

Министерство образования и науки Российской Федерации
Иркутский национальный исследовательский технический университет

Институт кибернетики им. Е. И. Попова
Кафедра автоматизированных систем

Задача оптимального распределения судов по регулярным линиям

Отчет по лабораторной работе №1
по дисциплине Методы системного анализа

Выполнил
Студент группы ИСТм-16-1

Принял

подпись

подпись

Костылев Д. А.

Фамилия И. О.

Куцый Н. Н.

Фамилия И. О.

Иркутск 2016 г.

Содержание

1	Постановка задачи	3
2	Математическая модель	3
2.1	Индивидуальное задание	4
3	Решение	5
3.1	Нахождение начального допустимого базисного решения. Метод Данцига.	5
3.1.1	Шаг 1	5
3.1.2	Шаг 2	7
3.1.3	Шаг 3	9
3.2	Переход от начального допустимого решения к первой симплекс-таблице	11
3.3	Решение методом полного исключения Гаусса	13
3.3.1	Шаг 1	14
3.3.2	Шаг 2	15
3.3.3	Шаг 3	16
3.3.4	Шаг 4	17
3.3.5	Шаг 5	18
4	Заключение	19

1 Постановка задачи

Имеется N различных судов, которые могут осуществлять перевозку грузов по регулярным линиям. Суда различных типов при эксплуатации на той или иной линии имеют различные характеристики. В частности различные суда имеют различное число заходов в промежуточные порты для пополнения запасов пресной воды и топлива.

На некоторых линиях используется не полностью коммерческая грузоподъемность судов, а суда некоторых типов вообще не могут быть использованы на некоторых линиях.

Все эти причины приводят к тому, что эксплуатационные расходы, приходящиеся на каждом используемых на линии оказываются различными. Исходя из данных о себестоимости грузокилометров и коммерческой загрузки судов на каждой линии устанавливается:

- a_{ij} — месячный объем перевозки одним судном j типа груза на i регулярной линии
- c_{ij} — месячный эксплуатационный расход на одно судно j типа на i линии.

Предполагается, что известен требуемый месячный объем перевозки по каждой регулярной линии. Известно, также число судов j типа.

Требуется составить такой план распределения N судов по регулярным линиям, который обеспечивает минимум суммарных эксплуатационных расходов.

Решить поставленную задачу методом симплекс-таблиц, основанном на методе полного исключения Гаусса, применяя для нахождения начального допустимого базисного решения метод Данцига. При этом необходимо распределить весь парк N судов по регулярным линиям.

Таблица 1.1 — Исходные данные

№ линии\№ судна	1	2	3	Минимальный объем перевозок
1	25/15	20/10	50/30	500
2	15/25	10/6	0/0	200
3	10/30	40/5	8/10	100
Кол-во кораблей	55	95	30	

2 Математическая модель

Обозначим через x_{ij} — количество судов, перевозимого по линиям перевозки, $c_{i,j}$ — стоимость перевозки.

Целевая функция — $\min F(x_{ij}) = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}$.

Целевая функция отражает минимальные транспортные издержки, при которых запросы всех потребителей удовлетворены.

Требуется определить множество переменных $x_{ij} \geq 0$, удовлетворяющих следующим условиям:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot a_{ij} \geq a_i, \text{ где } (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = N_j, \text{ где } (i = 1, 2, \dots, m)$$

В ограничениях a_i — минимальный объем перевозок на линии i ; N_j — количество судов вида j .

2.1 Индивидуальное задание

Обозначим через x_{ij} число судов типа j ($j = 1, 2, 3$), которое планируется закрепить за регулярной линией i ($i = 1, 2, 3$).

С учетом введенных обозначений математическая модель задачи:

Целевая функция:

$$\min_{x_{ij}} Z_{x_{ij}} = \min (15x_{11} + 10x_{12} + 30x_{13} +$$

$$25x_{21} + 6x_{22} + 0x_{23} +$$

$$30x_{31} + 5x_{32} + 10x_{33})$$

, при ограничениях:

$$\begin{cases} 25x_{11} + 20x_{12} + 50x_{13} & \geq 500 \\ 15x_{21} + 10x_{22} + 0x_{23} & \geq 200 \\ 10x_{31} + 40x_{32} + 8x_{33} & \geq 100 \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} & = 55 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} & = 95 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} & = 30 \\ x_{ij} \geq 0, (i = 1(1)3), (j = 1(1)3) \end{cases}$$

Обратим внимание, что в целевой функции коэффициент при переменной равен 1000, что значительно больше любого из остальных коэффициентов целевой функции. Тем самым использование судов третьего типа на второй регулярной линии "заблокировано" так как при $x_{32} \neq 0$ значение целевой функции резко возрастает, и алгоритм, сформированный на основе метода симплекс-таблиц, выведет переменную x_{32} из числа базисных переменных, т. е. определит значение равным нулю.

В системе ограничений вида неравенств коэффициент при равен нулю. Тем самым, отражено то, что на судах 3-го типа по 2-ой регулярной линии количество перевозимого груза может быть только равным нулю.

3 Решение

3.1 Нахождение начального допустимого базисного решения. Метод Данцига.

Приведем индексы матрицы ограничений к такому виду:

Таблица 3.1

x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
500	25	0	0	20	0	0	50	0	0	-1	0	0
200	0	15	0	0	10	0	0	0	0	0	-1	0
100	0	0	10	0	0	40	0	0	8	0	0	-1
55	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
95	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
30	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0

Вводим в базис произвольные переменные: $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$.

