

**Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования**

«Северо-Кавказский федеральный университет»

Отделение СПО НТИ (филиал) СКФУ

**Методические указания
к практическим занятиям**

ОП.01 Моделирование логистических систем

Специальность: 38.02.03 Операционная деятельность в логистике

Форма обучения: очная

Невинномысск 2025

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА | 4 |
| Раздел 1. Введение в моделирование логистических систем и исследование операций. | 5 |
| Раздел 2. Математическое программирование в логистике..... | 9 |
| Раздел 3. Методы моделирования логистических систем | 12 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 17 |

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Сборник задач предназначен для приобретения практических навыков по дисциплине «Моделирование логистических систем».

Данный сборник содержит необходимый набор заданий для приобретения и закрепления необходимых практических навыков и усвоения необходимых дидактических единиц по дисциплине «Моделирование логистических систем».

Сборник задач для выполнения практических заданий разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины и может быть использованы как для проведения практических занятий для студентов очной формы обучения с целью закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых умений, а также для индивидуального усовершенствования имеющихся навыков.

Структура сборника включает в себя: набор заданий по темам, список рекомендуемых источников для изучения учебного материала по учебной дисциплине «Моделирование логистических систем».

Раздел 1. Введение в моделирование логистических систем и исследование операций.

Тема 1.1. Предмет и задачи моделирования логистических систем и исследования операций.

Ответить письменно на вопросы.

1. Определение процесса моделирования, модели?
2. Свойства моделирования.
3. Сформулируйте основные этапы построения модели классическим методом.
4. Сформулируйте основные этапы построения модели при системном подходе.
5. Назовите функции моделей.
6. Основные разновидности процесса моделирования.

Выполнить тестовые задания

1. Установите соответствие между этапом математического моделирования и порядком его осуществления:

| | |
|--|---|
| Формулировка практической проблемы на математическом языке | 1 |
| Решение математической задачи | 2 |
| Практическая интерпретация полученного математического решения | 3 |

2. Оптимизационные однокритериальные математические модели в MS EXCEL решаются с помощью:
 - а) надстройки «Анализ данных»;
 - б) надстройки «Поиск решения»;
 - в) режима «Подбор параметра»;
 - г) «Мастера диаграмм».

3. Решить оптимизационную задачу – значит найти такое решение, при котором значение целевой функции было бы ... а) максимальным;
 б) минимальным;
 в) равным конкретному числу;
 г) возможны все перечисленные варианты.
4. На каком из этапов математического моделирования целесообразно использовать пакеты прикладных программ: а) численное решение
 б) построение математической модели
 в) подготовка исходной информации
 г) постановка экономической проблемы и ее качественный анализ
5. Ставится задача организовать перевозку грузов от нескольких поставщиков нескольким потребителям так, чтобы затраты на перевозку были минимальными. Установить экономическими величинами и элементами математической модели.

| | |
|---|-------------------|
| Стоимость перевозки грузов | Целевая функция |
| Мощности поставщиков и потребителей | Параметры модели |
| Объемы перевозимых грузов от каждого поставщика каждому потребителю | Переменные модели |

Решение задач.

Задача 1. С помощью MS Excel найти максимальное и минимальное значение функции $F = x_1 + x_2 - x_3 - x_4$ при системе ограничений:

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 - x_4 \geq 2 \\ x_1 + x_2 - x_3 - x_4 = 1 \\ x_1 + 6x_2 - x_3 - x_4 \leq 3 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0. \end{cases}$$

Добавить дополнительное условие о целочисленности переменных.

Задача 2. Фабрика производит порошок для изготовления солодовых напитков трех видов Н1, Н2 и Н3. В таблице приведены для каждого напитка основные ингредиенты, их стоимость и размер недельного запаса, а также оценки максимального спроса на соответствующие напитки за неделю:

| | Расход ингредиентов на 1 кг продукта, кг | | | Оценка максим. спроса за неделю, кг | Цена продажи 1 кг напитка, у.е. |
|----------------------------------|--|--------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| | Сахар | Солодовый экстракт | Сухие сливки | | |
| Н1 | 0,3 | 0,3 | 0,35 | 2000 | 1,00 |
| Н2 | 0,15 | 0,25 | 0,55 | 1800 | 1,20 |
| Н3 | 0,15 | 0,3 | 0,25 | 1200 | 1,50 |
| Стоимость 1 кг ингред., у.е. | 0,20 | 0,60 | 0,50 | | |
| Размер недел. запаса ингред., кг | 1000 | 1250 | 2200 | | |

Запас витаминных добавок неограничен. Издержки производства за 1 кг напитка Н1 составляют 0,1 у.е. за 1 кг, напитка Н2 – 0,09 у.е. за 1 кг, Н3 0,12 у.е. за 1 кг.

