

UO‘K 519.71

NORAVSHAN MUHITDA TRANSPORT MASALASINI YECHISH ALGORITMI

⁺ Primova X.A.¹, Mirzaraxmedov S.Sh.²

¹ Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filialali, Samarqand, O‘zbekiston

² Raqamli texnologiyalar va sun‘iy intellekt rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti, Toshkent, O‘zbekiston

⁺ primova@samuit.uz

Annotatsiya. Ushbu maqolada Noravshan muhitda transport muammosini hal qilish usuli va algoritmi taklif etiladi. Ushbu usulni tushunish va haqiqiy hayotdagi muammolarning noravshan transport modellarida maqbul yechimni topish uchun qo‘llash oson xizmat qiladi. Shuningdek maqolada ishida noravshan uchburchak son yordamida noravshan tashish muammosining maqbul yechimi olinadi. Olingan yechim samaradorligi shahar yo‘lovchi transporti logistik tizimlarining tashkiliy-ishlab chiqarish tuzilmalari, parametrlari qiymatlarini yana yaxshilashga xizmat qiladi. Noravshan muhitda transport masalasini yechish algoritmi ishlab chiqish bilan geometrik dasturlash modelini qurishga yordam beradi va u esa noravshan ma‘lumotlar bilan haqiqiy muammolarni yanada aniqroq hal qilishga xizmat qiladi. Geometrik dasturlash aloqa tizimlari, qurilish muhandisligi, mashinasozlik, konstruksiyalarni lohiyalash va optimallashtirish, kimyo muhandisligi, maqbul boshqaruv, qaror qabul qilish, mashinalar balansi, analog sxemalar, lohiyalash nazariyasi, transport, moliya va pul haqidagi fanlar, boshqaruv haqidagi fanlar, elektrotexnika, elektron muhandislik, atrof-muhit muhandisligi, yadro muhandisligi sohalarida keng joriy etishga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: transport masalasi, noravshan to‘plam, noravshan algoritmi, avtomatlashtirish.

1 KIRISH

Hozirgi kunda dunyodagi barcha yirik shaharlarning transport modellari yaratilgan. AQShda bir milliondan ortiq aholisi bo‘lgan barcha shaharlarning modellari yaratilgan. Germaniya va Gollandiyada 100 mingdan ortiq aholisi bo‘lgan har bir shahar o‘z transport modellariga ega. Tijorat dasturiy majmualari yordamida Nyu-York, Los-Anjeles, London, Parij, Milan va boshqa shaharlarda transport modellari qurildi. MDH chegaralaridan Atlantika okeanigacha deyarli butun Yevropaning transport tarmog‘ining modeli qurilgan. Dunyodagi eng batafsil (eng ko‘p elementlarga ega) transport modeli Germaniyaning transport modelidir. Bundan tashqari, Shveytsariyaning transport modeli ishlab chiqilgan bo‘lib, u Yevropaning qo‘shni davlatlarini tashqi hududlar sifatida ham o‘z ichiga oladi [1-3].

Matematik modellashtirish eng mukammal va shu bilan birga eng samarali modellashtirish usuli hisoblanadi. Aynan modellashtirishning shu usuli matematik tahlil vositalaridan foydalanish imkoniyatlarini ochadi. Tabiiyki, agar modelning o‘zi ko‘rib chiqilayotgan hodisaga yetarlicha mos keladigan bo‘lsa, ya‘ni haqiqiy vaziyatni yetarlicha yaxshi aks ettirsa, modelni o‘rganish natijalari amaliy qiziqish uyg‘otadi [4]. Haqiqatni aniqroq tavsiflash uchun ko‘rib chiqilayotgan hodisaning turli tomonlarini hisobga olgan holda bir nechta modellarni yaratish kerak, ya‘ni ba‘zan ushbu jarayonni to‘liq tavsiflovchi bitta modelni qurishga urinishdan ko‘ra, bir xil ob‘ekt yoki hodisaning bir nechta modellarini qurish maqsadga muvofiqdir. Kelajakda modelni yechish algoritmini topish bosqichida ushbu yondashuv ikki baravar oqlangan.

O‘z navbatida, modellarning har bir guruhiga yechilayotgan masalalarning ma‘lum bir doirasini muvofiqlashtirish mumkin. Bizning holatlarimizda bu quyidagi masalalardan iborat bo‘ladi [5]:

- transportli rejalashtirish;
- yo‘l harakatini tashkillashtirish;
- tashish jarayonini optimallashtirish.

