

TRANSPORT MASALASI

Mamatova Zilolaxon Xabibulloxonovna

Farg'ona davlat universiteti dotsenti, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa

doktori (PhD) E-mail: mamatova.zilolakhon@gmail.com

ORCID ID [0009-0009-9247-3510](https://orcid.org/0009-0009-9247-3510)

Ibroximova Gulnoza Abrorjon qizi

Farg'ona Davlat Universiteti Amaliy matematika yo'nalishi 3-kurs

22.09-guruh talabasi

jabborovaqulniza2004@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada transport masalasi va uning iqtisodiy sohalarda qo'llanilishi yoritilgan. Masalaning matematik modeli, yechish usullari va optimallashtirish jarayonlari ko'rib chiqilgan. Amaliy misollar orqali minimal xarajat bilan yuklarni manzillarga taqsimlash muammosi tahlil qilingan. Natijalar transport xarajatlarini kamaytirish va resurslardan samarali foydalanishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: transport masalasi, chiziqli dasturlash, optimallashtirish, xarajalar, resurslarni taqsimlash

Annotation: This article discusses the transportation problem and its applications in economic fields. It covers the mathematical model, solution methods, and optimization processes. Through practical examples, the issue of distributing goods to destinations at minimum cost is analyzed. The results help reduce transport costs and improve resource efficiency.

Keywords: transportation problem, linear programming, optimization, costs, resource allocation.

Аннотация: В данной статье рассматривается транспортная задача и её применение в экономических сферах. Освещены математическая модель, методы решения и процессы оптимизации. На практических примерах проанализирована проблема распределения грузов с минимальными затратами. Результаты способствуют снижению транспортных расходов и эффективному использованию ресурсов.

Ключевые слова: транспортная задача, линейное программирование, оптимизация, затраты, распределение ресурсов

Kirish: Bugungi kundagi iqtisodiy tizimlarda mahsulot va resurslarni bir joydan ikkinchisiga samarali yetkazib berish masalasi muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday jarayonlarni rejalashtirishda transport masalasi muhim o‘rin egallaydi. Transport masalasi — bu mahsulotlarni omborlardan iste‘mol punktlariga eng kam xarajat bilan taqsimlashni ko‘zda tutadigan chiziqli dasturlash muammolaridan biridir. Ushbu masala orqali korxona yoki tashkilotlar transport xarajatlarini kamaytirib, resurslardan oqilona foydalanish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Maqolada transport masalasining mohiyati, matematik modeli va uni yechish usullari yoritiladi hamda amaliy misollar orqali natijalar tahlil qilinadi.

Adabiyotlar tahlili: Transport masalasi matematik modellashirishning klassik muammolaridan biri bo‘lib, birinchi bor XX asr boshlarida ilmiy asosda o‘rganila boshlagan. Bu masala chiziqli dasturlashga asoslangan bo‘lib, unga asosiy hissa qo‘shgan olimlar orasida L. V. Kantorovich alohida o‘rin tutadi. U 1939-yilda iqtisodiy masalalarni yechishda matematik modellarni, xususan, transport muammosini birinchi bo‘lib matematik asosda shakllantirgan va bu ishlari uchun Nobel mukofotiga sazovor bo‘lgan. Shuningdek, G. Taha tomonidan yozilgan “Operations Research” asari transport masalasining nazariy va amaliy tomonlarini chuqur yoritgan. Unda boshlang‘ich yechim topishning klassik usullari — shimol-g‘arb burchak usuli, minimal element usuli va VAM (Vogel Approximation Method) usuli keng yoritilgan. Mahalliy va xorijiy tadqiqotchilar, jumladan, S. S. Gass, A. A. Rakhmonov, A. Mamatqulov kabi olimlar ham transport masalasini turli sohalarga tadbiq etish, uni algoritmik yechish va kompyuter dasturlari asosida avtomatlashtirish yo‘nalishida ilmiy ishlar olib borganlar. Oxirgi yillarda transport masalasi sun‘iy intellekt, genetik algoritmlar va neyron tarmoqlar yordamida yechilishi ham dolzarb mavzulardan biriga aylangan.

