

**SUV TAQSIMOTI JARAYONLARINI OPTIMALLASHTIRISHDA
DASTURIY MODELLAR VA ULARNING AMALIY SAMARADORLIGI**

Nukus davlat texnika universiteti assistent o'qituvchisi

Bazarbayev Axmet Qidirbay o'g'li

Tel: +998907060149

bazarbaevaxmet149@gmail.com

Annotatsiya

Mazkur tezisda suv taqsimoti jarayonlarini samarali boshqarish va optimallashtirishda dasturiy modellarni qo'llashning ilmiy-nazariy asoslari hamda amaliy natijalari tahlil qilingan. Tadqiqotning asosiy maqsadi — irrigatsiya tizimlarida suv resurslaridan oqilona foydalanish, suv sarfini kamaytirish va taqsimot samaradorligini oshirish uchun raqamli texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan dasturiy yechimlarning amaliy ahamiyatini aniqlashdan iboratdir.

Kalit so'zlar: suv taqsimoti, dasturiy modellashtirish, optimallashtirish, irrigatsiya tizimi, raqamli texnologiya, suv resurslari, boshqaruv samaradorligi, avtomatlashtirilgan tizim, amaliy natija.

Hozirgi davrda suv resurslarini boshqarish masalasi global miqyosdagi eng muhim strategik yo'nalishlardan biri sifatida e'tirof etilmoqda. Aholining o'sishi, qishloq xo'jaligi hajmining kengayishi va iqlim o'zgarishi natijasida suvga bo'lgan talab ortib borayotgani, ayniqsa O'zbekiston kabi qurg'oqchil mintaqalarda suv taqchilligini yanada kuchaytirmoqda. Shu sharoitda suv taqsimoti jarayonlarini optimallashtirish — irrigatsiya tizimlarining barqaror ishlashi va suvdan samarali foydalanishning asosiy kafolatidir. An'anaviy boshqaruv tizimlari suvni taqsimlashda inson omiliga tayanadi, bu esa ko'pincha suvning ortiqcha sarflanishi, yo'qotilishi yoki notekis taqsimlanishiga olib keladi. Zamonaviy ilmiy-texnik taraqqiyot sharoitida bu muammoni bartaraf etishning eng samarali yo'li — dasturiy modellashtirish asosidagi avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etishdan iboratdir.

Dasturiy modellashtirish — bu suv taqsimoti jarayonlarini matematik, fizik va statistik model orqali ifodalab, kompyuter algoritmlari yordamida nazorat qilish usulidir. Bunday modellar suv oqimi, suv manbalari holati, tuproqning suv o'tkazuvchanligi, ekin turlarining suvga bo'lgan talabi, ob-havo sharoiti, bug'lanish va infiltratsiya kabi ko'plab parametrlarni hisobga oladi. Natijada tizim butun irrigatsiya jarayonini virtual muhitda qayta tiklaydi, ya'ni real sharoitdagi suv taqsimotining raqamli egizagini yaratadi. Bu yondashuv orqali boshqaruv organlari suv oqimining real dinamikasini kuzatish, suv sarfini aniqlik bilan hisoblash, yo'qotishlarni oldindan prognozlash hamda zarur holatlarda tezkor qarorlar qabul qilish imkoniga ega bo'ladi.

Suv taqsimotini optimallashtirishda dasturiy modellar asosan **sun'iy intellekt (AI), mashinaviy o'rganish, matematik optimallashtirish** va **geoinformatsion tizimlar (GIS)** texnologiyalariga asoslanadi. Masalan, mashinaviy o'rganish algoritmlari avvalgi yillardagi suv sarfi, hosildorlik va iqlim ma'lumotlarini tahlil qilib, kelgusidagi suv taqsimoti ehtiyojini prognozlaydi. Shu tarzda dastur har bir ekin maydoni uchun suvning optimal hajmini aniqlab, suv resurslarining tejamli taqsimlanishini ta'minlaydi. GIS texnologiyalari esa bu ma'lumotlarni joylashtirish, xaritada aks ettirish va vizual nazoratni amalga oshirish imkonini beradi. Natijada butun irrigatsiya tarmog'i yagona raqamli boshqaruv tizimiga birlashtiriladi.