3.1.1 Шаг 1

$$A_6 = 0 = 500x_{0-6} + 25x_{1-6} + 0x_{2-6} + 0x_{3-6} + 20x_{4-6} + 0x_{5-6}$$

$$A_6 = 0 = 200x_{0-6} + 0x_{1-6} + 15x_{2-6} + 0x_{3-6} + 0x_{4-6} + 10x_{5-6}$$

$$A_6 = 40 = 100x_{0-6} + 0x_{1-6} + 0x_{2-6} + 10x_{3-6} + 0x_{4-6} + 0x_{5-6}$$

$$A_6 = 0 = 55x_{0-6} + 1x_{1-6} + 0x_{2-6} + 0x_{3-6} + 1x_{4-6} + 0x_{5-6}$$

$$A_6 = 0 = 95x_{0-6} + 0x_{1-6} + 1x_{2-6} + 0x_{3-6} + 0x_{4-6} + 1x_{5-6}$$

$$A_6 = 1 = 30x_{0-6} + 0x_{1-6} + 0x_{2-6} + 1x_{3-6} + 0x_{4-6} + 0x_{5-6}$$

$$A_7 = 50 = 500x_{0-7} + 25x_{1-7} + 0x_{2-7} + 0x_{3-7} + 20x_{4-7} + 0x_{5-7}$$

$$A_7 = 0 = 200x_{0-7} + 0x_{1-7} + 15x_{2-7} + 0x_{3-7} + 0x_{4-7} + 10x_{5-7}$$

$$A_7 = 0 = 100x_{0-7} + 0x_{1-7} + 0x_{2-7} + 10x_{3-7} + 0x_{4-7} + 0x_{5-7}$$

$$A_7 = 1 = 55x_{0-7} + 1x_{1-7} + 0x_{2-7} + 0x_{3-7} + 1x_{4-7} + 0x_{5-7}$$

$$A_7 = 0 = 95x_{0-7} + 0x_{1-7} + 1x_{2-7} + 0x_{3-7} + 0x_{4-7} + 1x_{5-7}$$

$$A_7 = 0 = 30x_{0-7} + 0x_{1-7} + 0x_{2-7} + 1x_{3-7} + 0x_{4-7} + 0x_{5-7}$$

$$\begin{aligned}
A_8 = 0 &= 500x_{0-8} + 25x_{1-8} + 0x_{2-8} + 0x_{3-8} + 20x_{4-8} + 0x_{5-8} \\
A_8 = 0 &= 200x_{0-8} + 0x_{1-8} + 15x_{2-8} + 0x_{3-8} + 0x_{4-8} + 10x_{5-8} \\
A_8 = 0 &= 100x_{0-8} + 0x_{1-8} + 0x_{2-8} + 10x_{3-8} + 0x_{4-8} + 0x_{5-8} \\
A_8 = 0 &= 55x_{0-8} + 1x_{1-8} + 0x_{2-8} + 0x_{3-8} + 1x_{4-8} + 0x_{5-8} \\
A_8 = 1 &= 95x_{0-8} + 0x_{1-8} + 1x_{2-8} + 0x_{3-8} + 0x_{4-8} + 1x_{5-8} \\
A_8 = 0 &= 30x_{0-8} + 0x_{1-8} + 0x_{2-8} + 1x_{3-8} + 0x_{4-8} + 0x_{5-8}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_9 = 0 &= 500x_{0-9} + 25x_{1-9} + 0x_{2-9} + 0x_{3-9} + 20x_{4-9} + 0x_{5-9} \\
A_9 = 0 &= 200x_{0-9} + 0x_{1-9} + 15x_{2-9} + 0x_{3-9} + 0x_{4-9} + 10x_{5-9} \\
A_9 = 8 &= 100x_{0-9} + 0x_{1-9} + 0x_{2-9} + 10x_{3-9} + 0x_{4-9} + 0x_{5-9} \\
A_9 = 0 &= 55x_{0-9} + 1x_{1-9} + 0x_{2-9} + 0x_{3-9} + 1x_{4-9} + 0x_{5-9} \\
A_9 = 0 &= 95x_{0-9} + 0x_{1-9} + 1x_{2-9} + 0x_{3-9} + 0x_{4-9} + 1x_{5-9} \\
A_9 = 1 &= 30x_{0-9} + 0x_{1-9} + 0x_{2-9} + 1x_{3-9} + 0x_{4-9} + 0x_{5-9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{10} = -1 &= 500x_{0-10} + 25x_{1-10} + 0x_{2-10} + 0x_{3-10} + 20x_{4-10} + 0x_{5-10} \\
A_{10} = 0 &= 200x_{0-10} + 0x_{1-10} + 15x_{2-10} + 0x_{3-10} + 0x_{4-10} + 10x_{5-10} \\
A_{10} = 0 &= 100x_{0-10} + 0x_{1-10} + 0x_{2-10} + 10x_{3-10} + 0x_{4-10} + 0x_{5-10} \\
A_{10} = 0 &= 55x_{0-10} + 1x_{1-10} + 0x_{2-10} + 0x_{3-10} + 1x_{4-10} + 0x_{5-10} \\
A_{10} = 0 &= 95x_{0-10} + 0x_{1-10} + 1x_{2-10} + 0x_{3-10} + 0x_{4-10} + 1x_{5-10} \\
A_{10} = 0 &= 30x_{0-10} + 0x_{1-10} + 0x_{2-10} + 1x_{3-10} + 0x_{4-10} + 0x_{5-10}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{11} = 0 &= 500x_{0-11} + 25x_{1-11} + 0x_{2-11} + 0x_{3-11} + 20x_{4-11} + 0x_{5-11} \\
A_{11} = -1 &= 200x_{0-11} + 0x_{1-11} + 15x_{2-11} + 0x_{3-11} + 0x_{4-11} + 10x_{5-11} \\
A_{11} = 0 &= 100x_{0-11} + 0x_{1-11} + 0x_{2-11} + 10x_{3-11} + 0x_{4-11} + 0x_{5-11} \\
A_{11} = 0 &= 55x_{0-11} + 1x_{1-11} + 0x_{2-11} + 0x_{3-11} + 1x_{4-11} + 0x_{5-11} \\
A_{11} = 0 &= 95x_{0-11} + 0x_{1-11} + 1x_{2-11} + 0x_{3-11} + 0x_{4-11} + 1x_{5-11} \\
A_{11} = 0 &= 30x_{0-11} + 0x_{1-11} + 0x_{2-11} + 1x_{3-11} + 0x_{4-11} + 0x_{5-11}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{12} = 0 &= 500x_{0-12} + 25x_{1-12} + 0x_{2-12} + 0x_{3-12} + 20x_{4-12} + 0x_{5-12} \\
A_{12} = 0 &= 200x_{0-12} + 0x_{1-12} + 15x_{2-12} + 0x_{3-12} + 0x_{4-12} + 10x_{5-12} \\
A_{12} = -1 &= 100x_{0-12} + 0x_{1-12} + 0x_{2-12} + 10x_{3-12} + 0x_{4-12} + 0x_{5-12} \\
A_{12} = 0 &= 55x_{0-12} + 1x_{1-12} + 0x_{2-12} + 0x_{3-12} + 1x_{4-12} + 0x_{5-12} \\
A_{12} = 0 &= 95x_{0-12} + 0x_{1-12} + 1x_{2-12} + 0x_{3-12} + 0x_{4-12} + 1x_{5-12} \\
A_{12} = 0 &= 30x_{0-12} + 0x_{1-12} + 0x_{2-12} + 1x_{3-12} + 0x_{4-12} + 0x_{5-12}
\end{aligned}$$

