

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДЕНО:

Директор

А. В. Замятин

Оценочные материалы по дисциплине

Стохастическое моделирование цепей поставок

по направлению подготовки

**01.04.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Обработка данных, управление и исследование сложных систем**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Л.А. Нежелская

Председатель УМК

С.П. Сущенко

## 1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2 Способен осуществить согласование требований к системе и подсистеме, разработку методик выполнения аналитических работ, управление процессами разработки и сопровождения требований к системе и подсистемам, управление качеством системы и подсистем, осуществить анализ проблемных ситуаций.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-2.1 Реализовывает в виде математической модели согласование требований к системе и подсистемам.

ИПК-2.2 Разрабатывает алгоритмы выполнения аналитических работ по анализу математической модели системы и подсистем.

ИПК-2.3 Выполняет и формализует управление процессами разработки и сопровождения требований к системе и подсистемам.

ИПК-2.4 На основе математической модели системы и подсистем формализует управление качеством работы системы и подсистем, производит анализ проблемных ситуаций.

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

– индивидуальные задания по каждой теме.

Примеры индивидуальных заданий (ИПК-2.1, ИПК-2.2, ИПК-2.3, ИПК-2.4)

**Задание 1.** В трех цехах машиностроительного завода, выпускающего различные виды продукции, предусмотрено следующее количество рабочих мест: 230 рабочих мест; 500 рабочих мест; 325 рабочих мест. В связи с наложением штрафных санкций за невыполнение договорных обязательств фонд заработной платы на заводе сокращен до 3 млрд. рублей, что составляет в среднем 8 млн руб в день. Это влечет за собой сокращение рабочих. Высвободившихся рабочих необходимо после переподготовки перевести на другие предприятия. Переподготовка одного рабочего составляет 50 тыс. рублей в день. Каково общее число сокращаемых рабочих мест? Какое сокращение рабочих мест следует предусмотреть в каждом цехе, чтобы с учетом фонда времени работы оборудования и фонда заработной платы обеспечить максимальный доход?

Необходимые данные приведены в таблице.

| Цеха | Нормочасы работы оборудования на одного человека в день | Фонды времени работы оборудования, | Дневная производительность труда, тыс. р на чел в день | Зарплата, тыс. руб на человека в день |
|------|---------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| I    | 8                                                       | 1300                               | 150                                                    | 9                                     |
| II   | 7,5                                                     | 3200                               | 220                                                    | 10,5                                  |
| III  | 8                                                       | 2300                               | 250                                                    | 11                                    |

1) Каково общее минимальное число сокращаемых рабочих мест без учета величины дохода?

2) Какова максимальная величина дохода при производительности труда в цехе 1150 тыс. рублей/человеко-день?

3) Каково общее число рабочих на заводе, обеспечивающее максимальную величину дохода при производительности труда в цехе 1200 тыс. рублей/человеко-день?

Идея решения.

$$0 \leq x_1 \leq 230 - \text{человек сокращено в I цехе}; 0 \leq x_2 \leq 500 - \text{человек сокращено в II цехе};$$

$$0 \leq x_3 \leq 325 - \text{человек сокращено в III цехе};$$

Общая стоимость переподготовки:  $50(x_1 + x_2 + x_3)$

Общая зарплата:  $9 \cdot (230 - x_1) + 10,5 \cdot (500 - x_2) + 11 \cdot (325 - x_3)$

Величина дневной производительности в стоимостном выражении:

$$150(230 - x_1) + 220(500 - x_2) + 250(325 - x_3)$$

Доход:

$$L(X) = 150(230 - x_1) + 220(500 - x_2) + 250(325 - x_3) - 50(x_1 + x_2 + x_3) \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 8 \cdot (230 - x_1) \leq 1300 \\ 7,5 \cdot (500 - x_2) \leq 3200 \\ 8 \cdot (325 - x_3) \leq 2300 \\ 9 \cdot (230 - x_1) + 10,5 \cdot (500 - x_2) + 11 \cdot (325 - x_3) = 8000 \\ 0 \leq x_1 \leq 230; 0 \leq x_2 \leq 500; 0 \leq x_3 \leq 325; \\ x_1, x_2, x_3 - \text{целые} \end{cases}$$

Задание 2.

1) Написать программу, реализующую метод деформируемого многогранника.

2) С помощью программы найти минимум функции:

$$z = a(x - b)^2 + c(y - d)^2 + (by - dx)^2 + e$$

Ответ:  $x = b, y = d$ .

3) С помощью программы найти минимум функции:

$$z = a(x_1 - b)^2 + c(x_2 - d)^2 + e(x_3 - f)^2 + g(x_3 - h)^2 + k$$

Ответ:  $x_1 = b, x_2 = d, x_3 = f, x_4 = h$ .

