

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АДМИРАЛА Ф.Ф. УШАКОВА»
Институт морского транспортного менеджмента, экономики и права
Кафедра Технологии транспортных процессов и управление водным транспортом



КУРСОВАЯ РАБОТА
по дисциплине
«МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ»
на тему
«РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ
РАБОТЫ ФЛОТА НА ГРУЗОВЫХ ЛИНИЯХ»

для направления подготовки 26.03.01 «Управление водным транспортом
и гидрографическое обеспечение судоходства»
очной и заочной формы обучения

Выполнил: курсант группы 2031 Немыкин Кирилл Антонович

Проверил: Ксензова Наталья Николаевна

Новороссийск
2023

Содержание

1. Введение
2. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы
 - 2.1 Постановка задачи и анализ исходных данных
 - 2.2 Оптимизация схем движения судов на минимум балластных пробегов
 - 2.3 Решение задачи оптимизации расстановки судов по схемам движения
 - 2.4 Определение обобщающих производственно-экономических количественных и качественных показателей работы судов
3. Заключение

1. Введение.

Цель курсовой работы – закрепление теоретических знаний и развитие практических навыков самостоятельного моделирования и оптимизации транспортного процесса.

Задача, поставленная в курсовой работе, представляет собой конкретное математическое исследование по выбору оптимального варианта расстановки флота по грузовым линиям и оптимизацию схем движения судов.

2. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы.

№ варианта	Порты погрузки (ПП)	Порты выгрузки (ПВ)	Объем перевозок, тыс. тонн
13	Новороссийск	Фос	760
	Фос	Новороссийск	530
	Генуя	Тунис	960
	Тунис	Неаполь	370
	Неаполь	Триполи	400

2.1 Постановка задачи и анализ исходных данных

Курсовая работа включает три основных части:

В первой части производится построение схем движения судов на основе решения транспортной задачи распределения тоннажа на минимум балластные пробеги флота.

Во второй части разрабатывается система показателей, составляющих нормативную базу для решения расстановочной задачи.

В третьей части осуществляется расстановка судов по построенным в первой части схемам движения. Оптимизация расстановки судов производится по критерию минимума суммарных расходов от эксплуатации судов на перевозках грузов.

2.2 Оптимизация схем движения судов на минимум балластных пробегов.

Задача решается при условии, что все грузы являются транспортно-однородными, грузы поступают в порты равномерно на протяжении всего планируемого периода и все грузы "тяжелые", т.е. при перевозках полностью используется чистая грузоподъемность судов.

Решение задачи оптимизации схем движения судов состоит из трех шагов:

1. Построение таблицы корреспондирующих грузовых потоков («косых» таблиц) и определение наличия тоннажа и потребности в свободном тоннаже в портах.
2. Решение транспортной задачи.
3. Построение схем движения судов.

2.2.1. Построение таблицы корреспондирующих грузовых потоков.

«Косая» таблица включает данные о грузопотоках. Вносим исходные значения согласно варианту в таблицу.

Порты отправления	Порты назначения						Всего отправлено
	Новороссийск	Фос	Генуя	Тунис	Неаполь	Триполи	
Новороссийск	-230	760					760
Фос	530	+230					530
Генуя			-960	960			960
Тунис				+590	370		370
Неаполь					-30	400	400
Триполи						+400	0
	530	760	0	960	370	400	

В диагональные клетки записываем разность между количеством прибывшего в порт груза и количеством груза, отправленного из него.

Диагональные клетки таблицы содержат данные о портах с избытком тоннажа (клетки с положительной разностью) и портах с недостатком в тоннаже (клетки с отрицательной разностью), то есть о портах, в которых и в каких размерах будет освобождаться флот и о портах и их потребности в тоннаже.

2.2.2 Оптимизация схем движения судов на минимум балластных пробегов.

Определение плана балластных переходов, то есть откуда и куда и в каком объеме будут совершаться балластные пробеги судов, производится путем решения закрытой модели транспортной задачи.

