



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ»

Практикум
по выполнению практических работ
по дисциплине
«Теория систем и системный анализ»

Ростов-на-Дону
2025

УДК 330.34

Составитель: А.Е. Малхасян

Практикум по выполнению практических работ по дисциплине «Теория систем и системный анализ». ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, 2025.

В практикуме кратко изложены теоретические вопросы, необходимые для успешного выполнения практической работы, рабочее задание и контрольные вопросы для самопроверки.

Для обучающихся по УГН(С) 38.03.01 Экономика

УДК 330.34

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

Научный редактор д-р экон. наук, профессор К.А. Бармута

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Экономика и менеджмент»
д-р экон. наук, профессор К.А. Бармута

В печать ____ . ____ . 2025 г.
Формат 60х84/16. Объем ____ усл. п. л.
Тираж ____ экз. Заказ № ____

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный
технический университет, 2025

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 4 |
| Практическая работа 1. Формирование оптимального производственного плана в условиях ограниченности ресурсов с помощью задач линейного программирования графическим методом..... | 5 |
| Практическая работа 2. Формирование оптимального плана распределения ресурсов с помощью транспортной задачи и задачи о назначении..... | 7 |
| Практическая работа 3. Составление календарного графика работ на основе сетевого планирования..... | 10 |
| Практическая работа 4. Определение эффективности системы массового обслуживания..... | 12 |
| Перечень рекомендуемых информационных ресурсов..... | 14 |

Введение

Дисциплина «Теория систем и системный анализ» дает обучающимся основы теоретических знаний и прикладных навыков применения математических методов и моделей к решению задач экономического развития субъектов рыночных отношений микро- и макроуровней, в разработке и принятии управленческих решений, а также как инструмента научных исследований и стратегического управления.

Изучение дисциплины «Теория систем и системный анализ» предполагает формирование знаний о методах принятия решений и практические навыки принятия оптимальных решений, основываясь на экономических расчетах, обработке экономической информации и построении оптимизационных моделей.

Практические занятия по дисциплине «Теория систем и системный анализ» направлены на закрепление и углубление теоретических знаний по дисциплине, развитие умений применять полученные знания для решения конкретных практических задач, формулировать и аргументировать собственную позицию в их решении.

Содержание практических занятий соответствует тематическому плану дисциплины. Поэтому подготовка к практическому занятию основывается на проработке лекционного материала, а затем изучении обязательной и дополнительной литературы по данной теме.

Методика проведения практических занятий по дисциплине «Исследование операций в экономике» предполагает выполнение обучающимися практических работ. Практические работы различаются по содержанию и форме представления результатов. Для успешного выполнения практической работы необходимо:

- внимательно прочесть теоретическую часть и рабочее задание;
- выяснить, все ли термины в рабочем задании понятны (если что-то неясно, следует обратиться к конспекту лекций, просмотреть рекомендуемые информационные ресурсы, проконсультироваться с преподавателем;
- проанализировать рабочее задание, обдумать решение;
- записать результат решения в соответствии с предъявляемыми требованиями;
- проанализировать полученный ответ, сделать выводы.

Практическая работа 1. Формирование оптимального производственного плана в условиях ограниченности ресурсов с помощью задач линейного программирования графическим методом

Цель работы - получить представление о методе распределения ограниченных ресурсов организации для оптимизации его производственного плана.

Теоретическая часть

Необходимо составить такой план производства продукции, при котором прибыль от ее реализации будет максимальной.

Введем следующие обозначения:

x_j — число единиц продукции P_j , запланированной к производству;

b_i — запас ресурса S_i ,

a_{ij} — число единиц ресурса S_i , затрачиваемое на единицу продукции P_j ,

c_i — прибыль от реализации продукции P_i

Тогда модель задачи будет иметь вид:

[illegible]

Прибыль от единицы продукции P_1 составляет 2 рубля, а от единицы продукции P_2

Эту задачу линейного программирования возможно решить графическим методом, построив графики заданных ресурсов.

Прямая, представляющая связывающее ограничение должна проходить через оптимальную точку.

Если ограничение — связывающее, то соответствующий ему ресурс называется *дефицитным*.

Ресурс, с которым ассоциировано несвязывающее ограничение — *недефицитный*.

Ограничения, которые не участвуют в формировании пространства допустимых значений — *избыточные*.