Yuk zaxiralari $a_1, a_2, \dots, a_m$ bo‘lgan m ta jo‘natish punkti, yukka bo‘lgan talab $b_1, b_2, \dots, b_n$ bo‘lgan n ta qabul punktlari berilgan bo‘lib, jo‘natish punktlaridan qabul punktlariga birlik yukni tashish harajatlari c_{ij} , $i=1\dots m$, $j=1\dots n$ bo‘lsin. . Bu yerda i -jo‘natish punkti nomeri, j -qabul punkti nomerini bildiradi. Umumiy yuk tashish xarajatlari quyidagi formula orqali beriladi:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Bu yerda x_{ij} - i nomerli jo‘natish punktidan j nomerli qabul punktiga tashiladigan yuk hajmi. Yuk tashish harajatlarini iloji boricha kamaytirish uchun z funktsiyaning minimumini hisoblaymiz:

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

Qabul punktлари	1	2	...	n	Yuk zaxiralari
Jo'natish punktлари					
1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	...	c_{1n} x_{1n}	a_1
2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	...	c_{2n} x_{2n}	a_2
...	...	...	...	...	...
m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	...	c_{mn} x_{mn}	a_m
Yukka bo'lgan talab	b_1	b_2	...	b_n	

[illegible]

(2)

(3)

(4)

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$$

bo'lsin. Ushbu masalani yopiq masalagi keltirish uchun yukka bo'lgan talabi $b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$ bo'lgan qo'shimcha qabul punkti tuziladi. Ushbu punkt uchun birlik yukni tashish xarajatlarini 0 ga teng deb olamiz: $c_{1,n+1} = c_{2,n+2} = \dots = c_{m,n+1} = 0$. Natijada quyidagi yopiq masalani hosil qilamiz.

Qabul punktлари Jo'natish punktлари	1	2	...	n	n+1	Yuk zaxiralari
1	x_{11}	c_{11} x_{12}	c_{12} ...	x_{1n}	c_{1n} $x_{1,n+1}$	0 a_1
2	x_{21}	c_{21} x_{22}	c_{22} ...	x_{2n}	c_{2n} $x_{2,n+1}$	0 a_2
...	...	...	...	...	...	...
m	x_{m1}	c_{m1} x_{m2}	c_{m2} ...	x_{mn}	c_{mn} $x_{m,n+1}$	0 a_m
Yukka bo'lgan talab	b_1	b_2	...	b_n	b_{n+1}	

Agar $\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$ bo'lsa, yuk zaxiralari $a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i$ bo'lgan qo'shimcha jo'natish punkti tuziladi va yuqoridagi kabi yopiq masalagi keltiriladi.

Transport masalasini yechish ikki bosqichda olib boriladi:

1) Birinchi bosqichda (2)-(3) shartlarni qanoatlantiruvchi boshlang'ich $x_{ij}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ yechim topiladi. Boshlang'ich rejani topishning bir necha usullari bo'lib, ularga shimoliy-g'arb usuli, minimal element usuli va boshqalar kiradi. Shimoliy-g'arb usulida (1,1) katak tanlab olinib, $x_{11} = \min(a_1, b_1)$ deb olinadi. Agar $\min(a_1, b_1) = a_1$ bo'lsa, bu 1-jo'natish punktidagi barcha yuk 1-qabul punktiga yuborilishini, 1-jo'natish punktidan qolgan qabul punktlariga yuk yuborilmasligini bildiradi. Shuning uchun a_1 joylashgan satrdagi boshqa kataklarga minus qo'yiladi. 1-qabul punktidagi yukka bo'lgan talab $b_1^1 = b_1 - a_1$ bo'lib qoladi. Agar $\min(a_1, b_1) = b_1$ bo'lsa, 1-qabul punktidagi yukka bo'lgan talab to'liq qondirilganligini, 1-jo'natish punktida esa $a_1^1 = a_1 - b_1$ miqdor yuk qolganligini bildiradi. 1-qabul punktiga boshqa jo'natish punktlaridan yuk keltirilmaydi.

