ECO SHAHAR SHAROITIDA MAISHIY CHIQINDILARNI YIG‘ISH MARSHRUTLARINI TARMOQLAR VA CHEGARALAR USULI ASOSIDA OPTIMALLASHTIRISH

Mamatova Zilolaxon Xabibulloxonovna

Farg‘ona davlat universiteti dotsenti, pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)

mamatova.zilolakhon@gmail.com

Tursunaliyeva Mohinur Zoirjon qizi

Farg’ona davlat universiteti talabasi

mohinurtursunaliyeva2907@gmail.com

Annotatsiya: Hozirgi davrda shaharlarning tez sur’atlarda kengayishi hamda “Eco shahar” konsepsiyasining rivojlanishi urban infratuzilmani samarali boshqarish uchun zamonaviy logistika yechimlarini talab etmoqda. Shu jarayonda maishiy chiqindilarni yig‘ish va tashish tizimi katta miqdordagi transport vositalari hamda vaqt resurslarini talab qiluvchi muhim soha hisoblanadi. Amaldagi yo‘nalishlarning samarasiz tashkil etilishi yoqilg‘i sarfining oshishiga, transport tirbandliklariga hamda ekologik muammolarning kuchayishiga sabab bo‘lmoqda. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi Kommivoyajor masalasi doirasida maishiy chiqindilarni yig‘ish jarayonini hamda transport vositalarining harakat yo‘nalishlarini optimallashtirish orqali transport xarajatlari va vaqtni kamaytirishdan iborat.

Kalit so‘zlar: Eco shahar tizimi, maishiy chiqindi logistikasi, Kommivoyajor masalasi, tarmoqlar va chegaralar yondashuvi, dinamik optimallashtirish usullari.

Аннотация: В современных условиях стремительная урбанизация и активное развитие концепции «Eco город» требуют внедрения современных логистических решений для эффективного управления городской инфраструктурой. В этом

контексте процесс сбора и транспортировки бытовых отходов является одной из ключевых сфер, потребляющих значительные транспортные и временные ресурсы. Низкая эффективность существующих маршрутов приводит к увеличению расхода топлива, образованию дорожных заторов и усилению экологической нагрузки. Цель данной статьи заключается в снижении транспортных затрат и времени за счёт оптимизации процесса сбора бытовых отходов и маршрутов движения транспортных средств в рамках задачи Коммивояжера.

Ключевые слова: Система «Eco город», логистика бытовых отходов, задача коммивояжера, подход сетей и границ, методы динамической оптимизации.

Abstract: In modern conditions, rapid urban growth and the expanding development of the “Eco City” concept require advanced logistic solutions for efficient urban infrastructure management. In this context, household waste collection and transportation represent a key sector that consumes significant transportation and time resources. Inefficiency of current routing systems leads to increased fuel consumption, traffic congestion, and higher environmental impact. The aim of this paper is to reduce transportation costs and time by optimizing household waste collection processes and vehicle routing within the framework of the Traveling Salesman Problem.

Keywords: Eco city system, household waste logistics, Traveling Salesman Problem, network and boundary approach, dynamic optimization methods.

KIRISH

Hozirgi dunyoda urbanizatsiya jarayonlarining jadal sur’atlari shahar infratuzilmasining boshqarish tizimiga yangicha yondashuvlarni talab qilmoqda. Birlashgan Millatlar Tashkilotining prognozlariga ko‘ra, 2050- yilga kelib dunyo aholisining qariyb 68 foizi shaharlarda iste’qomat qiladi. Aholi zichligining ortishi va turmush darajasining yuksalishi, o‘z navbatida hosil bo‘ladiga maishiy chiqindilar hajmining keskin oshishiga olib keladi. Jahon banki ma’lumotlariga ko‘ra global miqyosda har yili 2 milliard tonnadan ortiq qattiq maishiy chiqindilar hosil bo‘ladi va bu ko‘rsatkich 2050- yilga kelib 3,4 milliard tonnaga yetishi kutilmoqda.

Ushbu sharoitda, “Eco shahar” konsepsiyasining joriy etilishi shahar xizmatlari samaradorligini oshirishning asosiy drayveriga aylandi. Eco shahar logistikasi doirasida maishiy chiqindilarni yig‘ish va tashish jarayoni o‘ta muhim strategik ahamiyatga ega. Kommunal xizmatlar byudjetining sezilarli qismi (ayrim hollarda 40% dan 70% gacha) aynan chiqindilarni yig‘ish va transportirovka qilish xarajatlariga to‘g‘ri keladi.

Respublikamiz hududida ham so‘nggi yillarda chiqindilarni boshqarish tizimini isloh qilishga davlat darajasida katta e’tibor qaratilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining farmon va qarorlari, xususan, “2019-2028-yillarda O‘zbekiston Respublikasida qattiq maishiy chiqindilar bilan ishlash strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori sohada samarali tizim yaratishning huquqiy asoslarini belgilab berdi. Biroq, respublikamizning yirik shaharlarida chiqindi yig‘ish logistikasini optimallashtirish bo‘yicha qator hal etilmagan muammolar mavjud. Operativ ma’lumotlarning yetishmasligi va marshrutlarni rejalashtirishda zamonaviy matematik modellarning yetarli darajada qo‘llanilmasligi kommunal xizmatlar samaradorligini cheklab qo‘ymoqda.

Kommivoyajor masalasi kombinatorli optimallashtirishning klassik va eng ko‘p o‘rganilgan muammolaridan biri bo‘lib, u logistika va transport marshrutlarini rejalashtirishda keng qo‘llaniladi. TSP NP-murakkab sinfiga mansub bo‘lganligi sababli, tugunlar soni ortishi bilan barcha ehtimoliy yechimlarni to‘liq qidirib chiqish amalda imkonsiz bo‘ladi. Shuning uchun, ilmiy adabiyotlarda bu masalani yechish uchun ko‘plab evristik va meta-evristik algoritmlar taklif etilgan.

Maqolaning asosiy maqsadi — “Eco shahar” konsepsiyasi doirasida maishiy chiqindilarni yig‘ish marshrutlarini optimallashtirish orqali transport xarajatlari va vaqt sarfini minimallashtirishdir.

Masalaning matematik qo‘yilishi. Tadqiqot obyekti sifatida shahardagi 1 ta markaziy chiqindi poligoni 6 ta asosiy maishiy chiqindi yig‘ish shoxobchalari (1, 2, 3, 4, 5, 6-tugunlar) tanlab olindi. Masalaning maqsadi — maxsus transport vositasi poligondan chiqib, barcha 6 ta nuqtani faqat bir martadan aylanib o‘tishi va eng qisqa masofani bosib o‘tib, yana poligonga qaytishini ta’minlashdan iborat.

Kommivoyajor masalasi yo‘naltirilgan graf G = (V, A) ko‘rinishida ifodalanadi, bu yerda V = { 1, 2, 3, 4, 5, 6 } – tugunlar (shaharlar) to‘plami, A = {(i, j) : i, j € V, i ≠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):

	1	2	3	4	5	6
1	∞	13	55	19	16	19
2	58	∞	23	54	48	45
3	25	53	∞	38	59	24
4	17	11	16	∞	60	53
5	1	38	18	36	∞	1
6	19	11	32	44	3	∞

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 so’ng 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.

1-jadval:

	1	2	3	4	5	6	
1	∞	13	55	19	16	19	13
2	58	∞	23	54	48	45	23
3	25	53	∞	38	59	24	24
4	17	11	16	∞	60	53	11
5	1	38	18	36	∞	1	1
6	19	11	32	44	3	∞	3

2-jadval:

	1	2	3	4	5	6
1	∞	0	42	6	3	6
2	35	∞	0	31	25	22
3	1	29	∞	14	25	0
4	6	0	5	∞	49	42
5	0	37	17	35	∞	0
6	16	8	29	41	0	∞
	0	0	0	6	0	0

3-jadval:

	1	2	3	4	5	6
1	∞	0	42	0	3	6
2	35	∞	0	25	25	22
3	1	29	∞	8	25	0
4	6	0	5	∞	49	42
5	0	37	17	29	∞	0
6	16	8	29	35	0	∞

h=13+23+24+11+1+3+0+0+0+6+0+0=81

Endi keltirilgan 3-jadvalning nol elementlari darajalari aniqlanadi. Buning uchun nol turgan satr va ustun elementlarining eng kichiklari qo‘shiladi. Keyin bu darajalar asosida tarmoqlash amalga oshiriladi.