Анализ модели на чувствительность включает:

- 1) предельно допустимое увеличение запаса дефицитного ресурса, позволяющее улучшить найденное оптимальное решение;
- 2) предельно допустимое снижение запаса недефицитного ресурса, не изменяющее найденного ранее оптимального значения целевой функции;

3) определение ценности ресурсов, которое можно найти из соотношения:

$$y_i = \frac{\text{максимальное приращение оптимального значения дохода } F(x)}{\text{максимально допустимый прирост ресурса } i}$$

4) диапазон изменения того или иного коэффициента целевой функции, при котором не происходит изменения оптимального решения.

Рабочее задание

Швейная фабрика выпускает юбки и брюки, используя при этом имеющееся оборудование, электроэнергию и ткань. Нормы расхода ресурсов на одно изделие, запасы этих ресурсов, а также цены готовой продукции приведены ниже.

| Ресурсы | Расход на одно изделие | | Суточный запас ресурсов |
|---|------------------------|-------|-------------------------|
| | юбка | брюки | |
| Оборудование, чел/час | 2 | 3 | 600 |
| Электроэнергия, кВт/час | 4 | 2,5 | 1000 |
| Ткань, м | 1,5 | 2 | 900 |
| Цена одного готового изделия, тыс. руб. | 1 | 1,2 | |

1. Зная, что суточный спрос на брюки никогда не превышает 150 шт., определить план производства швейной фабрики, обеспечивающей максимальный доход.

2. Какой из используемых ресурсов является наиболее дефицитным и насколько целесообразно увеличить его запас?

3. Возможно ли снижение суточного запаса ткани? Если да, то на какую величину?

4. Если цена одной юбки снизится до 0,9 тыс. руб., как это повлияет на оптимальное решение?

Порядок выполнения работы:

1. Определите, какие ресурсы необходимы для выполнения производственного плана.

2. Составьте целевую функцию задачи и систему неравенств, отражающую ограничение ресурсов.

3. Решите систему неравенств ограниченных ресурсов графическим способом: постройте графики функций каждого ресурса, определите области допустимых значений для каждой функции, найдите общую области допустимых значений для всех ограничений, определите координаты вершин полученного многоугольника решений.

4. Найдите значение производственного плана, найдя координаты точки, в которой целевая функция принимает максимальное значение.

5. Определите, какие ресурсы являются дефицитными, а какие избыточными.

6. Определите, на какую величину можно уменьшить запас избыточного ресурса, подставив координату точки, которая обеспечивает оптимальный производственный план, в неравенство этого ресурса. Найдите разницу между значениями левой и правой частями этого неравенства.

6. Определите на сколько можно увеличить запас дефицитного ресурса, сдвинув прямую этого ресурса максимально вправо-вверх, но так, чтобы этот ресурс оставался дефицитным. Получится новый многоугольник решений и новая оптимальная точка, обеспечивающее максимальное значение целевой функции. Подставьте значение новой оптимальной точки в неравенство этого ресурса и найдите разницу между левой и правой частями неравенства.

7. Подставьте в целевую функцию новое значение цены на юбки. Вы получите новую целевую функцию. Подставьте в нее значения вершин первоначального многоугольника решений и определите точку, в которой новая целевая функция принимает максимальное значение. Если координаты точки изменились, это означает, что производственный план изменится. Если нет — то оптимальный план останется прежним.

Контрольные вопросы

1. Как определить производственный план, обеспечивающий максимальный доход от его реализации?

2. Какие бывают ресурсы?

3. Как определить, какие ресурсы являются дефицитными, а какие избыточными?

4. Что показывает коэффициент целевой функции?

5. Как определить диапазон колебания коэффициента целевой функции, при котором производственный план останется прежним?

Рекомендуемые информационные ресурсы: [1, 2].

Практическая работа 2. Формирование оптимального плана распределения ресурсов с помощью транспортной задачи и задачи о назначении

Цель работы - получить представление о методах распределения ограниченных ресурсов между разными возможностями их использования с учетом стоимости выполненных работ.

Теоретическая часть

Распределять ресурсы можно используя методы: транспортная задача и задача о назначениях.

Применение алгоритма транспортной задачи требует выполнение 4 условий:

- должна быть известна стоимость единицы выполненных работ каждым исполнителем для каждого потребителя;
- должен быть известен запас ресурса в каждом источнике;
- известны потребности в ресурсах каждого потребителя;
- общее предложение должно быть равно общему спросу.

Алгоритм решения транспортной задачи состоит из 4 этапов:

- 1) представление данных в форме стандартной таблицы и поиск любого допустимого распределения ресурсов;
- 2) проверка полученного распределения ресурсов на оптимальность;
- 3) если полученное распределение ресурсов не является оптимальным, то ресурсы перераспределяются, снижая стоимость выполненных услуг;
- 4) повторная проверка оптимальности полученного распределения ресурсов.

