

Лабораторная работа № 2

Тема: «Нахождение первоначального опорного плана транспортной задачи линейного программирования»

Цель работы: Получение практических навыков решения транспортных задач линейного программирования в соответствии с алгоритмом решения.

Предварительная подготовка: спец. дисциплина «Математические методы»

Количество часов: 2 часа

Краткая теория:

2.1 Метод северо-западного угла

Это наиболее простой способ нахождения опорного плана транспортной задачи, который состоит в последовательном распределении всех запасов, имеющихся в первом, втором и т.д. пунктах отправления (производства) по первому, второму и т.д. пунктам назначения (потребления). Каждый шаг распределения сводится к попытке полного исчерпания запасов в очередном пункте отправления или к попытке полного удовлетворения заявки (потребностей) в очередном пункте назначения.

Построение допустимого начального плана начинается с левого верхнего угла (северо-западного угла) транспортной таблицы. Для очередной клетки, расположенной в строке i и столбце j , рассматриваются значения нераспределенного запаса в i -ом пункте отправления и неудовлетворенной заявки в j -ом пункте назначения. Из них выбирается минимальное и назначается в качестве объема перевозки между данными пунктами:

$$x_{ij} = \min \{a_i, b_j\}. \quad (2.5)$$

После этого значения нераспределенных заявок и запасов в соответствующих пунктах уменьшаются на величину x_{ij} :

$$a'_i = a_i - x_{ij}, \quad (2.6)$$

$$b'_j = b_j - x_{ij}.$$

Если $a'_i = 0$, то это означает, что весь запас i -го пункта отправления исчерпан и необходимо перейти к распределению запаса следующего пункта отправления, т.е. переместиться к следующей клетке вниз по столбцу. Если же $b'_j = 0$, то значит, полностью удовлетворена заявка j -го пункта, после чего следует переход на клетку, расположенную справа по строке. Вновь выбранная клетка становится текущей, и для нее повторяются все перечисленные операции.

Основываясь на условии баланса запасов и заявок можно утверждать, что за конечное число шагов мы получим допустимый план. В силу того же условия число шагов алгоритма не может быть больше чем $n + m - 1$. Недостатком данного метода является отсутствие учета информации о стоимости перевозок и поэтому, как правило, при применении данного метода полученный план далек от оптимального.

Пример 2.1. Составить опорный план следующей транспортной задачи методом северо-западного угла.

Запасы соответствующих пунктов отправления равны:

$$a_1 = 31, a_2 = 45, a_3 = 35, a_4 = 35, a_5 = 12.$$

А пункты назначения подали соответственно следующие заявки:

$$b_1 = 35, b_2 = 36, b_3 = 27, b_4 = 22, b_5 = 38.$$

Матрица стоимости перевозки имеет следующий вид:

$$C = \begin{bmatrix} 6 & 26 & 39 & 45 & 48 \\ 7 & 19 & 14 & 1 & 31 \\ 29 & 17 & 9 & 38 & 12 \\ 38 & 19 & 31 & 45 & 33 \\ 21 & 16 & 31 & 39 & 12 \end{bmatrix}.$$

Решение. Составим транспортную таблицу и внесем в нее все исходные данные.

ПО \ ПН	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Запасы a_i
A_1	6 31	26	39	45	48	31
A_2	7 4	19 36	14 5	1	31	45
A_3	29	17	9 22	38 13	12	35
A_4	38	19	31	45 9	33 26	35
A_5	21	16	31	39	12 12	12
Заявки b_j	35	36	27	22	38	158

Прежде чем приступить к составлению плана проверим выполнение условия баланса (9.4) $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$.

$$\text{Так } \sum_{i=1}^5 a_i = 31 + 45 + 35 + 35 + 12 = 158 \quad \text{и} \quad \sum_{j=1}^5 b_j = 35 + 36 + 27 + 22 + 38 = 158$$

следовательно балансовое условие выполняется и можно приступить нахождению опорного плана. В случае не выполнения условия (9.4) задача называется транспортной задачей с неправильным балансом. Способы приведения транспортной задачи с неправильным балансом к задаче с правильным балансом рассматривать будет ниже.

