

УДК 351.862.2

Обоснование оптимального варианта распределения эвакуируемого населения на основе решения транспортной задачи

*Адыкаев Э.В.; Письменский Н.В., канд. техн. наук
ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»*

Аннотация. Статья посвящена решению проблем эвакуации населения при чрезвычайных ситуациях, связанных с паводком в Республике Алтай. В статье рассмотрены вопросы оптимального варианта распределения эвакуируемого населения, на основе решения транспортной задачи.

Ключевые слова. эвакуация, безопасный район, пострадавшее население, Республика Алтай, методы оптимизации, транспортная задача.

Justification of the optimal distribution of the evacuated population based on the solution of the transport problem

*Adykaev E. V.; Pismenskiy N. V., Ph.D. of Engineering Sciences
The Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia*

Abstract. The article is devoted to solving the problems of evacuation of the population in emergency situations related to the flood in the Altai Republic. The article deals with the issues of the optimal distribution of the evacuated population, based on the solution of the transport problem.

Keywords. evacuation, safe area, affected population, Republic of Altai, optimization methods, transport problem.

В Республике Алтай ежегодно в весенний период происходит затопление на реке Катунь. Наиболее подверженными районами Республики Алтай является Майминский район [1]. Для обоснования оптимального варианта распределения эвакуируемого населения Майминского района Республики Алтай по пунктам временного размещения из зон возможного затопления при подъеме уровня воды в реке Катунь была построена математическая модель [2].

Для решения задачи распределения эвакуируемого населения необходимая информация была взята из паспорта безопасности территории Майминского района Республики Алтай, а именно:

- характеристика зоны затопления [3];
- характеристика сборных эвакуационных пунктов;
- характеристика пунктов временного размещения;
- расстояния между эвакуационными органами.

Для обоснования оптимального варианта распределения эвакуируемого населения предлагается использовать решение транспортной задачи.

Эвакуационные пункты обозначим A_1, A_2, \dots, A_m , количество людей в них, которых надо эвакуировать a_1, a_2, \dots, a_m соответственно.

Пункты временного размещения населения обозначим B_1, B_2, \dots, B_n , количество людей, которые они готовы принять b_1, b_2, \dots, b_n человек соответственно.

Расстояния между i -м сборным эвакуационным пунктом и j -м пунктом временного размещения обозначим C_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$).

Основная цель состоит в построении оптимального плана перевозок людей, в котором общее расстояние при перевозке было минимальным.

Составим математическую модель транспортной задачи.

Обозначим через x_{ij} количество населения, перевозимых из сборных эвакуационных пунктов A_i в пункты временного размещения населения B_j ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$), C – общее расстояние при перевозке населения.

$$C = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{m1} & C_{m2} & \dots & C_{mn} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Матрицу C называют матрицей расстояний.

Необходимо построить такой план перевозок $X^* = (x^*_{ij})$, который сведет к минимуму линейную функцию

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \quad (2.2)$$

при этом будет выполняться система ограничений:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

Всякое неотрицательное решение систем линейных уравнений (2.3) и (2.4), определяемое матрицей $X = (x_{ij})$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$), называется опорным планом транспортной задачи.

План $X^* = (x^*_{ij})$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$), при котором функция (2.2) принимает свое минимальное значение, называется оптимальным планом транспортной задачи.

Далее применим разработанный подход для оптимального распределения пострадавшего населения Майминского района.

Обозначим коэффициентами A_i сборные эвакуационные пункты (СЭП) с соответствующей пропускной способностью населения в каждом из них:

- A_1 – СОШ н.п. Бирюля, пропускная способность 190 чел.
- A_2 – СОШ н.п. Александровка, пропускная способность 510 чел.
- A_3 – СОШ н.п. Кызыл-Озек, пропускная способность 2870 чел.
- A_4 – СОШ н.п. Урлу-Аспак, пропускная способность 637 чел.
- A_5 – СОШ н.п. Усть-Муны, пропускная способность 843 чел.
- A_6 – СОШ н.п. Манжерок, пропускная способность 1826 чел.
- A_7 – СОШ н.п. Союзга, пропускная способность 1273 чел.
- A_8 – СОШ н.п. Озерное, пропускная способность 571 чел.
- A_9 – СОШ н.п. Майма, пропускная способность 2337 чел.

Обозначим коэффициентами B_i пункты временного размещения населения (ПВР) с соответствующей вместимостью человек в каждом из них:

- B_1 – СОШ Кызыл-Озек, вместимость 700 чел.
- B_2 – Палаточный городок н.п. Чоя, вместимость 5000 чел.
- B_3 – СОШ н.п. Каракокша, вместимость 1000 чел.
- B_4 – Детский сад н.п. Уймень, вместимость 400 чел.
- B_5 – СОШ н.п. Паспаул, вместимость 749 чел.
- B_6 – СОШ н.п. Ынырга, вместимость 700 чел.
- B_7 – СОШ н.п. Карасук, вместимость 821 чел.
- B_8 – ГАГУ. г. Горно-Алтайск, вместимость 1000 чел.

B_9 – СОШ № 4 г. Горно-Алтайск, вместимость 670 чел.
 B_{10} – СОШ № 9 г. Горно-Алтайск, вместимость 667 чел.
 Расстояния (км) от СЭП до ПВР приведены в таблице 1.