Решения уравнений:

Таблица 3.2 — Решения уравнений в виде таблицы

	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
A_6	-0.15	-18.0	-22.5	5.5	26.25	36.75
A_7	0.0	6.0	0.0	-0.0	-5.0	-0.0
A_8	0.0	-0.0	-2.0	-0.0	0.0	3.0
A_9	0.01	1.2	1.5	0.7	-1.75	-2.45
A_{10}	0.0	-0.2	-0.0	0.0	0.2	0.0
A_{11}	-0.0	-0.0	-0.2	-0.0	0.0	0.2
A_{12}	0.005	0.6	0.75	-0.15	-0.875	-1.225

Сравнивая решения при x_0 :

$$x_{06} = -0.15; x_{07} = 0.0; x_{08} = 0.0; x_{09} = 0.01$$

$$x_{010} = 0.0; x_{011} = -0.0; x_{012} = 0.005$$

Минимальный элемент: $x_{0-12} = 0.005$.

Вводим в базис вектор A_{12} и запишем для него уравнение:

$$A_{12} = 0.005x_{12-0} + 0.6x_{12-1} + 0.75x_{12-2} - 0.15x_{12-3} - 0.875x_{12-4} - 1.225x_{12-5}$$

Введем вспомогательный вектор со случайными значениями:

$$\rho_0 = 6; \omega_1 = 5; \omega_2 = 6; \omega_3 = 5; \omega_4 = 9; \omega_5 = 4$$

Выводим из базиса вектор A_1 , т.к. $\theta_0 = \frac{6}{0.005} = 1200.0$

3.1.2 Шаг 2

$$A_0 = 500 = 25x_{1-0} + 0x_{2-0} + 0x_{3-0} + 20x_{4-0} + 0x_{5-0} + 0x_{12-0}$$

$$A_0 = 200 = 0x_{1-0} + 15x_{2-0} + 0x_{3-0} + 0x_{4-0} + 10x_{5-0} + 0x_{12-0}$$

$$A_0 = 100 = 0x_{1-0} + 0x_{2-0} + 10x_{3-0} + 0x_{4-0} + 0x_{5-0} + -1x_{12-0}$$

$$A_0 = 55 = 1x_{1-0} + 0x_{2-0} + 0x_{3-0} + 1x_{4-0} + 0x_{5-0} + 0x_{12-0}$$

$$A_0 = 95 = 0x_{1-0} + 1x_{2-0} + 0x_{3-0} + 0x_{4-0} + 1x_{5-0} + 0x_{12-0}$$

$$A_0 = 30 = 0x_{1-0} + 0x_{2-0} + 1x_{3-0} + 0x_{4-0} + 0x_{5-0} + 0x_{12-0}$$

$$A_6 = 0 = 25x_{1-6} + 0x_{2-6} + 0x_{3-6} + 20x_{4-6} + 0x_{5-6} + 0x_{12-6}$$

$$A_6 = 0 = 0x_{1-6} + 15x_{2-6} + 0x_{3-6} + 0x_{4-6} + 10x_{5-6} + 0x_{12-6}$$

$$A_6 = 40 = 0x_{1-6} + 0x_{2-6} + 10x_{3-6} + 0x_{4-6} + 0x_{5-6} + -1x_{12-6}$$