Заполнять транспортную таблицу начнем с левой верхней ячейки (северо-западного угла). Объем перевозки находим в соответствии с (9.5).

$$x_{11} = \min\{a_1, b_1\} = \min\{31, 35\} = 31.$$

Следовательно, в ячейку $\{1, 1\}$ запишем перевозку $x_{11} = 31$, при этом нераспределенная заявка и запас в первых пунктах уменьшаются на величину x_{11} , в соответствии с (9.6):

$$a'_1 = a_1 - x_{11} = 31 - 31 = 0, \quad b'_1 = b_1 - x_{11} = 35 - 31 = 4.$$

Т.к. $a'_1 = 0$, то это означает, что весь запас первого пункта отправления исчерпан и необходимо перейти к распределению запаса второго пункта отправления, т.е. переместиться к следующей ячейке транспортной таблицы вниз по столбцу.

Пытаемся удовлетворить заявку первого пункта назначения за счет запасов второго пункта отправления. Вновь для ячейки $\{2, 1\}$ в соответствии с (9.5) находим $x_{21} = \min\{a_2, b'_1\} = \min\{45, 4\} = 4$ и полученную перевозку записываем в нее. В

результате заявка первого пункта назначения полностью удовлетворена, а во втором пункте отправления остался запас в размере $a'_2 = a_2 - x_{21} = 45 - 4 = 41$ единицы груза. Далее пытаемся удовлетворить заявку второго пункта назначения за счет оставшихся запасов второго пункта отправления. Таким образом, ячейка $\{2, 2\}$ становится текущей, и для нее повторяются все перечисленные операции.

В результате, после распределения всех запасов и заявок, получаем план перевозок

$$X = \begin{bmatrix} 31 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 36 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 22 & 13 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 9 & 26 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 12 \end{bmatrix}.$$

Данный план перевозок является допустимым, так как для него выполняются балансовые условия (9.1) и (9.2). А именно сумма вывезенного груза из каждого пункта отправления равна его запасу и сумма доставленного груза в каждый пункт назначения равна поданной им заявке.

Проверим, является ли найденный допустимый план опорным, для этого определим: $r = m + n - 1 = 5 + 5 - 1 = 9$ расчетное количество базисных клеток. В полученном плане перевозок число отличных от нуля перевозок равно $\tilde{r} = 9$. Т.к. расчетное количество базисных перевозок равно фактическому $r = \tilde{r}$, то найденный план перевозок является опорным.

Общая суммарная стоимость перевозок при данном плане равна:
 $L = 31 \cdot 6 + 4 \cdot 7 + 36 \cdot 19 + 5 \cdot 14 + 22 \cdot 9 + 13 \cdot 38 + 9 \cdot 45 + 26 \cdot 33 + 12 \cdot 12 = 3067$
 денежных единиц.

2.2 Метод минимального элемента (стоимости)

Суть метода заключается в том, что из всей таблицы стоимости выбирают элемент с наименьшим значением тарифа перевозки и в клетку, которая ей соответствует, помещают меньшее из чисел a_i и b_j .

Затем из рассмотрения исключают либо строку, соответствующую пункту отправления, запасы которого полностью израсходованы, либо столбец, соответствующий пункту назначения, заявки которого полностью удовлетворены, либо и строку и столбец, если израсходованы запасы пункта отправления и удовлетворены заявки пункта назначения.

Из оставшейся части таблицы стоимостей снова выбирают наименьшую стоимость и процесс распределения запасов продолжают до тех пор, пока все запасы не будут распределены, а заявки удовлетворены.

ПРИМЕР 2.2. Составить опорный план методом минимального элемента. В качестве исходных данных использовать данные из примера 1.

Решение. Составим транспортную таблицу и внесем в нее все исходные данные.