Задача 3. На трех складах имеется лекарственный препарат в количестве 175, 125 и 140 ед. Этот препарат получают четыре аптеки. Желаемое количество препарата составляет 180, 110, 60 и 140 ед. соответственно. Тарифы перевозок 1 ед. препарата в аптеки задаются матрице:

| | Аптека 1 | Аптека 2 | Аптека 3 | Аптека 4 |
|---------|----------|----------|----------|----------|
| Склад 1 | 8 | 1 | 9 | 7 |
| Склад 2 | 4 | 6 | 2 | 12 |
| Склад 3 | 3 | 5 | 8 | 9 |

Составить план доставки препарата, при котором общая стоимость перевозок является минимальной. При этом учесть, что поставки препарата с 1-го склада во 2-ю аптеку не должны превышать 100 ед. Кроме того, потребности 4-ой аптеки должны быть удовлетворены полностью.

Раздел 2. Математическое программирование в логистике.

Тема 2.1. Математическое программирование в логистике.

Решение задач.

Задача 1. Решить задачу линейного программирования графическим методом:

$$\begin{array}{l} z = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max \\ \text{а) } \begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 8, \\ x_1 + x_2 \leq 6, \\ 2x_1 + 3x_2 \geq 3, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases} \end{array}$$
$$\begin{array}{l} z = 2x_1 + 4x_2 \rightarrow \min \\ \text{б) } \begin{cases} x_1 + x_2 \leq 8, \\ x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ x_1 + 2x_2 \geq 3, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases} \end{array}$$
$$\begin{array}{l} z = 2x_1 + x_2 \rightarrow \max \\ \text{в) } \begin{cases} x_1 + 2x_2 \geq 8, \\ x_1 + 3x_2 \geq 6, \\ 2x_1 + 3x_2 \geq 3, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases} \end{array}$$
$$\begin{array}{l} z = 2x_1 + x_2 \rightarrow \min \\ \text{г) } \begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 4, \\ 2x_1 + x_2 \leq 6, \\ x_1 + x_2 \geq 8, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases} \end{array}$$

Инструкция по использованию Microsoft Excel для решения задач линейного программирования 2-4.

Для того чтобы решить задачу линейного программирования в табличном редакторе Microsoft Excel, необходимо выполнить следующие действия.

1. Ввести условие задачи:

- а) создать экранную форму для ввода условия задачи: переменных, целевой функции (ЦФ), ограничений;
- б) ввести исходные данные в экранную форму: коэффициенты ЦФ, коэффициенты при переменных в ограничениях, правые части ограничений;
- с) ввести зависимости из математической модели в экранную форму: формулу для расчета ЦФ, формулы для расчета значений левых частей ограничений;
- в) задать ЦФ (в окне "Поиск решения"): целевую ячейку, направление оптимизации ЦФ;
- г) ввести ограничения (в окне "Поиск решения"): ячейки со значениями переменных, соотношения между правыми и левыми частями ограничений.

2. Запустить задачу на решение.

Задача 2. Фабрика производит два вида красок: первый – для наружных, а второй – для внутренних работ. Для производства красок используются два ингредиента: А и В. Максимально возможные суточные запасы этих ингредиентов составляют 6 и 8 т соответственно. Известны расходы А и В на 1 т соответствующих красок (см. таблицу). Изучение рынка сбыта показало, что суточный спрос на краску 2-го вида никогда не превышает спроса на краску 1-го вида более, чем на 1 т. Кроме того, установлено, что спрос на краску 2-го вида никогда не превышает 2 т в сутки. Оптовые цены одной тонны красок равны: 30 ден. ед. для краски 1-го вида; 20 ден. ед. для краски 2-го вида.

Необходимо построить математическую модель, позволяющую установить, какое количество краски каждого вида надо производить, чтобы доход от реализации продукции был максимальным.

| Ингредиенты | Расход ингредиентов, т ингр./т краски | | Запас, т ингр./сутки |
|-------------|---------------------------------------|------------------|----------------------|
| | Краска 1-го вида | Краска 2-го вида | |
| А | 1 | 2 | 6 |
| В | 2 | 1 | 8 |

Задача 3. Три склада (А1-А3) поставляют в три магазина (В1-В3) розничной сети некоторый товар. Запасы данного товара на складах (шт.), потребности в нем магазинов (шт.) и тарифы на перевозку (в расчете на 1 шт.) показаны в транспортной таблице ниже. Найдите оптимальный план грузоперевозок, обеспечивающий удовлетворение потребностей магазинов в товаре с минимальными издержками на его транспортировку.

| Магазин / Склады | | В1 | В2 | В3 | Запасы |
|------------------|--|----|----|----|--------|
| А1 | | 6 | 2 | 3 | 20 |
| А2 | | 3 | 1 | 4 | 30 |
| А3 | | 5 | 7 | 2 | 50 |
| Потребности | | 25 | 35 | 40 | |

Задача № 4. Два поставщика (А1-А2) обеспечивают четыре завода (В1-В4) необходимым для производства продукции сырьем. Запасы сырья на складах поставщиков (т.), потребности в нем заводов (т.) и тарифы на перевозку (в расчете на 1 т.) приведены в транспортной таблице ниже. Найдите

оптимальный план грузоперевозок, обеспечивающий удовлетворение потребностей заводов в сырье с минимальными издержками на его транспортировку.

| Поставщики / Заводы | B1 | B2 | B3 | B4 | Запасы |
|------------------------|----|----|----|-----|--------|
| A1 | 11 | 8 | 10 | 6 | 100 |
| A2 | 7 | 5 | 9 | 10 | 200 |
| Потребности | 30 | 50 | 80 | 140 | |

Тема 2.2. Нелинейное программирование. Целочисленное программирование. Динамическое программирование.

Решение задач.

Задача 1. Между четырьмя предприятиями распределяются 60 млн. руб. Приrost выпуска продукции на каждом предприятии зависит от выделенной суммы средств x . Значения прироста задаются в виде таблицы $g_i(x)$, $i = 1, 2, 3, 4$. Найти такой план распределения 60 млн. руб. между предприятиями, при котором общий приrost выпуска продукции будет максимальным.

| Средства x , млн. руб. | Приrost выпуска продукции, млн. руб. | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|
| | $g_1(x)$ | $g_2(x)$ | $g_3(x)$ | $g_4(x)$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 7 | 6 | 14 | 14 |
| 40 | 23 | 23 | 21 | 20 |
| 60 | 31 | 30 | 34 | 35 |

Раздел 3. Методы моделирования логистических систем

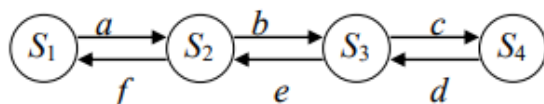
Тема 3.2. Марковские случайные процессы

Решение задач.

Задача 1. Среднее число самолетов, прибывающих в аэропорт за 1 минуту равно a . Найти вероятность того, что $t=b$ минут придут c самолетов. Поток предполагается простейшим.

| вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| a | 9 | 8 | 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 4 | 5 |
| b | 4 | 9 | 5 | 6 | 8 | 7 | 5 | 6 | 7 | 2 |
| c | 2 | 7 | 4 | 9 | 5 | 5 | 8 | 6 | 9 | 7 |

Задача 2. Найти предельные вероятности для процесса гибели, размножения, размеченный граф состояний которого имеет следующий вид:



| вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| a | 1 | 4 | 2 | 5 | 5 | 5 | 2 | 9 | 7 | 3 |
| b | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 6 | 7 | 4 | 3 | 1 |
| c | 7 | 1 | 5 | 7 | 6 | 9 | 2 | 3 | 4 | 6 |
| d | 1 | 4 | 6 | 2 | 1 | 1 | 7 | 4 | 5 | 2 |
| e | 4 | 1 | 5 | 9 | 5 | 6 | 6 | 1 | 8 | 7 |
| f | 4 | 3 | 9 | 2 | 4 | 2 | 3 | 1 | 9 | 5 |

Задача 3. За определенное количество дней можно выполнить строительство объекта, если имеются на площадке запасы стройматериалов (состояние s_1), или их можно приобрести на оптовой базе (состояние s_2), или непосредственно на заводе-изготовителе (состояние s_3). Вероятности p_{ij} переходов состояний s_i в s_j за один шаг таковы: p_{13} , p_{32} , p_{21} , p_{31} , остальные вероятности p_{ij} (при $i \neq j$) равны 0. Элементы на диагонали матрицы подобрать так, чтобы вместе с заданными недиагональными элементами в каждой строке давали сумму, равную 1.

| вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| p_{13} | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,3 |
| p_{32} | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 |
| p_{21} | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| p_{31} | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |

Требуется:

найти вероятность того, что не востребоваанные потребителем стройматериалы будут оставаться на оптовой базе спустя три дня после начала строительства, если в начале стройки они достоверно там были.

Тема 3.3. Теория массового обслуживания в логистике

Выполнить тестовые задания:

1. Одноканальная СМО с отказами представляет собой пост ежедневного обслуживания для мойки автомобилей. Заявка – автомобиль, прибывший в момент, когда пост занят, – получает отказ в обслуживании. Интенсивность потока автомобилей $\lambda=1,0$ (автомобиль в час). Средняя продолжительность обслуживания – 1,8 часа. Поток автомобилей и поток обслуживания являются простейшими. Тогда в установившемся режиме относительная пропускная способность равна: а) 0,357;

б) 0,556;

в) 1,8;

г) 0,643.