$$A_6 = 0 = 1x_{1-6} + 0x_{2-6} + 0x_{3-6} + 1x_{4-6} + 0x_{5-6} + 0x_{12-6}$$

$$A_6 = 0 = 0x_{1-6} + 1x_{2-6} + 0x_{3-6} + 0x_{4-6} + 1x_{5-6} + 0x_{12-6}$$

$$A_6 = 1 = 0x_{1-6} + 0x_{2-6} + 1x_{3-6} + 0x_{4-6} + 0x_{5-6} + 0x_{12-6}$$

$$\begin{aligned}
A_7 &= 50 = 25x_{1-7} + 0x_{2-7} + 0x_{3-7} + 20x_{4-7} + 0x_{5-7} + 0x_{12-7} \\
A_7 &= 0 = 0x_{1-7} + 15x_{2-7} + 0x_{3-7} + 0x_{4-7} + 10x_{5-7} + 0x_{12-7} \\
A_7 &= 0 = 0x_{1-7} + 0x_{2-7} + 10x_{3-7} + 0x_{4-7} + 0x_{5-7} + -1x_{12-7} \\
A_7 &= 1 = 1x_{1-7} + 0x_{2-7} + 0x_{3-7} + 1x_{4-7} + 0x_{5-7} + 0x_{12-7} \\
A_7 &= 0 = 0x_{1-7} + 1x_{2-7} + 0x_{3-7} + 0x_{4-7} + 1x_{5-7} + 0x_{12-7} \\
A_7 &= 0 = 0x_{1-7} + 0x_{2-7} + 1x_{3-7} + 0x_{4-7} + 0x_{5-7} + 0x_{12-7}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_8 &= 0 = 25x_{1-8} + 0x_{2-8} + 0x_{3-8} + 20x_{4-8} + 0x_{5-8} + 0x_{12-8} \\
A_8 &= 0 = 0x_{1-8} + 15x_{2-8} + 0x_{3-8} + 0x_{4-8} + 10x_{5-8} + 0x_{12-8} \\
A_8 &= 0 = 0x_{1-8} + 0x_{2-8} + 10x_{3-8} + 0x_{4-8} + 0x_{5-8} + -1x_{12-8} \\
A_8 &= 0 = 1x_{1-8} + 0x_{2-8} + 0x_{3-8} + 1x_{4-8} + 0x_{5-8} + 0x_{12-8} \\
A_8 &= 1 = 0x_{1-8} + 1x_{2-8} + 0x_{3-8} + 0x_{4-8} + 1x_{5-8} + 0x_{12-8} \\
A_8 &= 0 = 0x_{1-8} + 0x_{2-8} + 1x_{3-8} + 0x_{4-8} + 0x_{5-8} + 0x_{12-8}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_9 &= 0 = 25x_{1-9} + 0x_{2-9} + 0x_{3-9} + 20x_{4-9} + 0x_{5-9} + 0x_{12-9} \\
A_9 &= 0 = 0x_{1-9} + 15x_{2-9} + 0x_{3-9} + 0x_{4-9} + 10x_{5-9} + 0x_{12-9} \\
A_9 &= 8 = 0x_{1-9} + 0x_{2-9} + 10x_{3-9} + 0x_{4-9} + 0x_{5-9} + -1x_{12-9} \\
A_9 &= 0 = 1x_{1-9} + 0x_{2-9} + 0x_{3-9} + 1x_{4-9} + 0x_{5-9} + 0x_{12-9} \\
A_9 &= 0 = 0x_{1-9} + 1x_{2-9} + 0x_{3-9} + 0x_{4-9} + 1x_{5-9} + 0x_{12-9} \\
A_9 &= 1 = 0x_{1-9} + 0x_{2-9} + 1x_{3-9} + 0x_{4-9} + 0x_{5-9} + 0x_{12-9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{10} &= -1 = 25x_{1-10} + 0x_{2-10} + 0x_{3-10} + 20x_{4-10} + 0x_{5-10} + 0x_{12-10} \\
A_{10} &= 0 = 0x_{1-10} + 15x_{2-10} + 0x_{3-10} + 0x_{4-10} + 10x_{5-10} + 0x_{12-10} \\
A_{10} &= 0 = 0x_{1-10} + 0x_{2-10} + 10x_{3-10} + 0x_{4-10} + 0x_{5-10} + -1x_{12-10} \\
A_{10} &= 0 = 1x_{1-10} + 0x_{2-10} + 0x_{3-10} + 1x_{4-10} + 0x_{5-10} + 0x_{12-10} \\
A_{10} &= 0 = 0x_{1-10} + 1x_{2-10} + 0x_{3-10} + 0x_{4-10} + 1x_{5-10} + 0x_{12-10} \\
A_{10} &= 0 = 0x_{1-10} + 0x_{2-10} + 1x_{3-10} + 0x_{4-10} + 0x_{5-10} + 0x_{12-10}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{11} &= 0 = 25x_{1-11} + 0x_{2-11} + 0x_{3-11} + 20x_{4-11} + 0x_{5-11} + 0x_{12-11} \\
A_{11} &= -1 = 0x_{1-11} + 15x_{2-11} + 0x_{3-11} + 0x_{4-11} + 10x_{5-11} + 0x_{12-11} \\
A_{11} &= 0 = 0x_{1-11} + 0x_{2-11} + 10x_{3-11} + 0x_{4-11} + 0x_{5-11} + -1x_{12-11} \\
A_{11} &= 0 = 1x_{1-11} + 0x_{2-11} + 0x_{3-11} + 1x_{4-11} + 0x_{5-11} + 0x_{12-11} \\
A_{11} &= 0 = 0x_{1-11} + 1x_{2-11} + 0x_{3-11} + 0x_{4-11} + 1x_{5-11} + 0x_{12-11} \\
A_{11} &= 0 = 0x_{1-11} + 0x_{2-11} + 1x_{3-11} + 0x_{4-11} + 0x_{5-11} + 0x_{12-11}
\end{aligned}$$

Решения уравнений:

Таблица 3.3 — Решения уравнений в виде таблицы

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_{12}
A_0	-120.0	-150.0	30.0	175.0	245.0	200.0
A_6	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	-30.0
A_7	6.0	0.0	0.0	-5.0	0.0	0.0
A_8	0.0	-2.0	0.0	0.0	3.0	0.0
A_9	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0
A_{10}	-0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
A_{11}	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.2	0.0

Сравнивая решения при x_0 :

$$x_{00} = -120.0; x_{06} = 0.0; x_{07} = 6.0; x_{08} = 0.0$$

$$x_{09} = 0.0; x_{010} = -0.2; x_{011} = 0.0$$

Минимальный элемент: $x_{0-7} = 6.0$.