ПН ПО	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Запасы a_i
A_1	6 $31^{(2)}$	26	39	45	48	31
A_2	7 $4^{(3)}$	19 $19^{(7)}$	14	1 $22^{(1)}$	31	45
A_3	29	17	9 $27^{(4)}$	38	12 $8^{(6)}$	35
A_4	38	19 $17^{(8)}$	31	45	33 $18^{(9)}$	35
A_5	21	16	31	39	12 $12^{(5)}$	12
Заявки b_j	35	36	27	22	38	158

Для начала определим выполнения условия баланса (9.4). Т.к. $\sum_{i=1}^5 a_i = \sum_{j=1}^5 b_j$, то

имеем транспортную задачу с правильным балансом и можно приступить к определению опорного плана.

Заполнение транспортной таблицы начинается с определения минимального элемента из матрицы стоимости, это элемент $c_{24}=1$, следовательно, первой начнем заполнять ячейку $\{2, 4\}$. В соответствии с (9.5) объем перевозки составит $x_{24} = \min\{a_2, b_4\} = \min\{45, 22\} = 22$ единиц, а соответствующие запасы и заявки изменятся в соответствии с (9.6) и примут следующие значения:

$$a'_2 = a_2 - x_{24} = 45 - 22 = 23, \quad b'_4 = b_4 - x_{24} = 22 - 22 = 0.$$

Т.к. заявка четвертого пункта назначения полностью удовлетворена, то четвертый столбец исключается из рассмотрения. Для оставшейся части таблицы стоимостей снова повторяем процесс выбора минимального элемента и распределения запасов.

В результате получаем следующий план:

$$X = \begin{bmatrix} 31 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 19 & 0 & 22 & 0 \\ 0 & 0 & 27 & 0 & 8 \\ 0 & 17 & 0 & 0 & 18 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 12 \end{bmatrix}.$$

При полученном плане все запасы распределены, и все заявки удовлетворены, следовательно, данный план является допустимым.

Т.к. расчетное число базисных перевозок совпадает с фактическим $r = \tilde{r} = 9$, то данный план является опорным. Значение целевой функции транспортной задачи в соответствии с (9.3) равно:

$$L = 31 \cdot 6 + 4 \cdot 7 + 19 \cdot 19 + 22 \cdot 1 + 27 \cdot 9 + 8 \cdot 12 + 17 \cdot 19 + 18 \cdot 33 + 12 \cdot 12 = 1997 \text{ денежных единиц.}$$

Постановка задачи:

Построить первоначальный опорный план транспортной задачи с помощью применения следующих методов:

- метод северо-западного угла;

- метод минимального элемента (стоимости);
- метод аппроксимации Фогеля.

Повести сравнительный анализ рассмотренных методов.

1. Запасы пунктов отправления $a = [25 \ 37 \ 11 \ 40 \ 5]$.
 Запасы пунктов назначения $b = [20 \ 27 \ 28 \ 16 \ 27]$.

Матрица стоимости перевозок $C = \begin{bmatrix} 38 & 42 & 46 & 34 & 47 \\ 22 & 48 & 21 & 13 & 26 \\ 46 & 21 & 40 & 15 & 14 \\ 35 & 38 & 15 & 6 & 36 \\ 10 & 4 & 6 & 18 & 44 \end{bmatrix}.$

2. Запасы пунктов отправления $a = [17 \ 5 \ 5 \ 48 \ 48]$.
 Запасы пунктов назначения $b = [28 \ 27 \ 22 \ 20 \ 26]$.

Матрица стоимости перевозок $C = \begin{bmatrix} 20 & 46 & 17 & 26 & 24 \\ 5 & 12 & 18 & 15 & 36 \\ 25 & 31 & 42 & 11 & 39 \\ 19 & 46 & 14 & 49 & 4 \\ 34 & 18 & 23 & 8 & 43 \end{bmatrix}.$

3. Запасы пунктов отправления $a = [34 \ 39 \ 35 \ 41 \ 48]$.
 Запасы пунктов назначения $b = [60 \ 52 \ 45 \ 13 \ 27]$.