4) Написать отчет. В отчете представить

текст программы на любом языке,

скрин работы;

рисунок, на котором изобразить первые шесть (включая исходный) многогранников для задания 2);

анализ результатов.

В таблице приведены данные для индивидуальных вариантов.

|   |   |   |    |   |    |   |    |   |    |
|---|---|---|----|---|----|---|----|---|----|
| 2 | 2 | 4 | 20 | 2 | 12 | 5 | 10 | 7 | 3  |
| 3 | 1 | 5 | 30 | 4 | 14 | 6 | 10 | 2 | -2 |
| 4 | 2 | 5 | 40 | 1 | 14 | 7 | 20 | 4 | 3  |
| 5 | 2 | 6 | 60 | 5 | 11 | 7 | 30 | 3 | -4 |
| 6 | 4 | 6 | 70 | 6 | 11 | 5 | 10 | 2 | 1  |
| 7 | 2 | 7 | 80 | 7 | 10 | 3 | 20 | 5 | -3 |
| 8 | 4 | 7 | 90 | 8 | 10 | 1 | 30 | 6 | 2  |
| 9 | 4 | 8 | 20 | 9 | 12 | 5 | 40 | 1 | -5 |

Задание 3.

2) Написать программу, реализующую адаптивный метод случайного поиска.

3) С помощью адаптивного случайного поиска найти минимум функции

$$z = a(x - b)^2 + c(y - d)^2 + e$$

Для расчетов задать:  $R = 0,8; M = 3$ .

Значения параметров выбрать из представленной таблицы вариантов.

- 3) Проанализировать работу метода для различных начальных точек и различных значений  $N$ .
- 4) В отчете представить текст программы на любом языке, скрин работы и анализ результатов.

Задание 4.

- 1) Написать программу, реализующую метод пчелиного роя.

Начать расчет можно со следующих значений параметров:

$$t_j = 1; \Delta = 0,5; \varepsilon = 0,1; S = 50; M = 3; r = 1.$$

Значения параметров функций выбрать из представленной таблицы вариантов.

- 2) С помощью данного метода найти минимум функции:

$$z = a(x - b)^2 + c(y - d)^2 + (by - dx)^2 + e$$

- 3) Проанализировать работу метода для различных исходных данных. Сравнить с работой предыдущих методов.
- 4) С помощью предложенного метода найти минимум функции:

$$z = a(x - b)^2 + c(y - d)^2 + (y + (x - b)^2 - d)^2 + e$$

- 5) С помощью предложенного метода найти все минимумы функции Шекеля:

$$z = -\frac{1}{1 + (x - a)^2 + (y - b)^2} - \frac{1}{2 + (x - b)^2 + (y - d)^2} - \frac{1}{2 + (x - c)^2 + (y - e)^2}$$

Для первого запуска можно использовать параметры из предыдущих пунктов. Затем экспериментально найти более подходящие варианты параметров.

- 6) В отчете представить

текст программы на любом языке,

скрин работы;

для пункта 3 график линий уровня целевой функции и траекторию спуска на первых десяти шагах;

для пункта 4 график функции (поверхность);

анализ результатов.

Примечание. Графики можно строить с помощью любой программы.

Задание 5. Решить задачу многокритериальной оптимизации

$$Z_1(x) = x_1 - 3x_2 \rightarrow \max, \delta_1 = 0,6$$

$$Z_2(x) = -2x_1 - x_2 \rightarrow \min, \delta_2 = 50\%$$

$$Z_3(x) = -x_1 - x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 2 \\ 2x_1 - 3x_2 \leq 6 \\ 0 \leq x_1 \leq 4, x_2 \leq 6 \end{cases}$$

Задание 6.

- 1) Написать программу, реализующую двухкритериальный алгоритм Джонсона для произвольного количества станков и времени обработки станков на линиях 1 и 2.
- 2) Провести тестовые расчеты по вариантам.

3) В отчете представить текст программы на любом языке, скрин работы и анализ результатов.