Таблица 1. Расстояние от СЭП до ПВР в км

СЭП \ ПВР	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}
A_1	42	39	60	60	44	42	45	120	122	124
A_2	30	30	45	45	24	22	25	100	102	104
A_3	36	18	60	60	36	34	37	120	122	124
A_4	51	33	45	45	51	49	52	120	122	124
A_5	60	42	39	39	60	58	61	114	116	118
A_6	66	46	42	42	66	64	67	102	104	106
A_7	84	63	60	60	84	82	85	84	86	88
A_8	104	83	80	80	104	102	105	64	66	68
A_9	116	95	92	92	116	114	117	50	52	54

Число пунктов отправления $m=9$, а число пунктов назначения $n=10$. Следовательно опорный план задачи определяется числами, стоящими в $Q=m+n-1=9+10-1=18$ заполненных клетках таблицы.

Тарифы перевозок единицы груза из каждого пункта отправления во все пункты назначения задаются матрицей в соответствии с Таблицей 1.

$$C = \begin{bmatrix} 42 & 39 & 60 & 60 & 44 & 42 & 45 & 120 & 122 & 124 \\ 30 & 30 & 45 & 45 & 24 & 22 & 25 & 100 & 102 & 104 \\ 36 & 18 & 60 & 60 & 36 & 34 & 37 & 120 & 122 & 124 \\ 51 & 33 & 45 & 45 & 51 & 49 & 52 & 120 & 122 & 124 \\ 60 & 42 & 39 & 39 & 60 & 58 & 61 & 102 & 104 & 118 \\ 66 & 46 & 42 & 42 & 66 & 64 & 67 & 102 & 104 & 106 \\ 84 & 63 & 60 & 60 & 84 & 82 & 85 & 84 & 86 & 88 \\ 104 & 83 & 80 & 80 & 104 & 102 & 105 & 64 & 66 & 68 \\ 116 & 95 & 92 & 92 & 116 & 114 & 117 & 50 & 52 & 54 \end{bmatrix}$$

Наличие ресурсов у перевозчиков равно:

$$\sum A_i = 190+510+2870+637+843+1826+1273+571+2337 = \mathbf{11057}$$

Общая потребность в ресурсах в пунктах назначения равна:

$$\sum B_i = 700+4350+1000+400+749+700+921+1000+670+567 = \mathbf{11057}$$

$\sum A_i = \sum B_i$. Модель транспортной задачи является закрытой. Следовательно, она разрешима.

Построение опорного решения

Запишем исходные данные в транспортную таблицу 2.

Используя метод «северо-западного» угла построим опорный план [4]:

Таблица 2.

$A_i \backslash B_j$	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	Ресурс
A_1	42 190	39	60	60	44	42	45	120	122	124	190
A_2	30 510	30	45	45	24	22	25	100	102	104	510
A_3	36 0	18 2870	60	60	36	34	37	120	122	124	2870
A_4	51	33 637	45	45	51	49	52	120	122	124	637
A_5	60	42 843	39	39	60	58	61	114	116	118	843
A_6	66	46 0	42 1000	42 400	66 426	64	67	102	104	106	1826
A_7	84	63	60	60	84 323	82 700	85 250	84	86	88	1273
A_8	104	83	80	80	104	102	105 571	64	66	68	571
A_9	116	95	92	92	116	114	117 100	50 1000	52 670	54 567	2337
Потребности	700	4350	1000	400	749	700	921	1000	670	567	11057

Используя построенный алгоритм решения транспортной задачи был получен оптимальный план перевозки эвакуируемого населения который представлен в таблице 3.

Таблица 3.

$A_i \backslash B_j$	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	Ресурс
A_1	42 190	39	60	60	44	42	45	120	122	124	190
A_2	30	30	45	45	24	22	25 510	100	102	104	510
A_3	36 510	18 500	60	60	36 749	34 700	37 411	120	122	124	2870
A_4	51	33 637	45	45	51	49	52	120	122	124	637
A_5	60	42 843	39	39	60	58	61	114	116	118	843
A_6	66	46 426	42 1000	42 400	66	64	67	102	104	106	1826
A_7	84	63 1273	60	60	84	82	85	84	86	88	1273
A_8	104	83 571	80	80	104	102	105 0	64	66	68	571
A_9	116	95 100	92	92	116	114	117 0	50 1000	52 670	54 567	2337
Потребности	700	4350	1000	400	749	700	921	1000	670	567	11057

Таким образом, использование разработанного плана позволит сократить расстояние по перевозке населения, а также позволит сократить время на эвакуационные мероприятия за счет минимального расстояния от сборных эвакуационных пунктов до приемных.

Все это позволит более оперативно эвакуировать население, с минимальными расходами на его перевозку.

Литература

1. Интернет-сайт Главного управления МЧС России по Республике Алтай. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://04.mchs.gov.ru/> (дата обращения 25.02.2021).
2. Кузьмин А.И., Иванченко Д.И. Современные взгляды на эвакуацию населения //Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2014. № 1. С. 109-111.
3. «Методические рекомендации по организации и ведению гражданской обороны в субъекте Российской Федерации и муниципальном образовании» (утв. МЧС России 13.12.2012 № 2-4-87-30-14) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 17.02.2021).
4. Учебное пособие по математике. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.resolventa.ru/data/metodstud/transproblem.pdf> (дата обращения: 12.02.2021).