Матрица стоимости перевозок $C = \begin{bmatrix} 22 & 21 & 17 & 29 & 43 \\ 23 & 18 & 21 & 2 & 4 \\ 44 & 24 & 18 & 48 & 17 \\ 31 & 29 & 24 & 38 & 29 \\ 34 & 49 & 21 & 1 & 24 \end{bmatrix}.$

4. Запасы пунктов отправления $a = [6 \ 34 \ 23 \ 28 \ 17]$.
 Запасы пунктов назначения $b = [26 \ 17 \ 23 \ 28 \ 14]$.

Матрица стоимости перевозок $C = \begin{bmatrix} 20 & 20 & 47 & 29 & 21 \\ 49 & 41 & 46 & 43 & 42 \\ 12 & 2 & 17 & 35 & 41 \\ 20 & 16 & 22 & 33 & 35 \\ 33 & 31 & 44 & 3 & 1 \end{bmatrix}.$

5. Запасы пунктов отправления	$a = [23 \ 31 \ 42 \ 24 \ 38]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [38 \ 44 \ 29 \ 18 \ 29]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 5 & 28 & 31 & 25 & 7 \\ 48 & 26 & 38 & 8 & 35 \\ 14 & 38 & 28 & 31 & 33 \\ 34 & 8 & 7 & 17 & 19 \\ 47 & 43 & 50 & 44 & 10 \end{bmatrix}$.
6. Запасы пунктов отправления	$a = [31 \ 16 \ 42 \ 1 \ 12]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [11 \ 24 \ 27 \ 19 \ 21]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 16 & 26 & 41 & 20 & 10 \\ 8 & 26 & 33 & 9 & 2 \\ 34 & 48 & 20 & 4 & 44 \\ 35 & 44 & 46 & 41 & 28 \\ 15 & 24 & 28 & 2 & 43 \end{bmatrix}$.
7. Запасы пунктов отправления	$a = [37 \ 44 \ 27 \ 30 \ 17]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [32 \ 28 \ 38 \ 18 \ 39]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 42 & 40 & 6 & 33 & 16 \\ 14 & 13 & 33 & 42 & 31 \\ 23 & 22 & 18 & 31 & 48 \\ 39 & 41 & 27 & 43 & 15 \\ 28 & 25 & 30 & 48 & 27 \end{bmatrix}$.
8. Запасы пунктов отправления	$a = [8 \ 25 \ 45 \ 34 \ 27]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [16 \ 37 \ 20 \ 35 \ 31]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 5 & 45 & 49 & 34 & 41 \\ 15 & 1 & 36 & 12 & 20 \\ 17 & 24 & 9 & 20 & 26 \\ 46 & 36 & 11 & 42 & 16 \\ 25 & 17 & 26 & 42 & 23 \end{bmatrix}$.
9. Запасы пунктов отправления	$a = [25 \ 39 \ 26 \ 12 \ 34]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [16 \ 33 \ 38 \ 23 \ 26]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 25 & 1 & 41 & 18 & 27 \\ 31 & 25 & 33 & 23 & 18 \\ 6 & 48 & 22 & 32 & 48 \\ 4 & 44 & 32 & 12 & 8 \\ 13 & 24 & 47 & 7 & 37 \end{bmatrix}$.