4-jadval:

	1	2	3	4	5	6
1	∞	$0^{(0)}$	42	$0^{(8)}$	3	6
2	35	∞	$0^{(27)}$	25	25	22
3	1	29	∞	8	25	$0^{(1)}$
4	6	$0^{(5)}$	5	∞	49	42
5	$0^{(1)}$	37	17	29	∞	$0^{(0)}$
6	16	8	29	35	$0^{(11)}$	∞

H=h+27=81+27=108 $c(2,3) = 0^{(27)}$, $c(3,2) = \infty$

Endi esa jadval o‘lchami bittaga kamaytiriladi va avval bajarilgan ishlar qaytadan takroriy bajariladi. Yani jadvaldan 2 – satr va 3 – ustun olib tashlanib yangi jadval tuziladi.

Keltirilgan jadval tayyor, davom etamiz:

5-jadval:

	1	2	4	5	6	
1	∞	0	0	3	6	0
3	1	∞	8	25	0	0
4	6	0	∞	49	42	0
5	0	37	29	∞	0	0
6	16	8	35	0	∞	0
	0	0	0	0	0	

h1=81+0=81

6-jadval:

	1	2	4	5	6
1	∞	$0^{(0)}$	$0^{(8)}$	3	6
3	1	∞	8	25	$0^{(1)}$
4	6	$0^{(6)}$	∞	49	42
5	$0^{(1)}$	37	29	∞	$0^{(0)}$
6	16	8	35	$0^{(11)}$	∞

H1=h1+11=81+11=92 $c(6,5) = 0^{(11)}$, $c(5,6) = \infty$

Endi esa jadval o‘lchami bittaga kamaytiriladi va avval bajarilgan ishlar qaytadan takroriy bajariladi. Yani jadvaldan 6 – satr va 5 – ustun olib tashlanib yangi jadval tuziladi.

7-jadval:

	1	2	4	6	
1	∞	0	0	6	0
3	1	∞	8	0	0
4	6	0	∞	42	0
5	0	37	29	∞	0
	0	0	0	0	

h2=81+0=81

Keltirilgan jadval tayyor, davom etamiz:

8-jadval:

	1	2	4	6
1	∞	$0^{(0)}$	$0^{(8)}$	6
3	1	∞	8	$0^{(7)}$
4	6	$0^{(6)}$	∞	42
5	$0^{(30)}$	37	29	∞

H2=h2+30=81+30=111 $c(5,1) = 0^{(30)}$, $c(1,5) = \infty$

Endi esa jadval o‘lchami bittaga kamaytiriladi va avval bajarilgan ishlar qaytadan takroriy bajariladi. Yani jadvaldan 5 – satr va 1 – ustun olib tashlanib yangi jadval tuziladi.

9-jadval:

	2	4	6	
1	0	0	∞	0
3	∞	8	0	0
4	0	∞	42	0
	0	0	0	

h3=81+0=81

Keltirilgan jadval tayyor, davom etamiz:

10-jadval:

	2	4	6
1	$0^{(0)}$	$0^{(8)}$	∞
3	∞	8	$0^{(50)}$
4	$0^{(42)}$	∞	42

H3=h3+30=81+50=131 $c(3,6) = 0^{(50)}$, $c(6,3) = \infty$

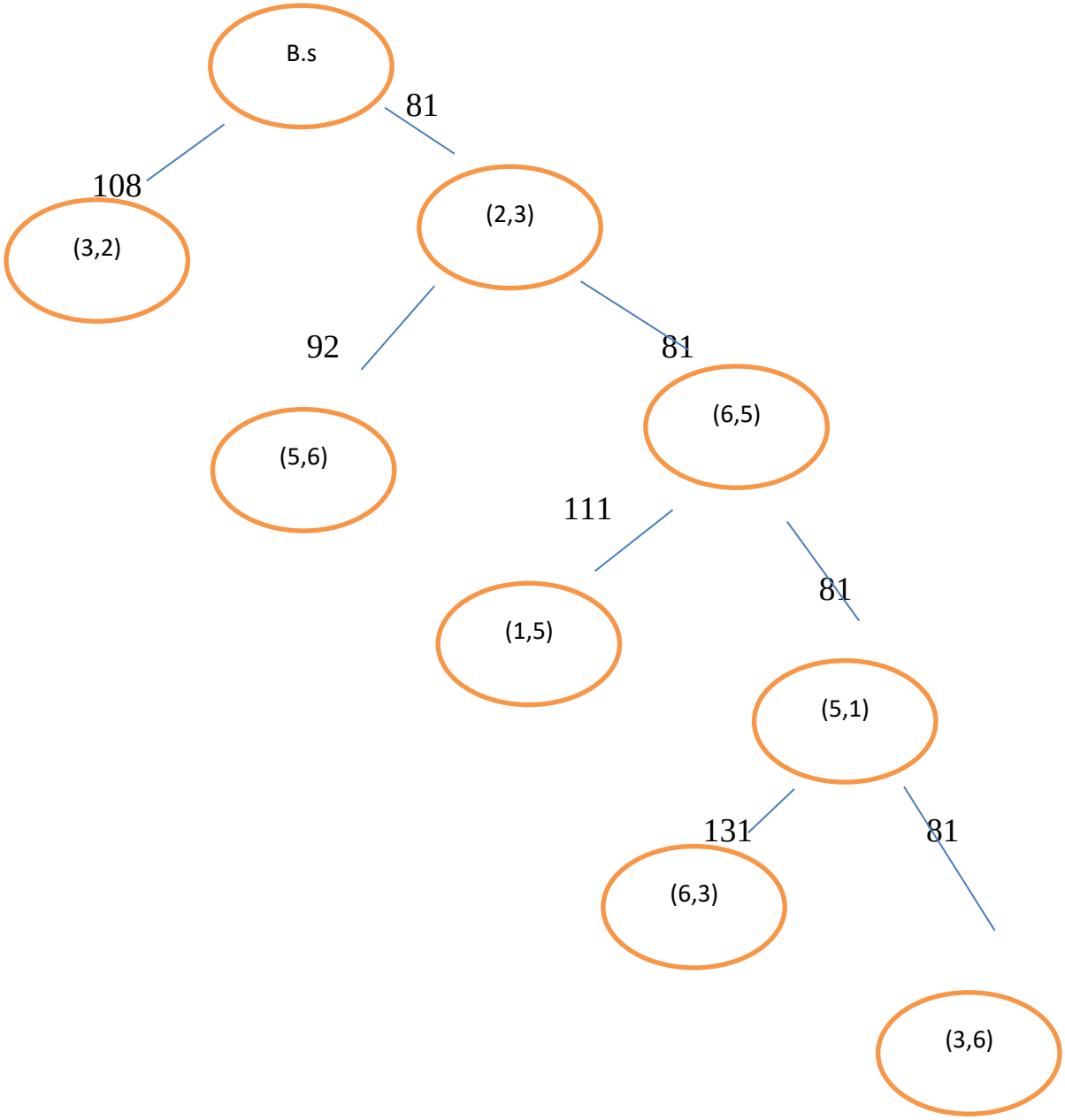
Endi esa jadval o‘lchami bittaga kamaytiriladi va avval bajarilgan ishlar qaytadan takroriy bajariladi. Yani jadvaldan 3– satr va 6 – ustun olib tashlanib yangi jadval tuziladi.

11-jadval:

	2	4
1	∞	0
4	0	∞

h4=81+0=81

Endi masala graflar ko’rinishida tasvirlanadi.



Javob: 1-4-2-3-6-5-1, 19+11+23+24+3+1=81 Demak transport quyidagi marshrut bilan yursa 81 km yo'l bosib o'tar ekan.

NATIJALAR VA MUHOKAMALAR

O'tkazilgan tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, maishiy chiqindilarni yig'ish marshrutlarini Kommivoyajor masalasi (TSP) asosida optimallashtirish transport tizimi samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Hisob-kitoblar orqali topilgan optimal marshrut (1–4–2–3–6–5–1) asosida umumiy bosib o'tiladigan masofa 81 km ni tashkil etdi. Bu

natija berilgan masofa matritsasi bo‘yicha eng kichik qiymat bo‘lib, transport xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi.

