, но в целом раскрывает содержание основного материала
неудовлетворительно	Задание выполнено не в полном объеме (решено менее 50% поставленных задач), обучающийся дает неверную информацию при ответе на поставленные задачи, допускает грубые ошибки при толковании материала, демонстрирует незнание основных терминов и понятий.
плохо	Задание не выполнено, обучающийся демонстрирует полное незнание

Оценка	Критерии оценивания
	материала

### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

Лабораторная 1. Изучение свойств области допустимых решений задачи линейного программирования.

- 1.1 По содержательному описанию экономической задачи построить математическую модель задачи линейного программирования. Привести задачу к канонической форме. В канонической форме модель должна содержать 3-4 ограничения и 5-6 переменных.
- 1.2 Найти все базисные решения с помощью диалоговой системы решения и анализа задач линейного программирования IBLP или Visual Simplex.
- 1.3 Решить задачу графически в пространстве двух произвольно выбранных свободных переменных. Произвести вручную необходимые для этого преобразования задачи к симметричной форме. Отобразить на графике все базисные решения, выделить среди них опорные.
- 1.4 Повторить все геометрические построения в пространстве двух других свободных переменных.
- 1.5 Пользуясь полученными графиками, сформулировать свойства области допустимых решений задачи линейного программирования. Объяснить, в каких случаях число базисных решений будет меньше теоретически возможного.

Лабораторная работа 2. Решение задачи линейного программирования симплекс-методом.

Варианты разрешимости задачи.

- 2.1 По содержательному описанию экономической задачи построить математическую модель задачи линейного программирования.
- 2.2 Найти начальный опорный план методом вспомогательной задачи и оптимальное решение симплекс-методом вручную и в обучающем режиме работы диалоговой системы решения и анализа задач линейного программирования IBLP, Visual Simplex. Объяснить правила перехода от одной симплекс-таблицы к другой (признак оптимальности, возможность улучшения плана, выбор переменных, вводимой и выводимой из базиса).
- 2.3 Изменить условия задачи так, чтобы:
  - a. задача имела единственное оптимальное решение;
  - b. задача имела множество оптимальных решений. Записать его параметрически;
  - c. задача была неразрешима из-за неограниченности целевой функции;

- d. задача была разрешима при неограниченности области допустимых решений;
- e. задача имела вырожденное оптимальное решение.
- f. задача была неразрешима из-за несовместности системы ограничений;

Сформулировать аналитические признаки указанных ситуаций.

Дать геометрическую интерпретацию каждого варианта.

2.4 Для сгенерированной задачи линейного программирования с 10 ограничениями и 15 переменными в симметричной форме найти оптимальные решения задач максимизации и минимизации симплекс-методом в обучающем режиме работы диалоговой системы IBLP, Visual Simplex. В отчете привести количество итераций, общее время решения каждой задачи и среднее время, затраченное на одну итерацию.

Лабораторная работа 3. Теория двойственности в задачах линейного программирования.

3.1 По содержательной постановке экономической задачи построить математическую модель задачи линейного программирования.

3.2 Выбрать метод (симплекс-метод, метод искусственного базиса или двойственный симплекс-метод) и решить задачу с помощью диалоговой системы решения и анализа задач линейного программирования IBLP, Visual Simplex. Привести в отчете симплекс-таблицу полученного оптимального решения.

3.3 Дать экономическую интерпретацию полученного оптимального решения.

3.4 Построить двойственную задачу. Дать экономическую интерпретацию двойственной задачи.

3.5 Получить оптимальное решение двойственной задачи четырьмя способами:

- a. с помощью диалоговой системы IBLP, Visual Simplex;
- b. по второй теореме двойственности;
- c. через матрицу, обратную к базисной;
- d. из оптимальной симплекс-таблицы прямой задачи. Сравнить полученные результаты.

Дать экономическую интерпретацию трех теорем двойственности.

Лабораторная работа 4. Послеоптимизационный анализ задач линейного программирования. Выполнить послеоптимизационный анализ задачи, поставленной и решенной в третьей лабораторной работе. Привести экономическую интерпретацию всех производимых изменений

условий задачи.

4.1 Анализ чувствительности оптимального решения задачи к изменению свободных членов ограничений.

- a. Найти интервалы устойчивости двойственных оценок к изменению свободных членов ограничений.
- b. Найти оптимальные решения при конкретных изменениях свободных членов ограничений внутри и вне интервалов устойчивости.
- c. Найти область устойчивости двойственных оценок к одновременному изменению двух свободных членов ограничений. Построить эту область графически. Найти оптимальные решения при конкретных изменениях внутри и вне области.
- d. Поставить и решить с помощью диалоговой системы IBLP, Visual Simplex задачу анализа дополнительно закупаемых объемов ресурсов задачи объемного планирования с целью обеспечения наибольшей эффективности планирования.

