



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEXANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



Axborot texnologiyalari va
FAN: jarayonlarni matematik
modellashtirish

7-
mavzu

Transport masalasi.



Reja:

1. Transport masalasining qo`yilishi.
2. Transport masalasining boshlang`ich yechimini topish.
3. Transport masalasining optimal yechimini topish.

1. Transport masalasining qo`yilishi.

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:

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

Yuqoridagi masala jadval ko'rinishida quyidagicha ifodalanadi:

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

(4) munosabat bajarilsa, transport masalasi yopiq masala deyiladi va masalani yechishga kirishish mumkin. Agar (4) shart bajarilmasa, masala ochiq deyiladi. Ochiq masalani yechish uchun u yopiq masalagi keltiriladi. Masalan,

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

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: $c_{1,n+1} = c_{2,n+1} = \dots = c_{m,n+1} = 0$. Natijada quyidagi yopiq masalani hosil qilamiz.

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

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

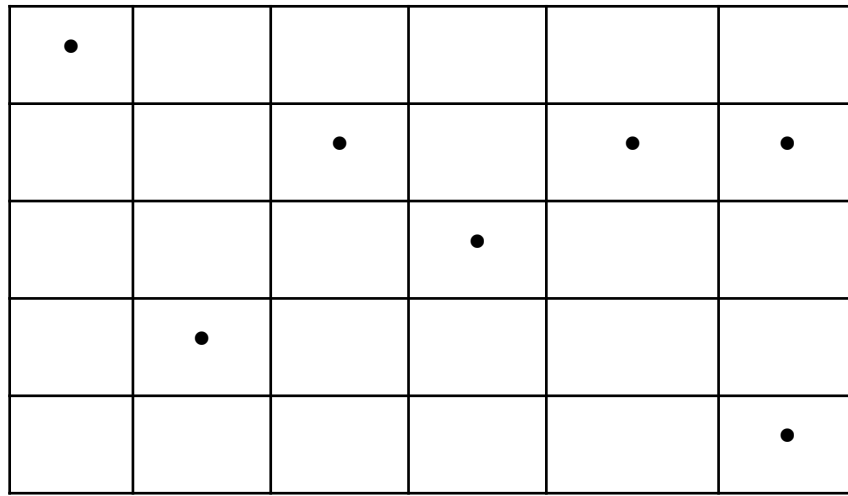
Xisoblashlarni 1-jadval bo'yicha davom ettirib, (2,1) katakka o'tamiz. $x_{21} = \min(a_1, b_1^1) = b_1^1$ bo'lsin. Jadvalni yuqoridagi usul bilan to'ldirib, quyidagini hosil qilamiz:

Qabul punktlari Jo'natish punktlari	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					
	b_1^2					

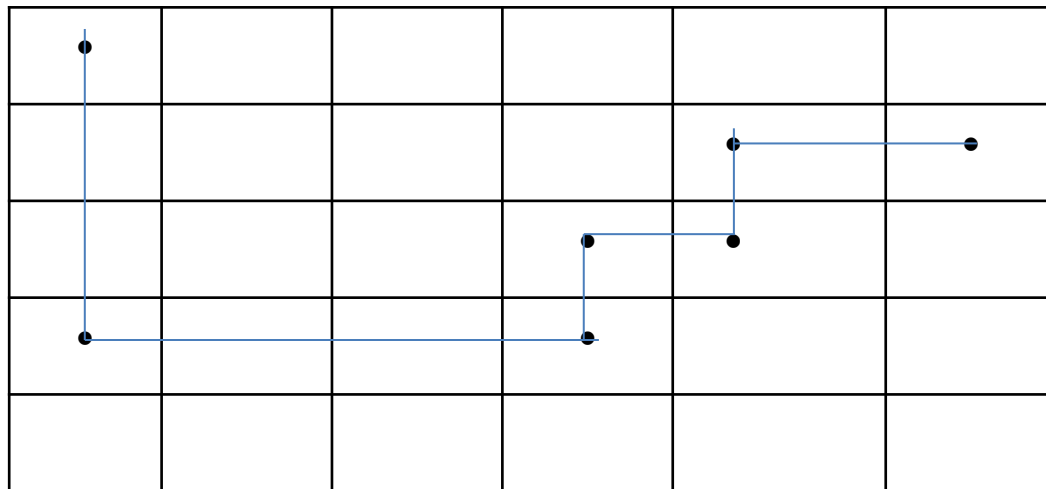
Shu tariqa hisoblashlarni jadvalning quyi o'ng bo'rchagigacha davom ettirib, jadvadagi barcha $x_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ larni aniqlaymiz.

Bunda (2)-(3) shartlar bajarilishi kerak.