10. Запасы пунктов отправления	$a = [34 \ 12 \ 46 \ 28 \ 44].$
Запасы пунктов назначения	$b = [45 \ 34 \ 19 \ 34 \ 32].$
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 9 & 25 & 15 & 47 & 49 \\ 20 & 32 & 11 & 7 & 26 \\ 35 & 5 & 7 & 49 & 10 \\ 5 & 7 & 9 & 16 & 18 \\ 11 & 47 & 1 & 22 & 3 \end{bmatrix}.$
11. Запасы пунктов отправления	$a = [7 \ 35 \ 43 \ 33 \ 36].$
Запасы пунктов назначения	$b = [29 \ 18 \ 44 \ 40 \ 23].$
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 28 & 45 & 11 & 34 & 7 \\ 9 & 19 & 49 & 41 & 18 \\ 12 & 18 & 5 & 46 & 42 \\ 37 & 28 & 1 & 12 & 46 \\ 4 & 40 & 21 & 42 & 1 \end{bmatrix}.$
12. Запасы пунктов отправления	$a = [26 \ 27 \ 13 \ 32 \ 23].$
Запасы пунктов назначения	$b = [25 \ 29 \ 33 \ 14 \ 20].$
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 8 & 22 & 15 & 30 & 13 \\ 11 & 38 & 44 & 5 & 23 \\ 2 & 11 & 46 & 6 & 43 \\ 20 & 29 & 18 & 7 & 5 \\ 22 & 43 & 38 & 16 & 4 \end{bmatrix}.$
13. Запасы пунктов отправления	$a = [26 \ 20 \ 29 \ 47 \ 13].$
Запасы пунктов назначения	$b = [27 \ 27 \ 44 \ 13 \ 24].$
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 15 & 37 & 10 & 42 & 9 \\ 40 & 9 & 34 & 12 & 35 \\ 9 & 12 & 36 & 21 & 24 \\ 47 & 34 & 8 & 2 & 7 \\ 7 & 49 & 25 & 48 & 48 \end{bmatrix}.$
14. Запасы пунктов отправления	$a = [1 \ 12 \ 1 \ 33 \ 19].$
Запасы пунктов назначения	$b = [19 \ 8 \ 8 \ 18 \ 13].$
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 34 & 40 & 34 & 1 & 12 \\ 15 & 35 & 24 & 23 & 28 \\ 45 & 47 & 26 & 44 & 25 \\ 41 & 29 & 38 & 5 & 10 \\ 49 & 6 & 23 & 24 & 5 \end{bmatrix}.$

15. Запасы пунктов отправления	$a = [11 \ 49 \ 45 \ 5 \ 38]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [38 \ 17 \ 22 \ 37 \ 34]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 4 & 18 & 29 & 7 & 14 \\ 47 & 1 & 7 & 22 & 10 \\ 38 & 27 & 5 & 39 & 24 \\ 3 & 47 & 43 & 20 & 5 \\ 37 & 38 & 26 & 3 & 20 \end{bmatrix}$.
16. Запасы пунктов отправления	$a = [25 \ 9 \ 21 \ 46 \ 9]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [39 \ 14 \ 18 \ 25 \ 14]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 12 & 26 & 4 & 43 & 21 \\ 45 & 34 & 33 & 26 & 2 \\ 33 & 42 & 30 & 32 & 31 \\ 31 & 40 & 17 & 13 & 25 \\ 10 & 25 & 4 & 38 & 12 \end{bmatrix}$.
17. Запасы пунктов отправления	$a = [7 \ 15 \ 9 \ 50 \ 28]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [27 \ 28 \ 18 \ 16 \ 20]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 32 & 15 & 25 & 14 & 43 \\ 7 & 36 & 39 & 13 & 2 \\ 50 & 1 & 10 & 31 & 6 \\ 34 & 28 & 41 & 27 & 48 \\ 10 & 38 & 37 & 45 & 4 \end{bmatrix}$.
18. Запасы пунктов отправления	$a = [29 \ 3 \ 5 \ 48 \ 1]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [24 \ 20 \ 14 \ 8 \ 20]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 15 & 5 & 46 & 7 & 16 \\ 19 & 8 & 28 & 1 & 1 \\ 15 & 43 & 37 & 8 & 1 \\ 33 & 4 & 9 & 2 & 15 \\ 36 & 36 & 9 & 47 & 24 \end{bmatrix}$.
19. Запасы пунктов отправления	$a = [6 \ 25 \ 31 \ 2 \ 31]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [15 \ 19 \ 23 \ 16 \ 22]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 1 & 17 & 45 & 12 & 44 \\ 39 & 43 & 3 & 20 & 38 \\ 43 & 22 & 38 & 38 & 32 \\ 9 & 45 & 1 & 25 & 12 \\ 12 & 44 & 21 & 21 & 6 \end{bmatrix}$.