Har bir guruhning o‘z tadqiqot obyekti va ushbu obyektga mos keladigan erkinlik darajalari to‘plami mavjud. Shunga ko‘ra, bu holda bunday obyektlar sifatida quyidagilar olinadi [1,7]:

- transport oqimi;

- transport vositasi;
- yo'lovchi oqimi;
- shakllantirilgan optimallashtirish parametri (maqsad).

[4-6] da modellashtirish transport faoliyatining kompleks jarayonlarini vizual tarzda tasvirlash keltirilgan, bu esa ko'cha-yo'l tarmog'ining uchastkalariga tashqi ta'sirlar natijasida transport oqimlarining qayta taqsimlanishini bashorat qilish imkonini beradi.

Bashorat modellari shaharning oqim hosil qiluvchi obyektlarining ma'lum joylashtirilishi bilan tarmoqlarda transport ishlarining hajmlarini modellashtirish uchun mo'ljallangan. Bashorat modellari yordamida transport talabning o'zgarishi yoki transport taklifining o'zgarishi jarayonida sodir bo'ladigan shahar transport tarmog'idagi o'zgarishlarning oqibatlarini bashorat qilish mumkin. Ushbu turdagi modellar shahar transportini rejalashtirish sohasidagi qarorlarni qo'llab-quvvatlash, transport tarmog'ini rivojlantirish bo'yicha u yoki bu muqobil loyihalarning oqibatlarini tahlil qilish va boshqalar uchun qo'llaniladi. Bashorat modellarini, o'z navbatida, bashorat qilishning asosiy vazifalari bo'yicha ikki guruhga bo'lish mumkin - vaqt bo'yicha bashorat qilish va ma'lum vaqt oralig'ida bashorat qilish.

Harakatlanish intensivligi bashoratlari bu harakatni vaqt bo'yicha imitatsiyalash uchun dastlabki ma'lumotlar bo'lib hisoblanadi. Imitatsiyalash, o'z navbatida, ma'lum bir transport jarayonini optimallashtirishga aniq ehtiyojni keltirib chiqaradi. Turli guruhlar modellarining va vazifalarning bunday aloqasi ularning har birini yaratishda zarur bo'lgan va ularni bitta atama-shaharning transport modeli bilan birlashtirgan ma'lum bir model asoslari haqida gapirishga imkon beradi [7-8].

Bashoratli va imitatsiya modellari o'z algoritmlarida tarmoq bo'yicha harakatlanish yo'nalishlarini tanlashda barcha yo'l harakati ishtirokchilarining asosiy aniqlovchi afzalliklarini hisobga oladi. Transport tarmog'ining yuklanishini bashorat qilish masalasi odatda harakatlanishning o'rtacha xususiyatlarini hisoblashdan iborat, masalan, tumanlararo harakatlar hajmi, oqim intensivligi, transport vositalari va yo'lovchilarni harakatlanish yo'llari bo'ylab taqsimlash va boshqalar. Bundan farqli o'laroq, imitatsiyaviy modellashtirish harakatlanishning barcha tafsilotlarini, shu jumladan jarayonni vaqt bo'yicha rivojlantirishni takrorlashni maqsad qilib qo'yadi. Bunda, transport oqimlarining o'rtacha parametrlari va ularning turli harakatlanish yo'llari bo'yicha taqsimlanishi ma'lum deb hisoblanadi va ushbu modellar uchun boshlang'ich ma'lumotlar bo'lib xizmat qiladi.

Shunday qilib, intensivlikni bashoratlash va imitatsiyaviy modellashtirish bir-birini to'ldiruvchi yo'nalishlardir. Imitatsiya modellari harakat tezligini, chorahalaridagi kechikishlarni, "navbat" yoki "tirbandlik" shakllanishining uzunligi va dinamikasini va harakatlanishning boshqa xususiyatlarini baholashga imkon beradi. Bunday modellardan foydalanish yo'l harakati loyihalarini ishlab chiqishda, svetoforlarni tartibga solish davrlarini optimallashtirishda va hokazolarda maqsadga muvofiq. [4] da shahar ko'cha-yo'l tarmog'ining alohida elementida yo'l harakatini tashkil etishni takomillashtirish muammosi ko'rib chiqilgan. Bunda transport taklifidagi o'zgarishlar muqarrar ravishda boshqa yo'l harakati ishtirokchilaridan tarmoqning ushbu uchastkasiga bo'lgan talabning o'zgarishiga alohida e'tibor qaratilgan.