Tadqiqot jarayonida tarmoqlar va chegaralar usuli (branch and bound) qo‘llanildi. Ushbu usulning asosiy afzalligi shundan iboratki, u barcha mumkin bo‘lgan variantlarni to‘liq tekshirmasdan turib, eng optimal yoki unga juda yaqin yechimni topishga imkon beradi. Bu esa hisoblash jarayonini yengillashtiradi va vaqt sarfini kamaytiradi.

Mazkur masalaning dolzarbligi hozirgi shaharlarning tez sur’atlarda rivojlanishi bilan bevosita bog‘liq. Aholi sonining ortishi natijasida maishiy chiqindilar hajmi ham keskin oshib bormoqda. Shu sababli chiqindi yig‘ish va tashish tizimini samarali tashkil etish ekologik va iqtisodiy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi. An’anaviy usullar ko‘pincha yuqori yoqilg‘i sarfi, transport tirbandligi va resurslarning samarasiz ishlatilishiga olib keladi.

Tarmoqlar va chegaralar usuli asosida marshrutlarni optimallashtirish esa ushbu muammolarni kamaytirishga xizmat qiladi. Ushbu yondashuv orqali yoqilg‘i sarfini kamaytirish, vaqtni tejash, transport harakatini samarali rejalashtirish hamda ekologik yuklamani pasaytirish mumkin bo‘ladi. Shuningdek, bu usul shahar kommunal xizmatlarining iqtisodiy samaradorligini oshirishga yordam beradi.

Umuman olganda, o‘tkazilgan tadqiqot natijalari shuni tasdiqlaydiki, matematik modellar va optimallashtirish usullarini shahar logistika tizimlariga tatbiq etish “Eco shahar” konsepsiyasini rivojlantirishda muhim rol o‘ynaydi va chiqindilarni boshqarish tizimini yanada samarali qilish imkonini beradi.

XULOSA

Ushbu maqolada “Eco shahar” konsepsiyasi doirasida maishiy chiqindilarni yig‘ish va tashish jarayonini optimallashtirish masalasi Kommivoyajor masalasi (TSP) asosida ko‘rib chiqildi. Tadqiqot davomida shahar chiqindi yig‘ish tizimining matematik modeli tuzildi hamda tarmoqli optimallashtirish usullari orqali eng qisqa marshrutni aniqlash amalga oshirildi.

O‘tkazilgan hisob-kitoblar natijasida transport vositasining optimal harakat yo‘nalishi aniqlanib, umumiy bosib o‘tiladigan masofa minimallashtirildi. Bu esa o‘z

navbatida yoqilg‘i sarfini kamaytirish, vaqtni tejash va ekologik yuklamani pasaytirish imkonini beradi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, Kommivoyajor masalasi kabi kombinator optimallashtirish usullarini kommunal logistika tizimlariga tatbiq etish shahar infratuzilmasi samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Umuman olganda, taklif etilgan yondashuv “Eco shahar” tizimida chiqindilarni boshqarish jarayonini ilmiy asosda optimallashtirishga xizmat qiladi va amaliy jihatdan muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Taha H.A. *Operations Research: An Introduction*. Pearson, 10th Edition, 2017.
2. Hillier F.S., Lieberman G.J. *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill Education, 2015.
3. Dantzig G.B. *Linear Programming and Extensions*. Princeton University Press, 1963.
4. Papadimitriou C.H., Steiglitz K. *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*. Dover Publications, 1998.
5. Lawler E.L., Lenstra J.K., Rinnooy Kan A.H.G., Shmoys D.B. *The Traveling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinatorial Optimization*. Wiley, 1985.
6. Christofides N. *Worst-case analysis of a new heuristic for the travelling salesman problem*. Technical Report, Carnegie Mellon University, 1976.
7. Bunday B.D. *Basic Optimization Methods*. Edward Arnold, 1984.
8. Ahuja R.K., Magnanti T.L., Orlin J.B. *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall, 1993.
9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019–2028-yillarda qattiq maishiy chiqindilar bilan ishlash strategiyasi to‘g‘risidagi qarori.
10. World Bank. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. 2018.