Вводим в базис вектор A_7 и запишем для него уравнение:

$$A_7 = 6.0x_{7-1}0.0x_{7-2}0.0x_{7-3} - 5.0x_{7-4}0.0x_{7-5}0.0x_{7-12}$$

Вспомогательный вектор на этом шаге:

$$\rho_0 = 12.0; \omega_1 = 725.0; \omega_2 = 906.0; \omega_3 = -175.0; \omega_4 = -1041.0; \omega_5 = -1466.0$$

Выводим из базиса вектор A_2 , т.к. $\theta_0 = \frac{12.0}{6.0} = 2.0$

3.1.3 Шаг 3

$$A_0 = 500 = 0x_{2-0} + 0x_{3-0} + 20x_{4-0} + 0x_{5-0} + 50x_{7-0} + 0x_{12-0}$$

$$A_0 = 200 = 15x_{2-0} + 0x_{3-0} + 0x_{4-0} + 10x_{5-0} + 0x_{7-0} + 0x_{12-0}$$

$$A_0 = 100 = 0x_{2-0} + 10x_{3-0} + 0x_{4-0} + 0x_{5-0} + 0x_{7-0} + -1x_{12-0}$$

$$A_0 = 55 = 0x_{2-0} + 0x_{3-0} + 1x_{4-0} + 0x_{5-0} + 1x_{7-0} + 0x_{12-0}$$

$$A_0 = 95 = 1x_{2-0} + 0x_{3-0} + 0x_{4-0} + 1x_{5-0} + 0x_{7-0} + 0x_{12-0}$$

$$A_0 = 30 = 0x_{2-0} + 1x_{3-0} + 0x_{4-0} + 0x_{5-0} + 0x_{7-0} + 0x_{12-0}$$

$$A_1 = 25 = 0x_{2-1} + 0x_{3-1} + 20x_{4-1} + 0x_{5-1} + 50x_{7-1} + 0x_{12-1}$$

$$A_1 = 0 = 15x_{2-1} + 0x_{3-1} + 0x_{4-1} + 10x_{5-1} + 0x_{7-1} + 0x_{12-1}$$

$$A_1 = 0 = 0x_{2-1} + 10x_{3-1} + 0x_{4-1} + 0x_{5-1} + 0x_{7-1} + -1x_{12-1}$$

$$A_1 = 1 = 0x_{2-1} + 0x_{3-1} + 1x_{4-1} + 0x_{5-1} + 1x_{7-1} + 0x_{12-1}$$

$$A_1 = 0 = 1x_{2-1} + 0x_{3-1} + 0x_{4-1} + 1x_{5-1} + 0x_{7-1} + 0x_{12-1}$$

$$A_1 = 0 = 0x_{2-1} + 1x_{3-1} + 0x_{4-1} + 0x_{5-1} + 0x_{7-1} + 0x_{12-1}$$

$$\begin{aligned}
A_6 = 0 &= 0x_{2-6} + 0x_{3-6} + 20x_{4-6} + 0x_{5-6} + 50x_{7-6} + 0x_{12-6} \\
A_6 = 0 &= 15x_{2-6} + 0x_{3-6} + 0x_{4-6} + 10x_{5-6} + 0x_{7-6} + 0x_{12-6} \\
A_6 = 40 &= 0x_{2-6} + 10x_{3-6} + 0x_{4-6} + 0x_{5-6} + 0x_{7-6} + -1x_{12-6} \\
A_6 = 0 &= 0x_{2-6} + 0x_{3-6} + 1x_{4-6} + 0x_{5-6} + 1x_{7-6} + 0x_{12-6} \\
A_6 = 0 &= 1x_{2-6} + 0x_{3-6} + 0x_{4-6} + 1x_{5-6} + 0x_{7-6} + 0x_{12-6} \\
A_6 = 1 &= 0x_{2-6} + 1x_{3-6} + 0x_{4-6} + 0x_{5-6} + 0x_{7-6} + 0x_{12-6}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_8 = 0 &= 0x_{2-8} + 0x_{3-8} + 20x_{4-8} + 0x_{5-8} + 50x_{7-8} + 0x_{12-8} \\
A_8 = 0 &= 15x_{2-8} + 0x_{3-8} + 0x_{4-8} + 10x_{5-8} + 0x_{7-8} + 0x_{12-8} \\
A_8 = 0 &= 0x_{2-8} + 10x_{3-8} + 0x_{4-8} + 0x_{5-8} + 0x_{7-8} + -1x_{12-8} \\
A_8 = 0 &= 0x_{2-8} + 0x_{3-8} + 1x_{4-8} + 0x_{5-8} + 1x_{7-8} + 0x_{12-8} \\
A_8 = 1 &= 1x_{2-8} + 0x_{3-8} + 0x_{4-8} + 1x_{5-8} + 0x_{7-8} + 0x_{12-8} \\
A_8 = 0 &= 0x_{2-8} + 1x_{3-8} + 0x_{4-8} + 0x_{5-8} + 0x_{7-8} + 0x_{12-8}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_9 = 0 &= 0x_{2-9} + 0x_{3-9} + 20x_{4-9} + 0x_{5-9} + 50x_{7-9} + 0x_{12-9} \\
A_9 = 0 &= 15x_{2-9} + 0x_{3-9} + 0x_{4-9} + 10x_{5-9} + 0x_{7-9} + 0x_{12-9} \\
A_9 = 8 &= 0x_{2-9} + 10x_{3-9} + 0x_{4-9} + 0x_{5-9} + 0x_{7-9} + -1x_{12-9} \\
A_9 = 0 &= 0x_{2-9} + 0x_{3-9} + 1x_{4-9} + 0x_{5-9} + 1x_{7-9} + 0x_{12-9} \\
A_9 = 0 &= 1x_{2-9} + 0x_{3-9} + 0x_{4-9} + 1x_{5-9} + 0x_{7-9} + 0x_{12-9} \\
A_9 = 1 &= 0x_{2-9} + 1x_{3-9} + 0x_{4-9} + 0x_{5-9} + 0x_{7-9} + 0x_{12-9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{10} = -1 &= 0x_{2-10} + 0x_{3-10} + 20x_{4-10} + 0x_{5-10} + 50x_{7-10} + 0x_{12-10} \\
A_{10} = 0 &= 15x_{2-10} + 0x_{3-10} + 0x_{4-10} + 10x_{5-10} + 0x_{7-10} + 0x_{12-10} \\
A_{10} = 0 &= 0x_{2-10} + 10x_{3-10} + 0x_{4-10} + 0x_{5-10} + 0x_{7-10} + -1x_{12-10} \\
A_{10} = 0 &= 0x_{2-10} + 0x_{3-10} + 1x_{4-10} + 0x_{5-10} + 1x_{7-10} + 0x_{12-10} \\
A_{10} = 0 &= 1x_{2-10} + 0x_{3-10} + 0x_{4-10} + 1x_{5-10} + 0x_{7-10} + 0x_{12-10} \\
A_{10} = 0 &= 0x_{2-10} + 1x_{3-10} + 0x_{4-10} + 0x_{5-10} + 0x_{7-10} + 0x_{12-10}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{11} = 0 &= 0x_{2-11} + 0x_{3-11} + 20x_{4-11} + 0x_{5-11} + 50x_{7-11} + 0x_{12-11} \\
A_{11} = -1 &= 15x_{2-11} + 0x_{3-11} + 0x_{4-11} + 10x_{5-11} + 0x_{7-11} + 0x_{12-11} \\
A_{11} = 0 &= 0x_{2-11} + 10x_{3-11} + 0x_{4-11} + 0x_{5-11} + 0x_{7-11} + -1x_{12-11} \\
A_{11} = 0 &= 0x_{2-11} + 0x_{3-11} + 1x_{4-11} + 0x_{5-11} + 1x_{7-11} + 0x_{12-11} \\
A_{11} = 0 &= 1x_{2-11} + 0x_{3-11} + 0x_{4-11} + 1x_{5-11} + 0x_{7-11} + 0x_{12-11} \\
A_{11} = 0 &= 0x_{2-11} + 1x_{3-11} + 0x_{4-11} + 0x_{5-11} + 0x_{7-11} + 0x_{12-11}
\end{aligned}$$