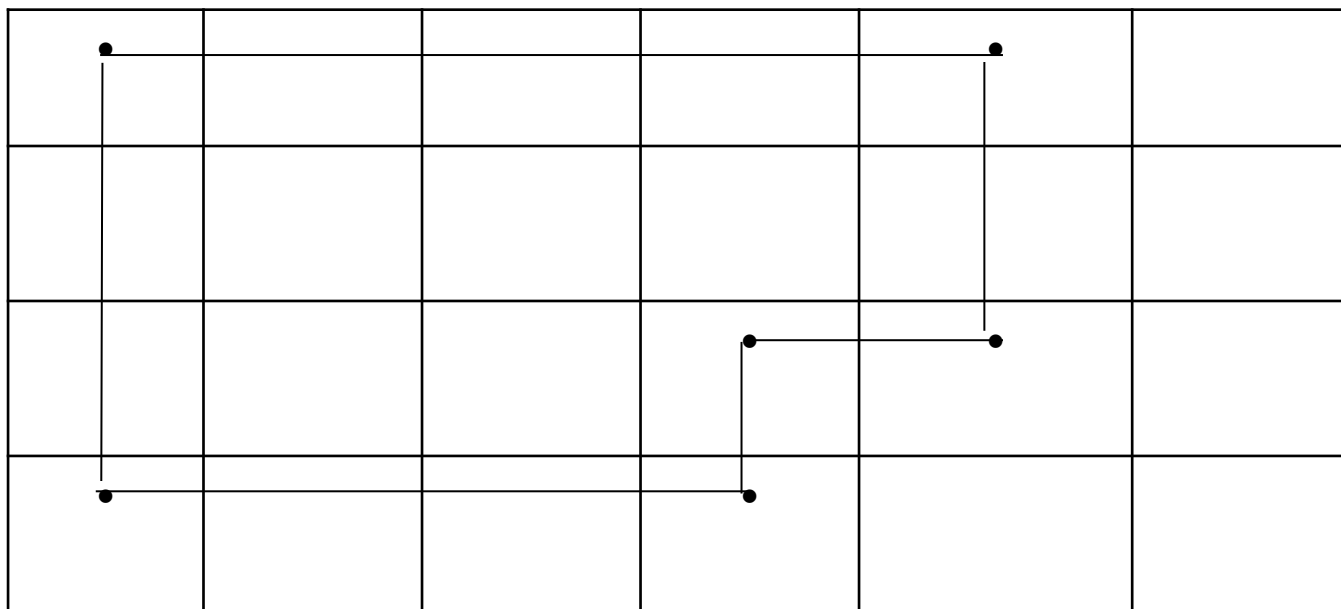
Masalaning ikkinchi bosqichida boshlang'ich reja asosida (1) shartni qanoatlantiruvchi optimal yechim topiladi. Optimal yechimni topishning potentsiallar, taqsimot kabi bir necha usullari mavjud bo'lib, biz potentsiallar usulini qarab chiqamiz. Ushbu usulni qarashdan oldin hisoblash jarayonida ishlatiladigan 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 ta nuqtalar to'plami sikl tashkil qilmasa, ularga bitta nuqta qo'shish orqali sikl hosil qilsak, bunday ta nuqtalar to'plami atsiklik rejani tashkil qiladi deyiladi.

Agar transport 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 $v_j - u_i = c_{ij}, v_j, j = 1, 2, \dots, n; u_i, i = 1, 2, \dots, m$, 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, potentsiallarining 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 $\delta_{i_0 j_0} = \max_{i,j} \delta_{ij}$ 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 plani 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	v_j	1	2	3	4	Yuk zaxiralari
		v_1	v_2	v_3	v_4	
Jo'natish punktlari	u_i					
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.

Jo'natish punktlari	Qabul punktlari	1	2	3	4	Yuk zaxiralari	0
	v_j	v_1	v_2	v_3	v_4		
	u_i						
1	u_1	90	-	-	-	90	
2	u_2					100	
3	u_3					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.

Jo'natish punktlari \ Qabul punktlari		Qabul punktlari				Yuk zaxiralari	
		1	2	3	4		
Jo'natish punktlari	v_j	v_1	v_2	v_3	v_4		
	u_i						
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						Yuk Zaxiralari		
		1	2	3	4			
Jo'natish punktlari	u_i	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'inishga keladi:

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

Qabul punktlari Jo'natish Punktlari		1	2	3	n	Yuk zaxiralari			
	v_j u_i	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:

$$\begin{aligned} v_1 - u_1 &= 2; v_1 - u_2 = 1; v_2 - u_2 = 3; v_2 - u_3 \\ &= 8; v_3 - u_3 = 13; v_4 - u_3 = 7; \end{aligned}$$

Tenglamalar sistemasidagi noma'lumlar 7 ta,
tenglamalar esa 6 ta bo'lgani uchun sistema
cheksiz ko'p yechimga ega. Xususiy 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:

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

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

$$\begin{aligned}v_2 - u_1 &= 4 - 0 = 4 = c_{12}; & v_3 - u_1 &= 9 - 0 = 9 > 6 = c_{13} \\v_4 - u_1 &= 3 - 0 = 3 < 10 = c_{14}; & v_3 - u_2 &= 9 - 1 = 8 > 7 = c_{12} \\v_4 - u_2 &= 3 - 1 = 2 < 4 = c_{24}; & v_1 - u_3 &= 2 - (-4) = 6 > 4 = c_{31}\end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}\delta_{13} &= v_3 - u_1 - c_{13} = 9 - 6 = 3; \\ \delta_{23} &= v_3 - u_2 - c_{23} = 8 - 7 = 1; \\ \delta_{31} &= v_1 - u_3 - c_{31} = 6 - 4 = 2;\end{aligned}$$

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:

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

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

Diagram details: A dashed line path starts at (1,1) with a '-' sign, goes right to (1,2) with a '2', down to (2,2) with a '+', right to (2,3) with a '3', down to (3,3) with a '-', and right to (3,4) with a '+'. Another dashed line path starts at (2,2) with a '+', goes right to (2,3) with a '3', down to (3,3) with a '-', and right to (3,4) with a '+'. The value 80 at (3,3) is marked as θ .

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.

