GWO (KULRANG BO‘RI) ALGORITMIDAN FOYDALANIB KANAL TIZIMLARIDA SUV RESURSLARINI OPTIMAL TAQSIMLASH.

Abduraxmonov Olim Ne’matullayevich

O‘zbekiston Milliy universiteti Hisoblash matematikasi va axborot tizimlari kafedrasi katta o‘qituvchisi, E-mail: abdalim83@mail.ru

K E Y W O R D S

Kulrang bo‘ri, populyatsiya, ierarxiya, optimallashtirish, cheklov, o‘lja

A B S T R A C T

Kulrang bo‘ri optimizatori (GWO) populyatsiyaga asoslangan metaevristik algoritm bo‘lib, kulrang bo‘rilarning ierarxiya ko‘rinishida ov qilish mexanizmiga asoslangan sun’iy intellekt algoritmi hisoblanadi. GWO algoritmining soddaligi, moslashuvchanligi va sozlanadigan parametrlari kamligi sababli, u keng ko‘lamli optimallashtirish masalalarida qo‘llaniladi. Shu bilan birga qidiruv ko‘nikmalarining sustligi, lokal optimumlarda turg‘unlik va yaqinlashish tezligining pastligi kabi ba’zi kamchiliklarga ham ega. Algoritmning qishloq xo‘jaligi suv resurslarini boshqarish bo‘yicha moslashuvchanligi yetarli darajada o‘rganilmagan. Suvni tejash texnologiyalarini jadal rivojlantirish hamda kanal tizimlarida suv uzatish va taqsimlash samaradorligini oshirish muhim ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqot qo‘lda boshqarishning murakkabligi, yakuniy kanal tizimini umumiy optimallashtirish, suv resurslaridan foydalanish samaradorligining pastligi va boshqaruv samaradorligining yetarli emasligi kabi muammolarni hal qilishga qaratilgan.

KIRISH

Ma’lum bir tizimda xarajat yoki vaqt sarfi kabi ba’zi mezonlarni maksimallashtirish yoki minimallashtirish jarayoni optimallashtirish deb ataladi. Optimallashtirish masalasining murakkabligi, optimallashtirilishi kerak bo‘lgan muammo o‘zgaruvchilari soni bilan ortib boradi. Optimallashtirishning turli xil usullari orasida metaevristika optimallashtirish sohasida ayniqsa mashhur bo‘lib, muhandislik, fan, iqtisodiyot, boshqaruv va tijorat kabi turli sohalarda qo‘llaniladi. Metaevristik algoritmlar oqilona vaqt oralig‘ida eng yaxshi optimal yechimni topish uchun ishlatiladi, bu optimallashtirish muammolaridan voz kechish mumkin.

Irrigatsiya kanal tizimlarining aksariyati ko‘p pog‘onali kanallardan iboratligi an’anaviy suv taqsimlash usullari ko‘proq suv sizib ketishi, suvni samarasiz tashlab yuborish, shlyuzlarni tez-tez sozlashga ehtiyoj tug‘ilishi, mahalliy sug‘orishda suv yetishmovchiligi kabi holatlarni keltirib chiqarishi mumkin. Shu holatlarni bartaraf etishda, tadqiqotchilar odatda kanal tizimlarining optimal suv taqsimlash modelini qurish va uni yechish orqali muammoni hal etishni taklif etadilar. Kanal tizimlarida optimal suv taqsimlash bo‘yicha tadqiqotlar dastlab oddiy deterministik mantiqiy qarorlardan boshlangan, keyinchalik chiziqsiz texnologiyalar [1] kiritilgan, hozirda esa noaniq sharoitlarni hisobga olgan holda suv resurslaridan samarali foydalanishni yo‘lga qo‘ymoqda [2,3].

Ilk qarorlar ko‘pincha 0–1 butun sonli dasturlash, dinamik dasturlash va katta tizimlarni ierarxik boshqarish kabi chiziqli butun sonli dasturlash modellarini qo‘llagan[4]. Asosiy kanal teng oqimga ega quvurlar guruhidan iborat va bu quvurlardagi oqim quyi kanal oqimiga teng bo‘lishini faraz qilgan holda 0–1 chiziqli dasturlash modelini ishlab chiqilgan. Bu yondashuv kanal sizib ketish yo‘qotishlari va muhandislik xarajatlarini kamaytirishga qaratilgan edi. Kiyinchali foydalanuvchi tomonidan belgilangan taqsimlash vaqtida har bir quyi kanalning suv talabi kiritilgan modellarni ishlab

© *Abduraxmonov Olim Ne’matullayevich*

chiqildi[5,6]. Bu orqali rotatsion sug'orish davrida quyi kanallarga suv berish va haqiqiy ehtiyoj o'rtasidagi tafovutlik hosildorlikning kamayishi muammosini bartaraf etdi.

Maqsad — suv taqsimoti vaqti qisqa bo'lgan, suv yo'qotilishi eng kam bo'lgan, suvdan samarali foydalanishni ta'minlovchi va mehnat talabini kamaytiruvchi optimal sug'orish guruhlarini shakllantirishdir. Ushbu tadqiqot sug'oriladigan hududlarda suv resurslarini boshqarish va taqsimlashni optimallashtirish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

USULLAR VA NATIJALAR

Kanal tizimida yuzaga keladigan umumiy sizot (suv yo'qotilishi) miqdorini minimallashtirish optimallashtirish maqsadi sifatida qabul qilingan holda, suv taqsimoti uchun optimallashtirish modeli ishlab chiqiladi[7,8]. Modelda quyi darajadagi kanallarni rotatsion sug'orish guruhlariga ajratish va suv uzatish davomiyligini belgilash esa qaror o'zgaruvchilari sifatida ko'rib chiqiladi.

Maqsad funksiyasi:

$$Z = min \sum_{i=1}^{M} \left(\beta A L Q_s^{1-m} \frac{t_i^*}{100} + \sum_{j=1}^{N} \beta A L_j (q_j^*)^{1-m} \frac{t_i^*}{100} X_{ij} \right), \quad (1)$$

bu yerda: *Z*–suv uzatishda sizib chiqish orqali yo'qotiladigan suv hajmi (m^3), *β*-kanal qoplamasining sizib chiqishni yo'qotilishi uchun kamaytiruvchi koeffitsient, *A*-tuproq o'tkazuvchanlik koeffitsienti, *L*-tarmoq kanalining umumiy uzunligi (km), Q_s-tarmoq kanalining tarqatish sarfi (m^3/s), *m*-tuproq o'tkazuvchanlik ko'rsatkichi, t_i^*-*i*–guruh sug'orish davomiyligi (soat), L_j-*j*–kanal uzunligi (km), q_j^*-*j*–kanalning loyihaviy sarfi

x_{ij}-*j*–kanal *i* – sug 'orish guruhiga tegishli ekanligini bildiradi

Cheklovlar:

Aylanish davri cheklovi: $\sum_{i=1}^{M} t_i^* \leq T$ -har bir sug'orish guruhi uchun umumiy taqsimot vaqti aylanish davridan oshmasligi kerak.

Suv miqdori cheklovi: $W_j = q_j^* t_i^*$-kanal sarfi va vaqt ko'paytmasi maksimal darajada suv talabiga teng bo'lishi kerak.

Oqim cheklovi: $\sum_{i=1}^{M} q_i^* x_{ij} \leq Q_s$-pastki kanallar oqimining yig'indisi yuqori kanalning tarqatish sarfidan oshmasligi kerak

Quyi kanallar sig'imi: $0.6q_j \leq q_j^* \leq 1.3q_j$-har bir kanal sizib chiqish yoki loyqa to'planmasligiga yo'l qo'ymasligi kerak.

Kanal tayinlash cheklovi: $\sum_{i=1}^{M} x_{ij} = 1$ - har bir tarmoq kanal faqat bitta sug'orish guruhiga mansub bo'lishi mumkin.

GWO algoritmining tuzilishi.

Kulrang bo'ri optimallashtirish algoritmi eng yaxshi yechimni izlash, baholash va yangilash uchun ishlatiladi.
Asosiy tamoyillar:

Bo'rilar 4 toifaga bo'linadi: α- eng yaxshi yechim, β- ikkinchi eng yaxshi, δ- uchinchi eng yaxshi, ω- qolganlar.

Algoritm 3 bosqichdan iborat:

O'ljani izlash (searching prey) – muammoning eng yaxshi yechimini qidirish.
O'ljani qurshab olish (encircling prey) – topilgan yechimlar asosida pozitsiyalarni yangilash.
Ov qilish (attacking prey) – yechimlarni birlashtirib, global optimalga yaqinlashish.

O'ljani izlash formulalari:

Bo'ri to'dalari moslashuv qiymatlariga ko'ra tartiblanadi va moslashuv qiymatlari eng kattadan eng kichigigacha bo'lgan bo'rilar pozitsiyalari X_α, X_β va X_δ sifatida qayd etiladi. O'ljaning joylashuvi aniqlangandan so'ng, bo'rilar pozitsiyasi yangilanadi.

$$\vec{D} = \left| \vec{C} \cdot \vec{X}_p(t) - \vec{X}(t) \right| \quad (2)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (3)$$

Bu yerda t - algoritmning joriy iteratsiyalar soni, "·" - vektorlarning skalyar ko'paytmasi, "||"

© Abduraxmonov Olim Ne'matullayevich

- vektorning har bir komponentining absolyut qiymati,
$\vec{X}(t)$ - bo'rining joriy pozitsiyasi, $\vec{X}_p(t)$ - o'ljaning joriy pozitsiyasi, $\vec{D}$-bo'ri bilan o'lja orasidagi masofa, $\vec{X}(t+1)$ - bo'rining yangilangan pozitsiyasi,
$\vec{A}$ va $\vec{C}$ esa quyidagi formulalar orqali hisoblanadigan koeffitsient vektorlardir.

$$a = 2 - t \times \left(\frac{2}{\text{maxIter}} \right) \quad (4)$$

$$|\vec{A}| = 2 \times a \times r_1 - a \quad (5)$$

$$C = 2r_2 \quad (6)$$

$$r_1 = rand(0,1) \quad (7)$$

$$r_2 = rand(0,1) \quad (8)$$

bu yerda a, 2 dan 0 gacha chiziqli kamayuvchi yaqinlashish koeffitsiyenti, iteratsiyalarda *t* ortib boradi va *maxlter* - maksimal iteratsiyalar soni.

O'ljani qurshab olish:

Bo'rilar o'ljani ta'qib qilish jarayonida har bir iteratsiyada avvalgi bosqichda aniqlangan eng yaxshi uchta bo'rining (α, β va δ) pozitsiyalari saqlab qolinadi. Keyingi iteratsiyada bo'ri populyatsiyasi aynan shu uch pozitsiya haqidagi ma'lumotdan foydalanib, o'ljaning taxminiy joylashuvini aniqlaydi va o'z pozitsiyasini shunga mos ravishda yangilaydi. Natijada, bo'rilar bosqichma-bosqich o'ljaga yaqinlashadi. Ov jarayonining sxematik ko'rinishi 1-rasmda keltirilgan.

Alohida bo'rilar pozitsiyasining yangilanishi quyidagi formulalar orqali ifodalanadi:

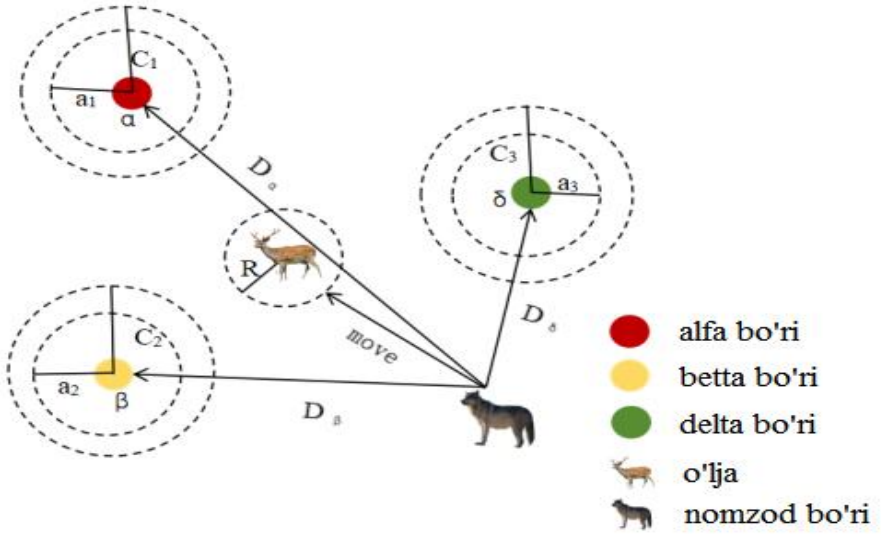
$$\vec{D}_\alpha = \left| \vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\alpha(t) - \vec{X}(t) \right|, \quad \vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha(t) - \vec{C}_1 \cdot \vec{D}_\alpha \quad (9)$$

$$\vec{D}_\beta = \left| \vec{C}_2 \cdot \vec{X}_\beta(t) - \vec{X}(t) \right|, \quad \vec{X}_2 = \vec{X}_\beta(t) - \vec{C}_1 \cdot \vec{D}_\beta \quad (10)$$

$$\vec{D}_\delta = \left| \vec{C}_3 \cdot \vec{X}_\delta(t) - \vec{X}(t) \right|, \quad \vec{X}_3 = \vec{X}_\delta(t) - \vec{C}_1 \cdot \vec{D}_\delta \quad (11)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (12)$$

bu yerda: $\vec{D}_\alpha$, $\vec{D}_\beta$va $\vec{D}_\delta$— nomzod bo'rining mos ravishda α, β va δ bo'rilargacha bo'lgan joriy masofalarini anglatadi. $\vec{X}_\alpha$ $\vec{X}_\beta$va $\vec{X}_\delta$ - α, β va δ bo'rilarining fazoviy joylashuv koordinatalarini bildiradi. $\vec{X}_1$ $\vec{X}_2$va $\vec{X}_3$ lar bo'lsa mos ravishda α, β va δ bo'rilari uchun o'zgarish kiritilganidan keyin yangilangan pozitsiyalarni ifodalaydi.

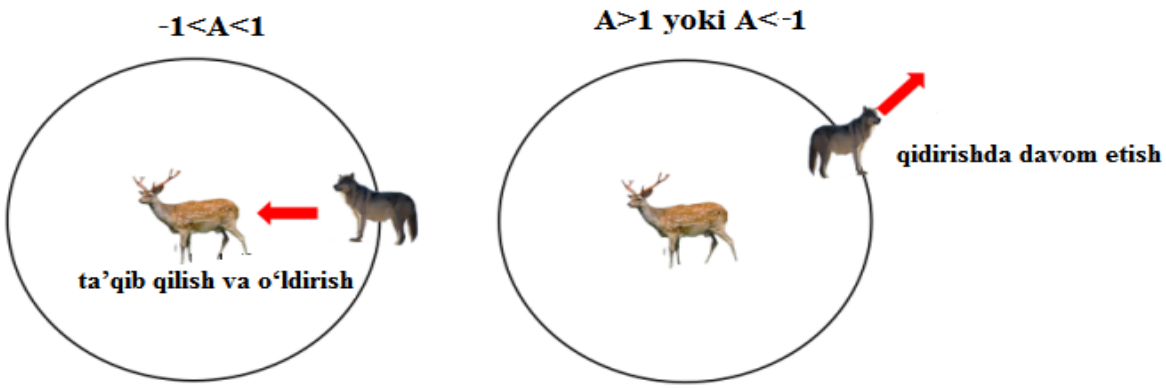


1-rasm. *Kulrang bo'ri algoritmi bo'yicha har bir kulrang bo'rining joylashuvini yangilashning sxematik tasvirlanishi*

© Abduraxmonov Olim Ne'matullayevich

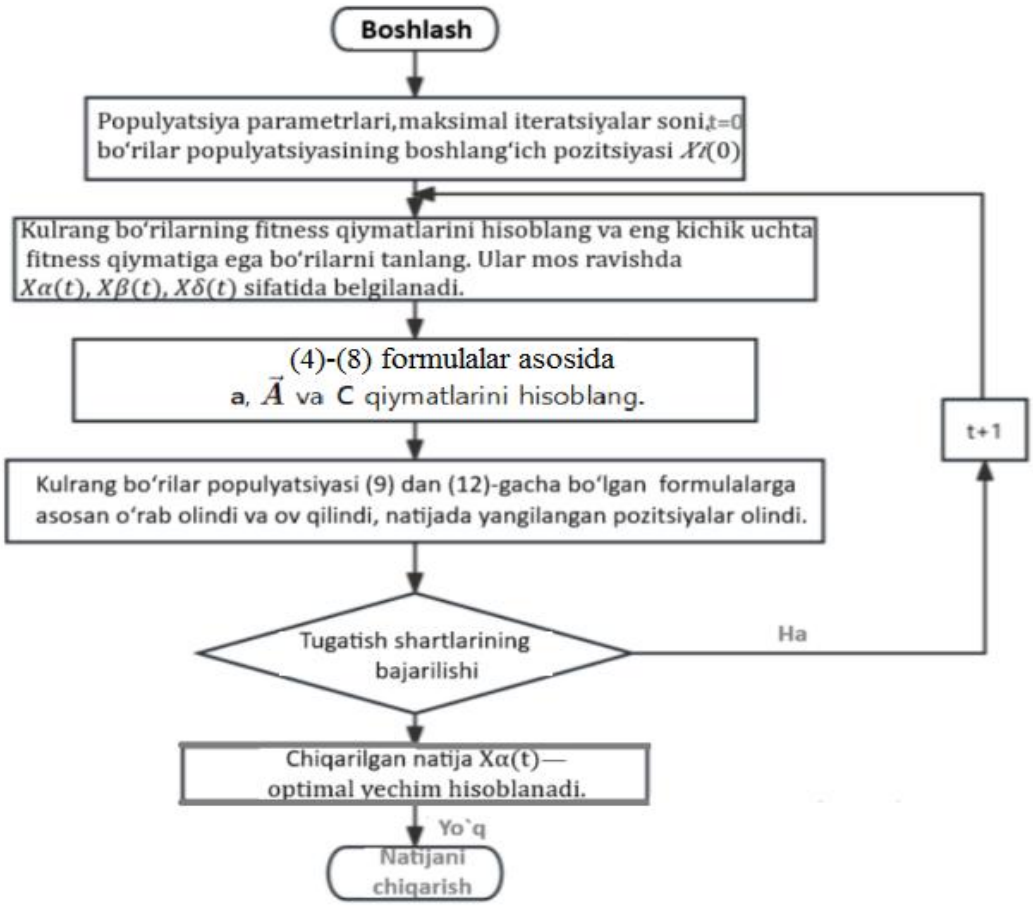
Hujum qilish uchun o‘lja qidirish:

|A| qiymatini 1 dan katta yoki −1 dan kichik qilib sozlash orqali bo‘ri o‘ljadan ma’lum masofada ushlab turiladi. Bu esa bo‘riga o‘z joylashuvini o‘zgartirgan holda eng qulay o‘ljani qidirish imkonini beradi. Bu qidiruv mexanizmining sxematik ko‘rinishi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. *Kulrang bo‘ri algoritmidagi kulrang bo‘ri hujumini izlash usulining sxematik tasvirlanishi.*

Har bir iteratsiyadan kiyin o‘z pozitsiyasini o‘zgartirib boradigan bo‘rilar jamoasi aniq yechimga yaqinlashishi, tarmoq kanallariga bo‘lib beriladigan suv miqdorining yo‘qotilishi eng kam holat (1) ga olib kelinishi bilan izohlanadi. Quyidagi blok sxemadan GWO algoritmining iteratsiya bo‘yicha bajarilishi ko‘rish mumkin.



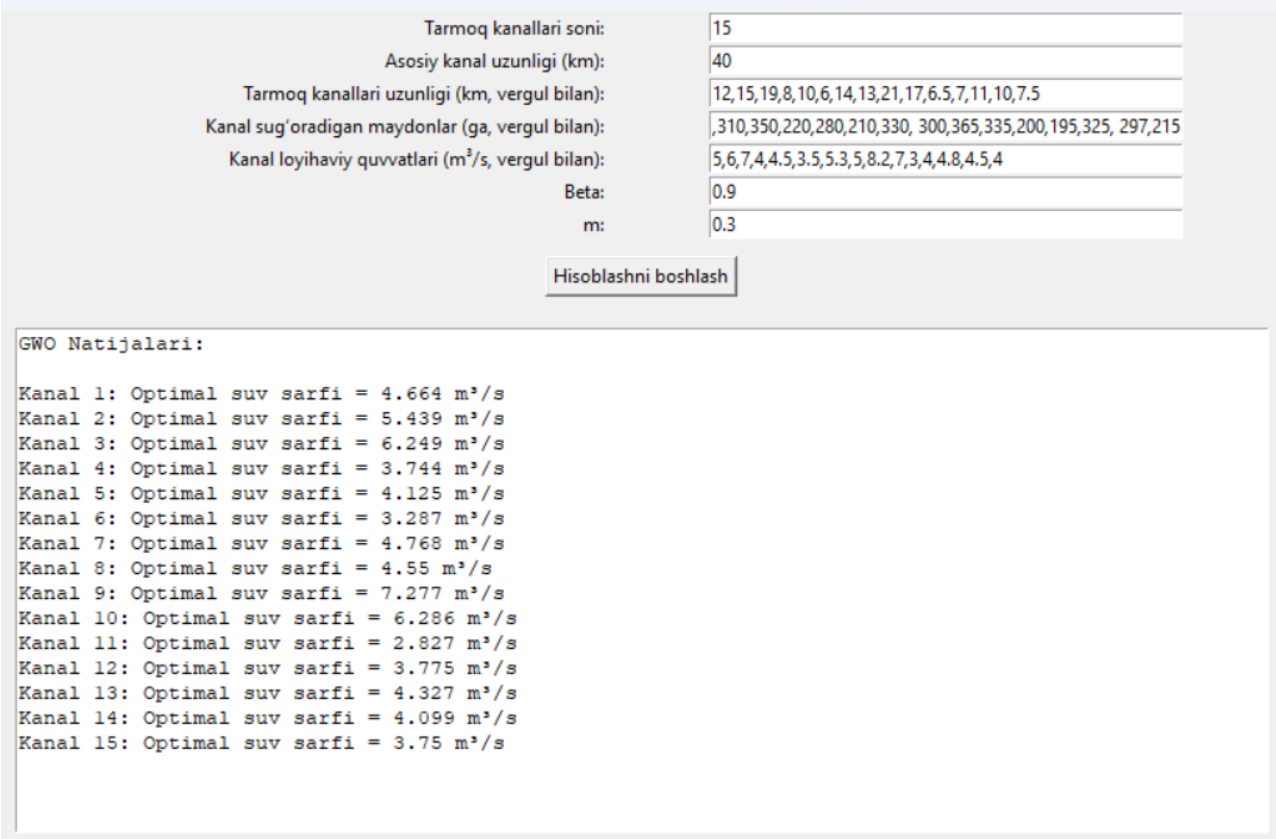
3-rasm. *Kulrang bo‘ri algoritmining blok-sxemasi.*

© *Abduraxmonov Olim Ne’matullayevich*

Blok-sxema algoritmning mantiqiy ketma-ketligini aniq ko‘rsatadi, ya’ni populyatsiyani boshlash, fitnessni baholash, parametrlarni hisoblash, pozitsiyalarni yangilash va yakuniy yechimni olish jarayonlari aniq va tushunarli tarzda ifodalangan. Bu GWO algoritmining samarali va izchil ishlash mexanizmini to‘liq aks ettiradi.

Algoritmni testlash

Sug‘oriladigan hudud kanallari tizimida suv resurslaridan foydalanish samaradorligini va suv yetkazib berishning ishonchlilik darajasini oshirish uchun kanallardagi suv resurslarini oqilona va aniq taqsimlash zarur. GWO algoritmining kanaldagi suv taqsimotiga qo‘llanishi mumkinligini isbotlash maqsadida Janubiy Mirzacho‘l magistral kanali va unga tegishli tarmoq kanallaridan olingan ma’lumotlari asosida sinovdan o‘tkazildi.



4-rasm. *Kulrang bo‘ri algoritmining Janubiy Mirzacho‘l magistral kanali va unga tegishli tarmoq kanallari ma‘lumotlari bo‘yicha olingan natijalari.*

Suv uzatish jarayonida yuzaga keladigan filtratsiya yo‘qotishlarini imkon qadar minimal darajada qondirishga erishishda (GWO) algoritmi bilan optimallashtirilgan suv taqsimoti: loyihaviy miqdorda 75,8 m^3/s suv sarfi hamda algoritm asosida 69,167 m^3/s suv sarfi talab qilinadi va kunlik suv hajmi 573091m^3 ga tejab qolinadi.

MUHOKAMA

An’anaviy suv taqsimoti modelida dehqonlar yillik suv ehtiyoji bo‘yicha hisobotlarni o‘z tajribalariga tayangan holda topshiradilar, suv xo‘jaligi boshqarma bo‘linmalari esa kelib tushadigan suv miqdori va tarixiy suv iste’moliga qarab yillik suv taqsimoti rejalarini ishlab chiqadi. Bunday tajribaga asoslangan suv taqsimoti modeli suvni tejovchi va samarali irrigatsiya tizimlarida ilmiy yondashuvning yetishmasligi, kanal boshqaruvi va ekspluatatsiyasi bo‘yicha mutaxassislarning eski qarashlari hamda zamonaviy yondashuvga to‘liq moslasha olmaganligini ko‘rsatadi. Natijada, hozirgi irrigatsiya boshqaruvi uslublari raqamlashtirish va avtomatlashtirish talablari bilan uyg‘unlashmayapti. Shu sababli, so‘nggi yillarda raqamli irrigatsiya tizimlariga o‘tish jarayonida kanal tizimlarida suv uzatish va taqsimotni ilmiy asosda boshqarish masalasi nihoyatda muhim hisoblanadi.

(cc) BY © *Abduraxmonov Olim Ne’matullayevich*

Haqiqiy suv taqsimoti va boshqaruvi amaliyotida keluvchi suv miqdori, havza bo‘yicha suv manbalari, ekin turi va ekin almashinuvi, real suv ehtiyoji, boshqaruv xodimlari imkoniyatlari kabi ko‘plab o‘zgaruvchan omillarni ham hisobga olish lozim. Bu esa vaqtga asoslangan taqsimotdan real vaqt rejimidagi taqsimotga o‘tish, shuningdek butun vegetatsiya davri bo‘yicha optimal boshqaruvga erishish imkonini beradi.

XULOSA

Kanal tizimlarida optimal suv taqsimotini aniqlash — qishloq xo‘jaligi sug‘orish hududlarida suv resurslarini oqilona va samarali taqsimlash bo‘yicha muhim tadqiqot yo‘nalishidir. Zamonaviy tizimli optimallashtirish muhandisligi texnologiyalaridan foydalanib suv taqsimoti rejalarini tuzish, an’anaviy ravishda tajriba asosida bajariladigan qo‘lda rotatsion guruhlarga ajratish va suv taqsimoti jarayonlarini sezilarli darajada qisqartirishi mumkin. Bu esa suv taqsimoti davomida yuzaga keladigan sizib chiqish yo‘qotishlarini kamaytiradi hamda suv resurslaridan foydalanish samaradorligini sezilarli ravishda oshiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Banadkooki, F.B.; Xiao,Y.; Malekinezhad, H.; Hosseini, M.M. Optimal Allocation of Regional Water Resources in an Arid Basin: Insights from Integrated Water Resources Management. J. Water Supply Res. Technol.-Aqua 2022, 71, 910–925.
2. Li, X.; Huo, Z.; Xu, B. Optimal Allocation Method of Irrigation Water from River and Lake by Considering the Field Water Cycle Process. Water 2017, 9, 911.
3. Zhang, X.; Guo, P.; Zhang, F.; Liu, X.; Yue, Q.; Wang, Y. Optimal Irrigation Water Allocation in Hetao Irrigation District Considering Decision Makers preference under Uncertainties. Agric. Water Manag. 2021, 246, 106670.
4. Suryavanshi, A.R.; Reddy, J.M. Optimal Operation Schedule of Irrigation Distribution Systems. Agric. Water Manag. 1986, 11, 23–30.
5. Reddy, J.M.; Wilamowski, B.; Cassel-Sharmasarkar, F.C. Optimal Scheduling of Irrigation Fo Lateral Canal. ICID 1999, 48, 1–12.
6. Anwar, A.A.; Clarke, D. Irrigation Scheduling Using Mixed-Integer Linear Programming. J. Irrig. Drain. Eng. 2001, 127, 63–69.
7. Yu, F.; Chen, H.; Gao, Z.; Wang, Y.; Xu, J. Optimal Water Distribution Model of Canals Considering the Workload of Managers. Irrig. Drain. 2023, 72, 182–195.
8. Wang, Q.; Yue, C.; Li, Y.; Liu, X. Optimal allocation of water resources in two level channel based on Improved Particle Swarm Optimization Algorithm. Agric. Res. Arid Areas 2019, 37, 26–33.
9. Gong, J., He, L., Liu, X. & Wang, S. Optimizing the allocation of irrigation water for multiple crops based on the crop water allocation priority. *Irrig. Sci.* 41, 49–68 (2023).
10. Seytov, A., Abduraxmonov, O., Anvarov, D., Esonturdiyev, M., Jumabaev, A. Numerical implementation of optimal water resource management problems in open channels using Python. Uzbek Mathematical JournalOpen source preview, 2025, 69(1), 133–140

© *Abduraxmonov Olim Ne’matullayevich*