Решения уравнений:

Таблица 3.4 — Решения уравнений в виде таблицы

	x_2	x_3	x_4	x_5	x_7	x_{12}
A_0	-150.0	30.0	75.0	245.0	-20.0	200.0
A_1	0.0	0.0	0.8333	0.0	0.1667	0.0
A_6	0.0	1.0	0.0	0.0	-0.0	-30.0
A_8	-2.0	0.0	0.0	3.0	-0.0	0.0
A_9	0.0	1.0	0.0	0.0	-0.0	2.0
A_{10}	0.0	0.0	0.0333	0.0	-0.0333	0.0
A_{11}	-0.2	0.0	0.0	0.2	-0.0	0.0

Сравнивая решения при x_0 :

$$x_{00} = -150.0; x_{01} = 0.0; x_{06} = 0.0; x_{08} = -2.0$$

$$x_{09} = 0.0; x_{010} = 0.0; x_{011} = -0.2$$

Нет положительных коэффициентов, соответственно допустимое базисное решение:

$$x_{0-2} = -150.0, x_{0-3} = 30.0, x_{0-4} = 75.0, x_{0-5} = 245.0$$

$$x_{0-7} = -20.0, x_{0-12} = 200.0$$

3.2 Переход от начального допустимого решения к первой симплекс-таблице

Разложим небазисные векторы по найденному методом Данцига базису:

$$500 = 0x_{2-0} + 0x_{3-0} + 20x_{4-0} + 0x_{5-0} + 50x_{7-0} + 0x_{12-0}$$

$$200 = 15x_{2-0} + 0x_{3-0} + 0x_{4-0} + 10x_{5-0} + 0x_{7-0} + 0x_{12-0}$$

$$100 = 0x_{2-0} + 10x_{3-0} + 0x_{4-0} + 0x_{5-0} + 0x_{7-0} - 1x_{12-0}$$

$$55 = 0x_{2-0} + 0x_{3-0} + 1x_{4-0} + 0x_{5-0} + 1x_{7-0} + 0x_{12-0}$$

$$95 = 1x_{2-0} + 0x_{3-0} + 0x_{4-0} + 1x_{5-0} + 0x_{7-0} + 0x_{12-0}$$

$$30 = 0x_{2-0} + 1x_{3-0} + 0x_{4-0} + 0x_{5-0} + 0x_{7-0} + 0x_{12-0}$$

$$25 = 0x_{2-1} + 0x_{3-1} + 20x_{4-1} + 0x_{5-1} + 50x_{7-1} + 0x_{12-1}$$

$$0 = 15x_{2-1} + 0x_{3-1} + 0x_{4-1} + 10x_{5-1} + 0x_{7-1} + 0x_{12-1}$$

$$0 = 0x_{2-1} + 10x_{3-1} + 0x_{4-1} + 0x_{5-1} + 0x_{7-1} - 1x_{12-1}$$

$$1 = 0x_{2-1} + 0x_{3-1} + 1x_{4-1} + 0x_{5-1} + 1x_{7-1} + 0x_{12-1}$$

$$0 = 1x_{2-1} + 0x_{3-1} + 0x_{4-1} + 1x_{5-1} + 0x_{7-1} + 0x_{12-1}$$

$$0 = 0x_{2-1} + 1x_{3-1} + 0x_{4-1} + 0x_{5-1} + 0x_{7-1} + 0x_{12-1}$$

$$\begin{aligned}
0 &= 0x_{2-6} + 0x_{3-6} + 20x_{4-6} + 0x_{5-6} + 50x_{7-6} + 0x_{12-6} \\
0 &= 15x_{2-6} + 0x_{3-6} + 0x_{4-6} + 10x_{5-6} + 0x_{7-6} + 0x_{12-6} \\
40 &= 0x_{2-6} + 10x_{3-6} + 0x_{4-6} + 0x_{5-6} + 0x_{7-6} - 1x_{12-6} \\
0 &= 0x_{2-6} + 0x_{3-6} + 1x_{4-6} + 0x_{5-6} + 1x_{7-6} + 0x_{12-6} \\
0 &= 1x_{2-6} + 0x_{3-6} + 0x_{4-6} + 1x_{5-6} + 0x_{7-6} + 0x_{12-6} \\
1 &= 0x_{2-6} + 1x_{3-6} + 0x_{4-6} + 0x_{5-6} + 0x_{7-6} + 0x_{12-6}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
0 &= 0x_{2-8} + 0x_{3-8} + 20x_{4-8} + 0x_{5-8} + 50x_{7-8} + 0x_{12-8} \\
0 &= 15x_{2-8} + 0x_{3-8} + 0x_{4-8} + 10x_{5-8} + 0x_{7-8} + 0x_{12-8} \\
0 &= 0x_{2-8} + 10x_{3-8} + 0x_{4-8} + 0x_{5-8} + 0x_{7-8} - 1x_{12-8} \\
0 &= 0x_{2-8} + 0x_{3-8} + 1x_{4-8} + 0x_{5-8} + 1x_{7-8} + 0x_{12-8} \\
1 &= 1x_{2-8} + 0x_{3-8} + 0x_{4-8} + 1x_{5-8} + 0x_{7-8} + 0x_{12-8} \\
0 &= 0x_{2-8} + 1x_{3-8} + 0x_{4-8} + 0x_{5-8} + 0x_{7-8} + 0x_{12-8}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
0 &= 0x_{2-9} + 0x_{3-9} + 20x_{4-9} + 0x_{5-9} + 50x_{7-9} + 0x_{12-9} \\
0 &= 15x_{2-9} + 0x_{3-9} + 0x_{4-9} + 10x_{5-9} + 0x_{7-9} + 0x_{12-9} \\
8 &= 0x_{2-9} + 10x_{3-9} + 0x_{4-9} + 0x_{5-9} + 0x_{7-9} - 1x_{12-9} \\
0 &= 0x_{2-9} + 0x_{3-9} + 1x_{4-9} + 0x_{5-9} + 1x_{7-9} + 0x_{12-9} \\
0 &= 1x_{2-9} + 0x_{3-9} + 0x_{4-9} + 1x_{5-9} + 0x_{7-9} + 0x_{12-9} \\
1 &= 0x_{2-9} + 1x_{3-9} + 0x_{4-9} + 0x_{5-9} + 0x_{7-9} + 0x_{12-9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
-1 &= 0x_{2-10} + 0x_{3-10} + 20x_{4-10} + 0x_{5-10} + 50x_{7-10} + 0x_{12-10} \\
0 &= 15x_{2-10} + 0x_{3-10} + 0x_{4-10} + 10x_{5-10} + 0x_{7-10} + 0x_{12-10} \\
0 &= 0x_{2-10} + 10x_{3-10} + 0x_{4-10} + 0x_{5-10} + 0x_{7-10} - 1x_{12-10} \\
0 &= 0x_{2-10} + 0x_{3-10} + 1x_{4-10} + 0x_{5-10} + 1x_{7-10} + 0x_{12-10} \\
0 &= 1x_{2-10} + 0x_{3-10} + 0x_{4-10} + 1x_{5-10} + 0x_{7-10} + 0x_{12-10} \\
0 &= 0x_{2-10} + 1x_{3-10} + 0x_{4-10} + 0x_{5-10} + 0x_{7-10} + 0x_{12-10}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
0 &= 0x_{2-11} + 0x_{3-11} + 20x_{4-11} + 0x_{5-11} + 50x_{7-11} + 0x_{12-11} \\
-1 &= 15x_{2-11} + 0x_{3-11} + 0x_{4-11} + 10x_{5-11} + 0x_{7-11} + 0x_{12-11} \\
0 &= 0x_{2-11} + 10x_{3-11} + 0x_{4-11} + 0x_{5-11} + 0x_{7-11} - 1x_{12-11} \\
0 &= 0x_{2-11} + 0x_{3-11} + 1x_{4-11} + 0x_{5-11} + 1x_{7-11} + 0x_{12-11} \\
0 &= 1x_{2-11} + 0x_{3-11} + 0x_{4-11} + 1x_{5-11} + 0x_{7-11} + 0x_{12-11} \\
0 &= 0x_{2-11} + 1x_{3-11} + 0x_{4-11} + 0x_{5-11} + 0x_{7-11} + 0x_{12-11}
\end{aligned}$$