$u_i \backslash v_j$	$v_1=$	$v_2=$	$v_3=$	$v_4=$	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:

$$v_1 - u_1 = 2 - 0 = 2; \quad v_3 - u_1 = 6 - 0 = 6; \quad v_1 - u_2 = 2 - 1 = 1;$$

$$v_2 - u_3 = 4 - (-4) = 8; \quad v_4 - u_3 = 3 - (-4) = 7;$$

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

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 ishoralab, "-" 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	6 80	10	90
$u_2=$	- 1 100	+ 3 0	7	4	100
$u_3=$	+ 4 0	- 8 100= θ	13 40	7	140
$u_4=$	110	100	80	40	

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:

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

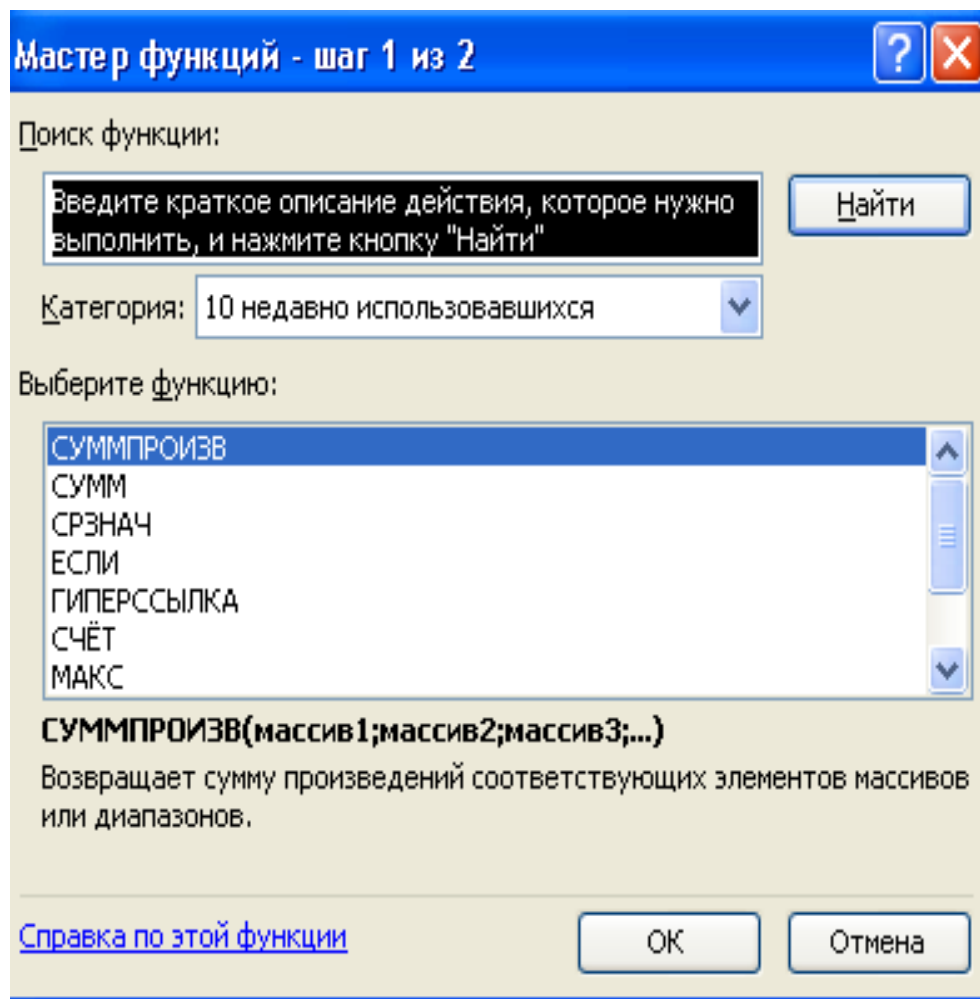
$$x_{11}=10, x_{13}=80, x_{22}=100, x_{31}=100, x_{34}=40, x_{12}=x_{14}=x_{21}=x_{23}=x_{24}=x_{31}=x_{33}=0, z = 10 \cdot 2 + 80 \cdot 6 + 100 \cdot 3 + 100 \cdot 4 + 40 \cdot 7 = 20 + 480 + 300 + 400 + 280 = 1480.$$

Masalani Excel dasturi yordamida yechamiz.