Общий вид математической модели транспортной задачи:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n L_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

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

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j (j=1, 2, \dots, m)$$

$$x_{ij} \geq 0$$

Алгоритм решения транспортной задачи:

1. Построение исходного опорного плана осуществляется способом «северо-западного угла». Наполнение клеток осуществляется по принципу: $x_{ij} = \min\{a_i, b_j\}$ или из остатков порожнего тоннажа и потребностей в тоннаже и выполняется до полного его распределения.
2. Для каждой свободной клетки строится цикл и определяется алгебраическая сумма коэффициентов целевой функции Δ_{ij} , взятых со знаками цикла: $\Delta_{ij} = \pm \sum L_{ij}$.
3. Если для всех свободных клеток $\Delta_{ij} \geq 0$, то оптимальный план достигнут, если обнаружена клетка, для которой это условие не выполняется, производят пересчет по циклу, вводя в план ту клетку (или одну из тех), для которой $\Delta_{ij} < 0$.
4. Для улучшенного опорного плана повторяем п.п. 2-3 до тех пор, пока не получим оптимальный план.

	Новороссийск	Генуя	Неаполь
Фос	2050 230	208 0	464
Тунис	1720	462 590	304
Триполи	1820	718 370	502 30

Полученный план необходимо проверить на оптимальность.

$$Z = 230 \cdot 2050 + 590 \cdot 462 + 370 \cdot 718 + 30 \cdot 502 = 1\,024\,800$$

$$\Delta_{1,3} = 464 - 502 + 718 - 208 = 472$$

$$\Delta_{2,1} = 1720 - 2050 + 208 - 462 = -584$$

$$\Delta_{2,3} = 304 - 502 + 718 - 462 = 58$$

$$\Delta_{3,1} = 1820 - 1720 + 462 - 718 = -156$$

План не оптимален.

Самая не потенциальная клетка – $\Delta(2;1)$. Для нее строим новый цикл.

	Новороссийск	Генуя	Неаполь
Фос	0	230	464
Тунис	230	360	304
Триполи		370	30

$$Z=230*208+230*1720+360*462+370*718+30*502= 890\ 480$$

$$\Delta_{1,1}=2050-464+304-1720= 584$$

$$\Delta_{1,3}=464-502+718-208= 472$$

$$\Delta_{2,3}=304-502+718-462= 58$$

$$\Delta_{3,1}=1820-1720+462-718= -156$$

План не оптимален.

Самая не потенциальная клетка – $\Delta(3;1)$. Для нее строим новый цикл.

	Новороссийск	Генуя	Неаполь
Фос		230	464
Тунис	0	590	304
Триполи	230	140	30

$$Z=230*208+590*462+230*1820+140*718+30*502= 854\ 600$$

$$\Delta_{1,1}=2050-464+304-1720= 584$$

$$\Delta_{1,3}=464-502+718-208= 472$$

$$\Delta_{2,1}=1720-462+718-1820=156$$

$$\Delta_{2,3}=304-502+718-462= 58$$

План оптимален.

2.3 Решение задачи оптимизации расстановки судов по схемам движения.

Чтобы построить схемы движения судов, необходимо полученный в результате решения транспортной задачи оптимальный план балластных переходов увязать с планом грузопотоков. Для этого план балластных переходов переносят в таблицу корреспондирующих грузовых потоков и для удобства их обводят рамкой.