2. Трехканальная СМО с очередью представляет собой пост ежедневного обслуживания для мойки автомобилей. Заявка – автомобиль, прибывший в момент, когда пост занят, – ожидает обслуживания на стоянке, которая вмещает 3 автомобиля, иначе автомобиль покидает автомойку. Интенсивность потока автомобилей $\lambda=1,0$ (автомобиль в час). Средняя продолжительность обслуживания – 1,8 часа. Поток автомобилей и поток

обслуживания являются простейшими. Тогда в установившемся режиме процент автомобилей, получающих отказ в обслуживании, равен: а) 29,3 %;
б) 70,7 %;
в) 3,2 %;
г) 15,3 %.

3. Системами массового обслуживания с потерями (отказами) называются системы,

- а) допускающие очередь, но с ограниченным числом мест в ней
- б) у которых возможно появление как угодно длинной очереди требований к обслуживаемому устройству
- в) у которых требования, поступающие в момент, когда все приборы обслуживания заняты, получают отказ и теряются
- г) допускающие очередь, но с ограниченным сроком пребывания каждого требования в ней

4. Системами массового обслуживания с ожиданием называются системы,

- а) у которых требования, поступающие в момент, когда все приборы обслуживания заняты, получают отказ и теряются
- б) допускающие очередь, но с ограниченным числом мест в ней
- в) у которых возможно появление как угодно длинной очереди требований к обслуживаемому устройству
- г) допускающие очередь, но с ограниченным сроком пребывания каждого требования в ней

5. По числу каналов системы массового обслуживания делятся на

- а) малоканальные и многоканальные

- б) малоканальные и надёжные
- в) функциональные и надёжные
- г) одноканальные и многоканальные

Решение задач.

Задача 1. Покупатели подходят к кассе магазина с интенсивностью, представленной в таблице.

| | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|
| Интервал (мин) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Доля покупателей | 40% | 25% | 15% | 10% |

Обслуживание покупателей составляет в среднем 2 минуты плюс-минус в среднем 0,5 минуты. Смоделировать подход первых 10 покупателей и определить среднюю длину очереди и среднее время ожидания.

Задача 2. Имеется небольшой магазин с тремя продавцами. В течение часа торговые ряды посещают в среднем 40 покупателей. Все продавцы обслуживают покупателя в среднем 5 минут. Покупатели, увидев продавцов, занятых обслуживанием, в очередь не становятся. Определить среднее время простоя продавцов, процент необслуженных покупателей, абсолютную и относительную пропускную способность магазина. Смоделировать работу магазина для прихода первых 10 покупателей.

Задача 3. В течение суток в фирму по ремонту бытовой техники обращаются в среднем 18 клиентов. Все мастера ремонтируют бытовую технику в среднем 2 часа. Клиент может оставить технику на ремонт независимо от степени занятости мастеров фирмы. Владелец фирмы вынужден тратить на содержание каждой единицы бытовой техники, ожидающей ремонта, в среднем 10 руб. за час, и оплачивать мастерам вынужденный простой 70 руб. за час. Какое число мастеров выгоднее для фирмы: 8 или 9? Для оптимального числа мастеров методом имитационного

моделирования смоделировать работу фирмы в течение первых шести часов работы.

Задача 4. Отгрузка производится с 4 погрузочных площадок. Груз со склада выдается в 8 до 20 часов ежедневно. В день обслуживается 24 автомашины, среднее время обслуживания- погрузки 30 минут. Определить характеристики обслуживания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основные источники

- 1 Бычков, А. Г. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и методам оптимизации : учебное пособие / А. Г. Бычков. — Москва : ФОРУМ
- 2 : ИНФРА-М, 2022. — 192 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5- 00091-566-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1834678> – Режим доступа: по подписке.
- 3 Григорьев, М.Н. Коммерческая логистика : теория и практика : учебник для СПО
- 4 / М.Н. Григорьев, В.В. Ткач, С.А. Уваров. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 507 с. – Серия : Проф. образование.
- 5 Кремер, Н. Ш. Высшая математика для экономистов в 3 ч. Часть 3 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, И. М. Тришин ; под редакцией Н. Ш. Кремера. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 415 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5- 534-10171-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517613>
- 6 Неруш, Ю. М. Логистика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Ю. М. Неруш, А. Ю. Неруш. — 5-е изд., перераб. и доп.

Дополнительные источники:

- 1 — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 559 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12456-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451221>.
- 2 Неруш, Ю. М. Планирование и организация логистического процесса : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Ю. М.