1.

| Шифр детали                |   | А | Б | В | Г | Д | Е | Ж | З | И | К |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Время обработки на станках | 1 | 2 | 5 | 3 | 7 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 3 |
|                            | 2 | 5 | 2 | 4 | 6 | 7 | 5 | 1 | 2 | 4 | 7 |

2.

| Шифр детали                |   | А  | Б | В  | Г  | Д  | Е  | Ж | З | И  | К  |
|----------------------------|---|----|---|----|----|----|----|---|---|----|----|
| Время обработки на станках | 1 | 3  | 9 | 5  | 13 | 1  | 3  | 7 | 9 | 11 | 5  |
|                            | 2 | 16 | 7 | 13 | 19 | 22 | 16 | 4 | 7 | 13 | 22 |

3.

| Шифр детали                |   | А  | Б  | В  | Г  | Д  | Е  | Ж  | З  | И  | К  |
|----------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Время обработки на станках | 1 | 1  | 14 | 11 | 20 | 9  | 12 | 17 | 20 | 23 | 18 |
|                            | 2 | 34 | 24 | 29 | 34 | 36 | 29 | 16 | 18 | 23 | 31 |

4.

| Шифр детали                |   | А  | Б  | В  | Г  | Д  | Е  | Ж  | З  | И  | К  |
|----------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Время обработки на станках | 1 | 12 | 20 | 18 | 28 | 18 | 22 | 28 | 32 | 36 | 32 |
|                            | 2 | 31 | 21 | 26 | 31 | 33 | 26 | 13 | 15 | 20 | 28 |

Задание 7. Размещение производства.

Леонид Арбалетов предполагает открыть новую фабрику в Туле, Ульяновске или Ижевске для производства оптических прицелов. Он провел оценку будущих фиксированных и переменных затрат.

| Место     | Фиксированные затраты в год, тыс. руб. | Затраты на единицу продукта, тыс. руб. |      |                   |
|-----------|----------------------------------------|----------------------------------------|------|-------------------|
|           |                                        | Материалы                              | Труд | Накладные расходы |
| Ижевск    | 2000000                                | 2.0                                    | 4.0  | 4.0               |
| Ульяновск | 1800000                                | 2.5                                    | 7.5  | 7.5               |
| Тула      | 1700000                                | 10.0                                   | 20.0 | 20.0              |

Нарисовать кривые общих затрат для каждого из трех мест. Указать максимальный объем производства, при котором следовало бы выбрать Ульяновск. Каков критический объем производства при выборе между Тулой и Ижевском?

Индивидуальное задание оценивается исходя из 5-балльной системы: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если задание выполнено в срок, устойчивая и правильная работа представленных кодов обоснована, отчет написан подробно, грамотно и аккуратно. Оценка «хорошо» выставляется, если устойчивая и правильная работа представленных кодов обоснована, отчет написан подробно, грамотно и аккуратно, но с опозданием не больше, чем на 7 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если устойчивая и правильная работа представленных кодов недостаточно обоснована, или отчет написан недостаточно подробно, грамотно и аккуратно, или с опозданием более, чем на 7 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если не приведено доказательство устойчивой и правильной работы представленных кодов и (или) отчет не соответствует требованиям.

### **3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

Промежуточная аттестация проводится в виде дифференцированного зачета.

Продолжительность дифференцированного зачета - 1,5 часа.

Допуск к зачету – выполнение не менее 60 % всех индивидуальных заданий.

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет, проверяющий сформированность ПК-2, состоит из двух частей.

Первая часть билета содержит два вопроса. Ответ на вопросы дается в развернутой форме.

Вторая часть содержит одно задание, оформленное в виде практической задачи. Ответ предполагает решение задачи и краткую интерпретацию полученных результатов.

Если Обучающийся не пропустил ни одного занятия, выполнил все индивидуальные задания и в течение семестра по каждому ответил на вопросы преподавателя, тем самым доказав самостоятельное выполнение, то он может автоматически получить оценку за дифференцированный зачет как среднее арифметическое всех оценок за индивидуальные задания.

Если автоматическая оценка студента не устраивает, он может сдать зачет по билетам. При этом он освобождается от второй части экзаменационного билета – практического задания.

Если студент выполнил менее 60 % индивидуальных заданий и (или) не посещал занятия, то для допуска к зачету ему необходимо пройти тест в электронном курсе.

<https://lms.tsu.ru/mod/quiz/view.php?id=442826>

Результаты дифференцированного зачета определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется в случае, если Обучающийся исчерпывающе отвечает на все вопросы: реализовывает в виде математической модели согласование требований к системе и подсистемам (ИПК-2.1), разрабатывает алгоритмы выполнения аналитических работ по анализу математической модели системы и подсистем (ИПК-2.2), выполняет и формализует управление процессами разработки и сопровождения требований к системе и подсистемам (ИПК-2.3), на основе математической модели системы и подсистем формализует управление качеством работы системы и подсистем, производит анализ проблемных ситуаций (ИПК-2.4).