Допустимым называется такое распределение ресурсов, которое позволяет удовлетворит весь спрос в пунктах назначения и вывезти весь запас продуктов из пунктов производства.

Поиск допустимого распределения ресурсов выполняется с помощью:

- метода минимальной стоимости;
- метода северо-западного угла;
- метода Фогеля.

Проверка полученного распределения ресурсов на оптимальность выполняется методом:

- методом ступенек;
- методом потенциалов

Если в результате проверки было доказано, что полученное решение оптимально, то этапы 3 и 4 не выполняются и задача считается решенной. Если же проверка показывает неоптимальность полученного решения, то ресурсы необходимо перераспределить и заново проверить на оптимальность.

Применение алгоритма задачи о назначениях требует выполнение 4 условий:

- число пунктов производства равно числу пунктов назначения (транспортная таблица имеет форму квадрата);
- в каждом пункте назначения объем потребности равен 1;
- величина предложения каждого пункта производства равна 1

Алгоритм решения задачи о назначениях состоит из 7 этапов:

- 1) найти строку, содержащую только 1 нулевое значение стоимости, и в клетку, соответствующую данному значению, поместить 1 элемент. Если такие строки отсутствуют, допустимо начать с любого нулевого значения стоимости;
- 2) зачеркнуть оставшиеся нулевые значения данного столбца;

3) повторять п.1 и 2 до тех пор, пока продолжение описанной процедуры окажется невозможным;

4) провести минимальное число прямых через строки и столбцы матрицы (не по диагоналям) таким образом, чтобы они проходили через все нули, содержащиеся в таблице;

5) найти наименьший среди элементов, через которые не проходит ни одна из проведенных прямых;

6) вычесть его из всех элементов, через которые не проходят прямые;

7) прибавить найденный элемент ко всем элементам таблицы, которые лежат на пересечении проведенных ранее прямых;

8) все элементы матрицы, через которые проходит только одна прямая, оставить без изменения.

Рабочее задание

Два торговых склада поставляют продукцию в четыре магазина. Издержки транспортировки продукции с торговых складов в магазины, наличие продукции на складах и потребности магазинов приведены в следующей таблице:

| Торговый склад | Транспортные издержки, рублей за единицу / Магазин | | | | Предложение продукции, ед. |
|---------------------------------|---|-----|----|----|-------------------------------|
| | A | B | C | D | |
| 1 | 4 | 8 | 5 | 6 | 100 |
| 2 | 8 | 2 | 4 | 7 | 200 |
| Потребность в продукции, ед. | 50 | 100 | 75 | 75 | |

1. Требуется найти распределение перевозок, позволяющее свести к минимуму общие транспортные издержки:

- методом минимальной стоимости;
- методом северо-западного угла;
- методом Фогеля.

2. Рассчитайте транспортные издержки для каждого распределения. Какое распределение наиболее эффективно?

Порядок выполнения работы:

1. Определите общий спрос и общее предложение.
2. Составьте транспортную таблицу.
3. Распределите ресурсы методом минимальной стоимости.
4. Распределите ресурсы методом северо-западного угла.
5. Распределите ресурсы методом Фогеля.
6. Рассчитайте транспортные издержки для каждого распределения и выберите распределение с минимальной величиной издержек.

Контрольные вопросы

1. Перечислите условия использования алгоритма транспортная задача.
2. Назовите этапы решения транспортной задачи.
3. Перечислите условия использования задачи о назначении.
4. Назовите этапы решения задачи о назначении.
5. Назовите этапы распределения ресурсов методом Фогеля.

Рекомендуемые информационные ресурсы: [3, 5].

Практическая работа 3. Составление календарного графика работ на основе сетевого планирования

Цель работы - получить навыки календарного планирования в условиях временных ограничений и заданной стоимости работ.

Теоретическая часть

Основа сетевого планирования – сетевая модель, которая представляет собой план выполнения некоторого комплекса взаимосвязанных работ (операций), заданного в форме сети, изображение которой называется сетевым графиком

Основное назначение Сетевого планирования и управления (СПУ):

- формирование календарного плана реализации комплекса работ;
- принятие эффективных решений в процессе выполнения этого плана

Главные элементы сетевой модели:

- события (обозначаются вершинами графов);
- работы (дуги).