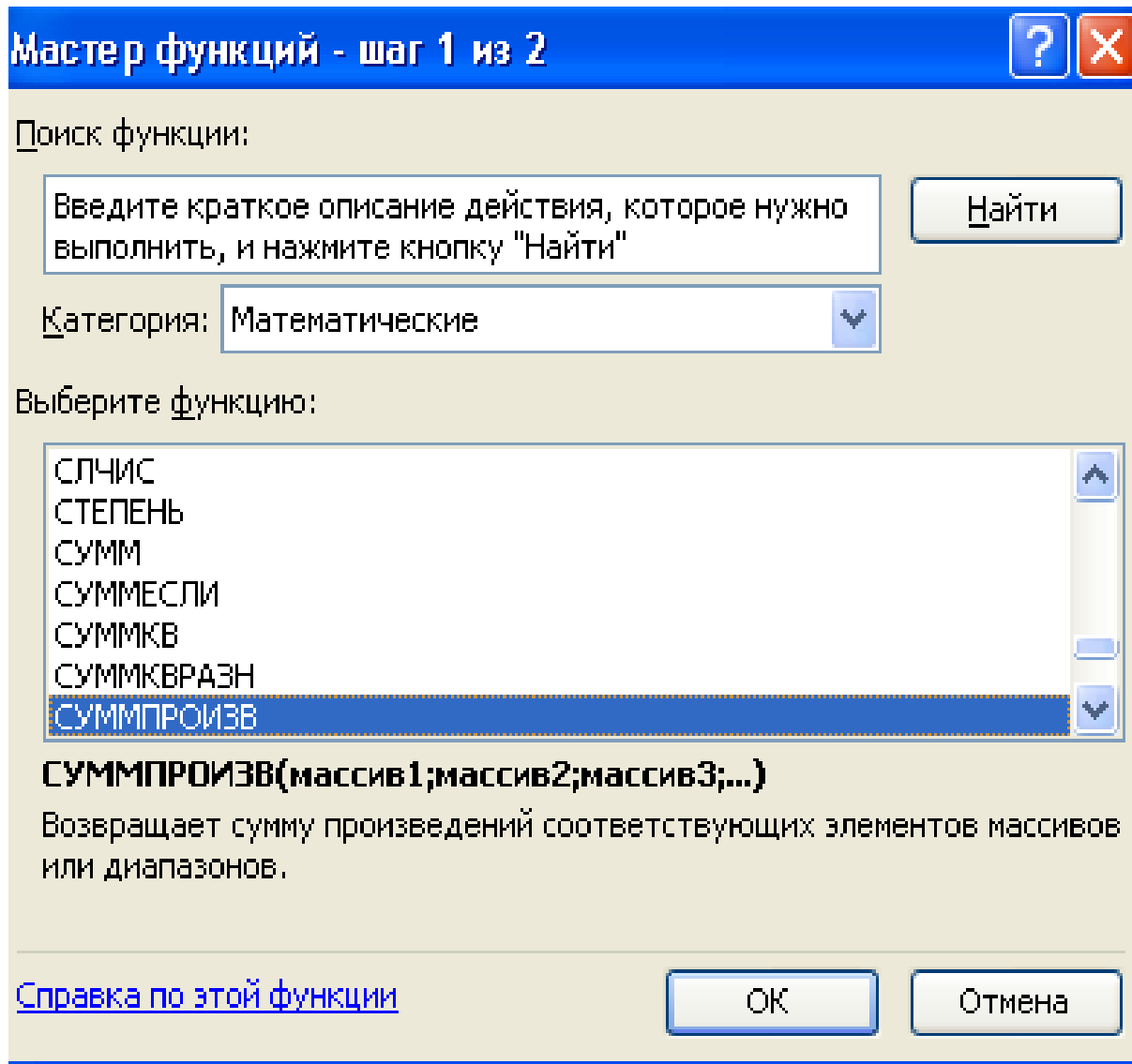
Buning uchun birlik yklarni tashish xarajatlarini A2:D4 diapazoniga, jo'natish punktlaridagi yuk zaxiralarini G7:G9 diapazoniga? Qaqbul punktlaridagi yukka bo'lgan talabni A12:D12 diapazoniga kiritamiz. Tasiladigan yuklarning boshlang'ich qiymatlarini 0 deb olamiz va ularni A7:D9 diapazoniga kiritamiz. (2) va (3) shartlarning bajarilishini tekshirish uchun E7:E9, A10:D10 diapazonlarini bo'sh qoldiramiz. Natijada jadval quyidagi ko'rinishni oladi:

	A	B	C	D	E	F	G
1	Birlik yuk tashish xarajatlari						
2	2	4	6	10			
3	1	3	7	4			
4	4	8	13	7			
5							
6	Tashiladigan yuk xajmlari						Yuk zaxirasi
7	0	0	0	0		=	90
8	0	0	0	0		=	100
9	0	0	0	0		=	140
10							
11	=	=	=	=			
12	110	100	80	40	Yukka talab		
13							
14	Umumiy yuk tashish xarajati z=						
15							


E7, E8, E9, A10,B10,C10,D10 kataklariga mos ravishda A7:D7,A8:D8, A9:D9, A7:A9, B7:B9, C7:C9, D7:D9 diapazonlariga yuk xajmlari yig'indilarini Σ tugmasi yordamida xisoblaymiz. So'ngra kursorni D14 katagiga o'rnatib, f_x tugmasini bosamiz. Natijada quyidagi muloqot oynasi hosil bo'ladi:




Hosil bo'lgan muloqot oynasida «Категория» bo'limida «Математическое» punktini tanlaymiz, so'ng «Выберите функцию» bo'limida «Суммпроизв» funktsiyasini tanlaymiz:





So'ngra «OK» tugmasini bosamiz. Natijada quyidagi muloqot oynasi hosil bo'ladi:

Аргументы функции 

СУММПРОИЗВ

Массив1  = МАССИВ

Массив2  = МАССИВ

Массив3  = МАССИВ

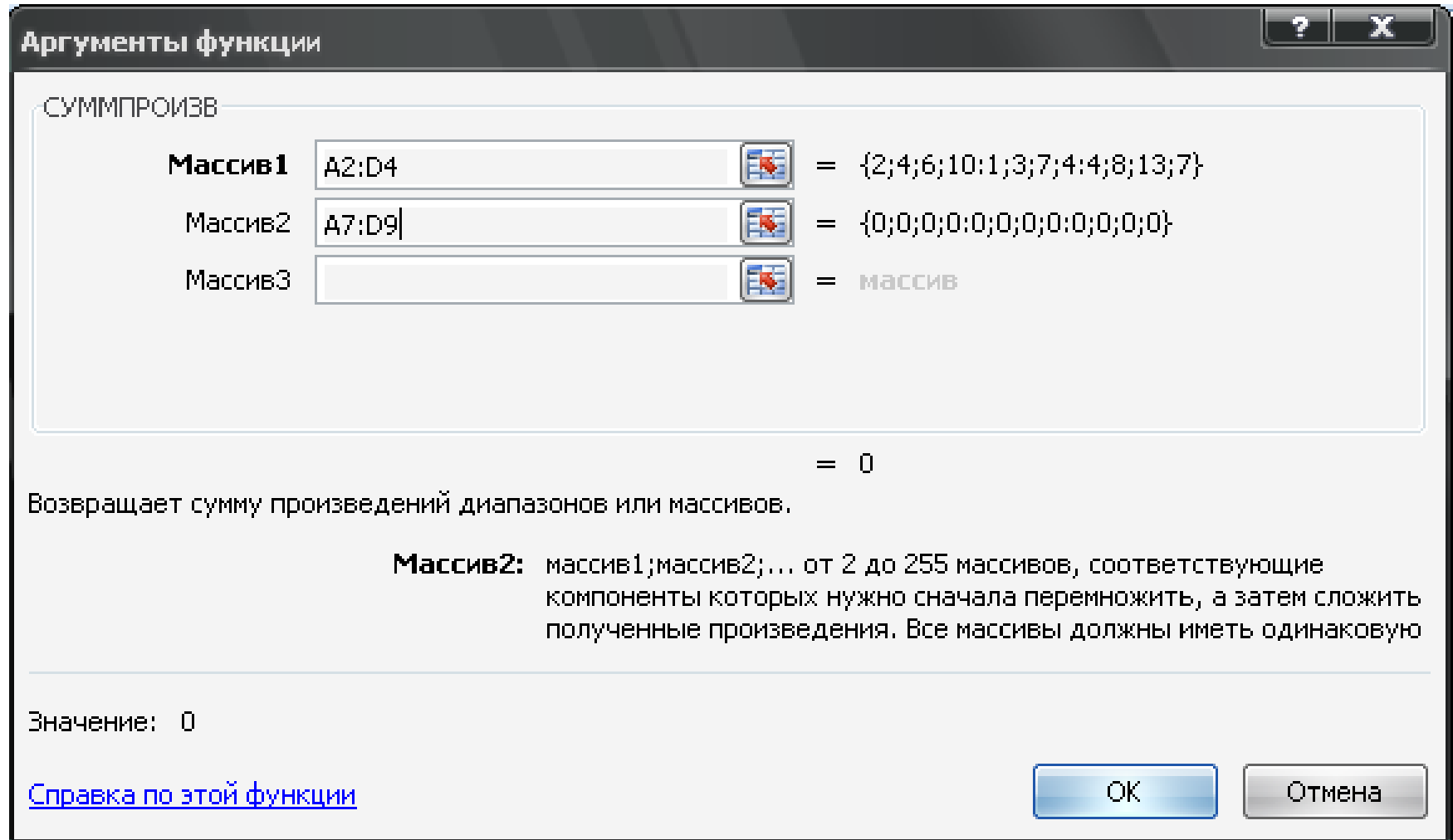
=

Возвращает сумму произведений соответствующих элементов массивов или диапазонов.

Массив2: массив1;массив2;... от 2 до 30 массивов, чьи компоненты нужно перемножить, а затем сложить полученные произведения. Все массивы должны иметь одну и ту же размерность.

[Справка по этой функции](#) Значение:

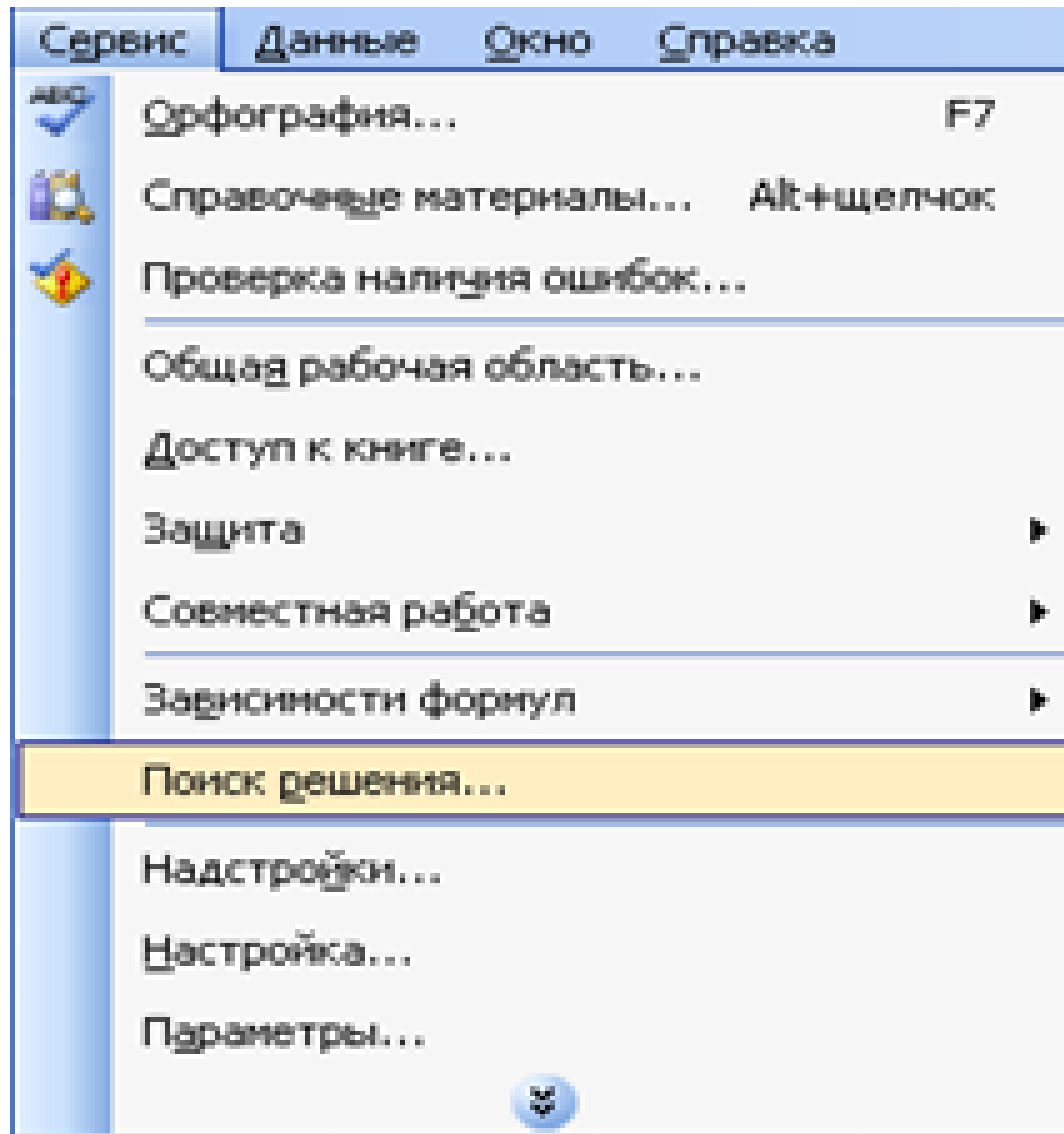
Hosil bo'lgan navbatdagi muloqot oynasida «Массив 1» darchasidagi tugmachani bosib, A2:D4 diapazonidagi ma'lumotlarni, «Массив 2» darchasidagi tugmachani bosib, A7:D9 diapazonidagi ma'lumotlarni kiritamiz:



So'ngra «OK» tugmasini bosamiz. Natijada jadval quyidagi ko'rinishga keladi:


	A	B	C	D	E	F	G
1	Birlik yuk tashish xarajatlari						
2	2	4	6	10			
3	1	3	7	4			
4	4	8	13	7			
5							
6	Tashiladigan yuk xajmlari						Yuk zaxirasi
7	0	0	0	0	0 =		90
8	0	0	0	0	0 =		100
9	0	0	0	0	0 =		140
10	0	0	0	0			
11	=	=	=	=			
12	110	100	80	40	Yukka talab		
13							
14	Umumiy yuk tashish xarajati z=				0		

Kursorni maqsad funktsiyasi joylashgan D14 katakka o'rnatib, «Сервис-Поиск решения» buyrug'ini beramiz.




Natijada quyidagi «Поиск решения» muloqot oynasi hosil bo'ladi.

Поиск решения ✕

Установить целевую ячейку: 

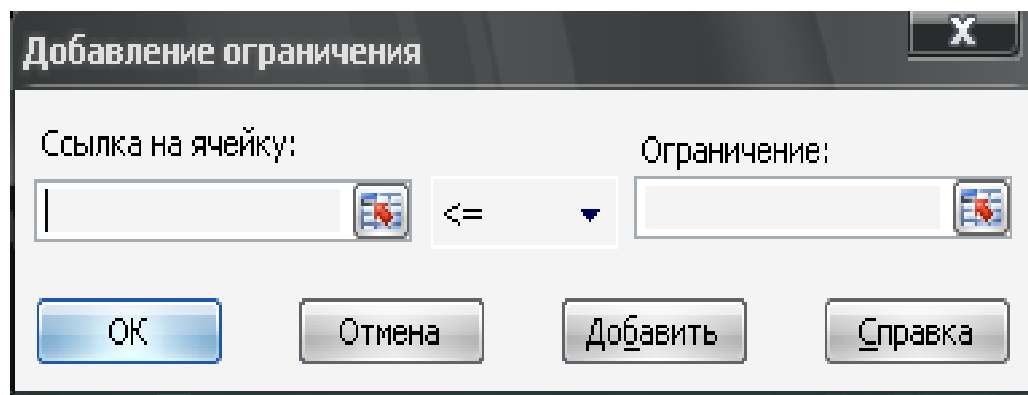
Равной: максимальному значению значению:

минимальному значению

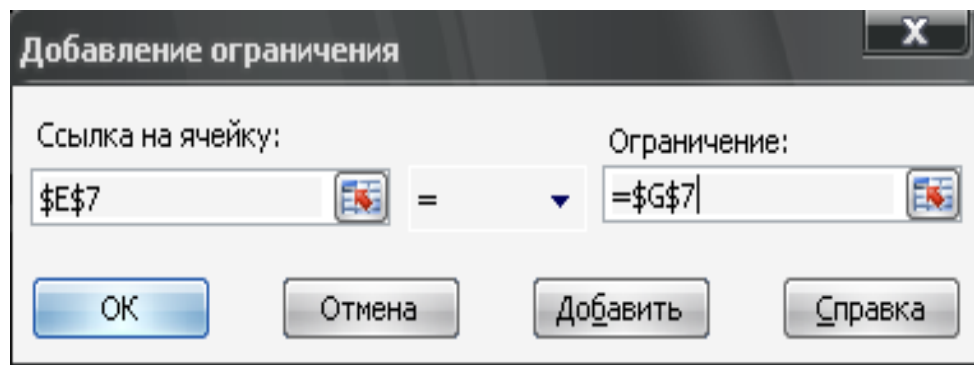
Изменяя ячейки: 