Порты отправления	Порты назначения						Всего отправлено
	Новороссийск	Фос	Генуя	Тунис	Неаполь	Триполи	
Новороссийск	-230	760					760
Фос	530	+230	230				530
Генуя			-960	960			960
Тунис			590	+590	370		370
Неаполь					-30	400	400
Триполи	230		140		30	+400	0
	530	760	0	960	370	400	

- 1) Фос $\frac{530}{гр}$ Новороссийск $\frac{530}{гр}$ Фос
- 2) Фос $\frac{230}{бл}$ Генуя $\frac{230}{гр}$ Тунис $\frac{230}{гр}$ Неаполь $\frac{230}{гр}$ Триполи $\frac{230}{гр}$ Новороссийск $\frac{230}{гр}$
Фос
- 3) Тунис $\frac{590}{бл}$ Генуя $\frac{590}{гр}$ Тунис
- 4) Триполи $\frac{140}{бл}$ Тунис $\frac{140}{гр}$ Неаполь $\frac{140}{гр}$ Триполи
- 5) Триполи $\frac{30}{бл}$ Неаполь $\frac{30}{гр}$ Триполи

2.4 Определение обобщающих производственно-экономических количественных и качественных показателей работы судов.

В данном разделе по полученному оптимальному плану расстановки судов рассчитывается система производственных и экономических показателей. Показатели определяются в целом по группе судов за весь период их работы, т.е. расчеты производятся по всем занятым клеткам основного блока расстановочной матрицы.

- 1) Пройденные тоннаже-мили:

$$\Sigma D_r L = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{rij} \cdot L_{ij}$$

2) Пройденные тоннаже-мили в балласте:

$$\Sigma D_r L_{\text{бал}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{rij} \cdot L_{\text{бал}ij}$$

3) Грузооборот в тонно-милях:

$$\Sigma Ql = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot x_{ij} \cdot l_{ij}$$

4) Коэффициент использования чистой грузоподъемности судна:

$$\alpha_c = \frac{\Sigma Ql}{\Sigma D_r L}$$

5) Коэффициент балластного пробега:

$$k_{\text{бал}} = \frac{\Sigma D_r L_{\text{бал}}}{\Sigma D_r L}$$

6) Средняя дальность перевозки 1 тонны груза:

$$l_m = \frac{\Sigma Ql}{\Sigma Q}$$

7) Производительность использования 1т грузоподъемности в сутки эксплуатации (валовая), т-мл/тн-сут:

$$\mu_s = \frac{\Sigma Ql}{\Sigma D_r T}$$

8) Суммарные доходы от перевозки грузов, дол.:

$$\Sigma F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot x_{ij}$$

9) Суммарные расходы по эксплуатации судов на перевозках грузов:

$$\Sigma R = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}$$

10) Чистая валютная выручка, дол.:

$$\text{ЧВВ} = \Sigma F - \Sigma R$$

11) Средняя доходная ставка, дол/т:

$$\bar{f} = \frac{\Sigma F}{\Sigma Q}$$

12) Себестоимость перевозки 1 тонны груза, руб./тонн:

$$S_m = \frac{\Sigma R \cdot k_{\text{дол}}}{\Sigma Q}$$

13) Себестоимость 1 тонно-мили, руб./т-мл:

$$S_{m-\text{мл}} = \frac{\Sigma R \cdot k_{\text{дол}}}{\Sigma Q l}$$

**Нормативы среднесуточных расходов и провозных способностей судов
на линиях перевозок**

Судно	Среднесуточные расходы судна, тыс. долл./сут.					Провозная способность судна, тыс. тонн/сут.				
	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4	Схема 5	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4	Схема 5
И. Эренбург	9,5	8,2	8,7	7,4	10,6	2,5	4,5	4,0	3,5	2,5
Г. Нестеренко	8,6	5,3	6,9	5,3	9,6	3,5	3,0	4,0	5,5	5,0
М. Фестиваль	10,5	8,8	12,4	8,5	9,5	4,0	5,0	2,5	6,5	3,0
Сухуми	9,6	5,3	7,8	8,2	9,4	5,0	3,0	6,0	4,5	3,5
М. Гаровник	9,4	5,6	10,5	11,0	7,8	2,5	4,5	4,0	3,0	4,0