Shunday qilib, ushbu tadbir o'tkazilgandan keyin o'rnatiladigan shahar bo'ylab transport oqimlarini taqsimlashning yangi bashoratini olish masalasi paydo bo'ladi. Bu masala hozirda optimallashtirish modellari yordamida amalga oshirilmoqda. Keyinchalik esa tarmoq bo'ylab harakatlanishning yangi taqsimoti va ushbu muayyan uchstkada harakatlanishning o'zgargan yuklamalari va hajmlari ham yo'l harakatini tartibga solishni, svetofor obyektlarining ishlashini sozlashni talab qiladi.

Ushbu muammoni hal etish uchun 2-bo'limda noravshan transport algoritmi taklif etilib, 3-bo'limda noravshan transport algoritmi asosida masalani yechish bosqichlari keltirilgan.

2 NORAVSHAN TRANSPORT ALGORITMI

1-bosqich. Noravshan transport masalasini strukturalashtirish va ma'lumotlarni matritsa shaklida, ya'ni noravshan xarajatlar matritsasiga joylashtirish.

2-bosqich. Boshlang'ich bazaviy mumkin bo'lgan yechimni (IBFS) olish. Buning uchun uch xil usul taklif etiladi, xususan:

- noravshan shimoli-g'arbiy burchak usuli,
- eng kam xarajatlar usuli,
- Fuzzy Vogelning taxminiy (yoki penalti) usuli.

Barcha xarajat koeffitsiyentlari noravshan sonlar, barcha talab va takliflar esa aniq sonlar bo'lgan noravshan transport (fuzzy transport) masalasi uchun bu usullarning algoritmlari quyidagicha:

1. Noravshan tashish matritsasining shimoli-g'arbiy burchagidagi katakchadan boshlanadi va iloji boricha birinchi satr va birinchi ustun, ya'ni talab va takliflarning minimal qiymati $\min(a, b_1, 1)$ bo'yicha teng taqsimlanadi.

2. Olingan satr yoki ustun kesib olinadi va keyingi ko'rib chiqishda u e'tiborga olinmaydi.

3. Turli manbalardagi barcha taklif va turli yo'nalishdagi talab qondirilmagunga qadar jarayon takrorlanadi.

2.1 Eng kam xarajatlar usuli

Noravshan transport masalasining maqsadi - noravshan transport xarajatlarini minimallashtirishdan iborat. Bu maqsadga erishish uchun, iloji boricha, transport birligi tashish narxi eng past bo'lgan katakchalar orqali (noravshan transport xarajatlari matritsasi) tashiladi. Eng kam xarajatlar usuli quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1. Butun noravshan transport jadvalida (matritsada) birlik qiymati eng kam bo'lgan katakcha tanlanadi (ya'ni noravshan qiymati $-\tilde{c}_{ij}$ minimal bo'lgan katakcha tanlanadi) va iloji boricha bu katakchaga ajratib olinib, qator yoki ustun olib tashlanadi (ustiga chizib qo'yiladi), talab yoki taklif tugagan har bir qadamda ushbu jarayon amalga oshiriladi. Agar ikkala satr va ustun bir vaqtning o'zida bajarilsa, faqat bittasi chiziladi. Agar eng kichik noravshan birlik narxi yagona bo'lmasa (ya'ni, bir nechta noravshan birlik narxi bir xil bo'lsa), maksimal ajratish mumkin bo'lgan katakcha tanlanadi.

2. Har xil manbalardagi barcha yetkazib berish va turli yo'nalishdagi talab qondirilmaguncha, jarayon noravshan transport jadvalining qolgan qatorlari va ustunlari orasidagi eng past noravshan birlik narxi bilan takrorlanadi.