Ограничения:

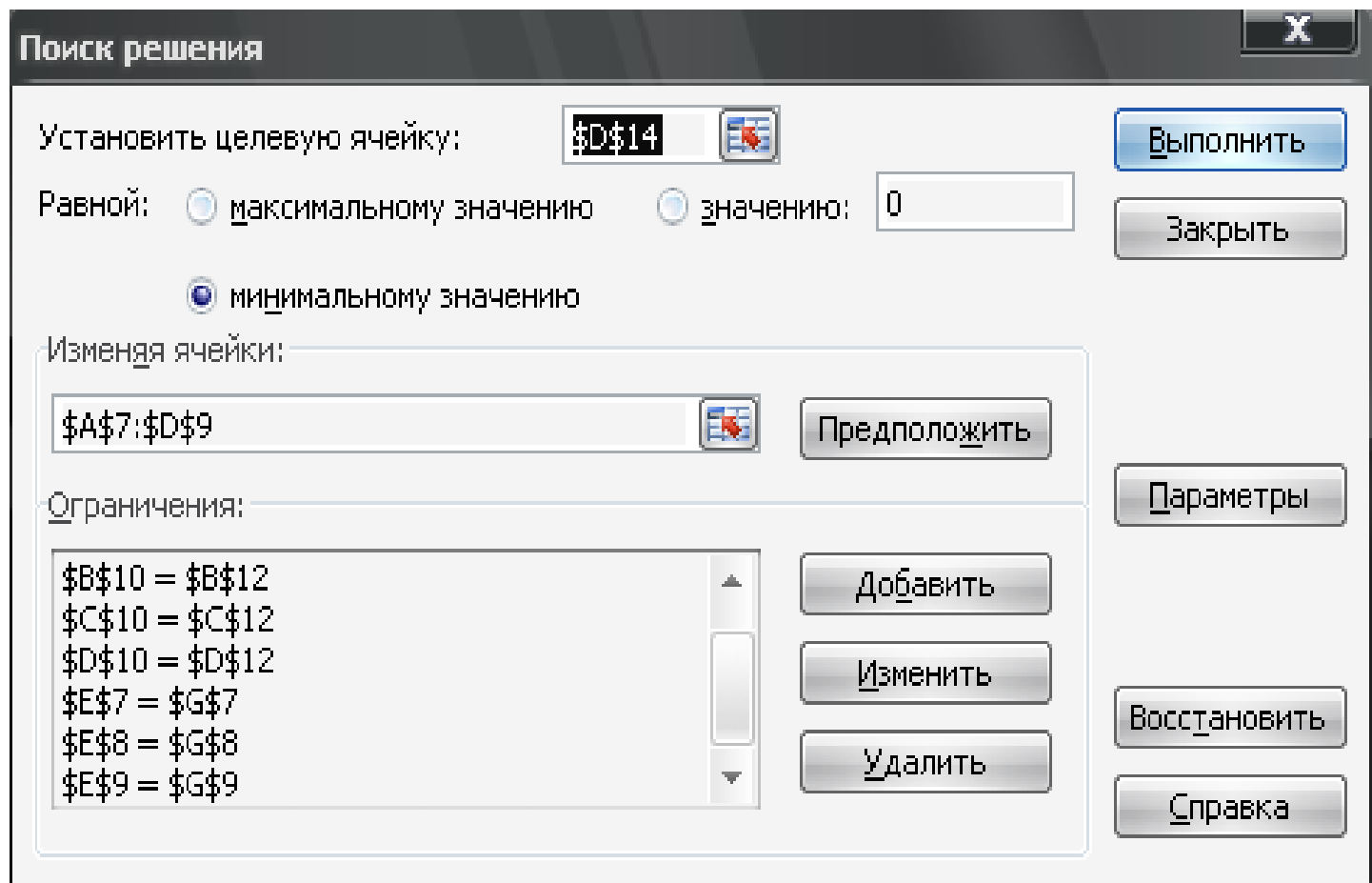
Hosil bo'lgan muloqot oynasida «Установить целевую ячейку» darchasiga D14 katagi nomini o'rnatib “минимальному значению” parametrini belgilaymiz, «Изменяя ячейки» darchasiga A7:D9 diapazonini kiritamiz. «Ограничения» darchasiga o'tib «Добавить» tugmasini bosib, quyidagi oynani hosil qilamiz:




Hosil bo'lgan muloqot oynasida «Ссылка на ячейки» darchasiga E7 ni kiritamiz, tenglikni o'rnatamiz, «Ограничения» darchasiga G7 ni kiritib, quyidagini hosil qilamiz:



“Добавить” tugmasini bosamiz. E8:G9, A10:D12 diapazonlaridagi qolgan munosabatlarni ham shu tariqa belgilab chiqamiz. Oxirgi munosabatni kiritgandan keyin «OK» tugmasini bosamiz. Natijada «Поиск решения» muloqot oynasiga qaytamiz:



«Параметры» tugmasini bosamiz. Natijada quyidagi muloqot oynasi hosil bo'ladi:

Параметры поиска решения 

Максимальное время:	<input type="text" value="100"/>	секунд	<input type="button" value="ОК"/>
Предельное число итераций:	<input type="text" value="100"/>		<input type="button" value="Отмена"/>
Относительная погрешность:	<input type="text" value="0,000001"/>		<input type="button" value="Загрузить модель..."/>
Допустимое отклонение:	<input type="text" value="5"/>	%	<input type="button" value="Сохранить модель..."/>
Сходимость:	<input type="text" value="0,0001"/>		<input type="button" value="Справка"/>

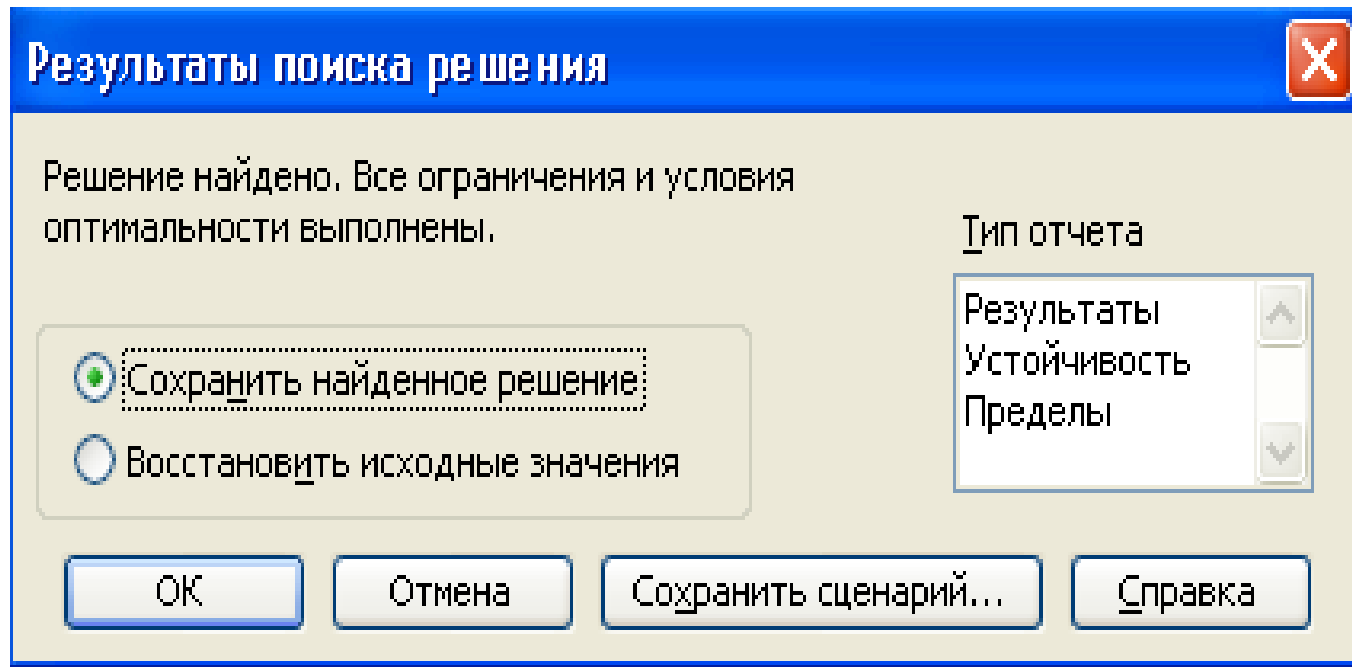
Линейная модель Автоматическое масштабирование

Неотрицательные значения Показывать результаты итераций

Оценки **Разности** **Метод поиска**

<input checked="" type="radio"/> линейная	<input checked="" type="radio"/> прямые	<input checked="" type="radio"/> Ньютона
<input type="radio"/> квадратичная	<input type="radio"/> центральные	<input type="radio"/> сопряженных градиентов

Oynadagi «Неотрицательное значение» parametrini belgilaymiz va «OK» tugmasini bosib, «Поиск решения» muloqot oynasiga qaytamiz va «Выполнить» tugmasini bosamiz. Natijada quyidagi oynaga o'tamiz:



«OK» tugmasini bosamiz. Natijada yechim quyidagi ko'rinishga keladi:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	birlik yuk tashish xarajatlari							
2	2	4	6	10				
3	1	3	7	4				
4	4	8	13	7				
5								
6	Tashiladigan yuk xajmlari						Yuk zaxirasi	
7	10	0	80	0	90 =		90	
8	0	100	0	0	100 =		100	
9	100	0	0	40	140 =		140	
10	110	100	80	40				
11	=	=	=	=				
12	110	100	80	40	Yukka talab			
13								
14	Umumiy yuk tashish xarajati z=			1480				
15								

Rasmdan ko'rinib turibdiki, barcha cheklanishlar bajariladi va yechim quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$x_{11}=10, x_{13}=80, x_{22}=100, x_{31}=100, x_{34}=40, x_{12}=x_{14}=x_{21}=x_{23}=x_{24}=x_{31}=x_{33}=0,$$

$$z = 10 \cdot 2 + 80 \cdot 6 + 100 \cdot 3 + 100 \cdot 4 + 40 \cdot 7 = 20 + 480 + 300 + 400 + 280 = 1480.$$