9,5	8,2	8,7	7,4	10,6	
	180		120		
2,5	4,5	4,0	3,5	6,5	
8,6	5,3	6,9	3,3	9,6	
117	37	146			
3,5	3	4	5,5	5	
10,5	8,8	12,4	8,5	9,5	
163				10	127
4	5	2,5	6,5	3,5	

$$Z_1 = 1476 + 888 + 1006.2 + 196.1 + 1007.4 + 1711.5 + 95 = 6380.2$$

$$X_{1,4} = \min \left\{ 300; \frac{420}{3,5} \right\} = 120$$

$$X_{1,2} = \min \left\{ 180; \frac{920}{4,5} \right\} = 204$$

$$X_{2,2} = \min \left\{ 300; \frac{110}{3} \right\} = 37$$

$$X_{2,3} = \min \left\{ 263; \frac{590}{4} \right\} = 146$$

$$X_{2,1} = \min \left\{ 117; \frac{1060}{3,5} \right\} = 117$$

$$X_{3,1} = \min \left\{ 300; \frac{650,5}{4} \right\} = 163$$

$$X_{3,5} = \min \left\{ 137; \frac{30}{3} \right\} = 10$$

Проверка плана на оптимальность по занятым клеткам в основном блоке матрицы составим систему уравнений вида:

$$P_{ij} V_j - U_i = C_{ij}$$

$$4,5 * V_2 - U_1 = 8,2 \quad U_1 = 3,4$$

$$3,5 * V_2 - U_1 = 7,4 \quad U_2 = 2,5$$

$$3,5 * V_1 - U_2 = 8,6 \quad U_3 = 0$$

$$3 * V_2 - U_2 = 5,3 \quad V_1 = 2,6$$

$$4 * V_3 - U_2 = 6,9 \quad V_2 = 2,6$$

$$4 * V_1 - U_3 = 10,5 \quad V_3 = 2,4$$

$$3 * V_5 - U_3 = 9,5 \quad V_4 = 3,1$$

$$V_5 = 4$$

	2,6	2,6	2,4	3,1	4	
3,4	3,1 9,5 2,5	8,2 180 4,5	6,2 8,7 4,0	7,4 120 3,5	6,6 10,6 6,5	
2,5	8,6 117 3,5	5,3 37 3	6,9 146 4	14,55 3,3 5,5	17,5 9,6 5	
0	10,5 163 4	13 8,8	6 12,4 2,5	20,15 8,5	9,5 10 3,5	127

		5		6,5		
--	--	---	--	-----	--	--

Так как число неизвестных потенциалов на единицу больше, чем число уравнений в системе и в распределительной матрице в дополнительном столбце занятой оказалась клетка (3;6).

Проверка на оптимальность заключается в проверке свободных клеток основного блока матрицы на выполнения условия: $P_{ij}V_j - U_i \leq C_{ij}$ и свободных клеток дополнительного столбца на условие $U_i \geq 0$.

$$\Delta_{1,1} = 2,5 * 2,6 - 3,4 \leq 9,5$$

$$\Delta_{1,3} = 4 * 2,4 - 3,4 \leq 8,7$$

$$\Delta_{1,5} = 2,5 * 4 - 3,4 - 3,4 \leq 10,6$$

$$\Delta_{2,4} = 5,5 * 3,1 - 2,5 \geq 5,3$$

$$\Delta_{2,5} = 5 * 4 - 2,5 \geq 9,6$$

$$\Delta_{3,2} = 5 * 2,6 - 0 \geq 8,8$$

$$\Delta_{3,3} = 2,5 * 2,4 - 0 \leq 12,4$$

$$\Delta_{3,4} = 6,5 * 3,1 - 0 \geq 8,5$$

Для пересчета распределительной матрицы с целью определения технических изменений, которые производят в плане строится система строчных и столбцовых уравнений вида:

$$\sum_{j=1}^{n+1} \Delta X_{ij} = 0 \quad (i=1, m)$$

$$\sum_{i=1}^m P_{ij} \Delta X_{ij} = 0 \quad (j=1, n)$$

$$\Delta X_{ij} = 0$$

где ΔX_{ij} – это изменение приращения, которое произойдет в матрице при переходе к новому плану.

