



TURISTIK KOMPANIYALAR UCHUN XARAJATLARNI MINIMALLASHTIRISHDA MATEMATIK DASTURLASH USULLARI

Mamatova Zilolaxon Xabibulloxonovna

Farg'ona davlat universiteti dotsent, pedagogika
fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

E-mail: mamatova.zilolakhon@gmail.com

ORCID ID 0009-0009-9247-3510

Abdumalikov Axmadali Abdulhamid o'g'li

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

E-mail: axmadali.of@gmail.com

Jo'rayev Ahliddin Ravshanjon o'g'li

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

E-mail: tdaxshat@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15305075>

Anotatsiya: Mazkur ilmiy tadqiqotda turistik kompaniyalar faoliyatida xarajatlarni minimallashtirish muammosi matematik dasturlash usullari yordamida hal etilishi ko'rib chiqiladi. Xususan, bu maqolada turistik xizmatlarning transport tizimiga taalluqli xarajatlarni optimallashtirishda Transportation Problem (TP) modelidan foydalanishning samaradorligi tahlil qilinadi. Turistik kompaniyalar uchun transport xarajatlari, ayniqsa, yirik miqyosdagi xizmatlar, ekskursiyalar va sayohatlar tashkil etishda muhim ahamiyatga ega bo'lib, ularni samarali boshqarish va minimallashtirish iqtisodiy jihatdan muhim hisoblanadi.

Transportation Problem (TP) - bu turli manbalardan talablar manzillariga resurslarni minimal xarajatlar bilan taqsimlashni maqsad qilgan matematik model bo'lib, ko'plab sohalarda, jumladan, turizm sohasida keng qo'llaniladi. TPS algoritmi, ayniqsa, transport xizmatlarini rejalashtirishda, turistik kompaniyalarning resurslarini eng samarali taqsimlashga yordam beradi. Mazkur algoritm yordamida turistlarni manzillarga eng kam xarajat bilan yo'naltirish imkoniyati yaratiladi, bu esa kompaniyaning rentabelligini oshirishga va logistika jarayonlarini optimallashtirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Turistik kompaniyalar, matematik dasturlash, Transportation Problem, xarajatlarni minimallashtirish, TPS algoritmi, logistika optimallashtirish, transport xarajatlari, samaradorlik.

Kommivoyajyor masalasi – kombinatorik optimizatsiya sohasidagi muhim masalalardan biri bo'lib, uning maqsadi bir nechta shaharlarga tashrif buyurib, minimal yo'l uzunligi bilan boshlang'ich nuqtaga qaytadigan eng qisqa yo'nalishni topishdir. Ushbu masala transport logistikasi, ishlab chiqarish



jarayonlarini optimallashtirish va elektron sxemalar loyihalash kabi sohalarda qo'llaniladi.

Yechish usullari: Bruteforce (To'liq ko'rib chiqish), dinamik dasturlash (Held-Karp algoritmi), ochko'z algoritm (Greedy Algorithm), genetik algoritmi, simulyatsiyalangan tavlaniş (Simulated Annealing), chiziqli dasturlash va shaxmat bo'lishi (Branch and Bound)

Maqsad: Kommivoyajyor masalasining maqsadi – berilgan shaharlarga tashrif buyurish uchun kom-mivoyajyorning eng qisqa va eng samarali yo'lini topishdir. Bunda, har bir shahar faqat bir marta ziyorat qilinishi kerak va oxirida kom-mivoyajyor boshlang'ich shaharga qaytib kelishi lozim. Masalaning asosiy maqsadi, shaharlarga tashrif buyurishdagi masofani minimal qilish va shu orqali vaqt va xarajatlarni kamaytirishdir. TSPni yechishda, maqsadni optimallashtirish orqali, real dunyoda transport, logistika va resurslarni boshqarish kabi sohalarda samaradorlikni oshirishdir. Shuningdek, TSPni yechish uchun ishlab chiqilgan algoritmlar va metodlar boshqa ko'plab optimallashtirish masalalariga ham tatbiq etilishi mumkin.

Berilgan n ta shaharni har biriga faqat bir marta tashrif etish bilan eng qisqa vaqt(yo'l, xarajat) davomida aylanib chiqish sikli topilsin. Bunda sikllar soni ko'pi bilan $(n-1)!$ ta bo'ladi. Bu masala minimal uzunlikdagi Gamilton siklini topish masalasi bilan bog'langan. Kommivoyajyor masalasini yechishda "Tarmoqlar va chegaralar" usulini qo'llash mumkin. Bu usul siklsiz va sirtmoq siz bog'langan graf, hamda jadvallar tuzish yordamida olib boriladi.

Namunaviy variant. Jadvalni keltirish tushunchasini kiritamiz. Buning uchun, avval jadval satrlari keltiriladi, ya'ni jadvalning har bir satr elementlaridan shu satrning kichigi mos ravishda ayirib tashlanadi. Shundan so'ng jadval ustunlariga nisbatan ham xuddi shu amal bajarilib, jadval ustunlari keltiriladi. Barcha satrlari va ustunlari keltirilgan jadval keltirilgan deb ataladi. Jadval satr va ustunlari eng kichik elementlarining yig'indisi h bilan belgilanib, u jadvalning keltirish koeffitsienti deyiladi. Misol sifatida quyidagi O'zbekiston bo'ylab avia sayohat jadvalini ko'raylik:

Belgilashlarni kiritib olamiz

1.O'zbekiston-Qozog'iston – 42 \$	O'zbekiston-Turkiya – 34 \$
O'zbekiston-Rossiya – 85 \$	O'zbekiston-Amerika – 91 \$
O'zbekiston-Germaniya – 61 \$	2.Qozog'iston-O'zbekiston– 23 \$
O'zbekiston-Fransiya – 19 \$	Qozog'iston-Rossiya – 73 \$
O'zbekiston-Italiya – 78 \$	Qozog'iston-Germaniya – 66 \$



Qozog'iston-Fransiya – 38 \$

Qozog'iston-Italiya – 98 \$

Qozog'iston-Turkiya – 87 \$

Qozog'iston-Amerika – 47 \$

3.Rossiya-O'zbekiston– 37 \$

Rossiya-Qozog'iston – 59 \$

Rossiya -Germaniya – 50 \$

Rossiya -Fransiya – 27 \$

Rossiya -Italiya – 63 \$

Rossiya -Turkiya – 70 \$

Rossiya -Amerika – 18 \$

4.Germaniya-O'zbekiston– 64 \$

Germaniya -Qozog'iston – 21 \$

Germaniya -Rossiya – 90 \$

Germaniya-Fransiya – 53 \$

Germaniya -Italiya – 88 \$

Germaniya -Turkiya –49 \$

Germaniya -Amerika – 35 \$

5.Fransiya -O'zbekiston– 77 \$

Fransiya -Qozog'iston – 40 \$

Fransiya -Rossiya – 66 \$

Fransiya - Germaniya – 85 \$

Fransiya -Italiya – 44 \$

Fransiya -Turkiya – 92 \$

Fransiya -Amerika – 25 \$

6.Italiya -O'zbekiston– 69 \$

Italiya -Qozog'iston – 53 \$

Italiya -Rossiya – 39 \$

Italiya -Germaniya – 32 \$

Italiya -Fransiya – 98 \$

Italiya -Turkiya – 61 \$

Italiya -Amerika – 14 \$

7.Turkiya -O'zbekiston–55 \$

Turkiya -Qozog'iston – 84 \$

Turkiya -Rossiya –36 \$

Turkiya -Germaniya – 17 \$

Turkiya -Fransiya – 29 \$

Turkiya -Italiya – 76 \$

Turkiya -Amerika – 62 \$

8.Amerika -O'zbekiston– 31 \$

Amerika -Qozog'iston – 60 \$

Amerika -Rossiya – 22 \$

Amerika -Germaniya – 97 \$

Amerika -Fransiya – 81 \$

Amerika -Italiya – 35 \$

Amerika -Turkiya – 26 \$

B/S	1	2	3	4	5	6	7	8	Satr bo'yicha eng kichik
1	∞	42	85	61	19	78	34	91	19
2	23	∞	73	66	38	94	87	45	23
3	37	59	∞	50	27	63	70	18	18
4	64	21	90	∞	53	88	49	35	21
5	77	40	66	85	∞	44	92	25	25
6	69	53	39	32	98	∞	61	14	14



7	55	84	36	17	29	76	∞	62	17
8	31	60	22	97	81	35	26	∞	22

1-jadval.

1-jadval satrlarini keltirish uchun uning o'ng tarafiga mos satrning eng kichik elementini yozib chiqamiz va satr elementlaridan uni ayirib quyidagi 2-jadvalga ega bo'lamiz.

B/S	1	2	3	4	5	6	7	8
1	∞	23	66	42	0	59	15	72
2	0	∞	50	43	15	71	64	22
3	19	41	∞	32	9	45	52	0
4	43	0	69	∞	32	67	28	14
5	52	15	41	60	∞	19	67	0
6	55	39	25	18	84	∞	47	0
7	38	67	19	0	12	59	∞	45
8	9	38	0	75	59	13	4	∞
ustun bo'yicha eng kichik element	0	0	0	0	0	13	4	0

2-jadval

Hosil bo'lgan 2-jadvalning ustunlarini keltirish maqsadida jadval ostiga mos ustunning eng kichik elementi yoziladi va ustun elementlaridan ayirib chiqiladi, natijada quyidagi 3-jadval hosil bo'ladi.



B/S	1	2	3	4	5	6	7	8
1	∞	23	66	42	0	46	11	72
2	0	∞	50	43	15	58	60	22
3	19	41	∞	32	9	32	48	0
4	43	0	69	∞	32	54	24	14
5	52	15	41	60	∞	6	63	0
6	55	39	25	18	84	∞	43	0
7	38	67	19	0	12	46	∞	45
8	9	38	0	75	59	0	0	∞

3-jadval

3-jadval keltirilgan bo'lib, uning har bir satr va ustunida kamida bittadan nol element bor. Ko'rilayotgan jadvalning keltirish koeffitsienti h quyidagi songa teng

$$h=19+23+18+21+25+14+17+22+0+0+0+0+0+13+4+0=176$$

$$h_1=19+23+18+21+25+14+17+22+0+0+0+0+0+13+4+0=176$$

Umuman, tarmoqlar va chegaralar usuli ikkita muhim bosqich dan iboratdir:

- 1) tarmoqlash;
- 2) quyi chegaralarni aniqlash.

Masalani yechish davomida ikkala bosqich parallel ravishda olib boriladi. Bu bosqichlarni amalga oshirish uchun, quyidagi ishlarni ketma-ket bajarish kerak. A) boshlang'ich jadvalni keltirish; B) keltirish koeffitsienti h ni aniqlash; C) keltirilgan jadvalning nol elementlari darajasini aniqlash; D) bu darajalar asosida tarmoqlashni amalga oshirish; E) tarmoqlanish natijalarini tashkil etuvchi sikllarning quyi chegaralarini aniqlash; F) jadval o'lchamini bittaga kamaytirish; G) to'la bo'lmagan sikllar hosil bo'lib qolishdan saqlanish; H) bu jarayonni (2×2) jadval hosil bo'lgunga qadar davom ettirish; I) oxirgi tarmoq natijasiga mos siklni aniqlash; J) barcha chegara (ba holarni) solishtirish; K) zarurat bo'lsa, eng kam chegaraviy natijaga mos jadval tiklanib tarmoqlashni davom ettirish.

Bu usulni qo'llash davomida, barcha hisob-kitoblar berilgan jadval yordamida olib borilib, uning natijalari alohida tuzilgan grafda ko'rsatib boriladi. Bu jarayon oxirida mukammal(eng kam xarajatli) sikl aniqlanadi.

Graf o'zaro birlashtirilgan doirachalardan iborat bo'lib, ular ning har biri ma'lum bir xossali sikllar to'plamini aniqlaydi. Bu doirachalar yoniga yozilgan



chegara-sonlar esa, shu doiraga tegishli bo'lgan sikllarga mos xarajatlarning quyi chegarasini bildiradi. Grafning boshlang'ich qismi 1-rasm ko'rinishida bo'ladi. Bunda birinchi boshlang'ich doiracha barcha sikllarni o'z ichiga olgan to'plamni aniqlab, ixtiyoriy sikl bo'yicha ketadigan xarajat h sonidan kichik bo'lmasligini bildiradi. Yuqorida ko'rilgan misolda $h=176$ edi, demak, xarajati 176 dan kichik bo'lgan sikl yo'q ekan.

Darajasi eng katta bo'lgan nol joylashgan satr va ustun lar topilib, bo'yicha tarmoqlanadi. Mabodo, katta darajali nollar bir nechta bo'lsa, ularning ixtiyoriy bittasi tanlab olinadi. Bunda, o'ng tarafdagi doiracha i shahardan j shaharga o'tishni o'z ichiga olgan barcha sikllarning to'plamini bildiradi va u bilan belgilanadi, chap tarafdagi doiracha esa, aksincha, i shahardan j shaharga o'tishni o'z ichiga olmagan marshrutlarning to'plamini bildiradi va u bilan belgilanadi.

B/S	1	2	3	4	5	6	7	8
1	∞	23	66	42	$0^{(20)}$	46	11	72
2	$0^{(24)}$	∞	50	43	15	58	60	22
3	19	41	∞	32	9	32	48	$0^{(9)}$
4	43	$0^{(29)}$	69	∞	32	54	24	14
5	52	15	41	60	∞	6	63	$0^{(6)}$
6	55	39	25	18	84	∞	43	$0^{(18)}$
7	38	67	19	$0^{(30)}$	12	46	∞	45
8	9	38	$0^{(19)}$	75	59	$0^{(6)}$	$0^{(11)}$	∞

Darajasi eng katta 30 bo'lgan nol element $c_{74}=0^{(30)}$ dir, demak, tarmoqlanish grafi 1-rasm ko'rinishida bo'ladi. Chap doiracha yoniga eng kam xarajat keltirish koeffitsienti $h_1=176$ ga nolning eng katta darajasi 30 qo'shib hosil bo'lgan 206 soni yoziladi. (h_1) O'ng tarafdagi doirachaga mos keluvchi xarajatlarning quyi chegarasini aniqlash uchun 3-jadvalning 7-satri va 4-ustuni tashlab (o'chirib) yuboriladi (demak, jadvalning o'lchami bittaga kamayadi). Bunda, shuni alohida ta'kidlash lozimki, shaharlarning tartib raqamlari albatta saqlanib (yozilib) qolishi shart, aks holda chalkashliklar kelib chiqadi. Shundan so'ng, barcha to'la

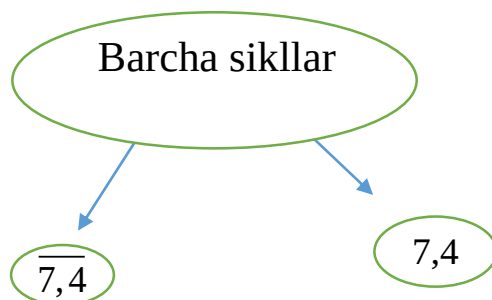


bo'lmagan sikllar hosil bo'lishi taqiqlanadi, masalani $i \rightarrow j \rightarrow i$ ($i \rightarrow j$ belgii-shahardan-shaharga o'tishni bildiradi) yo'qotiladi, buning uchun c_{ji} element ∞ belgisiga almashtirilib yozib qo'yiladi,).

Yana jadvallarni tuzib ishimizni davom ettiramiz.

B/S	1	2	3	5	6	7	8	
1	∞	23	66	0	46	11	72	0
2	0	∞	50	15	58	60	22	0
3	19	41	∞	9	32	48	0	0
4	43	0	69	32	54	24	14	0
5	52	15	41	∞	6	63	0	0
6	55	39	25	84	∞	43	0	0
8	9	38	0	59	0	0	∞	0
	0	0	0	0	0	0	0	

4-jadval.



2-rasm.

5-jadval.

$$c_{42} = 0^{(29)} \quad c_{24} = \infty$$

$$h_2 = 176 \quad h_2' = h_1 + 29 = 205$$

B/S	1	2	3	5	6	7	8
-----	---	---	---	---	---	---	---



1	∞	23	66	$0^{(20)}$	46	11	72
2	$0^{(24)}$	∞	50	15	58	60	22
3	19	41	∞	9	32	48	$0^{(9)}$
4	43	$0^{(29)}$	69	32	54	∞	14
5	52	15	41	∞	6	63	$0^{(6)}$
6	55	39	25	84	∞	43	$0^{(25)}$
8	9	38	$0^{(25)}$	59	$0^{(6)}$	$0^{(11)}$	∞

2-rasmni va shunga o'xshagan grafiklarni oxirida jamlab tuzib qo'ysak ham bo'ladi.

B/S	1	3	5	6	7	8	
1	∞	66	$0^{(20)}$	46	11	72	0
2	$0^{(24)}$	50	15	58	60	22	0
3	19	∞	9	32	48	$0^{(9)}$	0
5	52	41	∞	6	63	$0^{(6)}$	0
6	55	25	84	∞	43	$0^{(25)}$	0
8	9	$0^{(25)}$	59	$0^{(6)}$	$0^{(11)}$	∞	0
	0	0	0	0	0	0	0

6-jadval.

$$h_3 = 176 \quad h'_3 = h_2 + 25 = 201$$

$$c_{83} = 0^{(25)}$$

B/S	1	5	6	7	8	
1	∞	$0^{(0)}$	40	$0^{(28)}$	72	0
2	$0^{(25)}$	15	52	49	22	0
3	10	$0^{(10)}$	17	28	∞	0
5	52	∞	$0^{(17)}$	52	$0^{(0)}$	0
6	55	84	∞	32	$0^{(32)}$	0



	0	0	0	0	0	
--	---	---	---	---	---	--

7-jadval.

$$h_4 = 202 \quad h'_4 = h_3 + 32 = 209$$

$$c_{68} = 0^{(32)}$$

B/S	1	5	6	7	
1	∞	$0^{(0)}$	40	$0^{(28)}$	0
2	$0^{(25)}$	15	52	49	0
3	10	$0^{(10)}$	17	28	0
5	52	∞	$0^{(69)}$	52	0
	0	0	0	0	

8-jadval.

$$h_5 = 202 \quad h'_5 = h_4 + 69 = 271$$

$$c_{56} = 0^{(69)}$$

B/S	1	5	7	
1	∞	$0^{(0)}$	$0^{(28)}$	0
2	$0^{(25)}$	15	49	0
3	10	$0^{(10)}$	28	0
	0	0	0	

9-jadval.

$$h_6 = 202 \quad h'_6 = h_5 + 28 = 230$$

$$c_{17} = 0^{(28)}$$

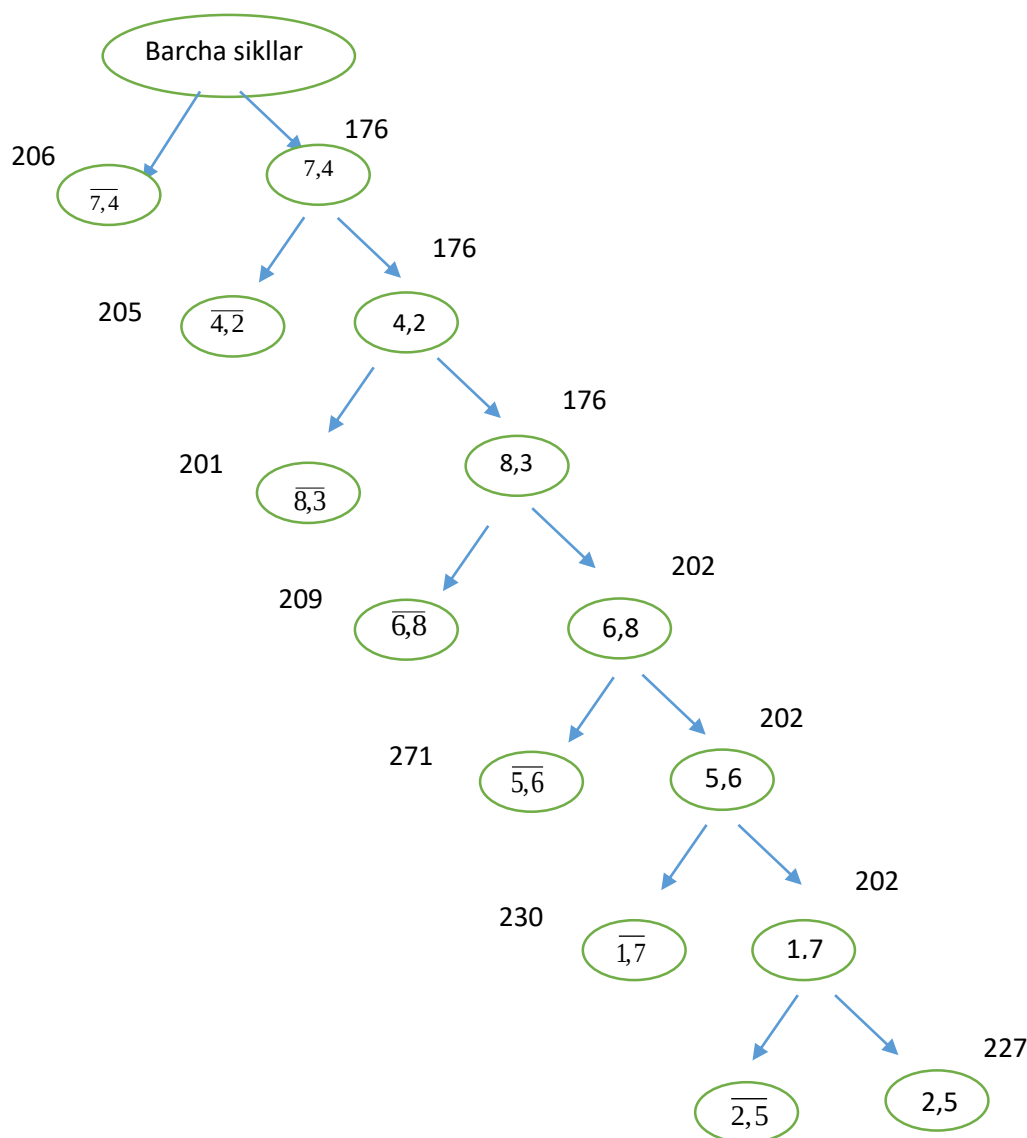
B/S	1	5	
2	∞	15	15
3	10	∞	10

$$h_7 = 202 + 25 = 227$$

B/S	1	5	
-----	---	---	--



2	∞	0	0
3	0	∞	0



Eng qisqa yo'l (optimal marshrut):

$1 \rightarrow 7 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 8 \rightarrow 3 \rightarrow 1$

Minimal masofa: 227 birlik.



Xulosa. Kommivoyajyor masalasi real hayotdagi ko'plab muammolarni modellashtirish va optimallashtirish uchun ishlatiladigan klassik matematik masaladir. Optimal yechimni topishning hisoblash murakkabligi tufayli, ko'pchilik hollarda taxminiy algoritmlar yoki heuristik yondashuvlar qo'llaniladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Papadimitriou, C. H., & Steiglitz, K. (1998). Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity. Dover Publications.
2. Applegate, D., Bixby, R., Chvátal, V., & Cook, W. (2006). The Traveling Salesman Problem: A Computational Study. Princeton University Press.
3. Lawler, E. L., Lenstra, J. K., Rinnooy Kan, A. H. G., & Shmoys, D. B. (1985). The Traveling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinatorial Optimization. Wiley.
4. Gutin, G., & Punnen, A. P. (2002). The Traveling Salesman Problem and Its Variations. Springer.
5. Reinelt, G. (1994). The Traveling Salesman: Computational Solutions for TSP Applications. Springer.