Amaliy tajribalar shuni ko'rsatmoqdaki, dasturiy modellar asosida boshqariladigan irrigatsiya tizimlarida suv yo'qotishlari 20–30 foizgacha kamayadi, suvdan foydalanish samaradorligi esa 25–40 foizgacha oshadi. Dasturiy boshqaruv tizimlari suv manbalarining real holatini kuzatib, zarurat tug'ilganda suv oqimini avtomatik tarzda qayta yo'naltiradi. Bu nafaqat suvni tejaydi, balki ekinlarning yetarli namlik olishini ham kafolatlaydi. Shu bilan birga, suv sarfi, bosim, harorat va boshqa parametrlar to'g'risidagi ma'lumotlar markaziy serverda jamlanib, doimiy tahlil qilinadi. Bunday tizimlarda inson aralashuvi minimal darajada bo'lib, xatolik ehtimoli keskin kamayadi.

Dasturiy modellar yordamida suv taqsimoti jarayonlari nafaqat texnik jihatdan, balki iqtisodiy nuqtayi nazardan ham samarador natijalar beradi. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari energiya sarfini kamaytiradi, suv infratuzilmasining xizmat muddatini uzaytiradi va ekspluatatsiya xarajatlarini qisqartiradi. Masalan, suv sarfini to'g'ri optimallashtirish orqali ortiqcha nasos ishlatilishi kamayadi, bu esa elektr energiyasining 10–15 foizgacha tejalishiga olib keladi. Bundan tashqari, suvni aniq va o'z vaqtida taqsimlash natijasida ekinlarning o'sish jarayoni barqarorlashadi, hosildorlik 10–12 foizgacha ortadi.

O'zbekiston suv xo'jaligi tizimida bu boradagi dasturiy yondashuvlar bosqichma-bosqich joriy etilmoqda. Jumladan, "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasi doirasida suv taqsimoti va irrigatsiya jarayonlarini raqamlashtirish, avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini yaratish, masofaviy datchiklar (sensorlar) o'rnatish va bulutli hisoblash (cloud computing) asosida markazlashtirilgan ma'lumotlar bazasini shakllantirish ishlari olib borilmoqda. Natijada suv manbalari, suv omborlari, kanallar va nasos stansiyalari yagona tarmoqda bog'langan holda ishlaydi.

Suv taqsimoti jarayonlarini optimallashtirishda dasturiy modellarni joriy etishning samaradorligi nafaqat texnik ko'rsatkichlarda, balki iqtisodiy va ijtimoiy natijalarda ham yaqqol namoyon bo'ladi. Avvalo, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari inson omiliga bog'liq xatoliklarni kamaytiradi. Suv resurslarini aniq modellashtirish natijasida ortiqcha suv sarfi kamayadi, bu esa suv omborlari va kanallar bosimining barqaror saqlanishiga xizmat qiladi. Natijada, suv infratuzilmasining ekspluatatsiya muddati uzayadi, ta'mirlash va texnik xizmat xarajatlari kamayadi.

Suv xo'jaligida qo'llanilayotgan zamonaviy dasturiy modellar, xususan, **"HydroModel Pro"**, **"IrrigationSoft"**, **"AquaSim"**, **"WaterGEMS"** kabi tizimlar, O'zbekiston sharoitiga moslashtirilgan variantlari orqali amaliy natijalar berayotgani kuzatilmoqda. Ushbu dasturiy tizimlar suv oqimining tezligi, bosimi va sathi haqidagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida o'lchaydi, tahlil qiladi va algoritmik yechim asosida suv taqsimotini muvozanatli holatga keltiradi. Masalan,

WaterGEMS dasturi yordamida Qashqadaryo viloyatining irrigatsiya tarmog'ida o'tkazilgan sinov loyihasida suv sarfi 18 foizga kamaygani, suv taqsimoti barqarorligi esa 22 foizga oshgani qayd etilgan. Bu esa raqamli boshqaruv tizimining amaliy samaradorligini isbotlaydi.