2.2 Fuzzy Vogelning taqribiy usuli

Vogelning taqribiy usuli - bu evristik usul bo'lib, bunda har bir taqsimlash jarima xarajatlariga asoslanadi, agar minimal transport birligiga ega bo'lgan ma'lum kataklarga taqsimlashlar o'tkazib yuborilgan bo'lsa. Bu usulda ayirmalar shunday bajarilishi kerakki, bunda jarima xarajatlari minimallashtirilishi kerak. Vogelning taqribiy uslubidagi qadamlar quyidalarni o'z ichiga oladi:

- Har bir satr (ustun) uchun jarimalarni bir xil satrda (ustunda) eng kichik va keyingi eng kichik noravshan birliklarni tashishni transport xarajatlari o'rtasidagi farqni hisobga olgan holda hisoblash. Bu farq, agar eng kam noravshan transport xarajatiga ega katakchaga ajratilmagan bo'lsa, to'lanishi kerak bo'lgan jarima narxini ko'rsatadi.

- Eng katta jarimaga ega bo'lgan satrni yoki ustunni tanlash (ya'ni jarima xarajatlari bo'yicha eng katta qiymatga ega bo'lgan satr yoki ustun) va imkon qadar tanlangan satr yoki ustunga eng kam noravshan xarajat bo'lgan katakchani joylashtirish. Agar jarima qiymatlari teng bo'lsa, uni eng katta qiymatni ajratish mumkin bo'lgan katakchani tanlash orqali buzish mumkin.

- Talab va takliflarni tuzatib, qondiriladigan qator yoki ustunni kesib o'tiladi. Agar qator va ustun bir vaqtning o'zida qondirilsa, ulardan faqat bittasi olinadi va qolgan nolinch talab (qilinadigan) yoki talab qilinadigan satr (ustun) keyingi jarimalarni hisoblashda ishlatilmasligi kerak.

- Har xil manbalarda mavjud bo'lgan barcha taklif va turli yo'nalishdagi talab qondirilmagunga qadar 1-3 bosqichlar takrorlanadi.

3 - bosqich. Uch usulning har biri bilan olingan dastlabki yechim quyidagi shartlarga javob berishi shart va yechim maqsadga muvofiq bo'lishi kerak, ya'ni talab va taklifning barcha cheklovlarini qondirishi tekshiriladi:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

Musbat ayirmalar soni $m + n - 1$ ga teng bo'lishi kerak, bunda m - qatorlar soni va n - ustunlar soni. Yuqoridagi shartlarga javob beradigan har qanday yechim degeneratsiyalanmagan asosiy mumkin bo'lgan yechim, aks holda degeneratsiyalangan yechim deb ataladi.

4-bosqich. IBFS (Boshlang'ich bazaviy mumkin bo'lgan yechim)ni optimallashtirish uchun sinovdan o'tkaziladi. Maqbul yechim noravshan UV usulida topiladi.

3 NORAVSHAN MUHITDA YECHISH ALGORITMI VA HISOBLASH TAJRIBASI

Jo'nash nuqtasi A_i va iste'mol nuqtasi kesishmasidagi katakchalarda yuklarni tegishli jo'nash joyidan mos keladigan iste'mol nuqtasiga B_j tashish uchun shartli birliklarda xarajatlar keltirilgan jadval tuzamiz (1-jadval).

1-jadval. Transport masalasining shartlari

Jo'nash manzili	Belgilangan joy				Taklif
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	
A ₁	(1, 2, 3)	(4, 5, 6)	(5, 6, 7)	(3, 4, 5)	(30, 40, 50)
A ₂	(1, 2, 3)	(3, 4, 5)	(4, 5, 6)	(1, 2, 3)	(50, 60, 70)
A ₃	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(3, 4, 5)	(0, 1, 2)	(90, 100, 110)
Talab	(25, 35, 45)	(25, 35, 45)	(70, 80, 90)	(40, 50, 60)	

Minimal element qoidasini qo'llagan holda tashishlarning dastlabki rejasini tuzamiz:

- jadvaldagi barcha katakchalardan transport xarajatlari minimal bo'lgan katakchani tanlaymiz. Bu katakchalar $-A_3B_4$. Unga mos keladi $c_{34} = R(0,1,2)$ narx mos keladi. Ushbu katakcha jo'nash nuqtasi A_3 va iste'mol nuqtasiga B_4 mos keladi. Bir nuqtadagi A_3 yuk zaxirasi $R(90,100,110)$ birlikka, B_4 nuqtadagi yukga bo'lgan talab esa $R(40,50,60)$ birlikka teng.

- B_4 nuqta ehtiyojini A_3 hisobiga qanoatlantiramiz: A_3B_4 katakchani pastki o'ng burchagiga $R(40,50,60)$ sonini yozamiz, $R(0,1,2)$ ga teng xarajatni doiraga olamiz.

- endi, minimal element qoidasiga ko'ra, minimal elementga ega keyingi katakchani ustundan yoki o'tilgan A_3B_4 katakcha joylashgan qatordan izlash kerak. Bizning holatda, $R(40,50,60)$ yuk birligi jo'nash joyida A_3 foydalanilmay qoldi, shuning uchun, biz chiqish nuqtasiga mos keladigan chiziqda eng kam xarajat bilan keyingi katakchani qidiramiz A_3 . Bu minimal xarajatga $c_{31} = R(1,2,3)$ ega bo'lgan katakchadir $-A_3B_1$. Iste'mol nuqtasi B_1 ga $R(25,50,60)$ yuk birligi talab qilinadi. B_1 nuqtasining ehtiyojini A_3 hisobiga qondiraylik: A_3B_1 katakchani pastki o'ng burchagiga $A_3B_1R(25,35,45)$ sonini yozamiz va $R(1,2,3)$ xarajatni doira ichiga olamiz.

- shundan keyin, ustun bo'ylab yoki A_3B_1 katakcha joylashgan qator bo'ylab harakat qilishimiz kerak. A_3 jo'nash nuqtasida $R(5,15,25)$ yuk birligi foydalanilmay qoldi. Shuning uchun biz yana satr bo'ylab harakat qilamiz va $c_{32} = R(2,3,4)$ minimal xarajatga ega bo'lgan A_3B_2 katakchani topamiz. A_3 jo'nash nuqtasida qolgan $R(5,15,25)$ birliklarni B_2 iste'mol nuqtasiga yuboramiz, A_3B_2 katakchani pastki o'ng burchagiga $R(5,15,25)$ sonini yozamiz va $R(2,3,4)$ xarajatni doira ichiga olamiz.

- yana bir bor biz ustun bo'ylab yoki o'tilgan katakcha joylashgan qator bo'ylab harakat qilishimiz kerak. Biz A_3B_2 o'tilgan katakchada A_3 jo'nash nuqtasidagi yuk zaxiralari tugagan, shuning uchun biz ustun bo'ylab harakatlanamiz. Biz A_2 jo'nash nuqtasiga to'g'ri keladigan satrga A_2B_2 katakchaga yetib kelamiz, bu ustunda minimal transport xarajatlari $c_{32} = R(2,3,4)$ ga teng. B_2 iste'mol nuqtasida $R(10,20,30)$ birliklar qondirilmagan ehtiyojlarga ega. Biz ushbu ehtiyojlarni A_2 jo'nash nuqtasi hisobidan qondiramiz: A_2B_2 katakchani pastki o'ng burchagiga $R(10,20,30)$ sonini kiritamiz va $R(3,4,5)$ qiymatini doira ichiga olamiz.

- A_2 jo'nash nuqtasida sarflanmagan $R(30,40,50)$ birliklar mavjud. A_2B_3 katakchaga tushamiz.

$$z(x) = R(5,6,7) * R(30,40,50) + R(3,4,5) * R(10,20,30) + R(3,4,5) * R(10,20,30) + R(4,5,6) * R(30,40,50) + R(1,2,3) * R(25,35,45) + R(2,3,4) * R(5,15,25) + R(0,1,2) * R(40,50)$$

B_1, B_2 va B_4 iste'mol nuqtalarining ehtiyojlari qondirilgan, shuning uchun B_3 iste'mol nuqtasi tomonidan talab qilinadigan $R(30,40,50)$ birliklar ushbu nuqtaga yuboriladi, A_2B_3 katakchani pastki o'ng burchagida $R(30,40,50)$ raqamini kiritamiz, va $R(4,5,6)$ xarajatni doira ichiga olamiz.

- A_2 jo'nash nuqtasida joylashgan barcha zaxiralar tugadi, shuning uchun ustun bo'ylab harakatlanamiz va A_1 jo'nash nuqtasiga mos keladigan A_1B_3 katakchaga tushamiz. Bu nuqtada yuklarning zahirasi $R(30,40,50)$ birlikni, B_3 iste'mol nuqtasidagi yuklarga bo'lgan qondirilmagan talab ham $R(30,40,50)$ birlikni tashkil qiladi. B_3 nuqtaning ehtiyojini A_1 nuqta hisobiga qanoatlantiramiz, A_1B_3 katakchani pastki o'ng burchagiga $R(30,40,50)$ sonini yozamiz va $R(5,6,7)$ tashish narxini doira ichiga olamiz.

Shu bilan barcha iste'mol nuqtalaridagi ehtiyojlar qondiriladi va barcha jo'nash nuqtalaridagi zaxiralar tugaydi.

Dastlabki tashish rejasiga mos keladigan chiziqli shakldagi qiymatni topamiz:
 $z(x) = R(5,6,7) \cdot R(30,40,50) + R(3,4,5) \cdot R(10,20,30) + R(4,5,6) \cdot R(30,40,50) + R(1,2,3) \cdot R(25,35,45) + R(2,3,4) \cdot R(5,15,25) + R(0,1,2) \cdot R(40,50,60) = R(640,685,710)$.

Transport modellari xarajatlarni kamaytirish uchun logistika va talab va taklif zanjirida keng qo'llaniladi. Ushbu ishda biz noravshan uchburchak son yordamida noravshan tashish masalasining maqbul yechimini oldik. Maqbul yechimni olish uchun noravshan uchburchak sonlar bilan bajariladigan arifmetik amallardan foydalanildi.

Shahar yo'lovchi transporti yo'nalishlarini bashoratlash model va algoritmlarini yechish uchun yuqori darajadagi obyektga yo'naltirilgan PAYTON dasturlash tilida dasturiy majmua yaratildi.

Dasturiy majmua to'plami uchta asosiy moduldan iborat:

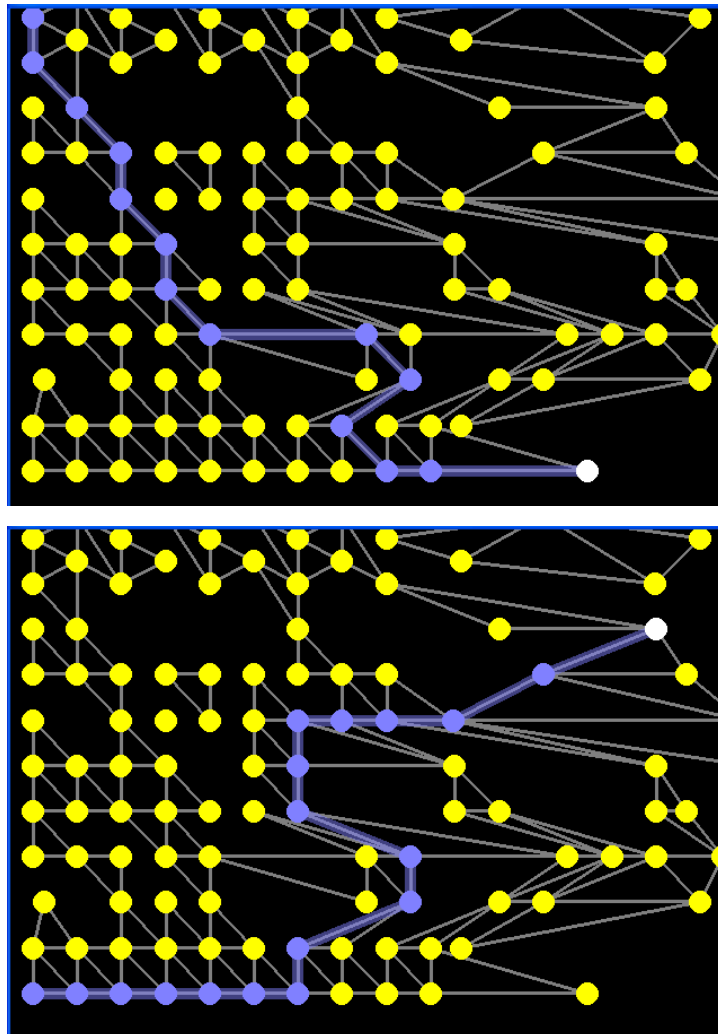
- tarmoq menejeri;
- yo'nalishni izlash moduli;
- aloqa tarmog'ini vizualizatsiya qilish moduli.

Dasturning kirishiga tarmoq beriladi - graf (N, E) , E dan har bir yoy uchun parametrlar to'plami, yo'nalish qurilayotgan xizmat.

Shuningdek, qaysi ulanish parametrlari (E - dan chiqqan yoyning) mezonlarga va qaysilari cheklolarga tegishli ekanligi ko'rsatilgan. Tanlangan mezonlar uchun ahamiyatga ega bo'lgan $n-1$ miqdoriy yoki intervalli baholashni ko'rsatish kerak.

Mezonlarning ahamiyatini miqdoriy baholash usulida ham, mezonlarning ahamiyatini intervalli baholash usulida ham barcha mezonlarning barcha qiymatlarini bir xil shkalaga keltirish kerak. Buning uchun yuqorida tavsiflangan normallashtirish protsedurasi qo'llaniladi.

Tizimga yuklangan tarmoqning namunasi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Marshrutlash masalasini yechish

Taklif etilayotgan yondashuvlar nafaqat masalani aniqroq yechish, balki yo'nalishning texnik xususiyatlaridan tashqari uning narxi, ishonchiligi va boshqa parametrlarini ham hisobga olishga imkon beradi. Shahar yo'lovchi transporti faoliyatining zamonaviy sharoitlarida shahar yo'nalish tarmoqlarini optimallashtirish jarayoni ham yo'lovchilarning, ham tashuvchilarning manfaatlarini hisobga olishi kerak. Bunday holda, yo'nalish tarmoqlarini optimallashtirish jarayoni butun shahar yo'lovchi transportining yo'nalish tarmoqlari tizimining samaradorligini oshiradi. Tadqiqotda taqdim etilgan shahar yo'lovchi transportining yo'nalish tarmoqlarini optimallashtirish usullarining tahlilini o'rganilayotgan sohada fanni yanada rivojlantirish foydali bo'lishi mumkin. Shahar yo'lovchi transportining yo'nalish tarmoqlarini optimallashtirish usullarini rivojlantirishning aniqlangan xususiyatlari shahar yo'lovchi transportining yo'nalish tarmoqlarini optimallashtirish sohasidagi nazariy ishlanmalar uchun ham, shahar yo'lovchi transportining yo'nalish tarmoqlarini optimallashtirish jarayonini amaliy jihatdan amalga oshirish uchun ham asos sifatida foydalanilishi mumkin.

4 XULOSA

Noravshan muhitda transport muammosini hal qilish usuli va algoritmi taklif etildi. Noravshan transport muammosi hal qilindi, hisoblash tajribasi o'tkazildi va taklif qilingan usulni tasvirlash uchun natijalar olindi. Ushbu usulni tushunish va haqiqiy hayotdagi muammolarning noravshan transport modellarida maqbul yechimni topish uchun qo'llash oson.

Maqolada qo'yilgan maqsadga erishildi. Mualliflar tomonidan xronologik tartibda o'rganilgan va tahlil qilingan bugungi kunda shahar yo'lovchi transportining yo'nalish tarmoqlarini optimallashtirish usullari keltirilgan. Olingan tahlil natijalari asosida xulosa qilishimiz mumkinki, o'rganilayotgan sohadagi ilm-fan asosan shahar yo'lovchi transportining yo'nalish tarmoqlarini optimallashtirishning matematik modellari va dasturiy va hisoblash vositalarini takomillashtirish orqali rivojlanishda davom etmoqda. Shahar yo'lovchi transportining yo'nalish tarmoqlarini optimallashtirish jarayonining xususiyatlari aniqlandi.

Geometrik dasturlash aloqa tizimlari, qurilish muhandisligi, mashinasozlik, konstruksiyalarni lohihalash va optimallashtirish, kimyo muhandisligi, maqbul boshqaruv, qaror qabul qilish, mashinalar balansi, analog sxemalar, lohihalash nazariyasi, transport, moliya va pul haqidagi fanlar, boshqaruv haqidagi fanlar, elektrotexnika, elektron muhandislik, atrof-muhit muhandisligi, yadro muhandisligi sohalarida keng joriy etishga yordam beradi.

ADABIYOTLAR

- [1] *Lohse D.* Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2: Verkehrsplanung, 2. Aufgabe, Berlin, Verlag für Bauwesen GmbH, 1997. 326 c.
- [2] *Якимов М.Р.* Общий алгоритм работы четырехшаговой транспортной модели // Вестник Иркутского государственного технического университета. –2011. – № 1 (48). С. 132–138.
- [3] *Ortuzar J.D., Willumsen L.G.* Modeling Transport. John Wiley & Sons Ltd, 2001. 594 p.
- [4] *Швецов В.И.* Математическое моделирование загрузки транспортных сетей / В.И. Швецов, А.С. Алиев. – М.: URSS, 2003. 64 с.
- [5] *А.Б. Киселев, А.В. Кокорева и др.* Математическое моделирование автотранспортных потоков на регулируемых дорогах // Прикл. матем. и механ. (ПММ). – 2004. – Т. 68. – Вып. 6. – С. 1047–1054.
- [6] *Мухамедиева Д.Т., Мирзаракмедов С.Ш.* Тартиблаш функциясида фойдаланган холда норавшан транспорт масаласини оптимал ечиш. Фарғона Политехника институти. «Илмий – техника журнали» 2022 йил, том 26. № 3. стр.43-48.
- [7] *D.T. Muxamediyeva and S.Sh. Mirzaraxmedov.* Fuzzy optimization of route networks urban passenger transport. Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, Tashkent, Uzbekistan, Research Institute for the Development of Digital Technologies and Artificial I// E3S Web of Conferences 365, 05003 (2023). CONMECHYDRO-2022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336505003intelligence>, Tashkent, Uzbekistan.
- [8] *Mirzaraxmedov S.Sh., Primova X.A., G'aybulov Q.M.* Yo'lovchi transport oqimlarini manzillarga yetkazish faoliyatini immitatsion modellashtirish. Memorchilik va qurilish muammolari ilmiy-texnik jurnal. SamDAKU 2025y, №2, 156-161 betlar.

Поступила в редакцию 20.09.2025

Citation: *Primova X.A., Mirzaraxmedov S.Sh.* (2026). Noravshan muhitda transport masalasini yechish algoritmi. Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. 9(1). – B. 96-102. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v9i1.328>.

ALGORITHM FOR SOLVING TRANSPORT PROBLEMS IN A FUZZY ENVIRONMENT

Primova Kh.A.¹, Mirzarakhmedov S.Sh.²

¹ Samarkand branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Samarkand, Uzbekistan

² Digital Technologies and Artificial Intelligence Development Research Institute, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. This article proposes a method and algorithm for solving a transportation problem in a fuzzy environment. This method is easy to understand and use, allowing for finding optimal solutions to real-world problems in fuzzy transportation models. The article also obtains an optimal solution to a fuzzy transportation problem using a fuzzy triangular number. The effectiveness of the resulting solution will contribute to the further improvement of organizational and production structures and parameter values for urban passenger transportation logistics systems. Developing an algorithm for solving a transportation problem in a fuzzy environment will help construct a geometric programming model that will enable more accurate solutions to real-world problems with fuzzy data. Geometric programming will find wide application in communication systems, civil engineering, mechanical engineering, design and optimization of structures, chemical engineering, optimal control, decision making, machine balancing, analog circuits, design theory, transportation, finance and monetary sciences, management sciences, electrical engineering, electronics, environmental engineering, and nuclear engineering.

Keywords: transport problem, fuzzy model, fuzzy algorithm, geometric programming, routing, automation.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ В НЕЧЕТКОЙ СРЕДЕ

Примова Х.А.¹, Мирзарахмедов С.Ш.¹

¹ Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, Самарканд, Узбекистан

² НИИ развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В данной статье предлагается метод и алгоритм решения транспортной задачи в нечеткой среде. Этот метод прост для понимания и использования, позволяя находить оптимальные решения реальных задач в нечетких транспортных моделях. Также в статье получено оптимальное решение нечеткой транспортной задачи с использованием нечеткого треугольного числа. Эффективность полученного решения послужит дальнейшему совершенствованию организационно-производственных структур и значений параметров логистических систем городского пассажирского транспорта. Разработка алгоритма решения транспортной задачи в нечеткой среде поможет построить модель геометрического программирования, которая позволит более точно решать реальные задачи с нечеткими данными. Геометрическое программирование найдет широкое применение в системах связи, гражданском строительстве, машиностроении, проектировании и оптимизации конструкций, химической инженерии, оптимальном управлении, принятии решений, балансировке машин, аналоговых схемах, теории проектирования, транспорте, финансах и денежно-кредитных науках, управленческих науках, электротехнике, электронике, экологической инженерии, ядерной инженерии.

Ключевые слова: транспортная задача, нечеткая модель, нечеткий алгоритм, геометрическое программирование, маршрутизация, автоматизация.