Событие — это момент завершения какого-либо процесса, отражающий отдельный этап выполнения проекта. Событие исходное (начальное) – не имеет предшествующих работ и событий. Событие завершающее (конечное) – не имеет последующих работ и событий.

Работа может быть трех видов:

- 1) действительная работа – протяженный во времени процесс, требующий затрат ресурсов;
- 2) ожидание – протяженный во времени процесс, не требующий затрат труда;
- 3) фиктивная работа (зависимость) – логическая связь между двумя или несколькими работами, не требующими затрат труда, материальных ресурсов и времени.

Путь - любая последовательность работ, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы.

Полный путь (L) – любой путь, начало которого совпадает с исходным событием сети, а конец – с завершающим.

Наиболее продолжительный полный путь в сетевом графике называется

критическим.

Критическими называются работы и события, расположенные на критическом пути.

Длина критического пути называется критическим временем (сроком) сетевого графика ($T_{кр}$).

Критическое время – это наименьшее время выполнения всего комплекса работ.

Сетевой график может иметь несколько различных критических путей, но все они имеют одну и ту же длину

Коэффициентом напряженности K_n работы (i,j) называется отношение продолжительности несовпадающих (заключенных между одними и теми же событиями) отрезков пути, одним из которых является путь максимальной продолжительности, проходящий через данную работу, а другим – критический путь:

$$K_n(ij) = \frac{t(L_{max}) - t'_{кр}}{t_{кр} - t'_{кр}}$$

где $t(L_{max})$ — продолжительность максимального пути, проходящего через работу (i,j);

$t_{кр}$ — продолжительность (длина) критического пути

$t'_{кр}$ — продолжительность отрезка рассматриваемого пути, совпадающего с критическим путем.

$$K_n(ij) = 1 + \frac{R_n(ij)}{t_{кр} - t'_{кр}}$$

где $R_n(i,j)$ - полный резерв времени работ (i,j).

Коэффициент напряженности показывает степень трудности выполнения в срок каждой группы работ не критического пути.

Рабочее задание

Пусть для некоторого комплекса работ установлены оценки для каждой работы на уровне нормативных продолжительностей и срочного режима, а также даны стоимости выполненных работ. Информация представлена в таблице. На основе данных рассчитать временные и стоимостные характеристики комплекса работ при нормативном и срочном режимах и провести их анализ.

| Номер работы | Нормативный режим | | Срочный режим | |
|--------------|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| | Продолжительность, дни | Стоимость работ (тыс. руб) | Продолжительность, дни | Стоимость работ (тыс. руб) |
| 1,2 | 3 | 6 | 2 | 11 |
| 1,3 | 5 | 8 | 3 | 12 |
| 1,4 | 4 | 7 | 8 | 9 |

| | | | | |
|-----|----|----|----|----|
| 2,5 | 10 | 25 | 8 | 30 |
| 3,5 | 8 | 20 | 6 | 24 |
| 3,6 | 15 | 26 | 12 | 30 |
| 4,6 | 13 | 24 | 10 | 30 |
| 5,7 | 3 | 15 | 6 | 25 |
| 6,7 | 4 | 10 | 3 | 15 |

Порядок выполнения работы:

1. Постройте график данного комплекса работ;
2. Рассчитайте временные характеристики сетевого графика при нормальном режиме работ: ранние и поздние сроки наступления событий, работ и их резервы
3. Определите критический путь при нормальном режиме работы и найдите его продолжительность;
4. Рассчитайте временные характеристики сетевого графика при срочном режиме работ: ранние и поздние сроки наступления событий, работ и их резервы;
5. Определите критический путь при срочном режиме работы и найдите его продолжительность;
6. Определите стоимость комплекса работ при нормативном и срочном режимах;
7. Проведите анализ сроков и стоимости комплекса работ.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные элементы в сетевом планировании?
2. Дайте определение понятиям путь, полный путь, критический путь.
3. Перечислите характеристики элемента «событие».
4. Перечислите характеристики элемента «работа».
5. Что показывает и как рассчитывает коэффициент напряженности работы.

Рекомендуемые информационные ресурсы: [1,6].

Практическая работа 4. Определение эффективности системы массового обслуживания

Цель работы - получить представление о критериях оценки эффективности работы систем массового обслуживания.

Теоретическая часть

Выделяют основные элементы систем массового обслуживания:

1. Входящий поток требований;
2. Накопитель(очередь);

3. Приборы (каналы обслуживания);

4. Выходящий поток

Показатели эффективности работы систем массового обслуживания можно разделить на 2 группы – общие и частные. К общим показателям эффективности относят:

- интенсивность потока заявок;
- интенсивность потока обслуживания;
- загрузка системы.