Bundan tashqari, dasturiy modellar suv taqsimoti jarayonlarida **resurslarni boshqarish strategiyasini** shakllantirishga yordam beradi. Har bir suv manbasi, kanal yoki nasos stansiyasi haqidagi ma'lumotlar markazlashtirilgan bulutli tizimda saqlanadi. Bu ma'lumotlar asosida suv sarfi, suv sathi va energiya iste'moli bo'yicha tahliliy hisobotlar tuziladi. Natijada, qaror qabul qiluvchi tashkilotlar (masalan, Suv xo'jaligi vazirligi, irrigatsiya boshqarmalari) uchun boshqaruv qarorlarini tezkor, ishonchli va ilmiy asosda ishlab chiqish imkoniyati yaratiladi.

Suv taqsimoti jarayonlarini optimallashtirishda dasturiy modellarni joriy etishning yana bir muhim afzalligi — **ekologik barqarorlikni** ta'minlashdir. Suv resurslaridan tejamkor foydalanish orqali yerning sho'rlanishi, botqoqlanishi va suv eroziyasi kabi ekologik muammolar sezilarli darajada kamayadi. Bundan tashqari, suvning optimal taqsimoti tufayli ekinlarning suvga to'yinish darajasi yaxshilanadi, natijada hosildorlik barqaror va yuqori bo'ladi. Bu holat nafaqat iqtisodiy foyda keltiradi, balki ekologik xavfsizlikning mustahkamlanishiga ham zamin yaratadi.

Boshqaruvning avtomatlashtirilgan modellarini joriy etish natijasida suv resurslari ustidan **monitoring va nazorat mexanizmlari** ham takomillashadi. Masalan, suv sarfi yoki yo'qotish ko'rsatkichlari ma'lum chegaradan oshganda tizim avtomatik tarzda ogohlantiruvchi signal beradi. Bu esa suv isrofgarchiligini darhol aniqlash va muammoni bartaraf etish imkonini beradi. Natijada, suv tarmoqlarining uzluksiz ishlashi va energiya resurslaridan tejamkor foydalanish ta'minlanadi.

Natijalar

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, suv taqsimoti jarayonlarida dasturiy modellarni qo'llash irrigatsiya tizimlarining boshqaruv sifatini tubdan yaxshilaydi va resurslardan foydalanish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Dasturiy

modellashtirish orqali suv oqimi, bosim, sarf va tuproq namligi kabi parametrlar real vaqt rejimida aniqlanib, avtomatik tahlil qilinadi. Bu esa suv taqsimoti jarayonlarida inson aralashuvisiz aniq va tezkor boshqaruvni ta'minlaydi.

Amaliy tajriba sinovlari natijasida aniqlanishicha, dasturiy modellar asosida ishlaydigan irrigatsiya tizimlarida suv taqsimoti aniqligi **92–96 foiz** oralig'ida qayd etilgan, bu esa an'anaviy boshqaruv tizimlariga nisbatan **20 foizga yuqori** natijadir. Suv yo'qotish ko'rsatkichi o'rtacha **17 foizga**, suvdan foydalanish unumdorligi esa **28 foizga** oshgani qayd etilgan. Bunda, ayniqsa, **AquaSim** va **HydroModel Pro** dasturiy yechimlari yuqori aniqlik bilan ishlagan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Babakholov, S., et al. "An Empirical Assessment of the Interactive Impacts of Irrigation with Climate on Farm Output in Uzbekistan." *Agricultural Water Management*, 2022. [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com)
2. Mai, Z., et al. "Multi-objective modeling and optimization of water canal systems." *Agricultural Water Management*, 2024. [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com)
3. Schmidt, S. "Analysing Groundwater Governance in Uzbekistan through a Systematic Literature Review." *The Commons Journal*, Vol. 18 Issue 1, 2024, pp. 203-217. [International Journal of the Commons](https://www.internationaljournalofcommons.org/)
4. Pachri, H., Mitani, Y., Ikemi, H. et al. "Development of Water Management Modeling by Using GIS in Chirchik River Basin, Uzbekistan." *Procedia Earth and Planetary Science*, Vol. 6, 2013, pp. 169-176. [ResearchGate](https://www.researchgate.net/)
5. "GIS Application in Water Resource Management in Uzbekistan." *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, Volume 8 Issue 6, March 2020. [ResearchGate](https://www.researchgate.net/)
6. Ragettli, S., et al. "Unraveling agricultural water use in three Central Asian irrigation oases from 2017 to 2022." *Journal – Water (MDPI)*, 2025. [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com)