Решая каждую из систем уравнений, получим:

$$\begin{array}{llllll}
x_{2-0} = -150.0, & x_{3-0} = 30.0, & x_{4-0} = 75.0, & x_{5-0} = 245.0, & x_{7-0} = -20.0, & x_{12-0} = 200.0 \\
x_{2-1} = 0.0, & x_{3-1} = 0.0, & x_{4-1} = 0.8333, & x_{5-1} = 0.0, & x_{7-1} = 0.1667, & x_{12-1} = 0.0 \\
x_{2-6} = 0.0, & x_{3-6} = 1.0, & x_{4-6} = 0.0, & x_{5-6} = 0.0, & x_{7-6} = -0.0, & x_{12-6} = -30.0 \\
x_{2-8} = -2.0, & x_{3-8} = 0.0, & x_{4-8} = 0.0, & x_{5-8} = 3.0, & x_{7-8} = -0.0, & x_{12-8} = 0.0 \\
x_{2-9} = 0.0, & x_{3-9} = 1.0, & x_{4-9} = 0.0, & x_{5-9} = 0.0, & x_{7-9} = -0.0, & x_{12-9} = 2.0 \\
x_{2-10} = 0.0, & x_{3-10} = 0.0, & x_{4-10} = 0.0333, & x_{5-10} = 0.0, & x_{7-10} = -0.0333, & x_{12-10} = 0.0 \\
x_{2-11} = -0.2, & x_{3-11} = 0.0, & x_{4-11} = 0.0, & x_{5-11} = 0.2, & x_{7-11} = -0.0, & x_{12-11} = 0.0
\end{array}$$

3.3 Решение методом полного исключения Гаусса

3.3.1 Шаг 1

Таблица 3.5

c			15.0	10.0	30.0	25.0	6.0	0.0	30.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0
	B_x	a_{i0}	$\mathbf{A_1}$	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
10.0	x_2	-150.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	0.0	-0.2	0.0
30.0	x_3	30.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
25.0	x_4	75.0	0.8333	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0333	0.0	0.0
6.0	x_5	245.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.2	0.0
30.0	$\mathbf{x_7}$	-20.0	0.1667	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	1.0	-0.0	-0.0	-0.0333	-0.0	0.0
0.0	x_{12}	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-30.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0
	Δ	2145.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0

Направляющий столбец: 1

Направляющая строка: 5

Разрешающий элемент: 0.1667

3.3.2 Шаг 2

Таблица 3.6

c			15.0	10.0	30.0	25.0	6.0	0.0	30.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0
	B_x	a_{i0}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
10.0	x_2	-150.0	0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	0.0	-0.2	0.0
30.0	x_3	30.0	0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
25.0	x_4	174.976	0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	-4.9988	0.0	0.0	0.1998	0.0	0.0
6.0	x_5	245.0	0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.2	0.0
15.0	x_1	-119.976	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	5.9988	-0.0	-0.0	-0.1998	-0.0	0.0
0.0	x_{12}	200.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	-30.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0
	Δ	3444.7599999999998	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-89.982	5.0	10.0	2.9964	0.0	0.0

Направляющий столбец: 9

Направляющая строка: 2

Разрешающий элемент: 1.0

3.3.3 Шаг 3

Таблица 3.7

c			15.0	10.0	30.0	25.0	6.0	0.0	30.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0
	B_x	a_{i0}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
10.0	x_2	-150.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.0	0	0.0	-0.2	0.0
10.0	x_9	30.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
25.0	x_4	174.976	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	-4.9988	0.0	0	0.1998	0.0	0.0
6.0	x_5	245.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	3.0	0	0.0	0.2	0.0
15.0	x_1	-119.976	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9988	0.0	0	-0.1998	0.0	0.0
0.0	x_{12}	140.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	0.0	-32.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	1.0
	Δ	2844.7599999999998	0.0	0.0	-10.0	0.0	0.0	-10.0	-89.982	5.0	0	2.9964	0.0	0.0

Направляющий столбец: 8

Направляющая строка: 4

Разрешающий элемент: 3.0

3.3.4 Шаг 4

Таблица 3.8

c			15.0	10.0	30.0	25.0	6.0	0.0	30.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0
	B_x	a_{i0}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
10.0	x_2	13.3333	0.0	1.0	0.0	0.0	0.6667	0.0	0.0	0	0.0	0.0	-0.0667	0.0
10.0	x_9	30.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0	1.0	0.0	0.0	0.0
25.0	x_4	174.976	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	-4.9988	0	0.0	0.1998	0.0	0.0
5.0	x_8	81.6667	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3333	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0667	0.0
15.0	x_1	-119.976	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9988	0	0.0	-0.1998	0.0	0.0
0.0	x_{12}	140.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	0.0	-32.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	1.0
	Δ	3416.426499999999	0.0	0.0	-10.0	0.0	-1.6667	-10.0	-89.982	0	0.0	2.9964	-0.3333	0.0

Направляющий столбец: 10

Направляющая строка: 3

Разрешающий элемент: 0.1998

3.3.5 Шаг 5

Таблица 3.9

c			15.0	10.0	30.0	25.0	6.0	0.0	30.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0
	B_x	a_{i0}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
10.0	x_2	13.3333	0.0	1.0	0.0	0.0	0.6667	0.0	0.0	0.0	0.0	0	-0.0667	0.0
10.0	x_9	30.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0	0.0	0.0
0.0	x_{10}	875.7558	0.0	0.0	0.0	5.005	0.0	0.0	-25.019	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
5.0	x_8	81.6667	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3333	0.0	0.0	1.0	0.0	0	0.0667	0.0
15.0	x_1	55.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0.0	x_{12}	140.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	0.0	-32.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	1.0
	Δ	1666.6665	0.0	0.0	-10.0	-14.997	-1.6667	-10.0	-15.015	0.0	0.0	0	-0.3333	0.0

4 Заключение

Так как индексная строка состоит из отрицательных элементов (задача минимизации), то мы нашли оптимальное решение:

- на первую линию необходимо отправить 55 судов первого типа;
- на вторую линию необходимо отправить 13 судов второго типа;
- на третью линию необходимо отправить 81 судов второго типа;
- на третью линию необходимо отправить 30 судов третьего типа;

При данных значениях целевая функция достигает следующего значения:

$$\min F(x_{ij}) = 1666 \text{ единиц.}$$