4.2 Анализ чувствительности оптимального решения задачи к изменению коэффициентов целевой функции.

- a. Найти интервалы устойчивости оптимального решения к изменению коэффициентов целевой функции при базисных и свободных переменных.
- b. Найти оптимальные решения при конкретных изменениях коэффициентов внутри и вне интервалов устойчивости.

4.3 Анализ чувствительности оптимального решения задачи к изменению технологических коэффициентов.

- a. Найти интервалы устойчивости оптимального решения к изменению технологических коэффициентов при свободных переменных оптимального решения.
- b. Найти оптимальные решения при конкретных изменениях технологических коэффициентов внутри и вне интервалов устойчивости.

4.4 Определить оптимальное решение задачи при введении новой переменной.

4.5 Определить оптимальное решение задачи при введении нового ограничения.

Лабораторная работа 5. Транспортные задачи линейного программирования.

5.1 Сформулировать содержательно постановку экономической задачи, описываемой линейной математической моделью транспортного типа.

5.2 По содержательному описанию экономической задачи построить математическую модель. Размерность транспортной таблицы должна быть  $4 \times 5$ .

5.3 Найти начальный опорный план методами северо-западного угла, минимального элемента, методом последовательной максимальной загрузки произвольно выбранных коммуникаций, методом Фогеля. Сравнить решения по значению критерия.

5.4 Найти оптимальное решение задачи методом потенциалов.

5.5 Изменить условия так, чтобы задача описывалась открытой моделью с запрещенными перевозками. Используя полученное в пункте 4 решение в качестве начального опорного, найти оптимальное решение методом потенциалов.

5.6 Решить транспортную задачу с ограничениями на пропускную способность коммуникаций.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «плохо»`

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компет	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно

индикатора достижения компетенций)	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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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 объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	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 несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».

	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1**

Оптимизационный подход в задачах моделирования экономических систем.

2. Примеры прикладных задач линейного программирования.
3. Этапы построения линейных математических моделей.
4. Различные формы моделей задач ЛП.
5. Каноническая форма модели задачи ЛП. Приведение к канонической форме.
6. Симметричная форма модели задачи ЛП. Приведение к симметричной форме.
7. Геометрическая интерпретация и графическое решение задачи ЛП.
8. Доказать теорему о выпуклости множества допустимых решений задачи ЛП.
9. Угловые точки выпуклого множества. Доказать, что оптимальное решение задачи ЛП достигается в угловой точке.
10. Опорные и базисные решения задачи ЛП. Базис опорного плана. Способы разложения векторов условий и вектора ограничений задачи ЛП по векторам базиса.
11. Доказать теорему о связи опорных решений с угловыми точками области допустимых решений.
12. Симплекс-метод решения задачи ЛП.
13. Представление параметров задачи ЛП через базисные вектора опорного плана.
14. Доказать признак оптимальности опорного плана.
15. Доказать теорему о возможности улучшения опорного плана.
16. Доказать условие неограниченности целевой функции задачи ЛП.
17. Доказать теорему о возможности построения нового опорного плана, улучшающего текущий опорный план.
18. Обосновать признак альтернативности оптимального плана.
19. Вырожденная задача ЛП и особенности ее решения.
20. Правила построения симплекс таблиц.
21. Способы построения начального опорного плана.
22. Метод вспомогательной задачи определения начального опорного плана задачи линейного программирования.

23. Метод искусственного базиса решения задачи линейного программирования.
24. Особенности применения метода искусственного базиса для задачи ЛП в симметричной форме с ограничениями типа больше или равно.
25. Векторное представление элементов симплекс-таблиц.
26. Методика построения двойственных задач ЛП.
27. Экономическая интерпретация двойственных задач ЛП.
28. Доказать взаимную сопряженность пары двойственных задач.
29. Доказать основное неравенство теории двойственности.
30. Доказать достаточное условие оптимальности планов пары двойственных задач.
31. Доказать первую теорему двойственности.
32. Экономическая интерпретация первой теоремы двойственности.
33. Доказать необходимое и достаточное условие разрешимости задач двойственной пары.
34. Варианты разрешимости задач двойственной пары.
35. Доказать вторую теорему двойственности.