Qabul punktleri Jo'natish punktleri	1	2	...	n	Yuk zaxiralari
1	x_{11}	c_{11} x_{12}	c_{12} ...	c_{1n} x_{1n}	a_1
2	x_{21}	c_{21} x_{22}	c_{22} ...	c_{2n} x_{2n}	a_2
...	...	...	...	...	...
m	x_{m1}	c_{m1} x_{m2}	c_{m2} ...	c_{mn} x_{mn}	a_m
Yukka bo'lgan talab	b_1	b_2	...	b_n	
	b_1^1				

Qabul punktleri Jo'natish punktleri	1	2	...	n	Yuk zaxiralari	
1	x_{11}	c_{11} x_{12}	c_{12} ...	c_{1n} x_{1n}	a_1	b_1^1
2	x_{21}	c_{21} x_{22}	c_{22} ...	c_{2n} x_{2n}	a_2	
...	...	...	...	...	...	
m	x_{m1}	c_{m1} x_{m2}	c_{m2} ...	c_{mn} x_{mn}	a_m	
Yukka bo'lgan talab	b_1	b_2	...	b_n		
	0					

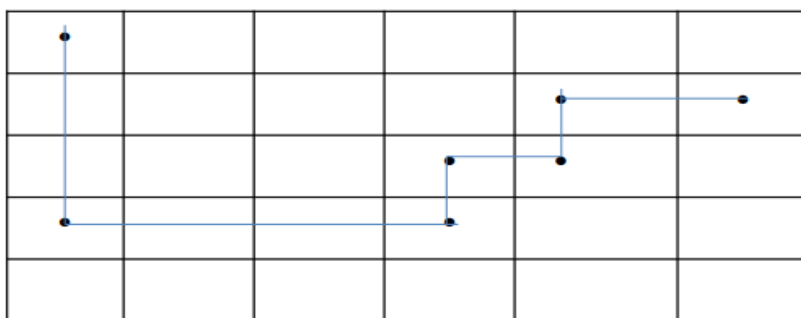
Xisoblashlarni 1-jadval bo'yicha davom ettirib, (2,1) katakka o'tamiz. $x_{21} = \min(a_1, b_1^1) = b_1^1$ bo'lsin. Jadvalni yuqoridagi usul bilan to'ldirib, quyidagini hosil qilamiz:

Qabul punktleri Jo'natish punktleri	1	2	...	n	Yuk zaxiralari	
1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	...	c_{1n} x_{1n}	a_1	0
2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	...	c_{2n} x_{2n}	a_2	a_2^1
...	...	...	...	...	...	
m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	...	c_{mn} x_{mn}	a_m	
Yukka bo'lgan talab	b_1	b_2	...	b_n		
	b_1^1					

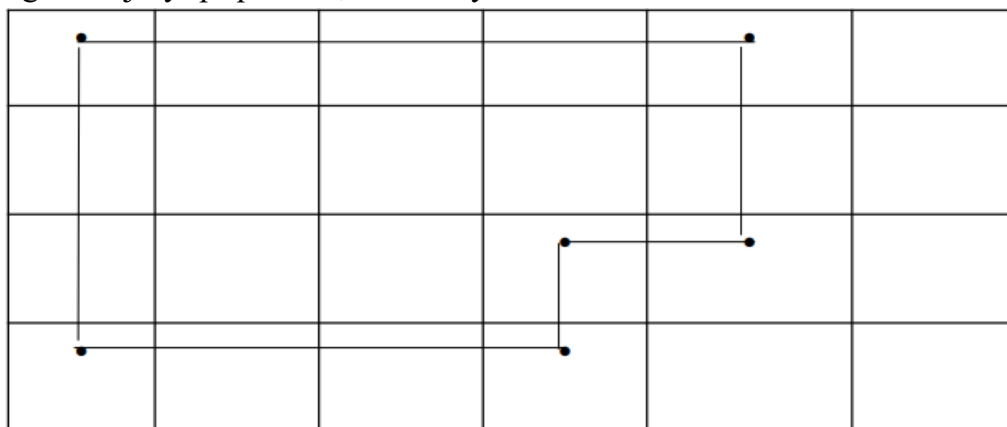
Shu tariqa hisoblashlarni jadvalning quyi o'ng bo'rchagigacha davom ettirib, jadvadagi barcha $x_{ij}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ larni aniqlaymiz. Bunda (2)-(3) shartlar bajarilishi kerak. Masalaning ikkinchi bosqichida boshlang'ich reja asosida (1) shartni qanoatlantiruvchi optimal yechim topiladi. Optimal yechimni topishning potentsiallar, taqsimot kabi bir necha usullari mavjud bo'lib, biz potentsiallar usulini qarab chiqamiz. Ushbu usulni qarashdan oldin hisoblash jarayonida ishlatiladigan ayrim tushunchalar bilan tanishamiz. Jadvaldagi ixtiyoriy nuqtalar to'plami nabor deyiladi.

•					
		•		•	•
			•		
	•				
					•

Naborni tashkil qiluvchi nuqtalar har bir qatorda ikkitadan oshib ketmasa, bunday nabor zanjir deyiladi.



Agar zanjir yopiq bo'lsa, u sikl deyiladi.



Agar jadvaldagi 7 ta nuqtalar to'plami sikl tashkil qilmasa, ularga bitta nuqta qo'shish orqali sikl hosil qilsak, bunday 8 ta nuqtalar to'plami atsiklik rejani tashkil qiladi deyiladi.

Agar transport ij masalasida $x_{ij} > 0$ bo'lsa, (i,j) katak belgilangan katak deyiladi. Agar transport masalasida barcha kataklar uchun $v_j - u_i \leq c_{ij}$ (5) shartni, belgilangan kataklar uchun esa $v_j - u_i = c_{ij}$ shartni qanoatlantiruvchi $v_j, j=1,2,\dots,n$ $u_i, i=1,2,\dots,m$ sonlari mavjud bo'lsa, $x_{ij}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ reja optimal bo'ladi. $v_j, j=1,2,\dots,n; u_i, i=1,2,\dots,m$ sonlari esa potentsiallar deyiladi.

Transport masalasini potentsiallar usulida yechish quyidagi tartibda bajariladi:

1) Belgilangan kataklar uchun $v_j - u_i \leq c_{ij}, v_j, j=1,2,\dots,n; u_i, i=1,2,\dots,m$, shartni qanoatlantiruvchi tenglamalar sistemasi tuziladi. Bunda tenglamalar soni o'zgaruvchilar sonidan bitta kam bo'lgani uchun sistema cheksiz ko'p yechimga ega bo'ladi. Sistemaning bitta xususiy yechimini topib, potentsiallarning qiymatini aniqlaymiz;

2) Belgilanmagan kataklar uchun $v_j - u_i \leq c_{ij}$ shartni tekshiramiz. Agar ushbu shart barcha kataklar uchun bajarilsa, optimal yechim topilgan hisoblanadi va $z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$ funktsiya qiymati hisoblanadi;

3) Agar $v_j - u_i \leq c_{ij}$ shart bir nechta kataklar uchun bajarilmasa, Ushbu kataklar uchun $\delta_{ij} = v_j - u_i - c_{ij}$ ayirma hisoblanadi va $\delta_{i_0 j_0} = \max \delta_{ij}$ topiladi;

4) $(i_0 j_0)$ katak belgilangan kataklar qatoriga qo'shiladi va belgilangan kataklardan sikl tuziladi;

5) $(i_0 j_0)$ katakdan boshlab siklni tashkil qiluvchi kataklarga "-" va "+" ishoralari navbat bilan qo'yilib chiqiladi;

6) "-" ishorali kataklar uchun $\theta = \min(x_{ij})$ ni aniqlaymiz;

7) "-" ishorali kataklardan θ ni ayirib, "+" ishorali kataklarga θ ni qo'shamiz;

8) θ joylashgan katakni belgilangan kataklar qatoridan chiqazamiz.

Natijada yangi planni hosil qilamiz va bu plan uchun (1)-(7) amallarni takrorlaymiz. Yuqoridagi hisoblashlar barcha kataklar uchun $v_j - u_i \leq c_{ij}$ shart bajarilib, optimal plan topilguncha davom ettiriladi.

Quyidagi misolni qaraymiz: Transport masalasi quyidagi jadval ko'rinishida berilgan bo'lib, uni potentsiallar usuli bilan yechamiz.

Qabul punktlari Jo'natish punktlari	v_j u_i	1	2	3	4	Yuk zaxiralari
		v_1	v_2	v_3	v_4	
1	u_1	2	4	6	10	90
2	u_2	1	3	7	4	100
3	u_3	4	8	13	7	140
Yukka bo'lgan talab		110	100	80	40	330

Boshlang'ich planni tuzish uchun shimoli-g'arb usulidan foydalanamiz. (1,1) katakka mos zaxira va talabning kichigini $x_{11} = 90$ deb olamiz

Qabul punktlari Jo'natish punktlari	v_j u_i	1	2	3	4	Yuk zaxiralari	
		v_1	v_2	v_3	v_4		
1	u_1	90	-	-	-	90	0
2	u_2	1	3	7	4	100	
3	u_3	4	8	13	7	140	
Yukka bo'lgan talab		110	100	80	40	330	
		20					

Yuqoridagi jadvalga ko'ra 1-jo'natish punktidan 1-qabul punktiga 90 birlik yuk yuboriladi, 1-jo'natish punktida boshqa yuk qolmaydi, shuning uchun 1-jo'natish punktidan boshqa qabul punktlariga yuk tashilmaydi, 1- qabul punktiga yana 30 birlik yuk keltirish kerak. (2,1) katakka o'tib, shu katakka mos talab va zaxiralarning kichigini $x_{21} = 20$ deb olamiz.

Qabul punktlari Jo'natish punktlari	v_j u_i	1	2	3	4	Yuk zaxiralari	
		v_1	v_2	v_3	v_4		
1	u_1	90	-	-	-	90	0
2	u_2	20	1	3	7	100	80
3	u_3	-	4	8	13	140	
Yukka bo'lgan talab		110	100	80	40	330	
		20					
		0					

(2,3) katakka o'tib, yuqoridagi qoida bo'yicha $x_{22} = 80$ ni aniqlaymiz.

Qabul punktlari	Jo'natish punktlari	v_j	1	2	3	4	Yuk Zaxiralari		
			v_1	v_2	v_3	v_4			
1	u_1		90 ²	- ⁴	- ⁶	- ¹⁰	90	0	
2	u_2		20 ¹	80 ³	- ⁷	- ⁴	100	80	0
3	u_3		- ⁴	- ⁸	13	7	140		
Yukka bo'lgan talab			110	100	80	40	330		
			20	20					
			0						

Hisoblashlarni shu tariqa davom ettiramiz va oxirigi jadval quyidagi ko'rinishga keladi:

Qabul punktlari	Jo'natish punktlari	v_j	1	2	3	4	Yuk zaxiralari		
			v_1	v_2	v_3	v_4			
1	u_1		90 ²	- ⁴	- ⁶	- ¹⁰	90	0	
2	u_2		20 ¹	80 ³	- ⁷	- ⁴	100	80	0
3	u_3		- ⁴	20 ⁸	13	7	140	120	
Yukka bo'lgan talab			110	100	80	40	330		
			20	20					
			0	0					

Qabul punkt-lari Jo'natish punkt-lari		1	2	3	4	Yuk zaxiralari
	v_j u_i	v_1	v_2	v_3	v_4	
1	u_1	² 90	⁴ -	⁶ -	¹⁰ -	90
2	u_2	¹ 20	³ 80	⁷ -	⁴ -	100
3	u_3	⁴ -	⁸ 20	¹³ 80	⁷	140
Yukka bo'lgan talab		110	100	80	40	330
		20	20	0		
		0	0			

