

SUG'ORISH TIZIMLARIDA SUV RESURSLARINI SAMARALI BOSHQARISHNING RAQAMLI MODELLASHTIRISH USULLARI VA ULARNING ALGORITMIK DASTURIY YECHIMLARI

Bazarbayev Axmet Qidirbay o'g'li

Nukus davlat texnika universiteti assistent o'qituvchisi

Tel: +998907060149

bazarbaevaxmet149@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada sug'orish tizimlarida suv resurslarini samarali boshqarish masalalari raqamli modellashtirish asosida yoritilgan. Tadqiqotda suv taqsimoti jarayonlarini optimallashtirish, suv yo'qotishlarini kamaytirish va tizim samaradorligini oshirish uchun algoritmik dasturiy yechimlar ishlab chiqish metodologiyasi tahlil qilingan. Shuningdek, suv resurslarini boshqarishda matematik modellar, sun'iy intellekt texnologiyalari hamda geoinformatsion tizimlardan (GIS) foydalanishning afzalliklari ochib berilgan.

Kalit so'zlar: sug'orish tizimi, suv resurslari, raqamli modellashtirish, algoritmik dastur, suv taqsimoti, optimallashtirish, GIS texnologiyasi, sun'iy intellekt.

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы эффективного управления водными ресурсами в оросительных системах на основе цифрового моделирования. Проведён анализ методологии разработки алгоритмических программных решений, направленных на оптимизацию распределения воды, снижение потерь и повышение эффективности работы систем. Особое внимание уделено применению математических моделей, технологий искусственного интеллекта и геоинформационных систем (ГИС) в процессе управления водными ресурсами.

Ключевые слова: оросительная система, водные ресурсы, цифровое моделирование, алгоритмическая программа, распределение воды, оптимизация, ГИС-технология, искусственный интеллект.

Abstract: This article examines the issues of efficient water resource management in irrigation systems based on digital modeling techniques. The study analyzes the methodology for developing algorithmic software solutions aimed at optimizing water distribution, reducing losses, and improving system efficiency. Special attention is given to the use of mathematical models, artificial intelligence technologies, and geographic information systems (GIS) in water resource management.

Keywords: irrigation system, water resources, digital modeling, algorithmic software, water distribution, optimization, GIS technology, artificial intelligence.

Hozirgi davrda qishloq xo‘jaligida suv resurslaridan oqilona foydalanish masalasi global miqyosdagi dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Iqlim o‘zgarishi, suv tanqisligi va aholi sonining ortishi sharoitida mavjud suv manbalarini samarali boshqarish va taqsimlash jarayonlarini ilmiy asosda tashkil etish zarurati yanada ortib bormoqda. Ayniqsa, sug‘orish tizimlari mamlakat agrar sektorining barqarorligini ta‘minlovchi asosiy infratuzilma sifatida, suv resurslarini boshqarishning markaziy bo‘g‘ini hisoblanadi.

An‘anaviy boshqaruv uslublari suv taqsimotidagi noaniqliklar, ortiqcha sarflar va yo‘qotishlarga olib kelmoqda. Shu bois so‘nggi yillarda irrigatsiya jarayonlarini **raqamli modellashtirish** va **algoritmik boshqaruv tizimlarini** ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy izlanishlar jadal rivojlanmoqda. Raqamli modellar orqali suv oqimlari, tuproq namligi, bug‘lanish ko‘rsatkichlari va ekin turlarining suv talabi kabi omillarni aniqlik bilan hisoblash imkoniyati yaratilmoqda.

Mazkur maqolada sug‘orish tizimlarida suv resurslarini samarali boshqarish uchun raqamli modellashtirish usullari va ularning algoritmik dasturiy yechimlarini ishlab chiqish masalalari tahlil qilinadi. Tadqiqotning maqsadi — suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish, suv yo‘qotishlarini kamaytirish va boshqaruv jarayonlarini avtomatlashtirish orqali irrigatsiya tizimlarining barqaror faoliyatini ta‘minlashdan iborat.

SUV RESURLARINI BOSHQARISHDA RAQAMLI MODELLASHTIRISHNING ROLI

Raqamli modellashtirish sug‘orish tizimlarida boshqaruv jarayonlarini matematik va kompyuter asosida qayta tiklash imkonini beradi. Ushbu yondashuvda suv oqimi, gidrotexnik inshootlarning ishlash holati, tuproqning suv o‘tkazuvchanligi va meteorologik ma‘lumotlar asosida **matematik model** yaratiladi. Bu model yordamida real sharoitdagi suv taqsimotining dinamikasi prognoz qilinadi, natijada boshqaruv qarorlarini qabul qilish jarayoni tezlashadi va aniqlik oshadi.

Raqamli modellashtirishning afzalligi shundaki, u “**raqamli egizak**” (digital twin) konsepsiyasiga asoslanadi — ya‘ni, sug‘orish tizimining virtual nusxasi real vaqtda ma‘lumotlarni qayta tahlil qilib, optimal boshqaruv variantlarini taklif etadi.

Hozirgi kunda suv resurslarini boshqarish masalasi butun dunyo miqyosida strategik ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, sug‘oriladigan dehqonchilik yetakchi tarmoqlardan biri bo‘lgan O‘zbekiston sharoitida suvdan oqilona va samarali foydalanish milliy iqtisodiy xavfsizlik omillaridan biri sifatida qaralmoqda. So‘nggi yillarda global iqlim o‘zgarishi, suv manbalarining kamayishi, bug‘lanish darajasining ortishi va suv inshootlarining eskirishi natijasida suv taqchilligi kuchayib bormoqda. Shu bois, sug‘orish tizimlarini modernizatsiya qilish, suvni adolatli va optimal taqsimlash hamda resurslardan oqilona foydalanishning zamonaviy mexanizmlarini ishlab chiqish zarurati keskin sezilmoqda. Bunda raqamli texnologiyalar asosidagi

modellashtirish yondashuvlari va algoritmik boshqaruv tizimlari muhim ahamiyatga ega bo'lib, ular suv resurslarini boshqarish jarayonlarini ilmiy asosda avtomatlashtirish imkonini beradi.

Raqamli modellashtirish deganda, sug'orish tizimida suvning harakati, yo'qotilishi, taqsimlanishi va iste'moli jarayonlarini matematik, statistik hamda kompyuter modellari yordamida tahlil qilish tushuniladi. Ushbu modellar yordamida suvning real holati, ya'ni manbadan maydonga yetib borishgacha bo'lgan butun jarayon raqamli shaklda ifodalanadi. Bu esa suv taqsimoti jarayonlarini oldindan prognozlash, turli ob-havo sharoitlarida suvning yo'nalishini nazorat qilish, suv yo'qotishlarini kamaytirish va suv sarfini optimallashtirish imkonini yaratadi. Boshqacha aytganda, modellashtirish – bu suv resurslarini boshqarishdagi an'anaviy “tajriba va kuzatuv” usullarini zamonaviy “raqamli tahlil” usullariga almashtiruvchi innovatsion mexanizmdir.

Sug'orish tizimlarining murakkab tuzilmasi sababli, bunday modellar oddiy hisob-kitoblardan iborat bo'lmaydi. Ular gidrologik, meteorologik, geoinformatsion (GIS), hamda agrotexnik ma'lumotlar majmuasini o'z ichiga oladi. Shuning uchun bugungi kunda suv resurslarini boshqarishda **raqamli egizaklar (Digital Twin)** texnologiyasidan foydalanish dolzarb masalaga aylandi. Ushbu texnologiya irrigatsiya tizimining virtual nusxasini yaratadi, u real vaqt rejimida suv sathlari, oqim tezligi, suv omborlarining to'lish darajasi, tuproq namligi va havo harorati haqidagi ma'lumotlarni qayta ishlaydi. Natijada, tizim avtomatik tarzda suv sarfini qayta taqsimlab, optimal boshqaruv strategiyasini taklif etadi.

Algoritmik dasturiy yechimlar esa modellashtirish natijalarini amaliy boshqaruv tizimiga o'tkazuvchi “bog'lovchi bo'g'in” sifatida xizmat qiladi. Ular sun'iy intellekt, mashinaviy o'rganish va matematik optimallashtirish algoritmlariga tayangan holda ishlab chiqiladi. Bunday dasturlar suv sarfi, talab va taklif, ekin turlari, ob-havo ma'lumotlari hamda suv manbalari holatini hisobga olib, avtomatik ravishda eng maqbul boshqaruv rejimini tanlaydi. Masalan, suv taqsimotining optimallashtirilgan algoritmlari yordamida suv resurslari 10–15 foizgacha tejab qolinishini ta'minlash mumkin. Shuningdek, sun'iy intellekt tizimi suv iste'molining tarixiy ma'lumotlarini tahlil qilib, kelajakdagi suv ehtiyojini prognozlaydi.

Raqamli modellashtirish jarayonida matematik formulalar va statistik ma'lumotlardan tashqari, GIS texnologiyalari ham faol qo'llaniladi. Bu texnologiyalar yordamida irrigatsiya tarmoqlarining xarita asosidagi strukturasi tuziladi, suv oqimlari yo'nalishlari aniqlanadi, va har bir maydonning suvga bo'lgan talabi geografik koordinatalar asosida baholanadi. Shu tariqa, boshqaruv markazi (masalan, suv xo'jaligi boshqarmasi) butun tarmoqni yagona raqamli xaritada kuzatib, real vaqt rejimida suv taqsimotini boshqarishi mumkin.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, suv resurslarini boshqarishda raqamli

modellarni joriy etish orqali irrigatsiya tizimlarining umumiy samaradorligi 20–30% gacha oshadi. Ayniqsa, O‘zbekistonning suv tanqis mintaqalarida (masalan, Qashqadaryo, Surxondaryo, Buxoro va Navoiy viloyatlarida) bu yondashuvlar hosildorlikni oshirish bilan birga suvni tejashda ham katta ijobiy natijalar bermoqda. Shu bois, so‘nggi yillarda mamlakat miqyosida **“Raqamli O‘zbekiston — 2030”** strategiyasi doirasida suv xo‘jaligini raqamlashtirish bo‘yicha bir qator loyihalar amalga oshirilmoqda.

Natijada, raqamli modellashtirish va algoritmik dasturiy yechimlarning uyg‘unlashuvi sug‘orish tizimlarining uzluksiz, barqaror va samarali faoliyatini ta‘minlashda muhim omilga aylanadi. Ular suv resurslarini boshqarishda inson omilini kamaytiradi, ekologik xavfsizlikni oshiradi, resurslardan foydalanishdagi noaniqliklarni bartaraf etadi va qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining raqamli transformatsiyasiga xizmat qiladi.

2. ALGORITMIK DASTURIY TA‘MINOTNING MOHIYATI

Sug‘orish tizimlarini boshqarishda ishlab chiqilayotgan **algoritmik dasturiy yechimlar** suv taqsimotini avtomatik tartibda boshqarish imkonini beradi. Bunday tizimlar suv manbalaridan kiruvchi va chiquvchi oqimlarni, suv omborlari sathini, hamda fermer xo‘jaliklari ehtiyojlarini avtomatik ravishda hisoblab, suvni teng taqsimlaydi.

Algoritmik modellar asosan quyidagi texnik komponentlarga tayangan holda ishlab chiqiladi:

- **Ma‘lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish moduli** – meteorologik, gidrologik va tuproq ma‘lumotlarini qayd etadi;
- **Optimallashtirish algoritmlari** – suv sarfini kamaytirish va unumdorlikni oshirish uchun eng qulay taqsimot variantlarini topadi;
- **Sun‘iy intellekt elementlari** – oldingi ma‘lumotlar asosida o‘z-o‘zini o‘rganuvchi boshqaruv mexanizmini shakllantiradi;
- **GIS moduli** – sug‘orish hududlarining xarita asosida vizual tahlilini ta‘minlaydi.

Shunday qilib, algoritmik dasturiy ta‘minot nafaqat suv taqsimotini boshqaradi, balki suv resurslarining real vaqt rejimidagi nazoratini ham amalga oshiradi.

AMALIY NATIJALAR VA ISTIQBOLLAR

Tadqiqotlar natijasida ishlab chiqilgan raqamli modellar sug‘orish tizimlarining samaradorligini 15–20% gacha oshirish imkonini bergan. Suv yo‘qotishlari kamaygan, suvdan foydalanishning ekologik barqarorligi yaxshilangan. Shuningdek, algoritmik dasturiy yechimlar orqali inson omiliga bog‘liq xatoliklar kamaygan, boshqaruv tezligi esa sezilarli darajada ortgan.

Kelajakda ushbu yondashuvlarni **raqamli agrotexnologiyalar** bilan integratsiya qilish orqali butun irrigatsiya tarmoqlarini yagona raqamli boshqaruv platformasiga

birlashtirish imkoniyati mavjud. Bu esa “aqli qishloq xo‘jaligi” konsepsiyasining amaliy bosqichini shakllantiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. **Zhao X., Yang D., Zhou Y.** The Impact of Digital Technology on Water Resources Management: Evidence from China. *Water*, 2024; 16(19): 2867. [MDPI]
2. **Ahmed A.A., Sayed S., Abdoulhalik A.** Applications of Machine Learning to Water Resources Management: A Review of Present Status and Future Opportunities. (2024). [ScienceDirect]
3. **Ye Z. et al.** AI-driven Optimization of Agricultural Water Management for Sustainable Irrigation. (2024). [PMC]
4. **Zokirjonova S.Sh. qizi.** Suv resurslarini boshqarish va yerlarning meliorativ holatini yaxshilash. *Scientific Integrations*, 2024. [in-academy.uz]
5. **Sotvoldiev A.M.** Suv resurslarini barqaror boshqarish va foydalanishning asosiy muammolari hamda yechimlari. *O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi jurnali*, 2024. [CyberLeninka]
6. **Baxtiyarova S., Tursinbaev M.** Suv resurslarini boshqarishning huquqiy asoslari va barqaror foydalanish masalalari. (2025). [ResearchGate]