Интенсивностью потока заявок λ называется среднее число заявок, поступающих из потока за единицу времени.

$$\lambda = \frac{1}{\tau}$$

где τ - среднее значение интервала времени между двумя соседними заявками.

Интенсивность потока обслуживания (μ) – это среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени

$$t_{\text{обсл}} = \frac{1}{\mu}$$

Загрузка системы (ρ) — это среднее число заявок, проходящих за среднее время обслуживания одной заявки, это отношение интенсивности входящего потока к интенсивности потока обслуживания

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

К частным показателям эффективности систем массового обслуживания относятся показатели, которые свойственны только для определенных видов систем:

- абсолютная пропускная способность;
- относительная пропускная способность;
- вероятность отказа;
- длина очереди;
- время, проведенное в очереди;
- количество заявок в системе;
- время, проведенное в системе.

Выделяют следующие виды систем массового обслуживания:

- системы массового обслуживания с отказами;
- системы массового обслуживания с неограниченной очередью;
- системы массового обслуживания с ограниченной очередью;

Рабочее задание

На вход двухканальной СМО с отказами поступает поток заявок с интенсивностью $\lambda = 12$ заявок в час. Время обслуживания заявки одним каналом $t_{\text{обсл}} = 15$ мин. Найти абсолютную пропускную способность системы.

Порядок выполнения работы:

1. Определите интенсивность обслуживания системы.
2. Определите уровень загрузки системы.
3. Определите вероятность простоя системы.
4. Определите вероятность отказа системы.
5. Определите относительную пропускную способность системы.
6. Определите абсолютную пропускную способность системы.

Контрольные вопросы

1. Как определить производственный план, обеспечивающий максимальный доход от его реализации?
2. Какие бывают ресурсы?
3. Как определить, какие ресурсы являются дефицитными, а какие избыточными?
4. Что показывает коэффициент целевой функции?
5. Как определить диапазон колебания коэффициента целевой функции, при котором производственный план останется прежним?

Рекомендуемые информационные ресурсы: [4, 5].

Перечень рекомендуемых информационных ресурсов

1. Воронина, П.В., Лапин, В.Н. Математическое моделирование в задачах: учебное пособие / П.В. Воронина, В.Н. Лапин - Новосибирск: Новосибирский государственный университет, - 2023 - 80 с. - ISBN: 978-5-4437-1427-1. Текст: электронный. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/134573.html> - Режим доступа: по подписке.
2. Голубева, Н.В. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие / Н.В. Голубева - Санкт-Петербург: Лань, - 2024 — 244 с. ISBN: 978-5-507-48455-3. Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/393023> - Режим доступа: по подписке.
3. Горлач, Б.А., Шахов, В.Г. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учебное пособие / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов - Санкт-Петербург: Лань, - 2023 -5-е изд., стер. - 292 с. - ISBN: 978-5-507-46275-9. Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/305219> - Режим доступа: по подписке.
4. Лайпанова, А.М. Исследование операций: учебное пособие / А.М. Лайпанова - Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), - 2021, - 53с. - ISBN: 2227-8397. Текст: электронный. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/115843.html> - Режим доступа: по подписке.
5. Литовка, Ю.В., Майстренко, Н.В. Математические методы исследования операций: учебное пособие / Ю.В. Литовка, Н.В. Майстренко - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, - 2023, - 80с. - ISBN:

978-5-8265-2569-2. Текст: электронный. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/141053.html> - Режим доступа: по подписке.

6. Молотникова, А.А. Моделирование экономических, экологических и социально-политических систем: учебник / А.А. Молотникова - Санкт-Петербург: Лань, - 2023 - 352 с. - ISBN: 978-5-507-45494-5. Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/302708> - Режим доступа: по подписке.

7. Нагаева, И.А., Кузнецов, И.А. Основы математического моделирования и численные методы: учебное пособие / И.А. Нагаева, И.А. Кузнецов - Санкт-Петербург: Лань, - 2024- 2-е изд., стер. - 204 с. - ISBN: 978-5-507-47347-2. Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/362324> - Режим доступа: по подписке.

8. Романова, А.Т. Общая теория систем конспект лекций: учебное пособие / А.Т. Романова - Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), - 2021, - 105 с. - ISBN: 2227-8397. Текст: электронный. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/122118.html> - Режим доступа: по подписке.