Qabul punkt-lari Jo'natish Punkt-lari	v_j u_i	1	2	3	n	Yuk zaxiralari			
		v_1	v_2	v_3	v_4				
1	u_1	² 90	⁴ -	⁶ -	¹⁰ -	90	0		
2	u_2	¹ 20	³ 80	⁷ -	⁴ -	100	80	0	
3	u_3	⁴ -	⁸ 20	¹³ 80	⁷ 40	140	120	40	0
Yukka bo'lgan talab		110	100	80	40	330			
		20	20	0	0				
		0	0						

Shu tariqa boshlang'ich planni hosil qildik:

$x_{11} = 90, x_{21} = 20, x_{22} = 80, x_{32} = 20, x_{33} = 80, x_{34} = 40, x_{12} = x_{13} = x_{14} = x_{23} = x_{24} = x_{31} = 0$
 $z = 90 \cdot 2 + 20 \cdot 1 + 80 \cdot 3 + 20 \cdot 8 + 80 \cdot 13 + 40 \cdot 7 = 180 + 20 + 240 + 160 + 1040 + 280 = 1920$. Masalaning optimal yechimini topish uchun oxirgi jadvalni quyidagi ko'rinishda ifodalaymiz:

$v_j \backslash u_i$	v_1	v_2	v_3	v_4	
u_1	² 90	⁴ -	⁶ -	¹⁰ -	90
u_2	¹ 20	³ 80	⁷ -	⁴ -	100
u_3	⁴ -	⁸ 20	¹³ 80	⁷ 40	140
	110	100	80	40	

Belgilangan kataklar uchun $v_j - u_i = c_{ij}$, $v_j, j=1,2,3,4$ $u_i, i=1,2,3$ shart bo'yicha tenglamalar sistemasini tuzamiz: $v_1 - u_1 = 2$; $v_1 - u_2 = 1$; $v_2 - u_2 = 3$; $v_2 - u_3 = 8$; $v_3 - u_3 = 13$ $v_4 - u_3 = 7$; Tenglamalar sistemasidagi noma'lumlar 7 ta, tenglamalar esa 6 ta bo'lgani uchun sistema cheksiz ko'p yechimga ega. Xususi yechimni topish uchun o'zgaruvchilardan biriga ixtiyoriy qiymat beramiz, masalan $u_1 = 0$ bo'lsin. U holda $v_1 = 2$, $u_2 = 1$, $v_2 = 4$, $u_3 = -4$, $v_3 = 9$, $v_4 = 3$ kelib chiqadi. Potentsiallarning qiymatlarini jadvalga qo'yamiz:

$v_j \backslash u_i$	$v_1=2$	$v_2=4$	$v_3=9$	$v_4=3$	
$u_1=0$	2 90	4	6	10	90
$u_2=1$	1 20	3 80	7	4	100
$u_3=-4$	4	8 20	13 80	7 40	140
	110	100	80	40	

Belgilanmagan kataklar uchun $v_j - u_i \leq c_{ij}$ shartni tekshiramiz:

$$v_2 - u_1 = 4 - 0 = 4 = c_{12};$$

$$v_4 - u_1 = 3 - 0 = 3 < 10 = c_{14};$$

$$v_4 - u_2 = 3 - 1 = 2 < 4 = c_{24};$$

$$v_3 - u_1 = 9 - 0 = 9 > 6 = c_{13}$$

$$v_3 - u_2 = 9 - 1 = 8 > 7 = c_{12}$$

$$v_1 - u_3 = 2 - (-4) = 6 > 4 = c_{31}$$

1 Uchta (1,3), (2,3), (3,1) kataklar uchun $v_j - u_i \leq c_{ij}$ shart bajarilmaydi. Ushbu kataklar uchun $\delta_{ij} = v_j - u_i - c_{ij}$ larni hisoblaymiz:

$$\delta_{13} = v_3 - u_1 - c_{13} = 9 - 6 = 3;$$

$$\delta_{23} = v_3 - u_2 - c_{23} = 8 - 7 = 1;$$

$$\delta_{31} = v_1 - u_3 - c_{31} = 6 - 4 = 2;$$

δ larning eng kattasini topamiz. Bu $\delta_{13}=3$ bo'lib, unga mos katakni belgilangan kataklar qatoriga qo'shib, belgilangan kataklar yordamida sikl tuzamiz. Siklni tashkil etuvchi kataklarga (1,3) katakdan boshlab "+" va "-" ishoralarini navbat bilan qo'yib chiqamiz:

$u_i \backslash v_j$	$v_1=2$	$v_2=4$	$v_3=9$	$v_4=3$	
$u_1=0$	- 2 90	- 4 0	6	10	90
$u_2=1$	+ 1 20	+ 3 80	7	4	100
$u_3=-4$	4	+ 8 20	13 80	7 40	140
	110	100	80	40	

"-" ishorali kataklar uchun $\theta = \min x_{ij} = \min \{90, 80, 80\}$ ni topamiz. Ushbu shartni qanoatlantiruvchi kataklar ikkita (2,2) va (3,3) kataklari bo'lib, ulardan birini, masalan (3,3) katakni tanlaymiz.

$u_i \backslash v_j$	$v_1=2$	$v_2=4$	$v_3=9$	$v_4=3$	
$u_1=0$	- 2 90	- 4 0	6	10	90
$u_2=1$	+ 1 20	+ 3 80	7	4	100
$u_3=-4$	4	+ 8 20	13 80= θ	7 40	140
	110	100	80	40	

θ ni "+" ishorali kataklarga qo'shib, "-" ishorali kataklardan ayiramiz va θ joylashgan (3,3) katakni belgilangan kataklar qatoridan chiqarib tashlaymiz. Natijada quyidagi jadvalni hosil qilamiz.

$v_j \backslash u_i$	$v_1=$	$v_2=$	$v_3=$	$v_4=$	zaxira
$u_1=$	2 10	4	6 80	10	90
$u_2=$	1 100	3 0	7	4	100
$u_3=$	4	8 100	13	7 40	140
talab	110	100	80	40	

Hosil bo'lgan yangi planda belgilangan kataklar uchun $v_j - u_i = c_{ij}$ shart orqali yuqoridagi usul bilan tenglamalar sistemasi tuzib $u_1 = 0$ deb olib, qolgan potentsiallarni aniqlaymiz: $v_1 - u_1 = 2 - 0 = 2$; $v_3 - u_1 = 6 - 0 = 6$; $v_1 - u_2 = 2 - 1 = 1$; $v_2 - u_3 = 4 - (-4) = 8$; $v_4 - u_3 = 3 - (-4) = 7$;

$v_j \backslash u_i$	$v_1=2$	$v_2=4$	$v_3=6$	$v_4=3$	Zaxira
$u_1=0$	2 10	4	6 80	10	90
$u_2=1$	1 100	3 0	7	4	100
$u_3=-4$	4	8 100	13	7 40	140

Belgilanmagan kataklar uchun $v_j - u_i \leq c_{ij}$ optimallik shartini tekshiramiz:

$$\begin{aligned}
 v_2 - u_1 &= 4 - 0 = 4 = c_{12}; & v_3 - u_3 &= 6 - (-4) = 10 < 13 = c_{33} \\
 v_4 - u_1 &= 3 - 0 = 3 < 10 = c_{14}; & v_3 - u_2 &= 6 - 1 = 6 < 7 = c_{23} \\
 v_4 - u_2 &= 3 - 1 = 2 < 4 = c_{24}; & v_1 - u_3 &= 2 - (-4) = 6 > 4 = c_{31}
 \end{aligned}$$

Bitta (3,1) katakda optimallik sharti bajarilmaganligi uchun, bu katakni belgilangan kataklar qatoriga qo'shib, yuqoridagi usul bilan sikl tuzamiz. Siklni ishorlab, "-" ishorali kataklar uchun θ ni aniqlaymiz. "-" ishorali kataklardagi sonlar bir xil 100 bo'lganligi uchun ulardan birini, masalan (3,2) katakni tanlaymiz. Natijada quyidagi jadvalni hosil qilamiz:

$v_j \backslash u_i$	$v_1=$	$v_2=$	$v_3=$	$v_4=$	zaxira
$u_1=$	2 10	4 80	6 10	90	
$u_2=$	- 1 100	+ 3 0	7 4	100	
$u_3=$	+ 4 0	- 8 100=θ	13 40	7 140	

θ ni "-" ishorali kataklardan ayirib, "+" ishorali kataklarga qo'shamiz. (3.2) katakni belgilangan kataklar qatoridan chiqarib tashlab, yangi reja uchun potentsiallarni yuqoridagi usul bilan aniqlaymiz. Natijada quyidagi jadvalni hosil qilamiz:

$v_j \backslash u_i$	$v_1=2$	$v_2=4$	$v_3=6$	$v_4=5$	Zaxira
$u_1=0$	2 10	4 80	6 10	10 90	
$u_2=1$	1 0	3 100	7 4	4 100	
$u_3=-2$	4 100	8 40	13 7	7 140	
talab	110	100	80	40	

Yuqoridagi jadvaldagi rejada barcha kataklar uchun $v_j - u_i \leq c_{ij}$ potentsiallik sharti bajariladi. Demak, masalaning optimal yechimi topildi va u quyidagicha bo'ladi:

$x_{11}=10, x_{13}=80, x_{22}=100, x_{31}=100, x_{34}=40, x_{12}=40, x_{12}=x_{14}=x_{21}=x_{23}=x_{24}=x_{31}=x_{33}=0$
 $z = 10 \cdot 2 + 80 \cdot 6 + 100 \cdot 3 + 100 \cdot 4 + 40 \cdot 7 = 20 + 480 + 300 + 400 + 280 = 1480.$

XULOSA

Transport masalasi – bu iqtisodiy va texnologik qarorlar qabul qilishda muhim ahamiyatga ega bo'lgan klassik optimallashtirish masalalaridan biridir. Ushbu maqola da transport masalasining nazariy asoslari, yechish usullari va amaliy ahamiyati tahlil qilindi. Jumladan, xarajatlarni minimallashtirish maqsadida optimal yuk taqsimotini aniqlash, boshlang'ich asosiy reja tuzish va uni takomillashtirish usullari (Shimol-G'arb

burchagi usuli, eng arzon xarajat usuli va potentsiallar usuli) ko‘rib chiqildi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, transport masalasini yechish orqali korxona yoki tashkilotlar o‘zlarining logistika xarajatlarini kamaytirishi, resurslardan samarali foydalanishi va tashish jarayonini optimallashtirishi mumkin. Bu esa iqtisodiy samaradorlikni oshirishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi. Kelgusida bu sohada raqamli texnologiyalarni qo‘llash, sun‘iy intellekt asosidagi algoritmlarni tadbqiq etish orqali yanada aniq va samarali yechimlarga erishish mumkinligi aniqlanmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov A.A., Turg‘unov A.X. *Jarayonlar tadqiqoti*. – Toshkent: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2018.
2. Raximov A.R. *Transport masalalari va ularni optimallashtirish usullari*. – Toshkent: O‘zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2020.
3. Taha H.A. *Operations Research: An Introduction*. – 10th ed. – Pearson Education, 2017.
4. Hillier F.S., Lieberman G.J. *Introduction to Operations Research*. – 9th ed. – McGraw-Hill Education, 2010.
5. Yuldashev N.N., Ibragimov I.I. *Matematik modellashtirish va optimallashtirish*. – Toshkent: “Iqtisodiyot” nashriyoti, 2019.
6. Xusanov O.M. *Jarayonlar tadqiqoti asoslari: nazariya va amaliyot*. – Toshkent: “Fan”, 2021.
7. www.sciencedirect.com – Transport va logistika masalalariga oid ilmiy maqolalar.