оценка «хорошо» выставляется в случае, если Обучающийся в процессе ответа на вопросы допускает не принципиальные ошибки или неточности, демонстрирует индикаторы компетенции ПК-2 на хорошем уровне;

оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если Обучающийся в процессе ответа на вопросы делает грубые ошибки, но показывает понимание сути вопросов и правильно использует научную терминологию, демонстрирует индикаторы компетенции ПК-2 на удовлетворительном уровне;

оценка «неудовлетворительно» выставляется в противном случае.

Перечень теоретических вопросов:

1. Несобственные задачи линейного программирования.
2. Метод деформируемого многогранника.
3. Метод случайного поиска по наилучшей пробе.
4. Метод пчелиного роя.
5. Метод Монте-Карло.
6. Задачи многокритериальной оптимизации.
7. Алгоритм Джонсона.
8. Метод скользящего допуска.
9. Методы календарного планирования.
10. Методы теории расписаний.

## 11. Методы размещения производства.

Примеры задач.

1. Задача 1. Решить графически и симплекс-методом.

$$L(X) = 10x_1 + x_2 \rightarrow \max$$
$$\begin{cases} 2x_1 + 11x_2 \leq 33 \\ x_1 + x_2 = 7 \\ 4x_1 - 5x_2 \geq 5 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

2. Задача 2. Решите задачу многокритериальной оптимизации:

$$Z_1(x) = x_1 - 3x_2 \rightarrow \max, \delta_1 = 0,6$$

$$Z_2(x) = -2x_1 - x_2 \rightarrow \min, \delta_2 = 50\%$$

$$Z_3(x) = -x_1 - x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 2x_1 + 2x_2 \geq 4 \\ 4x_1 - 6x_2 \leq 12 \\ 0 \leq x_1 \leq 4, x_2 \leq 6 \end{cases}$$

3. Задача 3. Главпочтамт в Сочи предполагает создать новое почтовое отделение для обслуживания семи почтовых отделений (ПО) на побережье. Так как расстояние имеет существенное значение, то место расположения нового почтового отделения может влиять на эффективность его работы.

Используя данные таблицы, определите координаты центра гравитации  $(x, y)$  для размещения нового ПО.

| Почтовые отделения | Координаты | Число поездок почтового фургона в день |
|--------------------|------------|----------------------------------------|
| ПО-1               | (10,5)     | 3                                      |
| ПО-2               | (3,8)      | 3                                      |
| ПО-3               | (4,7)      | 2                                      |
| ПО-4               | (15,10)    | 6                                      |
| ПО-5               | 1(13,3)    | 5                                      |
| ПО-6               | (1,12)     | 3                                      |
| ПО-7               | (5,5       | 10                                     |

## 4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Для проверки остаточных знаний проводится тест, представленный в электронном курсе.

<https://lms.tsu.ru/mod/quiz/view.php?id=442826>

Примеры вопросов теста.

1. Задача планирования производства называется несобственной, если

- а) система ограничений несовместна
- б) множество планов неограничено
- в) отсутствует ограничение неотрицательности
- г) отсутствует ограничение целочисленности

2. Укажите условие невязки для метода минимизации невязок

- а)  $x_j + y_j \geq c_j$
- б)  $x_j - y_j \geq c_j$

в)  $x_j + y_j \leq c_j$

г)  $x_j - y_j \leq c_j$

3. Для реализации возможности сбыта сверх комплектов функцию цели формируют в виде

а)  $\max\{\sum_{j=1}^n e_j x_j + rz\}$

б)  $\min\{\sum_{j=1}^n e_j x_j + rz\}$

в)  $x_j - c_j z \geq 0$

$0 \leq x_j \leq M_j, z \geq 0, j = \overline{1, n}$

г)  $\max\{\sum_{j=1}^n e_j x_j - r \cdot \sum_{j=1}^n p_j y_j\}$

4. Для рационального использования ресурсов используется следующая функция цели

а)  $\max\{\sum_{j=1}^n e_j x_j + rz\}$

б)  $\min\{\sum_{j=1}^n e_j x_j + rz\}$

в)  $x_j - c_j z \geq 0$

$0 \leq x_j \leq M_j, z \geq 0, j = \overline{1, n}$

г)  $\max\{\sum_{j=1}^n e_j x_j - r \cdot \sum_{j=1}^n p_j y_j\}$

5. Укажите все правильные ответы.

Множество Парето – это

множество эффективных решений

множество компромиссов

множество эффективных критериев

область определения задачи

6. Задача Джонсона – это

а) задача составления расписания работы технологической линии

б) один из вариантов транспортной задачи

в) один из вариантов задачи о назначениях

г) один из вариантов задачи коммивояжера

Ключи: 1а; 2а; 3а; 4а; 5а,б; 6а.

### Информация о разработчиках

Гендрина Ирина Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики института прикладной математики и компьютерных наук, доцент.