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-6**

1. Экономическая интерпретация второй теоремы двойственности.
2. Двойственный критерий оптимальности решения задачи ЛП.
3. Проверка оптимальности плана задачи ЛП с использованием свойств взаимосопряженной пары двойственных задач.
4. Определение оптимального решения двойственной задачи по оптимальному решению исходной задачи ЛП.
5. Доказать третью теорему двойственности.
6. Экономическая интерпретация третьей теоремы двойственности.
7. Послеоптимизационный анализ задачи ЛП. Обзор возможностей.
8. Доказать условие устойчивости двойственных оценок при изменении свободных членов ограничений задачи ЛП.
9. Построение области и интервалов устойчивости двойственных оценок.
10. Анализ чувствительности оптимального решения задачи ЛП к изменению свободных членов ограничений.
11. Анализ чувствительности оптимального решения задачи ЛП к изменению коэффициентов целевой функции.
12. Анализ чувствительности оптимального решения задачи ЛП к изменению технологических коэффициентов.
13. Послеоптимизационный анализ задачи ЛП. Добавление нового вида производственной деятельности.
14. Послеоптимизационный анализ задачи ЛП. Добавление нового ограничения.
15. Двойственный симплекс-метод решения задач ЛП.
16. Значение теории двойственности для теории и практики линейного программирования.
17. Задачи линейного программирования транспортного типа. Постановка задачи и особенности математической модели.
18. Необходимые и достаточные условия разрешимости транспортной задачи.
19. Лемма о ранге матрицы ограничений транспортной задачи.
20. Необходимые и достаточные условия опорного плана транспортной задачи.
21. Обзор способов построения начального опорного плана транспортной задачи.
22. Построение начального опорного плана транспортной задачи методами северо-западного угла и минимального элемента.
23. Построение начального опорного плана транспортной задачи методом Фогеля.

24. Двойственная задача к транспортной и ее экономическая интерпретация.
25. Теоремы двойственности для транспортной задачи.
26. Признак оптимальности решения транспортной задачи.
27. Определение коммуникации, маршрута, цикла. Правило построения замкнутых маршрутов.
28. Метод потенциалов решения транспортной задачи.
29. Вырожденная транспортная задача и особенности ее решения.
30. Альтернативные оптимальные решения транспортной задачи.
31. Открытые модели транспортных задач и способы их сведения к закрытым моделям.
32. Методы решения транспортных задач с запрещенными перевозками.
33. Решение транспортных задач с ограничениями на пропускную способность коммуникаций.
34. Метод потенциалов решения транспортных задач с ограничениями на пропускную способность коммуникаций.
35. Анализ транспортных задач на чувствительность к изменению объемов производства-потребления.
36. Анализ транспортных задач на чувствительность к изменению удельных транспортных затрат.
37. Постановка задачи математического программирования.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «плохо»

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

## Основная литература:

1. Кориков Анатолий Михайлович (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники). Теория систем и системный анализ : Учебное пособие / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2024. - 288 с. - (Высшее образование). - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-019357-1. - ISBN 978-5-16-100291-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=889176&idb=0>.
2. Алексеева Марина Борисовна. Теория систем и системный анализ : учебник и практикум для вузов / М. Б. Алексеева, П. П. Ветренко. - Москва : Юрайт, 2023. - 298 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-17987-3. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=891489&idb=0>.

## Дополнительная литература:

1. Алексеева М. Б. Теория систем и системный анализ : учебник и практикум / М. Б. Алексеева, П. П. Ветренко. - Москва : Юрайт, 2023. - 304 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00636-0. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=849317&idb=0>.

## Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office
3. Правовая система «Консультант плюс»
4. Правовая система «Гарант».
5. Интернет браузеры (Mozilla Firefox, Google Chrome)
6. Свободно распространяемая среда разработки Pascal ABC.
7. Среда разработки программного обеспечения Lazarus.
8. Свободная интегрированная среда разработки приложений Dev-C++.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерная техника с подключением к сети «Интернет», экран, проектор для вывода мультимедиа материалов на экран, динамики для воспроизведения звука, доска. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Специальные условия организации обучения по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Организация обучения по дисциплине инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных

возможностей и состояния здоровья при наличии таких обучающихся путем создания специальных условий для получения образования. Профессорско-преподавательский состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). В соответствии с Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса, утв. Минобрнауки РФ 08.04.2014 АК-44/05вн при изучении дисциплины предполагается использование социально-активных и рефлексивных методов обучения, технологий социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе.

При освоении дисциплины используются различные сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности обучающихся для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций. Форма проведения промежуточной аттестации для обучающихся-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается с учетом индивидуальных психофизиологических особенностей. По личной просьбе обучающегося с ограниченными возможностями здоровья, изложенной в форме письменного заявления, по дисциплине предусматриваются:

- замена устного ответа на письменный ответ при сдаче зачёта, экзамена;
- увеличение продолжительности времени на подготовку к ответу на зачёте, экзамене;
- при подведении результатов промежуточной аттестации студентов выставляется максимальное количество баллов за посещаемость аудиторных занятий.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 09.03.03 - Прикладная информатика.

Автор(ы): Васин Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук.

Заведующий кафедрой: Богатырева Анна Валерьевна, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 27 ноября 2024, протокол № 3.