20. Запасы пунктов отправления	$a = [49 \ 20 \ 19 \ 22 \ 23]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [34 \ 39 \ 14 \ 27 \ 19]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 5 & 40 & 41 & 19 & 50 \\ 2 & 16 & 47 & 8 & 27 \\ 1 & 28 & 31 & 11 & 26 \\ 15 & 42 & 47 & 9 & 29 \\ 33 & 34 & 47 & 1 & 49 \end{bmatrix}$.
21. Запасы пунктов отправления	$a = [46 \ 25 \ 13 \ 27 \ 44]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [11 \ 31 \ 41 \ 36 \ 36]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 28 & 20 & 46 & 32 & 33 \\ 47 & 1 & 11 & 22 & 17 \\ 28 & 27 & 23 & 8 & 48 \\ 47 & 5 & 38 & 36 & 2 \\ 20 & 42 & 30 & 21 & 28 \end{bmatrix}$.
22. Запасы пунктов отправления	$a = [46 \ 15 \ 34 \ 30 \ 48]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [50 \ 35 \ 23 \ 28 \ 37]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 5 & 10 & 15 & 11 & 41 \\ 9 & 19 & 46 & 30 & 5 \\ 45 & 6 & 34 & 19 & 28 \\ 44 & 30 & 43 & 13 & 10 \\ 47 & 12 & 45 & 37 & 7 \end{bmatrix}$.
23. Запасы пунктов отправления	$a = [44 \ 27 \ 39 \ 39 \ 2]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [32 \ 17 \ 45 \ 31 \ 26]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 14 & 1 & 35 & 27 & 29 \\ 15 & 39 & 1 & 6 & 42 \\ 12 & 7 & 30 & 33 & 14 \\ 30 & 2 & 49 & 2 & 49 \\ 13 & 1 & 37 & 14 & 10 \end{bmatrix}$.
24. Запасы пунктов отправления	$a = [46 \ 13 \ 13 \ 33 \ 13]$.
Запасы пунктов назначения	$b = [34 \ 34 \ 12 \ 19 \ 19]$.
Матрица стоимости перевозок	$C = \begin{bmatrix} 18 & 34 & 17 & 30 & 33 \\ 13 & 21 & 7 & 13 & 48 \\ 22 & 37 & 3 & 8 & 7 \\ 8 & 27 & 48 & 46 & 6 \\ 45 & 40 & 45 & 32 & 16 \end{bmatrix}$.

25. Запасы пунктов отправления $a = [26 \ 43 \ 9 \ 36 \ 39]$.

Запасы пунктов назначения $b = [28 \ 34 \ 29 \ 34 \ 28]$.

Матрица стоимости перевозок $C = \begin{bmatrix} 27 & 44 & 10 & 47 & 13 \\ 31 & 6 & 39 & 48 & 49 \\ 41 & 5 & 1 & 22 & 45 \\ 35 & 23 & 41 & 19 & 30 \\ 31 & 44 & 27 & 50 & 3 \end{bmatrix}$.

26. Запасы пунктов отправления $a = [13 \ 35 \ 23 \ 45 \ 42]$.

Запасы пунктов назначения $b = [22 \ 33 \ 31 \ 42 \ 30]$.

Матрица стоимости перевозок $C = \begin{bmatrix} 30 & 32 & 39 & 2 & 23 \\ 26 & 21 & 43 & 31 & 41 \\ 28 & 6 & 9 & 34 & 11 \\ 10 & 33 & 32 & 30 & 45 \\ 2 & 24 & 34 & 41 & 24 \end{bmatrix}$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулировать постановку задачи.
2. Определение опорного плана ТЗ.
3. Алгоритм определения опорного плана ТЗ методом СЗУ.
4. Алгоритм определения опорного плана ТЗ методом минимального элемента.
5. Алгоритм определения опорного плана ТЗ методом аппроксимации Фогеля.