Число таких уравнений в системе будет на одну единицу меньше, чем число неизвестных ΔX_{ij} включительно число θ . Поэтому все приращения ΔX_{ij} можно выразить через число θ . Для определения значения θ используют следующие правила:

$$\theta = \min \left\{ \frac{x_{ij}}{\beta_{ij} \vee \zeta} \right\} \zeta$$

Определив число θ , находим значения ΔX_{ij} , а значит новые значения переменных X_{ij} .

Правила вычеркивания для определения цикла.

1. Рассматриваем строку матрицы сверху вниз и условно вычеркивают те строки, в которых содержится по одной занятой клетке.
2. Затем просматривают столбцы основного блока и так же вычеркивают те из них, которые по одной занятой клетке.
3. Процедуру 1,2 повторяем до тех пор, пока в матрице не останется строк и столбцов с одной занятой клеткой.

	2,6	2,6	2,4	3,1	4	
3,4	3,1 9,5 2,5	8,2 180 4,5	6,2 8,7 4,0	7,4 120 3,5	6,6 10,6 6,5	
2,5	8,6 117 3,5	5,3 37 3	6,9 146 4	14,55 3,3 5,5	17,5 9,6 θ 5	
0	10,5 163 4	13 8,8 5	6 12,4 2,5	20,15 8,5 6,5	9,5 10 3,5	127

$$\Delta X_{1,2} + \Delta X_{1,4} = 0$$

$$\Delta X_{1,4} = -\frac{11}{7} \theta = -24,7$$

$$\Delta X_{2,1} + \Delta X_{2,2} + \theta = 0$$

$$\Delta X_{1,2} = \frac{11}{7} \theta = 24,7$$

$$\Delta X_{3,1} + \Delta X_{3,6} = 0$$

$$\Delta X_{2,2} = -\frac{33}{14} \theta = -37$$

$$3,5\Delta X_{2,1} + 4\Delta X_{3,1} = 0$$

$$\Delta X_{2,1} = \frac{19}{14} \theta = 21,3$$

$$4,5\Delta X_{1,2} + 3\Delta X_{2,2} = 0$$

$$\Delta X_{3,1} = -\frac{19}{16} \theta = -21,3$$

$$3,5\Delta X_{1,4} + 5,5\theta = 0$$

$$\Delta X_{3,6} = \frac{19}{16} \theta = 18,6$$

$$\theta = \min \left\{ \frac{120}{1,57}, \frac{37}{2,36}, \frac{163}{1,19} \right\} = 15,7$$

3,1	9,5	8,2	6,2	8,7	7,4	6,6	10,6	
		204,7			95,3			
2,5		4,5	4,0		3,5	6,5		
	8,6		5,3	6,9	14,55	3,3	17,5	9,6
	138,3			146		15,7		θ
3,5		3	4		5,5		5	
	10,5	13	8,8	6	12,4	20,15	8,5	9,5
	141,7							10
4		5	2,5		6,5		3,5	148,3

$$Z_2 = 1678.54 + 705.22 + 1189.38 + 1007.4 + 83.21 + 1487.85 + 98 = 6246.6$$

Проверка плана на оптимальность по занятым клеткам в основном блоке матрицы составим систему уравнений вида:

$$P_{ij} V_j - U_i = C_{ij}$$

$$4,5 * V_2 - U_1 = 8,2$$

$$U_1 = -3,55$$

$$3,5 * V_2 - U_1 = 7,4$$

$$U_2 = 0,59$$

$$3,5 * V_1 - U_2 = 8,6$$

$$U_3 = 0$$

$$4 * V_3 - U_2 = 6,9$$

$$V_1 = 2,6$$

$$5,5 * V_4 - U_2 = 5,3$$

$$V_2 = 1$$

$$4 * V_1 - U_3 = 10,5$$

$$V_3 = 1,9$$

$$3 * V_5 - U_3 = 9,5$$

$$V_4 = 1,1$$

$$V_5 = 3,2$$

	2,6	1	1,9	1,1	3,2	
-3,55	3,1 9,5 2,5	8,2 204,7 4,5	6,2 8,7 4,0	7,4 95,3 3,5	6,6 10,6 6,5	
0,59	8,6 138,3 3,5	5,3 3	6,9 146 4	14,55 3,3 15,7 5,5	17,5 9,6 θ 5	
0	10,5 141,7 4	13 8,8 5	6 12,4 2,5	20,15 8,5 6,5	9,5 10 3,5	148,3

Так как число неизвестных потенциалов на единицу больше, чем число уравнений в системе и в распределительной матрице в дополнительном столбце занятой оказалась клетка (3;6).

Проверка на оптимальность заключается в проверке свободных клеток основного блока матрицы на выполнения условия: $P_{ij}V_j - U_i \leq C_{ij}$ и свободных клеток дополнительного столбца на условие $U_i \geq 0$.

$$2,5 * 2,6 - (-3,55) \geq 9,5$$

$$4 * 1,9 - (-3,55) \geq 8,7$$

$$2,5 * 3,2 - (-3,55) \geq 10,6$$

$$3 * 1 - 0,59 \leq 5,3$$

$$5 * 3,2 - 0,59 \geq 9,6$$

$$5 * 1 - 0 \leq 8,8$$

$$2,5 * 1,9 - 0 \leq 12,4$$

$$6,5 * 1,1 - 0 \leq 8,5$$

Проведем пересчет распределительной матрицы с целью определения технических изменений, которые производят в плане строится система строчных и столбцовых уравнений.

$$\Delta X_{2,1} + \theta = 0$$

$$\Delta X_{2,1} = -\theta = -6$$

$$\Delta X_{3,1} + \Delta X_{3,5} + \Delta X_{3,6} = 0$$

$$\Delta X_{3,1} = \frac{7}{8} \theta = 5,25$$

$$3,5\Delta X_{2,1} + 4\Delta X_{3,1} = 0$$

$$\Delta X_{3,1} = -\frac{5}{3} \theta = -10$$

$$5\theta + 3\Delta X_{3,5} = 0$$

$$\Delta X_{3,1} = \frac{19}{24} \theta = 4,75$$

3,1	9,5	8,2	6,2	8,7	7,4	6,6	10,6	
		204,7			95,3			
2,5		4,5	4,0		3,5	6,5		
	8,6			6,9	14,55	3,3	17,5	9,6
	132,3			146		15,7		6
3,5		3	4		5,5		5	
	10,5	13	8,8	6	12,4	20,15	8,5	9,5
	146,95							156
4		5	2,5		6,5	3,5		

$$Z_3 = 1678,54 + 705,22 + 1137,78 + 1007,4 + 83,21 + 57,6 + 1542,9 = 6212,725$$

Определение обобщающих производственно-экономических количественных и качественных показателей работы судов.

3) Грузооборот в тонно-милях:	
4) Коэффициент использования чистой грузоподъемности судна:	
5) Коэффициент балластного пробега:	
6) Средняя дальность перевозки 1	

тонны груза:

7) Производительность использования 1т грузоподъемности в сутки эксплуатации (валовая), т-мл/тн-сут:

8) Суммарные доходы от перевозки грузов, дол.:

9) Суммарные расходы по эксплуатации судов на перевозках грузов:

10) Чистая валютная выручка, дол.:

11) Средняя доходная ставка, дол/т:

12) Себестоимость перевозки 1 тонны груза, руб./тонн:

13) Себестоимость 1 тонно-мили, руб./т-мл: