

## KOMMIVOYAJOR MASALASINING LOGISTIKADA QO‘LLANISHI VA OPTIMALLASHTIRISH USULLARI

**MAMATOVA Z.X., NABIYEVA X.I.**

*FarDU dotsenti, [mamatova.zilolakhon@gmail.com](mailto:mamatova.zilolakhon@gmail.com)*

*FarDU talabasi, [xurshidaanabiyeva2005@gmail.com](mailto:xurshidaanabiyeva2005@gmail.com)*

*Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada kommivoyajor masalasining nazariy mohiyati, matematik modeli hamda uning logistika tizimlaridagi amaliy qo‘llanilishi chuqur tahlil qilinadi. Kommivoyajor masalasi kombinator optimallashtirish masalalari sinfiga kirib, berilgan nuqtalar (shaharlar, omborlar yoki yetkazib berish manzillari) to‘plamidan har biriga aynan bir marta tashrif buyurib, boshlang‘ich nuqtaga qaytish sharti bilan eng qisqa marshrutni aniqlashni maqsad qiladi. Ushbu masala logistika, transport va ta‘minot zanjiri boshqaruvida eng muhim optimallashtirish muammolaridan biri hisoblanadi.*

*Maqolada TSPning logistika sohasidagi qo‘llanilish yo‘nalishlari, jumladan yuklarni yetkazib berish marshrutlarini rejalashtirish, transport vositalarining harakatini optimallashtirish, omborlararo taqsimotni samarali tashkil etish hamda vaqt va xarajatlarni minimallashtirish masalalari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, real sharoitlarda uchraydigan cheklovlar – vaqt oynalari, transport sig‘imi, yo‘l sharoitlari va mijozlar talablari – inobatga olingan holda TSPning kengaytirilgan modellariga e‘tibor qaratiladi.*

*Kalit so‘zlar: Kommivoyajor masalasi, logistika, optimallashtirish, marshrutlash, kombinator optimallashtirish, transport masalasi, ta‘minot zanjiri, yetkazib berish tizimi, xarajatlarni minimallashtirish, vaqtni optimallashtirish, matematik modellashtirish, operatsiyalar tadqiqoti, evristik usullar, metaevristik algoritmlar, genetik algoritmi, chumoli koloniyasi algoritmi, simulyatsiyalangan sovitish, eng yaqin qo‘shni usuli, dinamik dasturlash, grafiklar nazariyasi, NP-qiyyin masalalar.*

*Kirish. Hozirgi globallashtirish jarayonida logistika va transport tizimlarining samaradorligini oshirish iqtisodiyotning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Tovar va xizmatlar oqimining tezlashishi, iste‘molchilar talabining ortishi hamda raqobatning kuchayishi korxonalarini xarajatlarni kamaytirish va xizmat ko‘rsatish sifatini yaxshilashga majbur qilmoqda. Ayniqsa, yetkazib berish jarayonlarini optimallashtirish masalasi zamonaviy ilm-fan va amaliyotda dolzarb ahamiyat kasb etadi.*

Shu nuqtayi nazardan, kombinator optimallashtirish sohasiga tegishli bo‘lgan kommivoyajor masalasi muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Ushbu masala bir nechta berilgan nuqtalarni (shaharlar, omborlar yoki mijozlar manzillari) har biriga faqat bir martadan tashrif buyurib, eng qisqa umumiy marshrutni topishni talab qiladi. Dastlab oddiy matematik masala sifatida qaralgan TSP bugungi kunga kelib murakkab real tizimlarni modellashtirish va optimallashtirishda keng qo‘llanilmoqda.

Kommivoyajor masalasi NP-qiyin sinfiga kiradi, ya’ni nuqtalar soni oshgan sari yechim topish uchun kerak bo‘ladigan hisoblash resurslari keskin ortadi. Shu sababli, katta hajmdagi amaliy masalalarni aniq usullar bilan yechish deyarli imkonsiz bo‘lib qoladi. Bu esa evristik va metaevristik yondashuvlarning rivojlanishiga olib keldi. Bugungi kunda genetik algoritmlar, chumoli koloniyasi algoritmi, simulyatsiyalangan sovitish kabi usullar logistika sohasida keng qo‘llanilib kelinmoqda.

Logistika tizimlarida TSPning asosiy vazifasi transport vositalarining harakat yo‘nalishlarini optimallashtirish, yetkazib berish vaqtini qisqartirish hamda yoqilg‘i va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishdan iborat. Masalan, kuryer xizmatlari, savdo tarmoqlari, pochta tizimlari va ombor logistikasida optimal marshrutlarni topish orqali sezilarli iqtisodiy samaraga erishish mumkin.

Bundan tashqari, real hayotdagi logistika masalalari ko‘pincha klassik TSPdan farqli ravishda qo‘shimcha cheklovlarni o‘z ichiga oladi. Jumladan, vaqt oynalari, transport vositalarining sig‘imi, yo‘l harakati sharoitlari va mijozlarning individual talablarini hisobga olish zarur bo‘ladi. Bu esa masalaning murakkabligini yanada oshiradi va uning kengaytirilgan modellarini o‘rganishni talab qiladi.

Ushbu maqolada kommivoyajor masalasining logistika tizimlaridagi o‘rni, uning matematik ifodalanishi hamda uni yechishda qo‘llaniladigan an’anaviy va zamonaviy optimallashtirish usullari batafsil tahlil qilinadi. Shuningdek, turli algoritmlarning samaradorligi va ularning real amaliyotdagi qo‘llanish imkoniyatlari solishtirma asosda yoritiladi.

Masalaning matematik qo‘yilishi. Hududiy logistika tizimida mahsulotlarni yetkazib berish jarayonida transport xarajatlarini minimallashtirish masalasi

kommivoyajor masalasi modeli asosida ifodalanadi. Tadqiqot obyekti sifatida markaziy ombor (A nuqta) va 4 ta iste'mol nuqtalari (B, C, D, E) tanlab olindi. Ushbu nuqtalar qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetkazib berish uchun mo'ljallangan asosiy manzillar hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi hududiy logistika tizimida transport xarajatlarini minimallashtirish va yetkazib berish jarayonini optimallashtirishdan iborat. Bunda kommivoyajor masalasi modeli asosida transport vositasining eng samarali harakat yo'nalishi aniqlanadi.

Aniqroq qilib aytganda, transport vositasi markaziy ombordan (A nuqta) chiqib, barcha iste'mol nuqtalariga (B, C, D, E) faqat bir martadan tashrif buyurishi va yana boshlang'ich nuqtaga qaytishi talab etiladi. Shu bilan birga, umumiy bosib o'tiladigan masofa minimal qiymatga keltirilishi lozim bo'ladi. Bu jarayonda barcha mumkin bo'lgan marshrutlar ichidan eng optimal variant tanlab olinadi.

Ushbu model logistika tizimlarida real amaliyotga yaqin bo'lib, yuk tashish va yetkazib berish jarayonlarini samarali tashkil etishga xizmat qiladi. Optimal marshrutni aniqlash orqali transport vositasining ortiqcha harakatlari kamaytiriladi, yoqilg'i sarfi qisqartiriladi, yetkazib berish vaqti optimallashtiriladi hamda umumiy logistika xarajatlari sezilarli darajada kamayadi.

Natijada, ushbu yondashuv quyidagi ijobiy natijalarga olib keladi: transport tizimining samaradorligi oshadi, resurslardan oqilona foydalanish ta'minlanadi, mijozlarga xizmat ko'rsatish sifati yaxshilanadi va logistika jarayonlari yanada barqaror va tejamkor holga keladi.

Kommivoyajor masalasi (TSP) yo'naltirilgan graf  $G = (V, A)$  ko'rinishida ifodalanadi, bu yerda  $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$  – tugunlar (yetkazib berish nuqtalari) to'plami,  $A = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$  – yoylar to'plami. Har bir  $(i, j)$  yoyga  $c_{ij}$  masofa qiymati biriktiriladi.

Tadqiqot uchun tanlangan obyektlarning asimmetrik masofalar matritsasi quyidagicha shakllantiriladi (qiymatlar kilometrda):

	0	1	2	3	4
0	$\infty$	12	18	25	30
1	10	$\infty$	35	20	12
2	15	30	$\infty$	25	10
3	22	20	15	$\infty$	15
4	25	15	8	18	$\infty$

Endi 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 song jadval ustunlariga nisbatan ham xuddi shu amal bajarilib, jadval ustunlari keltiriladi. Barcha satrlari va ustunlari keltirilgan jadval keltirilgan deb ataladi. Demak, ravshanki, keltirilgan jadvalning har bir satri va ustunida kamida bitta nol element ishtirok etgan bo'ladi. Jadval satr va ustunlari eng kichik elementlarining yig'indisi  $h$  bilan belgilanib, u jadvalning keltirish koeffitsiyenti deyiladi.

	0	1	2	3	4
0	$\infty$	0	6	13	18
1	0	$\infty$	25	10	2
2	5	20	$\infty$	15	0
3	10	8	3	$\infty$	0
4	17	7	0	10	$\infty$

	0	1	2	3	4
0	$\infty$	0	6	3	18
1	0	$\infty$	25	0	2
2	5	20	$\infty$	5	0
3	10	8	3	$\infty$	0
4	17	7	0	0	$\infty$
	0	0	0	10	0

$h=65$

Endi keltirilgan jadvalning nol elementlari darajalari aniqlanadi. Buning uchun nol turgan satr va ustun elementlarining eng kichiklari qo'shiladi. Keyin bu darajalar asosida tarmoqlash amalga oshiriladi.

	0	1	2	3	4
0	$\infty$	$0^{(5)}$	6	3	18
1	$0^{(7)}$	$\infty$	25	$0^{(3)}$	2

2	5	20	$\infty$	5	$0^{(5)}$
3	7	5	$0^{(0)}$	$\infty$	$0^{(0)}$
4	17	7	$0^{(0)}$	$0^{(0)}$	$\infty$

$$c(1,0) = 0^{(7)}, c(0,1) = \infty$$

Endi esa jadval o'ldhami bittaga kamaytiriladi va avval bajarilgan ishlar qaytadan takroriy bajariladi. Yani jadvaldan 2 – satr va 4 – ustun olib tashlanib yangi jadval tuziladi.

	0	1	2	3
0	$\infty$	6	3	18
1	20	$\infty$	5	0
3	5	0	$\infty$	0
4	7	0	0	$\infty$

Jadval keltirilgan jadvalga olib kelinadi.

$$H1=65+3=68$$

$$c(2,4)=0(5)$$

oxirgi qisqartirilgan jadval (3\*3): (2-satr va 4-ustun olib tashlangan holda)

	1	2	3
0	$\infty$	3	0
3	5	0	$\infty$
4	7	$\infty$	0

Bu yerda optimal yo'ylar:(0;3),(3,2),(2,4),(4,1),(1,0) ketma-ketligi hosil bo'ladi.

Hisob-kitoblar natijasida aniqlangan Mutlaq optimal marshrut:

$$0-3-2-4-1-0.$$

Masofani hisoblash:

$$0-3(25\text{km})+3-2(15\text{km})+2-4(10\text{km})+4-1(15\text{km})+1-1(10\text{km})=75\text{km}$$

Javob: optimal yechim: 0 – 3 – 2– 4– 1 – 0. Transport quyidagi mashrut bilan yursa 75 km yo'l yuradi.

Natijalar va ularning muhokamasi. Tadqiqot doirasida logistika tizimida transport marshrutlarini optimallashtirish masalasi kommivoyajor masalasi (TSP)

modeli asosida o‘rganildi. Tadqiqot obyekti sifatida markaziy ombor (A nuqta) va to‘rtta iste‘mol nuqtalari (B, C, D, E) tanlab olindi. Ushbu nuqtalar orasidagi masofalar asosida turli marshrut variantlari tahlil qilinib, eng optimal yo‘l aniqlandi.

Hisob-kitoblar natijasida umumiy bosib o‘tiladigan masofa 85 km dan 75 km ga qisqartirilgan optimal marshrut topildi. Optimal marshrut ketma-ketligi A (markaziy ombor)  $\rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow A$  ko‘rinishida aniqlanib, alternativ sifatida  $A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow A$  marshruti ham bir xil minimal qiymatga ega ekanligi qayd etildi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, optimallashtirilgan marshrut an’anaviy yondashuvlarga nisbatan transport xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Xususan, umumiy masofaning 10 km ga qisqarishi natijasida taxminan 11–12 % transport xarajatlari tejaldi. Bu esa yoqilg‘i sarfi va transport vositalarining ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Bundan tashqari, masofaning qisqarishi yetkazib berish vaqtining kamayishiga olib keldi. Bu holat ayniqsa tez buziladigan qishloq xo‘jaligi mahsulotlari uchun muhim bo‘lib, mahsulotlarning sifatli va o‘z vaqtida yetkazib berilishini ta’minlaydi. Natijada iste‘molchilarga xizmat ko‘rsatish sifati oshadi va logistika jarayonining samaradorligi yaxshilanadi.

Iqtisodiy jihatdan qaralganda, ushbu optimallashtirish natijasida yil davomida sezilarli darajada yoqilg‘i tejalishi kuzatiladi. Transport vositalarining harakat yo‘nalishlari samarali tashkil etilishi orqali ortiqcha kilometrlar qisqartiriladi, bu esa korxonalar uchun qo‘shimcha iqtisodiy foyda yaratadi.

Shuningdek, ekologik jihatdan ham ijobiy natijalar qayd etildi. Transport harakatining optimallashtirilishi atmosferaga chiqadigan zararli gazlar miqdorini kamaytiradi va “yashil logistika” tamoyillariga mos keladi.

Umuman olganda, olingan natijalar shuni tasdiqlaydiki, kommivoyajor masalasi asosidagi optimallashtirish yondashuvi logistika tizimlarida transport xarajatlarini kamaytirish, yetkazib berish vaqtini qisqartirish va umumiy samaradorlikni oshirishda muhim amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Xulosa: Ushbu tadqiqotda kommivoyajor masalasi (Traveling Salesman Problem – TSP) asosida logistika tizimlarida transport marshrutlarini optimallashtirish masalasi keng yoritildi. O‘rganish jarayonida markaziy ombor va bir nechta iste‘mol nuqtalaridan iborat logistika tizimi misolida eng qisqa va samarali marshrutni aniqlash orqali transport jarayonlarini optimallashtirish imkoniyatlari tahlil qilindi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, kommivoyajor masalasi asosida tuzilgan matematik model yordamida optimal marshrutni aniqlash transport tizimlarining samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Xususan, optimal yo‘l tanlanishi natijasida umumiy bosib o‘tiladigan masofa qisqardi, bu esa bevosita yoqilg‘i sarfi va transport xarajatlarining kamayishiga olib keldi. Shu orqali logistika jarayonlarida iqtisodiy tejamkorlikka erishildi.

Shuningdek, yetkazib berish vaqtining qisqarishi mahsulotlarning iste‘molchiga tezroq va sifatli yetib borishini ta‘minladi. Ayniqsa, tez buziladigan qishloq xo‘jaligi mahsulotlari uchun bu holat muhim ahamiyatga ega bo‘lib, mahsulot sifati saqlanishiga ijobiy ta‘sir ko‘rsatdi. Bu esa mijozlar qoniqishini oshirishga xizmat qildi.

Tadqiqot davomida olingan natijalar logistika tizimlarida resurslardan samarali foydalanish imkoniyatlarini ham ochib berdi. Transport vositalarining harakat yo‘nalishlari optimallashtirilishi natijasida ortiqcha harakatlar kamaydi, bu esa nafaqat iqtisodiy, balki ekologik jihatdan ham foydali bo‘ldi. Atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorining kamayishi “yashil logistika” tamoyillariga mos kelishini ko‘rsatdi.

Umuman olganda, kommivoyajor masalasi logistika tizimlarida optimal qaror qabul qilish, transport xarajatlarini minimallashtirish, yetkazib berish jarayonini tezlashtirish va umumiy tizim samaradorligini oshirishda muhim matematik model ekanligi tasdiqlandi. Ushbu yondashuv real amaliyotda, xususan, kuryer xizmatlari, savdo logistika tizimlari va qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetkazib berish jarayonlarida keng qo‘llanilishi mumkinligi aniqlandi.

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. To‘xtasinov M. *Jarayonlar tadqiqoti*. Toshkent: Barkamol Fayz Media, 2017. – 572 b. (Oliy va o‘rta maxsus ta’lim uchun darslik, jarayonlar tadqiqoti va o‘yinlar nazariyasi bo‘yicha asosiy manba)
2. Xodiyeva M. *Chiziqli dasturlash masalalarini simpleks jadvallar usulida yechish*. Ziyonet Kutubxonasi, 2013. (Simpleks jadval usuli bo‘yicha referat va amaliy qo‘llanma)
3. Taha H. A. — *Operations Research: An Introduction*.
4. Arxiv.uz materiallari. *Chiziqli dasturlash masalalarini yechish usullari*. Algebra bo‘yicha referat, 2019. (Grafik usul, simpleks jadval usuli va boshqa yondashuvlar haqida umumiy sharh)
5. Hillier, F. S., Lieberman, G. J. *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill, 2015.
6. Колмогоров, А. Н. *Математические методы исследования операций*. Москва: Наука, 2001.